임무중심혁신정책 관점에서 임무목표 달성을 위한 정책-투자 분석 및 개선 방안 연구 : 무탄소에너지(수소·원자력) 분야 — 최종보고서

KISTEP 한국과학기술기획평가원
Korea Institute of S&T Evaluation and Planning

요 약

1. 연구 개요

□ 연구 목적

○ 임무중심혁신정책(MOIP) 관점에서 무탄소에너지(수소, 원자력) 분야의 국가적 임무를 에너지 수급 안보, 무탄소에너지 전환, 산업적 성과창출의 3대 축으로 재정의하고, 임무에서 내역사업 예산에 이르는 연결 구조를 실증적으로 구축, 검증하여 포트폴리오의 중복, 단절, 공백을 진단하는 것을 목적으로 함

○ 진단 결과를 토대로 시나리오 기반의 포트폴리오 개선방안과 예산편성 개선방안을 도출하고, 예산 배분, 편성 실무에서 활용할 수 있는 정책 시뮬레이션의 가능성을 검토하고자 함

□ 연구 범위와 방향

○ 대상은 수소와 원자력 2개 분야이며, 원자력은 대형, SMR, 기타의 3분류로, 수소는 생산, 저장운송, 활용의 3분류와 횡단 기반으로 구분함. 예산의 기준 연도는 2026년 본예산, 최소 분석 단위는 내역사업이며, 핵융합은 범위에서 제외함

○ 착수 협의(2026.5)에서 이론 검토, 임무 도출 과정의 강화와 법정계획 위주의 근거, 3대 축의 유지, 원자력 3분류, 서술식과 내역사업 단위, 범위 조정의 6개 방향을 확정함

□ 추진 체계와 경과

○ 법정계획에서 임무를 도출하는 하향 접근, 내역사업 예산 데이터를 구축하는 상향 접근, 두 접근을 사업과 단위사업의 중간층에서 맞물리게 하는 중간층 정합성 검증의 3중 구조로 추진하며, 보고서의 장 순서는 캐스케이딩 층위의 순서를 따름

○ 2026년 4월 착수 이후 기반 구축(4월), 방향 확정(5월), 방법론 수립과

1차 분석(6월), 전문가 검증과 확정(7 ~ 8월), 임무 캐스케이딩과 종합(8월 하순 ~ 10월, 중간 종합 뒤 점검회의의 검토 의견을 반영한 최종 종합과 최종보고서 확정 포함)의 다섯 단계로 진행하였으며, 전 과정에 검산, 행 단위 근거 기록, 플래그(판정에 이견이 예상되는 행에 붙이는 검토 대상 표시)와 자문과 조정 이력의 전량 기록이라는 세 가지 품질 관리 장치를 적용함

2. 이론적 검토와 선행연구

□ MOIP의 개념과 프레임워크

○ MOIP는 혁신정책의 정당화 논리가 시장실패, 시스템실패를 거쳐 방향성 실패의 교정으로 진화한 3세대 정책이며, 정부를 시장의 공동 창출자로 보는 관점, 부문이 아닌 문제의 선택, 포트폴리오 접근을 핵심 주장으로 함

○ 핵심 프레임워크 3종을 정밀 검토함. Mazzucato(2018)의 임무 선정 5기준, 3층 구조, 단계별 관문은 임무 요건과 포트폴리오 설계의 근거로, Wanzenböck 외(2020)의 문제-해법 공간 4사분면과 3개 경로는 기술군별 정책 경로 진단의 틀로, Larrue(2021)의 MOIP 정의, 3차원 12개 설계원칙, 4개 유형은 정책수단 진단의 점검표로 활용함

□ OECD 시리즈, 주요국 사례, 국내 선행연구

○ OECD MOIP 정책 보고서 9편(661쪽)을 전수 검토하여 편별 시그니처와 통합 프레임워크 4종(3대 함정, 거버넌스 5원칙, 효과 4범주, 포트폴리오 관리 3요소)을 정리하였으며, 한국 사례가 개별 프로그램 수준으로만 인용되고 에너지 분야의 임무-예산 정합성 분석이 공백임을 확인함(상세는 부록 C)

○ 주요국 사례 7건(EU Horizon Europe 임무, 미국 에너지 어스샷과 관련 입법, 일본 문샷과 GX 추진전략, 영국 넷제로 전략, 프랑스 France 2030, 독일 수소전략, 한국 K-문샷)을 MOIP 유형, 임무 정의 방식, 임무 총괄 주체(정부 부처 등), 투자 연계, 정책수단 3축 구성에서 비교하여, 임무 전용 다년도 예산과 정부 부처의 임무 총괄, Demand-pull 수단의 공식 연결, 정책 지속성, 단일 기술군 양적 목표 전략과 임무의 구분이라는

시사점을 도출함

○ 국내 선행연구 14종을 성격별 4군으로 분류하고 공통 구조와 분기, 적용 양상과 한계를 검토하여, 예산 데이터에 기반한 임무-예산 정합성 분석이 국내에 없다는 점에서 본 연구의 차별점을 확인함(상세는 부록 D)

□ 캐스케이딩 방법론과 기술군별 경로

○ 통합 캐스케이딩 위계와 6단계 절차(도전 진단, 임무 선정, 경로 선택, 임무 분해, 포트폴리오, 정책믹스)를 정리하고, 수소와 SMR은 해법주도 경로, 대형 원자력은 정렬 인접 경로로 진단하여 경로별 정책수단 비중의 잠정 기준치(수소 3 대 4 대 3, 대형 원자력 3 대 2 대 5, SMR 4 대 3 대 3)를 설정함

3. 분석 틀

□ 6-Level 캐스케이딩 좌표계

○ 법정계획(L1), 임무(L2), 임무영역(L3), 포트폴리오(L4), 정책수단(L5), 내역사업 예산(L6)의 여섯 층위로 임무-예산 연결 구조를 분해하고 층위마다 학술 근거를 매핑함

○ 포트폴리오는 임무영역 셀의 상향 집계로만 정의하고, 정책수단과 사업이 임무영역 셀로 역추적 가능하도록 식별 체계를 유지하여 층위 간 연결의 작위성을 차단함

□ 혁신 가치사슬 6단계와 정책수단 3축

○ 혁신 활동을 연구(R), 개발(D), 실증(V), 양산(P), 보급(Dep), 운영(Op)의 6단계로 정의하고 TRL과 대응시키며, 세 경계(연구와 개발, 실증과 양산, 보급과 운영)의 판정 규칙과 지배활동 기준, 플래그 관리를 둠. 자문 후 양산 판정 기준을 초도 상용 설비와 반복 양산을 구분하여 재서술하고 연구, 개발 경계에 보조 기준을 추가함

○ 정책수단을 Technology-push, Demand-pull, 거버넌스와 표준과 규제의 3축으로 분류하고 단계별 적합 구간을 정의하며, 실증에서 양산으로

넘어가는 구간이 정책수단 구성이 가장 급격히 전환되는 지점임을 확인

□ 분야 분류와 검증 방법론

○ 원자력 3분류(대형 = 계속운전, 차세대 대형, 연료주기와 해체와 방폐 / SMR = 노형 개발, 상용화 실증과 공급망, 용도 개척 / 기타)와 수소 3분류(생산, 저장운송, 활용)와 횡단 기반, 비VC 3유형(기관 운영, 거버넌스, 인프라)을 정의하고 경계 사례의 처리 규칙을 둠

○ 하향 접근의 작위성과 상향 접근의 임의성을 보완하기 위하여 예산 실무의 의사결정 단위인 사업, 단위사업의 중간층에서 출발하는 검증 절차 6단계(가치사슬 태깅, 임무 태깅, 양방향 검증, 격차 진단, 조정, 최종 매트릭스)를 설계하고 세 접근을 열 가지 차원에서 비교함

4. 상위계획 분석과 임무 도출

□ 분석 방법

○ 에너지 부문 최상위 법령 10종의 목적 조항과 법정계획 10종의 비전, 전략 체계를 분석하고, 3대 임무 축과의 부합도를 직접 정합(강), 간접 정합(중), 부수적(약)의 3등급으로 평가함

□ 분석 결과

○ 3대 임무 축은 각각 대표 모법(에너지법, 탄소중립기본법과 기후변화대응 기술개발 촉진법, 산업기술혁신촉진법)에 명시적 근거를 가지며, 원자력진흥법, 신재생에너지법, 수소법은 단일 법으로 3대 축을 모두 포괄하는 교집합 법령임을 확인함

○ 제5차 에너지기술개발계획은 비전과 4대 전략이 3대 축과 거의 일대일로 대응하여 정합도가 가장 높으며, 검토 과정에서 확인된 갭 5건(수소 거버넌스, 수급 마스터플랜, 부처 재편, 중복, 용어)은 수소법과 수소경제 이행 기본계획, 전기사업법과 전력수급기본계획의 추가 등으로 처리하고 안전, 수용성 축은 임무의 전제 층위로 분류함

○ 3대 축은 임무 선정 5기준 가운데 대담성과 파급력, 방향, 횡단성, 복수 해법의 기준을 임무 축 층위에서 충족하며, 측정 가능성과 기한의 확정은 하위 층위와 중간층 검증 이후로 이연함. 확정된 임무 층위로부터 “각 임무는 국가 R&D가 담당하는 단계에 걸쳐 세 축 수단의 균형 있는 조합을 갖춘다”는 하향 가설을 명시함

5. 하향 캐스케이딩 설계(계획 단계 설계안)

□ 설계 원칙

○ 임무 × 분야 × 가치사슬 × 혁신단계의 4축 구조를 두고, 계획 단계 설계의 활동 유형 6축을 혁신 가치사슬 6단계와 횡단 기반으로 재편하였으며, 임무영역 셀의 본질적 수단 요구를 단계별 적합 구간에서 도출하고 포트폴리오를 셀의 집합으로 정의함

□ 분야별 설계

○ (수소) 임무 진술 3개(청정수소 공급 안보, 부문별 탈탄소 활용, 수소산업 수출)를 3대 축에 대응시키고, 가치사슬 3분류 × 6단계의 18개 셀과 횡단 기반 셀에 하위임무를 배치하였으며, 포트폴리오 3개와 정책수단 12종(Technology-push 5, Demand-pull 5, 거버넌스 2)을 매핑함

○ (원자력) 임무 진술 3개(계속운전 기반 기저전원, SMR과 차세대 노형의 상용화와 수출, 연료주기와 해체와 방폐의 전주기 역량)를 3대 축에 대응시키고 계획 단계의 5개 기술노형 축을 3분류로 재편하여, 대형(하위 영역 3 × 6단계)과 SMR(하위 영역 3 × 6단계)의 임무영역 셀에 하위임무를 배치하였으며, 포트폴리오 4개와 정책수단 12종(5, 4, 3)을 매핑함. 기타는 별도 임무영역을 두지 않음

○ 설계안은 예산 데이터로 검증되기 전의 설계 가설이며, 임무 × 단계의 설계 격자로 정리하여 제9장 대조의 하향 축으로 사용함

6. 내역사업 단위 예산 데이터 구축

□ 구축 방법

○ 부처 예산 사업설명자료 원문으로부터 원자력 78개, 수소 37개 세부사업의 예산을 내역사업 단위까지 분해하여 통일 양식(부처와 회계, 시행주체, 연도별 예산, 사업 내용 원문 발췌 등 10개 항목)으로 정리하고, 부처 간 분담은 별개 계상, 분야 간 중복은 1회 계상, 모든 건수와 합계는 검산으로 확인함

□ 예산 구조

○ (원자력) 표면 합계 1,276,638백만원(약 1조 2,766억원, 전년 대비 5.4% 증가), 회계와 기금 6종, 상위 5개 사업 53.3%로 대형 시설과 운영비 중심의 성숙기 구조이며, 국제핵융합실험로 분담과 기관 운영, 간접 인프라의 처리가 쟁점임

○ (수소) 325,205백만원(약 3,252억원, 전년 대비 83.4% 증가), 회계와 기금 8종, 형식 소관 3개 부처와 횡단부처 운영 9건(27.7%), 상위 5개 사업 51.7%, 신규 8건과 이관 4건과 종료 예정 6건이 병존하는 성장기 구조임

□ 분석 대상과 분석 모수

○ 중간 검토 의견에 따른 조사대상 조정(추가 검토 18건, 제외 15건)과 타 세부사업 내 관련 내역의 포함, 기관 운영 항목의 제외를 거쳐 분석 대상 목록을 원자력 104행(1,062,673백만원), 수소 93행(485,041백만원)으로 확정함

○ 전문가 자문으로 확정된 국제 분담의 분리, 간접 인프라와 자금운용의 제외, 부처 분담 중복의 통합(9행 436,566백만원)을 반영하여 최종 분석 모수를 원자력 95행 626,107백만원(약 6,261억원), 수소 93행 485,041백만원(약 4,850억원)으로 확정함. 사업 단위 요약과 행 단위 태깅표 전체는 부록 F, G에 수록함

7. 혁신 가치사슬 단계 태깅(1차 결과)

□ 태깅 규칙

○ 판정 근거의 우선순위를 사업 목적 원문, 분류, 사업명의 순으로 두고, 단계 판정 규칙과 키워드 매핑, 비VC 분리 기준과 3유형, 지배활동 기준과 경계 플래그 운용을 정함

□ 1차 결과

○ (원자력, 104행 보정 전) 기술 단계 71행 70.0%, 비VC 33행 30.0%이며 실증 38.1%, 개발 15.8%, 연구 7.1%, 양산 0%로, 실증 비중이 국제 분담과 수출용 연구로 등 소수 사업으로 결정되고 비VC(산업단지 진입도로, 여유자금 예치)의 비중이 높음

○ (수소, 93행) 기술 단계 71행 93.7%, 비VC 22행 6.3%이며 개발 40.5%, 실증 32.8%, 보급 16.4%, 양산 0%로, 개발과 실증에 집중하면서 보급이 형성된 확산형 구조임

○ 양산 단계는 국가 R&D 범위 밖의 민간 영역으로 두 분야 모두 해당 사업이 없으며, 경계가 모호한 행 106건(원자력 62, 수소 44)을 플래그로 식별하여 자문 쟁점으로 정리함

□ 태깅 방법론의 원리와 분류 적정성 지표

○ 태깅은 내용분석의 코딩 절차로서 대형언어모델(LLM) 보조 코딩과 전문가 검토의 2단계로 수행하였으며, 판정은 텍스트 유사도가 아니라 코드북(6단계 정의서와 키워드 매핑)에 따른 규칙 기반 판정이므로 품질 지표도 코딩 신뢰도와 타당도로 제시함(제7장 제5절)

○ 추출 충실도, 판정 신뢰도와 타당도, 절차 투명성과 재현성의 3영역 적정성 지표 체계를 정리하고 본 연구의 값을 산출함 — 1차 코딩과 확정 라벨의 단계 일치율 원자력 90.5%(κ 0.886), 수소 100%, 1차 경계 플래그가 확정 단계의 변경 9행을 전부 포함(민감도 1.00), 임무 플래그 31행 가운데 2차 판정 변경 7행(3.7%). 자문이 1차 라벨을 참조한 점과 블라인드 재코딩의 미실시는 한계로 명시함

8. 전문가 자문과 태깅 확정

□ 자문 설계와 결과

○ 태깅 체계와 쟁점 22개 항목(공통 3, 원자력 10, 수소 9)에 대해 원자력 4인, 수소 4인 총 8인의 전문가 자문을 실시하여(2026.7) 만장일치 10건, 다수 9건, 상충 3건으로 수렴하였고, 사전에 정한 확정 원칙에 따라 전 항목의 처리를 완결함(2026.8)

○ 태깅 체계는 서술 의견을 낸 전문가 전원이 타당하다고 평가하였으며, 이견이 플래그 행에 집중되고 비플래그 행에 대한 이의가 없어 절차의 신뢰성이 확인됨. 상충 쟁점 3건(동위원소 상용화, 청정수소 인증, 탄소포집형 생산기지)의 양측 논거는 부록 H에 수록함

□ 확정 조정과 확정 분포

○ 원자력은 국제 분담 분리, 간접 인프라와 자금운용 제외, 중복 통합, 단계 이동(전문인력양성의 비VC 이동, 연구 8행의 개발 이동), 3분류 이동(8행 SMR 이동)의 조정으로 분석 모수가 41.1% 축소되었고, 수소는 태깅 변경 없이 1차 결과가 확정됨. 최종보고서 서면자문(2026.10)에 따라 고온가스로와 고속로 관련 사업 등 3분류 6행을 추가로 정정하여 SMR은 21행 103,431백만원이 됨(임무와 단계 분포는 불변)

○ (원자력, 95행) 개발 30.7%, 실증 33.5%, 운영 11.3%, 연구 7.1%, 보급 4.0%, 비VC 13.4%로 개발 중심의 성숙산업 업그레이드형 구조이며, 실증 예산은 수출용 신형 연구로가 74.1%를 점유하는 집중 구조임(이 한 건을 제외하면 실증 비중은 11.6%). 이 분포는 대형원전과 SMR 기술개발을 지속하면서 원전 수출과 공급망, 방사선 기술의 산업 활용을 지원해 온 정책방향이 단년도 투자구조에 반영된 것으로 해석하며, 비중의 크고 작음을 투자의 적정성이나 성과로 읽지 않음

○ (수소, 93행) 개발과 실증 73.3%, 보급 16.4%, 운영 0.2%로 Demand-pull 수단이 작동 중인 확산형 구조임. 개발과 실증의 집중은 수전해 시스템의 대형화와 실운전 검증처럼 상용화 준비 과정에서 나타나는 특성이며

편중으로 해석을 경계함. 두 분야 공통으로 양산(P) 단계에 국가 R&D 사업이 없다는 사실을 전문가 다수(7 대 1)가 분류 기준의 문제가 아닌 실제 구조로 확인하였으며, 이는 국가 R&D가 실증까지를 담당하고 양산은 민간이 담당하는 역할 정립을 뜻함. 정책 과제는 실증 성과의 민간 양산 연계 장치임

□ 방법의 타당성과 한계

○ 경계 플래그 방식, 지배활동 기준, 비VC 분리의 강점이 검증되었고, 양산 판정 기준의 이중성, 연구와 개발의 판정 정보 부족, 기관 단위 태깅, 대규모 계속사업의 내부 혼재라는 한계 4건을 확인하여 정의서 개정과 후속 과제로 반영함

9. 임무 캐스케이딩 — 상향 매칭과 하향 대조

□ 임무 판정과 확정 페어링 매트릭스

○ 3대 임무와 횡단 기반(G)의 운용 정의와 판정 규칙 5항(주임무 단일 부여와 부임무 참고 집계, 사업 목적 원문 우선, 비VC의 G 귀속, 플래그 관리, 제외 행의 승계)을 확정하고, 사업군 단위 1차 페어링(원자력 6군, 수소 9군)을 거쳐 분석 모수 전 행(원자력 95행, 수소 93행)에 행 단위 임무 태깅을 전면 실행함

○ (원자력) 수급 안보(M1) 224,569백만원(35.9%), 산업적 성과(M3) 168,867백만원(27.0%), 기반(G) 144,730백만원(23.1%), 무탄소 전환(M2) 87,941백만원(14.0%)이며, M1은 연구에서 운영까지 국가 R&D가 담당하는 전 단계에 존재하는 중심 임무인 반면 M2는 연구와 개발에 95.8%가 집중되고, SMR 21행 103,431백만원은 연구와 개발 18행 91,729백만원(88.7%)에 집중되며 실증(시범연료봉 3,702백만원)과 보급(선진원자로 수출 기반 7,000백만원)은 각 1행이고, 임무로는 M2 16행 84,441백만원, M3 2행 8,680백만원, 규제검증과 정책센터의 G 3행 10,310백만원으로 나뉨. M3 27.0%는 수출용 신형 연구로 한 건(92.1%)이 만든 값으로 이를 제외하면 2.8%임

○ (수소) 무탄소 전환(M2) 402,278백만원(82.9%) 중심의 구조이며, 수급 안보(M1) 주임무는 액화수소 인수기지 관련 5행을 포함한 7행 15,331백만원(3.2%), 산업적 성과(M3) 주임무는 7행 10,162백만원(2.1%)으로 규모가 작음. 수소 기술은 복수의 정책목표에 동시에 기여하므로(생산은 자립과 수출, 활용은 탄소중립과 수출) 이 비중은 대표 임무 기준 분류의 결과이며, 부임무까지 포함하면 M3는 42.0%, M1은 8.8%까지 넓어져 다른 임무에 대한 투자 부족으로 평가하지는 않음. 임무 플래그 31행(원자력 12, 수소 19)은 사업 목적 원문 우선의 규칙으로 2차 판정하여 전부 해소하였고, 주임무가 바뀐 7행 20,410백만원(원자력 규제검증 2행 M2 → G, 수소 인수기지 5행 M2 → M1)을 반영하여도 두 분야의 임무 구조 진단은 바뀌지 않음

□ 하향 설계와 상향 결과의 대조

○ 설계 셀과 실제 셀을 임무 × 단계와 가치사슬 × 단계의 두 수준에서 셀 단위로 대조하여 일치, 부분 일치, 미배치, 설계 누락으로 분류함. 양산 열은 국가 R&D 범위 밖의 민간 영역이므로 참고 셀로 두고 집계에서 제외함. 임무 × 단계 격자(양산 제외 15셀)에서 수소는 일치 11, 미배치 2, 원자력은 일치 10, 부분 일치 2, 미배치 1로 임무 축 수준의 하향 논리는 대체로 예산 현실을 갖춤

○ 가치사슬 수준으로 내려가면 일치가 부분적으로 해체됨. 원자력 M3 × 실증의 일치는 설계에 없던 연구로와 동위원소 사업이 만든 것이고, SMR의 실증과 보급은 각 1행의 소규모 사업에 그치고 운영은 아직 사업이 배치되지 않았으며, 양산 열은 국가 R&D 범위 밖의 민간 영역이므로 두 분야 모두 대조 대상에서 제외함. 설계 누락은 원자력 기타(49행 294,607백만원)와 수소 기반에 집중됨

□ 격차 진단 6건과 조정 원칙

○ 하향 가설 대비 격차 6건을 확정 결과로 갱신함: 실증 성과의 민간 양산 연계 접점(양 분야 공통, 제언 소재), 원자력 M2의 실증 이후 수단(인허가, 표준, 초기수요)과의 연결 미형성과 SMR의 연구, 개발 집중, 수소 M1의

예산 규모 제한, 원자력 M3의 실증 집중, 임무 간 단계 분업 구조, 수소 M2의 Demand-pull 작동 대 원자력 M2의 Technology- push 중심

○ 수소 M1은 임무 서술을 완화하는 가설 수정으로, 민간 양산 연계 접점과 SMR과 원자력 M3의 격차는 분류 조정으로 해소될 수 없는 잔여 과제로 보고하여 정책제언(전환 병목의 관리와 실증 성과의 민간 연계 장치, SMR 실증 진입 프로그램, 수소 시장형성 수단과의 결합)으로 이관하며, 설계 누락은 설계 격자의 갱신으로 기록함.

10. 결론 및 정책제언

□ 연구의 요약과 의의

○ 본 연구는 수소와 원자력 두 분야의 국가 연구개발 예산이 국가가 선언한 임무의 어느 지점에 어떤 논리로 배분되어 있는지를 실제 재정 데이터로 확인하는 방법을 설계하고 적용함. 임무의 3대 영역 도출과 분석 프레임워크, 임무 단위의 사업-예산 매핑과 격차 진단의 두 목표를 수행하였고, 셋째 목표인 정책 시뮬레이션은 입력값인 행 단위 확정 데이터 188행을 정리하는 데까지 수행하고 도구의 구현은 후속 연구로 이관함

○ 연구의 의의는 네 가지임 — 임무를 실정 법체계에 내재한 지향에서 도출함, 임무와 예산의 정합성을 내역사업 단위의 재정 데이터로 검증함, 방법이 예산 실무의 의사결정 단위에서 작동함, 기존 R&D 예산을 임무 관점에서 재구성하여 투자 현황을 가시화하는 분석체계와 분석 도구를 마련함

□ 연구결과의 해석

○ (원자력) 수급 안보(M1 35.9%)가 연구에서 운영까지 전주기를 이루고 무탄소 전환(M2 14.0%)은 연구와 개발에 95.8%가 집중되며 산업적 성과(M3 27.0%)는 수출용 신형 연구로 한 건에 의존하는 분포는, 대형원전과 SMR 기술개발을 지속하면서 원전 수출과 공급망, 방사선 기술 활용을 지원해 온 정책방향이 투자구조에 반영된 것으로 해석함. 대형원전 분야는 사용후핵연료 처리를 제외하면 실증 이상의 단계에서 원자력

공기업 중심의 가치사슬을 이루고, SMR은 연구원 중심에 민간이 참여하는 개발 단계 사업으로 투자 확대를 통해 실증 진입을 추진하는 전략에 있으며, 연구로와 동위원소는 실증 단계에서 운영을 목표로 함. 개발과 실증의 높은 비중은 상용화와 산업적 활용을 위한 기술 고도화와 실증 연계의 특성이며, 단년도 예산의 비중을 중장기 추세나 투자 적정성으로 직접 해석하지 않음

○ (수소) 무탄소 전환(M2 82.9%) 중심의 분포는 수소 기술이 복수의 정책목표에 기여하는 특성 아래 대표 임무로 분류한 결과이며, 산업적 성과(M3 2.1%)와 수급 안보(M1 3.2%)의 낮은 비중을 해당 목표에 대한 투자 부족으로 읽지 않음. 개발과 실증의 집중(73.3%)은 수전해의 소재부품 성능 향상과 시스템 대형화, 실운전 환경의 효율과 내구성 검증, 재생에너지 연계 운전 검증이 진행되는 상용화 준비 과정의 특성이며, 기술 성능과 함께 전력 조달비용과 설비 이용률이 좌우하는 경제성 제약을 함께 고려해야 함. 다만 실증 중심의 지원구조에 비해 수요창출과 시장형성과 산업생태계 측 수단의 비중은 제한적임

○ (공통) 두 분야 모두 양산 단계에 국가연구개발사업이 없는 것은 실증까지의 국가 R&D와 양산 이후 민간 영역이라는 역할 구분을 확인하며, 정책의 관심은 어느 단계에 예산이 많고 적은가 보다는 한 단계의 성과가 다음 단계로 넘어가지 못하는 전환 병목 — 원자력은 실증 이후 인허가와 상용화와 수요연계, 수소는 실증 이후 안정적 수요와 가격경쟁력 — 에 둠

○ (분석의 성격) 본 연구의 캐스케이딩 분석은 사업의 효과를 측정하는 평가가 아니라 임무, 혁신 단계, 정책수단, 예산 사이의 구조적 정합성을 진단하는 도구이며, 정렬(alignment), 일관성(consistency), 완결성(completeness), 전환 병목(transition bottleneck)의 네 기준으로 읽음. 특정 셀의 예산이 적거나 사업이 없다는 사실만으로 부족이나 비효율을 판단하지 않고 민간의 역할분담인지, 다른 수단으로 보완되는지, 구조적 병목인지를 가려 읽어야 하며, 단년도 자료와 분류 이견의 가능성을 감안하여 결과는 투자구조의 분류와 진단으로 이해함

□ 시사점과 정책제언

○ 전략 원칙 4 — 사업별 편성에서 임무별 포트폴리오 관리로, 개입 단위는 임무영역 셀과 전환 병목, 두 분야에 다른 처방, 연구개발 예산 밖 수단까지 확장된 임무예산으로 관리

○ 제언 1 임무별 포트폴리오 예산관리(Mission Budget Map): 임무별 총예산뿐 아니라 단계별과 수단별 구성비, 집중도, 공백을 함께 제시하는 확인 층위를 국가연구개발 예산 배분 조정 절차에 편입을 검토하고 예산 주기마다 갱신하며, 미배치와 부분 일치가 확인된 셀 묶음은 다년도 프로그램으로 설계

○ 제언 2 예산 공백이 아니라 전환 병목을 정책개입 대상으로: 예산심의에 “해당 사업의 다음 단계는 무엇이며 넘어갈 정책수단이 존재하는가”를 필수 검토항목으로 두고, 실증 성과의 민간 연계 장치(금융, 실증시설과 사업화 연계, 기술이전, 초기 시장)와 공공투자의 민간투자 유발(crowding-in) 지표 도입을 검토

○ 제언 3 원자력: SMR 실증 진입 프로그램에서 Technology-push 중심의 지원체계를 규제와 표준과 인허가, 초기수요 수단과 연결(규제검증과 인허가 실증을 한 프로그램의 관문으로, 상용화의 법적 근거, 수출 금융과 국제표준), 정책 근거는 제6차 원자력진흥종합계획과 7대 SEED 프로젝트와 K-문샷

○ 제언 4 수소: 실증 중심의 지원구조에 장기 수요확보, 가격지원, 인증과 표준, 인프라, 공급망의 시장형성 수단을 결합(일반수소발전 입찰시장과 청정수소 인증제를 R&D 성과의 시장 진입 경로로 연결), 기술 한계로 지연되는 분야와 경제성과 수요 부족으로 진입이 어려운 분야의 접근을 구분, 수급 안보 임무의 수준 결정

○ 제언 5 확장된 임무예산: R&D 예산 밖의 규제와 표준, 공공조달, 세제, 정책금융, 인허가, 인프라 투자를 한 표 위에서 다루는 Mission Policy Mix Map으로 확장 검토

○ 제언 6 균형과 연결성 지표: 임무별 예산집중도, 혁신 단계별 분포, 정책수단 다양성, 단계 간 연결성, 민간자원 동원 정도를 예산평가 지표로

두어 과도한 집중과 후속 단계 미연결에 조기경보를 주는 포트폴리오 진단체계와 셀 단위 단계 이행을 보는 임무 특화 평가 체계를 검토

□ 맺음말

○ 본 연구 결과는 2026년 본예산의 단년도 단면이며 임무와 단계 구분에 이견이 있을 수 있고, 기관 단위 태깅과 대형 계속사업의 내부 혼재, 원문 미확보 18행, 8인 자문과 LLM 보조 코딩의 검증 범위, 비예산 수단 미포함의 범위로 한정해야 함. 또한 투자의 적정성을 판정하기보다 단년도 데이터를 임무와 단계로 재구성한 투자구조의 분류와 진단으로 이해되어야 함

○ 다년도 시계열로 단계 이동과 임무 변화를 추적하고, 기술수준평가와 연계한 성숙도 정의, 블라인드 재코딩과 시점 간 재현성 검정, 셀 단위 시나리오와 투자 격차 산정과 이를 지원하는 정책 시뮬레이션 도구의 구현, Mission Policy Mix Map, 다른 무탄소 분야로 확장을 후속 연구로 권장하며, 이를 통해 “현재 어디에 투자하고 있는가”에서 “임무 달성을 위해 어디에 투자해야 하는가”로 분석을 확장할 수 있음

약어 :

MOIP = 임무중심혁신정책(Mission-Oriented Innovation Policy)

STI = 과학기술혁신, NIS = 국가혁신체제

VC = 가치사슬(혁신 VC = 혁신 가치사슬)

혁신 가치사슬 6단계 = R 연구, D 개발, V 실증, P 양산, Dep 보급, Op 운영

비VC = 혁신 가치사슬 외 활동(N-운영 기관운영, N-거버 거버넌스, N-인프라 인프라), G = 횡단 기반(공통)

M1 = 에너지 수급 안보, M2 = 무탄소에너지 전환, M3 = 산업적 성과창출

L1 ~ L6 = 6-Level 캐스케이딩 좌표계의 층위

IRL = 통합성숙도, MRL = 제조성숙도, CRL = 상용화성숙도

FOAK = 초도 상용 설비, NOAK = 반복 양산 설비

NDC = 국가 온실가스 감축목표,

ToC = 변화이론

SMR = 소형모듈원자로, MSR = 용융염원자로, VHTR = 초고온가스로, SFR = 소듐냉각고속로, HALEU = 고순도 저농축 우라늄, ITER = 국제핵융합실험로

CHPS = 청정수소 발전 의무화 제도, CfD = 차액계약, PEM = 고분자전해질, AEM = 음이온교환막, SOEC = 고체산화물 수전해

GX = 녹색 전환(일본), ISCF = 산업전략 도전기금(영국),

ARDP = 차세대 원자로 실증 프로그램(미국)

FP = EU 연구혁신 프레임워크 프로그램.

목 차

제1장 연구 개요 ····· 1

제1절 연구 배경과 필요성 ····· 1
제2절 연구 목표와 범위 ····· 3
제3절 연구 추진 체계와 방법 개관 ····· 5
제4절 추진 경과 ····· 7
제5절 보고서 구성 ····· 11

제2장 이론적 검토와 선행연구 ····· 13

제1절 임무중심혁신정책의 개념과 진화 ····· 13
제2절 핵심 이론 프레임워크 3종의 정밀 검토 ····· 18
제3절 OECD MOIP 정책 보고서 시리즈의 종합 검토 ····· 25
제4절 주요국 MOIP 적용 사례 벤치마킹 ····· 34
제5절 국내 선행연구 검토 ····· 41
제6절 캐스케이딩 방법론의 종합과 기술군별 정책 경로 ····· 46
제7절 소결 — 이론에서 분석 틀로 ····· 50

제3장 분석 틀 — 임무지향 캐스케이딩 체계 ····· 53

제1절 6-Level 캐스케이딩 좌표계 ····· 53
제2절 혁신 가치사슬 6단계 ····· 56
제3절 분야 분류 체계 ····· 63
제4절 중간층 정합성 검증 방법론 ····· 68

제4장 상위계획 분석과 임무 도출(L1 → L2) ····· 73

제1절 법령 체계 분석 ····· 73
제2절 법정계획 분석 ····· 77

제3절 3대 임무 축의 도출 ····· 80
제4절 정합성 검증 결과와 갭 처리 ····· 84
제5절 임무 층위 확정과 하향 가설 ····· 87

제5장 하향 캐스케이딩 설계 (L2 → L3 → L5, 계획 단계 설계안) ···· 88

제1절 설계 원칙 ····· 89
제2절 수소 분야 하향 설계 ····· 92
제3절 원자력 분야 하향 설계 ····· 97
제4절 분야 간 교차 연계 ····· 104
제5절 하향 설계의 한계와 중간층 검증의 필요 ····· 105

제6장 내역사업 단위 예산 데이터 구축(L6) ····· 106

제1절 자료원과 구축 방법 ····· 106
제2절 원자력 분야 예산 구조 ····· 109
제3절 수소 분야 예산 구조 ····· 113
제4절 분야 통합 집계와 검산 ····· 117
제5절 분석 대상 목록의 확정 ····· 118
제6절 제외, 중복 처리와 분석 모수 ····· 121

제7장 혁신 가치사슬 단계 태깅(L6 → 단계) ····· 123

제1절 태깅 규칙과 절차 ····· 124
제2절 원자력 1차 태깅 결과 ····· 126
제3절 수소 1차 태깅 결과 ····· 130
제4절 두 분야 비교 진단 ····· 133
제5절 태깅 방법론의 원리와 절차, 분류 적정성 지표 ····· 134

제8장 전문가 자문과 태깅 확정 ····· 141

제1절 자문 설계 ····· 142
제2절 자문 실시와 응답 집계 ····· 145

제3절 상충 쟁점의 심층 검토 ····· 147
제4절 확정 원칙과 확정 결과 ····· 149
제5절 확정 분포와 분야 진단 ····· 154
제6절 방법의 타당성 평가와 한계 ····· 159

제9장 임무 캐스케이딩 — 상향 매칭과 하향 대조 (L6 → L2, L3) ·· 161

제1절 임무 판정 규칙 ····· 162
제2절 사업군 → 임무 배정(원자력 6군, 수소 9군) ····· 164
제3절 페어링 매트릭스(임무 × 단계) — 사업군 단위 1차와 행 단위 확정 · 166
제4절 하향 설계와 상향 결과의 대조 ····· 173
제5절 격차 진단(6건)과 성격 구분 ····· 180
제6절 조정 원칙과 예비 시사점 ····· 183

제10장 결론 및 정책제언 ····· 185

제1절 연구의 요약과 의의 ····· 185
제2절 연구결과의 해석 ····· 188
제3절 시사점과 정책제언 ····· 193
제4절 맺음말 ····· 198

참고문헌 ····· 200

부록 ····· 206

표 목 차

〈표 1-1〉 착수 협의(2026년 5월)에서 확정된 여섯 가지 방향과 반영 위치 ····· 4
〈표 1-2〉 세 접근과 캐스케이딩 층위, 보고서 장의 대응 ····· 6
〈표 1-3〉 연구 추진 경과의 단계별 요약 ····· 10
〈표 2-1〉 혁신정책 정당화 논리의 3세대 진화 ····· 15
〈표 2-2〉 MOIP의 지적 계보 ····· 16
〈표 2-3〉 Mazzucato(2018)의 임무 선정 5기준과 본 연구 적용 ····· 18
〈표 2-4〉 문제-해법 공간의 4사분면(Wanzenböck 외, 2020) ····· 20
〈표 2-5〉 Larrue(2021)의 3차원 12개 설계원칙 ····· 21
〈표 2-6〉 Larrue(2021)의 4개 MOIP 유형과 이후의 확장 ····· 22
〈표 2-7〉 세 프레임워크와 6-Level 캐스케이딩의 매핑 ····· 23
〈표 2-8〉 검토 대상 OECD MOIP 보고서 9편의 구성 ····· 25
〈표 2-9〉 OECD 9편의 시그니처 매트릭스 ····· 27
〈표 2-10〉 본 연구가 차용하는 통합 프레임워크 4종 ····· 29
〈표 2-11〉 OECD 9편의 한국 사례 인용 분포 ····· 32
〈표 2-12〉 주요국 MOIP 프레임워크의 비교 ····· 37
〈표 2-13〉 주요국 사례의 정책수단 3축 구성과 본 연구에의 시사점 ····· 39
〈표 2-14〉 국내 선행연구 14종의 목록과 4군 분류 ····· 41
〈표 2-15〉 국내 MOIP 논의의 이론적 계보 분기 ····· 43
〈표 2-16〉 통합 캐스케이딩의 6단계 절차 ····· 46
〈표 2-17〉 기술군별 문제-해법 사분면 진단과 정책 경로 ····· 47
〈표 2-18〉 이론 자원과 분석 틀 요소의 대응 ····· 51
〈표 3-1〉 6-Level 캐스케이딩 좌표계의 층위 정의와 본 연구 대응 ····· 53
〈표 3-2〉 캐스케이딩 층위별 학술 근거 ····· 55
〈표 3-3〉 혁신 가치사슬 6단계의 정의 ····· 56
〈표 3-4〉 혁신 가치사슬 6단계와 기술성숙도의 대응 ····· 57
〈표 3-5〉 단계 경계 판정 규칙과 자문 후 개정 사항 ····· 58

〈표 3-6〉 분야별 혁신 가치사슬 단계의 운용 정의(예시) ····· 59
〈표 3-7〉 정책수단 3축의 정의와 대표 수단 ····· 60
〈표 3-8〉 혁신 가치사슬 단계별 정책수단 적합 구간 ····· 62
〈표 3-9〉 원자력 3분류의 정의와 하위 영역, 경계 처리 ····· 63
〈표 3-10〉 수소 3분류와 횡단 기반의 정의와 경계 처리 ····· 65
〈표 3-11〉 비VC 3유형의 정의와 기준 ····· 66
〈표 3-12〉 임무-예산 연결의 세 접근 ····· 68
〈표 3-13〉 세 접근의 열 가지 차원 비교 ····· 69
〈표 3-14〉 중간층 정합성 검증의 6단계 절차와 수행 결과 ····· 70
〈표 4-1〉 법령 10종의 목적 조항 요지, 소관 부처, 대응 법정계획 ····· 74
〈표 4-2〉 법제 변화 동향과 임무 명제에 대한 영향 ····· 76
〈표 4-3〉 법정계획 10종의 비전, 목표, 전략 체계 ····· 77
〈표 4-4〉 법정계획의 무탄소에너지 관련 과제 발췌 ····· 78
〈표 4-5〉 3대 임무 축의 운용 정의 ····· 81
〈표 4-6〉 법 목적 조항과 3대 임무 축의 정합성 매트릭스 ····· 81
〈표 4-7〉 법정계획과 3대 임무 축의 부합도 ····· 82
〈표 4-8〉 임무 축별 법적 근거와 이행 계획의 종합 ····· 84
〈표 4-9〉 정합성 검토에서 확인된 갭과 처리 ····· 84
〈표 4-10〉 임무 선정 5기준에 대한 3대 임무 축의 형식 요건 점검 ····· 85
〈표 5-1〉 하향 설계의 4축 구조 ····· 89
〈표 5-2〉 계획 단계 설계의 활동 유형과 혁신 가치사슬 6단계의 재편 규칙 ····· 90
〈표 5-3〉 혁신 가치사슬 단계별 정책수단 적합 구간과 셀의 수단 요구 ····· 91
〈표 5-4〉 수소 분야 임무 진술과 3대 임무 축의 대응 ····· 92
〈표 5-5〉 수소 분야 임무영역(L3) 매트릭스 — 가치사슬 × 혁신 가치사슬 6단계 ·· 92
〈표 5-6〉 수소 분야 포트폴리오(L4)의 구성 ····· 93
〈표 5-7〉 수소 분야 정책수단(L5)의 3축 매핑 ····· 95
〈표 5-8〉 수소 분야 임무 × 단계 설계 격자(제9장 대조용) ····· 96
〈표 5-9〉 원자력 분야 임무 진술과 3대 임무 축의 대응, 3분류 재편 ····· 97
〈표 5-10〉 원자력 대형 임무영역(L3) 매트릭스 — 하위 영역 × 혁신 가치사슬 6단계 ····· 98

〈표 5-11〉 원자력 SMR 임무영역(L3) 매트릭스 — 하위 영역 × 혁신 가치사슬 6단계 ····· 99
〈표 5-12〉 원자력 분야 포트폴리오(L4)의 구성 ····· 100
〈표 5-13〉 원자력 분야 정책수단(L5)의 3축 매핑 ····· 102
〈표 5-14〉 원자력 분야 임무 × 단계 설계 격자(제9장 대조용) ····· 103
〈표 5-15〉 분야 간 교차 연계 ····· 104
〈표 6-1〉 내역사업 예산 데이터의 통일 양식 ····· 107
〈표 6-2〉 원자력 분야 78개 세부사업의 카테고리별 2026년 본예산 ····· 109
〈표 6-3〉 원자력 분야 회계, 기금별 분포(78개 세부사업 기준) ····· 110
〈표 6-4〉 수소 분야 37개 세부사업의 카테고리별 2026년 본예산 ····· 113
〈표 6-5〉 수소 분야 회계, 기금별 분포(37개 세부사업 기준) ····· 114
〈표 6-6〉 두 분야 예산 구조의 대비(구축 데이터 기준) ····· 116
〈표 6-7〉 세 분야 통합 집계 결과(2026년 본예산) ····· 117
〈표 6-8〉 발주기관 검토 목록의 구성과 처리 결과 ····· 119
〈표 6-9〉 구축 데이터에서 분석 대상 목록 확정까지의 경로 ····· 120
〈표 6-10〉 원자력 분야 확정 조정 내역 ····· 122
〈표 6-11〉 구축 데이터에서 확정 분석 모수까지의 단계 ····· 122
〈표 7-1〉 단계별 키워드 매핑(분야별 운용) ····· 124
〈표 7-2〉 비VC 3유형의 기준 ····· 125
〈표 7-3〉 원자력 1차 태깅의 단계별 분포(104행) ····· 126
〈표 7-4〉 원자력 1차 태깅의 3분류 × 단계 교차(행수 / 2026년 본예산) ····· 127
〈표 7-5〉 원자력 1차 태깅의 총계 보정 항목 ····· 127
〈표 7-6〉 원자력 1차 태깅의 경계 플래그 그룹(62행) ····· 129
〈표 7-7〉 수소 1차 태깅의 단계별 분포(93행) ····· 130
〈표 7-8〉 수소 1차 태깅의 3분류 × 단계 교차(행수 / 2026년 본예산) ····· 130
〈표 7-9〉 수소 1차 태깅의 경계 플래그 그룹(44행) ····· 132
〈표 7-10〉 1차 태깅의 단계별 비중 비교 ····· 133
〈표 7-11〉 분류 적정성 지표 체계와 본 연구의 값 ····· 137
〈표 7-12〉 LLM 보조 코딩의 보고 체크리스트와 본 연구의 기재 ····· 139
〈표 8-1〉 자문 쟁점 22개 항목의 구성 ····· 143

〈표 8-2〉 자문위원 회신 현황(익명 표기) ····· 145
〈표 8-3〉 공통 쟁점의 집계(8인) ····· 145
〈표 8-4〉 원자력 쟁점의 집계(위원 ① ~ ④ 순) ····· 146
〈표 8-5〉 수소 쟁점의 집계(위원 ⑤ ~ ⑧ 순) ····· 146
〈표 8-6〉 22개 항목의 확정 결과 ····· 149
〈표 8-7〉 원자력 확정 조정 내역 ····· 151
〈표 8-8〉 연구에서 개발로 이동한 8행(N-4) ····· 151
〈표 8-9〉 최종보고서 서면자문에 따른 3분류 정정(6행) ····· 153
〈표 8-10〉 확정 분포(원자력 95행, 수소 93행) ····· 154
〈표 8-11〉 원자력 확정 분포의 3분류 × 단계 교차(행수 / 2026년 본예산) ···· 154
〈표 9-1〉 임무 축의 운용 정의와 판정 지표 ····· 162
〈표 9-2〉 사업군별 임무 배정과 대표 사업 ····· 164
〈표 9-3〉 원자력 사업군 단위 1차 페어링 매트릭스 ····· 166
〈표 9-4〉 수소 사업군 단위 1차 페어링 매트릭스 ····· 166
〈표 9-5〉 원자력 확정 페어링 매트릭스(행수) ····· 167
〈표 9-6〉 원자력 확정 페어링 매트릭스(금액, 백만원) ····· 167
〈표 9-7〉 수소 확정 페어링 매트릭스(행수) ····· 168
〈표 9-8〉 수소 확정 페어링 매트릭스(금액, 백만원) ····· 168
〈표 9-9〉 주임무와 부임무의 참고 집계 ····· 171
〈표 9-10〉 하향 설계와 상향 결과의 대응 규칙 ····· 173
〈표 9-11〉 수소 분야 임무 × 단계 대조표 ····· 174
〈표 9-12〉 원자력 분야 임무 × 단계 대조표 ····· 175
〈표 9-13〉 수소 분야 가치사슬 × 단계 대조표 ····· 176
〈표 9-14〉 원자력 분야 3분류 × 단계 대조표 ····· 177
〈표 9-15〉 대조표의 셀 분류 요약 ····· 178
〈표 9-16〉 하향 가설 대비 격차 6건(확정 결과 기준) ····· 180
〈표 10-1〉 연구 목표별 수행 결과 ····· 186
〈표 10-2〉 정책제언 요약 ····· 196
〈표 A-1〉 6단계 개요 ····· 206

〈표 A-2〉 혁신 가치사슬 단계와 기술성숙도(TRL) 9레벨의 대응(European Commission, 2014) ····· 208
〈표 A-3〉 단계 × 정책수단 적합 매트릭스 ····· 209
〈표 A-4〉 정의서의 학술적 근거 ····· 212
〈표 A-5〉 정의서 개정 이력 ····· 212
〈표 D-1〉 국내 선행연구 14종의 서지, 유형, 이론 프레임 ····· 227
〈표 D-2〉 국내 선행연구 14종의 핵심 주장, 주요 발견, 본 연구 관련성 ····· 229
〈표 E-3-1〉 수소 분야 원본 매트릭스(가치사슬 × 활동 유형 6축) ····· 235
〈표 E-3-2〉 원자력 분야 원본 매트릭스(기술노형 5축 × 활동 유형 6축, 유효 셀 28개) ····· 235
〈표 E-3-3〉 재편 규칙의 적용 결과 요약 ····· 235
〈표 E-4-1〉 포트폴리오 예비 진단(계획 단계, 정성) ····· 236
〈표 E-4-2〉 R&D와 비R&D 수단의 균형 점검(계획 단계) ····· 236
〈표 E-4-3〉 캐스케이딩 정합성 점검(계획 단계) ····· 236
〈표 I-1〉 연구 수행 경과 일지 ····· 277

그 림 목 차

〈그림 1-1〉 연구 전체 지도 ····· 5
〈그림 1-2〉 연구 추진 경과 5단계 ····· 7
〈그림 2-1〉 이론 자원에서 분석 틀 ····· 50
〈그림 3-1〉 혁신 가치사슬 6단계와 정책수단 3축의 적합 구간 ····· 61
〈그림 3-2〉 중간층 정합성 검증의 6단계 절차 ····· 70
〈그림 4-1〉 법령 10종과 법정계획 10종에서 3대 임무 축으로 ····· 80
〈그림 5-1〉 임무에서 정책수단까지의 하향 설계(L2 → L3 → L5) ····· 88
〈그림 6-1〉 예산 데이터 구축 파이프라인 ····· 118
〈그림 7-1〉 혁신 가치사슬 단계 태깅의 판정 흐름 ····· 123
〈그림 7-2〉 태깅 파이프라인과 인간 개입 지점 ····· 136
〈그림 8-1〉 전문가 자문과 확정 절차 ····· 141
〈그림 9-1〉 임무 태깅에서 대조와 격차 진단까지(L6 → L2, L3) ····· 161
〈그림 10-1〉 연구결과종합지도 — 임무에서 확인 결과와 해석과 정책제언까지 · 185

제1장 연구 개요

본 장은 연구의 개요에 대하여 정리한다. 원자력, 수소 두 분야의 예산 확대와 임무 관점의 종합 확인 필요성(제1절)에서 출발하여 연구 목표와 범위와 착수 협의의 결정(제2절)을 명시하고, 세 접근이 하나의 좌표계 안에서 서로를 검증하는 추진 체계(제3절, 그림 1-1)와 추진 경과(제4절, 그림 1-2)를 거쳐, 10장과 부록 A ~ I의 구성(제5절)을 설명한다.

제1절 연구 배경과 필요성

탄소중립 목표와 에너지 안보 요구가 동시에 강화되면서 무탄소에너지, 특히 수소와 원자력 분야에 대한 국가 연구개발 투자가 빠르게 확대되고 있다. 본 연구가 부처 예산 사업설명자료를 내역사업 단위로 전수 정리한 결과에 따르면, 2026년 본예산 기준 수소 분야 정부 예산은 약 3,252억원으로 전년 대비 83.4% 증가하였고, 원자력 분야는 표면 합계 약 1조 2,766억원, 이 가운데 정책 분석의 대상이 되는 사업 기준으로 약 1조 1,330억원 규모에 이른다. 두 분야를 합하면 연간 1조 4,000억원을 상회하는 공적 자원이 무탄소에너지 기술의 확보와 확산에 투입되고 있는 것이다. 투자 규모의 확대는 그 자체로 정책 의지의 표현이지만, 동시에 “이 돈이 국가가 선언한 임무의 어느 지점에, 어떤 논리로 배분되고 있는가”라는 질문을 한층 무겁게 만든다.

문제는 투자 확대가 곧 방향성의 정합을 보장하지 않는다는 데 있다. 한국의 연구개발 예산은 다수 부처와 복수의 회계, 기금에 걸쳐 사업 단위로 분절적으로 편성되고 관리된다. 실제로 본 연구의 데이터 구축 과정에서 확인된 바로는, 원자력 분야의 분석 대상 예산은 6개 부처에 걸쳐 있고 수소 분야 예산은 8종의 회계와 기금으로 나뉘어 있으며, 형식상 소관 부처와 실제 운영 부처가 다른 사업도 다수 존재한다. 이러한 구조에서는 개별 사업의 타당성은 각 부처의 심의 과정에서 검토되더라도, 국가적 임무의 관점에서 어느 혁신 단계에 자원이 몰리고 어느 단계가 비어 있는지, 사업 간 중복과 단절이 어디에서 발생하는지를 종합적으로 확인하기 어렵다. 예산 배분과 조정의 실무가 사업과 단위사업이라는 중간 단위에서 이루어지는 반면, 임무는 최상위 계획의 언어로 선언되기 때문에, 둘 사이를 임무 관점에서 부처 횡단으로 종합 확인하는

분석 층위는 아직 제도화 전이다.

국제적으로는 이러한 간극을 다루는 정책 패러다임으로 임무중심혁신정책(MOIP)이 확산되어 왔다. 혁신정책의 정당화 논리는 시장실패 교정(1세대), 혁신체제의 시스템 실패 보완(2세대)을 거쳐, 사회적 도전과제에 대한 방향성 실패(directionality failure)의 교정(3세대)으로 진화하였으며(Weber, Rohracher, 2012), 정부를 시장의 교정자가 아니라 시장의 공동 창출자로 재정의하는 관점이 그 중심에 있다(Mazzucato, 2018). OECD는 2021년 MOIP의 설계와 실행에 관한 기준 문헌(Larrue, 2021)을 발간한 이래 거버넌스 설계(OECD, 2024b), 모니터링과 평가(OECD, 2024c), 넷제로 임무의 실증 분석(OECD, 2024a), 포트폴리오 관리(OECD, 2025b), 민간투자 동원(OECD, 2026a), 생태계 기반 임무 거버넌스(OECD, 2025c)에 이르는 일련의 정책 보고서를 축적하였고, EU의 Horizon Europe Missions, 일본의 문샷 연구개발 등 주요국의 제도화 사례도 두터워지고 있다. 반면 이 국제 논의에서 한국 사례는 일부 개별 프로그램 수준으로 소개되는 데 그치고 있어, 에너지 분야 전반의 임무-예산 정합성을 실제 재정 데이터로 검증한 분석은 국내외를 통틀어 공백으로 남아 있다.

본 연구는 이 공백을 다루고자 한다. 임무의 선언과 예산의 현실 사이의 간극은 선언을 다듬는 것만으로도, 사업 목록을 정리하는 것만으로도 해소되지 않으며, 법정계획에서 내려오는 하향의 논리와 내역사업 예산에서 올라오는 상향의 근거가 중간층에서 서로를 검증할 때 비로소 진단 가능해진다. 특히 예산 배분과 조정의 실무 단위가 사업과 단위사업이라는 점을 고려하면, 임무 관점의 진단이 바로 그 단위에서 이루어져야 분석 결과가 실무적 의사결정으로 연결될 수 있다.

본 연구는 무탄소에너지로써 원자력과 수소, 두 분야를 대상으로 임무에서 예산까지의 연결 구조를 실증적으로 구축하고 그 정합성을 검증함으로써, 임무중심 R&D 체계 전환 논의에 재정 데이터에 기반한 분석적 기초를 제공하고자 한다.

제2절 연구 목표와 범위

본 연구의 최종 목표는 세 가지로 요약된다.

첫째, MOIP 관점에서 무탄소에너지(수소, 원자력) 분야의 국가적 임무를 에너지 수급 안보, 무탄소에너지 전환, 산업적 성과창출의 3대 축으로 재정의하고, 분야별 특성을 반영한 임무 단위 분석 프레임워크를 구축한다.

둘째, 임무 단위의 사업-예산 매핑을 통해 중복, 단절, 공백을 진단하고 시나리오 기반의 포트폴리오 개선방안과 예산편성 개선방안을 도출한다.

셋째, 진단과 시나리오 분석을 지원하는 정책 시뮬레이션 도구를 구현하여 예산 배분, 편성 실무에서 활용 가능한 의사결정 지원 체계의 원형을 제시한다.

이를 위한 세부 목표는 다음과 같이 설정하였다. 주요국 MOIP 사례와 이론 문헌에 기반한 분석 프레임워크의 설계, 임무 단위 사업-예산 매핑과 포트폴리오 진단, 시나리오별 포트폴리오 개선방안과 시뮬레이터 구현, 그리고 전문가 자문을 통한 각 단계 결과의 타당성 검증이 그것이다. 특히 분석의 전 과정에서 전문가 검증을 내재화하여, 연구진의 판단이 개입되는 분류와 태깅 작업의 자의성을 통제하는 것을 방법적 원칙으로 삼았다. 이 가운데 정책 시뮬레이션 도구는 입력 데이터의 정리까지 수행하고 도구의 구현은 후속 연구로 이관하였다(제10장 제4절).

연구 범위는 다음과 같다. 대상 분야는 수소와 원자력 2개 분야이며, 원자력은 대형(계속운전, 차세대 대형 노형, 연료주기와 해체, 방사성폐기물), SMR(노형 개발, 상용화 실증, 용도 개척), 기타(연구로, 동위원소 등)의 3분류로, 수소는 가치사슬에 따라 생산, 저장운송, 활용의 3분류에 횡단적 기반 활동을 더한 구조로 구분한다(제3장 제3절). 예산 분석의 기준 연도는 2026년 본예산이며, 분석의 최소 단위는 내역사업이다. 핵융합 분야는 별도의 연구 트랙에서 다루기로 하여 본 보고서의 범위에서는 제외하였다.

한편, 연구 착수 후 협의(2026년 5월 8일)를 거쳐 연구의 무게중심을 조정하였다. 협의에서 확정된 여섯 가지 방향과 그 반영 위치는 표 1-1과 같다. 이론적 검토는 분석 틀의 도출에 필요한 수준으로 정리하고, 임무 도출의 근거는 법정계획 위주로 한정하며, 임무의 큰 틀(3대 축)은 유지하되 그 도출 과정의 합리성, 논리성, 타당성을 강화하는 데 자원을 집중하기로 하였다. 원자력은 대형, SMR, 기타의 3분류로 다루고, 보고서는 서술식으로 작성하되 예산의 확인은 내역사업 단위까지 수행하며, 핵융합은 공식 보고서의 범위에서 제외하는 것으로 정리하였다. 본 보고서의 구성과 서술은 이 협의 결과를

따른다. 다만 이론적 검토의 압축에 관해서는, 보고서가 수행 내용을 소명하는 문서라는 점을 고려하여 계획 단계에서 수행한 이론 검토를 제2장으로 복원하였으며, 최종보고서에서도 본문에 유지한다(제2장 제7절).

〈표 1-1〉 착수 협의(2026년 5월)에서 확정된 여섯 가지 방향과 반영 위치

번호	확정 방향	내용	반영 위치
1	이론적 검토	이론 검토에 과도한 무게를 두지 않고 분석 틀의 근거를 밝히는 수준으로 정리	제2장(통상적 수준으로 정리), 제3장
2	임무 도출 과정의 강화	최상위 계획에서 임무를 도출하는 과정의 합리성, 논리성, 타당성 강화. 도출 근거는 법정계획 위주로 한정	제4장
3	임무 3대 축의 유지	에너지 수급 안보, 무탄소에너지 전환, 산업적 성과창출의 큰 틀 유지	제4장 제3절, 제5장, 제9장
4	원자력 3분류	원자력 분야를 대형, SMR, 기타로 구분	제3장 제3절, 제5장 제3절, 제7장 ~ 제9장
5	내역사업 단위	예산은 내역사업 단위까지 확인	보고서 전체, 제6장, 부록 F, G
6	연구 범위의 조정	핵융합 분야는 공식 보고서 범위에서 제외	제1장 제2절, 제6장 제4절

제3절 연구 추진 체계와 방법 개관

본 연구의 분석은 세 방향의 접근이 하나의 좌표계 안에서 서로를 검증하는 구조로 설계되어 있다. 법정계획에서 임무를 도출하고 임무를 임무영역과 정책수단으로 분해하는 하향 접근, 내역사업 단위 예산 데이터를 구축하는 상향 접근, 그리고 두 접근을 예산 실무의 의사결정 단위인 사업과 단위사업의 중간층에서 맞물리게 하는 중간층 정합성 검증(abductive cross-validation)이 그것이다. 하향 접근은 이론적 일관성이 강하지만 현실의 부처와 회계 구조에 사업을 사후적으로 끼워 맞추는 작위성의 위험을 안고, 상향 접근은 실집행 현실에 충실하지만 상위 임무와의 연결이 임의적 클러스터링에 의존하는 약점이 있다. 중간층 정합성 검증은 확정된 중간층 정보에 혁신 단계와 임무를 태깅한 뒤 위로는 임무 체계와의 정합성을, 아래로는 내역사업 예산 흐름을 추적함으로써 두 접근의 약점을 서로 보완한다(제3장 제4절).

분석의 공간 축으로는 법정계획(L1)에서 임무(L2), 임무영역(L3), 포트폴리오(L4), 정책수단(L5)을 거쳐 내역사업 예산(L6)에 이르는 6-Level 캐스케이딩 좌표계를, 시간 축으로는 연구, 개발, 실증, 양산, 보급, 운영의 혁신 가치사슬 6단계를 사용한다. 세 접근은 이 좌표계의 서로 다른 층위에서 출발하며, 보고서의 장 구성은 층위의 순서를 따른다(표 1-2). 하향 접근은 최상위 층위에서 출발하여 임무(제4장)와 하향 설계(제5장)로 내려오고, 상향 접근은 최하위 층위의 예산 데이터(제6장)에서 출발하며, 중간층 검증은 예산 데이터의 각 행에 혁신 단계(제7장, 제8장)와 임무(제9장)를 태깅하여 위로 올라간 뒤 하향 설계와 대조한다(제9장 제4절). 독자는 장 순서를 따라가면 최상위 계획에서 내역사업 예산에 이르는 매칭 과정을 층위마다 확인할 수 있다.

〈그림 1-1〉 연구 전체 지도



〈표 1-2〉 세 접근과 캐스케이딩 층위, 보고서 장의 대응

접근	출발 층위와 진행 방향	추론 양식	보고서 위치	주요 산출
이론과 분석 틀	(층위 정의)	–	제2장, 제3장	좌표계, 6단계, 정책수단 3축, 검증 방법론
하향 접근	L1 → L2 → L3 → L5, 위에서 아래로	연역	제4장(L1 → L2), 제5장(L2 → L3 → L5)	3대 임무 축, 계획 단계 하향 설계안(임무영역, 포트폴리오, 정책수단)
상향 접근	L6, 아래에서 위로	귀납	제6장, 부록 F, G	내역사업 단위 예산 데이터, 분석 대상 목록, 분석 모수
중간층 정합성 검증	L6 → 단계 → L2, L3, 중간에서 양방향으로	가추	제7장(단계 태깅), 제8장(자문과 확정), 제9장(임무 태깅, 대조, 격차)	확정 태깅표, 페어링 매트릭스, 하향 대조표, 격차 6건
결론	–	–	제10장	연구의 요약과 의의, 연구결과의 해석, 시사점과 정책제언, 맺음말

전 과정에는 세 가지 품질 관리 장치가 일관되게 적용되었다. 첫째, 모든 건수와 합계는 산출 시점마다 검산으로 확인하였다. 분야별 정리본과 통합 집계표, 분석 대상 목록과 분석 모수, 태깅 분포와 페어링 매트릭스의 합계가 서로 일치함을 단계마다 확인하였으며, 이 보고서의 표에 실린 수치는 모두 이 검산을 거친 값이다.

둘째, 분류와 판정은 근거를 행 단위로 기록하여 소급 확인이 가능하도록 하였다. 단계와 임무의 판정은 사업명이 아니라 사업 목적 원문을 우선 근거로 삼았고, 행마다 판정 근거와 확정 근거(자문 쟁점 번호)를 기입하였다(부록 G).

셋째, 연구진 판단이 개입되는 결정은 경계 플래그(단계 구분의 경계에 놓여 판정에 이견이 예상되는 행에 붙이는 검토 대상 표시, 제7장 제1절)와 전문가 자문, 조정 이력의 전량 기록으로 통제하였다. 경계가 모호한 사례는 무리하게 확정하지 않고 플래그로 관리하여 자문에 부쳤고, 자문 결과에 따른 모든 조정은 근거와 함께 이력으로 남겨 어떤 셀도 근거 없이 이동하지 않도록 하였다(제8장, 부록 H).

제4절 추진 경과

2026년 4월 착수 이후 기반 구축(4월 ~ 5월 초), 방향 확정(5월), 방법론 수립과 1차 분석(6월), 전문가 검증과 확정(7 ~ 8월), 임무 캐스케이딩과 종합(8월 하순 ~ 10월)의 다섯 단계로 진행되었다. 본 절은 단계별 수행 내용을 시간 순으로 상술하며, 일자 단위의 수행 경과 일지는 부록 I에 수록한다.

〈그림 1-2〉 연구 추진 경과 5단계



착수 직후인 4월에는 연구의 기반을 구축하였다. 4월 중순 연구의 범위와 목표, 방법론, 수행 일정을 담은 연구계획을 수립, 확정하였고, 이와 함께 두 가지의 기반 작업을 병행하였다. 첫째는 이론적 기반의 정리이다. MOIP 이론의 원전 문헌(Mazzucato, 2018; Wanzenböck 외, 2020; Larrue, 2021)을 정밀 검토하여 이론 검토 노트를 작성하였고, 4월 하순부터 5월 초에 걸쳐 OECD의 MOIP 정책 보고서 시리즈 9편, 합계 661쪽을 전수 정밀 검토하면서 편마다 핵심 프레임워크, 사례, 한국 관련 시사점을 담은 문헌별 분석 노트를 축적하였으며, 주요국의 MOIP 적용 사례와 국내 선행연구 14종을 함께 검토하였다. 이 검토가 제2장 이론적 검토와 제3장 분석 틀의 근거이자 제9장 격차 해석의 원천이 되었다. 둘째는 예산 데이터 기반의 구축이다. 부처 예산 사업설명자료를 원자료로 삼아 원자력 78개, 수소 37개 세부사업의 예산을 내역사업 단위까지 분해하여 통일 양식(부처와 회계, 담당 조직, 사업기간과 성격, 시행주체, 내역사업별 연도별 예산, 비목, 사업 내용 원문 발췌, 산출 근거)으로 정리하였다. 원자력은 규모가 커서 카테고리 분류와 배치 단위의 순차 정리를 거쳤고, 수소는 부처별 6개 배치로 나누어 전수 정리하였다. 이 과정에서 부처 간 분담 사업의 중복 계상 문제(국제핵융합실험로 분담의 부처별 별개 편성 등), 자금운용 성격 사업의

분석 대상 여부 같은 데이터 처리 원칙이 사례 단위로 정립 되었으며, 4월 말에는 분야 통합 내역사업 집계표(내역 단위 363행)를 구축하고 분야별 합계를 전수 검산하여 정리 자료와 집계표의 정합을 확인하였다. 같은 시기에 이론 검토와 법정계획에 근거하여 수소와 원자력의 임무영역, 포트폴리오, 정책수단에 이르는 계획 단계의 하향 설계안을 작성하였다(제5장).

5월에는 착수 협의에서 여섯 가지 방향(표 1-1)이 확정되었고, 이 결정이 이후 모든 작업의 준거가 되었다. 후속 조치로 5월 11일 분석의 공통 어휘가 되는 혁신 가치사슬 6단계의 정의서를 확정하여 단계별 정의와 TRL 대응, 경계 판정 규칙, 단계별 정책수단 적합 구간을 문서화하였다(부록 A). 이어 5월 하순에는 임무 3대 축의 법적 기반을 확인하기 위하여 에너지 부문 관련 법령 10종과 법정계획 8종을 검토하고, 보강 검토를 통해 수소경제 이행 기본계획과 전력수급기본계획을 추가하여 상위 명제와의 정합성 검토를 완료하였으며(5월 21일), 그 결과에 대한 발주기관의 동의를 확보하였다. 같은 달 말에는 최종 마감에서 역산한 단계별 추진 일정(분석 콘텐츠, 편집, 초안 제출, 피드백 반영)을 수립하여 일정 관리의 기준으로 삼았다.

6월에는 분석 방법론을 수립하고 1차 분석을 수행하였다. 하향 접근과 상향 접근을 중간층에서 결합하는 정합성 검증 방법론을 정의하면서 세 접근의 강약점 비교, 여섯 단계의 실행 절차, 학술적 근거를 문서화하였고, 발주기관이 구축 데이터를 검토하여 제공한 추가 검토 대상과 제외 대상 목록에 따라 조사대상을 조정한 뒤 분야 전담 사업 밖의 관련 내역사업까지 포괄하는 분석 대상 목록을 확정하였다(원자력 104행, 수소 93행, 건수와 합계 전수 검산). 6월 27일에는 확정된 목록 전체에 대해 혁신 가치사슬 6단계의 1차 태깅을 수행하고 분야별 진단을 작성하였다. 1차 태깅에서 원자력과 수소 모두 양산 단계에 국가 R&D 사업이 없다는 사실이 관찰되는 등 구조적 특징이 드러났고, 동시에 연구진 판단만으로 확정하기 어려운 경계 사례 106행이 플래그로 식별되어 쟁점 목록으로 정리되었다. 6월 29일에는 두 분야의 태깅 결과를 처음 접하는 독자도 검토할 수 있도록 용어 해설을 포함한 종합 정리 문서로 작성하여 검증 단계의 기초 자료로 삼았다.

7월부터 8월 중순까지는 전문가 검증을 통해 1차 분석을 확정하였다. 7월 6일 태깅 체계와 쟁점 22개 항목(공통 3, 원자력 10, 수소 9)마다 배경과 선택지, 연구진 권고안을 구조화한 자문 자료를 설계하였고, 원자력 4인, 수소 4인 총 8인의 전문가 자문을 실시하여 7월 12일부터 28일에 걸쳐 전원의 회신을 받았다(선택 응답 전량, 서술 의견 50건). 8월 5일 응답을 집계, 분석한 결과 만장일치 10건, 다수 9건, 상충 3건으로

수렴하였고, 상충 쟁점의 양측 논거를 심층 검토하는 한편 태깅 방법의 강점과 보완 필요 사항 4건을 함께 도출하였다. 8월 14일 사전에 정한 확정 원칙에 따라 22개 항목 전부의 처리를 완결한 확정안을 도출하였으며, 원자력의 확정 조정(국제 분담 분리, 제외, 중복 통합, 단계 이동, 3분류 이동)과 확정 분포의 재계산, 검산이 이때 수행되었다.

8월 하순에는 확정된 태깅 위에서 임무 캐스케이딩에 진입하였다. 8월 19일 임무(L2) 태깅의 운용 정의와 판정 규칙 5항을 확정하고, 사업군 단위의 1차 페어링 매트릭스를 작성하였으며, 하향 논리와의 대조를 통해 여섯 개의 격차를 확인하고 격차별 조정 원칙을 정리하였다. 이로써 중간층 정합성 검증 절차 여섯 단계 중 첫 단계가 전문가 검증을 거쳐 확정되었고, 둘째 단계가 규칙 확정과 1차 매핑까지 진행된 상태가 되었다.

8월 말부터 9월에는 이상의 결과를 중간보고서로 종합하였다. 8월 25일 목차를 확정하고 본문을 장 묶음 단위로 순차 작성하였으며, 9월 5일 표 체계를 정비한 초안을 완성하고 전 수치의 검산과 표기 점검을 수행하였다. 9월 8일에는 요약문과 참고문헌을 표준 서식에 맞춰 정비하고 편집에 착수하여 같은 날 1교를 수령하였으며, 9월 중순 점검회의에 대비하여 추진 경과를 상세화하는 보완을 진행하였다. 이어 9월 13일에는 계획 단계의 이론 검토와 하향 설계를 본문에 복원하고 분석 대상 전체 목록을 부록으로 수록하며 최상위 계획에서 내역사업 예산에 이르는 매칭 과정이 층위마다 드러나도록 보고서를 전면 개편하기로 하고, 그 전제 작업으로 확정 분석 모수 전 행(원자력 95행, 수소 93행)에 대한 행 단위 임무 태깅을 전면 실행하여 확정 페어링 매트릭스를 산출하고 하향 설계와 셀 단위로 대조하였다. 이로써 중간층 정합성 검증 절차의 둘째 단계(임무 태깅)와 셋째 단계(양방향 검증)가 완료되고 넷째 단계(격차 진단)의 근거가 확정 결과로 갱신되었으며, 본 보고서는 그 결과를 반영한 전면 개편본을 기초로 한다.

9월 하순부터 10월에는 전면 개편본을 최종보고서로 확정하였다. 9월 17일 점검회의에서 1교와 추진 경과 보완안을 제출하고 검토 의견을 청취하였으며, 9월 16일부터 23일에 걸쳐 전면 개편본의 2교를 편집하고 모과제 수록용 축약본을 작성하였다. 9월 27일 수령한 2교 검토 의견(표현 정비, 한국 실정과의 정합 — 양산은 민간 영역, 캐스케이딩 과정의 도식화)을 반영하기 위한 수정 계획을 수립하면서 과제를 종결 체계로 전환하였고, 9월 28일 임무 플래그 31행의 2차 판정으로 최종 페어링 매트릭스를 산출하여 행 단위 입력 데이터로 정리하였으며, 양산 단계의 역할 구분을 재정의하고 표현을 정비하였다. 이어 장별 과정 그림 12종을 제작하고 제10장을 결론 체계로 집필하였으며, 요약과 축약본과 참고문헌을 갱신하고 표기와 교차 참조와 수치의 최종 점검을 거쳐 최종보고서를 확정하였다. 이로써 중간층 정합성

검증 절차의 여섯 단계가 모두 완료되었다. 10월 30일 최종 발표를 거쳐 발주기관이 취합한 평가위원의 서면자문을 반영하였다. 서면자문에 따라 태깅 방법론의 원리와 절차와 분류 적정성 지표를 제7장 제5절로 추가하였으며, 두 분야 결과의 해석을 보강하고 제10장을 연구결과의 해석과 시사점 중심으로 재구성하여 11월 수정본을 확정하였다.

〈표 1-3〉 연구 추진 경과의 단계별 요약

시기	단계	주요 활동	주요 산출
2026.4	기반 구축	연구계획 수립, 이론 문헌 정밀 검토(원전 3종 + OECD 시리즈 9편 661쪽 + 국내 선행연구 14종), 내역사업 단위 예산 정리(원자력 78, 수소 37개 세부사업)와 통합 집계표 검산, 계획 단계 하향 설계안 작성	연구계획서, 문헌별 분석 노트, 분야별 예산 정리 자료, 통합 집계표, 하향 설계안
2026.5	방향 확정	착수 협의(5.8) 6개 방향 확정, 혁신 가치사슬 6단계 정의 확정(5.11), 법령 10종과 법정계획 10종의 정합성 검토(5.21), 역산 추진 일정 수립	협의 결과 정리, 6단계 정의서, 정합성 검토 보고, 추진 일정표
2026.6	방법론, 1차 분석	중간층 정합성 검증 방법론 수립, 발주기관 검토 의견에 따른 조사대상 조정과 분석 대상 확정(원자력 104행, 수소 93행), 6단계 1차 태깅과 분야 진단(6.27), 종합 정리(6.29)	방법론 정의서, 분석 대상 목록, 1차 태깅표와 진단, 종합 정리
2026.7 ~ 8 중순	검증, 확정	자문 자료 설계(7.6), 전문가 8인 자문(7.12 ~ 7.28), 결과 종합 분석(8.5), 22개 항목 확정(8.14)	자문 자료, 자문 응답 8건, 종합 분석, 태깅 확정안
2026.8 하순	임무 캐스케이딩	임무 판정 규칙 확정, 사업군 1차 페어링 매트릭스, 격차 6건 진단(8.19)	임무 캐스케이딩 정리
2026.8 말 ~ 9 중순	중간 종합	중간보고서 본문 작성과 표 체계 정비(8.25 ~ 9.5), 요약문과 참고문헌 정비, 편집 착수와 1교(9.8), 점검회의 대비 추진 경과 보완, 행 단위 임무 태깅 전면 실행과 하향 대조, 전면 개편본 작성(9.13)	중간보고서 초안, 1교, 확정 페어링 매트릭스와 대조표, 전면 개편본
2026.9 하순 ~ 10	최종 종합	점검회의(9.17)와 2교 편집, 검토 의견 수령, 임무 플래그 31행 2차 판정과 최종 페어링 매트릭스 산출, 양산 단계의 역할 구분 재정의와 표현 정비, 제10장 결론 전환, 장별 과정 그림 12종 제작, 최종보고서 확정	최종 페어링 매트릭스, 행 단위 입력 데이터, 최종보고서
2026. 10 말 ~ 11	발표와 자문 반영	최종 발표(10.30), 평가위원 서면자문 5인 반영 — 3분류 정정 6행, 제7장 제5절 신설, 결과 해석 보강, 제10장 재구성, 수정본 제출(11.9)	수정본 최종보고서

제5절 보고서 구성

본 보고서는 연구의 분석 구조, 곧 캐스케이딩 층위의 순서를 그대로 장 구성에 반영하여 열 개 장으로 구성하였다. 제1장은 연구의 배경과 목표, 범위, 추진 체계와 경과를 개관한다. 제2장은 계획 단계에서 수행한 이론적 검토와 선행연구 검토로, MOIP의 개념과 진화, 핵심 이론 프레임워크 3종(Mazzucato, 2018; Wanzenböck 외, 2020; Larrue, 2021), OECD MOIP 정책 보고서 시리즈 9편, 주요국의 MOIP 적용 사례, 국내 선행연구 14종, 캐스케이딩 방법론과 기술군별 정책 경로를 검토하고 이론 자원이 분석 틀로 번역되는 경로를 밝힌다. 제3장은 이 세 접근을 담는 분석 틀, 곧 6-Level 캐스케이딩 좌표계, 혁신 가치사슬 6단계와 정책수단 적합 구간, 분야 분류 체계, 중간층 정합성 검증 방법론을 제시한다.

제4장은 하향 접근의 첫 단계로서 법령 10종과 법정계획 10종의 분석을 통해 3대 임무 축을 도출하고 그 정합성을 검증하며 임무 층위를 확정한다(L1 → L2). 제5장은 하향 접근의 둘째 단계로서 확정된 임무를 분야의 가치사슬과 혁신 단계로 교차시켜 임무영역과 포트폴리오, 정책수단을 설계한 계획 단계의 하향 설계안을 제시한다(L2 → L3 → L5). 이 설계안은 예산 데이터로 검증되기 전의 설계 가설이며, 제9장에서 상향 결과와 대조되는 하향의 한쪽 축이다. 제6장은 상향 접근의 기반인 내역사업 단위 예산 데이터의 구축 방법과 두 분야의 예산 구조, 분석 대상 목록의 확정과 분석 모수를 기술한다(L6).

제7장은 중간층 검증의 첫 절차인 혁신 가치사슬 단계 태깅의 규칙과 1차 결과, 그리고 태깅 방법론의 원리와 절차와 분류 적정성 지표(제5절)를, 제8장은 전문가 자문을 통한 태깅의 검증과 확정 과정, 확정 분포와 분야 진단, 방법의 타당성 평가를 다룬다(L6 → 단계). 제9장은 둘째 절차인 임무 태깅의 판정 규칙과 행 단위 확정 페어링 매트릭스, 그리고 제5장의 하향 설계와 상향 결과의 셀 단위 대조, 하향 가설 대비 격차 6건의 진단과 조정 원칙을 제시한다(L6 → L2, L3). 제10장은 연구의 요약과 의의, 두 분야 연구결과의 해석, 시사점과 정책제언 6건, 한계와 후속 연구를 담은 맺음말을 제시한다.

부록은 9개 부분으로 구성하였다. 부록 A는 혁신 가치사슬 6단계 정의서 전문(자문 후 개정 반영), 부록 B는 법령 목적 조항 요지와 법정계획 비전, 전략 발췌, 부록 C는 OECD MOIP 시리즈 9편의 정밀 검토 요약표, 부록 D는 국내 선행연구 14종 요약표, 부록 E는 하향 설계안 상세, 부록 F는 구축 데이터 전체의 사업 단위 요약(원자력 78,

수소 37개 세부사업), 부록 G는 확정 분석 모수 전체 목록(원자력 95행, 수소 93행의 태깅표)과 제외, 분리 9행, 조사대상 조정 33건, 부록 H는 전문가 자문 쟁점 총괄과 상충 쟁점의 소수의견 전문, 부록 I는 연구 수행 경과 일지이다. 본문의 장 참조는 제N장 제N절로, 표 참조는 표 N-N으로 통일하였으며, 인용은 (기관 또는 저자, 연도)의 약식으로 표기하고 서지 사항은 보고서 말미의 참고문헌에 장별로 정리하였다.

제2장 이론적 검토와 선행연구

이 장은 임무중심혁신정책의 원전 문헌 3종, OECD 시리즈 9편, 주요국 사례 7건, 국내 선행연구 14건을 근거로 한다. 이를 개념과 진화, 세 프레임워크, 실증과 운영 도구, 제도화 사례, 국내 지형의 순서로 검토하고 캐스케이딩 방법론과 기술군별 정책 경로로 종합한다. 결과물은 제3장의 분석 틀 4요소를 떠받치는 이론 자원의 대응표(제7절, 그림 2-1)이며, 제9장의 격차 해석에 쓰이는 3대 함정과 실증 이후 연계 구간의 언어도 여기서 온다.

이 장은 본 연구의 분석 틀(제3장)이 어떤 이론적 근거를 갖는지를 밝힌다. 연구 착수 단계에서 수행한 이론 검토의 범위는 임무중심혁신정책의 원전 문헌 3종, OECD가 2021년 이후 발간한 MOIP 정책 보고서 시리즈 9편(합계 661쪽), 국내 선행연구 14종, 그리고 이들을 종합한 캐스케이딩 방법론이다. 제1절은 MOIP의 개념과 진화를, 제2절은 본 연구의 뼈대가 되는 세 프레임워크를, 제3절은 OECD 시리즈 9편이 더한 실증과 운영 도구를, 제4절은 주요국의 제도화 사례를, 제5절은 국내 논의의 지형과 본 연구의 위치를, 제6절은 이론을 종합한 캐스케이딩 방법론과 기술군별 정책 경로를 다루고, 제7절에서 이론 자원이 제3장의 분석 틀로 번역되는 경로를 정리한다. 이론 검토는 그 자체가 목적이 아니며, 어떤 이론이 본 연구의 어느 설계 요소에 어떻게 쓰였는지를 추적할 수 있게 하는 데 목적을 둔다. 편별 상세 요약은 부록 C(OECD 9편)와 부록 D(국내 14종)에 수록하였다.

제1절 임무중심혁신정책의 개념과 진화

1. MOIP의 정의와 핵심 주장

임무중심혁신정책은 사회적 도전과제의 해결을 위해 구체적이고 측정 가능하며 기한이 있는 임무를 설정하고, 정부가 방향성을 제시하면서 혁신체제 전반을 조율하는 정책 접근으로 정의된다. Mazzucato(2018)는 임무 정책을 “큰 문제에 대응하기 위해 동원되는 큰 과학”으로 표현하면서, 임무는 영감을 주되 사회적 파급력이 넓고, 대담하며 구체적이고 측정 가능하고 기한이 있는 목표여야 한다고 규정하였다.

OECD의 공식 정의는 이를 정책 설계의 언어로 옮긴 것이다. Larrue(2021)에 따르면 MOIP는 "사회적 도전과제와 관련된 명확히 정의된 목표를 정해진 기한 안에 달성하기 위하여 과학기술혁신을 동원하도록 특별히 조율된 정책, 규제 수단의 조정된 패키지"이며, 이 수단들은 연구에서 실증과 시장 보급에 이르는 혁신 주기의 여러 단계에 걸치고, 기술 공급 측 수단과 수요 측 수단을 혼합하며, 여러 정책 영역과 부문과 학문 분야를 가로지른다. 이 정의에는 여섯 개의 요건이 담겨 있다. 조율된 패키지일 것, 명확히 정의된 목표를 가질 것, 정해진 시간 프레임을 가질 것, 혁신 주기 전 단계에 걸칠 것, Technology-push와 Demand-pull 수단을 혼합할 것, 정책 영역과 부문을 횡단할 것이 그것이다. 본 연구의 분석 설계는 이 여섯 요건을 그대로 검증 항목으로 삼는다. 곧 임무가 개별 사업이 아니라 수단의 조합으로 실현되는지, 그 조합이 혁신 단계 전반에 걸쳐 있는지, 기술 공급과 수요 형성이 함께 작동하는지를 예산 데이터로 확인하는 것이 제6장 이후의 과업이다.

MOIP의 핵심 주장은 네 가지로 압축된다. 첫째, 혁신정책은 혁신의 속도만이 아니라 방향을 다루어야 한다. 둘째, 정부의 역할은 시장 실패의 사후 교정자가 아니라 시장의 공동 창출자이자 형성자이다. 셋째, 혁신은 비선형적이고 불확실하며 누적적인 과정이므로 공공은 위험이 큰 연구개발 구간에서 인내 자본의 공급자가 되어야 한다. 넷째, 하향식 목표 설정과 상향식 해법 경쟁을 결합하는 포트폴리오 접근이 필요하다(Mazzucato, 2018). 이 주장은 정책 실무의 원칙으로는 "부문을 고르지 말고 문제를 골라라"는 명제로 표현되며, 공공과 민간이 위험과 보상을 함께 나누는 공생적 관계를 전제한다. 본 연구가 무탄소에너지 분야를 원자력 산업이나 수소 산업이라는 부문이 아니라 에너지 수급 안보, 무탄소 전환, 산업적 성과창출이라는 세 개의 문제 축으로 재구성한 것(제4장)은 이 명제를 따른 것이다.

2. 혁신정책 정당화 논리의 3세대 진화와 방향성 실패

MOIP는 혁신정책의 정당화 논리가 세 세대에 걸쳐 진화한 결과 위에 서 있다(표 2-1). 1세대는 후생경제학의 시장실패 개념에 근거한다. 지식의 공공재적 성격, 외부성, 정보 비대칭 때문에 시장은 연구개발에 과소 투자하므로 정부가 보조금과 연구비로 이를 보정해야 한다는 논리이다. 2세대는 진화경제학과 국가혁신체제론에 근거한 시스템실패 개념을 더하였다. 혁신은 개별 기업의 투자 결정이 아니라 혁신 주체 간 연계, 역량, 학습의 산물이므로 정부는 체제의 조율자이자 네트워크의 촉진자가 되어야 한다는 논리이다. 3세대인 MOIP는 여기에 방향성 실패라는 새로운

실패 유형을 추가한다. 시장은 혁신이 얼마나 일어날지는 결정하더라도 어디로 향할지는 결정하지 못하며, 기후위기와 같은 사회적 도전과제는 집합적 방향 선택을 요구한다는 것이다(Weber, Rohracher, 2012). 방향성 실패의 관점에서 정부의 과업은 잠금효과와 경로의존성을 극복하는 의도적 방향 설정이며, 이는 시장의 창출과 형성이라는 적극적 역할로 이어진다.

〈표 2-1〉 혁신정책 정당화 논리의 3세대 진화

세대	등장 시기	이론 기반	정책이 교정하는 실패	정부의 역할	대표 수단
1세대	1960년대 이후	후생경제학	시장실패 (공공재, 외부성, 정보 비대칭)	최소 개입, 과소 투자 보정	연구개발 보조금, 조세 지원
2세대	1990년대 이후	진화경제학, 국가혁신체제론	시스템실패 (연계, 역량, 학습의 실패)	혁신체제 조율, 네트워크 촉진	산학연 협력, 클러스터, 기술이전
3세대	2010년대 이후	임무중심혁신정책	방향성 실패 (전환 실패)	방향 설정, 시장 창출과 형성	임무 설정, 포트폴리오, 정책믹스
3세대의 운영 도구화 단계	2024년 이후	OECD 시리즈의 실증과 진단 도구	임무 선언과 실행 사이의 격차 (3대 함정)	거버넌스, 평가, 포트폴리오의 능동적 관리	5원칙 진단, 효과 4범주 평가, 포트폴리오 관리 3요소

세 세대의 진화는 각 세대가 앞 세대를 대체하는 것이 아니라 그 위에 포개지는 누적적 구조이다. 시장실패의 교정과 시스템의 조율은 여전히 유효한 정당화 논리이며, MOIP는 그 위에 방향의 문제를 얹은 것이다. 표 2-1의 마지막 행은 본 연구가 OECD 시리즈를 검토하면서 추가한 관찰이다. 2024년 이후의 OECD 보고서들은 MOIP가 왜 필요한가라는 정당화의 문제가 아니라 MOIP를 어떻게 운영하는가라는 도구화의 문제를 다루며, 거버넌스, 평가, 포트폴리오 관리를 측정 가능한 도구로 표준화하고 있다(OECD, 2024b; 2024c; 2025b). 본 연구는 이를 별개의 4세대로 격상하기보다 3세대 내부의 운영 도구화 단계로 위치시킨다. 패러다임의 전환이 아니라 패러다임 내부의 성숙이기 때문이다. 이 단계의 도구들은 제3절에서 상세히 다룬다.

MOIP가 정책 담론의 중심에 등장한 시대적 배경도 이 진화와 맞물린다. 2008년 금융위기 이후 산업정책이 재부상하였고, 2015년의 유엔 지속가능발전목표와 파리 협정, 2019년의 유럽 그린딜이 방향 설정의 국제 규범을 제공하였으며, 코로나19 팬데믹은 정부의 조정 역량을 가시화하였다. 2020년대에 들어서는 미국의 인플레이션감축법과

반도체법, 유럽의 넷제로산업법과 같은 지정학적 산업정책이 방향 설정의 명시적 수단으로 등장하였다. OECD의 2026년 종합 보고서는 이 국면을 "임무 정책이 중대한 전환점에 도달하였다"고 진단하면서, 2025년 기준 활성 임무가 241건으로 전년의 261건에서 감소하였고 새 정책 환경의 위협이 커졌지만 임무 정책의 전면 재설정이 필요한 것은 아니며 방향의 재조정이 필요하다고 결론지었다(OECD, 2026b).

3. 지적 계보와 역사적 원형

MOIP의 지적 계보는 크게 세 갈래로 정리된다(표 2-2). 첫째는 직접 선행 이론이다. 기술의 경로의존성과 선택 환경을 다룬 진화경제학(Nelson, Winter, 1982), 혁신을 국가 단위 제도의 상호작용으로 파악한 국가혁신체제론(Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Nelson, 1993), 핵심 범용기술의 공공 기원을 실증한 기업가적 국가론(Mazzucato, 2013), 산업정책 부활론(Rodrik, 2004; Chang, 2002), 그리고 사회기술 시스템의 전환을 다층 관점으로 설명하는 전환 연구(Geels, 2002; Smith, Raven, 2012)가 여기에 속한다. 둘째는 사상적 배경이다. 수요 측면을 중시한 Keynes, 시장이 사회에 배태되어 있음을 강조한 Polanyi, 창조적 파괴를 혁신의 본질로 본 Schumpeter의 종합 위에 Hirschman의 불균형 성장론이 결합된다. 셋째는 역사적 영감이다. 1960년대의 아폴로 계획은 목표의 명확성, 포트폴리오 관리, 공공과 민간 계약의 원형을 제공하였고, 맨해튼 계획, DARPA와 ARPA-E, 미국 국립보건원의 암 정복 계획이 뒤를 잇는다. 다만 Mazzucato(2018)는 아폴로 계획이 모델일 수는 있어도 템플릿은 아니라고 강조하였다. 오늘의 사회적 도전과제는 단일 기관이 단일 기술 경로로 달성할 수 있는 공학적 목표가 아니기 때문이다.

〈표 2-2〉 MOIP의 지적 계보

갈래	이론 또는 원형	대표 문헌	MOIP에 이전된 핵심 개념	본 연구의 대응 요소
직접 선행 이론	진화경제학	Nelson, Winter(1982)	경로의존성, 선택 환경, 탐색과 활용의 균형	격차 진단에서 잠금효과의 식별
직접 선행 이론	국가혁신체제론	Freeman(1987), Lundvall(1992), Nelson(1993)	혁신 주체 간 연계와 학습, 제도의 역할	부처 간 분절 구조의 진단(제6장)
직접 선행 이론	기업가적 국가론	Mazzucato(2013)	공공의 위험 감수, 인내 자본, 시장 창출	연구, 개발 단계의 공공 역할 정당화
직접 선행 이론	산업정책 부활론	Rodrik(2004), Chang(2002)	방향 설정의 정당성, 정부와 산업의 협력	산업적 성과창출 임무의 위치

갈래	이론 또는 원형	대표 문헌	MOIP에 이전된 핵심 개념	본 연구의 대응 요소
직접 선행 이론	전환 연구	Geels(2002), Smith, Raven(2012)	다층 관점, 니치와 레짐, 보호 공간	실증 단계의 보호 공간, 레짐 전환 진단
사상적 배경	Keynes, Polanyi, Schumpeter, Hirschman	–	수요 측면, 배태된 시장, 창조적 파괴, 연계 효과	Demand-pull 수단의 위상
역사적 원형	아폴로 계획, 맨해튼 계획, DARPA	–	목표 명확성, 단계별 관문, 프로그램 매니저	단계별 관문(stage-gate)의 차용

역사적 원형과 현대 MOIP의 차이는 Larrue(2021)가 정리한 개념 진화의 네 단계에서 분명해진다. 1960년대 Weinberg의 “임무지향 연구개발”은 맨해튼과 아폴로처럼 큰 과학을 큰 문제에 투입하는 것이었다. 1970년대와 1980년대의 이른바 구형 MOIP는 핵, 국방, 항공 분야에서 의사결정과 기술과 참여자가 집중되고 단일 기술 경로를 따르는 형태였다. 1990년대 이후의 신형 MOIP는 이산화탄소 저감, 수소, 바이오연료처럼 환경 문제에 대한 경제적 기술 해법을 추구하였고, 2010년대 이후의 체계적 신형 MOIP는 유럽의 호라이즌 유럽 임무, 네덜란드의 임무 주도 톱섹터 정책, 독일의 하이테크 전략 2025처럼 다수 부처와 행위자가 참여하고 기술 공급과 수요 측 수단을 혼합하며 사회적 정당성을 요구하는 형태로 발전하였다. 구형과 신형의 대비는 설계와 자금과 관리의 주체(소수 연방기관 대 다수 부처와 기관), 정책수단(공급 측 위주 대 Technology-push와 Demand-pull의 혼합), 목표(특정 기술 해법 대 전 인류가 고객인 글로벌 임무), 거버넌스(정부가 단일 고객 대 다중 이해관계자)의 네 축으로 정리된다. 본 연구의 대상인 원자력과 수소는 이 진화의 두 극단을 함께 안고 있다. 원자력은 구형 MOIP의 전형인 국가 주도 단일 경로 기술로 출발하였고, 수소는 신형 MOIP의 초기 사례로 거명된 기술이다. 두 분야를 하나의 임무 체계 안에서 다루려면 구형과 신형의 설계 원리가 공존하는 정책믹스를 다루어야 하며, 이것이 본 연구가 기술군별로 정책 경로를 분기하는 이유이다(제6절).

제2절 핵심 이론 프레임워크 3종의 정밀 검토

본 연구의 분석 틀을 직접 떠받치는 원전 문헌은 세 편이다. 임무의 정의와 선정 기준을 제시한 Mazzucato(2018), 임무가 놓인 문제-해법 공간과 정책 경로를 제시한 Wanzenböck 외(2020), 그리고 MOIP의 설계원칙과 유형을 체계화한 Larrue(2021)이다. 세 문헌은 각각 임무의 내용(무엇을 임무로 삼을 것인가), 임무의 위치(임무가 어떤 문제 상태에 놓여 있는가), 임무의 설계(어떤 원칙으로 정책을 짤 것인가)라는 서로 다른 질문에 답한다. 이 절은 각 문헌의 핵심 장치를 원전에 근거하여 정리하고 항목마다 본 연구에서의 적용 지점을 명시한 뒤, 세 프레임워크가 본 연구의 6-Level 캐스케이딩 좌표계에 어떻게 매핑되는지를 표로 정리한다.

1. Mazzucato(2018) — 임무 선정 5기준, 3층 구조, 단계별 관문

Mazzucato(2018)는 유럽연합 집행위원회의 의뢰로 작성된 정책 보고서로, 호라이즌 유럽 임무의 개념적 기초가 되었다. 이 문헌의 첫째 장치는 임무 선정의 5기준이다(표 2-3). 임무는 대담하고 영감을 주며 사회적 파급력이 넓어야 하고, 목표가 명확하여 측정 가능하고 기한이 있어야 하며, 야심적이되 현실적인 연구혁신 활동으로 뒷받침되어야 하고, 분야와 부문과 행위자를 가로질러야 하며, 복수의 상향식 해법을 허용해야 한다. 둘째 장치는 3층 구조이다. 유엔 지속가능발전목표에 연계된 거시적 사회문제인 거대도전과제(Grand Challenge), 기한과 측정 지표를 가진 중간 목표인 임무(Mission), 임무 달성을 위한 다부문 다행위자 프로젝트의 포트폴리오인 임무 프로젝트(Mission Projects)의 위계가 그것이다. 셋째 장치는 실행의 5원칙이다. 다양한 국가와 지역 이해관계자의 참여, 목표와 이정표에 의한 측정, 상향식 해법을 촉진하는 수단의 포트폴리오, 유연성과 능동적 관리와 내부 역량, 시민 참여가 그것이다. 넷째 장치는 단계별 관문(stage-gate) 원리로, 자금은 중간 이정표의 달성을 조건으로 순차적으로 배분되어야 한다는 것이다.

〈표 2-3〉 Mazzucato(2018)의 임무 선정 5기준과 본 연구 적용

기준	원문의 요지	본 연구의 적용
① 대담성과 사회적 파급력	영감을 주며 넓은 사회적 관련성을 가질 것	3대 임무 축의 정당성을 법령 목적 조항과 법정계획에서 도출(제4장)
② 명확한 방향	목표가 구체적이고 측정 가능하며 기한이 있을 것	임무 형식 요건 점검(제4장 제4절)에서 법정계획 목표의 측정 가능성과 기한 유무 확인

기준	원문의 요지	본 연구의 적용
③ 야심적이되 현실적	이론상 달성 가능하고 추가성이 있는 연구혁신 활동일 것	혁신 가치사슬 단계별 예산 분포로 활동의 실재 여부 검증(제7장, 제9장)
④ 횡단성	분야, 부문, 행위자를 가로지를 것	부처, 회계, 시행주체 분포의 진단(제6장), 분야 간 교차 연계(제5장)
⑤ 복수의 상향식 해법	단일 기술 경로로 귀결되지 않을 것	원자력 3분류와 수소 3분류의 병렬 유지, 단일 노형이나 단일 생산 방식으로의 환원 금지(제3장)

이 문헌의 정책적 명제는 "부문이 아니라 문제를 골라라"로 요약된다. 산업정책이 특정 부문이나 승자를 고르는 데서 벗어나 문제를 고르고 다양한 부문과 행위자의 공진화적 해결책을 동원해야 한다는 것이다. 본 연구에서 이 명제는 두 곳에 반영된다. 하나는 임무 축의 구성으로, 원자력과 수소를 부문으로 두지 않고 세 개의 문제 축을 임무로 두고 두 분야를 그 아래에 배치한 것이다. 다른 하나는 포트폴리오의 구성 원칙으로, 임무영역 셀에서 상향 집계된 사업군만을 포트폴리오로 인정하고 연구진이 임의로 묶는 것을 금지한 것이다(제3장 제1절). 단계별 관문 원리는 제5장의 포트폴리오 설계에서 단계 이행의 조건으로, 제9장의 격차 조정에서 재배분의 원칙으로 차용한다. 다만 Larrue(2021)가 지적하듯 5기준을 모두 충족하는 실제 임무는 거의 없고 대부분의 MOIP는 임무영역 수준의 설정에 그치며 정확한 목표는 과제 제안 단계에서 설정된다. 본 연구도 임무 축을 무리하게 단일 정량 지표로 환원하지 않고 임무영역 층위와 목표 층위를 분리하여 다룬다.

2. Wanzenböck 외(2020) — 문제-해법 공간과 3개 정책 경로

Wanzenböck 외(2020)는 임무 정책을 정해진 목표를 향한 실행이 아니라 과정 지향의 정책으로 재정의한다. 출발점은 사회적 문제와 혁신적 해법을 세 차원의 난제성(wickedness)으로 분해하는 것이다. 경합성(contestation)은 이해관계자의 가치와 프레이밍이 규범적으로 갈라지는 정도, 복잡성(complexity)은 다층적이고 다차원적인 제도의 얽힘, 불확실성(uncertainty)은 인과와 근거 지식의 결여 또는 파편화이다. 문제와 해법 각각이 이 세 차원에서 수렴(convergent)하였는지 발산(divergent)하였는지에 따라 문제-해법 공간은 네 사분면으로 나뉜다(표 2-4).

〈표 2-4〉 문제-해법 공간의 4사분면(Wanzenböck 외, 2020)

구분	해법 발산	해법 수렴
문제 발산	Ⅰ 방향 상실 (disorientation). 예: 지속가능 농업	Ⅲ 문제를 찾는 해법 (solution in search of a problem). 예: 자율주행차
문제 수렴	Ⅱ 해법을 찾는 문제 (problem in search of a solution). 예: 비만	Ⅳ 정렬(alignment). 예: 흡연 금지, 풍력

이 프레임워크의 핵심은 임무 정책이 어느 사분면에서 출발하여 정렬 상태로 이동하는가에 따라 정책 경로가 달라진다는 것이다. 문제주도(Problem-led) 경로는 문제가 먼저 수렴한 상태(Ⅱ)에서 해법을 탐색하는 경로로 참여, 숙의, 비전 수립과 다중 해법의 포트폴리오 실험이 주된 수단이 된다. 해법주도(Solution-led) 경로는 해법이 먼저 수렴한 상태(Ⅲ)에서 그 해법이 적용될 문제와 사회적 합의를 찾아가는 경로로 실증, 표준화, 니치 시장 육성과 문제의 재규정이 주된 수단이 된다. 혼합(Hybrid) 경로는 두 축이 모두 발산한 상태(Ⅰ)에서 정렬로 직행하려는 경로로 시스템 전환, 정책 실험, 다층 거버넌스가 요구된다. 어느 경로든 정렬 상태는 도달점이 아니라 이동 중인 상태이며, 문제와 해법은 공진화한다.

본 연구는 이 프레임워크를 도메인 전체가 아니라 기술군별로 차등 적용한다. 원자력과 수소는 상위 정책 어젠다인 탄소중립과 에너지안보의 차원에서는 문제 측 수렴이 진전되었지만, 기술 단위로 내려가면 적용 문제영역에 대한 사회적 수렴의 정도가 다르기 때문이다. 기술 성숙도에 비해 적용 문제영역이 경합하는 수소와 SMR은 해법주도 경로에, 기저전원의 역할에 대한 수렴이 상대적으로 진전된 대형 원자력은 정렬 인접 상태에 놓인 것으로 진단하며, 그 근거와 진단 요소는 제6절에서 상세히 다룬다. 이 경로 구분은 임무영역(L3) 설계의 출발 좌표이자 정책수단(L5) 설계의 보조 좌표로 사용된다. 한편 원전 문헌의 사분면 진단은 정성적 도구이며 측정 장치를 갖고 있지 않다. OECD의 후속 문헌이 제공하는 거버넌스 진단표와 준비도 모니터링 도구(제3절)를 결합하면 사분면 진단을 정량 평가로 연결할 수 있으나, 그것은 원전 프레임워크 자체가 아니라 본 연구가 결합한 통합 도구임을 분명히 해 둔다.

3. Larrue(2021) — MOIP 정의, 3차원 12개 설계원칙, 4개 유형

Larrue(2021)는 OECD 과학기술산업국이 전 세계 약 40개 정책 이니셔티브를 식별하고 그중 20개 이니셔티브와 4개국(오스트리아, 일본, 한국, 노르웨이)을

사례연구하여 MOIP의 정의, 설계원칙, 유형, 국가 궤적을 체계화한 문헌이다. 제1절에서 인용한 공식 정의 외에 이 문헌의 첫째 장치는 3차원 12개 설계원칙이다(표 2-5). 전략적 방향(strategic orientation) 차원은 정당성, 방향성, 의도성, 유연성의 네 원칙으로 구성되며 사회적 도전과제를 선정하고 정책 개입의 정당성을 확보하는 과업에 대응한다. 정책 조정(policy co-ordination) 차원은 수평성, 수직성, 강도, 신규성의 네 원칙으로 구성되며 관련 기관의 전략과 활동을 조정하는 과업에 대응한다. 정책 실행(policy implementation) 차원은 정책믹스 일관성, 재원 확보 가능성, 평가 가능성, 성찰성의 네 원칙으로 구성되며 개입 수단과 자원의 일관성과 효과성을 확보하는 과업에 대응한다. 저자는 이 12원칙이 이상형(ideal type)이며 모든 항목을 충족하는 사례는 거의 없다고 전제하고, 이상형의 용법을 지도(이니셔티브의 위치 지정)와 나침반(차원별 임무지향 정도의 벤치마킹)으로, 곧 평가가 아니라 특성화의 도구로 규정하였다.

〈표 2-5〉 Larrue(2021)의 3차원 12개 설계원칙

차원	과업	설계원칙	원문의 정의 요지
전략적 방향	도전과제 선정과 정당성 확보	정당성(Legitimacy)	시민을 포함한 광범위한 이해관계자가 임무의 필요와 적실성에 합의
		방향성(Directionality)	임무로 공식화된 명확한 방향과 전략적 지침이 정책을 이끎
		의도성(Intentionality)	임무에서 구체적 목표, 시한, 이정표가 도출됨
		유연성(Flexibility)	목표와 수단이 과정의 각 단계에서 수정 가능
정책 조정	관련 기관의 전략과 활동 조정	수평성(Horizontality)	서로 다른 정책 영역을 담당하는 기관의 계획과 활동이 조정됨
		수직성(Verticality)	서로 다른 정부 계층의 계획과 활동이 조정됨
		강도(Intensity)	결정이 관련 기관에 의해 집단적으로 이루어지고 구속력을 가짐
		신규성(Novelty)	포트폴리오 접근 등으로 다양한 대안 해법을 탐색하도록 조정됨
정책 실행	수단과 자원의 일관성, 효과성 확보	정책믹스 일관성 (Policy mix consistency)	기술, 재정, 규제 등 다양하고 일관된 개입이 혁신 주기 전반에 걸침
		재원 확보 가능성 (Fundability)	공공과 민간 이해관계자가 자원을 약속하도록 동원됨
		평가 가능성 (Evaluability)	출발 시점부터 체계적 성격에 맞는 지표와 평가 절차를 갖춤
		성찰성(Reflexivity)	평가와 모니터링 결과가 의사결정과 개혁에 환류됨

둘째 장치는 4개 MOIP 유형이다(표 2-6). 정부 부처와 고위급 위원회가 주도하며 다수의 야심찬 임무를 장기간 다루는 포괄적 임무지향 전략 프레임워크, 기관이 주도하며 집중된 임무로 기술혁신을 가속하는 도전과제 기반 프로그램, 부처나 기관이 주도하며 1980년대 이후의 경쟁력 컨소시엄 전통에서 사회적 목표를 결합한 주제별 임무지향 프로그램, 혁신 주체가 스스로 의제를 개발하고 정부는 중립적 지원자로 남는 생태계 기반 임무 프로그램이 그것이다. 이 유형론은 이후 OECD 시리즈에서 두 방향으로 확장되었다. 2026년 종합 보고서는 조직 기반 유형과 장소 기반 유형을 더해 5+1 유형으로 확장하였고(OECD, 2026b), 2025년 생태계 기반 임무 보고서는 거버넌스의 시각에서 포괄적 전략 프레임워크, 도전과제 기반 프로그램, 생태계 기반 임무 프로그램의 3유형으로 압축하였다(OECD, 2025c). 두 분류는 상호 배타적이지 않다. 전자가 내용과 도메인의 기준이라면 후자는 거버넌스의 기준이며, 두 기준을 교차하면 한국의 국가 R&D 사업이 어느 셀에 놓이는지를 진단할 수 있다.

〈표 2-6〉 Larrue(2021)의 4개 MOIP 유형과 이후의 확장

유형	리더십	임무의 특성	대표 사례	이후 확장
① 포괄적 임무지향 전략 프레임워크	정부 중심부, 고위급 위원회	다중 임무, 야심적 도전, 장기	호라이즌 유럽 임무(EU), 임무 주도 톱섹터 정책(네덜란드), 하이테크 전략 2025(독일), 문샷(일본)	2026년 종합 보고서에서 유지
② 도전과제 기반 프로그램	기관	집중 임무, 기술혁신 가속, 중장기	Pilot-E(노르웨이), 산업전략 도전기금(영국), 유전체 보건 미래 임무(호주)	2024년 이후 문헌에서 한국의 알키미스트를 이 유형의 사례로 분류
③ 주제별 임무지향 프로그램	부처, 기관	경쟁력 컨소시엄에서 사회적 목표 결합으로 진화	VLSI(일본), 미래의 이동성(오스트리아)	2026년 종합 보고서에서 유지
④ 생태계 기반 임무 프로그램	부처, 기관	혁신 주체가 자체 의제 개발, 정부는 중립적 지원	전략혁신프로그램(스웨덴), 성장엔진(핀란드)	2025년 생태계 보고서의 3유형 중 하나로 심화
추가 유형	-	조직 기반, 장소 기반	-	2026년 종합 보고서에서 신설(5+1 유형)

셋째 장치는 사례 횡단 분석에서 얻은 교훈이다. 이 문헌은 정책 실무에 특히 중요한 네 가지를 확인하였다. 첫째, 임무는 출발점이 아니라 점진적이고 포용적인 좁히기 과정의 결과이며 하향과 상향의 이분법은 적절하지 않다. 둘째, 대부분의 MOIP는

방향성과 조정 수준에서는 통합도가 높지만 실행 수준의 통합도는 낮고, 새로운 수단을 만들기보다 기존 정책수단을 활용한다. 셋째, 노르웨이, 오스트리아, 일본의 국가 궤적에서 공통적으로 수요 측 수단의 약점이 지적되었다. 넷째, 대부분의 MOIP가 평가 설계를 갖추지 못하였으며 시스템 평가법은 미개발 상태이다. 이 교훈들은 본 연구가 임무 선언이 아니라 예산 데이터로 실행 수준의 통합도를 검증하고, Technology-push와 Demand-pull의 균형을 핵심 진단 지표로 채택한 직접적 근거이다. 아울러 이 문헌의 한국 부분은 인터뷰 없이 문헌 검토만으로 작성된 초기 인사이트이므로, 본 연구의 한국 진단은 국내 선행연구(제5절)와 교차 검증한다.

4. 세 프레임워크의 본 연구 적용 지점

세 프레임워크는 본 연구의 6-Level 캐스케이딩 좌표계의 각 층위에 다음과 같이 대응한다(표 2-7). 좌표계 자체의 정의와 운용 규칙은 제3장 제1절에서 다루며, 여기서는 각 층위가 어느 문헌의 어느 개념에 근거하는지만 정리한다.

〈표 2-7〉 세 프레임워크와 6-Level 캐스케이딩의 매핑

층위	정의 근거	원전의 핵심 개념	본 연구의 대응물
L1 최상위 도전과제	Mazzucato(2018) 3층 구조의 1층	거대도전과제, 지속가능발전목표 연계 거시 문제	법령과 법정계획 (제4장)
L2 임무	Mazzucato(2018) 5기준, Larrue(2021) 전략적 방향 차원	대담성, 방향, 기한, 다행위자, 상향식 해법과 정당성, 방향성, 의도성, 유연성	3대 임무 축 (제4장)
L3 임무영역	Wanzenböck 외(2020) 사분면 진단	문제-해법 공간의 위치와 경로	임무 × 혁신 가치사슬 단계의 매칭 셀 (제5장, 제9장)
L4 포트폴리오	Mazzucato(2018) 포트폴리오 접근, Larrue(2021) 정책 조정 차원	다중 경로 포트폴리오, 수평성, 수직성, 강도, 신규성	L3 셀의 상향 집계로 정의되는 사업군 (제5장, 제9장)
L5 정책수단	Larrue(2021) 정책 실행 차원, Wanzenböck 외(2020) 3경로	Technology-push와 Demand-pull의 혼합, 정책믹스 일관성, 재원, 평가, 성찰성, 경로별 수단	세부사업, 단위사업 층위의 수단 (제5장, 제9장)
L6 활동과 예산	Mazzucato(2018) 단계별 관문	중간 이정표 기반 자금 배분	내역사업 단위의 예산 (제6장)

이 매핑은 본 연구의 캐스케이딩 설계가 학술 표준 프레임 위에 놓여 있음을 명시하는 정합성 표이다. 다만 세 프레임워크 어느 것도 L6 예산 층위를 직접 다루지 않는다. 임무를 예산까지 추적하는 것은 세 문헌이 공통적으로 요청하면서도 방법을 제시하지 않은 과업이며, 이 공백을 메우는 것이 OECD 후속 시리즈(제3절)와 본 연구의 중간층 정합성 검증 방법론(제3장 제4절)이다.

제3절 OECD MOIP 정책 보고서 시리즈의 종합 검토

1. 검토 대상 9편의 구성과 상호 관계

OECD는 Larrue(2021)를 기점으로 2024년부터 2026년 사이에 MOIP에 관한 정책 보고서를 연속 발간하였다. 본 연구는 이 가운데 9편, 합계 661쪽을 전수 검토하였다(표 2-8). 9편은 발간 주체와 성격에 따라 네 가지로 나뉜다. 첫째는 기점 문헌인 Larrue(2021)이다. 둘째는 OECD의 임무 실행 지원 조직인 미션 액션 랩(Mission Action Lab)이 임무 실행의 세 차원을 각각 다룬 3부작으로, 거버넌스 설계(OECD, 2024b), 모니터링과 평가(OECD, 2024c), 포트폴리오 관리(OECD, 2025b)가 여기에 속하며, 이 3부작의 틀을 스웨덴의 임팩트 혁신 프로그램에 일괄 적용한 사례연구(OECD, 2025c)가 3부작의 적용편에 해당한다. 셋째는 넷제로라는 단일 도전과제에 집중한 두 편이다. 101개 넷제로 임무를 상향식으로 실증 분석한 과학기술산업국의 보고서(OECD, 2024a)와, 국가 기후목표를 하향식 임무 거버넌스로 다룬 공공거버넌스국의 보고서(OECD, 2025a)는 진단과 처방의 짝을 이룬다. 넷째 묶음은 2024년 10월 비엔나에서 열린 미션 포워드 회의의 산출물로, 시리즈 전체를 네 개의 핵심 이슈로 종합한 보고서(OECD, 2026b)와 그중 민간투자 동원 이슈만을 심화한 보고서(OECD, 2026a)이다.

〈표 2-8〉 검토 대상 OECD MOIP 보고서 9편의 구성

번호	인용 표기	원제(약칭)	시리즈, 문서 번호	분량 (쪽)	주관	시리즈 내 위상
C-1	Larrue (2021)	The design and implementation of mission-oriented innovation policies	STI Policy Papers No.100	98	과학기술산업국	기점 문헌. 정의, 12개 설계원칙, 4개 유형
C-2	OECD (2024a)	Mission-Oriented Innovation Policies for Net Zero	OECD 단행본	142	과학기술산업국	넷제로 임무의 첫 정량적 실증 분석
C-3	OECD (2024b)	Designing Effective Governance to Enable Mission Success	STI Policy Papers No.168	35	공공거버넌스국, 과학기술산업국 공동	미션 액션 랩 3부작의 거버넌스 편
C-4	OECD (2024c)	Monitoring and Evaluation of Mission-Oriented Innovation Policies	STI Working Papers 2024/09	37	과학기술산업국, 공공거버넌스국 공동	3부작의 모니터링과 평가 편

번호	인용 표기	원제(약칭)	시리즈, 문서 번호	분량 (쪽)	주관	시리즈 내 위상
C-5	OECD (2025a)	Harnessing Mission Governance to Achieve National Climate Targets	Public Governance Reviews	113	공공거버넌스국	넷제로 실증(C-2)의 거버넌스 처방 짝
C-6	OECD (2025b)	Proactive Portfolio Management in Mission-Oriented Innovation Policy	STI Policy Papers No.173	36	공공거버넌스국, 과학기술산업국 공동	3부작의 포트폴리오 편(3부작 마무리)
C-7	OECD (2025c)	Governance of Ecosystem-Driven Missions	Technical Paper	31	공공거버넌스국	3부작 틀의 스웨덴 적용 사례연구
C-8	OECD (2026a)	Mobilising Private Investment to Address Societal Challenges	STI Policy Papers No.190	46	과학기술산업국	종합 보고서(C-9)의 민간투자 동원 심화편
C-9	OECD (2026b)	Forging New Frontiers in Mission-Oriented Innovation Policies	OECD 단행본	123	과학기술산업국	시리즈 종합. 4대 핵심 이슈, 정의와 유형의 갱신
합계				661		

9편 사이에는 뚜렷한 상호 인용 관계가 있다. Larrue(2021)의 정의와 12개 설계원칙과 4개 유형은 이후 모든 편의 출발점이며, 2026년 종합 보고서의 부속서가 그 갱신본이다. 넷제로 실증 분석(2024a)이 제시한 세 가지 함정은 종합 보고서(2026b)의 네 핵심 이슈와 대응하고, 모니터링과 평가 편(2024c)이 제시한 체계적 효과의 네 범주는 종합 보고서의 평가 절에 계승되었으며, 거버넌스 편(2024b)의 5원칙 체계는 국가 기후목표 거버넌스(2025a)와 생태계 기반 임무(2025c)에서 진단 도구로 적용되었다. 포트폴리오 편(2025b)의 세 구성요소 역시 생태계 기반 임무의 진단에 사용되었다. 이처럼 9편은 독립된 문헌이 아니라 정의에서 실증으로, 실증에서 진단 도구로, 진단 도구에서 종합으로 이어지는 하나의 연구 프로그램이다. 이 연구 프로그램의 공통 전제는 임무가 선언이 아니라 포트폴리오와 예산으로 실현되며 그 연결 구조를 추적하고 진단할 수 있어야 한다는 것이고, 이것이 본 연구가 예산 데이터 기반의 캐스케이딩 검증을 핵심 과업으로 설정한 직접적 근거이다.

2. 편별 핵심 기여(시그니처) 요약

각 편은 시리즈 안에서 고유한 기여, 곧 시그니처 개념을 가진다(표 2-9). 편별 상세는 부록 C에 수록하였으며 여기서는 본 연구의 설계에 영향을 준 핵심만 정리한다.

〈표 2-9〉 OECD 9편의 시그니처 매트릭스

번호	시그니처 개념	핵심 표, 도구	데이터 기반
C-1	MOIP 공식 정의, 3차원 12개 설계원칙, 4개 MOIP 유형, 임무 난제성에 따른 가속형과 전환형 구분, 4개 국가 궤적, 5개 발전 경로	설계원칙 표, 유형 표, 국가별 기회와 도전 표, 사례 카탈로그	약 40개 이니셔티브 식별, 20개 사례연구, 4개국 심층 사례
C-2	3대 함정(STI 함정, 방향성 함정, 정책 함정), 3세대 임무 선언, 임무 행동이론(Theory of Action), 이중 추가성, 체계적 효과 3범주	임무 유형 표, 행동이론 4층 도식, 평가 5건의 효과 범주 결과표	149개 활성 임무 식별, 101개 임무(30개 MOIP, 20개국) 분석, 17개 사례연구, 약 40회 인터뷰
C-3	거버넌스 5원칙(구조, 방향, 조정, 실행, 자원)과 세부 요소 체계, 경성과 연성 거버넌스, 7대 거버넌스 도전, 앵커링 층위 3종	5원칙 동심원 도식, 앵커링 층위 표, 38개 이상의 설계 질문지	30명 이상의 임무 실무자 워크숍, 12건 이상의 국가 사례
C-4	체계적 효과 4범주(방향성, 거버넌스, 포트폴리오, 물질적 효과)와 평가 기준, 임무 행동이론, 임무 준비도 모니터링 도구, 이중 추가성, 동심원 범위 모델	효과 범주와 기준 표, 4개 층위별 평가 초점 표, 오스트리아 시범 결과	약 30회 인터뷰, 전문가 회의, 오스트리아 5개 EU 임무 시범 적용
C-5	국가 감축목표와 임무의 등치, 다층 임무 접근(거시, 중위, 미시 3층), 5원칙 진단의 15개국 적용, 4대 사각지대	기후기본법 9속성 × 15개국 비교표, 기후 책임 부처 배치 유형표, 15개국 원칙별 정착도 종합표	15개국 기후위원회 평가서 코딩, 12건 인터뷰, 27개국 정부 중심부 설문
C-6	임무 포트폴리오 관리의 3요소(구성, 운영, 계측), 정태적 관리와 능동적 관리의 대비, 5대 도전, 3가지 상보성 유형, 포트폴리오 적합도 기준	정태 대 능동 대비 도식, 3요소 도식, 6개 구성 블록 22개 질문, 3요소 × 도구와 점검 질문의 실행 격자	8개 사례(일본 문샷, 노르웨이 Pilot-E, 스웨덴 지속가능 도시, 영국 네스타, 오스트리아, 호주 CSIRO, UNDP, EU 임무)
C-7	MOIP 3개 거버넌스 유형, 5원칙 진단 방법론(설문, 워크숍, 공개 세션), 사전 학습 단계의 부재 진단, 7개 교훈	원칙별 발견과 제안 행동 표, 평가와 포트폴리오 요소별 진단 도식, 부속서 설문 결과	스웨덴 임팩트 혁신 프로그램 5개 임무, 3개 기관, 2025년 설문과 6회 워크숍

번호	시그니처 개념	핵심 표, 도구	데이터 기반
C-8	정부의 자기 훼손 진단, 금융 부문을 더한 5중 나선 거버넌스, 8개 권고(프레이밍 4, 실행 4), 임무 세탁, 죽음의 계곡	6개 정책 지향 × 정책 도구 매트릭스, 사례 상자 3개(덴마크 이노미션, 미국 에너지 어스샷, 영국 건설혁신허브)	임무 설문 508건 응답 중 110건의 민간 참여 코딩, 민간 인터뷰 13건
C-9	4대 핵심 이슈(프레이밍, 행위자 동원, 민간 참여 유도, 실행), 6쌍의 프레이밍 상충, MOIP 5+1 유형, 이중 추가성과 체계적 효과 4범주, 수단 적응 패턴, 임무 사무국 8대 과업, “재창조가 아닌 적응”	임무 리트머스 시험 4단계, 거버넌스 5유형별 과업 표, 민간 참여 스펙트럼, 정의와 유형 갱신 부속서	2025년 9월 기준 활성 임무 241건, 30개 MOIP 설문 720개 데이터 포인트, 정책 지원 그룹 7인, 학술 자문단 14인, 문헌 640건

시그니처를 시간순으로 읽으면 시리즈의 논증 순서가 드러난다. 2021년의 기점 문헌이 “왜 MOIP가 필요하고 어떻게 설계하는가”를 다루었다면, 2024년의 세 편은 “MOIP를 어떻게 거버넌스하고 평가하며 넷제로 분야에 적용하는가”라는 이행 도구화의 문제를, 2025년의 세 편은 “MOIP의 진단과 국가 비교와 포트폴리오 운용이 어떻게 표준화되는가”라는 진단 표준화의 문제를, 2026년의 두 편은 “축적된 자산을 어떻게 종합하고 민간을 어떻게 끌어들이는가”라는 종합과 확장의 문제를 다룬다. 본 연구는 이 흐름에서 이론 뼈대(상위 프레임워크, 제2절의 3종), 이행 도구(중위 프레임워크, 아래 3항의 4종), 구체 수단(하위 프레임워크, 아래 4항의 5중 나선, 3개 거버넌스 유형, 7개 교훈)의 3층 위계를 읽어내고, 각 층의 자산을 제3장의 분석 틀과 제9장의 격차 진단에 차등 배치한다.

3. 통합 프레임워크 4종 — 3대 함정, 거버넌스 5원칙, 효과 4범주, 포트폴리오 관리 3요소

9편이 제공하는 이행 도구 가운데 본 연구가 직접 차용하는 것은 네 문헌이다(표 2-10). 첫째는 넷제로 실증 분석이 제시한 3대 함정이다(OECD, 2024a). 과학기술 부처와 예산에 갇혀 부문 정책과 규제를 동원하지 못하는 STI 함정, 전략 어젠다가 예산과 집행에 반영되지 않는 방향성 함정, 민간의 참여를 끌어내지 못하는 정책 함정이 그것이다. 이 분석은 101개 넷제로 임무 가운데 측정 가능한 목표를 가진 임무가 38%에 그치고 대부분이 여전히 STI 당국이 주도하며 STI 정책 개입과 예산에 거의 전적으로 의존한다는 실증 위에서, 세 함정을 극복한 진정으로 전환적인 3세대 임무의 필요성을 선언하였다. 본

연구에서 3대 함정은 제9장 격차 진단의 해석 틀이다. 특정 임무영역의 예산이 연구와 개발 단계에 집중되고 실증 이후의 Demand-pull 수단이 비어 있다면 그것은 STI 함정의 징후이고, 법정계획의 목표가 예산 배분에 반영되지 않는다면 방향성 함정의 징후이다.

〈표 2-10〉 본 연구가 차용하는 통합 프레임워크 4종

프레임워크	출처	구성	본 연구의 적용 지점
3대 함정	OECD(2024a), OECD(2026b)에서 계승	STI 함정(과학기술 부처와 예산에 갇힘), 방향성 함정(어젠다가 예산과 집행에 미반영), 정책 함정(민간 참여 미달)	제9장 격차 진단의 해석 틀. 단계별 예산 분포와 수단 구성에서 함정의 징후 식별
거버넌스 5원칙	OECD(2024b), OECD(2025a; 2025c)에서 적용	구조(틀, 앵커링, 권한), 방향(로드맵, 정치적 지지, 사회 참여, 수요 주도 어젠다), 조정(수평, 수직, 동원), 실행(광범위한 정책믹스, 프로세스 통합, 혁신과 실험, 역량, 성찰), 자원(공공 자금, 민간 투자, 시장 형성)	제4장 정합성 검증의 갭 처리(수소 거버넌스, 부처 재편)와 정책제언(제10장 제3절)과 후속 연구(제10장 제4절)의 점검표
체계적 효과 4범주	OECD(2024c), OECD(2026b)에서 계승	방향성 효과(전략적 지향과 초점), 거버넌스 효과(협력적 조향과 자원 동원), 포트폴리오 효과(전략적으로 선정된 활동의 시너지), 물질적 효과(목표 대비 구체적 성과)	본 연구의 검증 대상을 포트폴리오 효과 차원으로 한정하고, 방향성과 거버넌스 효과는 제4장과 제8장에서, 물질적 효과는 범위 밖으로 명시
포트폴리오 관리 3요소	OECD(2025b), OECD(2025c)에서 진단 적용	구성(Developing, 변화이론이 요구하는 활동의 조합), 운영(Managing, 시작과 중단과 확대와 연결의 실시간 결정), 계측(Monitoring, 개별 성공의 합이 아닌 포트폴리오의 기여 측정)	제9장의 최종 페어링 매트릭스는 구성 요소의 현황 진단이며, 정태적 태깅에 머무는 한국 관리 방식의 진단 근거. 후속 연구의 정책 시뮬레이션 도구 기능 설계 기준(제10장 제4절)

둘째는 거버넌스 5원칙이다(OECD, 2024b). 구조, 방향, 조정, 실행, 자원의 다섯 원칙과 그 아래 세부 요소로 구성되며, 원문은 이를 체크리스트가 아니라 지침으로 규정하고 변화이론이 우선순위를 정하도록 하였다. 이 체계의 핵심 통찰은 구조, 곧 법과 제도와 조직이라는 경성 거버넌스가 나머지 네 원칙의 연성 거버넌스를 가능하게 하거나 잠그는 압도적 영향을 가진다는 것과, 임무가 "역설적으로 임무가 극복하려고 만들어진 바로 그 체계적 문제에 의해 방해받는다"는 것이다. 국가 기후목표 거버넌스 보고서는 이 5원칙을 15개국에 적용하여 정착된 원칙 6개, 격차가 확인된 원칙 8개, 미개척 원칙 2개를 식별하였고, 조정과 사회 참여와 민간 투자에서 격차가 집중됨을 확인하였다(OECD, 2025a). 생태계 기반 임무 보고서는 같은 5원칙을 스웨덴의 다섯

임무 프로그램에 적용하여 자원 원칙이 가장 취약함을 실증하였다(OECD, 2025c). 본 연구는 5원칙을 제4장의 갭 처리와 향후 개선방안 도출에서 점검표로 사용하되, 본 연구의 검증 범위가 예산 데이터에 있으므로 자원과 실행 원칙에 집중한다.

셋째는 체계적 효과의 4범주이다(OECD, 2024c). 임무 정책의 효과는 개별 사업의 성과가 아니라 방향성, 거버넌스, 포트폴리오, 물질적 효과의 네 범주로 파악되어야 하며, 평가는 "무엇을"이 아니라 "어떻게"를 탐구해야 한다. 이 문헌은 임무 평가가 기존 개입에 방향성과 조정을 더하는 임무 정책의 추가 가치, 곧 개별 개입의 유무를 비교하는 1차 추가성과 임무의 유무를 비교하는 2차 추가성을 함께 다루어야 한다는 이중 추가성 개념을 제시하였고, 임무를 살아 있는 실체로 보아 초기에는 형성적 평가를, 성숙기에는 총괄적 평가를 적용하는 발전적 평가를 권고하였다. 본 연구가 다루는 것은 이 가운데 포트폴리오 효과 차원이다. 임무 아래 배치된 사업들이 혁신 단계 전반에 걸쳐 시너지를 이루는 조합인지를 예산 데이터로 확인하는 것이 제9장의 과업이며, 방향성과 거버넌스 효과는 제4장의 상위계획 분석과 제8장의 전문가 자문에서 부분적으로 다루고, 물질적 효과는 본 연구의 범위 밖에 둔다.

넷째는 임무 포트폴리오 관리의 3요소이다(OECD, 2025b). 이 문헌은 대부분의 임무 정책이 지원 활동을 사후적으로 태깅하고 일방향으로 보고하며 책임이 분산된 정태적 관리에 머물러 있다고 진단하고, 변화이론에 따라 활동을 구성하고 실시간으로 조향하며 포트폴리오 단위로 계측하는 능동적 관리로의 전환을 권고하였다. 포트폴리오 적합도, 곧 다른 활동과 함께 임무 목표에 기여하는 정도를 개별 활동의 우수성이나 적실성과 동등한 선정 기준으로 삼아야 한다는 권고와, 임무의 성공은 개별 활동 성공의 합이 아니라는 명제가 여기서 나온다. 본 연구의 최종 페어링 매트릭스(제9장)는 이 세 요소 가운데 구성 요소의 현황 진단에 해당하며, 한국의 임무 관리가 정태적 태깅 단계에 있음을 보여주는 근거가 된다. 능동적 관리로의 전환은 후속 연구의 정책 시뮬레이션 도구가 갖추어야 할 기능 설계 기준으로 남긴다(제10장 제4절).

4. 민간투자 동원과 생태계 기반 임무 거버넌스

2025년과 2026년의 문헌은 이행 도구를 넘어 두 가지 구체 수단의 문제를 다룬다. 하나는 민간투자의 동원이다. 민간투자 동원 보고서는 임무 설문 508건 가운데 민간 참여를 다룬 110건과 민간 인터뷰 13건을 분석하여, 정부가 기업에 임무의 가치를 보여줄 수는 있으나 임무 목표를 포기하거나 STI 부처 밖의 지지를 동원하지 못함으로써 스스로를 훼손한다는 진단을 내렸다(OECD, 2026a). 이 문헌은 정부,

산업, 연구, 시민사회에 금융 부문을 더한 5중 나선 거버넌스를 제안하고, 프레이밍 단계의 권고 4개(민간의 의견과 전환적 목표의 균형, 변화를 원하는 기업 연합의 조기 구축, 전략 어젠다의 작성, 이해관계자별 임무 서사)와 실행 단계의 권고 4개(법제화와 다년 예산과 계약에 의한 약속의 제도화, 가교 조직의 활용, 임무 포트폴리오 관리, 조달과 수요 주도 수단과 실증과 인프라로의 정책 포트폴리오 확대)를 제시하였다. 임무의 언어만 덧입힌 신청서를 가리키는 임무 세탁, 시제품 이후 시장 사이의 단절인 죽음의 계곡, 공모로 낚는 방식과 직접 영입하는 방식의 대비 같은 개념은 본 연구의 격차 진단에서 실증 단계와 양산 단계 사이의 공백을 해석하는 언어가 된다. 이 문헌의 결론은 MOIP의 가치가 정부 우선순위의 명확하고 장기적인 신호에 있다는 것이며, 이는 법정계획에 근거한 임무의 정당성을 강조하는 본 연구의 입장과 일치한다.

다른 하나는 생태계 기반 임무의 거버넌스이다. 스웨덴 임팩트 혁신 프로그램의 사례연구는 MOIP의 거버넌스를 정부 중심부가 주도하는 포괄적 전략 프레임워크, 기관이 주도하는 도전과제 기반 프로그램, 기관과 플랫폼과 조율자가 결합된 생태계 기반 임무 프로그램의 3유형으로 분류하고, 운영 1년 시점의 다섯 임무 프로그램을 5원칙으로 진단하였다(OECD, 2025c). 진단의 핵심 발견은 변화이론이 마련되기 전에 공모가 결정되는 사전 학습 단계의 부재였고, 자원 원칙 가운데 민간 투자와 시장 형성이 가장 취약하였다. 7개 교훈은 사전 학습 단계의 확보, 구조적 적응성, 변화이론의 정기 갱신, 맞춤형 역량 구축, 실행 전반의 전략적 정렬, 도구 상자의 확장, 자금 메커니즘의 재검토이다. 이 유형론에 비추면 한국의 국가 R&D 사업은 대부분 기관이 주도하는 도전과제 기반 프로그램 유형에 속하며, 생태계 기반 유형은 아직 드물다. 본 연구의 대상인 원자력과 수소 역시 예외가 아니므로, 향후 개선방안 도출에서 생태계 기반 요소의 도입 여부를 검토 항목으로 둔다.

2026년 종합 보고서는 이 모든 자산을 프레이밍, 행위자 동원, 민간 참여 유도, 실행의 4대 핵심 이슈로 종합하였다(OECD, 2026b). 이 문헌이 본 연구에 주는 함의는 세 가지이다. 첫째, 임무는 목표가 아니라 도구이며 난제의 정의와 우선순위는 정치적, 사회적 과정의 결과여야 한다는 것으로, 이는 임무의 정당성을 법정계획에서 구하는 본 연구의 선택과 부합한다. 둘째, 임무에 사용되는 수단은 대부분 임무 이전부터 존재하던 것이고 임무 고유의 새 수단은 드물다는 것으로, 이는 기존 사업의 예산 데이터로 임무의 실현 정도를 검증하는 본 연구의 방법이 타당함을 뒷받침한다. 셋째, 임무 정책의 전면 재설정이 아니라 방향의 재조정이 필요하다는 "재창조가 아닌 적응"의 결론으로, 본 연구는 이를 방법론적 원칙으로 채택한다. 한국의 R&D

거버넌스를 재창조하지 않고 OECD 시리즈의 자산을 한국의 예산 구조에 적응시켜 활용한다는 원칙이다.

5. 한국 사례의 인용 현황과 공백

9편에 등장하는 한국 사례를 집계하면 중복을 포함하여 19건이며, 중복을 제외한 사례는 9개 내외이다(표 2-11). 인용 밀도가 가장 높은 문헌은 민간투자 동원 보고서로, 과학기술 기반 사회문제해결 종합계획의 법제화와 5년 주기 갱신, 알키미스트 프로젝트의 멤버십 구조, 혁신제품 스카우터, 규제 샌드박스 신청 전의 사전 샌드박스, 국가전략기술 정책 4종, 소셜벤처 임팩트 보증의 6건을 인용하였다(OECD, 2026a). 종합 보고서는 알키미스트, 종합계획, 국가전략기술 정책, 혁신제품 스카우터, 소셜벤처 임팩트 보증의 5건을 인용하였고(OECD, 2026b), 넷제로 실증 분석은 알키미스트의 두 임무와 한국형 ARPA의 한 임무를 데이터베이스에 수록하였다(OECD, 2024a). 거버넌스 편은 알키미스트의 단계별 관문 구조를 사례 상자로 다루었으며(OECD, 2024b), 기점 문헌은 한국을 4개 국가 사례의 하나로 다루면서 알키미스트, 스마트 돌봄 로봇, 미세먼지 대응, 한국판 뉴딜의 4건을 소개하였다(Larrue, 2021). 나머지 4편에는 한국 사례가 등장하지 않으며, 특히 국가 기후목표 거버넌스 보고서는 한국의 탄소중립녹색성장위원회가 국제 기후위원회 네트워크의 회원임에도 15개국 분석 표본에 포함하지 않았다(OECD, 2025a).

〈표 2-11〉 OECD 9편의 한국 사례 인용 분포

번호	한국 사례	건수	성격
C-1	알키미스트 프로젝트, 스마트 돌봄 로봇 프로그램, 미세먼지 대응 프로그램, 한국판 뉴딜	4	4개국 국가 사례 중 하나. 문헌 검토 기반의 초기 인사이트
C-2	알키미스트 프로젝트 2개 임무(저비용 무탄소 수소 생산 설비 포함), 한국형 ARPA 1개 임무	3	넷제로 임무 데이터베이스 수록
C-3	알키미스트 프로젝트의 단계별 관문 구조	1	도전과제 기반 프로그램의 표준 모델 사례 상자
C-4	없음	0	-
C-5	없음(분석 표본 미포함, 기후 책임 부처 배치 유형표에 전담 부처와 관계 부처 병립형으로 배치)	0	-
C-6	없음	0	-
C-7	없음	0	-
C-8	사회문제해결 종합계획, 알키미스트 멤버십, 혁신제품 스카우터, 사전 샌드박스, 국가전략기술 정책, 소셜벤처 임팩트 보증	6	시리즈 중 최다. OECD의 한국 진단 보고서(2025)가 1차 출처
C-9	알키미스트, 사회문제해결 종합계획,	5	부속서의 한국 사례 3종과 본문

번호	한국 사례	건수	성격
	국가전략기술 정책, 혁신제품 스카우터, 소셜벤처 임팩트 보증		인용
합계		19	중복 제외 9개 내외

이 분포에서 세 가지 공백이 확인된다. 첫째, 인용된 한국 사례는 거의 모두 산업통상부처와 재정 당국과 국가전략기술 정책의 수단이며 과학기술 부처의 R&D 사업은 알키미스트와 한국형 ARPA 외에는 등장하지 않는다. 둘째, 에너지 분야의 사례는 알키미스트의 수소 생산 임무 하나뿐이고 원자력과 핵융합 사례는 없다. 셋째, 한국은 OECD 시리즈에 사례를 공급하는 실증적 기여자의 위치에 있으며, 시리즈의 진단 도구를 자국 정책에 적용하는 이론적 수용은 본격화 단계에 있다. OECD가 2025년에 발간한 한국 진단 보고서는 정부 최상위의 전환적 임무 선정, 범정부 연계, 임무 전용 다년도 예산, 임무 특화 평가체계의 4대 과제를 제시하였고(기지훈, 김지홍, 2025), 이 4대 과제는 각각 거버넌스 편의 앵커링과 조정 원칙, 민간투자 동원 편의 자원 원칙, 모니터링과 평가 편의 효과 범주에 일대일로 대응한다. 곧 한국에 대한 OECD의 진단과 시리즈의 처방은 같은 언어로 쓰여 있으며, 본 연구가 무탄소에너지 분야에서 이 진단 도구를 예산 데이터에 적용하는 것은 세 공백을 동시에 메우는 첫 시도에 해당한다.

제4절 주요국 MOIP 적용 사례 벤치마킹

1. 벤치마킹의 범위와 비교 축

이론 프레임워크(제2절)와 OECD 시리즈(제3절)가 임무중심혁신정책의 원리와 진단 도구를 제공한다면, 각국의 제도화 사례는 그 원리가 실제 정책 체계에서 어떤 형태로 구현되는지를 보여준다. 본 절은 연구 계획 단계에서 검토한 주요국 사례 — EU의 Horizon Europe 임무, 미국의 에너지 어스샷과 관련 입법, 일본의 문샷 연구개발과 GX 추진전략, 영국의 넷제로 전략과 임무 거버넌스, 프랑스의 France 2030, 독일의 국가 수소전략 — 와 한국의 K-문샷 추진전략을 여섯 개의 비교 축에서 정리한다. 비교 축은 대표 프레임워크와 그 확정 시기, Larrue(2021)의 4개 유형에 따른 MOIP 유형, 임무 정의 방식(사회적 도전과제 기반인지 정량적 가격과 성능 목표 기반인지), 임무 총괄 주체의 소속, 투자 연계(임무 전용 다년도 재원과 세제, 조달 같은 수요 측 수단의 공식 연결 여부), 그리고 무탄소에너지 관련 임무의 유무이다. 사례의 서술은 OECD 시리즈의 사례 기술(OECD, 2024a; 2025a; 2026a; 2026b; Larrue, 2021)을 1차 근거로 하고, 각국 공식문서에서 확인한 정량 목표와 투자 규모를 보완하였다. 정량 목표와 투자 규모는 연구 계획 단계(2026년 4월)에 각국 정부 문서에서 수집한 값이며, 본 보고서의 벤치마킹은 이 시점의 값을 기준으로 한다.

벤치마킹의 목적은 사례의 나열이 아니라 두 가지 질문에 답하는 것이다. 첫째, 각국은 임무를 어느 층위에서 정의하고 어떤 수단 구성으로 실행하는가. 이 답은 본 연구가 3대 임무 축(제4장)을 어느 층위에 두고 정책수단 3축(제3장 제2절)을 어떻게 배치할지의 참조가 된다. 둘째, 임무 정책이 예산과 어떻게 연결되는가. 이 답은 임무 전용 다년도 예산과 수요 측 수단의 공식 연결이라는 OECD의 권고가 실제로 어떤 제도로 구현되었는지를 보여주며, 제9장의 격차 진단에서 원자력 M2의 실증 이후 수단과의 연결 미형성을 해석하는 비교 기준이 된다.

2. 국가별 사례

EU의 Horizon Europe 임무는 포괄적 전략 프레임워크 유형의 대표 사례이다. 2021년에 출범한 다섯 임무(암 정복, 기후변화 적응, 해양과 수자원 복원, 2030년까지 기후중립 스마트 도시 100개, 토양 건강)는 모두 사회적 도전과제에서 출발하며, 이 가운데 넷은 녹색 전환과 직접 관련된다(OECD, 2025a). 임무마다 임무위원회가

정의와 거버넌스를 맡고 “조율된 행동 포트폴리오” 원칙에 따라 연구혁신 프로그램 밖의 정책과 재원을 결집하는 것이 설계 의도였으나, OECD의 실증 분석은 범부처 공유 목표와 광역 공동창조라는 강점의 이면에서 고위 정치적 주인의식의 부족, 무거운 다층 거버넌스, 회원국 수준의 약한 약속, 좁은 수단 범위, 민간 참여의 부족을 지적하였다(OECD, 2024a). 임무의 초기 예산은 2021년부터 2023년까지 3억 6천만 유로에 그쳤고(OECD, 2024a), 기후중립 도시 임무는 도시별 기후 도시 계약으로 지방정부의 약속을 제도화하는 방식을 택하였다(OECD, 2025a). 차기 프레임워크 프로그램(FP10)의 검토가 진행 중이라는 점(OECD, 2026b)은 포괄적 프레임워크의 존속이 프로그램의 주기에 연동된다는 것을 보여준다.

미국의 에너지 어스샷은 정량적 가격과 성능 목표로 임무를 정의하는 방식의 대표 사례이다. 에너지부는 2021년 수소 어스샷을 시작으로 장주기 저장, 탄소 네거티브, 부유식 해상풍력, 산업열 등 일곱 개의 어스샷을 설정하였고, 수소 어스샷의 목표는 청정수소 생산 비용을 10년 안에 80% 감축하여 킬로그램당 1달러에 이르는 것(“1-1-1 목표”)으로 진술되었다(OECD, 2024a). 어스샷은 어스샷 연구센터와 과학기반 프로그램의 조합으로 연구 단계를 조직하고, 인프라법과 반도체법과 인플레이션감축법의 자금에 공식적으로 연결됨으로써 실증과 보급 단계의 재원을 확보하였다(OECD, 2024a). 민간 참여의 측면에서는 수소 실증의 입지와 비용과 일자리와 소외지역에 관한 정보 요청, 중소기업 혁신 공모, 수소 어스샷 인큐베이터 상, 그리고 정부가 탄소 제거 크레딧을 직접 구매하는 시범 상이 활용되었다(OECD, 2026a). 인플레이션감축법의 청정수소 생산 세액공제(45V)와 원자력 생산 세액공제(45U)는 Demand-pull 수단이 임무와 결합된 대표 사례이고, 차세대 원자로 실증 프로그램(ARDP, 2020년 ~)은 공공과 민간이 비용을 분담하는 실증 단계의 모델이다. 다만 2026년 종합 보고서는 정권 교체 이후 어스샷 체계가 해체되었음을 기록하고 있어(OECD, 2026b), 행정부 주도의 임무가 갖는 지속성의 한계도 함께 보여준다.

일본은 정부 중심부가 주도하는 문샷 연구개발과 산업과 금융을 통합한 GX 추진전략의 두 축을 갖는다. 문샷 연구개발은 내각부의 종합과학기술혁신회의가 총리 직속으로 운영하는 도전적 연구개발 프로그램으로, 일곱 개 영역의 문샷 목표를 설정하고 연 1회 갱신 절차를 두며(OECD, 2024a), Larrue(2021)와 OECD(2024a)의 유형론에서 포괄적 전략 프레임워크로 분류된다. 임무 총괄 기능을 정부 부처 직속에 두는 것은 OECD가 임무 거버넌스의 첫째 원칙으로 드는 요소이며, 국가 기후목표 거버넌스 보고서는 이를 “일본 문샷 모델”로 지칭한다(OECD, 2025a). 2023년 확정된 GX 추진전략

은 향후 10년간 약 150조 엔의 관민 투자를 동원하고 20조 엔 규모의 GX 경제이행채를 발행하는 산업과 금융의 통합 패키지이며, 같은 해 개정된 수소기본전략은 수소 도입량을 2030년 300만 톤, 2040년 1,200만 톤으로 설정하였다. 원자력에서는 차세대 혁신로의 개발과 60년을 넘는 운전기간 연장으로 정책이 전환되었다. 문샷이 연구 단계의 임무라면 GX는 보급과 시장 형성 단계의 임무 재원이라는 점에서, 일본은 혁신 단계별로 서로 다른 프레임워크가 분업하는 구조이다.

영국은 부문별 로드맵과 강한 모니터링 체계가 특징이다. 2021년 넷제로 전략과 2023년 "Powering Up Britain"은 부문별 감축 경로를 제시하고, 수소전략은 2030년 저탄소 수소 생산능력 10GW를, 원자력에서는 신규 원전 추진을 위한 전담 기구(Great British Nuclear)의 설립을 목표로 두었다. 연구혁신 측면의 산업전략 도전기금(ISCF)은 기관이 주도하는 도전과제 기반 프로그램 유형의 대표 사례로 분류된다(Larrue, 2021; OECD, 2024a). 거버넌스 측면에서 영국은 총리가 의장인 기후변화 내각위원회를 두어 정부가 기후 목표를 직접 총괄하게 하고, 청정에너지 임무 통제실을 통해 "요금 인하, 일자리 창출, 안보 확보"라는 공동 편익의 서사로 임무를 공중에 설명한다(OECD, 2025a). 독립 기후변화위원회의 감축 모니터링 프레임워크는 기술 보급, 공급망 규모 확대, 수요 측 변수에 걸친 수백 개의 지표와 부문별 변화이론 지도로 구성되어 있으며, OECD는 이를 모니터링의 표준으로 인정하였다(OECD, 2025a).

프랑스의 France 2030은 임무 전용 다년도 예산과 정부 부처의 임무 총괄을 결합한 사례이다. 540억 유로 규모의 전용 예산을 갖는 이 전략은 분야별 가속화 전략의 묶음으로 구성되며, 총리실 직속의 생태계획사무국이 스무 명 안팎의 인력으로 스물두 개 프로젝트와 여섯 개 주제를 조정한다(OECD, 2025a; 2026b). 일부 가속화 전략은 산업과 환경과 교통의 정책수단을 직접 통합하고 있어(OECD, 2024a), 연구혁신 프로그램 밖의 부문 정책을 임무 안으로 끌어들이는 방식의 참조가 된다. 무탄소에너지 관련 내용으로는 신규 대형 원전 여섯 기와 SMR, 그린수소 투자가 포함되어 있으며, 프랑스의 청정수소 전략은 OECD의 넷제로 임무 데이터베이스에 수록되어 있다(OECD, 2024a).

독일은 연방 연구부의 하이테크 전략 2025와 그 후속인 미래 전략이 포괄적 전략 프레임워크로 분류되고(Larrue, 2021; OECD, 2024a), 기후보호법은 2030년 65%와 2040년 88%의 감축 목표와 부문별 목표를 법제화하여 강한 구속력을 갖는다(OECD, 2025a). 2023년 개정된 국가 수소전략은 2030년 국내 수전해 설비 10GW와 수소 배관망 구축이라는 양적 목표와 인프라를 제시하였다. 다만 OECD의 2026년 종합 보고서는 부속서에서 녹색수소 국가전략 단독으로는 MOIP의 요건을

충족하지 않는다고 판정하였는데(OECD, 2026b), 이는 수소전략처럼 단일 기술군의 양적 목표와 인프라 계획으로 구성된 전략과, 사회적 도전과제에서 출발하여 복수 수단을 조율하는 임무를 구분해야 한다는 뜻이다. 일본의 수소기본전략과 영국의 수소전략에도 같은 구분이 적용된다.

한국의 경우 2026년 2월 국가인공지능전략위원회에서 의결되고 같은 해 3월 제5회 과학기술관계장관회의에서 12대 미션이 확정된 K-문샷 추진전략이 8대 분야 12대 국가 과학난제 임무를 설정한 포괄적 전략 프레임워크에 해당하며, 8대 분야 가운데 미래에너지 축이 본 연구의 무탄소에너지 분야와 직접 정합된다. 그 이전의 한국 사례로 OECD 시리즈가 인용한 것은 도전과제 기반 프로그램 유형의 알키미스트 프로젝트와 과학기술 기반 사회문제해결 종합계획, 국가전략기술 정책 등이며(제3절 제5항), 넷제로 실증 분석의 유형표는 알키미스트를 영국 ISCF, 노르웨이 Pilot-E와 같은 도전과제 기반 프로그램의 열에 두었다(OECD, 2024a). 기후 거버넌스의 유형에서 한국은 OECD(2025a)의 분류상 전담 부처와 관계 부처가 병립하는 유형에 속하며, 미국, 프랑스, 영국은 정부 부처가 임무를 총괄하는 유형으로 분류된다. 탄소중립 녹색성장 기본계획(2023)이 2030년 국가 감축 목표를 확정하고 있으나, 이 목표와 부처 단위 R&D 사업의 예산 배분 사이를 잇는 실증적 분석 틀은 아직 구축되어 있지 않다는 것이 계획 단계의 진단이었고, 이 진단이 본 연구의 출발점이다(제1장 제1절).

3. 비교표와 정책수단 3축 대조

일곱 사례를 여섯 비교 축에서 정리하면 표 2-12와 같다.

〈표 2-12〉 주요국 MOIP 프레임워크의 비교

국가	대표 프레임워크 (확정 시기)	MOIP 유형	임무 정의 방식	총괄 주체의 소속	투자 연계	무탄소에너지 관련 임무
EU	Horizon Europe 임무(2021)	포괄적 전략 프레임워크	사회적 도전과제 5개, 시민 중심	집행위원회 임무위원회, 다층 거버넌스	연구혁신 프로그램 예산(초기 3억 6천만 유로), 도시 기후 계약	기후중립 도시 100개(2030), 기후변화 적응
미국	에너지 어스샷(2021), 인프라법, 반도체법, 인플레이션감축법(2022)	포괄적 전략 프레임워크 (어스샷), 도전과제 기반(에너지 저장 그랜드 챌린지)	정량적 가격과 성능 목표	에너지부 (행정부 주도, 정권 교체 후 해체)	세 입법의 자금에 공식 연결, 세액공제 45V와 45U, 탄소 제거 크레딧 직접 구매	수소 어스샷 (킬로그램당 1달러, 10년), 차세대 원자로 실증 프로그램

국가	대표 프레임워크 (확정 시기)	MOIP 유형	임무 정의 방식	총괄 주체의 소속	투자 연계	무탄소에너지 관련 임무
일본	문샷 연구개발(2020), GX 추진전략(2023), 수소기본전략 개정(2023)	포괄적 전략 프레임워크	문샷 목표 7개 (연 1회 갱신), GX는 산업과 금융 통합 목표	내각부 종합과학기술 혁신회의 (총리 직속)	10년 150조 엔 관민 투자, 20조 엔 GX 경제이행채	수소 도입 2030년 300만 톤, 2040년 1,200만 톤, 차세대 혁신로, 60년 초과 운전
영국	넷제로 전략(2021), Powering Up Britain(2023), 산업전략 도전기금	도전과제 기반 프로그램(ISCF), 부문별 로드맵	부문별 감축 경로와 법정 탄소예산	총리 의장 기후변화 내각위원회, 청정에너지 임무 통제실	탄소예산과 독립 위원회의 모니터링, 전담 원전 기구	저탄소 수소 10GW(2030), 신규 원전 전담 기구
프랑스	France 2030(2021)	포괄적 전략 프레임워크 (가속화 전략의 묶음)	분야별 가속화 전략	총리실 직속 생태계획사무국(22개 프로젝트, 6개 주제)	540억 유로 전용 다년도 예산	신규 원전 6기와 SMR, 그린수소, 청정수소 전략
독일	하이테크 전략 2025와 미래 전략, 국가 수소전략 개정(2023), 기후보호법	포괄적 전략 프레임워크 (하이테크 전략), 수소전략 단독은 MOIP 미충족	연구부 주도의 임무와 법정 감축 목표(2030년 65%, 2040년 88%)	연방 연구부와 부문 부처	부문별 법정 목표, 수소 인프라 투자	수전해 10GW(2030), 수소 배관망
한국	K-문샷 추진전략(2026), 탄소중립 녹색성장 기본계획(2023), 알키미스트 프로젝트	포괄적 전략 프레임워크 (K-문샷), 도전과제 기반 (알키미스트)	8대 분야 12대 국가 과학난제 임무, 2030년 국가 감축 목표	과학기술관계장관회의, 전담 부처와 관계 부처 병립	계속사업과 중기재정계획으로 운영(임무 전용 다년도 예산은 제도화 전)	미래에너지 축, 알키미스트 무탄소 수소 생산 임무

정책수단의 구성을 제3장 제2절의 3축으로 대조하면 표 2-13과 같다. 연구혁신부처가 주도하는 프레임워크(EU 임무, 일본 문샷, 독일 하이테크 전략, 한국 K-문샷)는 Technology-push 수단이 중심이고 Demand-pull 수단은 프레임워크 밖의 부문 정책에 의존하는 반면, 재정 당국이나 정부 중심부가 주도하는 프레임워크(미국의 입법 연계, 일본 GX, 프랑스 France 2030)는 세액공제와 조달과 이행채 같은 Demand-pull 수단과 전용 재원을 임무에 공식으로 연결하고 있다. 거버넌스와 표준과 규제 축에서는 영국의 법정 탄소예산과 독립 모니터링, 독일의 부문별 법정 목표, 미국의 차세대 원자로 실증 프로그램에 결합된 인허가 지원이 두드러진다.

〈표 2-13〉 주요국 사례의 정책수단 3축 구성과 본 연구에의 시사점

국가	Technology-push	Demand-pull	거버넌스, 표준, 규제	본 연구에의 시사점 (대응 장)
EU	임무별 연구혁신 공모, 어스샷형 연구센터 없음	도시 기후 계약(지방정부 약속), 수요 측 수단 좁음	임무위원회, 다층 거버넌스	포괄적 프레임워크의 수단 범위가 좁으면 임무가 연구혁신 예산에 갇힘 — 제9장 STI 함정 해석
미국	어스샷 연구센터, 과학 기반 프로그램, 중소기업 공모	세액공제 45V와 45U, 탄소 제거 크레딧 구매, 인프라법 자금	차세대 원자로 실증 프로그램의 공공 민간 비용 분담과 인허가	정량 임무와 수요 측 수단의 공식 연결이 실증에서 보급으로의 전환을 만듦 — 제9장 G1, G2 해석
일본	문샷 연구개발(총리 직속)	GX 경제이행채, 관민 투자 동원, 수소 도입 목표	연 1회 임무 갱신, 원전 운전기간 제도	연구 단계 임무와 시장 형성 단계 재원의 분업 — 후속 연구(제10장 제4절)의 시나리오 변수
영국	산업전략 도전기금	수소 생산능력 목표, 전담 원전 기구	법정 탄소예산, 독립 위원회의 수백 개 지표 모니터링	임무 특화 모니터링의 표준 — 후속 연구의 평가 지표 설계(제10장 제4절)
프랑스	가속화 전략의 연구혁신 투자	전용 다년도 예산의 산업 투자	총리실 직속 조정, 부문 정책수단 통합	임무 전용 다년도 예산과 정부 부처의 임무 총괄 — OECD 한국 진단 4대 과제와 대응
독일	하이테크 전략의 임무 연구	수소 인프라 투자	부문별 법정 감축 목표	단일 기술군 양적 목표 전략과 임무의 구분 — 제4장 임무 형식 요건 점검
한국	부처 단위 R&D 사업, 알키미스트 단계별 관문	청정수소 발전 의무화와 인증, 원전 수출 지원 (임무 태깅 전에는 연결이 명시되지 않음)	법정계획 체계, 전담 부처와 관계 부처 병립	임무와 예산의 연결을 중간층에서 검증할 필요 — 제3장 제4절, 제6장 ~ 제9장

4. 본 연구에의 시사점

벤치마킹에서 도출되는 시사점은 다섯 가지이다. 첫째, 임무 정의의 층위이다. 미국의 어스샷처럼 정량적 가격과 성능 목표로 임무를 정의하는 방식은 단일 기술군의 연구개발 방향을 명확히 하지만 사회적 도전과제와의 연결은 별도의 입법에 의존하고, EU 임무처럼 사회적 도전과제에서 출발하는 방식은 정당성이 높지만 수단 범위가 좁으면 연구혁신 예산에 갇힌다. 본 연구의 3대 임무 축은 후자의 층위에 있으며, 정량 목표는 법정계획의 목표를 근거로 하위 층위에서 확정한다(제4장 제4절). 둘째, 임무 전용 다년도 예산과 정부 부처의 임무 총괄이다. 프랑스와 일본의 사례는 OECD가 한국에 권고한 4대 과제 가운데 두 가지가 실제로 어떤 제도로 구현되는지를 보여주며, 한국의 예산 구조에서는 임무와 예산의 연결이 사업 단위로 관리되므로 그 연결을 중간층에서 종합적으로 검증하는 본 연구의 방법이 필요해진다(제3장 제4절). 셋째, Demand-pull 수단의 공식 연결이다. 미국의 세액공제와 일본의 이행채는 실증 이후 단계의 임무 재원을 연구혁신 프로그램 밖에서 확보한 사례이며, 본 연구가 제9장에서 확인한 원자력 무탄소 전환 임무의 실증 이후 수단과의 연결 미형성과 두 분야 공통의 실증 이후 민간 연계 접점은 이 연결이 한국의 예산 체계에서 아직 제도화되지 않았음을 뜻한다. 넷째, 정책 지속성의 위험이다. 미국 어스샷의 해체와 EU 임무의 존속 논의는 행정부 주도 임무가 정치적 주기에 노출됨을 보여주며, 본 연구가 임무의 근거를 법정계획에 두는 것(제4장)은 이 위험에 대한 하나의 대응이다. 다섯째, 단일 기술군의 양적 목표 전략과 임무의 구분이다. OECD가 녹색수소 국가전략 단독은 MOIP가 아니라고 판정한 것은, 수소법과 수소경제 이행 기본계획의 양적 목표를 곧바로 임무로 삼지 않고 3대 축 아래에 분야별 임무 진술로 구체화한 본 연구의 설계(제5장)가 타당함을 뒷받침한다.

제5절 국내 선행연구 검토

1. 검토 대상 14종과 성격별 4군 분류

국내의 임무중심혁신정책 논의는 2019년 전후에 시작되어 2022년 이후 급속히 축적되었다. 본 연구는 학술논문과 정책연구 보고서 14종을 검토 대상으로 선정하고 성격에 따라 4군으로 분류하였다(표 2-14). A군은 이론 프레임과 OECD 진단과 국제 비교를 다룬 3종으로, 신형 MOIP의 분석틀로 국가연구개발사업을 진단한 연구(구본진, 2024), OECD의 한국 진단을 국내에 소개하고 확장한 정책 브리프(기지훈, 김지홍, 2025), 해외 사례를 비교하여 한국형 정책 모형을 제안한 보고서(이승규, 2022)가 여기에 속한다. B군은 정책 사례와 실증 분석을 다룬 6종으로, 과학기술 기반 사회문제해결 2차 종합계획을 임무지향과 전환적 혁신정책의 관점에서 잇달아 분석한 연속 논문(송위진, 성지은, 2019a; 2019b), 종합계획의 정책수단을 텍스트마이닝으로 비교한 연구(기지훈, 김현오, 조수지, 2024), 국가연구개발사업의 사회적 성과지표 추이를 5개년 전수 분석한 연구(기지훈 외, 2023), 소재부품장비와 코로나19 대응을 두 유형의 임무 사례로 비교한 연구(이혜진, 홍성주, 2023), 그리고 사회정책의 관점에서 사회적 도전의 거시적 근거를 다룬 초기 논문(곽숙영, 2011)이 여기에 속한다. C군은 R&D 프로세스와 평가 방법론을 다룬 4종으로, 임무지향 R&D 전주기 프로세스를 처음 체계화한 보고서(박노언 외, 2022)와 이를 고도화한 후속 보고서(박노언, 김지홍, 2023), 사이버범죄를 사례로 4단계 프로세스를 제안한 이슈페이퍼(박노언, 기지훈, 김현오, 2023), 임무지향 R&D 평가에 인공지능을 활용하는 신규 평가방법 연구(KISTEP, 2023)가 여기에 속한다. D군은 혁신 주체의 구축을 다룬 1종으로, 정부출연연구기관 구성원의 인식 분석을 통해 임무지향 혁신체제 구축 방안을 제안한 연구(홍형득 외, 2023)이다. 각 문헌의 핵심 주장과 본 연구와의 관련성은 부록 D에 정리하였다.

〈표 2-14〉 국내 선행연구 14종의 목록과 4군 분류

군	성격	번호	저자(연도)	유형	주제 요약
A	이론 프레임, OECD 진단, 국제 비교	R01	구본진(2024)	학술논문	신형 MOIP 기반 임무지향형 국가연구개발사업 활성화
		R02	기지훈, 김지홍(2025)	KISTEP 브리프	OECD 진단을 통해 본 한국 MOIP의 발전 과제
		R05	이승규(2022)	KISTEP 보고서	MOIP 해외사례 분석과 국정과제 활용 정책모형

군	성격	번호	저자(연도)	유형	주제 요약
B	정책 사례, 실증 분석	R03	곽숙영(2011)	학술논문	OECD 사회정책 변화와 한국 사회정책의 과제
		R04	송위진, 성지은(2019b)	학술논문	전환적 혁신정책 관점의 사회문제해결형 R&D 정책
		R06	기지훈, 김현오, 조수지(2024)	학술논문	사회문제해결형 과학기술정책 발전과정 텍스트 분석
		R07	기지훈 외(2023)	KISTEP 보고서	국가연구개발사업 임무지향성 변화 분석
		R08	이혜진, 홍성주(2023)	학술논문	MOIP 국내 사례: 소재부품장비와 코로나19
		R10	송위진, 성지은(2019a)	학술논문	임무지향적 혁신정책 관점의 사회문제해결형 R&D 정책
C	R&D 프로세스, 평가 방법론	R09	KISTEP(2023)	혁신정책연구	임무지향 R&D 평가를 위한 AI 활용과 신규 평가방법
		R11	박노언, 기지훈, 김현오(2023)	KISTEP 이슈페이퍼	임무지향형 사회문제해결 R&D 프로세스 설계(사이버범죄)
		R12	박노언, 김지홍(2023)	KISTEP 보고서	임무지향형 사회문제해결 R&D 전주기 프로세스 고도화
		R13	박노언 외(2022)	KISTEP 보고서	임무지향형 사회문제해결 R&D 전주기 프로세스 설계
D	혁신 주체 구축	R14	홍형득 외(2023)	학술논문	정부출연연구기관 임무지향형 혁신체제 구축 인식 분석

2. 국내 MOIP 논의의 공통 구조와 분기

14종을 관통하는 체계 요소는 세 가지이다. 첫째, 거대도전과제에서 임무로, 임무에서 포트폴리오 또는 부문과 프로젝트로 내려가는 다층 임무 구조를 공통적으로 채택한다. 둘째, 방향성, 조정, 실행, 예산, 평가 가운데 일부를 진단 축으로 삼는 3차원에서 5차원의 진단 틀을 사용한다. 셋째, 정부의 방향 설정과 시민과 기업의 상향식 참여를 결합하는 상하향 결합을 원칙으로 삼는다. 이 공통 구조 위에서 국내 논의는 이론적 계보에 따라 일곱 갈래로 분기한다(표 2-15). 초기 MOIP 계보는 2차 종합계획을 Mazzucato의 초기 개념으로 해석한 연구에서 출발하였고, 같은 저자들이 전환적 혁신정책의 관점으로 이동하면서 다층 관점과 시스템 전환 담론이

도입되었다. OECD 구조화 계보는 Larrue(2021)의 3차원을 분석 축으로 채택하여 해외 사례와 국내 사례와 R&D 프로세스를 정리하였고, 신형 MOIP 계보는 사회적 가치와 다학제와 범부처 예산과 사회적 성과 평가를 강조하는 확장판으로 나아갔다. 이와 별도로 텍스트마이닝과 인공지능으로 임무지향성을 측정하고 평가하는 실증 계보, 4단계 프로세스와 전주기 단계별 관문과 문제정의서로 현장 실행을 설계하는 프로세스 계보, 출연연의 인식과 조직을 다루는 조직 계보가 형성되었다.

〈표 2-15〉 국내 MOIP 논의의 이론적 계보 분기

계보	대표 문헌	핵심 프레임	체계의 성격
초기 MOIP	R10	거대도전과제, 임무, 3층 구조(Mazzucato, 2018)	거시 담론형
전환적 혁신정책	R04	다층 관점, 니치와 레짐과 조망의 시스템 전환	거시 담론형
OECD 구조화	R05, R08, R13	전략적 방향, 정책 조정, 정책 실행의 3차원(Larrue, 2021)	설계형(프로세스, 예산, 평가의 통합 절차)
신형 MOIP 확장	R01, R02	사회적 가치, 다학제, 다부문, 범부처 예산, 사회적 성과 평가	진단형(기준 체크리스트)
텍스트와 인공지능 실증	R06, R07, R09	데이터 기반의 임무지향성 측정과 평가	평가형
프로세스와 실증	R11, R12, R13	이해, 정의, 해결, 관리의 4단계, 전주기 단계별 관문, 문제정의서	현장 실행형
인식과 조직	R14	출연연 구성원 인식 분석, 모듈식 정책수단	조직형

계보별 체계의 성격은 다르다. 신형 MOIP 계보의 5기준(목표의 성격, 시간 지평, 주체 참여, 평가, 정책수단)은 진단형 체계이고, OECD 구조화 계보의 프로세스와 예산과 평가의 통합 절차는 설계형 체계이며, 인공지능과 기여도 분석을 결합한 평가형 체계, 시스템 전환 서사의 거시 담론형 체계, 4단계 프로세스의 현장 실행형 체계가 병존한다. 이 가운데 본 연구의 층위 구조에 가장 가까운 국내 선행 이론은 거대도전과제, 임무, 포트폴리오의 3계층을 정립하고 임무 단계별 관문 조건과 지표를 처음 제시한 R13(박노언 외, 2022)이다. 본 연구의 6-Level 좌표계는 이 3계층을 임무영역과 정책수단과 예산의 세 층위로 세분한 것이며, 인용의 우선순위도 이론을 정립한 R13, 이를 고도화한 R12, 사례로 실증한 R11의 순서를 따른다.

3. 적용 양상과 한계

국내 MOIP의 적용 도메인은 사회문제 영역에 집중되어 있다. 보건, 범죄, 환경을 다루는 종합계획 1차에서 3차까지가 가장 많은 문헌의 대상이고(R02, R04, R06, R07, R10), 산업 영역의 소재부품장비와 재난 영역의 코로나19 대응이 비교 사례로 다루어졌으며(R08), 출연연의 기관 혁신(R14)과 R&D 프로세스와 평가의 방법론(R09, R11, R12, R13)이 그 뒤를 잇는다. 적용의 성과로는 세 가지가 확인된다. 임무지향이라는 담론은 2020년에서 2025년 사이에 정책 어휘로 정착하였고(R06), 3차 종합계획은 체계적 사회문제 발굴과 정책수단의 혼합에서 OECD로부터 강점을 인정받았으며(R02), 소재부품장비와 코로나19 사례에서는 임무별 추진체계가 결정적 성공요인으로 검증되었다(R08).

반복하여 지적되는 보완 여지는 다섯 가지이다. 첫째, 예산이다. 범부처의 다년도 안정 예산이 확보되지 않았다는 지적이 국제 비교와 OECD 진단 모두에서 반복된다(R02, R05). 둘째, 평가이다. 사회문제해결 사업군의 사회적 성과지표 설정 비율은 다른 사업군의 두세 배 수준이지만, 2020년 이후 사회적 성과를 계획하고 실제 성과로 제시하는 경향은 오히려 감소하고 기술적 성과가 그 자리를 채웠다(R07). 성과관리의 생존을 위해 단기간에 명시적으로 제시할 수 있는 기술적 성과로 회귀한다는 이 해석은 임무지향성이 약해질 수 있다는 신호로 읽힌다. 셋째, 거버넌스이다. 범부처 조정체계가 형식에 그친다는 지적과 함께, 출연연은 단기 평가와 부처 이원화와 예산 경직성이라는 제약 아래 놓여 있다(R01, R14). 넷째, 시스템 전환이다. 기술개발에서 실증과 확산으로 이어지는 단일 경로가 유지되고 니치에서 레짐으로의 전환 전략은 제시되지 않았다(R04). 다섯째, 도메인의 집중이다. 14종 가운데 에너지 도메인의 MOIP 실증은 한 건도 없으며, 이는 제3절에서 확인한 OECD 시리즈의 한국 사례 공백과 정확히 겹친다.

4. 본 연구의 차별점

국내 선행연구에 비추어 본 연구의 차별점은 다섯 가지로 정리된다. 첫째, 도메인의 차별이다. 14종 어느 것도 다루지 않은 에너지 도메인, 그중에서도 원자력과 수소에 초점을 둔다. 둘째, 체계의 차별이다. 국내 최고 수준의 층위 구조인 R13의 3계층을 6-Level로 세분하고, 여기에 혁신 가치사슬 6단계를 교차시켜 임무, 분야, 가치사슬, 혁신단계의 4축으로 확장한다(제3장, 제5장). 셋째, 방법의 차별이다. 선행연구가

계획 문서와 사업 설명의 해석에 의존하거나 사업군 수준의 성과지표를 집계한 데 비해, 본 연구는 내역사업 단위까지 분해한 예산 데이터를 구축하고(제6장), 하향과 상향의 어느 쪽에도 서지 않는 중간층 정합성 검증(제3장 제4절)으로 임무와 예산의 연결을 검증하며, 분류와 태깅의 자의성을 전문가 자문으로 통제한다(제8장). 넷째, 정책수단의 차별이다. R01과 R14가 요청한 모듈식 정책수단을 Technology-push, Demand-pull, 거버넌스와 표준과 규제의 3축으로 명시하고 혁신 단계별 적합 구간과 결합하여, 3대 임무별 수단 믹스의 격차를 진단한다. 다섯째, 평가의 차별이다. R07이 고발한 사회적 성과의 퇴행에 대하여 본 연구는 개별 사업의 성과지표를 바꾸는 대신 임무 × 혁신 단계 매트릭스라는 포트폴리오 수준의 진단 구조를 제안하며, 이는 OECD가 권고한 포트폴리오 효과 차원의 평가와 정합한다. 다만 본 연구는 이 계보 안에서 초기 MOIP에서 전환적 혁신정책을 거쳐 신형 MOIP로 이어지는 흐름을 계승하는 위치에 있으며, 국내 논의와 단절된 새 이론을 세우려는 것이 아니다. R09가 제시한 기여도 분석과 발전적 평가, R12가 표준화한 문제정의서, R08이 구분한 긴급 대응형과 중장기 역량 구축형의 임무 유형은 각각 본 연구의 격차 해석, 향후 임무기술서 설계, 기술군별 경로 분기에서 참조된다.

제6절 캐스케이딩 방법론의 종합과 기술군별 정책 경로

1. 통합 캐스케이딩 위계와 6단계 절차

제2절의 세 프레임워크는 서로 다른 질문에 답하지만, 임무를 도전과제에서 예산까지 단계적으로 내려보내는 하나의 절차로 종합할 수 있다. 본 연구는 이를 통합 캐스케이딩이라 부르고, 위계와 절차의 두 측면에서 정리한다. 위계는 제2절 표 2-7의 6-Level이다. 거대도전과제(L1)에서 임무(L2)로, 임무에서 임무영역(L3)으로, 임무영역에서 포트폴리오(L4)로, 포트폴리오에서 정책수단(L5)으로, 정책수단에서 활동과 예산(L6)으로 내려가는 구조이며, 원전 문헌이 공유하는 5층 위계(거대도전과제, 임무, 임무영역, 포트폴리오, 정책수단)에 본 연구가 예산 층위를 더한 것이다. 절차는 이 위계를 실제로 채워 가는 여섯 단계이다(표 2-16).

〈표 2-16〉 통합 캐스케이딩의 6단계 절차

단계	명칭	근거 문헌	핵심 작업	산출물	본 연구의 수행 위치
1	도전과제 진단	Wanzenböck 외 (2020)	경합성, 복잡성, 불확실성의 3차원으로 문제와 해법의 수렴 정도를 진단하고 4사분면에 배치	현재 좌표와 수렴 목표 좌표	본 절 2항, 제4장
2	임무 선정	Mazzucato(2018), Larrue(2021)	5기준을 필터로 적용하되, 임무는 출발점이 아니라 점진적 좁히기의 결과임을 수용	임무 축과 형식 요건 점검 결과	제4장 제3절, 제4절
3	정책 경로 선택	Wanzenböck 외 (2020)	출발 사분면에 따라 문제주도, 해법주도, 혼합 경로 중 선택	기술군별 경로	본 절 2항, 제5장
4	임무 분해	Mazzucato (2018)	너무 넓지도 좁지도 않은 중간 입도로 부문, 기술, 혁신 단계 축에 따라 분해	임무 맵 (임무 × 분야 × 가치사슬 × 혁신단계)	제5장
5	포트폴리오 설계	Larrue(2021), OECD(2025b)	문제를 고르되 해법을 지정하지 않고, 복수 경로를 병렬 투자하며, 단계별 관문으로 재배분	포트폴리오와 관문 조건	제5장, 제9장
6	정책믹스 통합	Larrue(2021)	전략적 방향, 정책 조정, 정책 실행의 3차원에서 Technology-push와 Demand-pull과 거버넌스 수단을 결합	수단 매핑과 예산 연결	제5장, 제6장, 제9장

여섯 단계는 순차적이지만 일방향은 아니다. 임무 가설은 잠정적이며 실증과 모니터링을 통해 재정의된다는 성찰성의 원칙(Larrue, 2021)과 문제와 해법이 공진화한다는 관점(Wanzenböck 외, 2020)에 따라, 단계 6의 결과는 단계 1과 3의 재진단으로 환류된다. 본 연구에서 이 환류는 하향 설계(제5장)와 상향 결과(제9장)의 대조로 구현되며, 그 대조에서 드러나는 격차가 임무 가설의 수정, 사업 분류의 재코딩, 잔여 격차의 보고 중 하나로 처리된다. 아울러 산업화와 경제성의 레버는 임무 층위가 아니라 수단 층위에 놓인다. 조달, 시장 창출, 수출 금융 같은 산업화 수단은 Larrue(2021)의 3차원 가운데 정책 실행 차원의 Demand-pull 수단이며, 이를 임무 상위층에 두면 임무가 부문 진흥으로 환원되기 때문이다. 본 연구가 산업적 성과창출을 3대 임무 축의 하나로 두면서도 그 실현 수단은 정책수단 층위에서 다루는 것은 이 원칙에 따른 것이다.

2. 기술군별 문제-해법 사분면 진단(수소, SMR, 대형 원자력)

통합 캐스케이딩의 첫 단계인 도전과제 진단을 본 연구의 대상에 적용하면, 원자력과 수소를 하나의 사분면에 귀속시킬 수 없다는 사실이 드러난다. 상위 정책 어젠다의 차원에서 두 분야는 모두 탄소중립과 에너지안보라는 문제 측 수렴을 이루었다. 그러나 기술 단위로 내려가면 적용 문제영역에 대한 사회적 수렴의 정도가 기술군마다 다르다. 본 연구는 기술 성숙도, 적용 문제영역의 경합 정도, 사회적 수용성의 세 요소를 삼각 진단하여 기술군별로 사분면을 차등 배치한다(표 2-17).

〈표 2-17〉 기술군별 문제-해법 사분면 진단과 정책 경로

기술군	기술 성숙도	적용 문제영역의 경합	사회적 수용성	진단 사분면	정책 경로	임무 유형(참고)
수소	생산 방식과 용도별로 실증에서 초기 보급까지 분포	발전, 수송, 산업 공정, 수출 등 용도별 정책 합의가 경합	안전 규제와 인프라 수용성이 형성 중	Ⅲ(문제를 찾는 해법)	해법주도 (Ⅲ → Ⅳ)	신생, 투자 유치형
SMR	노형 개발과 규제 검증 단계	산업열, 수소 생산, 담수화, 분산전원 등 용도 개척이 진행 중	입지와 규제 체계가 미확립	Ⅲ(문제를 찾는 해법)	해법주도 (Ⅲ → Ⅳ)	신생, 실증 규제형
대형 원자력	상용 운영과 계속운전, 차세대 노형 개발 병행	기저전원 역할에 대한 수렴이 상대적으로 진전	사용후핵연료와 부지 문제가 잔존	Ⅱ와 Ⅳ의 경계 (정렬 인접)	문제주도 말기 (Ⅱ → Ⅳ)	기존, 제도 전환형

수소와 SMR은 기술 해법의 성숙이 적용 문제영역의 사회적 수렴보다 앞서 있는 상태, 곧 문제를 찾는 해법의 사분면에 놓인다. 어떤 용도에서 어떤 규모로 어떤 시점에 이 기술이 쓰여야 하는지에 대한 정책적 합의가 경합 중이므로, 정책 경로는 실증과 표준화와 초기 시장 형성으로 문제를 재규정해 가는 해법주도 경로가 된다. 대형 원자력은 기저전원의 역할이라는 문제 정의에서는 수렴이 진전되었으나 사용후핵연료와 사회적 수용성이라는 잔여 쟁점 때문에 정렬 상태의 경계에 놓인다. 정책 경로는 해법의 탐색보다 제도와 거버넌스와 위험 관리의 정비가 중심이 되는 문제주도 경로의 말기이다. 이 진단은 임무 유형의 관점에서 보면 Larrue(2021)가 정리한 가속형과 전환형의 구분, 그리고 국내 사례에서 확인된 긴급 대응형과 중장기 역량 구축형의 구분(R08)과도 대응한다. 수소와 SMR은 새로운 기술 시스템을 시장에 진입시키는 가속형에 가깝고, 대형 원자력은 기존 시스템의 제도를 전환하는 전환형에 가깝다. 다만 사분면의 위치는 고정된 것이 아니다. 청정수소 인증 제도의 정착이나 SMR 규제 체계의 확립처럼 문제영역의 수렴을 촉진하는 제도 변화가 일어나면 사분면은 이동하며, 본 연구는 자문회의에서 사분면 진단을 재검토하는 절차를 두었다(제8장).

3. 경로별 정책수단 설계 함의

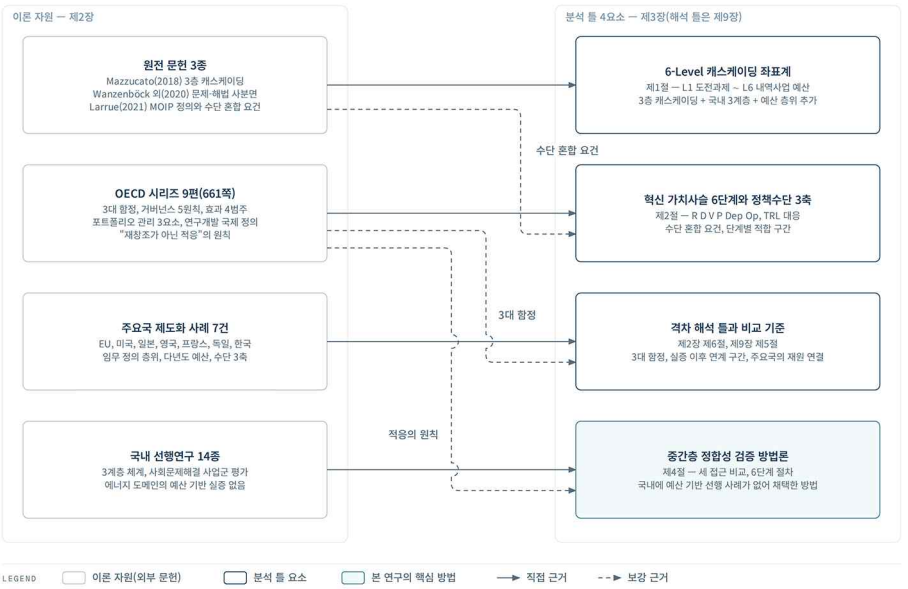
정책 경로의 차이는 정책수단의 구성 차이로 이어진다. 해법주도 경로에서는 실증, 표준화, 인증, 니치 시장 육성, 초기 수요 매칭처럼 해법이 적용될 문제영역을 열어주는 수단이 중심이 되므로 Demand-pull과 거버넌스와 표준 수단의 비중이 상대적으로 커진다. 문제주도 경로의 말기에서는 계속운전과 차세대 노형 같은 기술 공급 수단이 유지되는 한편, 안전 규제와 사용후핵연료 관리와 사회적 수용성을 다루는 제도와 거버넌스와 위험 관리 수단이 지배적 위치를 차지한다. 이를 반영하여 본 연구는 계획 단계에서 기술군별 정책수단의 잠정 기준치를 Technology-push, Demand-pull, 거버넌스와 표준과 규제의 3축 비중으로 설정하였다. 수소는 3 대 4 대 3, 대형 원자력은 3 대 2 대 5, SMR은 4 대 3 대 3이다. 이 기준치는 경로 논리에서 연역한 가설이지 실측값이 아니며, 제9장에서 예산 데이터로 확인된 실제 수단 구성과 대조하여 격차를 진단하는 비교 기준으로만 사용한다. 격차가 확인되면 기준치의 수정과 사업 분류의 재코딩과 잔여 격차의 보고 가운데 하나로 처리하는 것은 제3장 제4절의 절차와 같다.

경로별 수단 설계에는 두 가지 유의점이 있다. 첫째, 어느 경로에서든 지배적 수단이 유일한 수단은 아니다. 혁신 단계마다 수단의 조합이 필요하다는 것이 OECD 시리즈의 일관된 권고이며(OECD, 2026b), 특히 실증에서 양산으로 넘어가는 구간은 정책수단의 구성이 가장 급격히 전환되는 지점이므로 이 구간의 수단 공백은 경로와 무관하게 최우선 진단 대상이다. 둘째, 두 분야가 교차하는 영역에는 두 경로가 중첩된다. 원자력 연계 수소 생산은 해법주도 경로의 수소와 해법주도 경로의 SMR이 만나는 접점이므로 용도의 다중 중첩을 조정하는 메커니즘이 필요하고, 청정수소 인증 안에서 원자력 유래 수소를 어떻게 다룰지는 두 분야의 거버넌스 수단이 공유되어야 하는 지점이다. 이 교차 영역의 설계는 제5장 제4절에서 다룬다.

제7절 소결 — 이론에서 분석 틀로

이 장에서 검토한 이론 자원은 제3장의 분석 틀을 구성하는 네 요소, 곧 6-Level 캐스케이딩 좌표계, 혁신 가치사슬 6단계, 정책수단 3축, 중간층 정합성 검증 방법론으로 번역된다(표 2-18). 좌표계의 층위 정의는 Mazzucato(2018)의 3층 구조와 Larrue(2021)의 3차원에서, 임무영역의 진단은 Wanzenböck 외(2020)의 사분면에서, 포트폴리오의 구성 원칙은 Mazzucato(2018)의 포트폴리오 접근과 OECD(2025b)의 포트폴리오 적합도에서 온다. 혁신 가치사슬 6단계는 세 프레임워크가 공유하는 혁신 주기 전 단계라는 요건을 분류 가능한 어휘로 고정한 것이며, 정책수단 3축은 Larrue(2021)의 정의에 명시된 Technology-push와 Demand-pull의 혼합에 거버넌스와 표준과 규제의 축을 더한 것이다. 중간층 정합성 검증 방법론은 세 프레임워크 어느 것도 제시하지 않은 예산 층위의 추적 방법을 본 연구가 조직 지식창조론과 정책 집행론과 점진주의의 전통에서 끌어와 구성한 것으로, OECD(2024c)의 포트폴리오 효과 차원과 OECD(2025b)의 정태적 관리 진단에 정합한다. 격차 진단의 해석 틀은 OECD(2024a)의 3대 함정과 OECD(2026a)의 죽음의 계곡에서, 격차 해석의 비교 기준은 제4절의 주요국 사례에서, 방법론적 원칙은 OECD(2026b)의 "재창조가 아닌 적응"에서 온다.

〈그림 2-1〉 이론 자원에서 분석 틀



〈표 2-18〉 이론 자원과 분석 틀 요소의 대응

분석 틀 요소(제3장)	직접 근거	보강 근거	본 연구의 추가
6-Level 캐스케이딩 좌표계	Mazzucato(2018) 3층 구조, Larrue(2021) 3차원	국내 3계층 체계(R13), OECD(2026b)의 정의와 유형 갱신	예산 층위(L6)의 추가, L4의 상향 집계 정의, 역추적 식별 체계
혁신 가치사슬 6단계	Larrue(2021) 정의의 혁신 주기 전 단계 요건	기술성숙도 9레벨(European Commission, 2014), 연구개발 활동 정의(OECD, 2015)	단계 경계 규칙, 지배활동 기준, 분야별 운용 정의
정책수단 3축	Larrue(2021) 정의의 Technology-push와 Demand-pull 혼합	Mowery, Rosenberg(1979)의 수요 견인 논쟁, OECD(2026a)의 정책 포트폴리오 확대 권고	거버넌스와 표준과 규제 축의 독립, 단계별 적합 구간 매트릭스
중간층 정합성 검증 방법론	Nonaka, Takeuchi(1995), Elmore(1979), Lindblom(1959)	OECD(2024c) 포트폴리오 효과, OECD(2025b) 정태적 관리 진단	6단계 절차, 작위성 차단 장치, 전문가 자문의 내재화
격차 진단의 해석 틀	OECD(2024a) 3대 함정	OECD(2026a) 죽음의 계곡과 임무 세탁, Wanzenböck 외(2020) 경로별 수단	기술군별 수단 비중 기준치와의 대조
방법론적 원칙	OECD(2026b) 재창조가 아닌 적응	기지훈, 김지홍(2025)의 OECD 한국 진단 4대 과제	기존 예산 구조 위에서의 진단과 개선
격차 해석의 비교 기준	주요국 사례(제4절): 미국의 세액공제와 일본의 이행채에 의한 Demand-pull 수단의 공식 연결, 프랑스와 일본의 임무 전용 재원과 정부 부처의 임무 총괄	OECD(2026a) 정책 포트폴리오 확대 권고, 기지훈, 김지홍(2025)	한국 예산 체계에서 Demand-pull 연결과 다년도 재원이 부재함을 격차 해석의 기준으로 사용

이론 검토의 비중은 최상위 계획에서 임무를 도출하는 과정의 합리성과 논리성을 강화하는 데 자원을 집중하기 위하여 이 이상의 상세한 분석을 하지 않는다. 다만, 편별 상세를 부록 C와 부록 D로 분리하였다.

이 장의 역할은 제3장 이후의 모든 설계가 어떤 이론 자원 위에 서 있는지를 밝히는 것이다. 제3장 이후의 모든 설계 요소가 어떤 이론에 근거하며 어디까지가 이론의 적용이고 어디부터가 본 연구의 추가인지를 추적할 수 있게 하는 것이다.

제3장 분석 틀 — 임무지향 캐스케이딩 체계

이 장의 입력은 제2장의 이론 자원이고, 처리는 이를 네 개의 분석 틀 요소로 옮기는 일이다. 6-Level 좌표계(제1절)가 임무에서 예산까지의 층위를 정하고, 혁신 가치사슬 6단계와 단계별 정책수단 적합 구간(제2절, 그림 3-1)이 가로축과 수단 요구를 정하며, 분야 분류 체계(제3절)가 두 분야의 사업을 배치하는 칸을 정하고, 중간층 정합성 검증 방법론(제4절, 그림 3-2)이 하향과 상향을 만나게 하는 절차를 정한다. 산출은 제4장 이후의 모든 분석이 공유하는 어휘와 절차이다.

제2장에서 검토한 이론 자원은 이 장에서 네 개의 분석 틀 요소로 번역된다. 임무에서 예산까지의 연결 구조를 여섯 층위로 분해하는 6-Level 캐스케이딩 좌표계(제1절), 혁신 활동의 단계를 하나의 어휘로 고정하고 단계별 정책수단 적합 구간을 정의하는 혁신 가치사슬 6단계(제2절), 두 분야의 사업을 일관되게 배치하기 위한 분야 분류 체계(제3절), 그리고 하향과 상향의 두 접근을 중간층에서 결합하는 중간층 정합성 검증 방법론(제4절)이 그것이다. 제1절과 제2절과 제4절은 연구 착수 시점에 설계되어 제4장 이후의 모든 분석에 적용되었고, 제2절의 경계 규칙과 제3절의 분류 체계는 제8장의 전문가 자문을 거치면서 일부 개정되었다. 개정 사항은 해당 항에 명시하였다.

제1절 6-Level 캐스케이딩 좌표계

1. 층위 정의와 본 연구 대응

본 연구는 임무에서 예산까지의 연결 구조를 여섯 개 층위로 분해한 6-Level 캐스케이딩 좌표계를 분석의 공간 축으로 사용한다. 각 층위의 정의와 본 연구에서의 대응물은 표 3-1과 같다.

〈표 3-1〉 6-Level 캐스케이딩 좌표계의 층위 정의와 본 연구 대응

층위	명칭	정의	본 연구에서의 대응	다루는 장
L1	최상위 도전과제	최상위 도전과제와 그 법적, 계획적 근거	법령 10종과 법정계획 10종(탄소중립, 에너지, 과학기술, 분야별 기본계획)	제4장

층위	명칭	정의	본 연구에서의 대응	다루는 장
L2	임무(Mission)	도전과제를 달성하기 위한 방향이 명확하고 기한과 측정 가능성을 갖는 목표	3대 임무 축: 에너지 수급 안보(M1), 무탄소에너지 전환(M2), 산업적 성과창출(M3)과 횡단 기반(G)	제4장, 제9장
L3	임무영역 (Mission Areas)	임무를 구체적 활동 공간으로 분해한 단위	임무 × 분야 가치사슬 × 혁신 가치사슬 단계의 매칭 셀	제5장, 제9장
L4	포트폴리오 (Portfolio)	임무영역을 달성하기 위한 사업의 묶음	L3 셀의 상향 집계로 정의되는 사업군	제5장, 제9장
L5	정책수단 (Instruments)	포트폴리오를 실행하는 수단	세부사업, 단위사업 층위의 Technology-push, Demand-pull, 거버넌스 수단	제5장
L6	활동과 예산 (Activities)	정책수단이 실제 재정 자원으로 번역되는 최하위 층위	내역사업 단위의 예산 집행	제6장 ~ 제9장

2. 학술 근거 매핑

이 좌표계는 학술 표준 프레임 위에 놓여 있으며, 층위마다 근거가 되는 원전의 핵심 개념은 표 3-2와 같다. L1과 L2의 관계는 Mazzucato(2018)의 3층 구조에서 최상위 도전과제와 임무의 관계에 대응하며, L2 임무의 요건은 같은 문헌의 임무 선정 5기준(대담하고 사회적 관련성이 넓을 것, 방향이 명확하고 측정 가능하며 기한이 있을 것, 야심적이되 현실적인 연구혁신 활동일 것, 분야와 부문과 행위자를 횡단할 것, 복수의 상향식 해법을 허용할 것)과 Larrue(2021)의 전략적 방향 차원의 설계원칙(정당성, 방향성, 의도성, 유연성)을 따른다. L3 임무영역은 임무를 혁신 단계와 교차시켜 구체적 활동 공간으로 분해하는 층위로, 문제-해법 공간의 진단(Wanzenböck 외, 2020)이 결합되는 지점이다. L4 포트폴리오는 Mazzucato(2018)의 포트폴리오 접근과 Larrue(2021)의 정책 조정 차원(수평성, 수직성, 강도, 신규성)에 대응하며, 포트폴리오의 적합도를 임무와 과제와 수단의 세 요소로 관리한다는 OECD(2025b)의 프레임워크가 이를 보강한다. L5 정책수단 층위는 Larrue(2021)의 정책 실행 차원(정책믹스 일관성, 재원 조달 가능성, 평가 가능성, 성찰성)과 Technology-push, Demand-pull 수단의 혼합 요건, 그리고 Wanzenböck 외(2020)의 세 정책 경로에 대응한다. L6은 정책수단이 실제 재정 자원으로 번역되는 최하위 층위로서, 세 프레임워크 어느 것도 명시적으로 다루지 않은 예산 층위를 본 연구가 추가한 것이다. 이 층위의 단계별 관문 운용은 Mazzucato(2018)의 단계별 자금 배분 원리를 따르며, 본 연구 예산 데이터의 기본 단위인 내역사업이 여기에 위치한다.

〈표 3-2〉 캐스케이딩 층위별 학술 근거

층위	직접 근거	원전의 핵심 개념	보강 근거
L1 최상위 도전과제	Mazzucato(2018) 3층 구조의 1층	지속가능발전목표와 연계된 거시적 사회문제	OECD(2024a)의 넷제로 임무 유형
L2 임무	Mazzucato(2018) 임무 선정 5기준, Larrue(2021) 전략적 방향 차원	대담성, 명확한 방향과 기한, 현실성, 횡단성, 복수의 상향식 해법 / 정당성, 방향성, 의도성, 유연성	OECD(2026b)의 임무 정의 갱신
L3 임무영역	Wanzenböck 외(2020) 문제-해법 사분면	가치사슬 × 혁신 단계 매트릭스와 기술군별 사분면 진단	Mazzucato(2018)의 임무 프로젝트 층
L4 포트폴리오	Mazzucato(2018) 포트폴리오 접근, Larrue(2021) 정책 조정 차원	복수 경로의 포트폴리오 / 수평성, 수직성, 강도, 신규성	OECD(2025b) 포트폴리오 관리 3요소(임무, 과제, 수단)
L5 정책수단	Larrue(2021) 정책 실행 차원과 수단 혼합 요건, Wanzenböck 외(2020) 3개 경로	Technology-push와 Demand-pull의 혼합 / 정책믹스 일관성, 재원 조달 가능성, 평가 가능성, 성찰성 / 문제주도, 해법주도, 혼합 경로	Mowery, Rosenberg(1979), OECD(2026a) 정책 포트폴리오 확대 권고
L6 활동과 예산	Mazzucato(2018) 단계별 관문 자금 배분	중간 이정표 달성에 따른 순차적 자금 배분	본 연구의 추가(내역사업 단위 예산 매핑), OECD(2024c) 포트폴리오 효과 차원

3. 층위 간 연결의 작위성 차단 원칙

좌표계 운용에서 본 연구가 특별히 규율하는 것은 층위 간 연결의 작위성이다. 임무 체계를 먼저 그려 놓고 사업을 사후적으로 끼워 넣는 방식은 임무-예산 연결을 명목화할 위험이 크다. 이를 차단하기 위하여 본 연구는 두 가지 원칙을 채택한다. 첫째, L4 포트폴리오는 연구진이 임의로 묶는 것이 아니라 L3 셀의 상향 집계 결과로만 정의한다. 둘째, L5 수단과 L6 사업은 L3 셀에 일대일 또는 일대다로 역추적이 가능하도록 식별 체계를 유지하여, 어떤 예산 항목이 어떤 임무영역에 근거해 그 자리에 있는지를 항상 확인할 수 있게 한다. 이 두 원칙은 제4절에서 기술하는 중간층 정합성 검증 절차와 결합되어, 캐스케이딩이 선언적 도식이 아니라 검증 가능한 데이터 구조가 되도록 한다. 실제로 제5장의 하향 설계는 하위임무마다 식별번호를 부여하고 포트폴리오를 셀의 집합으로 정의하였으며, 제9장의 대조는 그 식별번호와 행 단위 태깅표를 셀 단위로 겹쳐 수행되었다.

제2절 혁신 가치사슬 6단계

1. 단계 정의와 산출물

캐스케이딩 좌표계의 세로축이 임무의 위계라면 가로축은 혁신의 단계이다. 본 연구는 혁신 활동의 단계를 연구(Research, R), 개발(Development, D), 실증(Validation, V), 양산(Production, P), 보급(Deployment, Dep), 운영(Operation, Op)의 여섯 단계로 정의하고, 이를 혁신 가치사슬(혁신 VC) 6단계로 부른다(표 3-3). 단계 정의를 고정하는 이유는 실용적이다. 분야와 부처마다 "실증", "상용화", "보급"과 같은 용어가 다른 의미로 쓰이는 상황에서, 수백 건의 내역사업을 일관되게 분류하려면 단계의 명칭, 정의, 경계가 하나의 어휘로 통일되어 있어야 하기 때문이다. 6단계는 세 프레임워크가 공유하는 요건, 곧 임무중심혁신정책이 연구에서 실증과 시장 보급에 이르는 혁신 주기의 여러 단계에 걸친다는 요건(Larrue, 2021)을 분류 가능한 어휘로 고정한 것이다.

〈표 3-3〉 혁신 가치사슬 6단계의 정의

단계	약자	핵심 활동	주된 수행 주체와 환경	주된 산출물	본질적 불확실성
연구	R	기초, 응용 연구와 원리 탐구, 개념증명	대학과 연구기관, 실험실	논문, 원천 특허, 개념증명	과학적 타당성(작동하는가)
개발	D	실험적 개발, 시제품 제작과 실험실 검증	연구기관과 기업 연구소, 실험실과 모의 환경	시제품, 기술명세	기술적 타당성(시제품으로 확장되는가)
실증	V	관련 환경 또는 운영 환경에서의 시스템 검증	연구기관과 기업 컨소시엄, 파일럿 플랜트와 실증 단지	실증 데이터, 인증 준비 자료	실증 타당성(실험실 밖에서 작동하는가)
양산	P	초도 상용 설비(FOAK) 구축, 양산성 검증	기업 주도(국가 R&D 범위 밖의 민간 영역, 분석에서는 참고 단계), 정부의 초기 시장 보장	FOAK 설비, 공정 표준, 첫 상용 계약	양산 타당성(반복 생산이 경제적인가)
보급	Dep	반복 양산 설비(NOAK)에 기반한 상용 보급과 시장 확산	기업 주도, 정부의 보급 유인과 규제	상용 매출, 시장 점유, 보급 누적량	시장 타당성(임계 수요와 인프라가 형성되는가)
운영	Op	안정 운영, 유지, 점진적 개선, 사후 처리(해체, 폐기)	운영사업자, 규제기관, 해체와 폐기 전문기관	운영 데이터, 정비 기록, 사후 관리 결과	운영 지속가능성(장기 안전과 경제성이 유지되는가)

각 단계는 활동의 성격과 불확실성의 종류로 구별된다. 연구(R) 단계는 새로운 과학적 지식과 원리를 탐구하거나 특정 문제 해결에 지식을 적용하는 활동으로, 대학과 연구기관이 실험실 환경에서 수행하며 "과연 작동하는가"라는 과학적 타당성이 핵심 불확실성이다. 개발(D) 단계는 확립된 원리를 토대로 시제품을 제작하고 실험실 환경에서 기술적 가능성을 검증하는 실험적 개발이다. 실증(V) 단계는 시제품과 시스템을 실제에 준하는 관련 환경 또는 운영 환경에서 시험하여 성능, 신뢰성, 안전성을 검증하는 활동으로, 파일럿 플랜트와 실증 단지가 대표적 환경이다. 양산(P) 단계는 실증을 통과한 기술을 상업적 규모에서 처음으로 생산, 구축(FOAK)하여 양산성과 경제성, 공정 표준을 확립하는 활동이며, 이때부터 수행 주체의 중심이 기업으로 이동한다. 국가연구개발사업을 분석 범위로 하는 본 연구에서 양산 단계는 민간이 담당하므로 실제 사업이 배치되지 않는 것이 정상이며, 이 단계는 실증 성과가 민간으로 이관되는 접점을 표시하는 참고 단계로 운용한다. 보급(Dep) 단계는 초도 설비 이후의 양산 능력을 토대로 상용 시장에 확산하여 임계 점유율을 확보하는 활동이고, 운영(Op) 단계는 보급된 시스템을 안정적으로 운영, 유지하면서 점진적 개선과 해체, 폐기 등 사후 처리를 수행하는 활동이다. 연구와 개발의 정의는 연구개발 활동의 국제 정의(OECD, 2015)의 기초연구, 응용연구, 실험적 개발 구분을 따른다.

2. TRL 대응과 한계

이 6단계는 국제적으로 통용되는 기술성숙도(TRL) 9레벨과 표 3-4와 같이 대응한다(European Commission, 2014). 연구 단계는 TRL 1 ~ 3, 개발 단계는 TRL 3 ~ 5, 실증 단계는 TRL 5 ~ 7, 양산 단계는 TRL 8, 보급과 운영 단계는 TRL 9에 해당한다. TRL 3, 5는 인접 단계의 경계에 걸쳐 있어 분야 관행에 따라 달리 해석되므로, 본 연구는 다음 항의 경계 규칙과 제4항의 분야별 운용 정의로 판정을 보완한다.

〈표 3-4〉 혁신 가치사슬 6단계와 기술성숙도의 대응

혁신 가치사슬 단계	TRL	TRL 정의 요약
R	1	기본 원리의 관찰과 보고
R	2	기술 개념과 응용 가능성의 확립
R ~ D	3	실험적, 해석적 개념 증명
D	4	실험실 환경에서의 구성품 검증
D ~ V	5	관련 환경에서의 구성품 검증
V	6	관련 환경에서의 시스템 또는 모형 시연
V	7	운영 환경에서의 시스템 시제품 시연
P	8	시스템 완성과 자격 인증
Dep, Op	9	운영 환경에서의 실제 시스템 입증과 운영

다만 TRL은 단일 기술 단위의 성숙도 측도로 고안된 것이어서 시스템과 포트폴리오 수준의 분석에는 통합성숙도, 제조성숙도, 상용화성숙도 등의 보조 지표가 필요하다는 학술적 지적이 있다. 본 연구는 TRL을 1차 좌표로 채택하되 이러한 한계를 감안하여 양산 단계의 제조성숙도와 보급 단계의 상용화성숙도를 보조 표기로 두고, 분야별 운용 정의를 별도로 두었다. 아울러 TRL은 기술의 성숙도이지 사업의 성격이 아니므로, 태깅에서는 TRL의 추정치가 아니라 사업 목적 원문이 기술하는 활동의 성격을 판정 근거로 삼는다(제7장 제1절).

3. 단계 경계 판정 규칙

단계 분류의 실무에서 결정적인 것은 경계 규칙이다. 본 연구는 착수 시점에 세 경계(연구와 개발, 실증과 양산, 보급과 운영)의 규칙과 공통 단서를 정의하였고, 제8장의 전문가 자문에서 확인된 한계에 따라 양산 판정 기준과 연구, 개발 판정의 보조 기준을 개정하였다. 개정 전후의 규칙은 표 3-5와 같다.

〈표 3-5〉 단계 경계 판정 규칙과 자문 후 개정 사항

경계	착수 시점의 규칙	자문 후 개정(제8장 제6절)
연구와 개발	연구는 원리와 개념증명 수준으로 공인 외부 시험기관의 시험을 실시하지 않는 활동, 개발은 시제품과 실험실 환경 구성품 검증으로 공인 외부 시험기관의 시험이 시작되는 활동	보조 기준 추가 : 사업계획서의 목표와 산출물에 구체적 시제품, 공정, 코드의 개발과 자체 성능검증이 명시되면 개발로 판정. 사업명 기반 판정의 한계를 보완하기 위해 사업의 목표와 산출물, 시제품 제작과 성능검증 여부를 판정 근거로 승격
실증과 양산	상업 운영을 목적으로 한 첫 설비인지, 양산 공정과 표준화 데이터 수집이 주된 목표인지, 사업 주체가 정부와 연구기관에서 기업으로 이전되는지의 세 조건 중 두 개 이상을 충족하면 양산	초도 상용 설비(FOAK)와 반복 양산(NOAK)을 구분하여 재서술 : 양산 단계는 초도 상용 설비의 구축과 양산성 검증에 한정하고 반복 양산은 보급 단계로 귀속. 진입 기준 명시: 실증을 통한 기술 검증이 완료되어 기술규격이 정의되고 표준화가 진행되며 생산시설 구축에 진입한 경우를 양산으로 봄. 세 조건 규칙은 유지. 국가연구개발사업 분석에서 양산은 민간 영역의 참고 단계로 운용
보급과 운영	보급은 신규 보급과 확산 활동(보조금과 유인 시장), 운영은 보급 이후의 운영과 유지와 해체 활동. 동일 설비라도 건설과 도입 시점까지는 보급, 가동 이후는 운영	변경 없음. 원자력 처분시설 건설(보급)과 관리기관 운영(운영)의 사례로 검증

경계	착수 시점의 규칙	자문 후 개정(제8장 제6절)
공통 단서	단계는 설비가 아니라 활동 단위로 분류하며, 내역사업 단위로 단일 단계를 부여한다. 하나의 내역사업 안에 복수 단계의 활동이 섞여 있으면 지배적 활동을 기준으로 분류하고, 경계가 모호한 사례에는 플래그를 붙여 후속 검증 대상으로 관리한다	지배활동 기준과 플래그 방식은 자문에서 타당성이 확인됨. 기관 전체 경비를 단일 단계에 부여하는 기관 단위 태깅은 경비 내역의 분리 가능성을 확인하되 불가능한 경우 잠정 태깅임을 명시. 교육훈련과 인적 기반 조성을 주 목적으로 하는 인력양성 활동은 비VC(인프라)에 포함함을 분류 정의에 명시

경계 규칙의 개정은 태깅 결과의 수치를 바꾸지 않았다. 양산 판정 기준의 재서술은 양산 단계에 배정된 사업이 없다는 발견이 기준 미비에 따른 분류상의 결과가 아니라 국가 R&D와 민간의 역할 구분을 반영한 실제 구조임을 확인하는 검증을 거친 것이고(제8장 제5절), 연구와 개발의 보조 기준은 자문에서 개발로 이동한 8행의 판정 논리를 규칙으로 명문화한 것이다(제8장 제4절). 규칙의 개정 이력은 부록 A의 정의서에 반영하였다.

4. 분야별 운용 정의

경계 규칙이 분야를 가리지 않는 공통 규칙이라면, 분야별 운용 정의는 각 분야에서 어떤 활동이 어느 단계에 해당하는지를 예시하여 태깅의 판정을 돕는 것이다. 수소와 원자력 대형, SMR, 기타의 네 분류에 대한 운용 정의는 표 3-6과 같다. 이 정의는 태깅 이전에 예시로 작성된 것이며, 판정의 근거는 어디까지나 사업 목적 원문이다. 제5장의 하향 설계에서 계획 단계 설계에 없던 양산과 운영 단계의 셀을 신설할 때에도 이 운용 정의를 따랐다.

〈표 3-6〉 분야별 혁신 가치사슬 단계의 운용 정의(예시)

단계	수소	원자력 대형	원자력 SMR	원자력 기타
R	수전해 촉매와 소재 원천연구, 청록수소 열분해 원리 연구, 미래 수소 원천기술	대형 경수로 후속 노형의 원리 연구, 사용후핵연료 처리 원천기술	SMR 노심, 피동안전, 소재 원천연구, 고온가스로와 고속로와 용융염원자로의 원리와 소재 연구	신형 연구로와 동위원소 생산법 연구, 기초연구, 규제 기반기술
D	수전해 스택 시제품, 액화수소 저장용기 시제품, 연료전지와 수소터빈 핵심기술	대형 후속 노형 구성품 시제품, 가동원전 안전 혁신기술, 해체 선도기술	SMR 노심 구성품과 열교환기 시제품, 표준설계, 혁신 제조기술, 고온가스로 구성품 시제품, 초소형 원자로 전원 시스템	수출용 연구로 구성품 시제품, 동위원소 생산 표적 시제품

단계	수소	원자력 대형	원자력 SMR	원자력 기타
V	MW급 수전해 실증, 액화수소 인수기지 파일럿, 수소터빈 시험연구센터, 수소환원제철 실증	사용후핵연료 저장과 처분 안전성 실증, 해체 실증 기반	인허가 실증, 통합 실증, 시범연료봉 노내 조사	수출용 신형 연구로 실증, 의료용 동위원소 생산 실증
P (참고, 민간 영역)	GW급 수전해 초도 설비, 한국형 수소환원제철 초도 설비	대형 후속 노형 초도 설비	SMR 초도 상용 설비(상용 1호기), 모듈 양산 공정	동위원소 상용 생산설비
Dep	수소충전소와 수소도시 보급, 청정수소 발전 의무화와 인증, 생산기지 구축	신규 호기 건설과 계속운전 허가, 처분시설 건설, 수출 기반 구축	SMR 상용 보급, 산업열과 수소와 담수화와 분산전원 용도, 선진원자로 수출 기반	동위원소와 방사선 이용 시장 보급, 유망기업 육성
Op	수소충전소 운영과 안전관리, 노후 수소설비 교체	계속운전과 정비, 연료주기와 해체와 방사성폐기물 관리기관 운영	SMR 운영, 연료교체, 해체	연구로와 가속기의 운영과 유지, 감시기 운영

5. 단계별 정책수단 적합 구간

혁신 단계의 구분이 분석적으로 의미를 갖는 것은 단계마다 적합한 정책수단의 구성이 다르기 때문이다. 본 연구는 정책수단을 표 3-7의 세 축으로 대분류한다. 기술 공급 측면에서 지식, 시제품, 실증 결과의 축적을 촉진하는 Technology-push 수단, 수요와 시장 형성을 촉진하여 보급과 확산을 유도하는 Demand-pull 수단, 그리고 두 축의 조정과 제약을 통해 방향성, 안전성, 형평성을 확보하는 거버넌스, 표준, 규제 수단이 그것이다. 앞의 두 축의 구분은 기술 공급과 시장 수요 가운데 어느 쪽이 혁신을 이끄는가를 둘러싼 고전적 논쟁(Mowery, Rosenberg, 1979)에서 비롯하며 임무중심혁신정책의 정의에 수단 혼합의 요건으로 명시되어 있고(Larrue, 2021), 셋째 축은 임무 거버넌스의 설계원칙(Larrue, 2021; OECD, 2024b; 2025a)에서 온다.

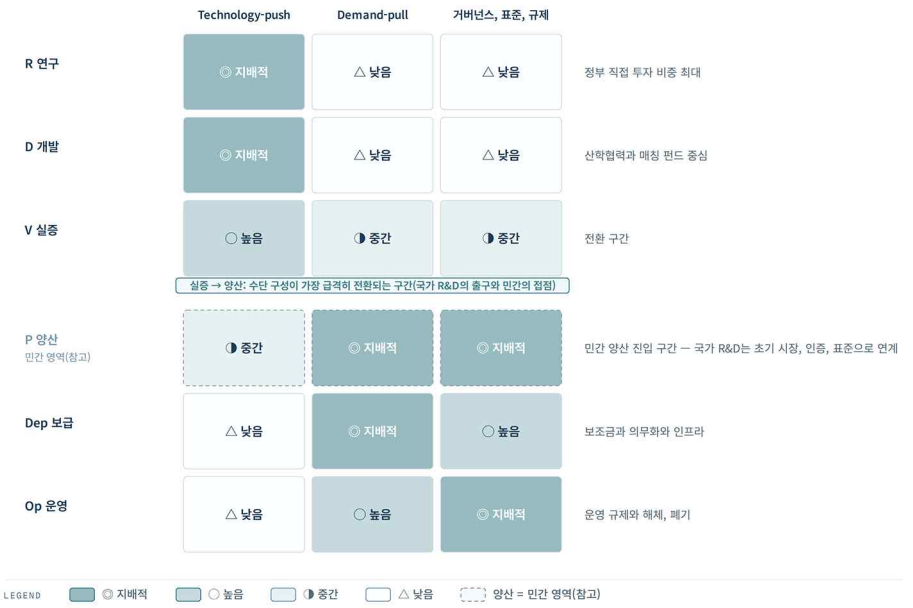
〈표 3-7〉 정책수단 3축의 정의와 대표 수단

축	정의	대표 수단	학술 근거
Technology-push	기술 공급 측면에서 지식, 시제품, 실증 결과의 축적을 촉진하는 수단	기초와 응용 연구비, R&D 보조금, 인력양성, 연구장비와 인프라, 기술이전과 사업화 지원	Mowery, Rosenberg(1979), OECD(2015)

축	정의	대표 수단	학술 근거
Demand-pull	수요와 시장 형성을 촉진하여 기술의 보급과 확산을 유도하는 수단	정부조달, 세액공제, 소비자 보조금, 가격 보장(발전차액, 차액계약), 의무화와 할당제, 인증과 표준	Mowery, Rosenberg(1979), OECD(2026a)
거버넌스, 표준, 규제	Technology-push와 Demand-pull의 조정 또는 제약을 통해 방향성, 안전성, 형평성을 확보하는 수단	안전과 환경 규제, 인허가, 위험관리 제도, 표준과 인증 체계, 단계별 관문, 부처 간 협의체	Larrue(2021), OECD(2024b), OECD(2025a)

단계별 적합 구간은 표 3-8과 같다. 이 매트릭스가 보여주는 핵심은 실증(V)에서 양산(P)으로 넘어가는 구간이 정책수단의 구성이 가장 급격히 전환되는 지점이라는 사실이다. 연구와 개발 단계에서는 Technology-push가 지배적이지만, 양산과 보급 단계에서는 Demand-pull과 거버넌스 수단이 지배적 위치로 올라선다. 어느 단계에서든 지배적 수단이 유일한 수단이라는 의미는 아니며, 단계마다 수단의 조합이 필요하다는 것이 최근 문헌의 일관된 권고이다(OECD, 2026b). 이 매트릭스는 제5장에서 임무영역(L3) 셀이 본질적으로 어떤 수단을 요구하는지를 도출하는 1차 근거이자, 제9장의 격차 진단에서 하향 가설로 사용된다.

〈그림 3-1〉 혁신 가치사슬 6단계와 정책수단 3축의 적합 구간



〈표 3-8〉 혁신 가치사슬 단계별 정책수단 적합 구간

단계	Technology-push	Demand-pull	거버넌스, 표준, 규제	비고
R	◎ 지배적	△ 낮음	△ 낮음(연구 윤리)	정부 직접 투자 비중 최대
D	◎ 지배적	△ 낮음	△ 낮음(지식재산, 기술이전 규칙)	산학협력과 매칭 펀드 중심
V	○ 높음	◑ 증가	◑ 증가(실증 인허가, 표준 준비)	전환 구간
P	◑ 중간	◎ 지배적	◎ 지배적(초기 시장, 인증, 안전)	민간 양산 진입 구간 — 국가 R&D는 초기 시장 보장, 인증, 표준으로 연계
Dep	△ 낮음	◎ 지배적	○ 높음(보조, 의무화, 인프라)	보조금과 의무화와 인프라
Op	△ 낮음(점진 개선)	○ 유지보수 시장	◎ 지배적(운영 규제, 사후 관리)	운영 규제와 해체, 폐기

표기는 ◎ 지배적, ○ 높음, ◑ 중간, △ 낮음이다. 제2장 제6절에서 정리한 기술군별 정책 경로는 이 매트릭스 위에 경로별 수단 비중의 잠정 기준치를 더한 것으로, 수소와 SMR처럼 해법주도 경로에 있는 기술군은 실증 이후 Demand-pull의 비중이 조기에 커져야 하고, 대형 원자력처럼 정렬 인접 경로에 있는 기술군은 거버넌스와 규제 수단의 비중이 크다는 함의를 갖는다.

제3절 분야 분류 체계

혁신 가치사슬 6단계가 분석의 가로축이라면 분야 분류는 두 분야의 사업을 임무영역에 배치하는 세로축의 하위 구조이다. 착수 협의에서 원자력을 대형, SMR, 기타의 3분류로 다루기로 한 결정(제1장 제2절)에 따라 원자력의 분류를 정의하였고, 수소는 가치사슬에 따른 생산, 저장운송, 활용의 3분류에 횡단 기반을 더하였다. 아울러 두 분야에 공통으로, 기술 혁신 활동이 아니어서 6단계 어디에도 배정할 수 없는 예산을 비VC로 분리하는 세 유형을 정의하였다. 이 절의 분류는 제5장 하향 설계의 임무영역 행을 구성하고, 제7장 이후의 태깅에서 모든 행에 부여되며, 제9장의 대조에서 가치사슬 × 단계 격자의 축이 된다.

1. 원자력 3분류의 정의와 경계

원자력 3분류의 정의와 하위 영역, 경계 처리는 표 3-9와 같다. 대형은 가동 중인 대형 경수로의 계속운전과 안전, 대형 경수로 후속 노형, 그리고 연료주기와 해체와 방사성폐기물의 후행주기 세 하위 영역으로 구성된다. SMR은 노형 개발, 상용화 실증과 공급망, 용도 개척의 세 하위 영역으로 구성되며, 혁신형 SMR과 함께 모듈형 고온가스로와 소듐냉각고속로, 해양용을 포함한 소형 용융염원자로, 초소형 원자로를 포괄한다. 기타는 두 분류에 속하지 않는 모든 활동으로, 연구로와 동위원소, 기초연구와 중성자 활용, 규제와 통제 연구, 국제협력, 기관 운영과 인프라, 인력양성이 여기에 속한다.

〈표 3-9〉 원자력 3분류의 정의와 하위 영역, 경계 처리

분류	정의	하위 영역과 대표 활동	경계 처리
대형	대형 경수로와 그 후행주기, 대형 경수로 후속 노형에 관한 활동	계속운전(가동원전 안전성 향상, 재료열화 대응) / 차세대 대형(대형 경수로 후속 노형, 2026년 본예산에 해당 국가 R&D 사업 없음) / 연료주기, 해체, 방폐(사용후핵연료 저장과 처분 안전성, 처리와 발생량 저감, 처분시설 건설, 관리기관 운영, 원전해체 기술)	고온가스로와 소듐냉각고속로는 현재 추진 중인 사업이 모두 모듈형 소형 노형이므로 SMR에 배치(최종보고서 서면자문에 따른 정정). 다부처 분담 사업의 상대 부처 분은 같은 분류
SMR	소형모듈원자로와 소형 노형의 개발, 상용화, 용도 개척에 관한 활동	노형 개발(혁신형 SMR 표준설계, 혁신기술, 혁신제조, 디지털 검증과 운영, 민관합작 고온가스로와 정책센터, 선진원자로(고속로), 차세대 핵연료 시범연료봉, 초소형	모듈형 고온가스로와 고속로와 용융염원자로를 포함한 소형 노형은 규모와 용도를 기준으로 SMR에 배치. 해양용 용융염원자로 4행과 그 사업단 운영비, 용융염원자로 해양

분류	정의	하위 영역과 대표 활동	경계 처리
		히트파이프 원자로 전원) / 상용화 실증과 공급망(인허가 실증, 실증호기, 공장 제작 공급망, 선진원자로 수출 기반) / 용도 개척(산업열, 수소, 담수화, 분산전원, 선박 탑재)	적용은 자문에서 기타 또는 대형에서 SMR로 이동 확정. 고온가스로와 고속로 관련 4행과 히트파이프 전원 1행은 최종보고서 서면자문에 따라 대형과 기타에서 SMR로, SMR 사용후핵연료 저감 1행은 대형 연료주기로 정정. 규제 연구는 규제 대상 노형을 기준으로 하여 소형모듈원자로와 중소형원자로 규제검증은 SMR에 배치
기타	대형과 SMR에 속하지 않는 활동 전부	연구로와 동위원소(수출용 신형 연구로, 동위원소 상용화, 연구로 플랫폼, 동위원소전지) / 기초연구와 중성자 활용 / 규제와 통제 연구(안전규제 기초 기반, 원자력통제, 주변국 대응, 해양 핵종 분석) / 국제협력과 협정 이행 / 기관 운영과 인프라(연구단지, 시설과 장비, 기본경비) / 인력양성	별도의 임무영역을 두지 않으며(제5장 제3절), 동위원소 상용 생산과 방사선 이용 시장처럼 산업적 성과창출과 직접 연결되는 활동은 임무 태깅에서 M3로 판정. 사업단 운영비는 모사업의 분류를 따름

경계 처리에서 판정이 갈린 사례는 세 가지였다. 첫째, 노형의 규모와 용도이다. 계획 단계의 설계는 초고온가스로와 소듐냉각고속로를 차세대원전에 두었고 3분류 재편 당시에는 수소 생산과 연계되는 노형을 차세대 대형에 두었으나, 현재 추진 중인 고온가스로와 고속로 사업은 모두 모듈형 소형 노형이므로 최종보고서 서면자문(2026.10)에 따라 SMR에 배치하도록 정정하고 차세대 대형은 대형 경수로 후속 노형에 한정하였다(제5장 제3절). 해양용 용융염원자로 관련 5행과 해양수산부의 용융염원자로 해양 적용 1행은 1차 태깅에서 기타와 대형으로 분류되었다가 자문에서 만장일치로 SMR 이동이 확정되었다(제8장 제4절). 둘째, 규제 연구의 위치이다. 규제기술도 혁신의 대상이라는 자문 결정에 따라 규제 연구는 비VC가 아니라 기술 단계에 두며, 3분류는 규제 대상을 기준으로 하여 소형모듈원자로 규제검증 2행은 SMR에, 일반 안전규제 기반기술은 기타에 배치하였다. 셋째, 전문인력양성이다. 1차 태깅에서 연구 단계에 두었던 전문인력양성은 교육훈련과 인적 기반 조성이 주 목적이라는 자문 다수 의견에 따라 비VC의 인프라 유형으로 이동하였고, 인력양성 활동이 비VC에 포함됨을 분류 정의에 명시하였다. 3분류 이동의 결과 SMR 분류는 9행에서 17행으로 확대되었으며, 이동 행이 전부 연구와 개발 단계여서 SMR이 아직 실증 단계에 진입하지 않았다는 진단은 오히려 강화되었다. 여기에 서면자문에 따른

정정으로 고온가스로와 고속로 관련 4행(민관합작 차세대 원자로와 정책센터, 선진원자로 수출 기반, 차세대 핵연료 시범연료봉)과 초소형 히트파이프 전원 1행이 SMR로, SMR 사용후핵연료 발생량 저감 1행이 대형 연료주기로 옮겨져 SMR은 21행 103,431백만원이 되었다. 정정 행에 실증 1행(시범연료봉 3,702백만원)과 보급 1행(선진원자로 수출 기반 7,000백만원)이 포함되어 SMR의 실증 이상 단계가 소규모로 나타나지만, 노형 개발의 본류는 여전히 연구와 개발 단계(18행 91,729백만원, 88.7%)에 있다(제8장 제4절).

2. 수소 3분류와 횡단 기반

수소 분야는 생산, 저장운송, 활용의 가치사슬 3분류에 가치사슬을 횡단하는 기반 활동을 더한 네 범주로 구분한다(표 3-10). 생산은 수전해와 청록수소를 비롯한 청정수소 생산 기술과 생산기지, 해외 청정수소의 도입 기반, 그리고 생산된 수소의 청정성을 판정하는 청정수소 인증을 포함한다. 저장운송은 액화수소의 저장과 인수기지, 배관망과 도시가스 혼입, 튜브트레일러와 내압용기 검사, 그리고 유통과 거래와 수급 통계를 포함한다. 활용은 모빌리티(수소차, 충전소, 수소도시, 철도, 항공, 선박)와 연료전지, 수소터빈, 수소환원제철과 산업 활용, 충전소의 안전관리를 포함한다. 기반은 특정 가치사슬에 귀속되지 않는 시험평가 지원 기반, 기업 성장 지원, 국제협력, 통계와 정보, 사회적 공감대 형성, 그리고 수소와의 연관이 약한 원천연구이다.

〈표 3-10〉 수소 3분류와 횡단 기반의 정의와 경계 처리

분류	정의	대표 활동	경계 처리
생산	청정수소의 생산 기술과 생산 설비, 도입 기반	수전해 요소기술과 스택, 청록수소, 수자원과 바이오가스 기반 생산, 수소생산기지, 탄소포집형 생산기지, 해외 청정수소와 암모니아 도입 기반, 청정수소 인증	청정수소 인증은 생산된 수소의 청정성 판정이므로 생산에 귀속. 해외 도입 기반은 공급원의 확보이므로 생산에 귀속
저장운송	수소의 저장, 운송, 유통 기술과 설비	액화수소 저장탱크와 인수기지, 수소배관망과 도시가스 혼입, 냉매압축기, 튜브트레일러, 내압용기 검사소, 유통과 거래시스템, 수급 통계와 계획	수급 통계와 유통질서는 물류와 거래의 관리이므로 저장운송에 귀속
활용	수소를 사용하는 모빌리티, 발전, 산업 공정과 그 안전	수소차와 충전소, 수소도시, 수소전기동차와 항공과 선박, 연료전지, 수소터빈, 수소환원제철, 수소 혼합가스 연소, 충전소 안전관리와 품질검사	충전소는 모빌리티의 인프라이므로 활용에 귀속. 활용 분야가 특정된 기업 지원(부품 기업, 특장차 기업)은 활용에 귀속

분류	정의	대표 활동	경계 처리
기반	가치사슬을 횡단하는 기반 활동	청정수소 시험평가와 실증화 지원 기반, 수소기업 성장 지원, 국제협력과 포럼, 산업 통계와 정보포털, 사회적 공감대 형성, 인공지능 기반 미래기후 원천연구	분야 전반을 대상으로 하는 기업 지원과 통계는 기반에 귀속. 임무 태깅에서 기반 활동은 대체로 횡단 기반(G)에 귀속되나, 기업 성장 지원처럼 산업적 성과창출과 직접 연결되는 활동은 M3로 판정(제9장 제1절)

원자력 3분류가 노형과 주기를 기준으로 한 분류인 데 반해 수소 3분류는 가치사슬을 기준으로 한 분류이므로, 두 분야의 분류를 같은 표에서 대비할 때에는 이 차이를 유의해야 한다. 제5장의 하향 설계는 수소 임무영역을 가치사슬 3분류 × 6단계로, 원자력 임무영역을 3분류의 하위 영역 × 6단계로 구성하였고, 제9장의 대조는 두 분야를 각각의 분류 × 단계 격자에서 수행하였다. 두 분야를 하나의 격자에서 비교하는 것은 임무 × 단계의 격자에서만 가능하다.

3. 비VC 3유형의 정의

예산 사업 가운데에는 기술 혁신 활동이 아니라 기관 운영비, 외교와 국제협력, 제도와 통계, 시설과 장비, 진입도로, 여유자금 운용 같은 항목이 섞여 있다. 이를 억지로 6단계에 배정하면 단계별 해석이 왜곡되므로, 본 연구는 이러한 행을 비VC로 분리하고 표 3-11의 세 유형으로 구분하여 별도로 관리한다. 분리의 개념적 근거는 제2절의 정책수단 3축에 있다. 거버넌스와 인프라는 혁신 가치사슬의 단계가 아니라 단계를 가로질러 작용하는 정책수단의 축이므로, 이를 단계로 태깅하는 것은 범주의 혼동이다. 분리된 비VC의 규모 자체는 분야의 성숙도와 예산 구조를 보여 주는 보조 지표로 활용한다.

〈표 3-11〉 비VC 3유형의 정의와 기준

유형	정의	포함 항목	제외 항목(기술 단계에 배정)
N-운영	기관 인건비, 경상경비, 기본경비, 사업관리비 등 순수 운영비	규제기관과 관리기관 운영비, 전담기관 운영관리비, 기획평가관리비, 부서 기본경비	특정 기술개발 사업에 귀속된 사업단 운영비는 모사업의 단계를 따름. 기관 고유사업비처럼 연구 활동의 실체가 있는 항목은 기술 단계

유형	정의	포함 항목	제외 항목(기술 단계에 배정)
N-거버	국제협력, 외교, 통제와 이행체제, 제도와 기준, 통계, 공감대 형성 등 거버넌스 활동	국제기구 분담과 협력, 핵비확산 이행체제, 유통질서와 거래시스템, 수급 통계, 법제도와 기술기준 개발, 사회적 공감대 형성	규제기술의 연구개발은 혁신 대상이므로 기술 단계(자문 확정). 청정수소 인증은 Demand-pull 보급 수단이므로 보급 단계(자문 확정)
N-인프라	연구단지, 시설, 장비 구축, 검사소, 진입도로 같은 기반시설과 여유자금 운용, 인력양성	연구단지 조성, 시험평가장비와 검사장비 구축, 검사소 구축, 자금 예치, 전문인력양성	실증 설비의 구축은 실증 활동의 일부이므로 실증 단계. 산업단지 진입도로와 여유자금 예치는 분석 모수에서 제외(제6장 제6절)

비VC의 분리는 제8장의 자문에서 사실상 전원의 지지를 받았으며, 분류의 일관성과 분야 간 비교 가능성의 측면에서 타당하다는 평가가 있었다. 다만 두 가지 후속 처리를 두었다. 첫째, 기관 전체 경비를 단일 유형에 부여하는 기관 단위 태깅은 경비 내역의 분리 가능성을 확인하되 불가능한 경우 잠정 태깅임을 명시한다. 둘째, 임무 태깅에서 비VC 행은 어느 임무의 전용 수단도 아니므로 전부 횡단 기반(G)에 귀속하며, 임무 기여가 명확한 경우에는 부임무로 병기한다(제9장 제1절).

제4절 중간층 정합성 검증 방법론

1. 세 접근의 비교

임무에서 예산까지의 연결을 실제로 구축하는 방법에는 세 가지 접근이 있다(표 3-12). 임무를 먼저 정의하고 위에서 아래로 사업을 배치하는 하향 접근은 이론적 일관성이 강하지만, 현실의 부처와 회계 구조, 기존 사업의 관성과 어긋나면서 사업을 사후적으로 끼워 맞추는 작위성의 위험을 안는다. 반대로 내역사업 목록에서 출발하여 아래에서 위로 묶어 올라가는 상향 접근은 실집행 현실에 충실하지만, 상위 임무와의 연결이 임의적 클러스터링에 의존하게 되는 약점이 있다. 본 연구는 두 접근의 사이, 곧 사업과 단위사업이라는 중간층에서 출발하는 제3의 접근을 채택한다. 확정된 중간층 정보에 혁신 단계와 임무를 태깅한 뒤, 위로는 임무 체계와의 정합성을 검증하고 아래로는 내역사업 예산 흐름으로 추적하는 방식이다. 보고서 본문에서는 이 접근을 중간층 정합성 검증(abductive cross-validation)으로 부른다.

〈표 3-12〉 임무-예산 연결의 세 접근

접근	출발 층위	진행 방향	추론 방식	대표 문헌과 모델
하향	L1 최상위 도전과제, L2 임무	위에서 아래로	연역	Mazzucato(2018), EU Horizon Europe Missions, 초기 MOIP
상향	L6 내역사업과 활동	아래에서 위로	귀납	혁신체제의 포트폴리오 분석, 점진주의(Lindblom, 1959)
중간층	L4 포트폴리오, L5 단위사업과 사업	중간에서 양방향으로	가추	조직 지식창조론의 middle-up-down 모델(Nonaka, Takeuchi, 1995), backward mapping(Elmore, 1979)

세 접근을 열 가지 차원에서 비교하면 표 3-13과 같다. 중간층 접근은 방향성과 임무 정합성에서 하향 접근에 미치지 못하고 학술적 정당화의 용이성에서도 직접 사례가 부족하다는 약점이 있으나, 현실과 예산의 정합성, 부처와 회계 현실의 반영, 한국 R&D 행정과의 적합성, 시뮬레이션 적용에서 강점을 가지며, 양방향 검증을 통해 방향성의 약점을 보완한다.

〈표 3-13〉 세 접근의 열 가지 차원 비교

차원	하향	상향	중간층
방향성, 임무 정합성	강(이론 일관)	약(상위 연결 임의)	중상(양방향 검증)
현실, 예산 정합성	약(작위성 위험)	강(실집행 기반)	강(중간층이 의사결정 단위와 일치)
데이터 의존도	낮음(가설 우선)	매우 높음	높음(중간층 분류 데이터 필요)
임무 도출 명료성	강	약(클러스터링 임의)	중(임무영역 도출규칙의 명문화 필요)
부처, 회계 현실 반영	약	강	강
한국 R&D 행정 적합성	중하(부처 분절 미반영)	강(사업 단위 매칭)	강(단위사업, 내역사업 체계 부합)
학술 정당화 용이성	강(MOIP 문헌 직접 인용)	중(포트폴리오 분석 문헌)	중하(직접 사례 부족, 본 연구가 개척)
시뮬레이션, 시나리오 적용	강(가중치 조정 용이)	중(역집계 부담)	강(중간층이 시뮬레이션 단위)
정책 변화 추적	약(상위 변경 시 전면 재설계)	강(즉시 반영)	중상(중간층 확정 후 위아래 갱신)
작업량	중	고(전수 코딩)	고(양방향 정합성 검증)

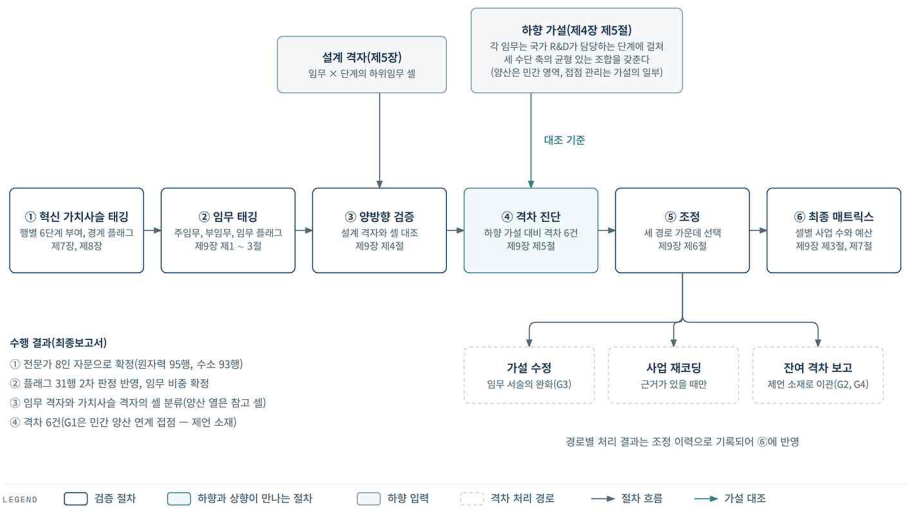
이 접근을 채택한 이유는 세 가지이다. 첫째, 한국의 예산 배분과 조정 실무의 의사결정 단위가 바로 사업과 단위사업이므로, 이 층위에서 수행된 진단은 별도의 번역 없이 실무에 연결된다. 둘째, 본 연구는 내역사업 단위까지 분해된 예산 데이터 기반을 이미 구축하였으므로(제6장) 중간층 출발점의 임의성 문제가 작다. 셋째, 부처별로 분절된 사업 구조라는 한국적 현실을 부정하지 않으면서도 임무 정합성의 검증을 포기하지 않는 균형점이 이 층위에 있다. 이는 착수 협의에서 확정된 방향, 곧 임무 도출 과정의 합리성과 논리성을 강화한다는 결정과도 직접 부합한다.

2. 6단계 절차

중간층 정합성 검증은 표 3-14의 여섯 단계 절차로 실행된다. 첫째(절차 ①), 확정된 분석 대상의 각 행에 혁신 가치사슬 6단계를 태깅한다. 둘째(절차 ②), 동일한 행에 임무(L2)를 태깅한다. 셋째(절차 ③), 양방향 검증으로서 상향 집계 결과를 임무영역(L3)으로 클러스터링하고 하향 논리와 셀 단위로 대조하며, 아래로는 내역사업 예산 흐름과 연결한다. 넷째(절차 ④), 하향 가설 — 각 임무는 혁신 전 단계에 걸쳐 Technology-push와 Demand-pull과 거버넌스 수단의 균형 있는 조합을

갖춘다 — 과 비교하여 격차를 진단한다. 다섯째(절차 ⑤), 격차 항목별로 하향 가설의 수정, 사업 분류의 재코딩, 잔여 격차의 보고 중 하나의 처리 경로를 사전 합의된 기준에 따라 선택한다. 여섯째(절차 ⑥), 임무 × 혁신 가치사슬 매트릭스에 셀별 사업 분포와 예산 가중 합계를 채운 최종 페어링 매트릭스를 산출하며, 이것이 포트폴리오 진단의 입력 데이터가 되며, 후속 연구의 정책 시뮬레이션 도구에도 같은 데이터가 입력된다.

〈그림 3-2〉 중간층 정합성 검증의 6단계 절차



〈표 3-14〉 중간층 정합성 검증의 6단계 절차와 수행 결과

절차	작업	산출	보고서 위치	수행 결과
① 가치사슬 태깅	분석 대상 각 행에 혁신 가치사슬 6단계(비VC 포함) 태깅	행별 단계 코드, 단계별 분포와 교차표	제7장, 제8장	완료 (전문가 자문으로 확정)
② 임무 태깅	동일 행에 주임무, 부임무, 임무 플래그 부여	행별 임무 코드, 확정 페어링 매트릭스	제9장 제1절 ~ 제3절	완료 (플래그 31행 2차 판정 반영)
③ 양방향 검증	위로 임무영역 클러스터링과 하향 설계 대조, 아래로 내역사업 예산 흐름 연결	하향 대조표, 셀 분류 요약	제9장 제4절	완료 (대조표와 셀 분류, 예산 흐름은 그림 9-1)
④ 격차 진단	하향 가설과 비교하여 격차 정리	격차 목록과 성격 구분	제9장 제5절	완료 (6건, 확정 결과로 갱신)

절차	작업	산출	보고서 위치	수행 결과
⑤ 조정	격차별로 가설 수정, 재코딩, 잔여 보고 중 선택	조정 방침과 이력	제9장 제6절	완료 (조정 방침, 설계 누락의 격자 갱신은 후속 연구로 기록)
⑥ 최종 매트릭스	셀별 사업 분포와 예산 가중 합계의 최종 페어링 매트릭스	최종 매트릭스, 행 단위 입력 데이터	제9장 제3절	완료 (최종 페어링 매트릭스, 행 단위 입력 데이터)

3. 학술적 정당화

방법론적으로 이 접근은 조직 지식창조론의 middle-up-down 모델(Nonaka, Takeuchi, 1995), 정책 집행의 말단에서 거꾸로 설계하는 backward mapping(Elmore, 1979), 점진주의 정책분석의 전통(Lindblom, 1959)에 연원을 둔다. 중간 관리자가 최고 경영층의 비전과 현장의 현실을 매개하며 지식을 창조한다는 middle-up-down 모델은 사업과 단위사업의 중간층이 임무의 선언과 내역사업의 현실을 매개한다는 본 연구의 구도와 상응하고, 정책의 성패가 결정되는 집행의 말단에서 출발하여 상위 결정을 역으로 설계한다는 backward mapping은 내역사업에서 임무로 올라가는 상향 검증의 정책분석적 근거가 되며, 포괄적 합리성 대신 현재 상태로부터의 점진적 비교를 옹호한 점진주의는 기존 예산 구조 위에서 진단과 개선을 도출한다는 본 연구의 방법적 원칙을 뒷받침한다. 이 접근은 또한 임무 정책 효과의 네 범주 중 포트폴리오 효과 차원(OECD, 2024c)과 정합하며, 임무 포트폴리오가 정태적으로 관리되고 있다는 OECD(2025b)의 진단에 대해 예산 층위에서의 동태적 진단 방법을 제공한다. 하향과 상향의 어느 쪽에도 서지 않고 관찰된 자료로부터 최선의 설명을 구성해 간다는 점에서 그 추론 양식은 가추(abduction)에 해당하며, 본 연구는 이를 분절적 행정 구조 아래의 MOIP 분석을 위한 가추적 정책 매핑으로 규정한다. 직접적 선행 사례가 부족하다는 약점은 제2장 제5절에서 확인한 국내 선행연구의 공백, 곧 예산 데이터에 기반한 임무-예산 정합성 분석이 국내에 없다는 사실의 이면이기도 하다.

4. 작위성 차단 장치

절차 전반에는 분류 작위성을 차단하는 장치가 내재되어 있다. 단계와 임무의 판정은 사업명이 아니라 사업 목적 원문을 우선 근거로 삼고, 경계가 모호한 사례는 무리하게 확정하지 않고 플래그로 관리하며, 모든 조정은 근거와 함께 이력으로 기록되어 어떤 셀도 근거 없이 이동하지 않도록 한다. 나아가 판정 규칙 자체와 쟁점 사례를 분야 전문가 자문에 부쳐 검증하는 절차를 두었으며, 그 실행 결과는 제8장에서 상세히 다룬다. 격차 처리의 세 경로(가설 수정, 재코딩, 잔여 보고) 가운데 무엇을 선택할지의 기준을 사전에 합의해 두는 것도 같은 장치의 하나로, 격차가 클 때 하향 가설을 사후적으로 수정하거나 사업을 임의로 재코딩하여 격차를 지우는 유혹을 차단한다.

마지막으로 보고서의 서술 구조 역시 이 방법론을 반영한다. 하향 접근은 제4장과 제5장에, 상향 접근의 데이터 기반은 제6장과 부록 F, G에, 중간층 검증은 제7장에서 제9장에 배치하는 3중 구조를 취하며, 제9장 제4절의 대조표가 하향과 상향이 만나는 지점이다. 중간층에서 출발하는 접근에 대해 “왜 이 층에서 출발하였는가”를 명시적으로 정당화하는 것이 임의성 비판을 차단하는 첫째 요건이라는 점에서, 본 절의 서술은 그 자체로 방법론의 일부이다.

제4장 상위계획 분석과 임무 도출(L1 → L2)

이 장의 법령 10건과 법정계획 10건을 근거로 한다. 법 목적과 계획의 비전과 전략 체계를 읽어 3대 임무 축과 기반(G)을 도출하고(제3절, 그림 4-1), 정합성과 형식 요건을 점검한 뒤(제4절) 임무 층위를 확정한다(제5절). 산출은 확정된 임무 진술 세 문장과 하향 가설이며, 전자는 제5장 하향 설계의 출발점이 되고 후자는 제9장 격차 진단의 대조 기준이 된다.

이 장은 캐스케이딩의 최상위 두 층위, 곧 법령과 법정계획으로 구성되는 최상위 도전과제(L1)에서 3대 임무 축(L2)을 도출하는 과정을 다룬다. 임무 도출의 근거를 법정계획 위주로 한정한 것은 연구 착수 협의(2026년 5월)의 결정이며, 임무의 정당성을 연구진의 구성물이 아니라 실정 법체계에 내재한 지향으로부터 구하겠다는 방법적 선택이다. 제1절은 법령 10종의 목적 조항과 소관과 법제 변화를, 제2절은 법정계획 10종의 비전과 전략 체계와 무탄소에너지 관련 과제를, 제3절은 법 목적과 법정계획에서 3대 임무 축을 도출하는 논리를, 제4절은 정합성 검증의 결과와 갭 처리와 임무 형식 요건의 점검을, 제5절은 임무 층위의 확정과 제9장의 격차 진단에서 검증할 하향 가설을 서술한다. 법령의 목적 조항 요지와 법정계획의 비전, 전략 발췌 전문은 부록 B에 수록하였다.

제1절 법령 체계 분석

1. 검토 대상과 방법

최상위 층위(L1)의 분석은 두 갈래로 수행하였다. 하나는 법령의 목적 조항(제1조)이 지향하는 가치의 분석이고, 다른 하나는 각 법령에 근거한 법정계획의 비전과 전략 체계의 분석이다. 법령은 에너지 부문 최상위 관련 법령 10종(중복 제외)을 대상으로 하였고, 목적 조항과 소관 부처는 국가법령정보센터의 현행 법령을 기준으로 확인하였다. 검토 시점(2026년 5월)의 정부조직 개편에 따른 소관 변동, 곧 기후에너지환경부의 신설과 에너지 기능의 이관, 산업통상자원부의 산업통상부로의 명칭 변경을 반영하였다. 애초의 검토 목록은 법령 8종과 법정계획 8종이었으나, 검토

과정에서 두 가지 공백이 확인되어 수소법과 수소경제 이행 기본계획, 전기사업법과 전력수급기본계획을 보강 추가하여 법령 10종과 법정계획 10종의 체계를 구성하였다. 전자는 무탄소에너지의 한 축인 수소의 전용 거버넌스를, 후자는 에너지 수급 안보 축의 수급 마스터플랜을 보완한다. 아울러 동일 법령이 정식 명칭과 약칭으로 중복 등재되어 있던 탄소중립기본법의 항목을 통합하였다.

2. 법령 10종의 목적 조항과 소관, 법정계획 대응

검토 대상 법령과 그 목적 조항의 요지, 소관 부처, 대응 법정계획은 표 4-1과 같다. 목적 조항의 원문 요지는 부록 B에 수록하였다.

〈표 4-1〉 법령 10종의 목적 조항 요지, 소관 부처, 대응 법정계획

법령(약칭)	목적 조항(제1조)의 요지	소관 부처	대응 법정계획
과학기술기본법	과학기술 발전의 기반 조성과 혁신으로 국가경쟁력을 강화하여 국민경제 발전, 삶의 질 향상, 인류사회 발전에 이바지	과학기술 정보통신부	제1차 국가연구개발 중장기 투자전략 (2023 ~ 2027)
기후변화대응 기술개발 촉진법	온실가스 감축과 기후변화 적응 기술의 연구기반 조성과 육성, 국제협력 증진으로 탄소중립 실현과 국민경제 발전에 이바지	과학기술 정보통신부	제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획 (2023 ~ 2032)
원자력진흥법	원자력의 연구, 개발, 생산, 이용에 관한 사항을 규정하여 학술의 진보와 산업의 진흥을 촉진함으로써 국민생활 향상과 복지 증진에 이바지	과학기술 정보통신부	제6차 원자력진흥종합계획 (2022 ~ 2026)
탄소중립기본법	온실가스 감축과 기후위기 적응 대책의 강화, 탄소중립 이행 과정의 불평등 해소, 녹색기술과 녹색산업의 육성으로 경제와 환경의 조화로운 발전을 도모하고 국민의 환경권을 보장	기후에너지 환경부	탄소중립 녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획
에너지법	안정적이고 효율적이며 환경친화적인 에너지 수급 구조를 실현하기 위한 에너지정책과 계획의 기본 사항을 정하여 국민경제의 지속가능한 발전과 국민 복리 향상에 이바지	기후에너지 환경부	제5차 에너지기술개발계획 (2024 ~ 2033)
신재생에너지법	신에너지와 재생에너지의 기술개발, 이용, 보급 촉진과 산업 활성화로 에너지원 다양화, 안정적 공급, 환경친화적 전환, 온실가스 감소를 추진하여 환경 보전과 국가경제 발전과 국민복지 증진에 이바지	기후에너지 환경부	제5차 신재생에너지 기본계획 (2020 ~ 2034)

법령(약칭)	목적 조항(제1조)의 요지	소관 부처	대응 법정계획
수소법	수소경제 이행 촉진의 기반 조성과 수소산업의 체계적 육성, 수소 안전관리에 관한 사항을 정하여 국민경제 발전과 공공의 안전 확보에 이바지	기후에너지 환경부	수소경제 이행 기본계획
전기사업법	전기사업의 기본제도를 확립하고 경쟁과 신기술, 신사업의 도입을 촉진하여 전기사업의 건전한 발전과 전기사용자의 이익 보호로 국민경제 발전에 이바지	기후에너지 환경부	전력수급기본계획 (전기사업법 제25조)
산업기술혁신촉진법	산업기술혁신의 촉진과 기반 조성으로 산업경쟁력을 강화하고 국가 혁신역량을 높여 국민경제의 지속적 발전과 삶의 질 향상에 이바지	산업통상부	제8차 산업기술혁신계획 (2024 ~ 2028)
원자력안전법	원자력의 연구, 개발, 생산, 이용 등에 따른 안전관리에 관한 사항을 규정하여 방사선 재해의 방지와 공공의 안전을 도모	원자력 안전위원회	제3차 원자력안전종합계획 (2022 ~ 2026)

이 체계의 구조적 특징은 세 가지로 정리된다. 첫째, 과학기술정보통신부 소관의 연구개발 계열(과학기술기본법, 기후변화대응 기술개발 촉진법, 원자력진흥법)과 기후에너지환경부 소관의 에너지와 기후 계열(탄소중립기본법, 에너지법, 신재생에너지법, 수소법, 전기사업법)이 병렬로 놓여 있고, 산업통상부 소관의 산업기술 계열(산업기술혁신촉진법)과 원자력안전위원회 소관의 안전 규제 계열(원자력안전법)이 이를 보완한다. 무탄소에너지 임무는 어느 한 부처의 법체계만으로는 포괄되지 않으며, 이 사실은 뒤에서 확인할 예산의 부처 간 분포(제6장)와 임무 정책의 STI 함정(제2장 제3절)을 해석하는 출발점이 된다. 둘째, 원자력은 진흥(원자력진흥법)과 안전(원자력안전법)의 이원 법제로 구성되어 진흥과 규제가 제도적으로 분리되어 있다. 셋째, 수소는 수소법이라는 전용 법제와 전용 법정계획을 갖추고 있어 상대적으로 늦게 형성된 분야임에도 거버넌스의 형식적 완결성이 높다.

3. 법제 변화 동향

검토 시점 이후의 법제 변화도 확인하였다(표 4-2). 가장 직접적인 변화는 신재생에너지법의 개정이다. 2026년 3월 17일 공포되어 같은 해 9월 18일 시행되는 개정으로 목적 조항의 “신에너지 및 재생에너지”가 “재생에너지”로 바뀌며, 신에너지로 분류되던 수소와 연료전지는 수소법 체계로 정리되는 흐름에 있다. 이 개정은 본 연구의 임무 명제에 부정적 영향을 주지 않는다. 오히려 수소 축의 거버넌스가 수소법으로

일원화되고 재생에너지는 재생에너지법이 전담하게 되어 역할 중복이 해소되며, 무탄소에너지 양축(수소, 원자력)의 거버넌스가 명확해진다. 다만 기존 문서와 계획 명칭에 남아 있는 “신재생에너지” 표기를 시행일 이후 정비해야 하는 실무 과제가 남으며, 신재생에너지 기술개발 및 이용, 보급 기본계획의 계획명도 개정 법령 기준으로 점검이 필요하다. 탄소중립기본법의 목적 조항은 2025년 11월 개정본을 기준으로 하였고, 종전 에너지기본계획의 근거 조항이 저탄소 녹색성장 기본법에서 탄소중립기본법 체계로 재편되면서 그 위상이 변동하였으므로 근거가 명확한 전력수급기본계획을 수급 마스터플랜으로 채택하였다.

〈표 4-2〉 법제 변화 동향과 임무 명제에 대한 영향

변화	내용	시점	임무 명제에 대한 영향
정부조직 개편	기후에너지환경부 신설, 에너지와 신재생과 탄소중립 소관 이관, 산업통상부로 명칭 변경	2025년	법령 소관과 예산 부처의 재정렬. 명제 자체에는 영향 없음
신재생에너지법 개정	목적 조항의 신에너지 삭제, 재생에너지 중심 재편, 수소와 연료전지는 수소법 체계로 정리	2026년 3월 공포, 9월 18일 시행	수소 축 거버넌스의 수소법 일원화로 정합성 강화. 용어 정비 과제 발생
탄소중립기본법 개정	목적 조항 개정본 반영	2025년 11월	무탄소 전환 축의 직접 근거 유지
에너지기본계획의 위상 변동	근거 조항의 체계 재편	탄소중립기본법 체계로 재편	전력수급기본계획을 수급 마스터플랜으로 채택

제2절 법정계획 분석

1. 계획별 비전, 목표, 전략 체계

법정계획 10종에 대해서는 각 계획의 원문에서 비전, 목표, 전략 체계를 추출하였다(표 4-3). 8종은 원문을 직접 검토하였고, 보강 추가한 수소경제 이행 기본계획과 전력수급기본계획은 법정 성격과 역할을 확인하였다. 계획별 비전과 전략의 발췌 전문은 부록 B에 있다.

〈표 4-3〉 법정계획 10종의 비전, 목표, 전략 체계

계획	비전 또는 성격	목표와 전략 체계
제1차 국가연구개발 중장기 투자전략 (2023 ~ 2027)	2030년 과학기술 5대 강국 도약	5년간 170조원 투자, 4대 전략과 23대 중점 투자 분야. 범부처 R&D 투자의 최상위 우산 계획
제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획 (2023 ~ 2032)	기후기술 혁신을 통한 기후위기 대응	3대 전략(온실가스 감축, 기후변화 적응, 혁신 생태계 조성)
제6차 원자력진흥종합계획 (2022 ~ 2026)	미래세대까지 안심하고 활용할 수 있는 청정에너지로서의 원자력	4대 목표와 12대 정책방향
탄소중립 녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획	탄소중립 녹색성장 글로벌 중추국가로의 도약	3대 정책방향(책임 있는 탄소중립 실천, 질서 있는 전환, 혁신 주도 탄소중립), 4대 전략과 12대 과제
제5차 에너지기술개발계획 (2024 ~ 2033)	탄소중립과 에너지 안정성 달성을 위한 무탄소에너지 생태계 조성	3대 목표(에너지산업 글로벌 경쟁력 확보, 무탄소에너지 시스템 기술 자립화, R&D 사업화 성과 제고), 4대 전략
제5차 신재생에너지 기본계획 (2020 ~ 2034)	신재생에너지의 보급과 온실가스 감축 목표	2034년 발전량 중 신재생 비중 25.8%(재생 22.2%, 신에너지 3.6%), 4대 혁신(시장, 수요, 산업, 인프라)
제8차 산업기술혁신계획 (2024 ~ 2028)	2030년 글로벌 3대 산업기술 강국 도약	4대 전략(전략 투자, 민간 주도, 융합 촉진, 역량 강화), 11대 초격차 분야
제3차 원자력안전종합계획 (2022 ~ 2026)	국민이 공감하는 원자력안전, 방사선 위험으로부터 안전한 사회	6대 전략(정보공개, 국민참여, 사고관리, 복합재난, 품질안전, 해체와 방폐물)
수소경제 이행 기본계획	수소경제 이행 촉진, 수소산업 육성, 수소 안전관리의 국가 법정계획(수소법 근거)	청정수소의 생산, 유통, 활용 전주기와 수소산업 육성을 포괄
전력수급기본계획	전력 수급 안정과 전원 믹스를 결정하는 수급 마스터플랜 (전기사업법 제25조 근거, 2년 주기)	원전, 재생에너지, 수소 등 무탄소 전원 믹스의 비중을 확정

2. 무탄소에너지(수소, 원자력) 관련 과제의 발췌

10종 가운데 무탄소에너지의 두 축에 직접 관련되는 과제를 발췌하면 표 4-4와 같다. 발췌의 기준은 계획의 전략 또는 과제 수준에서 원자력, 수소, 무탄소 전원을 명시적으로 언급한 것이다.

〈표 4-4〉 법정계획의 무탄소에너지 관련 과제 발췌

계획	원자력 관련	수소 관련	무탄소 전원 공통
국가연구개발 중장기 투자전략	23대 중점에 국가전략기술 육성 포함	(특정성 낮음)	23대 중점에 탄소중립 이행 포함
기후변화대응 기술개발 기본계획	원자력 안전 핵심기술, 핵융합 발전 핵심기술 확보와 기반 구축	수소 핵심기술	재생에너지, 탄소 포집과 활용과 저장 핵심기술
제6차 원자력진흥종합계획	SMR과 혁신형 SMR, 4세대 원자로, 해체와 정비 수출시장 확장, 방사선 융합기술 혁신 성과	(미포함)	청정에너지로서의 원자력
탄소중립 녹색성장 국가 기본계획	원전과 재생에너지의 조화, 원전 생태계 복원과 수출 산업화	수소산업 육성	무탄소 신전원 도입, 산업구조 전환, 무공해차와 재생에너지와 탄소 포집
제5차 에너지기술개발계획	무탄소에너지 확대 기술경쟁력(원자력)	무탄소에너지 확대 기술경쟁력(수소)	4대 전략(무탄소에너지 확대 기술경쟁력, 유연하고 안정적인 에너지망, 에너지 사용의 고효율과 청정화, R&D 혁신 생태계), 경제적 파급효과 59조원 목표
제5차 신재생에너지 기본계획	(해당 없음)	신에너지 비중 3.6%(수소, 연료전지 포함, 개정 후 수소법 체계로 정리)	계통 보강 등 인프라 혁신
제8차 산업기술혁신계획	11대 초격차 분야의 차세대 원자력	에너지 신산업	산업 전환 대응, 공급망 안정 확보
제3차 원자력안전종합계획	사고 관리, 품질 안전, 해체와 방폐물 안전	(해당 없음)	정보공개와 국민참여

계획	원자력 관련	수소 관련	무탄소 전원 공통
수소경제 이행 기본계획	(원자력 연계 수소는 청정수소 인증 체계에서 취급)	청정수소 생산, 유통, 활용 전주기와 수소산업 육성	청정수소 발전
전력수급기본계획	원전의 전원 믹스 비중	수소, 암모니아 발전의 전원 믹스 비중	무탄소 전원 믹스의 확정

발췌 결과는 두 가지를 보여준다. 첫째, 원자력과 수소는 서로 다른 계획군에서 다루어진다. 원자력은 원자력진흥종합계획과 원자력안전종합계획이라는 전용 계획 두 종과 산업기술혁신계획의 초격차 분야에서, 수소는 수소경제 이행 기본계획이라는 전용 계획과 에너지기술개발계획에서 주로 다루어지며, 두 분야를 함께 다루는 계획은 탄소중립 녹색성장 국가 기본계획, 에너지기술개발계획, 전력수급기본계획의 세 종이다. 둘째, 무탄소 전원의 통합적 시각은 이 세 종에 집중되어 있고, 그중에서도 에너지기술개발계획은 비전 자체가 무탄소에너지 생태계 조성이다. 이 세 계획이 두 분야를 하나의 임무 체계 안에 두는 본 연구 명제의 계획상 근거가 된다.

제3절 3대 임무 축의 도출

1. 임무 축의 운용 정의

본 연구는 무탄소에너지(수소, 원자력) 분야의 국가적 임무를 세 개의 축으로 재정의한다(표 4-5). 첫째 축인 에너지 수급 안보(M1)는 안정적이고 자립적인 에너지 공급, 에너지원의 다양화, 전력망의 안정, 공급망의 확보를 포괄한다. 둘째 축인 무탄소에너지 전환(M2)은 온실가스 감축과 탄소중립 이행을 위한 무탄소 에너지원의 기술 확보와 확산 가속을 뜻한다. 셋째 축인 산업적 성과창출(M3)은 기술의 사업화와 수출, 산업 경쟁력과 신산업, 일자리의 창출을 가리킨다. 이 운용 정의는 제9장에서 사업 단위로 임무를 판정할 때 그대로 판정 기준이 되며, 어느 축에도 직접 귀속되지 않는 기반과 공통 활동은 기반(G)으로 구분한다.

〈그림 4-1〉 법령 10종과 법정계획 10종에서 3대 임무 축으로



〈표 4-5〉 3대 임무 축의 운용 정의

축	명칭	핵심 의미	대표 모법	기반(G)과의 경계
M1	에너지 수급 안보	안정적이고 자립적인 에너지 공급, 에너지원 다양화, 전력망 안정, 공급망 확보	에너지법 (전기사업법이 보강)	수급에 직접 기여하지 않는 기관 운영은 G
M2	무탄소에너지 전환	온실가스 감축과 탄소중립 이행을 위한 무탄소원의 기술 확보와 확산 가속	탄소중립기본법, 기후변화대응 기술개발 촉진법	안전 규제와 수용성은 전환의 전제이므로 G
M3	산업적 성과창출	기술의 사업화와 수출, 산업 경쟁력과 신산업과 일자리 창출	산업기술혁신촉진법 (과학기술기본법이 보강)	산업화 수단이 아닌 인프라 구축은 G

2. 법 목적 조항에서 임무 축으로의 매핑

3대 축은 법 목적 조항의 지향을 귀납적으로 재구성한 것이다. 법령 10종의 목적 조항을 세 축에 대응시켜 부합도를 직접 정합(강), 간접 정합(중), 부수적 또는 전제적(약)의 3등급으로 평가하면 표 4-6과 같다.

〈표 4-6〉 법 목적 조항과 3대 임무 축의 정합성 매트릭스

법령(약칭)	소관 부처	M1 수급 안보	M2 무탄소 전환	M3 산업적 성과	비고
과학기술기본법	과학기술정보통신부	중	중	강	국가경쟁력과 국민경제
기후변화대응 기술개발 촉진법	과학기술정보통신부	약	강	중	탄소중립 실현
원자력진흥법	과학기술정보통신부	강	강	강	교집합 핵심 법령
탄소중립기본법	기후에너지환경부	중	강	중	온실가스 감축과 탄소중립 이행
에너지법	기후에너지환경부	강	중	중	수급 구조 실현
신재생에너지법	기후에너지환경부	강	강	강	교집합 핵심 법령
수소법	기후에너지환경부	강	강	강	교집합 핵심 법령(보강)
전기사업법	기후에너지환경부	강	중	중	수급 마스터플랜의 근거(보강)
산업기술혁신촉진법	산업통상부	약	약	강	산업경쟁력 강화
원자력안전법	원자력안전위원회	중	중	약	전제 층위

각 축에는 대표 모법이 정렬된다. 에너지 수급 안보 축의 직접 근거는 “안정적이고 효율적이며 환경친화적인 에너지 수급 구조의 실현”을 목적으로 하는 에너지법이며, 전력수급기본계획의 근거법인 전기사업법과 “에너지원 다양화, 안정적 공급”을 명시한 신재생에너지법, 에너지원 다양화를 담은 수소법, 원자력 이용 기반을 담은 원자력진흥법이 이를 보강한다. 무탄소에너지 전환 축의 직접 근거는 온실가스 감축과 탄소중립 이행을 목적 조항에 명시한 탄소중립기본법과 기후변화대응 기술개발 촉진법이며, 원자력을 무탄소원으로 두는 원자력진흥법, 수소경제 이행을 담은 수소법, 환경친화적 전환과 온실가스 감소를 담은 신재생에너지법이 이를 뒷받침한다. 산업적 성과창출 축의 직접 근거는 산업경쟁력 강화를 목적으로 하는 산업기술혁신촉진법이고, 국가경쟁력과 국민경제를 지향하는 과학기술기본법, 수소산업의 체계적 육성을 담은 수소법, 산업의 진흥과 활성화를 담은 원자력진흥법과 신재생에너지법이 이를 보강한다. 요컨대 3대 축은 연구진이 고안한 분류가 아니라 법체계에 이미 내재한 세 가지 지향의 재구성이며, 이 점이 임무 도출의 자의성에 대한 일차적 통제 장치가 된다.

3. 법정계획의 비전, 전략과 임무 축의 부합도

법정계획 10종에 대해서도 같은 3등급으로 부합도를 평가하였다(표 4-7). 평가는 각 계획의 비전, 목표, 전략 체계가 세 축의 지향을 직접 담고 있는지를 기준으로 하였다.

〈표 4-7〉 법정계획과 3대 임무 축의 부합도

계획	M1 수급 안보	M2 무탄소 전환	M3 산업적 성과	종합
국가연구개발 중장기 투자전략	중	중	강	상위 우산, 포괄적
기후변화대응 기술개발 기본계획	약	강	중	무탄소 전환 핵심
제6차 원자력진흥종합계획	중	강	강	원자력 축 정합
탄소중립 녹색성장 국가 기본계획	중	강	중	무탄소 최상위 이행
제5차 에너지기술개발계획	강	강	강	정합도 최상
제5차 신재생에너지 기본계획	강	강	강	재생 중심 정합
제8차 산업기술혁신계획	중	중	강	산업화 핵심
제3차 원자력안전종합계획	약	약	약	전제조건(검토 제외)
수소경제 이행 기본계획	강	강	강	수소 축 보강
전력수급기본계획	강	강	중	수급 마스터플랜 보강

부합도 평가의 핵심 발견은 세 가지이다. 첫째, 제5차 에너지기술개발계획은 비전 자체가 “탄소중립과 에너지 안정성 달성을 위한 무탄소에너지 생태계 조성”이고 3대 목표와 4대 전략이 세 축과 거의 일대일로 대응하여 검토 대상 가운데 정합도가 가장 높다. 본 연구의 임무 명제가 특정 계획의 번안이 아님에도 현행 법정계획 가운데 가장 최근에 수립된 에너지 기술개발의 마스터플랜과 사실상 같은 방향을 가리키고 있다는 사실은 명제의 시의성에 대한 유력한 방증이다. 둘째, 탄소중립 녹색성장 국가기본계획은 원전과 재생에너지의 조화, 무탄소 신전원의 도입, 원전 생태계 복원과 수출 산업화, 수소산업 육성을 전략 과제로 명시하고 있어 무탄소 전환 축과 산업적 성과창출 축의 국가 최상위 이행계획으로 확인된다. 셋째, 원자력진흥종합계획은 SMR과 4세대 원자로, 해체와 정비의 수출시장 확장을 담아 원자력 축에서 무탄소 전환과 산업화 두 축에 강하게 정합하며, 수소경제 이행 기본계획은 생산, 유통, 활용 전주기와 수소산업 육성을 포괄하여 수소 축에서 세 축 모두에 정합한다.

4. 교집합 법령과 전제 층위(안전, 수용성)의 처리

법 목적 매트릭스(표 4-6)에서 특별히 주목할 것은 원자력진흥법, 신재생에너지법, 수소법의 위치이다. 이 세 법은 각각 단일 법으로서 3대 축의 지향, 곧 이용 기반과 안정 공급, 무탄소 전환, 산업 진흥을 모두 목적 조항에 담고 있어 무탄소에너지 임무 명제의 교집합적 핵심 법령을 이룬다. 세 법이 모두 강으로 평가된 것은 명제가 세 축을 임의로 병렬한 것이 아니라 에너지원 단위의 법률이 이미 세 지향을 함께 담고 있음을 뜻한다.

반면 원자력안전법과 원자력안전종합계획은 3대 축의 어느 것에도 직접 귀속되지 않는다. 안전과 수용성은 그 자체가 임무라기보다 무탄소 전환이 사회적으로 지속 가능하기 위한 전제조건의 성격을 가지므로, 본 연구는 이를 임무 축이 아니라 기반과 전제의 층위로 분류하고 정합성 검토의 범위에서 제외하였다. 이 처리는 제7장과 제8장의 예산 태깅에서 규제와 거버넌스 성격의 활동을 기술 혁신 가치사슬과 분리하되 횡단 기반으로 관리하는 원칙, 그리고 제9장에서 이러한 활동을 기반(G) 임무로 판정하는 규칙과 논리적으로 일관된다. 원자력의 진흥과 안전이 이원 법제로 분리되어 있다는 제1절의 관찰은 이 처리를 뒷받침하는 제도적 사실이다.

제4절 정합성 검증 결과와 갭 처리

1. 계획별 부합도 종합

법 목적(표 4-6)과 법정계획(표 4-7)의 두 매트릭스를 겹쳐 보면, 3대 축은 각각 명시적인 법적 근거와 법정계획상의 이행 체계를 갖추고 있음이 확인된다(표 4-8). 각 축의 대표 모법과 핵심 이행 계획, 그리고 보강 근거는 다음과 같다.

〈표 4-8〉 임무 축별 법적 근거와 이행 계획의 종합

축	대표 모법	핵심 이행 계획	보강 법령과 계획
M1 에너지 수급 안보	에너지법	전력수급기본계획, 제5차 에너지기술개발계획	전기사업법, 신재생에너지법, 수소법, 원자력진흥법과 각 계획
M2 무탄소에너지 전환	탄소중립기본법, 기후변화대응 기술개발 촉진법	탄소중립 녹색성장 국가 기본계획, 기후변화대응 기술개발 기본계획	원자력진흥법, 수소법, 신재생에너지법과 각 계획, 에너지기술개발계획
M3 산업적 성과창출	산업기술혁신 촉진법	제8차 산업기술혁신계획	과학기술기본법, 수소법, 원자력진흥법, 신재생에너지법과 각 계획, 국가연구개발 중장기 투자전략
G 기반(전제)	원자력안전법	제3차 원자력안전종합계획	수소법의 안전관리 조항

2. 갭 5건과 처리

검토 과정에서 확인된 갭과 그 처리는 표 4-9와 같다. 애초의 검토 목록에는 수소 전용 거버넌스가 빠져 있었고 수급 관점의 마스터플랜이 없어 연구개발 계획에 집중되어 있었는데, 각각 수소법과 수소경제 이행 기본계획, 전기사업법과 전력수급기본계획의 추가로 해소하였다. 정부조직 개편에 따른 소관 부처의 재정렬과 동일 법령의 중복 항목 통합도 완료하였다. 신재생에너지법 개정에 따른 용어 정비는 시행일 이후의 실무 과제로 남겨 두었으며, 안전과 수용성 축은 제3절의 논리에 따라 전제 층위로 별도 취급하였다.

〈표 4-9〉 정합성 검토에서 확인된 갭과 처리

번호	갭	내용	영향 축	처리
1	수소 거버넌스 확인 전 누락	수소법과 수소경제 이행 기본계획이 검토 목록에 없음	M1, M2, M3	해소(수소법, 수소경제 이행 기본계획 추가)
2	수급 마스터플랜 확인 전 누락	수급 계획이 목록 밖에 있어 연구개발 계획에 집중	M1	해소(전기사업법, 전력수급기본계획 추가)

번호	갭	내용	영향 축	처리
3	부처 재편 정합	기후에너지환경부 신설과 산업통상부 개칭의 반영 필요	전반	해소(현행 부처 반영)
4	중복 항목	탄소중립기본법이 정식 명칭과 약칭으로 중복 등재	전반	해소(통합)
5	용어 정합성	신재생에너지법 개정(신재생에너지에서 재생에너지로)의 미반영	M1, M2	정비 권고(시행일 이후 실무 과제)
별도	안전과 수용성 축	원자력안전법과 안전종합계획이 3대 축에 미귀속	M2의 전제	검토 제외, 기반(G) 층위로 취급

3. 임무 형식 요건 점검(임무 선정 5기준 대비)

3대 축이 임무로서의 형식 요건을 갖추었는지를 제2장 제2절에서 검토한 임무 선정 5기준(Mazzucato, 2018)에 비추어 점검하였다(표 4-10). 점검의 원칙은 두 가지이다. 첫째, 3대 축은 임무영역 층위의 임무이므로 사회적 파급력과 방향의 명확성이라는 상위 요건을 이 층위에서 충족하는지를 본다. 둘째, 측정 가능성과 기한의 구체화는 법정계획에 이미 존재하는 정량 목표를 근거로 확인하되, 본 연구의 임무 목표 수준으로 확정하는 것은 임무영역(L3) 이하의 층위와 중간층 검증(제7장 ~ 제9장) 이후로 미룬다. 임무를 처음부터 세부 목표 수준으로 고정하지 않는 것은 임무가 점진적 좁히기의 결과라는 문헌의 교훈(Larrue, 2021)과, 임무와 예산 현실의 정합을 먼저 확인한 뒤 목표 수준을 확정하는 본 연구의 방법적 순서 때문이다.

〈표 4-10〉 임무 선정 5기준에 대한 3대 임무 축의 형식 요건 점검

기준	M1 에너지 수급 안보	M2 무탄소에너지 전환	M3 산업적 성과창출	점검 결과
① 대담성과 사회적 파급력	에너지법과 전력수급기본계획의 국가적 수급 목표	탄소중립기본법의 국가 감축 목표와 탄소중립 이행	산업기술혁신계획의 산업 강국 도약	세 축 모두 충족. 법정계획의 국가 비전 수준에서 확인
② 명확한 방향(측정 가능, 기한)	전력수급기본계획의 전원 믹스 비중과 목표 연도	국가 감축 목표와 목표 연도, 신재생 비중 2034년 25.8%	에너지기술개발계획의 경제적 파급효과 59조원, 산업기술혁신계획의 2030년 목표	방향은 충족. 정량 목표와 기한은 법정계획에 존재하나 본 연구의 임무 목표 수준으로는 L3 이하에서 확정
③ 야심적이되 현실적	계속운전, 수소 공급망 등 실행 중인 사업 존재	무탄소 전원 확대의 기술 개발과 실증 사업 존재	원전 수출과 수소 기자재 수출의 실적과 사업 존재	충족 여부는 혁신 단계별 예산 분포로 검증(제7장, 제9장)

기준	M1 에너지 수급 안보	M2 무탄소에너지 전환	M3 산업적 성과창출	점검 결과
④ 횡단성	과학기술정보통신부, 기후에너지환경부, 산업통상부의 법령에 걸침	4개 부처와 원자력안전위원회의 법령에 걸침	산업통상부 외 과학기술정보통신부와 기후에너지환경부 법령에 걸침	세 축 모두 충족. 부처 횡단성은 예산의 부처 분포로 재확인(제6장)
⑤ 복수의 상향식 해법	원자력 3분류와 수소 3분류의 병렬 유지	원전과 재생과 수소의 조화를 명시한 국가 기본계획	복수 노형과 복수 생산 방식의 병행	세 축 모두 충족. 단일 기술 경로로의 환원을 제3장 제3절의 분류 체계로 차단

점검 결과 3대 축은 대담성과 파급력, 방향, 횡단성, 복수 해법의 네 기준을 임무 축 층위에서 충족하며, 측정 가능성과 기한과 현실성의 기준은 법정계획의 정량 목표와 실행 중인 사업의 존재로 근거를 갖되 그 확정은 하위 층위와 검증 이후로 이연된다. 이 이연은 결함이 아니라 설계이다. 문헌은 5기준을 모두 충족하는 실제 임무가 드물고 대부분의 MOIP가 임무영역 수준의 설정에 머무른다는 것을 확인하였으며(제2장 제2절), 본 연구는 임무 축과 목표 층위를 분리하여 이 현실을 방법에 반영하였다.

제5절 임무 층위 확정과 하향 가설

이상의 검증으로 임무 층위(L2)가 확정되었다. 3대 축은 모두 명시적인 법적 근거와 법정계획상의 이행 체계를 갖추고 있고, 임무 형식 요건의 상위 기준을 충족하며, 안전과 수용성은 전제 층위인 기반(G)으로 분리되었다. 확정된 임무 층위는 다음의 세 문장으로 진술된다. 에너지 수급 안보(M1)는 무탄소에너지의 안정적이고 자립적인 공급 체계를 확보하는 임무이다. 무탄소에너지 전환(M2)은 온실가스 감축과 탄소중립 이행을 위해 무탄소 에너지원의 기술을 확보하고 확산을 가속하는 임무이다. 산업적 성과창출(M3)은 무탄소에너지 기술의 사업화와 수출로 산업 경쟁력과 신산업을 창출하는 임무이다.

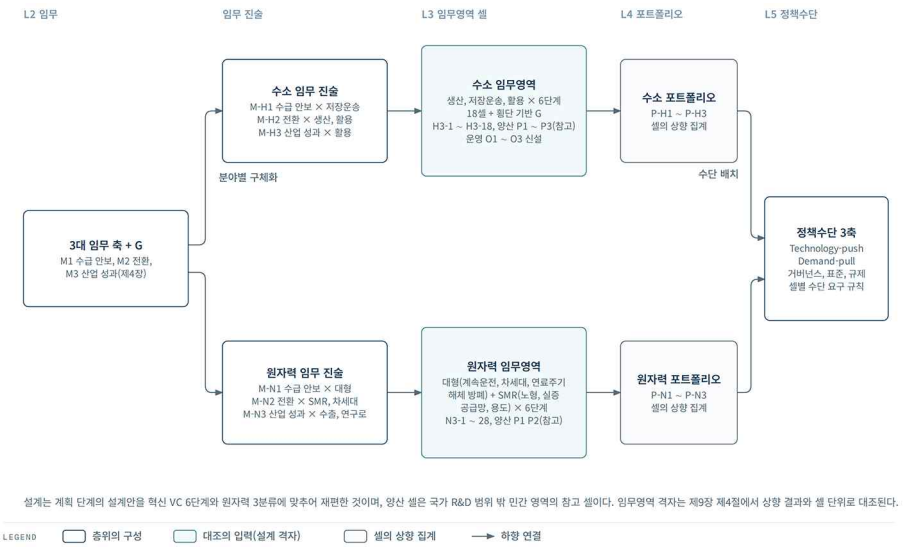
임무 층위의 확정은 곧 하향 논리의 출발점이다. 본 연구의 하향 논리는 다음의 검증 가능한 가설로 명시된다. 각 임무는 국가연구개발사업이 담당하는 혁신 가치사슬의 단계, 곧 연구에서 실증까지의 기술 공급 단계와 보급 지원 단계에 걸쳐 Technology-push와 Demand-pull과 거버넌스 수단의 균형 있는 조합을 갖추어야 한다. 양산 단계는 민간 기업이 담당하는 영역이므로 가설의 검증 대상에서 제외하되, 실증 성과가 민간 양산으로 이어지는 접점의 관리는 가설의 일부로 본다. 이 가설은 임무 정책의 정의(Larrue, 2021)에 담긴 혁신 주기 전 단계와 수단 혼합의 요건을 국가 R&D의 역할 범위 안에서 임무 축 단위로 옮긴 것이며, 제5장에서 분야별 임무 진술과 임무영역 매트릭스와 정책수단 설계로 구체화된 뒤, 제9장의 격차 진단에서 상향 집계 결과와 대조된다. 대조에서 가설과 현실이 어긋나는 셀이 발견되면 가설의 수정, 사업 분류의 재코딩, 잔여 격차의 보고 중 하나로 처리하는 것은 제3장 제4절의 절차와 같다.

임무영역(L3) 셀의 정의 규칙도 여기서 예고한다. 임무영역은 임무를 분야의 가치사슬(또는 노형 분류)과 혁신 가치사슬 6단계로 교차시켜 얻는 셀이며, 각 셀은 그 단계에서 본질적으로 요구되는 정책수단의 구성을 갖는다. 셀의 수단 요구는 제3장 제2절의 단계별 정책수단 적합 구간 매트릭스를 1차 근거로 도출하고, 분야별 특성은 제5장에서 미세 조정한다. 3대 축이 두 분야에 공통이라는 점, 곧 원자력과 수소가 각자의 임무를 갖는 것이 아니라 같은 세 축 아래에 분야별로 구체화된 임무 진술을 갖는다는 점은 제5장의 첫 설계 원칙이 된다.

제5장 하향 캐스케이딩 설계 (L2 → L3 → L5, 계획 단계 설계안)

이 장의 입력은 제4장에서 확정한 임무 층위이다. 임무를 분야의 가치사슬과 6단계로 교차시켜 임무영역 셀을 정의하고, 셀을 포트폴리오로 묶고, 셀마다 요구되는 정책수단을 배치하는 하향 설계를 수소(제2절)와 원자력(제3절)에 대해 수행한다(그림 5-1). 산출은 임무 × 단계의 설계 격자 2종이며, 이 격자는 제9장 제4절에서 실제 예산의 상향 집계와 셀 단위로 대조된다. 설계는 계획 단계의 것이므로 그 한계와 검증 방법을 제5절에 둔다.

〈그림 5-1〉 임무에서 정책수단까지의 하향 설계(L2 → L3 → L5)



이 장은 제4장에서 확정한 임무 층위(L2)를 위에서 아래로 내려보내는 하향 설계를 다룬다. 임무를 분야의 가치사슬과 혁신 가치사슬 6단계로 교차시켜 임무영역(L3)의 셀을 정의하고, 셀을 묶어 포트폴리오(L4)를 구성하며, 각 셀이 요구하는 정책수단(L5)을 배치하는 것이 하향 설계의 내용이다. 이 설계는 연구 계획 단계에서 문헌과 법정계획에 근거하여 작성한 것으로, 이후 착수 협의에서 확정된 혁신 가치사슬 6단계와 원자력 3분류에 맞추어 재편하였다. 이 장의 설계안이 갖는 성격을 분명히 해 둘 필요가 있다.

이것은 예산 데이터로 검증되기 전의 설계 가설이며, 제9장에서 상향 집계 결과와 대조되어 검증 대상이 되는 하향의 한쪽 축이다. 제1절은 설계 원칙을, 제2절은 수소 분야의 설계를, 제3절은 원자력 분야의 설계를, 제4절은 두 분야의 교차 연계를, 제5절은 하향 설계의 한계와 중간층 검증이 필요한 이유를 서술한다.

제1절 설계 원칙

1. 4축 구조(임무 × 분야 × 가치사슬 × 혁신단계)

하향 설계의 공간은 네 개의 축으로 정의된다(표 5-1). 임무 축은 제4장의 3대 축이고, 분야 축은 원자력과 수소이며, 가치사슬 축은 분야별로 독립적으로 정의되고, 혁신단계 축은 두 분야에 공통인 혁신 가치사슬 6단계이다. 분야별 가치사슬을 독립적으로 두고 혁신단계 축만 공통으로 사용하는 것은 두 분야의 서로 다른 임무 구조를 강제로 통합하지 않기 위한 원칙이며, 분야 간 교차 연계는 제4절에서 별도로 처리한다. 계획 단계의 설계에서는 혁신단계 축을 기술개발, 실증, 인프라, 인증과 표준, 시장창출, 수출의 여섯 활동 유형으로 구성하였으나, 착수 협의에서 이 축을 혁신 가치사슬 6단계(연구, 개발, 실증, 양산, 보급, 운영)로 통일하기로 결정하였다. 이에 따라 계획 단계 설계의 여섯 활동 유형을 6단계로 재편하는 규칙을 표 5-2와 같이 두었다. 활동 유형 가운데 인프라와 인증과 표준은 특정 단계의 활동이 아니라 여러 단계에 걸치는 횡단 기반이므로 단계 열이 아닌 횡단 기반(G) 열로 옮겼고, 시장창출과 수출은 보급 단계의 국내 시장과 해외 시장에 해당하므로 보급 열로 옮겼으며, 계획 단계 설계에 없던 양산과 운영 단계의 셀은 제3장 제2절의 분야별 운용 정의에 따라 신설하였으며, 이 가운데 양산 셀은 국가 R&D 범위 밖의 민간 영역을 표시하는 참고 셀이다.

〈표 5-1〉 하향 설계의 4축 구조

축	구성	근거	분야 간 공통 여부
임무(L2)	M1 에너지 수급 안보, M2 무탄소에너지 전환, M3 산업적 성과창출(G 횡단 기반은 별도)	제4장	공통
분야	원자력, 수소	연구 범위	–
가치사슬 (또는 노형 분류)	수소: 생산, 저장운송, 활용 / 원자력: 대형(계속운전, 차세대 대형, 연료주기와 해체와 방폐), SMR(노형 개발, 상용화 실증과 공급망, 용도 개척), 기타	제3장 제3절	분야별 독립
혁신단계	혁신 가치사슬 6단계(R, D, V, P, Dep, Op)	제3장 제2절	공통

〈표 5-2〉 계획 단계 설계의 활동 유형과 혁신 가치사슬 6단계의 재편 규칙

계획 단계의 활동 유형	재편 후 위치	재편 근거
기술개발	R(연구), D(개발)	원리 탐구는 R, 시제품과 표준설계는 D로 분리
실증	V(실증)	관련 환경 또는 운영 환경에서의 시스템 검증
(해당 없음)	P(양산)	초도 상용 설비와 양산성 검증. 분야별 운용 정의에 따라 민간 영역의 참고 셀로 신설(별표)
시장창출	Dep(보급, 국내 시장)	상용 보급과 시장 확산의 국내 부분
수출	Dep(보급, 해외 시장)	상용 보급과 시장 확산의 해외 부분
(해당 없음)	Op(운영)	안정 운영과 유지와 사후 처리. 분야별 운용 정의에 따라 신설
인프라	G(횡단 기반)	여러 단계에 걸치는 기반 설비. 태깅의 비VC 인프라 유형과 대응
인증과 표준	G(횡단 기반)	여러 단계에 걸치는 거버넌스와 표준 수단. 태깅의 비VC 거버넌스 유형과 대응

2. 임무영역 셀의 본질적 수단 요구 도출 규칙

임무영역(L3)의 셀은 가치사슬 행과 혁신단계 열의 교차점이며, 각 셀은 그 단계에서 본질적으로 요구되는 정책수단의 구성을 갖는다. 이 요구는 연구진이 셀마다 임의로 정하는 것이 아니라 제3장 제2절의 단계별 정책수단 적합 구간 매트릭스에서 도출한다. 연구와 개발 단계의 셀은 Technology-push가 지배적이고 Demand-pull과 거버넌스는 낮은 수준이며, 실증 단계의 셀은 Technology-push가 높은 가운데 Demand-pull과 거버넌스 수단이 증가하는 전환 구간이고, 양산 단계의 셀은 Demand-pull과 거버넌스 수단이 지배적이며, 보급 단계의 셀은 Demand-pull이 지배적이고 거버넌스가 높으며, 운영 단계의 셀은 거버넌스가 지배적이다(표 5-3). 이 규칙에서 두 가지 설계 함의가 나온다. 첫째, 임무가 혁신 가치사슬 전 단계에 걸쳐 있다면 그 임무의 수단 구성은 단계를 따라 Technology-push에서 Demand-pull과 거버넌스로 무게중심이 이동해야 하며, 어느 단계의 셀이 비어 있다는 것은 그 단계의 수단이 아직 형성되지 않았다는 뜻이다. 다만 양산 셀은 민간 영역의 참고 셀이므로 이 해석에서 제외한다. 둘째, 실증에서 양산으로 넘어가는 구간은 수단 구성이 가장 급격히 전환되는 지점이므로 이 구간의 셀은 설계에서 가장 정밀하게 정의되어야 하고 검증에서 가장 먼저 확인되어야 한다.

〈표 5-3〉 혁신 가치사슬 단계별 정책수단 적합 구간과 셀의 수단 요구

단계	Technology-push	Demand-pull	거버넌스, 표준, 규제	셀의 본질적 수단 요구
R 연구	지배적	낮음	낮음(연구 윤리)	기초와 응용 연구비, 정부 직접 투자
D 개발	지배적	낮음	낮음(지식재산, 기술이전 규칙)	R&D 보조, 산학 협력, 매칭 펀드
V 실증	높음	증가	증가 (실증 인허가, 표준 준비)	실증 지원과 규제 샌드박스, 인허가 특례, 표준 준비
P 양산	중간	지배적	지배적 (초기 시장, 인증, 안전)	초도 설비 지원, 초기 시장 형성, 인증과 안전 규제
Dep 보급	낮음	지배적	높음 (보조, 의무화, 인프라)	보조금, 의무화, 조달, 가격 보장, 수출 지원
Op 운영	낮음(점진 개선)	유지보수 시장	지배적 (운영 규제, 사후 관리)	운영 규제, 안전 관리, 해체와 폐기 관리

3. 포트폴리오 구성 원칙과 단계별 관문

포트폴리오(L4)의 구성에는 네 가지 원칙을 적용한다. 첫째, 문제를 고르되 해법을 지정하지 않는다. 단일 기술 경로에 고정하지 않고 복수의 생산 방식과 운송 매체, 복수의 노형을 병행한다(Mazzucato, 2018). 둘째, 단계별 관문을 둔다. 기술성숙도 4, 6, 8에 해당하는 개발, 실증, 양산의 전환 지점에서 중간 이정표를 평가한 뒤 자금을 재배분하며, 원자력에서는 표준설계, 인허가, 실증, 상용화의 단계별 재평가가 관문이 된다. 셋째, 다중 경로를 유지한다. 수소는 그린, 블루, 원자력 연계, 해외 조달의 네 공급 경로를, 원자력은 계속운전, 차세대 대형, SMR, 연료주기와 해체와 방폐의 복수 트랙을 병렬로 둔다. 넷째, 조정된 예산 편성을 지향한다. 연구개발, 실증, 인프라, 안전 규제를 담당하는 부처가 다르므로 포트폴리오는 부처 횡단으로 구성된다(Larrue, 2021). 여기에 착수 협의에서 추가된 두 원칙이 있다. 포트폴리오는 임무영역 셀의 상향 집계 결과로만 정의하며 연구진이 임의로 묶지 않는다는 원칙, 그리고 정책수단(L5)과 사업(L6)은 임무영역 셀에 일대일 또는 일대다로 역추적이 가능하도록 식별 체계를 유지한다는 원칙이다(제3장 제1절). 이 장의 포트폴리오 표에서 구성요소마다 연계 셀의 식별번호를 병기한 것은 이 역추적 원칙을 설계 단계부터 적용한 것이다.

제2절 수소 분야 하향 설계

1. 분야별 임무 진술과 임무영역 매트릭스

수소 분야의 임무는 3대 축을 분야의 맥락에서 구체화한 세 개의 임무 진술로 표현된다(표 5-4). 계획 단계에서 잠정 가설로 설정한 이 진술은 청정수소 생태계 구축과 공급 안보 확보(M-H1), 청정수소 기반의 산업과 발전 부문 탈탄소화(M-H2), 수소 모빌리티와 발전 기자재의 글로벌 수출 경쟁력 확보(M-H3)이다. 세 진술은 각각 주된 임무 축과 부차적 임무 축을 가지며, 이 대응이 제9장에서 사업 단위의 임무 판정 결과와 대조되는 기준이 된다.

〈표 5-4〉 수소 분야 임무 진술과 3대 임무 축의 대응

임무 진술	내용	주 축	부 축	정책 경로
M-H1	2030년 청정수소 생태계 구축과 공급 안보 확보	M1	M2	해법주도
M-H2	2035년 청정수소 기반 산업과 발전 부문 탈탄소화	M2	M1	해법주도
M-H3	수소 모빌리티와 발전 기자재의 글로벌 수출 경쟁력 확보	M3	-	해법주도

임무영역 매트릭스는 수소 가치사슬 3분류(생산, 저장운송, 활용)와 혁신 가치사슬 6단계를 교차한 18개 셀에 횡단 기반 셀을 더한 것이다(표 5-5). 계획 단계 설계의 하위임무 식별번호(H3-1 ~ H3-18)를 표 5-2의 규칙에 따라 재배치하였고, 양산과 운영 단계의 셀은 신설하여 별표(*)로 표시하였다. 이 가운데 양산 셀은 국가 R&D 범위 밖 민간 영역의 참고 셀로서 실증 성과의 민간 이관 접점을 표시한다. 각 하위임무의 목표와 임무 연계는 부록 E에 있다.

〈표 5-5〉 수소 분야 임무영역(L3) 매트릭스 — 가치사슬 × 혁신 가치사슬 6단계

가치사슬	생산(수전해, 탄소 포집형, 해외 그린)	저장운송(액화, 액상 유기수소 운반체, 암모니아, 배관)	활용(모빌리티, 발전, 산업, 건물)
R 연구	H3-1a 수전해 촉매와 소재 원천 연구	H3-7a 저장과 운송 매체 원천 연구	H3-13a 연료전지와 수소 터빈 원천 연구
D 개발	H3-1b 수전해 스택과 시스템 시제품	H3-7b 액화수소 저장 용기와 운송 장비 시제품	H3-13b 수소 모빌리티 기술 고도화(중대형 상용차, 선박)
V 실증	H3-2 100MW급 대형 수전해 실증	H3-8 액화와 암모니아 운송 실증과 트레이딩 체계	H3-14 수소발전 실증(대형 가스터빈, 연료전지)

P 양산 (참고)	H3-P1* GW급 수전해와 청정수소 생산기지 초도 설비	H3-P2* 액화 플랜트와 인수기지 초도 설비	H3-P3* 수소환원제철과 수소 터빈 초도 설비
Dep 보급 (국내, 해외)	H3-5 청정수소 생산 의무화와 CHPS 시장 조성 / H3-6 해외 청정수소 생산 거점 확보	H3-11 국내 유통 시장 창출 / H3-12 운송 장비와 기자재 수출	H3-17 청정수소 입찰시장과 차액계약 / H3-18 모빌리티와 발전 기자재 수출
Op 운영	H3-O1* 생산 설비 운영과 안전관리	H3-O2* 인수기지와 배관망 운영	H3-O3* 충전소와 발전 설비 운영과 안전관리
G 횡단 기반	H3-3 생산 인프라 / H3-4 생산 단계 인증과 표준	H3-9 인수기지와 간선 배관망 인프라 / H3-10 청정수소 인증제와 국제 상호인정	H3-15 충전과 활용 인프라 / H3-16 활용 단계 인증과 표준

주: 양산 열은 국가 R&D 범위 밖 민간 영역의 참고 셀이다.

매트릭스가 보여주는 설계의 요점은 세 가지이다. 첫째, 생산 가치사슬은 국내 수전해와 해외 조달의 두 경로가 보급 단계에서 만나며, 두 경로 모두 청정수소 인증(횡단 기반)에 의존한다. 둘째, 활용 가치사슬은 실증(수소발전)에서 양산(수소환원제철, 수소 터빈)으로 넘어가는 구간에 대형 설비의 초도 상용화가 집중되어 있어 이 구간이 수단 전환의 핵심이다. 셋째, 계획 단계 설계에는 양산과 운영 단계의 셀이 없었다. 이는 계획 시점의 정책 논의가 기술개발과 실증과 시장창출에 집중되어 있었음을 반영하며, 신설된 여섯 셀이 실제 예산에서 어떻게 채워져 있는지가 제9장 대조의 관심 지점이 된다.

2. 포트폴리오 설계(P-H1 ~ P-H3)

수소 분야의 포트폴리오는 임무 진술에 대응하는 세 묶음으로 구성된다(표 5-6). 청정수소 공급 체계(P-H1)는 M-H1에, 부문별 탈탄소 활용 확대(P-H2)는 M-H2에, 수소산업 수출과 글로벌 경쟁력(P-H3)은 M-H3에 대응한다. 각 구성요소에는 유형(연구개발, 실증, 인프라, 제도, 금융, 보급), 주관 부처, 연계 셀을 병기하였다. 계획 단계 설계의 주관 부처 표기는 정부조직 개편 이전의 명칭이므로, 에너지 기능은 기후에너지환경부로, 산업 기능은 산업통상부로 읽는다.

〈표 5-6〉 수소 분야 포트폴리오(L4)의 구성

포트폴리오	구성요소	유형	주관 (개편 전 표기)	연계 셀	관문
P-H1 청정수소 공급 체계(M-H1)	수전해 핵심기술 개발	연구개발	과학기술정보통신부, 산업부	H3-1a, H3-1b	개발 → 실증
P-H1	100MW급 그린수소 실증단지	실증	산업부	H3-2	실증 → 양산

포트폴리오	구성요소	유형	주관 (개편 전 표기)	연계 셀	관문
P-H1	SMR 연계 원자력 수소 실증	실증	과학기술정보통신부, 산업부	H3-2(원자력 SMR 용도 개척과 교차)	실증 → 양산
P-H1	해외 수소 공급망 펀드	금융	산업부, 기획재정부	H3-6	-
P-H1	암모니아 해상운송 실증	실증	해양수산부, 산업부	H3-8	실증 → 양산
P-H1	수소 인수기지와 배관망 구축	인프라	국토교통부, 산업부	H3-9	-
P-H1	청정수소 인증제 운영	제도	산업부	H3-10	-
P-H2 부문별 탈탄소 활용 확대(M-H2)	수소 가스터빈 실증(300MW급)	실증	산업부	H3-14	실증 → 양산
P-H2	연료전지 분산발전 보급	보급	산업부, 지방자치단체	H3-17	-
P-H2	산업공정 수소 대체(제철, 석유화학)	실증, 세제	산업부	H3-P3	실증 → 양산
P-H2	수소발전 입찰시장	제도	산업부	H3-17	-
P-H2	청정수소 차액계약	금융, 제도	산업부	H3-17	-
P-H3 수소산업 수출과 글로벌 경쟁력(M-H3)	수소 모빌리티 실증과 수출	연구개발, 실증	산업부, 국토교통부	H3-13b, H3-18	실증 → 보급
P-H3	수전해 기자재 수출 금융	금융	산업부, 기획재정부, 수출입은행	H3-12, H3-18	-
P-H3	국제표준 선점 지원	제도	산업부, 국가기술표준원	H3-10, H3-16	-
P-H3	해외 실증사업 연계 공적개발원조	금융	외교부, 국제협력단	H3-6	-

계획 단계에서 포트폴리오를 예비 진단한 결과, 연료전지 보급과 발전이 여러 부처에 걸쳐 중복될 가능성, 수전해 기술개발에서 대형 실증을 거쳐 상용화로 이어지는 연결이 약한 점, 산업공정용 고온 열과 수소의 통합 실증과 수소선박 규정의 미비, 그리고 차액계약과 청정수소 발전 의무화가 민간투자 유발의 핵심 레버로 작동해야 한다는 조건이 지적되었다. 이 예비 진단은 문헌과 정책 문서에 근거한 정성적 판단이며, 예산 데이터로 확인된 실제 분포와의 대조는 제9장에서 이루어진다.

3. 정책수단 매핑과 R&D-비R&D 균형

수소 분야의 정책수단은 제3장 제2절의 3축 분류에 따라 배치하였다(표 5-7). 계획 단계 설계는 수단을 Technology-push 5종과 Demand-pull 7종으로 분류하였으나, 본 개편본에서는 Demand-pull에 속해 있던 표준과 인증, 규제의 2종을 거버넌스와 표준과 규제 축으로 분리하여 3축(5종, 5종, 2종)으로 재편하였다. 수소는 해법주도 경로에 있으므로 수단 구성의 잠정 기준치는 Technology-push, Demand-pull, 거버넌스의 비중을 3 대 4 대 3으로 설정하였다(제2장 제6절). 임무 진술별로 보면, M-H1은 수전해 연구개발 보조와 소재 세액공제(Technology-push), 해외 공급망 펀드와 프로젝트 파이낸싱(금융), 인수기지와 배관망의 국비 지원과 인허가 특례(인프라와 규제), 청정수소 인증제(표준)가 핵심 수단이고, M-H2는 청정수소 발전 의무화의 일반과 청정 구분 입찰(시장 조성), 15년 장기 차액계약(금융과 제도), 수소환원제철 실증 보조(실증), 공공 발전사의 청정수소 혼소와 전소 의무(의무화)가 핵심 수단이며, M-H3는 수소 기자재 수출 금융과 보증(금융), 국제표준 선점(표준), 수출 공적개발원조 패키지, 상호인정 협정(통상)이 핵심 수단이다. 계획 단계의 균형 점검은 M-H1이 연구개발에 집중되어 금융과 인프라의 확대가 필요하고, M-H2는 차액계약과 의무화의 확대가 시급하며, M-H3는 연구개발 비중이 부족하여 수출 금융과 표준과 통상의 강화가 필요하다고 보았다.

〈표 5-7〉 수소 분야 정책수단(L5)의 3축 매핑

축	수단 유형	수소 분야 적용	주된 적용 단계	핵심 적용 임무
Technology-push	R&D 보조	수소 핵심기술 개발, 수전해 소재	R, D	M-H1
Technology-push	실증 지원	대규모 실증단지, 규제 샌드박스	V	M-H1, M-H2
Technology-push	세제(투자)	신성장과 원천기술 세액공제(수전해, 연료전지)	D, V, P	M-H1
Technology-push	정책 금융	정책금융, 녹색채권, 기후대응기금	V, P	M-H1, M-H3
Technology-push	인프라	인수기지, 배관망, 충전소의 국비 지원(공급 측 기반 수단)	G	M-H1
Demand-pull	공공 조달	공공기관 수소차와 수소버스 의무 구매	Dep	M-H2
Demand-pull	시장 조성	청정수소 발전 입찰시장, 차액계약	Dep	M-H2
Demand-pull	의무화	청정수소 발전 의무 비율, 신재생 의무화와의 연계	Dep	M-H2
Demand-pull	세제(소비)	수소차 개별소비세와 취득세 감면	Dep	M-H2

축	수단 유형	수소 분야 적용	주된 적용 단계	핵심 적용 임무
Demand-pull	수출 지원	수출 금융, 공적개발원조 연계, 통상 협상	Dep(해외)	M-H3
거버넌스, 표준, 규제	표준과 인증	청정수소 인증, 탄소발자국, 국제 상호인정	G	M-H1, M-H3
거버넌스, 표준, 규제	규제	고압가스와 수소법의 안전 기준	G, Op	M-H1, M-H2

4. 임무 × 단계 설계 격자

제9장의 대조를 위해 위의 설계를 임무 축 × 혁신 가치사슬 단계의 격자로 요약하면 표 5-8과 같다. 격자의 각 셀에는 설계에서 그 임무와 단계에 배치된 하위임무의 식별번호를 적었으며, 셀이 비어 있는 것은 설계가 그 임무와 단계에 활동을 두지 않았음을 뜻한다. 임무 진술과 임무 축의 대응(표 5-4)에 따라 M-H1의 셀은 M1과 M2에, M-H2의 셀은 M2와 M1에, M-H3의 셀은 M3에 배치하였고, 횡단 기반 셀은 G에 배치하였다.

〈표 5-8〉 수소 분야 임무 × 단계 설계 격자(제9장 대조용)

임무 축	R	D	V	P	Dep	Op	G
M1 에너지 수급 안보	H3-1a, H3-7a	H3-1b, H3-7b	H3-2, H3-8	H3-P1, H3-P2	H3-5, H3-6, H3-11	H3-O1, H3-O2	–
M2 무탄소에너지 전환	H3-13a	H3-1b	H3-2, H3-14	H3-P1, H3-P3	H3-5, H3-17	H3-O3	–
M3 산업적 성과창출	–	H3-13b	H3-14	H3-P3	H3-12, H3-18	–	–
G 횡단 기반	–	–	–	–	–	–	H3-3, H3-4, H3-9, H3-10, H3-15, H3-16

격자에서 읽히는 설계의 특징은 M1과 M2가 연구에서 운영까지 전 단계에 걸쳐 설계되어 있는 반면 M3는 개발에서 보급까지의 중간 구간에 집중되어 있다는 것이다. 이는 산업적 성과창출이 기술의 사업화와 수출이라는 성격상 연구와 운영 단계에 독자적 활동을 갖지 않는다는 설계 논리를 반영한다. 다만 이 격자는 설계의 의도이지 예산의 현실이 아니며, 제9장은 이 격자의 각 셀에 실제 사업이 존재하는지, 설계에 없는 셀에 사업이 존재하는지를 대조한다.

제3절 원자력 분야 하향 설계

1. 분야별 임무 진술과 3분류 재편

원자력 분야의 임무 진술은 기존 원전의 안전과 계속운전을 통한 무탄소 기저전원 확보와 수급 안정화(M-N1), 혁신형 SMR의 상용화와 수출을 통한 신산업 창출(M-N2), 연료주기와 해체와 방사성폐기물의 전주기 역량 확보와 자립화(M-N3)이다(표 5-9). 계획 단계의 설계는 임무영역의 행을 계속운전, 차세대원전, SMR, 연료주기, 해체와 방폐물의 다섯 기술노형 축으로 구성하였으나, 착수 협의에서 원자력을 대형, SMR, 기타의 3분류로 다루기로 결정함에 따라 다섯 축을 3분류에 맞추어 재편하였다. 대형은 계속운전, 차세대 대형(대형 경수로 후속 노형), 연료주기와 해체와 방폐의 세 하위 영역으로 구성되고, SMR은 노형 개발, 상용화 실증과 공급망, 용도 개척의 세 하위 영역으로 구성된다. 계획 단계의 차세대원전에 있던 초고온가스로와 소듐냉각고속로는 현재 추진 중인 사업이 모두 모듈형 소형 노형(민관합작 고온가스로, 선진원자로)이므로 용융염원자로와 함께 SMR의 노형 개발 영역에 배치하고, 차세대 대형은 대형 경수로 후속 노형에 한정한다. 이 경계는 제8장의 자문에서 해양 용융염원자로를 SMR로 이동하기로 확정한 결정, 그리고 최종보고서 서면자문(2026.10)에 따른 3분류 정정과 일관된다. 기타(연구로, 동위원소, 그 외)는 계획 단계 설계에 없던 분류로, 3대 임무의 하향 설계에서 별도의 임무영역을 두지 않고 기반 성격으로 처리하되 동위원소의 상용 생산과 방사선 이용 시장처럼 산업적 성과창출과 직접 연결되는 활동은 M3로 판정한다는 규칙만 둔다. 이 처리는 제8장 상충 쟁점의 하나였던 동위원소 상용화의 단계 판정과 연결된다.

〈표 5-9〉 원자력 분야 임무 진술과 3대 임무 축의 대응, 3분류 재편

임무 진술	내용	주축	부축	해당 분류와 하위 영역	정책 경로
M-N1	기존 원전의 안전과 계속운전을 통한 무탄소 기저전원 확보와 수급 안정화	M1	M2	대형(계속운전)	문제주도 말기(정렬 인접)
M-N2	혁신형 SMR과 차세대 노형의 상용화와 수출을 통한 신산업 창출	M3	M2	SMR(노형 개발, 상용화 실증과 공급망, 용도 개척), 대형(차세대 대형)	SMR은 해법주도, 차세대 대형은 문제주도
M-N3	연료주기와 해체와 방사성폐기물의 전주기 역량 확보와 자립화	M1	G	대형(연료주기와 해체와 방폐)	문제주도 말기
(기타)	연구로, 동위원소, 그 외의 기반 활동	G	M3	기타	-

2. 대형(정렬 인접) — 임무영역, 포트폴리오, 정책수단

대형 원자력의 임무영역 매트릭스는 세 하위 영역과 6단계를 교차한 18개 셀에 횡단 기반 셀을 더한 것이다(표 5-10). 계속운전 영역은 이미 보급과 운영 단계에 있는 설비를 대상으로 하므로 양산 셀이 비어 있고 운영 셀이 핵심이며, 차세대 대형 영역은 연구와 개발에서 실증으로 이어지는 앞 단계가 핵심이고 초도 설비는 2035년 이후로 설계되어 있다. 연료주기와 해체와 방폐 영역은 사용후핵연료 관리와 해체 기술의 실증, 중간저장시설의 초도 설비, 해체 산업의 시장 창출과 해외 진출, 방사성폐기물 관리의 운영으로 전 단계에 걸친다.

〈표 5-10〉 원자력 대형 임무영역(L3) 매트릭스 — 하위 영역 × 혁신 가치사슬 6단계

하위 영역	계속운전 (가동 원전)	차세대 대형 (대형 경수로 후속 노형)	연료주기와 해체와 방폐
R 연구	N3-1a 안전성 평가와 수명관리 원천 연구	N3-6a 대형 후속 노형 원리와 소재 연구	N3-17 고순도 저농축 우라늄과 사용후핵연료 관리 원천 연구
D 개발	N3-2a 예지정비와 디지털트윈 시제품	N3-6b 차세대 노형 컴포넌트 시제품과 기본설계	N3-23 해체 핵심기술(제염, 절단, 폐기물 처리) 개발
V 실증	N3-2b 안전성 설비 개선과 예측정비 실증	N3-7 차세대 노형 종합 실증	N3-18 사용후핵연료 관리 실증 / N3-24 해체 핵심기술 실증(고리 1호기)
P 양산 (참고)	(해당 없음, 기보급)	N3-P1* 차세대 노형 초도 설비 (2035년 이후)	N3-19 고준위 방사성폐기물 중간저장시설 초도 설비
Dep 보급 (국내, 해외)	N3-5 계속운전 허가와 전력시장 장기계약	N3-10 차세대 노형과 대형 원전 수출	N3-21 연료주기 국내 시장 창출 / N3-27 해체 산업 생태계와 시장 창출 / N3-22, N3-28 연료주기와 해체와 방폐 산업 해외 진출
Op 운영	N3-1b 계속운전과 정비 운영	N3-O1* 신규 호기 운영	N3-O2* 방사성폐기물 관리 운영
G 횡단 기반	N3-3 보안 인프라 / N3-4 사후관리 기준과 국제기준 정합	N3-8 연구 인프라 / N3-9 인허가와 표준	N3-25 해체와 방폐 인프라 / N3-20, N3-26 고준위 방폐 특별법 이행과 기준

주: 양산 열은 국가 R&D 범위 밖 민간 영역의 참고 셀이다.

대형 원자력의 포트폴리오는 계속운전과 안전 기반의 기저전원(P-N1), 차세대 대형 기술 확보(P-N2A), 연료주기와 해체와 방폐의 전주기 역량(P-N3)의 세 묶음이다(표 5-12). 정책수단은 정렬 인접 경로의 특성에 따라 제도와 거버넌스와

위험 관리의 비중이 크며, 잠정 기준치는 Technology-push, Demand-pull, 거버넌스의 3 대 2 대 5이다. M-N1의 핵심 수단은 계속운전 규제 절차 개선과 주기적 안전성 평가 고도화(규제와 Technology-push), 무탄소 전원 인정 제도와 장기 전력구매 계약(시장 조성), 보안 투자(인프라), 원전 산업 공급망 금융 지원(금융)이고, M-N3의 핵심 수단은 고준위 방사성폐기물 관리 특별법의 이행(제도), 중간저장시설 건설 국비와 지역 수용성 인센티브(인프라와 보상), 고순도 저농축 우라늄 자립 연구개발과 국제협력(Technology-push와 거버넌스), 해체 전문기업 성장 지원(금융), 해체와 방폐 수출 컨소시엄 지원(수출 지원)이다. 계획 단계의 균형 점검은 M-N1이 무탄소 전원 인정과 장기 계약 제도의 강화를, M-N3가 해체 부문의 연구개발 비중이 낮고 연료주기 연구개발 비중이 높다는 불균형 속에서 방폐 부지와 수용성 제도와 해체 시장 창출의 보강을 필요로 한다고 보았다.

3. SMR(해법주도) — 임무영역, 포트폴리오, 정책수단

SMR의 임무영역 매트릭스는 노형 개발, 상용화 실증과 공급망, 용도 개척의 세 하위 영역과 6단계를 교차한 것이다(표 5-11). 노형 개발 영역은 혁신형 SMR을 중심으로 고온가스로와 고속로와 용융염원자로의 모듈형 노형을 포괄하며, 노심과 피동안전 원천 연구에서 표준설계와 인허가 실증을 거쳐 초도 상용 호기로 이어지는 주 경로이고, 상용화 실증과 공급망 영역은 모듈 제작과 공장 제작 공급망이라는 양산 기반을 다루며, 용도 개척 영역은 산업단지와 데이터센터의 전력과 열 공급, 수소 생산, 담수화, 분산전원이라는 적용 문제영역을 여는 활동으로 해법주도 경로의 핵심이다. 용도 개척 영역이 실증과 보급 단계에 집중되어 있는 것은 해법이 먼저 수렴하고 적용 문제영역의 합의를 찾아가는 해법주도 경로의 구조를 그대로 반영한다.

〈표 5-11〉 원자력 SMR 임무영역(L3) 매트릭스 — 하위 영역 × 혁신 가치사슬 6단계

하위 영역	노형 개발(혁신형 SMR, 용융염원자로, 고온가스로, 고속로, 초소형 원자로)	상용화 실증과 공급망	용도 개척 (산업열, 수소, 담수화, 분산전원)
R 연구	N3-11a 노심과 피동안전과 소재 원천 연구, 고온가스로의 수소 생산 연계와 고속로 원리 연구	–	–
D 개발	N3-11b 컴포넌트 시제품과 표준설계	N3-13a 모듈 제작과 조립 기술	–
V 실증	N3-12a 인허가 실증과 통합 실증	N3-12b 실증호기 건설	N3-15a 산업열과 수소 생산과 담수화 적용 실증

P 양산 (참고)	N3-P2* 초도 상용 호기	N3-13b 공장 제작 공급망 구축(모듈 양산 공정)	-
Dep 보급 (국내, 해외)	N3-16a 국내 상용 보급	N3-16b 수출 패키지와 금융	N3-15b 시장 창출 파일럿 (공공조달, 산업단지 전력과 열)
Op 운영	N3-O3* 운영과 연료 교체	-	-
G 횡단 기반	N3-14 표준설계인가와 신인허가 프레임워크	N3-13c 공급망 인프라 / 규제기관 상호인정	용도별 인증과 계통 연계 기준

주: 양산 열은 국가 R&D 범위 밖 민간 영역의 참고 셀이다.

SMR의 포트폴리오는 혁신형 SMR 상용화와 수출(P-N2B)의 한 묶음이며 표준설계, 인허가, 실증, 상용화, 수출의 단계별 관문을 갖는다(표 5-12). 정책수단은 해법주도 경로의 특성에 따라 실증 규제와 표준과 초기 시장의 비중이 크며, 잠정 기준치는 4 대 3 대 3이다. M-N2의 핵심 수단은 혁신형 SMR 연구개발 보조와 신성장 세액공제(Technology-push), 표준설계인가와 신인허가 프레임워크(표준과 규제), 산업단지와 데이터센터의 전력과 열 공급 파일럿(공공 조달), 수출 금융 패키지와 정부 간 원자력협정(수출 지원), 공장 제작과 모듈 조립 공급망의 세제와 금융(Technology-push)이다. 계획 단계의 균형 점검은 M-N2가 연구개발에 집중되어 있어 신인허가와 공공 조달과 수출 금융이 시급하다고 보았다.

〈표 5-12〉 원자력 분야 포트폴리오(L4)의 구성

포트폴리오	구성요소	유형	주관(개편 전 표기)	연계 셀	관문
P-N1 계속운전과 안전 기반 기저전원(M-N1)	원전 안전성 증진 연구개발	연구개발	과학기술정보통신부, 산업부	N3-1a, N3-2a	개발 → 실증
P-N1	예지정비와 디지털트윈 실증	실증	산업부, 한국수력원자력	N3-2b	실증 → 운영
P-N1	사이버보안과 물리보안	인프라	원자력안전위원회, 산업부	N3-3	-
P-N1	계속운전 규제체계 고도화	제도	원자력안전위원회	N3-4	-
P-N1	원전 전력시장 장기계약	제도, 금융	산업부, 전력거래소	N3-5	-
P-N2A	대형 후속 노형 실증 로드맵	계획	과학기술정보통신부, 산업부	N3-7, N3-P1	실증 → 양산
P-N2B 혁신형 SMR 상용화와 수출(M-N2)	혁신형 SMR 기술개발	연구개발	과학기술정보통신부, 산업부	N3-11a, N3-11b	표준설계 → 인허가

포트폴리오	구성요소	유형	주관(개편 전 표기)	연계 셀	관문
P-N2B	고온가스로 수소생산 연계 연구개발 (민관합작 차세대 원자로)	연구개발	산업부, 과학기술정보통신부	N3-11a, N3-11b (수소 H3-1과 교차)	개발 → 실증
P-N2B	고속로 (선진원자로) 연구개발과 수출 기반	연구개발, 수출	과학기술정보통신부, 산업부	N3-11a, N3-16b	개발 → 보급
P-N2B	표준설계인가 지원	제도	원자력안전위원회	N3-14	인허가 → 실증
P-N2B	실증호기 건설	실증	산업부, 한국수력원자력	N3-12a, N3-12b	실증 → 상용
P-N2B	공장 제작 공급망 구축	인프라	산업부	N3-13a, N3-13b, N3-13c	–
P-N2B	신인허가 프레임워크	제도	원자력안전위원회	N3-14	–
P-N2B	시장 창출 파일럿	제도	산업부, 공공기관	N3-15a, N3-15b	상용 → 보급
P-N2B	수출 금융과 보증 패키지	금융	기획재정부, 수출입은행, 무역보험공사	N3-16a, N3-16b	보급 → 수출
P-N3 연료주기와 해체와 방폐 전주기 역량(M-N3)	고순도 저농축 우라늄 연료 기술개발	연구개발	과학기술정보통신부	N3-17	–
P-N3	사용후핵연료 관리 연구개발	연구개발	과학기술정보통신부, 산업부	N3-17, N3-18	개발 → 실증
P-N3	고준위 방사성폐기물 중간저장시설	인프라	산업부	N3-19, N3-25	–
P-N3	고준위 방폐 특별법 이행	제도	산업부, 환경부	N3-20	–
P-N3	해체 핵심기술 개발과 실증	연구개발, 실증	과학기술정보통신부, 산업부	N3-23, N3-24	개발 → 실증 → 양산
P-N3	해체 산업 생태계 육성	보급, 금융	산업부	N3-27	–
P-N3	해체와 방폐 수출 컨소시엄	수출	산업부, 수출입은행	N3-22, N3-28	–

원자력 분야의 정책수단을 3축으로 정리하면 표 5-13과 같다. 계획 단계 설계의 Technology-push 5종과 Demand-pull 7종 가운데 표준과 인증, 규제, 거버넌스의 3종을 거버넌스와 표준과 규제 축으로 분리하여 3축(5종, 4종, 3종)으로 재편하였다.

〈표 5-13〉 원자력 분야 정책수단(L5)의 3축 매핑

축	수단 유형	원자력 분야 적용	주된 적용 단계	핵심 적용 임무
Technology-push	R&D 보조	혁신형 SMR 기술개발, 차세대 노형, 해체 기술	R, D	M-N2, M-N3
Technology-push	실증 지원	혁신형 SMR 실증호기, 해체 실증, 예지정비 실증	V	M-N1, M-N2, M-N3
Technology-push	세제(투자)	신성장과 원천기술 세액공제(SMR, 해체)	D, V, P	M-N2
Technology-push	정책 금융	원전 산업 생태계 금융 지원, 기후대응기금	V, P	M-N1, M-N2
Technology-push	인프라	방사성폐기물 중간저장시설, 원자력 연구시설(공급 측 기반 수단)	G	M-N3
Demand-pull	공공 조달	공공기관의 SMR 전력과 열 조달 파일럿	Dep	M-N2
Demand-pull	시장 조성	무탄소 전원 인정, 장기 전력구매계약	Dep	M-N1
Demand-pull	의무화	무탄소 전원 인정 범위, 전력수급기본계획 편성	Dep	M-N1
Demand-pull	수출 지원	수출 금융, 무탄소 전원 협상	Dep(해외)	M-N2, M-N3
거버넌스, 표준, 규제	표준과 인증	표준설계인가, 규제기관 상호인정	G	M-N2
거버넌스, 표준, 규제	규제	원자력안전법과 방사선 안전관리 개정, 계속운전 절차	G, Op	M-N1, M-N3
거버넌스, 표준, 규제	거버넌스	고준위 방폐 관리위원회, 지역 수용성 협의체	G	M-N3

4. 임무 × 단계 설계 격자

원자력 분야의 설계를 임무 축 × 단계의 격자로 요약하면 표 5-14와 같다. M-N1의 셀은 M1과 M2에, M-N2의 셀은 M3와 M2에, M-N3의 셀은 연료주기의 자립과 관리는 M1에, 해체 산업의 시장 창출과 수출은 M3에, 제도와 인프라는 G에 배치하였다.

〈표 5-14〉 원자력 분야 임무 × 단계 설계 격자(제9장 대조용)

임무 축	M1 에너지 수급 안보	M2 무탄소에너지 전환	M3 산업적 성과창출	G 횡단 기반
R	N3-1a, N3-17	N3-6a, N3-11a	–	–
D	N3-2a	N3-6b, N3-11b	N3-13a, N3-23	–
V	N3-2b, N3-18	N3-7, N3-12a, N3-15a	N3-12b, N3-24	–
P	N3-19	N3-P1, N3-P2	N3-13b	–
Dep	N3-5, N3-21	N3-16a, N3-15b	N3-10, N3-16b, N3-22, N3-27, N3-28	–
Op	N3-1b, N3-O2	N3-O1, N3-O3	–	–
G	–	–	–	N3-3, N3-4, N3-8, N3-9, N3-13c, N3-14, N3-20, N3-25, N3-26

원자력 격자의 특징은 수소와 대비된다. M1은 계속운전과 연료주기라는 기존 설비의 운영과 사후 처리에 무게가 실려 운영 단계의 셀이 두텁고, M2는 차세대 대형과 SMR의 연구에서 실증까지의 앞 단계에 무게가 실리며, M3는 SMR 상용화와 해체 산업의 보급 단계에 무게가 실린다. 곧 원자력은 하나의 분야 안에 정렬 인접 경로(계속운전, 연료주기)와 해법주도 경로(SMR)가 공존하며, 격자의 셀 분포가 그 공존을 그대로 드러낸다. 이 분포가 실제 예산에서 어떻게 채워져 있는지, 특히 SMR의 실증에서 양산으로 넘어가는 셀과 대형의 운영 셀이 설계대로 존재하는지가 제9장 대조의 관심 지점이다.

제4절 분야 간 교차 연계

분야별 가치사슬을 독립적으로 두는 설계 원칙 아래에서도 두 분야가 만나는 지점이 있다(표 5-15). 첫째는 원자력 연계 수소 생산이다. 고온가스로의 고온 열을 이용한 수소 생산은 SMR 노형 개발 영역(N3-11)과 수소 생산 영역(H3-1, H3-2)이 교차하는 지점이고, SMR의 전력을 이용한 수전해는 SMR 용도 개척 영역(N3-15)과 수소 생산 실증(H3-2)이 교차하는 지점이다. 두 접점은 모두 해법주도 경로의 수소와 해법주도 경로의 SMR이 만나는 곳이므로, 용도의 다중 중첩을 조정하는 메커니즘이 필요하다. 원자력 연계 수소는 수소 공급 경로의 하나이자 SMR의 적용 용도의 하나로 양쪽 설계에 동시에 등장하므로, 예산에서는 중복 계상이 아니라면 각 분야에 각각 분류하되 교차 여부를 표시한다. 둘째는 공통 인증과 표준이다. 청정수소 인증제 안에서 원자력 유래 수소의 탄소발자국과 인정 기준을 어떻게 다룰지는 수소의 횡단 기반(H3-10)과 원자력의 제도 층위가 공유해야 하는 설계 요소이다. 셋째는 통합 수출이다. 원전과 수소 기자재의 패키지 수출은 원자력 SMR 수출(N3-16)과 수소 기자재 수출(H3-12, H3-18)이 만나는 지점이며, 수출 금융과 정부 간 협정이라는 공통 수단을 공유한다.

〈표 5-15〉 분야 간 교차 연계

교차 영역	원자력 측 셀	수소 측 셀	공유 수단	조정 원칙
원자력 연계 수소 생산(고온가스로의 고온 열)	N3-11a, N3-11b SMR 노형 개발	H3-1a, H3-1b, H3-2 생산	연구개발 보조, 실증 지원	양쪽 설계에 동시 등장, 예산은 분야별 분류에 교차 표시
원자력 연계 수소 생산(SMR 전력의 수전해)	N3-15a, N3-15b 용도 개척	H3-2 생산 실증	실증 지원, 시장 창출 파일럿	용도 다중 중첩의 조정 메커니즘 필요
공통 인증과 표준(청정수소 인증 내 원자력 유래 수소)	제도 층위 (N3-9, N3-14)	H3-10 청정수소 인증	표준과 인증	두 분야의 거버넌스 수단 공유
통합 수출(원전과 수소 기자재 패키지)	N3-16b SMR 수출	H3-12, H3-18 기자재 수출	수출 금융, 정부 간 협정	공통 수단의 공동 운용

제5절 하향 설계의 한계와 중간층 검증의 필요

이 장의 설계안은 두 가지 한계를 안고 있으며, 그 한계가 본 연구가 중간층 정합성 검증(제3장 제4절)을 채택한 직접적 이유이다. 첫째는 사후 부착의 위험이다. 계획 단계의 설계는 임무영역과 포트폴리오를 먼저 그린 뒤 정책수단과 사업을 그 아래에 배치하는 방식이었고, 착수 협의에서 이 방식의 약점, 곧 노형과 포트폴리오에서 정책수단과 예산으로 내려가는 매핑이 사후 부착형이라는 점이 확인되었다. 임무 체계를 먼저 그려 놓고 사업을 사후적으로 끼워 넣으면 임무와 예산의 연결이 명목화될 위험이 크다. 이에 대한 보강이 제1절의 두 원칙, 곧 임무영역 셀이 본질적으로 요구하는 수단을 도출 규칙으로 명문화하고, 포트폴리오를 셀의 상향 집계 결과로만 정의하며, 수단과 사업을 셀에 역추적할 수 있도록 식별 체계를 두는 것이다. 둘째는 검증 없는 하향 설계의 위험이다. 이 장의 매트릭스와 포트폴리오와 수단 매핑은 문헌과 법정계획에 근거한 설계 가설이며, 각 셀에 실제로 사업과 예산이 존재하는지, 존재한다면 설계가 요구하는 수단 구성을 갖추고 있는지는 설계만으로는 알 수 없다. 하향 접근은 이론적 일관성이 강하지만 현실의 부처와 회계 구조와 기존 사업의 관성과 어긋나면서 사업을 끼워 맞출 위험을 안고, 상향 접근은 실집행 현실에 충실하지만 상위 임무와의 연결이 임의적 클러스터링에 의존하는 약점이 있다. 본 연구가 두 접근의 사이, 곧 사업과 단위사업이라는 중간층에서 출발하여 위로는 임무 체계와의 정합성을, 아래로는 내역사업 예산 흐름을 검증하는 제3의 접근을 채택한 것은 이 두 한계에 대한 응답이다.

이 장의 설계 격자(표 5-8, 표 5-14)는 그 검증의 한쪽 축이다. 제6장에서 구축한 내역사업 단위 예산 데이터에 제7장과 제8장에서 혁신 가치사슬 단계를, 제9장에서 임무를 태깅한 뒤, 상향 집계된 실제 셀을 이 장의 설계 셀과 같은 임무 × 단계 격자에서 대조하면 셀은 네 가지로 분류된다. 설계와 실제가 모두 존재하는 일치 셀, 설계는 있으나 사업이 소수인 부분 일치 셀, 설계만 존재하는 미배치 셀, 실제만 존재하는 설계 누락 셀이 그것이다. 미배치 셀은 하향 가설이 요구하는 수단이 아직 형성되지 않았다는 뜻이고, 설계 누락 셀은 하향 설계가 현실의 활동을 포착하지 못했다는 뜻이다. 양산 단계의 셀은 민간 영역의 참고 셀이므로 이 분류의 대상이 아니다. 어느 쪽이든 격차는 가설의 수정, 사업 분류의 재코딩, 잔여 격차의 보고 가운데 하나로 처리되며, 이 장의 설계안은 그 처리를 거쳐 최종 매트릭스로 갱신된다. 요컨대 이 장은 완결된 설계가 아니라 검증을 위해 명시된 가설이며, 그 가치는 설계의 정교함이 아니라 검증 가능성에 있다.

제6장 내역사업 단위 예산 데이터 구축(L6)

본 장부터 상향의 층위가 시작된다. 입력은 부처 예산 사업설명자료이고, 처리는 내역사업 단위로 두 분야의 2026년 예산을 전수 정리하여 조사대상 조정과 제외와 중복 처리를 거쳐 분석 모수를 확정하는 일이다(그림 6-1). 산출은 원자력 95행과 수소 93행의 분석 대상 목록과 확정 금액이며, 제7장의 단계 태깅과 제9장의 임무 태깅은 모두 이 목록의 행 단위로 이루어진다.

이 장은 캐스케이딩 좌표계의 최하위 층위인 내역사업(L6) 단위로 수소와 원자력 두 분야의 2026년 예산 데이터를 구축한 과정과 그 결과를 다룬다. 제4장과 제5장이 법정계획에서 임무와 임무영역으로 내려오는 하향의 층위를 다루었다면, 이 장부터는 예산이라는 실체에서 출발하는 상향의 층위가 시작된다. 제1절은 자료원과 구축 방법을, 제2절과 제3절은 원자력과 수소 각 분야의 예산 구조를, 제4절은 분야 통합 집계와 검산을, 제5절은 발주기관 검토 의견에 따른 조사대상 조정과 분석 대상 목록의 확정을, 제6절은 제외와 중복의 처리 규칙과 최종 분석 모수를 서술한다.

제1절 자료원과 구축 방법

1. 원자료와 내역사업 단위 선정 논리

임무와 예산의 정합을 검증하려면 예산 쪽 데이터가 정책수단의 실체가 드러나는 단위까지 분해되어 있어야 한다. 한국의 예산 구조는 프로그램, 단위사업, 세부사업, 내역사업의 위계로 편성되는데, 세부사업 수준에서는 서로 다른 혁신 단계의 활동 — 예컨대 원천연구와 실증과 기반 구축 — 이 하나의 사업명 아래 섞여 있는 경우가 많다. 혁신 가치사슬 단계의 태깅이 유의미하려면 활동의 동질성이 확보되는 최소 단위가 필요하며, 본 연구는 그 단위를 내역사업으로 정하였다. 내역사업은 곧 캐스케이딩 좌표계의 최하위 층위(L6)이고, 각 행은 부처, 세부사업 코드, 내역사업명의 세 요소를 식별 키로 갖는다. 내역사업 단위의 선택은 제3장에서 정한 “층위 간 연결의 작위성 차단” 원칙과도 맞닿아 있다. 세부사업 단위로 태깅하면 하나의 사업에 복수의 단계와 복수의 임무를 배정하거나 지배적 활동 하나로 뭉뚱그려야 하는데, 어느 쪽이든 판정의

근거가 흐려진다. 내역사업 단위에서는 사업설명자료가 내역별로 목적과 산출 근거를 적고 있어, 단계와 임무의 판정을 원문에 대어 확인할 수 있다.

데이터의 원자료는 부처가 국회에 제출하는 2026년도 예산안 사업설명자료 원문이다(관계 부처, 2025). 수소와 원자력 두 분야의 관련 사업설명자료를 전수 수집하였고, 같은 시기에 핵융합 분야의 사업설명자료도 함께 정리하였으나 핵융합은 제1장 제2절의 범위 조정에 따라 분석 대상에서 제외하였다. 수집 범위는 분야 전담 세부사업을 기본으로 하되, 다른 세부사업 안에 편성된 수소 또는 원자력 관련 내역사업을 포함하는 문제는 제5절의 조사대상 조정 단계에서 발주기관 검토 의견을 반영하여 처리하였다.

2. 통일 양식과 정리 절차

사업설명자료는 부처마다 서식과 상세도가 달라, 사업마다 동일한 항목을 갖는 통일 양식으로 옮겨 적는 정리 절차를 거쳤다. 통일 양식의 항목은 표 6-1과 같이 열 가지이다. 정리의 원칙은 요약이나 압축으로 정보를 유실하지 않고 전 사업에 동일한 양식을 유지하는 것이었는데, 이는 이후의 태깅과 검증 단계에서 판정의 근거를 언제든 원문 수준까지 소급하여 확인할 수 있게 하기 위해서이다. 특히 내역사업별 사업 목적과 내용은 요약하지 않고 원문을 발췌하여 보존하였고, 제7장의 단계 판정과 제9장의 임무 판정은 이 원문 발췌를 첫 번째 근거로 삼는다.

〈표 6-1〉 내역사업 예산 데이터의 통일 양식

번호	항목	내용
1	소관과 회계	부처(형식 소관과 실제 운영 부처가 다른 경우 병기), 회계 또는 기금, 프로그램, 단위사업, 세부사업 코드
2	담당 조직	실, 국, 과 단위의 담당 조직
3	사업기간과 성격	시작과 종료 연도, 신규 또는 계속 또는 완료, 지원 형태(출연, 보조, 직접수행, 국제부담금 등)
4	시행주체	전문기관, 출연연구기관, 공공기관, 지방자치단체 등
5	연도별 예산	2024년 결산, 2025년 본예산과 추가경정예산, 2026년 본예산
6	내역사업별 예산	세부사업 아래 기능별 또는 내역사업별 2026년 본예산
7	비목 구성	인건비, 경상경비, 연구개발비, 출연금, 보조금 등 비목별 구성
8	사업 목적과 내용	내역사업별 사업 목적과 주요 내용의 원문 발췌
9	산출 근거	2026년 예산의 산출 근거(과제 수, 단가, 기간 등)
10	비고	증감 사유, 이관, 종료, 중복 가능성 등 처리 메모

정리는 분야별로 사업 묶음을 나누어 순차로 진행하였다. 원자력은 사업설명자료의 목차 순서를 따라 연구개발 사업(차세대 원자로, 사용후핵연료, 가동원전과 해체, 연구로와 동위원소, 방사선 응용), 연구기관 운영과 시설, 국제협력과 기금, 외교와 국토와 기후환경 부처 사업, 원자력안전위원회 소관 규제와 통제 사업, 부서별 기본경비의 순으로 78개 세부사업을 정리하였고, 수소는 국토교통부, 산업통상부, 기후에너지환경부의 순으로 37개 세부사업을 정리하였다. 각 묶음의 정리를 마칠 때마다 사업 수와 합계를 검산하고, 정리본의 요약표와 사업별 상세의 값이 어긋나는 경우 그 사유를 기록하였다. 정리를 마친 뒤 두 분야(핵융합 포함 세 분야)의 사업별 상세를 하나의 통합 집계표로 옮겨 사업 단위 요약과 분야 합계를 산출하였는데, 그 구조와 검산은 제4절에서 다룬다.

3. 수치 처리 원칙

수치 처리의 원칙은 세 가지이다. 첫째, 부처 간 분담 사업은 부처, 사업코드, 회계가 서로 다르면 별개의 예산 사업으로 각각 계상한다. 예컨대 국제핵융합실험로 공동개발 사업의 분담금은 과학기술정보통신부와 기후에너지환경부가 서로 다른 사업코드와 회계로 편성하고 있어 각각 유효한 예산이며, 가동원전 안전성 향상과 혁신형 소형모듈원자로 기술개발처럼 과학기술정보통신부와 기후에너지환경부가 같은 이름의 사업을 각자의 회계로 분담하는 경우도 마찬가지이다. 둘째, 동일 사업이 분야 간에 중복으로 등장하는 경우 통합 합계에서는 1회만 계상한다. 국제핵융합실험로의 과학기술정보통신부 분담은 핵융합 분야와 원자력 분야의 정리에 모두 등장하므로 세 분야 통합 합계에서는 한 번만 센다. 셋째, 모든 건수와 합계는 전산 검산으로 확인하며, 정리 단계와 분석 단계에서 합계가 달라지는 경우 그 사유를 기록한다. 이 원칙은 제5절의 조사대상 조정과 제6절의 제외, 중복 처리에서도 그대로 적용된다.

제2절 원자력 분야 예산 구조

1. 사업 구성과 카테고리별 합계

원자력 분야는 세부사업 78개를 전수 정리하였으며, 내역사업 단위로 합산한 2026년 본예산의 표면 합계는 1,276,638백만원(약 1조 2,766억원)으로 2025년 본예산 1,211,202백만원 대비 5.4% 증가하였다. 78개 세부사업은 내역사업 155행으로 분해되며, 세부사업당 평균 2.0행이다. 내역이 나뉘지 않는 단일 내역사업이 46개로 절반을 넘는데, 이는 연구기관 운영비, 기본경비, 외교 사업 등 사업 자체가 단일 활동인 경우가 많기 때문이다.

78개 세부사업을 정리 단계에서 사용한 열 개의 카테고리로 묶어 합계를 보면 표 6-2와 같다. 카테고리는 사업의 성격에 따른 정리용 분류이며, 제3장의 분야 분류 체계(대형, SMR, 기타)나 제7장의 혁신 가치사슬 단계와는 별개의 것이다.

〈표 6-2〉 원자력 분야 78개 세부사업의 카테고리별 2026년 본예산

카테고리	사업 수	2026년 본예산	비중
차세대 원자로, SMR 연구개발	3	51,258	4.0%
사용후핵연료, 후행핵주기 연구개발	3	33,674	2.6%
가동원전, 해체, 재료, 극한환경 연구개발	4	48,569	3.8%
연구로, 동위원소, 방사선 연구개발	5	176,425	13.8%
방사선 응용, 검정, 중성자, 중입자	5	30,015	2.4%
연구기관 운영, 시설, 인프라	8	309,644	24.3%
국제협력, 기금	4	26,646	2.1%
자금운용(여유자금 예치)	1	56,254	4.4%
국제핵융합실험로 분담(과학기술정보통신부, 기후에너지환경부)	2	171,270	13.4%
외교, 국토, 기후환경 부처 사업	7	268,421	21.0%
안전규제, 통제(원자력안전위원회 소관 연구개발과 기관)	13	79,810	6.3%
기타 행정(원자력안전위원회 운영)	23	24,652	1.9%
계	78	1,276,638	100.0%

표에서 드러나는 첫 번째 사실은 기술 혁신 활동에 해당하는 연구개발 카테고리(차세대 원자로, 사용후핵연료, 가동원전과 해체, 연구로와 동위원소, 방사선 응용)의 합이 339,941백만원으로 표면 합계의 26.6%에 그친다는 점이다. 나머지는 연구기관 운영과 시설(24.3%), 외교와 국토와 기후환경 부처의 사업(21.0%), 국제핵융합실험로

분담(13.4%), 규제와 행정(8.2%), 자금운용(4.4%)이 차지한다. 원자력 분야의 예산은 연구개발 예산이라기보다 원자력이라는 기술체계를 운영하는 데 드는 비용의 총체에 가깝고, 이 사실이 제5절과 제6절에서 분석 대상을 좁혀 가는 이유가 된다.

2. 부처, 회계, 비목, 시행주체의 분포

부처별로는 과학기술정보통신부가 34개 사업 819,835백만원(64.2%)으로 가장 크고, 원자력안전위원회가 36개 사업 104,462백만원(8.2%), 기후에너지환경부가 4개 사업 168,901백만원(13.2%), 국토교통부가 1개 사업 182,034백만원(14.3%), 외교부가 3개 사업 1,406백만원(0.1%)이다. 원자력안전위원회는 사업 수로는 가장 많으나 그 대부분이 규제기관 운영비와 부서별 기본경비여서 금액 비중은 작다. 기후에너지환경부의 4개 사업은 정부조직 개편으로 구 산업통상자원부에서 이관된 국제핵융합실험로 분담(83,920백만원)과 방사성폐기물관리기금으로 편성되는 월성원자력환경관리센터 건설과 한국원자력환경공단 인건비, 기본경비(합계 84,981백만원)이다. 국토교통부의 단일 사업은 경주 혁신원자력연구단지를 포함한 산업단지 진입도로 지원으로, 전국 62개 산업단지의 진입도로를 하나의 세부사업으로 일괄 편성한 것이어서 원자력 분의 분리가 불가능하다.

회계와 기금은 표 6-3과 같이 6종이다. 연구개발의 중심 회계인 원자력기금(원자력연구개발계정)은 13개 사업 287,893백만원(22.6%)이고, 일반회계가 55개 사업 257,388백만원(20.2%)으로 사업 수는 가장 많다. 금액으로 가장 큰 것은 지역균형발전특별회계(지역지원계정)의 4개 사업 375,707백만원(29.4%)인데, 이는 산업단지 진입도로(182,034백만원), 수출용 신형 연구로(155,500백만원), 중입자가속기(19,315백만원), 혁신원자력연구개발기반조성(18,858백만원)처럼 지역에 입지하는 대형 시설 사업이 이 회계로 편성되기 때문이다. 에너지및자원사업특별회계(투자계정)의 2개 사업 186,749백만원은 한국원자력연구원의 연구운영비와 시설 지원이며, 방사성폐기물관리기금 3개 사업과 전력산업기반기금 1개 사업이 그 뒤를 잇는다.

〈표 6-3〉 원자력 분야 회계, 기금별 분포(78개 세부사업 기준)

회계, 기금	사업 수	2026년 본예산	비중	주요 사업
지역균형발전특별회계 (지역지원계정)	4	375,707	29.4%	산업단지 진입도로, 수출용 신형 연구로, 중입자가속기, 혁신원자력연구개발기반조성

회계, 기금	사업 수	2026년 본예산	비중	주요 사업
원자력기금 (원자력연구개발계정)	13	287,893	22.6%	혁신형 SMR, 사용후핵연료, 가동원전 안전, 국제핵융합실험로 (과학기술정보통신부 분담) 등
일반회계	55	257,388	20.2%	원자력안전위원회 소관 사업 전체, 국제협력, 외교부 사업, 용융염원자로 원천기술 등
에너지및자원사업특별회계 (투자계정)	2	186,749	14.6%	한국원자력연구원 연구운영비, 시설 지원
방사성폐기물관리기금	3	84,981	6.7%	월성원자력환경관리센터 건설, 한국원자력환경공단 인건비, 기본경비
전력산업기반기금	1	83,920	6.6%	국제핵융합실험로 (기후에너지환경부 분담)
계	78	1,276,638	100.0%	

비목의 패턴은 사업의 성격을 그대로 반영한다. 연구개발 사업의 다수는 연구개발활동비 단일 비목이고, 연구기관과 규제기관의 운영비는 인건비, 경상경비, 연구개발비, 장비비의 다중 비목이며, 국제핵융합실험로 분담과 국제원자력기구 기술협력, 핵비확산 이행체제의 일부는 국제부담금 비목이고, 여유자금 예치는 비통화금융기관예치금 단일 비목이다. 시행주체는 한국연구재단(원자력기금 연구개발 사업의 관리 전문기관), 한국원자력안전재단(원자력안전위원회 소관 연구개발의 전문기관), 한국원자력연구원, 한국원자력안전기술원, 한국원자력통제기술원, 한국원자력환경공단 등 출연연구기관과 공공기관이 대부분이며, 외교부와 국토교통부와 원자력안전위원회의 일부 사업은 부처 직접수행이다.

3. 국제 분담과 기관 운영, 기본경비의 처리

원자력 예산 구조에서 처리 규칙이 필요한 첫 번째 항목은 국제 공동사업의 부처 분담 구조이다. 국제핵융합실험로 분담은 과학기술정보통신부 분 87,350백만원(원자력기금)과 기후에너지환경부 분 83,920백만원(전력산업기반기금), 합계 171,270백만원(약 1,713억원)으로, 부처와 사업코드와 회계가 모두 다른 별개 예산으로 편성되어 있다. 이 구조는 단순 합산 시 이중계상, 단순 제외 시 과소계상의 양쪽 위험을 만든다. 본 연구는 제1절의 원칙에 따라 두 분담을 각각 유효한 예산으로 계상하되, 과학기술정보통신부 분담이 핵융합 분야와 동일 사업이므로 세 분야 통합 집계에서는 1회만 계상하였고,

원자력 분야의 분석 모수에서는 제6절에서 서술하듯 전문가 자문을 거쳐 핵융합 국제 분담으로 분리하였다.

두 번째 항목은 기관 운영과 부서별 기본경비의 처리이다. 원자력안전위원회의 부서별 기본경비 20건은 사업코드가 부서와 총액 유형에 따라 스무 개로 나뉘어 있으나 사업설명자료는 부처 통합의 단일 문서이고 부서별 배분액도 별도로 표기되지 않아, 통합 합계 4,140백만원을 1회 계상하고 부서명과 총액 유형은 메타데이터로 보존하였다. 연구기관과 규제기관의 운영비는 인건비와 경상경비와 기관 고유사업비가 하나의 세부사업 안에 내역으로 나뉘어 있어 내역사업 단위로 분해하면 기술 혁신 활동에 해당하는 기관 고유사업비와 순수 운영비를 구분할 수 있는데, 이 구분은 제7장의 비VC 분리에서 활용된다.

4. 주요 사업과 집중도

원자력 분야는 대형 시설과 장기 계속사업 중심의 구조여서 소수 사업에 예산이 집중되어 있다. 78개 세부사업 가운데 상위 5개 사업 — 산업단지 진입도로 지원(182,034백만원, 14.3%), 한국원자력연구원 연구운영비 지원(171,326백만원, 13.4%), 수출용 신형 연구로 개발 및 실증(155,500백만원, 12.2%), 국제핵융합실험로 과학기술정보통신부 분담(87,350백만원, 6.8%), 같은 사업의 기후에너지환경부 분담(83,920백만원, 6.6%) — 의 합계는 680,130백만원으로 표면 합계의 53.3%이다. 주목할 점은 이 다섯 사업 가운데 기술 혁신 활동으로서 분석 모수에 남는 것이 수출용 신형 연구로 하나뿐이라는 사실이다. 진입도로는 간접 인프라, 연구원 운영비는 기관 운영, 국제핵융합실험로는 핵융합 분야의 국제 분담으로 각각 분석 대상에서 빠지며, 이는 제5절과 제6절에서 분석 모수가 표면 합계의 절반 아래로 줄어드는 주된 이유이다. 반대로 분석 모수 안에서는 수출용 신형 연구로 단일 사업의 비중이 더욱 커져, 제7장과 제9장에서 이 사업의 단계와 임무 판정이 분야 전체의 분포를 좌우하는 문제로 이어진다.

제3절 수소 분야 예산 구조

1. 사업 구성과 카테고리별 합계

수소 분야는 세부사업 37개를 전수 정리하였으며, 2026년 본예산 합계는 325,205백만원(약 3,252억원)으로 2025년 본예산 177,339백만원 대비 83.4% 증가하였다. 37개 세부사업은 내역사업 86행으로 분해되며 세부사업당 평균 2.3행이고, 단일 내역 사업은 14개이다. 증가를 견인한 것은 신규 편성된 한국형 수소환원제철 실증기술개발(50,146백만원)을 비롯한 대형 실증 사업들이다.

37개 세부사업을 정리 단계의 일곱 개 카테고리로 묶어 합계를 보면 표 6-4와 같다. 이 카테고리 역시 정리용 분류이며 제3장의 수소 3분류(생산, 저장운송, 활용)와 기반 분류는 제7장의 태깅에서 내역사업 단위로 별도 부여된다.

〈표 6-4〉 수소 분야 37개 세부사업의 카테고리별 2026년 본예산

카테고리	사업 수	2026년 본예산	비중	주요 사업
생산, 공급, 산업 실증	11	108,086	33.2%	수소환원제철 실증, 청정수소 활용 수소모빌리티 보급기반, 청록수소, 수전해 원천기술, 배관 수소혼입
클러스터, 시험 인프라	5	66,685	20.5%	수소산업진흥 기반구축, 수소터빈 시험연구센터, 연료전지발전 클러스터, 저장운송 클러스터, 수소시설 안전관리
충전, 교통, 모빌리티 연구개발	11	62,352	19.2%	수소전기동차, 수소전기기관차, 충전소와 복합기지, 수소추진선박, 연료전지 설계검증 플랫폼
수소도시, 인프라	2	46,422	14.3%	수소도시 지원(자율, 지원)
저장, 운송, 인프라 연구개발	5	26,501	8.1%	액화수소 인수기지, 수소배관망, 액체수소 압축기, 액체수소 저장탱크
유통, 인증	2	8,859	2.7%	수소유통 기반구축, 청정수소인증 기반구축
자원순환, 재활용	1	6,300	1.9%	수소자동차 핵심부품 재활용
계	37	325,205	100.0%	

원자력과 비교하면 수소 분야의 예산은 기술 혁신 활동과 그 보급 인프라에 집중되어 있고, 기관 운영이나 국제 분담 같은 비활동 항목이 거의 없다. 이 차이는 제7장에서 비VC 비중의 차이(원자력 13.4%, 수소 6.3%)로 확인된다.

2. 부처, 회계, 단위사업의 분포

형식상 소관 부처는 기후에너지환경부가 23개 사업 215,227백만원(66.2%), 국토교통부가 9개 사업 95,069백만원(29.2%), 산업통상부가 5개 사업 14,909백만원(4.6%)이다. 그러나 형식 소관과 실제 운영 부처가 다른 횡단부처 운영 사업이 9건 90,028백만원으로 합계의 27.7%에 이른다. 기후대응기금으로 편성된 기술개발 사업의 상당수는 기후에너지환경부가 소관하되 국토교통부의 국토교통과학기술진흥원, 과학기술정보통신부의 한국연구재단, 산업통상부의 한국산업기술기획평가원, 해양수산부의 해양수산과학기술진흥원이 실제로 운영한다. 이 구조는 임무-예산 매핑에서 "부처"를 무엇으로 볼 것인가라는 처리 쟁점을 낳으며, 본 연구는 형식 소관과 실제 운영을 모두 메타데이터로 보존하는 방식을 취하였다. 제9장의 임무 판정 규칙에서 부처 임무를 판정 근거의 마지막 순위에 둔 것도 이 구조 때문이다.

회계와 기금은 표 6-5와 같이 8종에 걸쳐 있다. 기후대응기금이 11개 사업 118,469백만원(36.4%)으로 가장 크고, 에너지및자원사업특별회계(투자계정)가 9개 사업 74,703백만원(23.0%), 지역균형발전특별회계(지역자율계정)가 3개 사업 52,412백만원(16.1%), 교통시설특별회계가 5개 사업 41,247백만원(12.7%)이다. 원자력이 원자력기금이라는 분야 전용 재원을 갖는 것과 달리, 수소는 기후 대응, 에너지 신산업, 지역 균형, 교통 시설이라는 서로 다른 정책 목적의 재원을 조합하여 편성되어 있다.

〈표 6-5〉 수소 분야 회계, 기금별 분포(37개 세부사업 기준)

회계, 기금	사업 수	2026년 본예산	비중
기후대응기금	11	118,469	36.4%
에너지및자원사업특별회계(투자계정)	9	74,703	23.0%
지역균형발전특별회계(지역자율계정)	3	52,412	16.1%
교통시설특별회계(도로, 철도, 교통체계관리, 항공공항계정)	5	41,247	12.7%
일반회계	6	18,809	5.8%
전력산업기반기금	1	13,085	4.0%
환경개선특별회계	1	6,300	1.9%
지역균형발전특별회계(지역지원계정)	1	180	0.1%
계	37	325,205	100.0%

단위사업으로는 18종에 걸쳐 있으나 두 계열에 집중되어 있다. 기후대응기금의 탄소중립 기술개발 단위사업(코드 6431)에 9개 사업 90,028백만원(27.7%)이, 에너지및자원사업특별회계의 에너지신산업 단위사업(코드 5203)에 6개 사업 72,270백만원(22.2%)이 편성되어 두 단위사업이 합계의 49.9%를 차지한다. 앞의 계열이 연구개발과 실증을, 뒤의 계열이 산업 기반과 인프라를 담당하는 구조로, 수소 정책의 예산이 "기술개발"과 "산업 기반 구축"의 두 축으로 편성되어 있음을 보여 준다.

3. 신규, 이관, 종료 사업과 증감 구조

수소 예산 구조의 특징은 빠른 팽창과 재편이 동시에 진행되는 유동성에 있다. 2026년 신규 사업이 8건 76,064백만원으로 합계의 23.4%를 차지하는데, 그 65.9%가 한국형 수소환원제철 실증 한 사업이다. 정부조직 개편에 따라 산업통상부에서 기후에너지환경부로 이관된 사업이 4건 48,873백만원(15.0%)이고, 2026년 종료 예정 사업이 6건 38,240백만원(11.8%), 2027년 종료 예정 사업이 3건이다. 신규와 이관과 종료가 동시에 진행되므로 2026년의 단면은 안정된 포트폴리오라기보다 형성 중인 포트폴리오의 한 시점으로 읽어야 하며, 특히 종료 예정 사업의 후속 기획 여부는 제10장 제4절의 후속 연구(다년도 시계열 확장)와 연결된다.

4. 주요 사업과 집중도

집중도 역시 높다. 상위 5개 사업 — 한국형 수소환원제철 실증기술개발(50,146백만원, 15.4%), 수소도시 지원(자율)(46,020백만원, 14.2%), 수소산업진흥 기반구축(26,708백만원, 8.2%), 청정수소 활용 수소모빌리티 보급기반 구축(24,435백만원, 7.5%), 수소터빈 시험연구센터 구축(20,900백만원, 6.4%) — 의 합계는 168,209백만원으로 합계의 51.7%이다. 원자력의 상위 사업이 시설과 운영비였던 것과 달리 수소의 상위 사업은 실증, 보급, 산업 기반이어서, 상위 사업이 모두 분석 모수에 남고 제7장의 단계 분포에서 실증(V)과 보급(Dep)의 비중을 만든다.

두 분야의 예산 구조를 대비하여 요약하면 표 6-6과 같다. 요컨대 수소 분야는 포트폴리오의 골격이 아직 형성 중인 성장기 구조이고 원자력은 운영과 후행주기의 비용이 큰 성숙기 구조로, 이 대비는 제7장과 제8장의 태깅 결과에서 단계 분포의 차이로 다시 확인된다.

〈표 6-6〉 두 분야 예산 구조의 대비(구축 데이터 기준)

구분	원자력	수소
세부사업 수, 내역사업 수	78개, 155행	37개, 86행
2026년 본예산 (표면 합계)	1,276,638백만원(약 1조 2,766억원)	325,205백만원(약 3,252억원)
전년 대비 증감	+5.4%	+83.4%
관련 부처	5개 부처(과학기술정보통신부 64.2%)	형식 소관 3개 부처, 횡단부처 운영 9건(27.7%)
회계, 기금	6종(지역균형발전특별회계 29.4%, 원자력기금 22.6%)	8종(기후대응기금 36.4%)
집중도	상위 5개 사업 53.3%, 대형 시설과 운영비 중심	상위 5개 사업 51.7%, 실증과 보급 중심, 단위사업 2계열 49.9%
변동성	안정적(성숙기)	신규 8건(23.4%), 이관 4건(15.0%), 종료 예정 6건(11.8%)의 성장기
주요 처리 쟁점	국제 분담(171,270백만원), 기관 운영과 기본경비, 간접 인프라의 구분	형식 소관과 실제 운영 부처 불일치의 매핑 키 처리

제4절 분야 통합 집계와 검산

분야별 정리본의 사업별 상세를 하나의 통합 집계표로 옮겨 세 분야(핵융합 포함)의 사업 단위 요약과 분야 합계를 산출하였다. 통합 집계표는 문서 개요, 분야 합계, 세 분야 통합표, 분야별 분리표, 사업별 요약의 일곱 개 시트로 구성되며, 통합표의 각 행은 통일 양식의 17개 열(분야, 사업 번호, 사업명, 부처, 회계와 기금, 프로그램, 단위사업, 세부사업, 사업기간, 성격, 내역사업명, 구분, 2024년 결산, 2025년 본예산, 2025년 추가경정예산, 2026년 본예산, 비고)을 갖는다. 행의 구분은 내역, 합계, 단일의 세 가지로, 내역이 나뉘는 사업은 내역 행과 합계 행을 함께 두고 내역이 나뉘지 않는 사업은 단일 행 하나로 둔다.

〈표 6-7〉 세 분야 통합 집계 결과(2026년 본예산)

분야	세부사업 수	내역사업 수	2026년 본예산	비고
핵융합	7	20	281,272	범위 제외, 참고 집계
원자력	78	155	1,276,638	국제핵융합실험로 과학기술정보통신부 분담(87,350) 포함
수소	37	86	325,205	
세 분야 표면 합계	122	261	1,883,115	중복과 자금운용 미제외
세 분야 중복 제거 합계	121		1,795,765	국제핵융합실험로 과학기술정보통신부 분담 1회 계상
원자력, 수소 합계	115	241	1,601,843	본 연구 구축 데이터

검산에서 확인된 사항은 두 가지이다. 첫째, 분야별 정리본의 요약표와 통합 집계표의 합계 사이에 원자력 1,001백만원, 수소 165백만원의 차이가 있었다. 정리본의 요약표가 일부 내역사업의 금액을 상위 합계에 포함된 것으로 표기하면서 누락하였거나 정리 초기의 값을 갱신하지 않은 데서 생긴 차이로, 사업별 상세의 직접 추출값이 사업설명자료 원문과 일치함을 확인하여 통합 집계표의 값을 채택하였다. 이 장과 부록 F의 수치는 모두 통합 집계표 기준이다. 둘째, 세 분야 표면 합계 1,883,115백만원에는 핵융합과 원자력에 모두 등장하는 국제핵융합실험로 과학기술정보통신부 분담 87,350백만원이 두 번 포함되어 있어, 세 분야 중복 제거 합계는 1,795,765백만원이다. 다만 본 연구의 분석 대상은 원자력과 수소 두 분야이므로 이후의 모든 수치는 원자력, 수소 합계 1,601,843백만원(115개 세부사업)에서 출발한다. 115개 세부사업의 사업 단위 요약은 부록 F에 수록하였다.

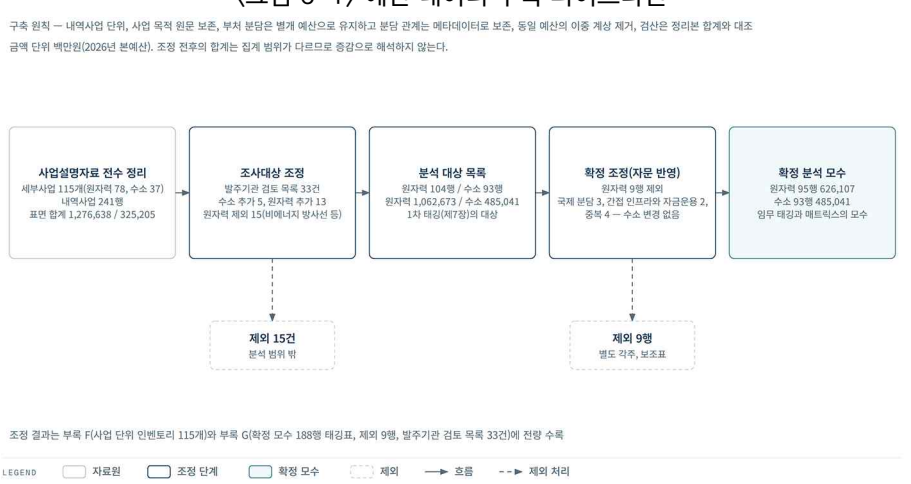
제5절 분석 대상 목록의 확정

1. 발주기관 검토 의견에 따른 조사대상 조정

구축된 데이터 전체가 곧 분석 대상은 아니다. 4월에 구축한 데이터는 분야 전담 세부사업을 전수 정리한 것이어서 두 방향의 조정이 필요하였다. 하나는 원자력 분야의 정리 범위에 포함되어 있으나 원자력 에너지의 혁신과 직접 관련이 없는 사업 — 의료와 산업 분야의 방사선과 동위원소 활용, 의학원 운영, 기획평가관리비 — 을 제외하는 것이고, 다른 하나는 분야 전담 세부사업 밖의 다른 세부사업 안에 편성된 수소 또는 원자력 관련 내역사업과 다부처 분담 사업의 상대 부처 분을 추가하는 것이다.

이 조정은 2026년 6월 발주기관이 구축 데이터를 검토하여 제공한 추가 검토 대상과 제외 대상 목록에 따라 이루어졌다. 발주기관 검토 목록은 수소 분야 추가 검토 대상 5건, 원자력 분야 추가 검토 대상 13건, 원자력 분야 제외 대상 15건으로 구성되며, 그 전체 목록과 연구진의 처리 결과는 부록 G의 G-4에 수록하였다. 연구진은 검토 목록의 각 건에 대해 사업설명자료를 확인하여 처리하였고, 그 결과는 표 6-8과 같이 요약된다.

〈그림 6-1〉 예산 데이터 구축 파이프라인



〈표 6-8〉 발주기관 검토 목록의 구성과 처리 결과

구분	건수	처리 결과
수소 추가 검토 대상	5	3건 반영(다른 세부사업 안의 수소 관련 내역 7행 159,836백만원 추가), 2건 미반영(수소 특정 내역 식별 곤란 1건, 사업설명자료 미확보 1건)
원자력 추가 검토 대상	13	13건 전부 목록에 추가(13건 141,706백만원). 이 가운데 2건은 추가 후 기존 사업의 부처 분담 자료와 동일한 것으로 확인되어 제6절에서 이중계상으로 통합
원자력 제외 대상	15	13건 목록에서 제외(123,924백만원). 국제핵융합실험로 분담 2건은 목록에 유지한 뒤 전문가 자문에서 분리 확정

원자력 추가 검토 대상 13건은 민관합작 차세대원자로 개발과 선진원자로 수출 기반 구축, 가동원전 안전성 향상과 혁신형 소형모듈원자로와 사용후핵연료 저장, 처분 안전성의 기후에너지환경부 분담, 차세대 핵연료 시범연료봉, 사용후핵연료 관리시설 설계, 원자력안전위원회의 소형모듈원자로와 차세대 원자로 규제검증 기술개발 3건, 해양수산부의 용융염원자로 해양 적용 기술개발 등이다. 규제검증 기술개발 3건에 대해 발주기관은 "안전규제 분야이나 기술개발 관련 내용으로 검토 필요"라는 의견을 붙였는데, 이 의견은 제8장의 자문 쟁점(규제연구의 위치)에서 규제기술도 혁신 대상이라는 결정으로 이어졌다. 제외 대상 15건은 방사선과 동위원소의 의료, 산업 활용과 의학원 운영 등 비에너지 분야 활용 사업 10건(원자력 에너지 분야로 판단하기 모호하다는 의견이 붙은 중입자가속기 포함), 기획평가관리비 2건, 행정 정보화 1건, 국제핵융합실험로 분담 2건이다.

2. 타 세부사업 내 관련 내역사업의 포함 원칙과 연구진 판단 제외

다른 세부사업 안의 관련 내역사업을 포함하는 원칙은 제1절의 내역사업 단위 선정 논리의 귀결이다. 신재생에너지핵심기술개발 사업의 수소 내역(73,453백만원)과 연료전지 내역(51,345백만원), 무탄소에너지핵심기술개발 사업의 그린수소 기술자립, 차세대 수소, 미래수소 원천기술, 인공지능 기반 미래기후기술 원천연구 내역, 그리고 과학기술정보통신부에서 기후에너지환경부로 이관된 그린수소 원천기술 사업이 이 원칙에 따라 수소 분야 목록에 추가되었다. 세부사업 단위로 분석했다면 이 사업들은 신재생에너지 또는 무탄소에너지 일반으로 분류되어 수소 분야에서 누락되었을 것이며, 그 규모(159,836백만원)는 수소 분야 전담 세부사업 합계의 절반에 가깝다. 내역사업 단위의 선택이 분석 대상의 포착 범위 자체를 바꾼다는 점에서, 이 추가는 방법 선택의 실질적 효과를 보여 주는 사례이다.

발주기관 검토 목록에 더하여 연구진은 원자력 분야에서 사업 단위의 혁신 활동을 식별할 수 없는 기관 운영 성격의 항목 26건 231,747백만원을 목록에서 제외하였다. 한국원자력연구원의 연구운영비와 시설 지원(2건 186,749백만원), 동남권원자력의학원의 연구운영비(19,921백만원), 원자력안전위원회의 인건비와 청사 운영과 현장 방사능방재지휘센터 신축(3건 20,937백만원), 부서별 기본경비 20건(4,140백만원)이 그것이다. 연구원 연구운영비는 금액이 크지만 사업설명자료가 기관 단위의 인건비와 경상경비와 시설비로만 구성되어 있어 내역사업 단위의 활동을 식별할 수 없고, 규제기관의 인건비와 기본경비는 부처 자체의 운영비여서 사업 단위 분석의 대상이 되지 않는다. 한편 한국원자력안전기술원, 한국원자력통제기술원, 한국원자력안전재단의 연구운영비는 기관 고유사업비가 내역으로 분리되어 있어 목록에 유지하였고, 그 운영비 부분은 제7장에서 비VC로 분리된다.

3. 확정 목록과 검산

조정을 반영한 분석 대상 목록은 원자력 104행(51개 세부사업과 중복 자료 1건, 2026년 본예산 1,062,673백만원), 수소 93행(40개 세부사업, 485,041백만원)이며, 함께 식별된 핵융합 관련 내역 20행은 범위 제외 원칙에 따라 목록에서 분리하였다. 구축 데이터에서 확정 목록에 이르는 경로를 분야별로 정리하면 표 6-9와 같다. 원자력의 경우 78개 세부사업 가운데 39개가 제외되고 39개가 남았으며 여기에 13건이 추가되어 104행이 되었고, 수소는 37개 세부사업 전부가 남고 7행이 추가되어 93행이 되었다. 확정 목록의 부처는 원자력이 과학기술정보통신부 49행, 기후에너지환경부 24행, 원자력안전위원회 24행, 외교부 5행, 국토교통부 1행, 해양수산부 1행의 6개 부처이고, 수소가 기후에너지환경부 61행, 국토교통부 17행, 산업통상부 15행의 3개 부처이다. 목록의 건수와 합계는 전산 검산으로 확인하였으며, 확정 목록 217행(핵융합 20행 포함)의 분야별 행수와 합계가 위 수치와 일치함을 확인하였다.

〈표 6-9〉 구축 데이터에서 분석 대상 목록 확정까지의 경로

단계	원자력	수소
① 구축 데이터(2026년 4월)	78개 세부사업, 1,276,638	37개 세부사업, 325,205
② 발주기관 검토 목록에 따른 제외	13개 세부사업, 123,924 차감	해당 없음
③ 연구진 판단 제외(기관 운영 성격)	26개 세부사업, 231,747 차감	해당 없음
④ 잔존	39개 세부사업, 920,967	37개 세부사업, 325,205
⑤ 발주기관 검토 목록에 따른 추가	13건, 141,706 추가	3개 세부사업의 관련 내역 7행, 159,836 추가
⑥ 확정 목록(2026년 6월)	104행, 1,062,673	93행, 485,041

제6절 제외, 중복 처리와 분석 모수

1. 처리 규칙

확정 목록에는 이어서 제외와 중복의 처리 규칙이 적용되었다. 규칙은 세 가지이다. 첫째, 국제 분담 사업의 분리이다. 국제핵융합실험로 분담은 핵분열과 기술체계, 산업구조, 상용화 경로가 다른 핵융합 분야의 국제 분담금이므로 원자력 분석에서 분리하고 별도 각주로 처리한다. 둘째, 간접 인프라와 자금운용 항목의 제외이다. 산업단지 진입도로 지원은 원자력 산업단지와의 직접 연계가 확인되는 부분에 한해 비VC 인프라로 유지할 수 있으나 통합 62건 일괄 계상으로 분리가 불가능하여 전체를 제외하고, 여유자금의 비통화금융기관 예치는 사업이 아닌 자금운용이므로 제외한다. 셋째, 부처 분담에 따른 중복 행의 통합이다. 사업 마스터를 기준으로 동일 예산을 1회만 계상하되 부처별 분담 정보는 메타데이터로 전량 보존하며, 식별 키는 사업 고유번호와 예산액으로 한다. 이 규칙에 따르면 사업 고유번호와 예산액이 모두 같은 행은 같은 자료의 중복 등재로 보아 통합하고, 사업명이 같더라도 부처와 사업코드와 회계가 다르고 예산액이 다른 행은 별개 예산으로 유지한다.

세 규칙은 연구진의 1차 판단으로 제안된 뒤 제8장의 전문가 자문에서 모두 만장일치로 확정되었다. 국제 분담의 분리와 간접 인프라, 자금운용의 제외는 원자력 분야 자문위원 4인의 만장일치였고, 부처 분담과 중복의 처리 규칙은 두 분야 자문위원 8인의 만장일치였다.

2. 확정 분석 모수

규칙을 적용한 조정 내역은 표 6-10과 같다. 원자력에서는 국제핵융합실험로 분담 3행 171,270백만원이 분리되고, 산업단지 진입도로 1행 182,034백만원과 여유자금 예치 1행 56,254백만원이 제외되며, 제5절에서 발주기관 검토 목록에 따라 추가된 뒤 기존 사업의 부처 분담 자료와 동일한 것으로 확인된 4행 27,008백만원 — 원전해체 경쟁력 강화 기술개발의 2행과 사용후핵연료 저장, 처분 안전성 확보 핵심기술개발의 2행 — 이 통합된다. 합계 9행 436,566백만원이 차감되어 원자력의 확정 분석 모수는 95행 626,107백만원(약 6,261억원)이다. 수소 분야는 조정 대상이 없어 확정 목록이 그대로 분석 모수가 되며 93행 485,041백만원(약 4,850억원)이다. 조정된 9행의 행 단위 내역은 부록 G의 G-3에 있다.

〈표 6-10〉 원자력 분야 확정 조정 내역

처리	대상	행수	금액	근거
분리 (핵융합 국제 분담)	국제핵융합실험로 공동개발 — 과학기술정보통신부 분담 1행, 기후에너지환경부 분담 2행	3	171,270	자문 만장일치
제외 (간접 인프라)	산업단지 진입도로 지원(경주 혁신원자력연구단지 포함, 통합 62건)	1	182,034	자문 만장일치, 조건부 각주
제외(자금운용)	비통화금융기관 예치(여유자금 운용)	1	56,254	자문 만장일치
통합(이중계상)	원전해체 경쟁력 강화 기술개발 2행(650 + 3,243), 사용후핵연료 저장, 처분 안전성 확보 핵심기술개발 2행(22,115 + 1,000)	4	27,008	자문 만장일치 (부처 분담, 중복 처리 규칙)
소계		9	436,566	
확정 분석 모수	104행 1,062,673에서 9행 차감	95	626,107	

구축 데이터에서 확정 분석 모수에 이르는 과정을 단계별로 정리하면 표 6-11과 같다. 원자력의 경우 조정 전 1,062,673백만원에서 분석 모수가 626,107백만원으로 41.1% 줄어드는데, 이 차이 자체가 원자력 분야 예산에서 국제 분담금, 간접 인프라, 자금운용, 부처 중복 계상이 차지하는 비중을 보여 주는 진단적 정보이기도 하다. 확정 분석 모수 95행에는 2025년에 종료되어 2026년 본예산이 0인 내역 9행이 포함되어 있는데, 이 행들은 목록의 연속성을 위해 종료 표시를 붙여 유지하되 금액에는 영향이 없다. 수소 분야에도 같은 성격의 행이 1행 있다.

〈표 6-11〉 구축 데이터에서 확정 분석 모수까지의 단계

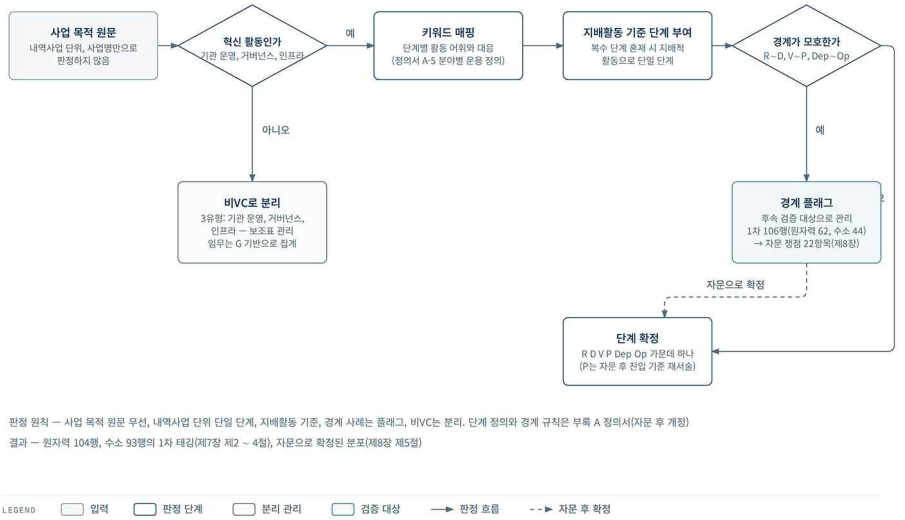
단계	처리 내용	원자력	수소
① 예산 데이터 구축 (2026년 4월 ~ 5월)	부처 사업설명자료 전수 수집, 내역사업 단위 분해	78개 세부사업, 1,276,638	37개 세부사업, 325,205
② 분석 대상 목록 확정 (2026년 6월)	발주기관 검토 목록 반영, 타 세부사업 내 관련 내역 포함, 기관 운영 항목 제외	104행, 1,062,673	93행, 485,041
③ 자문 확정 조정 (2026년 8월)	국제 분담 분리, 간접 인프라와 자금운용 제외, 부처 분담 중복 통합	9행, 436,566 차감	변경 없음
④ 확정 분석 모수	단계 태깅(제7장, 제8장)과 임무 페어링(제9장)의 기준 집합	95행, 626,107 (약 6,261억원)	93행, 485,041 (약 4,850억원)

마지막으로, 분석 모수 안에서도 모든 행이 기술 혁신 활동은 아니다. 기관 운영, 규제와 거버넌스, 일반 인프라 성격의 항목은 혁신 가치사슬 단계에 강제로 배정하지 않고 비VC로 분리하여 별도 관리하는데, 이 분리의 기준과 결과, 그리고 그것이 분야 진단에 갖는 함의는 제7장에서 상세히 다룬다. 확정 분석 모수 188행의 행 단위 전체 목록은 부록 G에 수록하였다.

제7장 혁신 가치사슬 단계 태깅(L6 → 단계)

이 장의 입력은 제6장의 분석 대상 목록이고, 처리는 각 행의 사업 목적 원문을 읽어 비VC를 분리하고 지배활동 기준으로 6단계 가운데 하나를 부여하는 1차 태깅이다(제1절, 그림 7-1). 판정이 모호한 행은 플래그로 남겨 제8장의 자문 쟁점으로 넘긴다. 산출은 두 분야의 단계별 1차 분포와 진단(제2 ~ 4절)이며, 이 분포는 자문을 거쳐 제8장에서 확정된다.

〈그림 7-1〉 혁신 가치사슬 단계 태깅의 판정 흐름



이 장은 제6장에서 확정한 분석 대상 목록(원자력 104행, 수소 93행)의 모든 행에 제3장 제2절의 혁신 가치사슬 6단계를 태깅한 1차 결과를 다룬다. 중간층 정합성 검증의 여섯 절차 가운데 첫 절차에 해당하며, 그 결과는 제8장의 전문가 자문으로 검증되어 확정되고, 제9장의 임무 태깅과 페어링의 기준이 된다. 제1절은 태깅의 규칙과 절차를, 제2절과 제3절은 원자력과 수소의 1차 결과와 진단을, 제4절은 두 분야의 비교 진단을 서술한다. 1차 태깅은 연구진 판단에 따른 초안이므로 이 장은 결과와 함께 판정이 모호했던 지점을 플래그 목록으로 드러내는 데 중점을 두었고, 그 플래그가 제8장 자문의 안건이 되었다.

제1절 태깅 규칙과 절차

1. 판정 근거의 우선순위

태깅의 단위는 내역사업 행이며, 각 행에 6단계 가운데 하나의 단계를 부여한다. 판정의 근거는 사업 목적과 내용의 원문을 첫째로, 3분류(원자력의 대형, SMR, 기타와 수소의 생산, 저장운송, 활용, 기반)와 사업의 성격을 둘째로, 사업명을 마지막으로 삼는다. 사업명만으로 판정하지 않는다는 원칙은 “기반기술”, “고도화”, “혁신기술”, “실증” 같은 명칭이 실제 활동의 단계를 보증하지 않기 때문이며, 이 원칙은 제8장의 자문에서 전문가들이 거듭 강조한 사항이기도 하다. 모든 행에는 판정 근거를 한 줄로 기록하여 제3자가 판정을 추적할 수 있게 하였다.

2. 단계 판정 규칙과 키워드 매핑

단계의 정의와 경계 규칙은 제3장 제2절과 부록 A의 정의서를 따른다. 연구(R)와 개발(D)의 경계는 공인 외부 시험의 개시 여부로, 실증(V)과 양산(P)의 경계는 상업 규모 설비, 반복 생산 공정, 시장 인도 목적의 세 조건 가운데 두 개 이상의 충족으로, 보급(Dep)과 운영(Op)의 경계는 건설과 가동의 분기로 판정한다. 실무적으로는 사업 목적 원문의 활동 서술을 표 7-1의 키워드 매핑에 대어 1차 단계를 정하고, 경계 규칙에 비추어 확정하였다. 키워드 매핑은 분야별 운용 정의(정의서 제5절)를 반영하여 원자력과 수소에서 달리 적용하였는데, 예컨대 원자력에서 “실증기반 구축”은 실증(V)으로, 수소에서 “인증”은 정의서가 Demand-pull 보급 수단으로 명시한 데 따라 보급(Dep)으로 매핑하였다.

〈표 7-1〉 단계별 키워드 매핑(분야별 운용)

단계	원자력 운용 키워드	수소 운용 키워드
R 연구	기초, 기반, 원천, 요소기술, 원리, 기초연구 지원	수전해 촉매와 소재 원천연구, 청록수소 원리, 미래수소 원천기술
D 개발	설계, 시제품, 기술개발, 고도화, 혁신기술, 검증기술 개발(방법 개발)	핵심기술 개발, 시제품, 설계, 시스템 개발, 고도화, 융합혁신기술
V 실증	실증, 실증기반 구축, 파일럿, 인허가 실증, 노내 조사, 국제 실증로 분담	실증, 시험연구센터, 테스트베드, 인수기지 파일럿, 성능시험, 안전성 검증, 시범단지
P 양산	초도 상용 설비, 양산 공정, 상용 1호기	GW급 수전해 초도 설비, 수소환원제철 초도 설비
Dep 보급	상용 건설, 처분시설 건설, 수출기반 구축, 기업 육성, 시장 형성	충전소, 수소도시, 생산기지 구축, 청정수소 인증, 기업 사업화, 해외 도입기반
Op 운영	보급 후 운영, 유지, 정비, 감시기 운영, 해체 활동	충전소 안전관리, 품질검사, 모니터링 운영

3. 비VC 분리 기준과 3유형

예산 사업 가운데에는 기술 혁신 활동이 아니라 기관 운영비, 외교와 국제협력, 제도와 통계, 시설과 장비, 진입도로, 여유자금 운용 같은 항목이 섞여 있다. 이를 억지로 6단계에 배정하면 단계별 해석이 왜곡되므로 비VC로 분리하되, 표 7-2의 세 유형으로 구분하여 별도로 관리한다. 정의서(부록 A)가 거버넌스를 혁신 가치사슬의 단계가 아니라 정책수단의 한 축으로 규정하고 있다는 점에서 분리는 개념적으로 정합적이며, 분리된 비VC의 규모 자체는 분야의 성숙도를 보여 주는 보조 지표로 활용한다. 다만 사업단 운영비처럼 특정 기술개발 사업에 귀속된 관리비는 모사업의 단계에 따르고, 기관의 고유사업비처럼 연구 활동의 실체가 있는 항목은 기술 단계에 두었다.

〈표 7-2〉 비VC 3유형의 기준

유형	기준	예
N-운영	기관 인건비, 경상경비, 기본경비, 사업관리비 등 순수 운영비	규제기관 운영비, 전담기관 운영관리비, 기획평가관리비
N-거버	국제협력, 외교, 통제와 이행체제, 제도와 기준, 통계, 공감대 형성 등 거버넌스 활동	국제기구 분담과 협력, 핵비확산 이행체제, 유통질서와 통계, 법제도와 기술기준
N-인프라	연구단지, 시설, 장비 구축, 검사소, 진입도로 같은 기반시설과 여유자금 운용	연구단지 조성, 시험평가장비 구축, 검사소 구축, 자금 예치

4. 지배활동 기준과 경계 플래그 운용

하나의 내역사업에 복수 단계의 활동이 섞여 있는 경우 — "기술개발 및 실증"으로 편성된 통합 사업이 대표적이다 — 활동 단위로 예산을 분할할 근거가 없으므로 지배적 활동을 기준으로 단일 단계를 부여한다. 그리고 경계가 모호하거나 판정에 이견이 예상되는 행에는 경계 유형을 나타내는 플래그(R~D, D~V, V~P, Dep~Op 등)를 붙여 후속 검증 대상으로 관리한다(이하 경계 플래그). 플래그는 판정을 유보하는 표시가 아니라 판정을 내리되 그 불확실성을 공개하는 장치이며, 플래그 행의 목록이 그대로 제8장 자문의 안건이 되도록 설계하였다. 1차 태깅에서 부여한 플래그는 원자력 62행, 수소 44행, 합계 106행이다.

제2절 원자력 1차 태깅 결과

1. 단계별 분포

원자력 분석 대상 104행 1,062,673백만원의 1차 태깅 분포는 표 7-3과 같다. 이 분포는 국제 분담, 제외 후보, 부처 분담의 중복을 모두 포함한 총계 기준이며, 그 보정은 아래 3항과 제8장에서 다룬다.

〈표 7-3〉 원자력 1차 태깅의 단계별 분포(104행)

단계	행수	2026년 본예산	비중
R 연구	24	75,044	7.1%
D 개발	23	168,073	15.8%
V 실증	15	404,910	38.1%
P 양산	0	0	0.0%
Dep 보급	6	25,029	2.4%
Op 운영	3	70,858	6.7%
N-운영	11	30,668	2.9%
N-거버	13	16,475	1.6%
N-인프라	9	271,616	25.6%
계	104	1,062,673	100.0%

기술 단계(R ~ Op)에 71행 743,914백만원(70.0%), 비VC에 33행 318,759백만원(30.0%)이 배정되었다. 기술 단계 안에서는 실증(V)이 38.1%로 가장 크고 개발(D)이 15.8%, 연구(R)가 7.1%이며, 양산(P)은 한 건도 없고 보급(Dep)과 운영(Op)이 각각 2.4%와 6.7%이다.

2. 3분류 × 단계 교차표

표 7-4는 제3장 제3절의 원자력 3분류(대형, SMR, 기타)와 단계의 교차 분포이다. 대형은 사용후핵연료와 방사성폐기물, 가동원전 안전, 해체, 차세대 대형 원자로를, SMR은 혁신형 소형모듈원자로와 소형모듈원자로 경쟁력 강화를, 기타는 연구로와 동위원소, 규제와 통제, 국제협력, 기관 운영을 포함한다. 1차 태깅에서 해양용 용융염원자로 관련 행은 기타에, 해양수산부의 용융염원자로 해양 적용은 대형에 두었으며 이 귀속은 자문 쟁점이 되었다.

〈표 7-4〉 원자력 1차 태깅의 3분류 × 단계 교차(행수 / 2026년 본예산)

3분류	R	D	V	P	Dep	Op	비VC	계
대형	4 / 10,816	11 / 88,708	10 / 77,090	0 / 0	5 / 24,572	2 / 67,409	1 / 1,000	33 / 269,595
SMR	1 / 3,500	8 / 66,875	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	9 / 70,375
기타	19 / 60,728	4 / 12,490	5 / 327,820	0 / 0	1 / 457	1 / 3,449	32 / 317,759	62 / 722,703
계	24 / 75,044	23 / 168,073	15 / 404,910	0 / 0	6 / 25,029	3 / 70,858	33 / 318,759	104 / 1,062,673

교차표에서 대형은 연구부터 운영까지 전 단계에 행이 분포하는 유일한 분류이고, SMR은 연구 1행과 개발 8행뿐이며, 기타는 연구 19행과 비VC 32행에 몰려 있다. 기타의 실증 5행 327,820백만원은 국제핵융합실험로 분담 3행(171,270백만원)과 수출용 신형 연구로(155,500백만원), 동위원소 상용화(1,050백만원)로 구성되어 있어, 1차 분포의 실증 비중이 사실상 이 소수 사업으로 결정됨을 보여 준다.

3. 총계 보정

1차 분포의 총계에는 분석에서 분리하거나 제외해야 할 항목이 섞여 있어 실질 해석에는 보정이 필요하며, 그 보정 자체가 자문 쟁점이 되었다. 표 7-5는 1차 태깅 시점에 연구진이 식별한 보정 항목이다. 국제핵융합실험로 분담 3행은 정부 예산 분류상 원자력에 편입되어 있으나 실질은 핵융합 사업이고, 산업단지 진입도로와 여유자금 예치 2행은 사업의 성격이 아니며, 과학기술정보통신부와 기후에너지환경부의 부처 분담과 자료의 중복 등재 18행은 통합 기준이 필요하였다. 세 항목을 모두 보정하면 순수 원자력 기술 단계는 68행 572,644백만원으로 줄어든다.

〈표 7-5〉 원자력 1차 태깅의 총계 보정 항목

보정 항목	행수	2026년 본예산	1차 처리 의견
국제핵융합실험로 분담 (원자력 분야 편입)	3	171,270	보고서 범위 외, 실증(V)에서 분리 권고
제외 후보 (산업단지 진입도로, 여유자금 예치)	2	238,288	사업 성격 아님, 분석 제외 권고
부처 분담과 자료 중복 등재	18	109,168	사업 마스터 기준 통합 필요(분담은 별개 예산으로 유지, 동일 자료 중복만 제거)
보정 후 순수 원자력 기술 단계	68	572,644	R ~ Op 가운데 국제 분담 제외

4. 핵심 진단

1차 결과에서 다섯 가지 진단이 도출되었다. 첫째, 양산(P) 단계의 역할 구분이다. 양산 단계 사업이 0건인 것은 초도 상용 설비(FOAK)를 짓는 양산 구간이 국가 R&D 범위 밖의 민간 영역 — 발전사업자와 시장의 영역 — 에 놓여 있기 때문이며, 원자력 R&D 예산은 연구에서 실증까지의 구간과 건설과 운영의 구간에 분포한다. 분석에서는 이를 국가 R&D가 담당하는 실증까지의 영역이 명확히 구분됨을 확인하는 정보로 읽되, 그 판정이 구조적 특성인지 태깅 기준의 문제인지는 자문에서 검증할 사항으로 남겼다.

둘째, 실증(V) 비중의 구성이다. 실증 비중 38.1% 가운데 80.7%(326,770백만원)가 국제핵융합실험로 분담과 수출용 신형 연구로의 두 사업에 집중되어 있어, 국제 분담을 분리하면 실증 예산은 233,640백만원으로 줄어든다. 실증이 원자력의 중심 활동이라는 해석은 두 사업의 처리에 따라 달라지므로, 총계 보정 전에는 실증 집중을 분야의 특성으로 읽을 수 없다.

셋째, SMR의 단계 집중이다. SMR 9행이 전부 연구(1행)와 개발(8행)에 있고 실증 이상의 단계가 없다. 혁신형 소형모듈원자로 사업이 표준설계와 혁신기술 개발의 단계에 머물러 있음을 반영하며, 이후 제9장에서 임무와 단계의 어긋남을 진단하는 핵심 근거가 된다.

넷째, 비VC 비중이 높다는 점이다. 비VC 33행이 행수의 31.7%, 예산의 30.0%를 차지하며, 특히 N-인프라의 25.6%는 산업단지 진입도로(182,034백만원)와 여유자금 예치(56,254백만원)가 만든 값이다. 이 두 항목을 분석에서 분리하지 않으면 임무 정합성 진단의 해석에 영향을 준다는 것이 1차 태깅의 판단이었고, 제8장에서 이 판단은 만장일치로 확정되어 비VC 비중은 13.4%로 바뀐다.

다섯째, 대형 분류의 전주기 균형이다. 대형 33행은 연구 4행, 개발 11행, 실증 10행, 보급 5행, 운영 2행으로 전 단계에 분포한다. 사용후핵연료와 방사성폐기물, 가동원전 안전, 해체가 연구에서 운영까지의 전 구간을 형성하는 것은 운영 중인 자산을 가진 성숙 산업의 특징이며, 제9장의 양방향 검증에서 핵심 대상이 된다.

5. 경계 플래그 62행의 그룹별 요약

1차 태깅에서 판정이 모호하다고 본 62행을 경계 유형별로 묶으면 표 7-6의 11개 그룹이 된다. 그룹의 대부분은 제8장의 자문 쟁점 번호와 일대일로 대응하며, 그룹별 목록은 자문 자료에 전체 표로 수록되어 전문가가 개별 행 단위로 이견을 제시할 수 있게 하였다.

〈표 7-6〉 원자력 1차 태깅의 경계 플래그 그룹(62행)

그룹	행수	2026년 본예산	내용	대응 자문 쟁점
R~D 경계	14	99,575	“기반기술”, “고도화”, “혁신기술” 명칭 사업의 원천성과 시제품성 판별	N-4
D~V 경계	4	17,826	개발과 검증, 실증 활동 혼재(SMR 디지털 검증, 민관합작 차세대원자로, 규제검증 2건)	N-6 병행
V~P 경계	2	4,752	동위원소 상용화, 차세대 핵연료 시범연료봉의 양산 승격 여부	N-3
D~P 경계	1	1,630	혁신형 SMR 혁신제조(양산 공정 개발 성격)	N-3 참고
Dep~Op 경계	4	77,858	방사성폐기물 관리기관 인건비와 기본경비, 감시기 설치와 운영, 수출기반 구축	N-5
3분류 재검토	6	11,068	해양용 용융염원자로 4건, 해양수산부 용융염원자로, 전문인력양성의 귀속	N-7
규제연구	2	19,065	안전기술원, 통제기술원 기관고유사업비의 기술 단계 귀속	N-6
사업단 운영비	6	14,724	모사업 단계 귀속 처리	처리 방식 확인
국제핵융합실험로	3	171,270	원자력 분석에서의 분리 여부	N-1
제외 후보	2	238,288	산업단지 진입도로, 여유자금 예치의 제외 여부	N-2
부처 분담과 중복	18	109,168	사업 마스터 기준 통합 대상(2025년 종료 행 포함)	C-3
계	62	765,224		

제3절 수소 1차 태깅 결과

1. 단계별 분포

수소 분석 대상 93행 485,041백만원의 1차 태깅 분포는 표 7-7과 같다. 기술 단계에 71행 454,293백만원(93.7%), 비VC에 22행 30,748백만원(6.3%)이 배정되었다.

〈표 7-7〉 수소 1차 태깅의 단계별 분포(93행)

단계	행수	2026년 본예산	비중
R 연구	4	18,938	3.9%
D 개발	24	196,258	40.5%
V 실증	25	158,900	32.8%
P 양산	0	0	0.0%
Dep 보급	14	79,381	16.4%
Op 운영	4	816	0.2%
N-운영	5	559	0.1%
N-거버	10	7,184	1.5%
N-인프라	7	23,005	4.7%
계	93	485,041	100.0%

2. 3분류 × 단계 교차표

표 7-8은 수소 3분류(생산, 저장운송, 활용)와 횡단 기반의 단계별 교차 분포이다. 인증, 유통, 진흥, 국제협력, 통계처럼 생산, 저장운송, 활용 어디에도 단일 귀속이 어려운 7행은 기반으로 분리하였으며, 이 처리의 유지 여부도 자문 쟁점이 되었다.

〈표 7-8〉 수소 1차 태깅의 3분류 × 단계 교차(행수 / 2026년 본예산)

3분류	생산	저장운송	활용	기반	계
R	3 / 13,855	0 / 0	0 / 0	1 / 5,083	4 / 18,938
D	3 / 90,053	9 / 14,196	12 / 92,009	0 / 0	24 / 196,258
V	2 / 24,435	10 / 15,705	12 / 97,321	1 / 21,439	25 / 158,900
P	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Dep	5 / 11,646	1 / 2,581	7 / 61,109	1 / 4,045	14 / 79,381
Op	0 / 0	0 / 0	4 / 816	0 / 0	4 / 816
비VC	1 / 180	7 / 10,846	10 / 18,498	4 / 1,224	22 / 30,748
계	14 / 140,169	27 / 43,328	45 / 269,753	7 / 31,791	93 / 485,041

활용이 45행 269,753백만원(55.6%)으로 가장 크고 생산이 14행 140,169백만원(28.9%), 저장운송이 27행 43,328백만원(8.9%)이다. 저장운송은 행수에 비해 금액이 작아 배관망, 인수기지, 액화 설비의 기술개발이 소액 다건으로 편성되어 있음을 보여 주고, 생산의 개발 3행 90,053백만원은 신재생에너지핵심기술개발의 수소 내역과 그린수소 기술자립 프로젝트가 대부분이다.

3. 핵심 진단

수소의 1차 결과에서는 여섯 가지 진단이 도출되었다. 첫째, 원자력과 같이 양산(P) 단계가 0건이다. 다만 한국형 수소환원제철 실증기술개발(50,146백만원)이 정의서가 초도 상용 설비의 예시로 든 사업이어서, 수소는 실증에서 양산으로의 전환을 앞둔 후보를 가진 유일한 분야이다. 둘째, 개발(D) 40.5%와 실증(V) 32.8%가 합계 73.3%를 이루는 양강 구조로, 연구보다 개발과 실증에 예산이 집중된 응용, 실증 주도의 포트폴리오이다. 셋째, 개발 예산 196,258백만원의 63.6%(124,798백만원)가 신재생에너지핵심기술개발의 수소와 연료전지 두 내역에 집중되어 있다. 원자력 실증의 국제 분담 집중과 유사한 구조이나, 분야 내부의 핵심 R&D라는 점에서 성격이 다르며, 두 내역의 내부에 연구부터 실증까지의 과제가 혼재한다는 한계는 자문 쟁점이 되었다. 넷째, 보급(Dep)이 14행 16.4%로 원자력(2.4%)의 약 7배이다. 수소충전소, 수소도시, 생산기지, 청정수소 인증처럼 Demand-pull 수단이 이미 예산으로 작동하고 있다는 뜻이며, 정의서가 인증과 의무화를 보급 수단으로 내재한 점과도 일관된다. 다섯째, 비VC가 6.3%로 원자력(30.0%)에 비해 현저히 낮다. 기관 운영, 자금 운용, 기반시설 같은 비혁신 예산이 거의 없는 기술개발 중심 포트폴리오이다. 여섯째, 활용 분류의 집중이다. 모빌리티, 연료전지, 발전용 터빈, 수소환원제철이 활용 45행 269,753백만원을 견인한다.

4. 경계 플래그 44행의 그룹별 요약

수소의 플래그 44행은 표 7-9의 17개 그룹으로 나뉜다. 원자력에 비해 그룹 수가 많은 것은 단계 경계뿐 아니라 인증의 거버넌스 성격, 시험장비와 검사소의 인프라 성격, 횡단 기반의 3분류 귀속처럼 수소 고유의 처리 쟁점이 많았기 때문이다.

〈표 7-9〉 수소 1차 태깅의 경계 플래그 그룹(44행)

그룹	행수	2026년 본예산	내용	대응 자문 쟁점
R~V 혼재 (대규모 계속사업)	2	124,798	신재생에너지핵심기술개발의 수소, 연료전지 내역의 단일 단계 태깅	H-7
V~P 경계	1	50,146	한국형 수소환원제철 실증의 양산 승격 여부	H-2
R~D 경계	6	35,400	원천기술밸류업, 융합혁신, 그린수소 기술자립 등의 원천성과 개발성	공통 규칙 적용
D~V 경계	12	32,883	“기술개발 및 실증” 통합 사업의 지배활동 기준 적용	H-3
V~Dep 경계	3	30,425	수자원과 바이오가스 청정수소 생산, 탄소포집형 생산기지의 검증 목적과 공급 확대 목적	H-4
기반(횡단) 3분류	1	21,439	청정수소 시험평가, 실증화 지원기반의 3분류 귀속	H-6
성격 불확실	2	13,655	그린수소 원천기술과 차세대 수소 내역의 사업 정보 부족	원문 확인
V~인프라 경계	1	12,942	연료전지 시험평가장비 구축의 실증 승격 여부	H-5
수소 연관성 약함	1	5,083	인공지능 기반 미래기후기술 원천연구의 수소 분야 포함 여부	임무 태깅 시 재논의
사업화 지원	3	4,832	기업 지원, 성장 지원의 보급 태깅 적정성	확인
거버~Dep 경계 (인증)	2	4,006	청정수소 인증의 보급과 거버넌스 귀속	H-1
Op~인프라 경계 (검사소)	2	3,400	내압용기 검사소 구축의 인프라와 운영 기반 귀속	H-5
해외 공급망	1	1,650	해외 청정수소 도입기반의 보급 태깅 적정성	확인
보급 지원	1	402	수소도시 지원의 보급 태깅 확인	확인
사업관리비	4	379	모사업 단계 귀속 처리	처리 방식 확인
D~거버 경계	1	355	경제성 확보모델의 기술개발과 제도 연구 성격	확인
2025년 종료	1	0	수전해 공급인프라의 목록 정리	목록 정리
계	44	341,795		

제4절 두 분야 비교 진단

1차 태깅의 단계별 비중을 두 분야에서 겹쳐 보면 표 7-10과 같다. 연구 비중은 두 분야 모두 낮으나, 수소는 개발에, 원자력은 실증에 집중하며, 보급은 수소가 앞서고 운영은 원자력에만 있다. 양산은 두 분야 공통으로 해당 사업이 없는데, 이는 민간이 담당하는 영역이기 때문이다.

〈표 7-10〉 1차 태깅의 단계별 비중 비교

단계	원자력	수소	해석
R 연구	7.1%	3.9%	두 분야 모두 연구 비중은 낮음
D 개발	15.8%	40.5%	수소가 개발에 집중
V 실증	38.1%	32.8%	원자력은 국제 분담과 수출용 연구로 두 사업에 집중
P 양산	0.0%	0.0%	공통으로 해당 없음(민간 영역)
Dep 보급	2.4%	16.4%	수소가 보급에서 약 7배 앞섬
Op 운영	6.7%	0.2%	원자력만 운영 자산 존재
비VC	30.0%	6.3%	원자력은 혁신 밖 예산이 큼(보정 전)

비교의 결론은 원자력이 전주기형, 수소가 확산형이라는 것이다. 원자력은 운영 중인 자산을 보유한 성숙 산업으로 연구에서 운영까지 전 단계에 예산이 분포하고 기술주도(Technology-push) 수단이 중심인 반면, 수소는 자산을 형성 중인 초기 산업으로 개발과 실증에 집중하면서 보급을 동시에 진행하고 Demand-pull 수단이 병행된다. 두 분야에 공통된 관찰은 연구와 실증은 국가 R&D가, 양산은 민간이 담당하는 역할 구분이 예산 데이터로 확인된다는 점이며, 정책 관심은 실증 성과가 민간 양산으로 이어지는 연계 구간에 놓인다. 다만 1차 태깅의 비교에는 원자력 총계 보정 전의 영향이 남아 있으므로 — 비VC 30.0%와 실증 38.1%는 국제 분담과 제외 후보의 처리에 따라 달라진다 — 두 분야의 최종 대비는 자문 확정 조정을 반영한 제8장 제5절에서 다시 확인한다.

제5절 태깅 방법론의 원리와 절차, 분류 적정성 지표

이 절은 제7장에서 제9장에 걸쳐 수행한 태깅의 방법론적 원리와 절차를 한 자리에 정리하고, 분류 결과를 정책 분석의 입력으로 사용해도 되는지를 판단하는 적정성 지표를 제시한다. 본 연구의 태깅은 대형언어모델(LLM)의 보조 코딩과 전문가 재판정을 결합하여 수행되었으므로, 그 결과를 읽는 쪽에서는 어떤 원리로 판정이 이루어졌는지, 사람의 판단은 어느 지점에서 개입하였는지, 판정의 품질은 무엇으로 확인되는지를 알 필요가 있다. 최종 발표와 서면자문에서 제기된 두 물음, 곧 분류 품질을 텍스트 유사도 같은 지표 없이 어떻게 확인하는가와 기술성숙도의 판정 기준은 무엇인가에 대한 답이기도 하다.

1. 원리 — 규칙 기반 판정으로서의 태깅

태깅은 내용분석(content analysis)의 코딩 절차이다. 코더는 코드북에 정의된 범주와 규칙에 따라 텍스트의 단위마다 하나의 범주를 부여하고, 그 판정의 품질은 코더 간 일치도와 기준 라벨 대비 일치도로 확인한다. 본 연구는 이 절차를 두 단계로 수행하였다. 1차 코딩은 대형언어모델(Anthropic의 Claude, 실행 시기는 표 7-12에 기재)이 사업 목적 원문을 읽고 코드북에 따라 수행하였고, 최종판정은 분야 전문가 8인의 자문(제8장)과 연구책임자의 확정, 임무 플래그의 2차 판정(제9장 제3절), 최종보고서 서면자문에 따른 정정(제8장 제4절)으로 사람이 수행하였다. 곧 모델은 코더의 역할을, 전문가와 연구진은 최종 판정자(adjudicator)의 역할을 맡았다.

이 원리에서 두 가지가 따라 나온다. 첫째, 분류의 품질을 확인하는 지표는 텍스트 유사도가 아니라 코딩 신뢰도와 타당도이다. 용어 빈도나 임베딩의 코사인 유사도는 문서가 범주의 중심에 얼마나 가까운가를 측정할 뿐 판정이 옳았는가를 측정하지 못한다. 사업설명자료의 어휘가 비슷해도 활동의 단계는 다를 수 있고(실증 사업의 설명에 “개발”이 다수 등장하는 경우), 어휘가 달라도 같은 임무에 기여할 수 있다. 따라서 모델의 판정이 옳았는지는 전문가가 확정한 라벨과의 일치도(기준 타당도), 반복과 코더 교체에 대한 안정성(신뢰도), 판정 근거가 원문에 닿아 있는지(내용 타당도)로 확인한다. 둘째, 코드북이 판정의 유일한 기준이다. 본 연구의 코드북은 혁신가치사슬 6단계 정의서(부록 A)의 단계 정의와 경계 규칙과 분야별 운용 정의, 단계별 키워드 매핑(표 7-1), 비VC 3유형(표 7-2), 임무의 운용 정의와 판정 지표(표 9-1)이며, 판정의 우선순위는 사업 목적 원문, 3분류와 사업의 성격, 사업명의 순서이다(제1절). 모든 행에는 판정 근거를 한 줄로 기록하여 제3자가 판정을 추적할 수 있게 하였다.

기술성숙도의 판정 기준도 이 원리 위에 있다. 6단계는 TRL과 대응하도록 정의되어 있으나(제3장 제2절), 태깅에서는 TRL의 추정치가 아니라 사업 목적 원문이 기술하는 활동의 성격을 판정 근거로 삼으며, 사업명은 단계를 보증하지 않는다. 수소 분야에서 사업명이나 내역사업명에 "실증"이 들어 있는 18행 가운데 실증(V)으로 판정된 행은 11행이고, 4행은 제품 개발과 개발된 제품의 현장 적용 수준이 지배적 활동이어서 개발(D)로, 3행은 시험평가 기반과 기관 운영의 성격이어서 비VC로 판정되었다. 거꾸로 사업명에 "실증"이 없어도 실증으로 판정된 행이 14행이다. 이는 수소 분야의 "실증" 명칭 사업 가운데 상당수가 완전한 실증보다 제품 개발과 현장 적용 정도의 기술개발이라는 서면자문의 지적과 부합하며, 본 연구는 그 차이를 지배활동 기준(제1절 4항, 자문 쟁점 H-3)으로 처리하였다. 국가 차원의 기술수준평가와 연계하여 세부 기술별 성숙도를 단계 판정에 반영하는 것은 후속 과제로 둔다(제10장 제4절).

임무의 복수 기여도 같은 방식으로 다룬다. 수소 기술은 생산이 수급 자립과 수출에, 활용이 탄소중립과 수출에 동시에 기여하듯 하나의 사업이 복수의 임무에 기여하는 것이 보통이다. 본 연구는 행마다 지배적인 주임무 하나를 부여하고 기여가 뚜렷한 부임무 하나를 병기하여 주임무 매트릭스와 부임무 참고 집계를 함께 제시하며(제9장 제3절), 주임무 기준과 부임무 포함 기준으로 임무별 비중의 범위를 함께 보인다(표 9-9). 사업별 임무 비중의 표현은 이 두 장치로 제공된다.

2. 절차 — 파이프라인과 인간 개입 지점

태깅의 파이프라인은 여덟 단계이며, 그림 7-2는 각 단계의 산출물과 사람이 판정에 개입한 지점을 함께 보인 것이다. ① 자료 수집은 부처 예산 사업설명자료 원문을 대상으로 하였고, 자료원의 선정과 발주기관 검토 목록의 반영은 연구진이 결정하였다(제6장 제1절, 제5절). ② 구조화 추출은 세부사업의 예산을 내역사업 단위로 분해하여 통일 양식 10개 항목으로 정리하는 단계로, 모델의 보조로 수행하고 건수와 합계를 검산으로 확인하였다. ③ 1차 코딩은 각 행에 3분류, 혁신 가치사슬 단계 또는 비VC 유형, 경계 플래그, 판정 근거 한 줄을 부여하는 단계로 모델이 수행하고 연구진이 검토하였다(제7장). ④ 전문가 자문은 쟁점 22개 항목과 플래그 106행의 전체 목록을 분야 전문가 8인에게 제공하여 선택 응답과 서술 의견을 받은 단계이다(제8장 제1절, 제2절). ⑤ 확정은 사전에 정한 네 원칙에 따라 연구책임자가 결정한 단계이다(제8장 제4절). ⑥ 임무 태깅은 확정 모수의 각 행에 주임무와 부임무, 임무 플래그, 원문 인용 근거를 부여하는 단계로 모델의 보조와 연구진의 검토로

수행하였다(제9장 제1절 ~ 제3절). ⑦ 2차 판정은 임무 플래그 31행을 사업 목적 원문 우선의 규칙으로 연구책임자가 판정한 단계이다(제9장 제3절). ⑧ 서면자문 정정은 최종보고서 평가위원의 서면자문에 따라 3분류 6행을 정정한 단계이다(제8장 제4절). 모든 단계의 산출물은 건수와 합계의 검산을 거쳤으며, 사람의 판정은 ④, ⑤, ⑦, ⑧의 네 지점에서 개입하였다.

〈그림 7-2〉 태깅 파이프라인과 인간 개입 지점



3. 분류 적정성 지표 체계

적정성(adequacy)은 판독 결과를 정책 분석의 입력으로 써도 되는가를 판단하는 종합 기준으로, 세 영역으로 구성한다. A 추출 충실도는 원문의 수치와 문구가 구조화 양식에 그대로 옮겨졌는가, B 판정 신뢰도와 타당도는 부여된 라벨이 옳고 안정적인가, C 절차 투명성과 재현성은 제3자가 같은 절차를 되풀이할 수 있는가이다. 각 영역의 지표와 산출식, 통상의 수용 기준, 본 연구에서 산출한 값은 표 7-11과 같다. 일치도의 해석에는 내용분석에서 통용되는 기준을 따른다. Cohen의 κ는 우연 일치를 보정한 일치도로서 0.61 ~ 0.80이면 상당한(substantial) 일치, 0.81 이상이면 거의 완전한(almost perfect) 일치로 해석되며(Landis, Koch, 1977), Krippendorff(2004)는 α 0.80 이상을 신뢰할 수 있는 수준으로, 0.667 ~ 0.80을 잠정적 결론만 허용하는 수준으로 본다.

〈표 7-11〉 분류 적정성 지표 체계와 본 연구의 값

영역	지표	산출식	수용 기준	본 연구의 값
A 추출 충실도	A1 필드 충실률	원본 대조 일치 필드 / 표본 전체 필드	0.98 이상	미산출(후속)
A 추출 충실도	A2 금액 합계 검산	추출 합계 − 원본 합계(분야별)	0	0(원자력 626,107, 수소 485,041 일치)
A 추출 충실도	A3 원문 인용 근거율	원문 직접 인용 근거를 가진 행 / 전체 행	보고	84행 / 188행(44.7%), 인용 문자열의 원문 대조는 후속
B 신뢰도	B1 1차 ~ 확정 일치율과 κ(단계)	일치 행 / 전체 행, Cohen의 κ	κ 0.80 이상	원자력 90.5%, κ 0.886 / 수소 100%, κ 1.000 / 188행 95.2%
B 신뢰도	B2 1차 ~ 최종 일치율과 κ(3분류)	동일(자문과 서면자문 정정 포함)	κ 0.80 이상	원자력 85.3%, κ 0.750(자문 8행, 서면자문 6행) / 수소 100%, κ 1.000
B 타당도	B3 플래그 민감도와 정밀도	변경 행 중 플래그 행 / 플래그 행 중 변경 행	민감도 0.90 이상	단계: 원자력 1.00 / 0.17(플래그 53행 가운데 변경 9행, 비플래그 42행 변경 0), 수소 변경 0 / 3분류: 서면자문 정정 6행은 3분류 재검토 플래그 밖
B 타당도	B4 임무 플래그 변경률	2차 판정 변경 행 / 임무 플래그 행, 전체 행	보고	7행 / 31행, 188행의 3.7%
B 타당도	B5 금액 가중 변경률	변경 행 금액 / 분야 모수	5% 이하	단계 4.9%(30,876), 3분류 6.4%(40,056), 임무 1.8%(20,410 / 1,111,148)
B 신뢰도	B6 블라인드 κ	1차 라벨을 보지 않은 전문가의 독립 재코딩 표본 대비 κ	κ 0.80 이상	미실시(후속)
B 신뢰도	B7 자기 일치율	입력 순서와 표현을 바꾼 반복 코딩의 최빈 라벨 일치 행 비율	0.90 이상	미실시(후속)
B 신뢰도	B8 교차 모델 κ	다른 모델에 동일 코드북을 적용한 결과 대비 κ	κ 0.80 이상	미실시(후속)
B 타당도	B9 시점 간 κ	과거 연도 사업설명자료의 재코딩 대비 κ	κ 0.80 이상	미실시(후속, 임무의 시점 안정성 검정)

영역	지표	산출식	수용 기준	본 연구의 값
C 절차	C1 재현 정보 공개	모델명과 버전, 실행 시기, 코드북, 프롬프트 요지, 온도 설정의 기재	전부 기재	코드북(부록 A, 표 7-1, 표 9-1)과 판정 규칙 공개, 모델명과 실행 시기 기재(표 7-12), 모델 버전과 온도 설정은 미기록
C 절차	C2 인간 개입 지점	파이프라인 중 사람이 판정한 단계의 수와 범위	명시	4개 지점(자문, 확정, 2차 판정, 서면자문 정정), 그림 7-2
C 절차	C3 비용 효율	행당 소요 시간과 비용(인간 코딩 대비)	보고	기록 미정리(후속)

주: 변경 행과 금액은 분석 모수 기준이다. 단계의 변경 9행은 연구에서 개발로 이동한 8행(27,326)과 전문인력양성의 비VC 이동 1행(3,550), 3분류의 변경 14행은 자문의 SMR 이동 8행(17,458)과 서면자문 정정 6행(22,598), 임무의 변경 7행은 2차 판정의 원자력 2행(9,310)과 수소 5행(11,100)이다.

본 연구의 값은 다음과 같이 읽힌다. 첫째, 단계 판정의 1차 코딩은 전문가 확정과 거의 완전한 일치(원자력 κ 0.886)를 보였고, 3분류는 정정까지 반영하면 상당한 일치(κ 0.750)에 머물렀다. 3분류의 일치도가 낮은 것은 노형의 분류가 사업 목적 원문만으로는 결정되지 않고 노형의 규모와 용도에 대한 분야 지식을 요구하기 때문이며, 자문과 서면자문에서 조정된 행이 모두 노형 경계의 사례였다는 사실이 이를 뒷받침한다. 둘째, 1차 코딩의 경계 플래그는 확정 단계에서 바뀐 9행을 하나도 놓치지 않았다(민감도 1.00). 모델이 스스로 표시한 불확실성이 실제 변경을 전부 포착하였다는 뜻으로, 플래그가 자문의 안건을 정확히 겨냥하였다는 제8장 제6절의 평가와 같은 사실을 수치로 보인 것이다. 다만 정밀도 0.17은 플래그 여섯 행 가운데 다섯 행이 변경 없이 유지되었음을 뜻하므로, 과잉 플래그가 자문의 부담으로 돌아온다는 비용도 함께 읽어야 한다. 셋째, 금액으로 가중한 변경률은 단계 4.9%, 3분류 6.4%, 임무 1.8%로, 분류의 불확실성이 임무별과 단계별 비중에 미치는 영향은 분포의 구조적 진단을 바꾸지 않는 범위에 있다(제9장 제3절의 2차 판정 전후 비교와 같은 결론). 넷째, 수소의 일치율 100%는 변경이 한 건도 없었다는 결과이므로 검증력이 없으며, 높은 값이 아니라 검증되지 않은 값으로 읽어야 한다.

4. 보고 체크리스트

상용 모델을 보조 코더로 쓴 분석의 재현성은 모델의 버전 변동과 비결정성 때문에 사람의 코딩보다 취약하다. 따라서 결과를 보고할 때 최소한의 재현 정보를 함께 기재하는 것이 적정성 지표의 C 영역이 요구하는 바이다. 표 7-12는 본 연구가 제안하는 12개 항목의 체크리스트와 본 연구의 기재 내용이다.

〈표 7-12〉 LLM 보조 코딩의 보고 체크리스트와 본 연구의 기재

번호	항목	본 연구의 기재
1	모델명과 버전	Anthropic Claude(모델 버전은 기록하지 않았으며 한계로 명시)
2	실행 일자	1차 코딩 2026년 6월, 임무 태깅 2026년 8월 하순과 9월, 2차 판정 2026년 9월 28일
3	온도와 샘플링 설정	미기록(한계로 명시)
4	프롬프트 전문 또는 요지	요지: 코드북(정의서, 키워드 매핑, 임무 운용 정의)을 제시하고 사업 목적 원문을 입력하여 3분류, 단계 또는 비VC 유형, 플래그, 근거 한 줄을 출력(임무 태깅은 주임무, 부임무, 플래그, 원문 인용 근거)
5	코드북	부록 A 정의서, 표 7-1, 표 7-2, 표 9-1
6	인간 개입 지점과 범위	4개 지점(그림 7-2): 전문가 자문 22항목과 플래그 106행, 연구책임자 확정, 2차 판정 31행, 서면자문 정정 6행
7	기준 라벨 표본의 크기와 추출 방식	전수(188행)에 대한 전문가 검토, 플래그 행은 쟁점별 목록으로 제공. 독립 블라인드 표본은 미추출
8	일치율과 κ, 해석 구간	표 7-11 B1, B2와 해석 기준
9	플래그 규칙과 민감도, 정밀도	경계 유형별 플래그(제1절 4항), 민감도 1.00, 정밀도 0.17
10	금액 가중 변경률	표 7-11 B5
11	시점 또는 버전 간 재현 결과	미실시(후속)
12	비용과 소요 시간	기록 미정리(후속)

5. 한계와 후속 과제

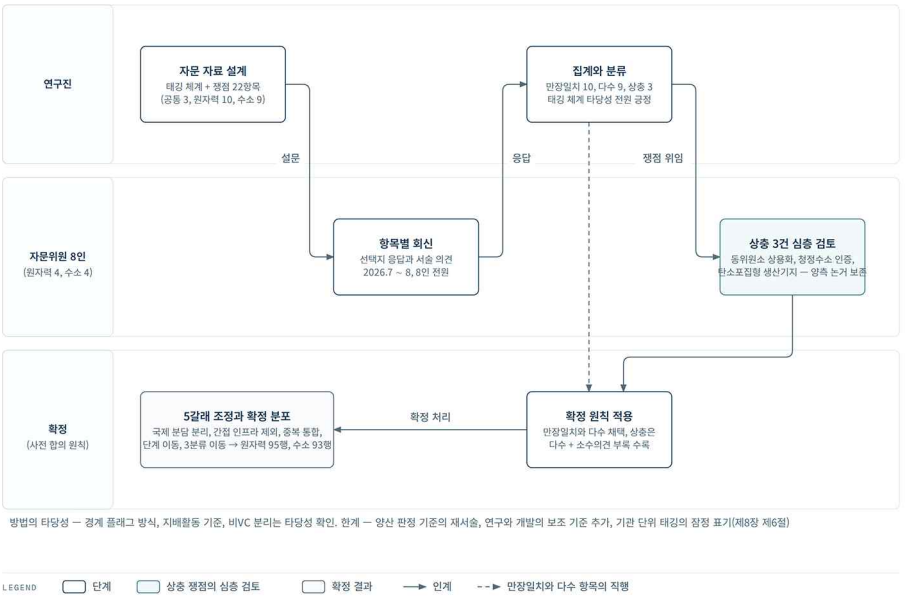
이 절의 지표는 다음의 한계 안에서 읽어야 한다. 첫째, 전문가 자문은 1차 코딩의 라벨을 보고 검토하였으므로 독립 코딩이 아니며, 1차 라벨에 끌리는 편향(anchoring)으로 일치도가 높게 추정되었을 가능성이 있다. 이를 가려내려면 1차 라벨을 보지 않은 전문가가 층화 표본을 독립적으로 재코딩하는 블라인드 κ(B6)가 필요하다. 둘째, 수소 분야는 자문에서 변경이 없었으므로 일치율과 플래그 지표의 검증력이 없다. 셋째, 3분류 플래그의 민감도는 단계 플래그보다 낮았다. 서면자문에서 정정된 6행은 1차 코딩의 3분류 재검토 플래그(6행, 해양용 용융염원자로와 전문인력양성) 밖에 있었으며, 이는 노형의 경계처럼 분야 지식이 필요한 범주에서는 모델의 불확실성

신호가 충분하지 않다는 뜻이다. 넷째, 반복 코딩의 자기 일치율, 다른 모델과의 교차 κ, 과거 연도 자료의 시점 간 κ는 실시하지 않았으며, 상용 모델의 버전 변동은 같은 절차의 재현을 보장하지 않는다. 본 연구는 사용한 모델의 버전을 기록하지 않았으므로 재현은 모델명과 코드북과 실행 시기의 수준에서만 가능하다. 이 항목들은 같은 데이터와 코드북 위에서 수행할 수 있는 후속 연구로 제10장 제4절에 정리한다.

제8장 전문가 자문과 태깅 확정

이 장의 입력은 제7장의 1차 태깅과 플래그 목록이고, 처리는 분야 전문가 8인의 자문으로 태깅 체계와 쟁점 22개 항목을 검증하고 사전에 정한 확정 원칙으로 처리하는 일이다(그림 8-1). 산출은 확정된 단계 분포와 분석 모수(원자력 95행, 수소 93행)이며, 부록 G의 행 단위 확정값과 함께 제9장 임무 태깅의 모수가 된다. 자문이 드러낸 방법의 타당성과 개정 사항은 제6절에 정리한다.

〈그림 8-1〉 전문가 자문과 확정 절차



제7장의 1차 태깅은 연구진 판단에 따른 초안이다. 이 장은 그 초안을 분야 전문가의 자문으로 검증하고 확정한 과정과 결과를 다룬다. 제1절은 자문의 설계를, 제2절은 실시와 응답의 집계를, 제3절은 의견이 정면으로 갈린 세 쟁점의 심층 검토를, 제4절은 확정 원칙과 22개 항목의 처리 결과를, 제5절은 확정 분포와 분야 진단을, 제6절은 자문이 드러낸 방법의 타당성과 한계를 서술한다. 확정된 분포는 제9장의 임무 태깅과 페어링의 모수이며, 행 단위 확정값은 부록 G에 있다.

제1절 자문 설계

1. 검증 목적과 대상

자문의 목적은 두 겹이다. 하나는 태깅 체계 자체 — 6단계 구분, 비VC 분리, 지배활동 기준, 경계 플래그 방식 — 의 타당성에 대한 검증이고, 다른 하나는 연구진 판단만으로 확정하기 어려운 개별 쟁점에 대한 결정이다. 검증의 대상은 제7장의 1차 태깅 결과 전체이되, 결정을 요청한 대상은 1차 태깅에서 플래그를 붙인 106행(원자력 62행, 수소 44행)과 그 처리 방식이다. 플래그가 붙지 않은 행에 대해서도 전문가가 개별 행 단위로 이견을 제시할 수 있도록 전체 목록을 제공하였다.

2. 쟁점 22개의 구성과 선택지, 권고안

결정을 요청한 쟁점은 두 분야 전문가 모두에게 묻는 공통 쟁점 3건과 분야별 쟁점(원자력 7건, 수소 7건)으로 구성하였으며, 분야별 쟁점 가운데 복수의 하위 결정을 포함하는 항목(원자력 N-3, N-7, 수소 H-4)을 나누면 결정 항목은 22개가 된다. 각 쟁점에는 배경과 대상(행수, 금액), 두 개 이상의 선택지, 연구진의 권고안과 그 논거를 붙였고, 선택 응답과 서술 의견을 함께 받았다. 표 8-1은 22개 항목의 구성이다.

〈표 8-1〉 자문 쟁점 22개 항목의 구성

번호	쟁점	대상	선택지	연구진 권고
C-1	비VC 항목의 분리 여부	원자력 33행 318,759, 수소 22행 30,748	A 6단계 매트릭스에서 분리, 보조표 관리 / B 인접 단계로 강제 편입	A
C-2	양산(P) 단계 공백의 해석	양 분야 공통 P = 0건	A 구조적 공백으로 명시 / B 태깅 기준 조정으로 일부 V를 P로 재분류	A
C-3	부처 분담, 중복 사업의 이중계상 처리	원자력 18행, 수소 이관 4건	A 사업 마스터 기준 통합, 부처 메타데이터 보존 / B 부처별 별개 계상	A
N-1	국제핵융합실험로 분담 3건의 처리	3행 171,270	A 원자력 분석에서 분리(각주) / B 원자력 V로 유지	A
N-2	산업단지 진입도로, 여유자금 예치의 처리	2행 238,288	A 분석 제외 / B N-인프라로 유지	A
N-3a	동위원소 상용화 기술개발의 단계	1행 1,050	V 유지 / P 승격 / 판단 보류	판단 요청
N-3b	차세대 핵연료 시범연료봉의 단계	1행 3,702	V 유지 / P 승격 / 판단 보류	판단 요청
N-4	R~D 경계 14건의 판정 기준	14행 99,575	A 공인 외부시험 기준 승인 후 개별 확정 / B 현행 확정 / C 다른 기준 제안	A
N-5	Dep~Op 경계 4건	4행 77,858	A 운영기관 경비는 Op 유지 / B 기관 경상비는 N-운영으로 이동	A
N-6	규제연구의 위치	기관고유 2건 19,065 + 규제 R&D	A 기술 VC 내 유지 / B N-거버로 분리 / C 규제연구 별도 태그	A
N-7a	해양용 용융염원자로 4건과 사업단의 3분류	5행 7,548	기타 유지 / SMR 이동 / 대형 이동	판단 요청
N-7b	해양수산부 용융염원자로 해양 적용의 3분류	1행 600	대형 유지 / SMR 이동 / 기타 이동	판단 요청
N-7c	원자력 전문인력양성의 단계	1행 3,550	현행(R) 유지 / 비VC로 이동	판단 요청
H-1	청정수소 인증의 분류	2행 4,006	A Dep 유지 / B N-거버로 분리	A
H-2	한국형 수소환원제철 실증의 단계	1행 50,146	A V 유지, “P 전환 직전 후보” 각주 / B P 승격	A
H-3	D~V 통합실증 12건의 지배활동 기준	12행 32,883	A 지배활동 기준 유지, 개별 예외만 조정 / B 활동 단위 분할 태깅	A

번호	쟁점	대상	선택지	연구진 권고
H-4a	수자원 기반 청정수소 생산의 단계	1행 8,835	V 유지 / Dep 이동	판단 요청
H-4b	바이오가스 기반 청정수소 생산의 단계	1행 15,600	V 유지 / Dep 이동	판단 요청
H-4c	탄소포집형 수소생산기지 구축의 단계	1행 5,990	Dep 유지 / V 이동	판단 요청
H-5	시험장비, 검사소의 처리	3행 16,342	A N-인프라 유지 / B V 승격 / C 개별 판단	A
H-6	기반(횡단) 분류 7건의 유지 여부	7행 31,791	A 기반 분류 유지 / B 최근접 분야로 강제 귀속	A
H-7	대규모 계속사업 2건의 단일 단계 태깅	2행 124,798	A D 유지, 한계 명시 / B 과제 단위 자료 확보 후 분해 / C 전문가 판단 비율로 안분	A

주: C-2는 자문 쟁점의 기록이며, 확정 후 본 보고서의 해석은 제5절 4항 참조(양산은 국가 R&D 범위 밖의 민간 영역).

3. 자문 자료와 응답 방식

자문 자료는 공통 설명과 분야별 자료의 세 부분으로 구성한 구조화된 문서로 설계하였다. 공통 설명에는 과제의 개요와 목적, 분석 대상과 데이터, 6단계와 비VC와 3분류의 정의, 태깅 방법, 두 분야 비교 요약, 공통 쟁점 3건을 담았고, 분야별 자료에는 1차 결과 요약과 3분류 교차표, 총계 보정, 핵심 진단, 분야 쟁점, 종합 의견란, 그리고 플래그 행 전체 목록을 그룹별 표로 담았다. 응답은 쟁점별 선택과 서술 의견을 함께 기입하는 방식이며, 자료 안에 응답 저장 기능을 두어 전문가가 작성한 내용을 파일로 회신하도록 하였다. 회신 파일은 선택 응답과 서술 의견을 항목별로 담고 있어 집계와 인용이 원문 그대로 가능하였다.

제2절 자문 실시와 응답 집계

1. 자문위원 구성과 회신 현황

자문은 원자력 분야 4인, 수소 분야 4인, 총 8인의 전문가를 대상으로 2026년 7월 6일 자료를 송부하여 실시하였고, 7월 12일부터 28일에 걸쳐 전원이 회신하였다. 선택 응답은 원자력 13개 항목, 수소 12개 항목 전부에 대해 회수되었고, 서술 의견은 총 50건이 제출되었다. 표 8-2는 회신 현황이다.

〈표 8-2〉 자문위원 회신 현황(익명 표기)

분야	위원	회신일	선택 응답	서술 의견
원자력	①	7월 12일	13 / 13	6건
원자력	②	7월 14일	13 / 13	5건
원자력	③	7월 25일	13 / 13	11건
원자력	④	7월 26일	13 / 13	11건
수소	⑤	7월 15일	12 / 12	6건
수소	⑥	7월 20일	12 / 12	10건
수소	⑦	7월 22일	12 / 12	11건
수소	⑧	7월 28일	12 / 12	0건(선택만)
계	8인		100 / 100	50건

2. 쟁점별 집계

집계 결과 22개 항목 가운데 만장일치가 10건, 다수(3대 1 또는 7대 1)가 9건, 정면 상충(2대 2)이 3건이었다. 표 8-3은 공통 쟁점, 표 8-4는 원자력 쟁점, 표 8-5는 수소 쟁점의 집계이다. 공통 쟁점 C-1에서 위원 ⑥은 선택으로는 B(강제 편입)를 골랐으나 서술 의견이 “비VC 활동이 다수이므로 분리 관리가 타당하다”는 A의 논지여서 오기입으로 판단하였고, 확인 절차 없이 다수 의견으로 처리하였다. 이 처리를 포함하면 C-1은 사실상 만장일치이다.

〈표 8-3〉 공통 쟁점의 집계(8인)

쟁점	A	B	결과	비고
C-1 비VC 분리	7	1	다수 A	소수 1건은 서술 의견이 A 논지(오기입 판단)
C-2 P 공백 해석	7	1	다수 A	소수 의견(위원 ③)은 P 판정 기준의 재점검 요구
C-3 부처 분담, 중복 처리	8	0	만장일치	식별 키 = 사업 고유번호와 예산액(위원 ③)

〈표 8-4〉 원자력 쟁점의 집계(위원 ① ~ ④ 순)

쟁점	응답	결과
N-1 국제핵융합실험로 분리	A, A, A, A	만장일치
N-2 진입도로, 여유자금 제외	A, A, A, A	만장일치 (위원 ③ 조건부: 진입도로는 원자력 직접 연계 확인)
N-3a 동위원소 상용화	P, V, P, V	상충 2대 2
N-3b 시범연료봉	V, V, V, V	만장일치
N-4 R~D 판정 기준	A, A, A, A	만장일치 (개별 적용에서 위원 ② ~ ④ 이견)
N-5 Dep~Op 경계	A, A, B, A	다수 A
N-6 규제연구 위치	A, A, A, A	만장일치(위원 ①: 적용성 고려 시 D ~ V 상향 검토)
N-7a 해양용 용융염원자로	SMR, SMR, SMR, SMR	만장일치
N-7b 해양수산부 용융염원자로	SMR, SMR, SMR, SMR	만장일치(위원 ② 종합 의견의 "기타"와 불일치, 선택 응답 우선)
N-7c 전문인력양성	비VC, 비VC, 비VC, 유지	다수 비VC

〈표 8-5〉 수소 쟁점의 집계(위원 ⑤ ~ ⑧ 순)

쟁점	응답	결과
H-1 청정수소 인증	A, A, B, B	상충 2대 2
H-2 수소환원제철	A, A, A, B	다수 A
H-3 지배활동 기준	A, A, A, A	만장일치
H-4a 수자원 청정수소	V, V, V, Dep	다수 V
H-4b 바이오가스 청정수소	V, V, V, Dep	다수 V
H-4c 탄소포집형 생산기지	V, V, Dep, Dep	상충 2대 2
H-5 시험장비, 검사소	B, A, A, A	다수 A
H-6 기반 분류 유지	A, A, A, A	만장일치
H-7 대규모 계속사업	B, A, A, A	다수 A

집계에서 주목할 사실은 다수 의견이 연구진의 권고안과 다른 항목이 하나도 없다는 점(권고안 제시 항목 19건 전부 채택)과, 상충 3건이 모두 연구진이 사전에 "판단 요청"으로 지목한 경계 사례라는 점이다. 상충 3건은 동위원소 상용화의 실증과 양산 귀속(N-3a), 청정수소 인증의 보급과 거버넌스 귀속(H-1), 탄소포집형 생산기지의 실증과 보급 귀속(H-4c)이다.

제3절 상충 쟁점의 심층 검토

1. 동위원소 상용화 기술개발(N-3a) — 실증 유지와 양산 승격

수출용 신형 연구로에서 생산하는 동위원소의 상용화 기술개발(1,050백만원)에 대해 위원 ①과 ③은 양산 승격을, 위원 ②와 ④는 실증 유지를 선택하였다. 양산 승격의 논거는 동위원소 상용화가 시장 공급을 목적으로 하는 생산 단계의 진입이라는 것이고, 실증 유지의 논거는 수출용 신형 연구로가 실증로이므로 그 산출물도 실증 단계라는 것과 부처의 임무와 역할을 고려하면 현행 유지가 타당하다는 것이다. 위원 ③은 조건부 논거를 제시하였는데, 실제 동위원소를 생산하여 시장에 공급하는 과제이면 양산이 가능하나 생산과 분리정제 기술의 시험과 공정 검증 단계에 머무르면 실증을 유지해야 한다는 것이다. 쟁점의 본질은 무엇을 태깅하는가 — 연구로라는 실증 설비인가, 그 산출물인 동위원소의 시장 공급인가 — 에 있으며, 정량적 영향은 양산 승격 시에도 1,050백만원으로 총 모수의 0.17%에 그쳐 분포에 미치는 영향은 없으나 "원자력 양산 단계의 최초 등장"이라는 서사의 변화가 있어 상징적 의미가 크다. 연구진은 사업설명자료의 목표와 산출물이 상용화 검증과 표준화, 대량생산 기술 확보에 있어 시장 공급 활동이 아직 지배적이지 않다고 보고, 실증을 유지하되 "양산 후보" 플래그를 존치하여 시장 공급 활동이 지배적으로 확인되는 시점에 재논의하기로 하였다.

2. 청정수소 인증(H-1) — 보급 유지와 거버넌스 분리

청정수소 예비, 시범 인증과 인증역량 강화(2행 4,006백만원)에 대해 위원 ⑤와 ⑥은 보급 유지를, 위원 ⑦과 ⑧은 거버넌스 분리를 선택하였다. 보급 유지의 논거는 인증이 수소 산업의 경쟁력을 높이고 시장 보급을 늘리는 수단이며 기존 가스 사업체계와 신시장 보급에 대한 규제의 일종이라는 것이고, 거버넌스 분리의 논거는 혁신 가치사슬이 연구에서 운영까지 기술의 성장 수준을 평가하는 축인데 인증 사업은 낮은 단계에서 성장하는 성격이 아니므로 그 축에서 분리하는 것이 적합하다는 것이다. 이 대립은 정의서 내부의 긴장 — 분야별 운용 정의에서는 인증을 Demand-pull 보급 수단으로, 정책수단 축에서는 거버넌스로 규정한 것 — 이 자문에서 그대로 재현된 것이며, 기능의 관점(시장 형성 효과)과 계보의 관점(기술 성장 경로에 놓이지 않음)이 모두 성립한다. 정량적 영향은 인증 4,006백만원을 거버넌스로 옮겨도 보급 비중이 16.4%에서 15.5%로, 비VC 비중이 6.3%에서 7.2%로 각각 0.8%p 변동하는 데 그쳐 해석이 바뀌지 않는다. 연구진은 분야별 운용 정의와의 일관성과 수소의 보급 단계에서

그린에너지 여부가 이슈화될 것으로 예상되기 때문에, 인증이 필수적인 점을 고려하여 보급을 유지하되, 거버넌스 성격의 병존과 민감도를 각주로 병기하고 제9장의 임무 태깅에서 재논의가 가능하도록 플래그를 남겼다.

3. 탄소포집형 수소생산기지 구축(H-4c) — 실증 이동과 보급 유지

탄소포집형 수소생산기지 구축(5,990백만원)에 대해 위원 ⑤와 ⑥은 실증 이동을, 위원 ⑦과 ⑧은 보급 유지를 선택하였다. 실증 이동의 논거는 생산기지와 생산시설이 사업성과 기술성을 검증받기 전이므로 검증 단계로 분류하고 검증 후에 시장 공급 확대 활동으로 분류해야 한다는 것이고, 보급 유지의 논거는 사업명이 내용을 충실히 반영한다면 구축 관련 사업은 보급, 생산 관련 사업은 실증이 적합하다는 판정 규칙이다. 후자의 규칙은 같은 쟁점군의 수자원 기반과 바이오가스 기반 청정수소 “생산”이 실증 유지로 다수 결정된 것(H-4a, H-4b)과 정합적이며, 본 건은 사업명이 “구축”이므로 규칙상 보급이다. 연구진은 규칙의 정합성에 따라 보급을 유지하되, 탄소포집 연계가 신기술 검증의 성격으로 확인되면 실증으로 재분류한다는 조건을 메모로 남겼다.

제4절 확정 원칙과 확정 결과

1. 확정 원칙

상충 항목과 처리 방식이 남은 항목은 사전에 정한 네 가지 확정 원칙에 따라 2026년 8월 14일 연구책임자 결정으로 확정하였다. 첫째, 전문가 만장일치와 다수 의견은 그대로 채택한다. 둘째, 상충(2대 2) 항목은 예산 영향이 작으면 현행을 유지한다. 셋째, 방향이 같은 이견은 단순한 쪽을 채택한다. 넷째, 결론이 달라지지 않는 경우 추가 재확인 절차는 생략한다. 이로써 22개 항목 전부의 처리가 완결되었고, 1차 태깅은 이 확정을 기준으로 2차 확정본에 반영되었다.

2. 22개 항목의 처리 결과

표 8-6은 22개 항목의 확정 내용을 요약한 것이다. 만장일치 10건, 다수 9건은 그대로 채택하였고, 상충 3건은 예산 영향이 작아 현행을 유지하였으며, 처리 방식이 남았던 2건 — C-1의 오기입 처리와 N-4의 개별 적용 방식 — 은 연구책임자 결정으로 확정하였다.

〈표 8-6〉 22개 항목의 확정 결과

번호	확정 내용	근거
C-1	6단계 매트릭스에서 분리, 별도 보조표로 관리. 비VC 규모는 산업 성숙도 지표로 활용	다수 7대 1(오기입 처리 시 만장일치)
C-2	구조적 공백(“죽음의 계곡”)으로 명시. 단 P 판정 기준(FOAK와 반복 양산의 구분)을 정의서에 재서술하고 기준 검증을 거쳤음을 각주로 명시. 본 보고서의 해석: 민간 영역과의 역할 구분(제5절 4항)	다수 7대 1
C-3	사업 마스터 기준 통합. 동일 예산 1회 계상, 부처별 분담액은 메타데이터로 보존. 식별 키 = 사업 고유번호와 예산액	만장일치 8대 0
N-1	원자력 분석에서 분리, 별도 각주 처리	만장일치
N-2	분석 제외. 진입도로는 “원자력 산업단지 직접 연계 확인 시 비VC 유지 가능” 조건을 각주로 명시(통합 62건 일괄 계상으로 분리 불가)	만장일치
N-3a	V 유지, 플래그 존치. 총 모수 대비 0.17%로 영향 미미. 시장 공급 활동이 지배적으로 확인되는 시점에 P 재논의	권장안 채택
N-3b	V 유지. 성능과 안전성 검증 활동으로 상업 생산과 구별. 상업 제조라인 진입 시 P 재분류 가능	만장일치

번호	확정 내용	근거
N-4	판정 기준(공인 외부시험)은 만장일치 승인. R 태깅 8건을 D로 일괄 이동(성숙 산업의 업그레이드형 개발이 실질이라는 논거). 보조 기준(시제품, 공정, 코드 + 자체 성능검증 = D)을 정의서에 추가	권장안 채택
N-5	Op 유지. 경상비를 N-운영으로 분리하고 방폐장 직결분만 Op로 두는 대안은 경비 내역 자료 확보 시 후속 정밀화 과제로 기록	다수 3대 1
N-6	기술 VC 내 유지. 규제기술도 혁신 대상(SMR 인허가 병목 해소 직결). 적용성 고려 시 D ~ V 상향 의견은 2차 개별 검토 메모로 유지	만장일치
N-7a	3분류 기타 → SMR 이동(사업단 운영비 포함). 선박 탑재 목적의 소형 원자로 시스템으로 기술군 일관성 확보	만장일치
N-7b	3분류 대형 → SMR 이동	만장일치
N-7c	R → 비VC(N-인프라) 이동. 교육훈련과 인적 기반 조성이 주 목적(인력양성 활동 포함을 분류 정의에 명시)	다수 3대 1
H-1	Dep 유지. 거버넌스 성격과 민감도(0.8%p)를 각주로 병기, 임무 태깅에서 재논의 가능	권장안 채택
H-2	V 유지 + “P 전환 직전 후보” 각주. P 승격 시 P 10.3%가 되는 시나리오는 참고 수치로만 수록	다수 3대 1
H-3	지배활동 기준 유지. 활동 단위 분할은 예산 분리 근거 부재로 비현실적	만장일치
H-4a	V 유지. 사업성, 기술성 검증 전 단계	다수 3대 1
H-4b	V 유지	다수 3대 1
H-4c	Dep 유지. “구축 = Dep, 생산 실증 = V” 규칙과 H-4a, b의 정합. 탄소포집 연계가 신기술 검증으로 확인되면 V 재논의	권장안 채택
H-5	N-인프라 유지. 기개발 기술과 장치의 조합 구축은 기반투자이며, 평가기술 개발부터 진행된 경우만 V 성립	다수 3대 1
H-6	기반 유지. 비기술적 횡단 활동의 강제 귀속 방지	만장일치
H-7	D 유지 + 한계 명시. 내부 R ~ V 과제 혼재는 과제 단위 자료 확보 시 후속 연구로 정밀화(제10장 제4절). 집중 사실(D 예산의 63.6%)을 핵심 발견으로 서술	다수 3대 1

3. 원자력 확정 조정

원자력에서는 다섯 갈래의 확정 조정이 이루어졌다. 분석 모수에서 빠지는 조정이 세 갈래 — 국제 분담의 분리(3행 171,270백만원), 간접 인프라와 자금운용의 제외(2행 238,288백만원), 부처 분담 자료의 이중계상 통합(4행 27,008백만원) — 이고, 모수 안에서 단계가 바뀌는 조정이 두 갈래 — 전문인력양성의 비VC 이동(1행 3,550백만원)과 연구 태깅 8행의 개발 이동(27,326백만원) — 이다. 이와 별도로 3분류의 이동이 있었다. 해양용 용융염원자로 4행과 그 사업단 운영비, 해양수산부의

용융염원자로 해양 적용, 그리고 규제 대상을 기준으로 소형모듈원자로 규제검증 2행이 SMR로 이동하여 SMR 분류는 9행에서 17행으로 확대되었는데, 이동 행이 전부 연구와 개발 단계여서 "SMR이 아직 실증 단계에 진입하지 않았다"는 진단은 오히려 강화되었다. 표 8-7은 조정 내역이고, 표 8-8은 연구에서 개발로 이동한 8행의 목록이다.

〈표 8-7〉 원자력 확정 조정 내역

조정 항목	처리 내용	유형	행수	금액	확정 근거
국제핵융합실험로 분담	원자력 분석에서 분리, 별도 각주 처리	모수 제외	3	171,270	N-1 만장일치
진입도로, 여유자금	분석 제외(진입도로는 직접 연계 확인 시 유지 조건 각주)	모수 제외	2	238,288	N-2 만장일치
부처 분담 자료 이중계상	사업 마스터 기준 통합	모수 제외	4	27,008	C-3 만장일치
전문인력양성	연구(R)에서 비VC(N-인프라)로 이동	단계 이동	1	3,550	N-7c 다수
연구 태깅 8행	개발(D)로 일괄 이동, R~D 플래그 해제	단계 이동	8	27,326	N-4 권장안 채택
3분류 이동	기타 7행, 대형 1행을 SMR로 이동(SMR 9 → 17행)	분류 이동	8	17,458	N-7a, N-7b 만장일치
모수 제외 소계	분석 모수 1,062,673 → 626,107		9	436,566	검산 확인

〈표 8-8〉 연구에서 개발로 이동한 8행(N-4)

연번	내역사업	2026년 본예산	이동
1	SMR 사용후핵연료 발생량저감 핵연료기반기술개발	3,500	R → D
2	사용후핵연료 처리기술 고도화 연구개발사업	6,816	R → D
3	원자로 재료열화 대응 혁신기술 개발	3,000	R → D
4	차세대 동위원소전지 핵심소재기술 고도화	1,680	R → D
5	중성자 활용기술 고도화	3,000	R → D
6	원자력통제 규제기술 선진화	5,600	R → D
7	주변국 원자력활동 대응기술 개발	2,000	R → D
8	해양환경 방사성핵종 분석기술 개발	1,730	R → D
계	8행	27,326	

R~D 경계 14행 가운데 개발로 태깅되어 있던 6행(혁신형 SMR 혁신기술, 가동원전 안전 3행, 해체 선도기술, 초소형 히트파이프 전원공급)은 현행 개발을 유지하였다. 위원 ②가 개별 의견으로 제시한 히트파이프의 연구 이동은 위원 ④의 일괄 이동안과 방향이 반대여서 채택하지 않았고, 두 위원의 방향이 같은 부분(동위원소전지 소재와 해양핵종 분석의 개발 이동)은 일괄안에 포함되었다.

4. 수소 확정과 각주 사항

수소에서는 태깅 변경이 한 건도 없었다. 다수 의견과 만장일치가 모두 현행 유지였고 상충 2건도 현행 유지로 확정되었기 때문이다. 다만 세 가지 각주 사항을 확정하였다. 첫째, 청정수소 인증 2행은 보급을 유지하되 거버넌스 성격의 병존과 민감도(0.8%p)를 각주로 병기한다. 둘째, 한국형 수소환원제철 실증은 실증을 유지하되 "양산 전환 직전 후보"로 표시하고, 양산으로 승격하면 양산 비중이 10.3%가 되는 시나리오를 참고 수치로만 수록한다. 셋째, 탄소포집형 수소생산기지는 보급을 유지하되 신기술 검증 성격이 확인되면 실증으로 이동을 재논의한다는 조건을 남긴다. 아울러 신재생에너지 핵심기술개발의 수소와 연료전지 두 내역은 개발을 유지하되 내부에 연구부터 실증까지의 과제가 혼재한다는 한계를 명시하기로 하였다.

5. 최종보고서 서면자문에 따른 3분류 정정

확정 결과는 최종보고서 서면자문(2026.10)에서 한 차례 더 검토되었다. 서면자문은 원자력 3분류 가운데 고온가스로와 고속로 관련 사업이 대형이 아니라 SMR에 속하고, SMR 분류에 있던 사용후핵연료 발생량 저감은 대형의 연료주기에, 기타에 있던 초소형 히트파이프 전원은 SMR에 속한다고 지적하였다. 현재 추진 중인 고온가스로와 고속로 사업이 모두 모듈형 소형 노형이라는 분야 전문가의 판단에 따라 표 8-9의 6행을 정정하였으며, 이에 맞추어 제3장 제3절의 3분류 정의와 제5장 제3절의 하향 설계에서 차세대 대형을 대형 경수로 후속 노형에 한정하였다. 민관합작 차세대 원자로 개발 프로젝트의 내역인 차세대 원자력 정책센터는 사업단 운영비가 모사업의 분류를 따른다는 규칙(표 3-9)에 따라 함께 옮겼다. 정정의 결과 SMR은 17행 87,833백만원에서 21행 103,431백만원으로, 대형은 28행 241,987백만원에서 25행 228,069백만원으로, 기타는 50행 296,287백만원에서 49행 294,607백만원으로 바뀌었다. 정정 행의 혁신 가치사슬 단계와 임무는 그대로이므로 단계별 분포(표 8-10)와 임무 ×

단계의 페어링 매트릭스(제9장 제3절), 격차 6건의 수치(제9장 제5절)는 영향을 받지 않으며, 3분류 × 단계 교차표(표 8-11)와 3분류 × 단계 대조표(제9장 제4절)만 갱신하였다. 1차 태깅과 최종 3분류의 일치율은 자문 이동 8행만 반영한 91.6%(κ 0.854)에서 정정을 포함한 85.3%(κ 0.750)로 낮아졌으며, 정정 6행이 1차 태깅의 3분류 재검토 플래그 밖에 있었다는 사실은 노형 경계의 판정에 분야 지식이 필요함을 보여 준다(제7장 제5절).

〈표 8-9〉 최종보고서 서면자문에 따른 3분류 정정(6행)

연번	내역사업	부처	2026년 본예산	단계	임무 (주, 부)	정정 전 → 후	근거
1	민관합작 차세대 원자로 개발 프로젝트	기후에너지환경부	5,716	D	M2, M3	대형 → SMR	고온가스로, 모듈형 소형 노형
2	차세대 원자력 정책센터(동 사업 내역)	기후에너지환경부	1,000	비VC (N-거버)	G, M2	대형 → SMR	모사업 분류 준용(표 3-9)
3	민관합작 선진원자로수출기반 구축	기후에너지환경부	7,000	Dep	M3, M2	대형 → SMR	고속로, 모듈형 소형 노형
4	차세대 핵연료 시범연료봉 기술개발	기후에너지환경부	3,702	V	M2, M1	대형 → SMR	서면자문 지적
5	SMR 사용후핵연료 발생량저감 핵연료기반기술개발	과학기술정보통신부	3,500	D	M2, M1	SMR → 대형(연료주기)	서면자문 지적
6	초소형 히트파이프 원자력 전원공급 시스템 핵심기술 개발	과학기술정보통신부	1,680	D	M3, M2	기타 → SMR	서면자문 지적
계	6행		22,598				

제5절 확정 분포와 분야 진단

1. 확정 분포

자문 확정 조정을 모두 반영한 최종 분포는 표 8-10과 같다. 원자력의 분석 모수는 104행 1,062,673백만원에서 95행 626,107백만원으로 41.1% 줄었고, 수소는 93행 485,041백만원이 그대로 유지되었다. 집계는 전산 검산으로 확인하였다.

〈표 8-10〉 확정 분포(원자력 95행, 수소 93행)

단계	원자력 행수	원자력 금액	원자력 비중	수소 행수	수소 금액	수소 비중
R 연구	15	44,168	7.1%	4	18,938	3.9%
D 개발	30	192,156	30.7%	24	196,258	40.5%
V 실증	9	209,875	33.5%	25	158,900	32.8%
P 양산	0	0	0.0%	0	0	0.0%
Dep 보급	6	25,029	4.0%	14	79,381	16.4%
Op 운영	3	70,858	11.3%	4	816	0.2%
비VC	32	84,021	13.4%	22	30,748	6.3%
계	95	626,107	100.0%	93	485,041	100.0%

원자력의 1차 대비 변화를 보면 연구는 24행 75,044백만원에서 15행 44,168백만원으로(비중 7.1%로 동일), 개발은 23행 168,073백만원에서 30행 192,156백만원으로(15.8% → 30.7%), 실증은 15행 404,910백만원에서 9행 209,875백만원으로(38.1% → 33.5%), 비VC는 33행 318,759백만원에서 32행 84,021백만원으로(30.0% → 13.4%) 바뀌었고, 보급과 운영은 행수와 금액이 그대로이나 모수 축소로 비중이 각각 4.0%와 11.3%로 올랐다. 표 8-11은 자문의 3분류 이동과 서면자문 정정(제4절 5항)까지 반영한 확정 교차표이다.

〈표 8-11〉 원자력 확정 분포의 3분류 × 단계 교차(행수 / 2026년 본예산)

3분류	대형	SMR	기타	계
R	2 / 1,000	5 / 7,548	8 / 35,620	15 / 44,168
D	11 / 92,465	13 / 84,181	6 / 15,510	30 / 192,156
V	6 / 49,623	1 / 3,702	2 / 156,550	9 / 209,875
P	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Dep	4 / 17,572	1 / 7,000	1 / 457	6 / 25,029
Op	2 / 67,409	0 / 0	1 / 3,449	3 / 70,858

3분류	대형	SMR	기타	계
비VC	0 / 0	1 / 1,000	31 / 83,021	32 / 84,021
계	25 / 228,069	21 / 103,431	49 / 294,607	95 / 626,107

주: 서면자문 정정(표 8-9) 반영. 수소의 3분류 교차는 변경이 없으므로 제7장 표 7-8이 그대로 확정 교차표이다.

2. 원자력 — 개발 중심, 실증 집중, 비VC 서사의 수정과 정책방향의 반영

원자력의 확정 분포가 말해 주는 것은 네 가지이다. 첫째, 비VC 서사의 수정이다. 조정 과정에서 분석 모수가 41.1% 축소되면서 1차 태깅의 "예산 3분의 1이 혁신 밖"이라는 관찰은 간접 인프라와 자금운용이 만든 착시였음이 드러났고, 확정 기준의 비VC 비중 13.4%는 성숙 산업이 안고 가는 기관, 규제, 국제협력 비용의 수준으로 해석된다. 둘째, 개발 중심 구조의 확립이다. 개발이 30.7%로 원자력의 최대 활동 단계가 되었고, 연구 태깅의 개발 이동을 뒷받침한 "상용 원자로가 건설, 운영되는 성숙 산업에서 혁신기술은 업그레이드형 개발이 실질"이라는 논거가 분포에 반영되어 원자력 R&D의 성격이 분명해졌다. 셋째, 실증 집중의 성격이다. 국제 분담을 분리한 뒤에도 수출용 신형 연구로 단일 사업이 실증 예산의 74.1%(155,500백만원), 분석 모수 전체의 24.8%를 점유한다. 실증 단계의 사업은 실증 설비를 구축하는 특성상 단위 투자 규모가 다른 단계보다 크므로, 이 한 건을 제외한 보정 분포(모수 470,607백만원 기준 개발 40.8%, 비VC 17.9%, 운영 15.1%, 실증 11.6%, 연구 9.4%, 보급 5.3%)를 함께 보아야 하며, 단계별 금액 비중을 단계 간 투자 우선순위로 직접 읽어서는 안 된다. 아울러 SMR은 서면자문 정정 후 21행 103,431백만원 가운데 연구와 개발이 18행 91,729백만원(88.7%)이고 실증은 차세대 핵연료 시범연료봉(3,702백만원), 보급은 선진원자로 수출 기반 구축(7,000 백만원) 각 1행에 그쳐, 노형 개발의 본류가 아직 개발 단계에 있고 실증에서 보급으로 이어지는 구간에 국가 R&D 사업이 소규모로만 배치되어 있다는 발견이 유지된다. 양산 단계에 사업이 없는 것은 민간 영역이라는 역할 구분으로 해석한다(제4항).

넷째, 정책방향의 반영이다. 이 분포는 안정적인 전력 수급과 무탄소에너지 전환을 위한 대형원전과 SMR 기술개발을 지속하는 한편 원전 수출과 사업화와 공급망 경쟁력 강화, 방사선 기술의 의료와 바이오와 산업 분야 활용 확대를 지원해 온 원자력 R&D 정책방향이 해당 연도의 투자구조에 반영된 것으로 포괄적으로 읽는 것이 적절하다. 개발과 실증 단계의 높은 비중은 원자력 기술의 상용화와 산업적 활용을 위한 기술 고도화, 실증과 사업화 연계 지원의 특성이 반영된 결과이다. 분야 전문가의 평가에

따르면 사업군별 단계 위치는 다음과 같이 읽힌다. 대형원전 분야에서 가동원전의 유지보수와 운전은 양산과 운영 단계로서 사업자가 직접 투자하는 영역이어서 국가 R&D 예산에 나타나지 않고, 가동원전 안전성 향상은 개발에서 실증으로 이동하는 단계에 있으며, 해체는 핵심기술개발 사업이 종료되면 실증 단계에 진입하고, 중저준위 방사성폐기물은 처분장 운영에 따라 보급과 운영 단계에, 고준위 방사성폐기물은 지하연구시설 사업의 추진으로 개발에서 실증 단계에 들어섰으며, 사용후핵연료 처리는 소규모 투자로 개발 단계에 머물러 실증 진입을 위한 정책 결정이 요구되고, 수출 기반 구축은 보급 단계로 해석된다. SMR은 노형별로 단계가 다르나 모두 개발 이전 또는 개발 단계에 있다. 용융염원자로는 개념설계 수준의 연구 단계, 고온가스로와 소듐냉각고속로는 개발 단계이며, 혁신형 SMR은 표준설계인가를 목표로 하는 개발 단계로서 후속 건설 사업이 추진되면 빠르게 실증 단계로 진입할 가능성이 있다. 기타 분야의 연구로 기술은 실증 단계이며 실증로 건설 후 운영 단계로 이동할 것으로 보이고, 동위원소 생산과 분리정제 기술은 개발에서 실증으로 이동하고 있다. 이를 종합하면 사용후핵연료 처리를 제외한 대형원전 분야의 투자는 실증 이상의 단계에서 원자력 공기업 중심의 가치사슬을 이루고, SMR은 연구기관 중심에 민간기업이 참여하는 형태로 개발 단계의 사업을 추진하면서 투자 확대를 통해 실증 단계로 진입하는 전략(제6차 원자력진흥종합계획, 7대 SEED 프로젝트, K-문샷 추진전략)에 있으며, 연구로와 동위원소 기술은 실증 단계에서 운영을 목표로 투자되고 있다. 다만 본 분석은 2026년 본예산의 단년도 단면이므로, 임무별과 단계별 투자 비중을 중장기 투자 추세나 정책 우선순위, 투자 적정성으로 직접 해석하는 데에는 한계가 있으며, 세부 분야별 단계 이동과 임무 변화의 추적은 다년도 시계열 분석의 몫이다(제10장 제4절).

3. 수소 — 개발과 실증 중심, 보급 진전, 상용화 준비 과정의 단면

수소의 확정 분포는 1차 태깅이 그대로 유지되었다. 개발과 실증이 합계 73.3%로 포트폴리오의 중심을 이루면서, 보급이 16.4%로 원자력(4.0%)의 네 배를 넘는다. 충전소와 수소도시, 인증과 의무화 같은 Demand-pull 수단이 실제 예산으로 작동하고 있다는 뜻이며, 인증의 거버넌스 성격을 감안하더라도 보급 비중은 15.5% 아래로 내려가지 않는다. 반면 운영은 0.2%로 미미한데, 이는 보급된 자산의 축적이 아직 얇은 신흥 분야의 자연스러운 단면이다. 개발 예산의 63.6%가 두 내역에 집중된 사실은 정밀화의 한계와 함께 핵심 발견으로 남는다.

개발과 실증의 집중은 국내 수소 기술의 개발과 실증 현황에 비추어 읽어야 한다. 수소 분야는 생산, 저장운송, 활용의 세부 기술별로 성숙도와 상용화 수준이 다르다. 수전해를 예로 들면 핵심 소재와 부품의 성능 향상과 함께 시스템의 대형화와 실증이 추진되고 있으며, 실험실 수준에서 목표 성능을 확보하더라도 실제 운전 환경에서 효율과 내구성을 검증하는 과정이 필요하고, 재생에너지와 연계하여 운영하는 경우에는 전력 공급의 변동에 따른 운전 특성과 시스템 안정성이 중요한 검증 요소가 된다. 같은 실증 단계에 속하더라도 핵심 소재와 부품의 성능 검증과 MW급 시스템 실증은 요구되는 기술 수준과 투자 규모가 다르므로, 단계별 비중을 해석할 때에는 세부 기술의 성숙도와 실증의 목적을 함께 보아야 한다. 아울러 실증을 통해 시스템의 성능과 신뢰성을 확인하더라도 전력 조달비용과 설비 이용률에 따라 수소 생산원가가 크게 달라지므로, 기술개발 성과가 시장 진입으로 이어지려면 경제성의 제약을 함께 고려해야 한다. 따라서 개발과 실증 단계에 대한 투자 집중은 편중이라기보다 국내 수소 기술의 산업화 과정에서 나타나는 특성으로 이해하는 것이 적절하다. 다만 이 집중을 무탄소 전환 임무와의 정합성이 높다는 뜻으로만 읽을 수는 없다. 실증 중심의 지원구조에 비해 장기 수요 확보, 가격 지원, 인증과 표준, 인프라, 공급망 형성처럼 수요를 만들고 시장을 형성하는 수단의 비중은 상대적으로 제한적이며, 현재의 지원구조가 이러한 수단과 충분히 결합되어 있는지가 제9장 격차 진단의 관심 지점이다.

4. 공통 — 양산 단계의 역할 구분과 실증 이후의 연계

두 분야를 겹쳐 보면 대비와 공통점이 함께 드러난다. 원자력은 연구에서 운영까지 전 단계에 예산이 분포하는 전주기형 구조이고, 수소는 개발과 실증에 집중하면서 보급이 진전된 확산형 구조이다. 공통점은 두 분야 모두 양산 단계에 국가연구개발사업이 없다는 사실이다. 이는 분석 범위가 국가연구개발사업이라는 점에서 자연스러운 결과로, 초도 상용 설비의 구축과 양산은 민간 기업이 담당하는 영역이며 국가 R&D는 연구에서 실증까지의 기술 공급과 보급 이후의 확산 지원을 담당한다는 역할 구분이 예산 데이터에서 그대로 확인된 것이다. 양산 단계에 사업이 없다는 판정이 기준 미비에 따른 분류상의 결과일 가능성은 자문에서 검증하였고, 전문가 7인 대 1인의 다수가 이를 분류 기준의 문제가 아닌 실제 구조로 확인하였다. 따라서 정책적 관심은 국가 R&D 예산으로 양산 단계를 채우는 데 있지 않고, 실증을 마친 기술이 민간의 양산 투자로 이어지는 접점을 어떻게 관리하는가에 놓인다. 이는 연구, 개발,

실증, 양산의 각 단계에 예산이 존재하는지를 보는 정태적 관점을 넘어, 한 단계의 성과가 다음 단계로 넘어가지 못하는 지점, 곧 전환 병목을 찾는 관점이다. 기술적 한계로 상용화가 지연되는 분야와 기술은 확보되었으나 경제성이나 수요 부족으로 시장 진입이 어려운 분야는 정책의 접근을 달리해야 하며, 전자에는 핵심기술 개발과 실증의 R&D 투자가, 후자에는 수요 창출과 제도적 지원이 더 효과적인 수단이 될 수 있다. 실증 단계에 있는 한국형 수소환원제철 실증(50,146백만원)은 그 접점의 관찰 대상이다. 이 접점의 관리 과제는 제9장의 격차 진단에서 두 분야 공통의 제언 소재로 다시 다룬다.

제6절 방법의 타당성 평가와 한계

1. 체계 타당성에 대한 전문가 평가

태깅 체계의 타당성은 서술 의견을 제출한 7인 전원이 긍정적으로 평가하였다. “6단계 VC와 비VC를 구분한 태깅 체계는 타당하다”, “6단계 매트릭스 형태가 타당하다”, “태깅을 통한 분석이 필요하며 충실히 진행되었다”, “전반적인 태깅은 적절하다”는 평가가 그것이다. 22개 항목 가운데 19개(86%)가 만장일치 또는 다수로 수렴하였고 다수 의견이 연구진 권고안과 다른 항목이 없었다는 사실은, 1차 태깅의 판정 방향이 전문가 판단과 대체로 일치함을 보여 준다.

2. 검증된 강점

자문으로 검증된 방법의 강점은 세 가지이다. 첫째, 경계 플래그 방식의 유효성이다. 전문가의 이견과 조정 의견은 거의 전부 플래그 행 106건에 집중되었고, 플래그가 없는 행(원자력 42행, 수소 49행)에 대한 태깅 이의는 한 건도 없었다. 플래그가 논쟁 지점을 사전에 정확히 포착했음을 뜻하며, 태깅 절차의 신뢰성에 대한 유력한 증거이다. 둘째, 지배활동 기준의 지지이다. 통합실증 사업의 지배활동 기준 적용은 만장일치로 승인되었고, 활동 단위 분류는 사업 내 예산 분리를 요구하나 실제로는 활동이 혼재되어 분리가 어렵다는 지적이 내역사업 단위 태깅의 현실적 정당성을 확인해 주었다. 셋째, 비VC 분리의 지지이다. 분리는 사실상 8인 전원의 지지를 받았으며, 분류의 일관성과 분야 간 비교 가능성의 측면에서 타당하다는 평가가 있었다.

3. 확인된 한계와 정의서 개정 사항

자문은 방법의 한계도 명확히 드러냈고, 본 연구는 이를 네 가지로 정리하여 후속 작업에 반영하였다. 첫째, 양산 단계 판정 기준의 이중성이다. 현행 정의는 초도 상용 설비와 반복 양산을 혼용하고 있어 대형 플랜트 중심의 원자력 분야를 적절히 포착하기 어렵다는 지적이 있었고, 실증을 통한 기술 검증이 완료되어 기술규격이 정의되고 표준화가 진행되며 생산시설 구축 단계에 진입한 경우를 양산으로 본다는 진입 기준의 제안도 있었다. 이에 따라 정의서의 양산 판정 기준을 재서술하고, 양산 단계에 사업이 없다는 판정에 기준 검증을 거쳤음을 명시하였다. 둘째, 연구와 개발의 판정 정보

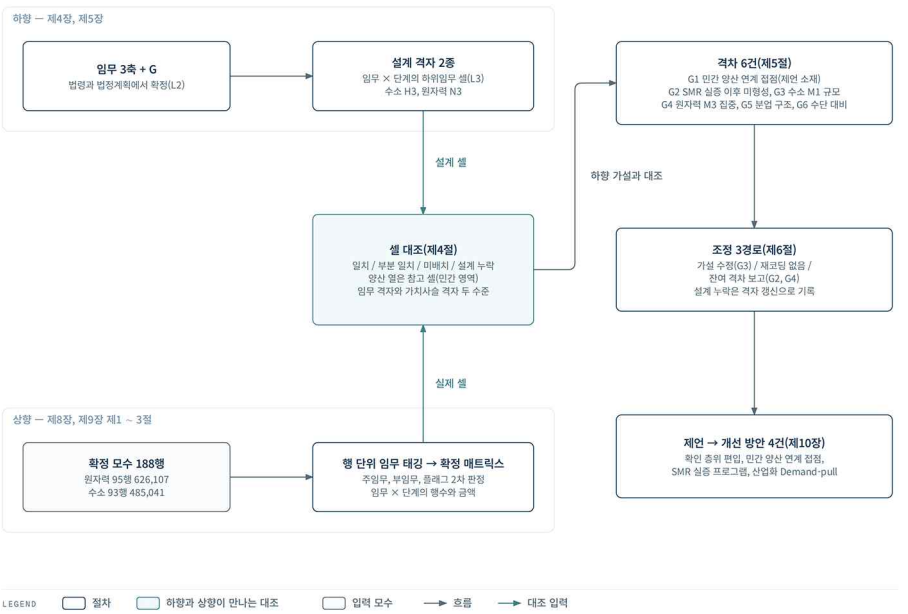
부족이다. 사업명 기반 태깅의 한계가 개별 행에서 위원 간 정반대 판정(초소형 히트파이프 전원공급)으로 표면화되었고, 사업계획서의 목표와 산출물, 시제품 제작과 성능검증 여부를 판정 근거로 승격하고 공인 외부시험 기준에 "구체적 시제품, 공정, 코드의 개발과 자체 성능검증" 보조 기준을 추가하기로 하였다. 셋째, 기관 단위 태깅의 한계이다. 방사성폐기물 관리기관과 규제기관처럼 기관 전체 경비를 단일 단계에 부여하는 방식에 이견이 있었으며, 경비 내역의 분리 가능성을 확인하되 불가능한 경우 잠정 태깅임을 명시하기로 하였다. 넷째, 대규모 계속사업의 내부 혼재이다. 수소 개발 예산의 63.6%를 차지하는 두 내역의 내부에 연구부터 실증까지의 과제가 혼재하는 문제는 과제 단위 자료의 확보를 전제로 하는 후속 연구 과제로 명시하였다.

자문에서 제안된 방법론 개선 사항 다섯 가지도 채택하였다. 상충 쟁점의 양측 논거를 소수의견으로 부록에 수록하는 것(부록 H), 경계 행에 한해 최종 산출물과 실증, 상용화 목표를 간략히 병기하는 것(2차 태깅표의 산출물 열), 단계별 마일스톤 심층 평가를 포함하지 않는다는 태깅의 정태성 한계를 명시하는 것, 실증에서 양산으로의 구간을 단축하는 신속 경로(금융 지원, 실증시설과 사업화의 연계)를 정책 제언의 소재로 검토하는 것, 그리고 한계와 추가 사항을 정리하여 후속 연구를 도출하는 것이다(제10장 제3절, 제4절).

제9장 임무 캐스케이딩 — 상향 매칭과 하향 대조 (L6 → L2, L3)

이 장의 입력은 제8장의 확정 모수와 제5장의 설계 격자이다. 각 행에 3대 임무 축을 태깅하여 임무 × 단계의 페어링 매트릭스로 상향 집계하고(제1 ~ 3절), 이를 설계 격자와 셀 단위로 대조하여(제4절) 하향 가설 대비 격차를 진단하며(제5절), 격차별 조정 원칙과 제언 소재를 정리한다(제6절, 그림 9-1). 산출은 최종 페어링 매트릭스와 대조표와 격차 6건이며, 제10장의 결론과 개선 방안이 여기서 도출된다.

〈그림 9-1〉 임무 태깅에서 대조와 격차 진단까지(L6 → L2, L3)



이 장은 중간층 정합성 검증의 둘째 절차인 임무 태깅과 셋째 절차인 양방향 검증, 넷째 절차인 격차 진단, 다섯째 절차인 조정 원칙의 적용 결과를 다룬다. 제7장과 제8장에서 혁신 가치사슬 단계가 확정된 분석 모수의 각 행에 3대 임무 축을 태깅하여 상향으로 집계하고, 그 결과를 제4장에서 확정한 임무 층위와 제5장의 하향 설계와 대조하는 것이 이 장의 내용이다. 제1절은 임무 판정 규칙을, 제2절은 사업군 단위의 임무 배정을, 제3절은 사업군 단위 1차 매트릭스와 행 단위 전면 태깅으로 확정된 페어링 매트릭스를, 제4절은

제5장의 설계 셀과 실제 셀의 대조를, 제5절은 격차 6건의 진단과 성격 구분을, 제6절은 조정 원칙과 예비 시사점을 서술한다. 행 단위 판정 결과의 전체 목록은 부록 G에 있다.

제1절 임무 판정 규칙

혁신 가치사슬 태깅이 확정됨에 따라 중간층 검증의 둘째 절차인 임무(L2) 태깅에 진입하였다. 임무 태깅은 확정된 분석 모수의 각 행에 3대 임무 축 가운데 지배적인 주임무 하나를 부여하는 작업으로, 판정의 일관성을 위해 임무별 운용 정의와 판정 규칙을 먼저 확정하였다(표 9-1). 운용 정의는 제4장 제3절의 임무 축 정의를 사업 단위의 판정 지표로 옮긴 것이며, 어느 축에도 단일 귀속이 어려운 횡단 활동은 기반(G)으로 구분한다.

〈표 9-1〉 임무 축의 운용 정의와 판정 지표

임무	운용 정의	판정 지표의 예
M1 에너지 수급 안보	기존과 신규 에너지 자산의 안정적 확보, 운영, 관리와 공급망 확보	가동원전 안전, 계속운전, 사용후핵연료, 방사성폐기물, 해체, 연료 공급망, 해외 도입 기반
M2 무탄소에너지 전환	무탄소 에너지원의 기술 확보와 전환 가속	SMR, 차세대 노형, 청정수소 생산, 연료전지, 수소환원제철, 충전소, 수소도시, 인증
M3 산업적 성과창출	수출, 시장 창출, 기업 육성, 상용화	수출 연구로, 동위원소 상용화, 원자로 수출 기반, 기업 성장 지원, 사업화 지원
G 기반(횡단)	특정 임무에 단일 귀속이 어려운 횡단 활동	규제, 방재, 인력양성, 국제협력, 통계, 기관 운영

판정 규칙은 다섯 항으로 정하였다. 첫째, 행마다 주임무 하나를 부여하되 복수 임무에 대한 기여가 뚜렷한 경우 부임무 하나까지 병기하고 주와 부를 구분한다. 부임무는 총계에 더하지 않고 참고 집계로만 다루어 이중 계상을 막는다. 둘째, 판정의 우선순위는 사업 목적 원문, 기술군과 사업군, 부처의 임무 순서로 하며 사업명만으로 판정하지 않는다. 이는 가치사슬 태깅에서 자문으로 확정된 원칙의 준용이다. 셋째, 비VC 행은 임무 매트릭스 본체에서 분리하되 전부 기반(G)으로 보조 집계하고, 모사업의 임무가 뚜렷한 경우에는 부임무로 참고 기록한다. 넷째, 임무 귀속이 모호한 행은 임무 플래그로 표시하여 후속 검증 대상으로 관리한다. 자문에서 유효성이 검증된 플래그 방식의 준용이다. 다섯째, 가치사슬 확정안에서 분석 제외된 행은 임무 태깅에서도 제외를 승계한다.

실제 판정에서는 세 가지 세부 규칙을 추가로 적용하였다. 규제와 방재와 통제 연구처럼 기술 혁신 가치사슬 안에 남아 있으면서도 횡단 성격이 강한 행은 기반(G)을 주임무로 두되, 원전 안전 규제와 시설 방호처럼 수급 안보와의 연계가 원문에 명시된 경우에만 M1을 부임무로 병기하였다. 사업 목적 원문을 확보하지 못한 행(원자력 11행, 수소 7행)은 사업군을 기준으로 판정하고 근거란에 원문 미확보를 명시하였다. 사업군의 기본 배정과 다르게 판정한 행은 근거란에 사유를 적고 대부분 플래그를 부여하였다.

제2절 사업군 → 임무 배정(원자력 6군, 수소 9군)

행 단위 전면 태깅에 앞서, 확정안의 사업군 구조를 근거로 임무를 배정하였다. 원자력은 가동원전 안전과 계속운전, 사용후핵연료와 방사성폐기물과 해체, SMR과 차세대 노형, 수출 연구로와 동위원소, 원자로 수출 기반, 안전규제와 방재 연구의 여섯 개 사업군으로, 수소는 청정수소 생산 기술, 생산 실증과 기지, 저장운송, 활용, 수소환원제철, 보급, 해외 도입 기반, 기업 육성과 사업화, 시험평가와 진흥 기반의 아홉 개 사업군으로 묶어 주임무와 부임무를 배정하였다(표 9-2). 이 배정은 행 단위 판정의 기본값이며, 행의 사업 목적 원문이 기본값과 다른 임무를 가리키면 원문이 우선한다. 표의 금액은 확인된 대표 사업 기준이고, "-"는 대표 사업 수준의 개별 금액을 병기하지 않은 경우이다.

〈표 9-2〉 사업군별 임무 배정과 대표 사업

분야	사업군	주임무	부임무	대표 사업	2026년 예산
원자력	가동원전 안전, 계속운전	M1	-	가동원전 안전성 향상	75,206
				원자로 재료열화 대응	3,000
	사용후핵연료, 방폐, 해체	M1	-	사용후핵연료 저장, 처분 핵심기술	23,115
				사용후핵연료 처리기술 고도화	6,816
				원자력환경공단 운영	67,409
	SMR, 차세대 노형	M2	M3	혁신형 SMR	64,075
				MSR 원천기술	7,548
				SMR 규제검증	9,310
				차세대 핵연료 시범연료봉	3,702
	수출 연구로, 동위원소	M3	-	수출용 신형 연구로	155,500
				동위원소 상용화	1,050
	원자로 수출 기반	M3	-	선진원자로 수출 기반 구축	7,000
	안전규제, 방재 연구	G	M1	규제기관 기관고유 연구	19,065
				원자력통제 선진화	5,600
수소	청정수소 생산 기술	M2	-	신재생에너지 수소 핵심기술	73,453
				그린수소 생산 자립	12,000
				청록수소 원천	4,600
	생산 실증, 기지	M2	-	수자원, 바이오가스 청정수소	24,435
				탄소 포집형 생산기지	5,990

분야	사업군	주임무	부임무	대표 사업	2026년 예산
	저장운송	M2	M1	액체수소 저장탱크	4,000
				배관 수소 혼입	2,200
	활용(모빌리티, 발전)	M2	M3	연료전지	51,345
				수소전기동차	5,900
				수소추진선박	–
	수소환원제철	M2	M3	실증기술개발	50,146
	보급(Demand-pull)	M2	–	청정수소 인증	4,006
				수소충전소, 수소도시	–
	해외 도입 기반	M1	M2	해외 청정수소 암모니아	1,650
	기업 육성, 사업화	M3	–	수소기업 성장 지원	4,045
				사업화 지원	787
	시험평가, 진흥 기반	G	M2	시험평가, 실증화 지원 기반	21,439

행 단위 판정에서 사업군의 기본값과 다르게 판정한 행은 다음과 같다. 수소의 활용 사업군에 속하면서도 사업 목적이 국내 부품기업의 개방형 플랫폼과 기자재 상용화 지원에 있는 4행(수소엔진 육상실증 플랫폼, 모빌리티 데이터 고도화, 설계와 검증 소프트웨어 고도화, 롤링섀시 제작과 검증)은 M2가 아니라 M3를 주임무로 판정하였고, 보급 사업군의 수소튜브트레일러 지원은 사업 목적이 수소 공급가격 인하와 수급 안정에 있어 M1을 주임무로 판정하였다. 원자력의 MSR 원천기술 5행은 SMR 사업군의 기본값과 달리 원문에 시장과 수출 목적이 없어 M3 부임무를 부여하지 않았고, SMR 사용후핵연료 저감과 시범연료봉의 부임무는 M3가 아니라 후행주기 부담 저감과 가동원전 적용 가능성에 근거하여 M1으로 바꾸었으며, 해체 2행에는 해체 시장 진출의 목적을 근거로 M3 부임무를 추가하였다. 주변국 핵활동 대응과 해양 방사능 감시는 에너지 수급과의 직접 연계가 원문에 없어 규제 사업군의 기본값인 M1 부임무를 부여하지 않았다.

제3절 페어링 매트릭스(임무 × 단계) — 사업군 단위 1차와 행 단위 확정

1. 사업군 단위 1차 페어링 매트릭스

표 9-2의 배정을 임무 × 혁신 가치사슬의 격자에 옮긴 1차 페어링 매트릭스는 표 9-3, 표 9-4와 같다. 셀에는 대표 사업명만 표기하며, (미배치)는 해당 셀에 배치된 사업이 없음을, (민간 영역)은 국가 R&D 범위 밖의 양산 셀임을 뜻한다. 이 1차 배치는 행 단위 전면 태깅의 출발점이자 결과의 점검 기준으로 사용되었다.

〈표 9-3〉 원자력 사업군 단위 1차 페어링 매트릭스

임무	R 연구	D 개발	V 실증	P 양산	Dep 보급	Op 운영
M1 수급 안보	사용후핵연료 기초	가동원전 안전, 처리 고도화, 해체	사용후핵연료 저장, 처분	(민간 영역)	방폐장 건설	환경공단 운영, 감시기
M2 무탄소 전환	MSR 원천	혁신형 SMR, SMR 규제검증, 민관합작 차세대	시범연료봉	(민간 영역)	(미배치)	(미배치)
M3 산업적 성과	–	동위원소전지 소재, 시스템	수출 연구로, 동위원소 상용화	(민간 영역)	수출 기반 구축	(미배치)
G 기반	규제 연구	규제검증 기술	–	–	–	–

〈표 9-4〉 수소 사업군 단위 1차 페어링 매트릭스

임무	R 연구	D 개발	V 실증	P 양산	Dep 보급	Op 운영
M1 수급 안보	–	–	–	(민간 영역)	해외 도입 기반	–
M2 무탄소 전환	수소 원천, 청록수소 원천	신재생 수소, 연료전지, 그린수소 자립	수소환원제철, 생산 실증, 모빌리티 실증	(민간 영역, 제철 = 연계 관찰 대상)	충전소, 수소도시, 인증, 탄소 포집형	충전소 안전관리
M3 산업적 성과	–	–	특장차, 부품 검증 일부	(민간 영역)	기업 성장 지원, 사업화 지원	–
G 기반	인공지능 기후 원천(연관 약)	–	시험평가 지원 기반	–	–	–

2. 행 단위 전면 태깅의 확정 매트릭스

확정된 분석 모수의 전 행, 곧 원자력 95행과 수소 93행에 대하여 제1절의 규칙으로 주임무와 부임무와 플래그를 부여하고, 임무 × 단계의 격자에 행수와 금액을 채운 확정 페어링 매트릭스를 산출하였다(표 9-5 ~ 표 9-8). 비VC 행은 별도 열로 분리하여 전부 기반(G)에 집계하였다. 셀 합계는 원자력 95행 626,107, 수소 93행 485,041로 제8장의 확정 모수와 일치하며, 비중의 합계는 100.0%, 비VC 행의 G 귀속은 100%, 주임무 미기입 행은 0이다.

〈표 9-5〉 원자력 확정 페어링 매트릭스(행수)

임무(주)	R	D	V	P	Dep	Op	기술 VC 소계	비VC	계
M1 수급 안보	2	10	6	–	4	2	24	–	24
M2 무탄소 전환	5	11	1	–	–	–	17	–	17
M3 산업적 성과	–	3	2	–	2	–	7	–	7
G 기반	8	6	–	–	–	1	15	32	47
계	15	30	9	0	6	3	63	32	95

〈표 9-6〉 원자력 확정 페어링 매트릭스(금액, 백만원)

임무(주)	M1 수급 안보	M2 무탄소 전환	M3 산업적 성과	G 기반	계
R	1,000	7,548	–	35,620	44,168
D	88,965	76,691	4,860	21,640	192,156
V	49,623	3,702	156,550	–	209,875
P	–	–	–	–	0
Dep	17,572	–	7,457	–	25,029
Op	67,409	–	–	3,449	70,858
기술 VC 소계	224,569	87,941	168,867	60,709	542,086
비VC	–	–	–	84,021	84,021
계	224,569	87,941	168,867	144,730	626,107
비중	35.9%	14.0%	27.0%	23.1%	100.0%

〈표 9-7〉 수소 확정 페어링 매트릭스(행수)

임무(주)	M1 수급 안보	M2 무탄소 전환	M3 산업적 성과	G 기반	계
R	-	3	-	1	4
D	2	20	2	-	24
V	3	19	2	1	25
P	-	-	-	-	0
Dep	2	9	3	-	14
Op	-	4	-	-	4
기술 VC 소계	7	55	7	2	71
비VC	-	-	-	22	22
계	7	55	7	24	93

〈표 9-8〉 수소 확정 페어링 매트릭스(금액, 백만원)

임무(주)	M1 수급 안보	M2 무탄소 전환	M3 산업적 성과	G 기반	계
R	-	13,855	-	5,083	18,938
D	5,170	188,688	2,400	-	196,258
V	5,930	128,601	2,930	21,439	158,900
P	-	-	-	-	0
Dep	4,231	70,318	4,832	-	79,381
Op	-	816	-	-	816
기술 VC 소계	15,331	402,278	10,162	26,522	454,293
비VC	-	-	-	30,748	30,748
계	15,331	402,278	10,162	57,270	485,041
비중	3.2%	82.9%	2.1%	11.8%	100.0%

원자력의 확정 매트릭스에서 M1(수급 안보)은 연구에서 운영까지 전 단계에 존재하는 유일한 임무로, 개발 단계의 가동원전 안전(과학기술정보통신부 38,316과 기후에너지환경부 36,890), 실증 단계의 사용후핵연료 저장과 처분(과학기술정보통신부 25,858과

기후에너지환경부 23,115), 보급 단계의 방사성폐기물 처분장 건설(17,572), 운영 단계의 원자력환경공단 운영(67,409)으로 구성된다. 기술 VC 63행 542,086 안에서 M1의 비중은 41.4%이다. M2(무탄소 전환)는 연구와 개발 단계에 95.8%(84,239)가 집중되어 있고, 실증 단계는 차세대 핵연료 시범연료봉(3,702) 한 건이며, 보급과 운영 단계는 비어 있다. SMR 21행 103,431은 연구와 개발 18행 91,729(88.7%)에 집중되고 실증(차세대 핵연료 시범연료봉 3,702)과 보급(선진원자로 수출 기반 구축 7,000)은 각 1행이며, 임무로는 M2 16행 84,441, M3 2행 8,680(수출 기반과 히트파이프 전원), 규제검증과 정책센터의 G 3행 10,310으로 나뉜다. M3(산업적 성과)는 수출용 신형 연구로(155,500)가 M3의 92.1%이자 총 모수의 24.8%를 단독으로 점유하고, 나머지는 동위원소 상용화(1,050), 동위원소전지 핵심소재(기타, 1,680), 초소형 히트파이프 전원(SMR, 1,680), 연구로 플랫폼(1,500), 수출 기반 구축(7,000), 유망기업 지원(457)이다. M3의 비중 27.0%는 수출용 신형 연구로 한 건이 만든 값으로, 이 한 건을 제외하면 M3는 13,367로 보정 모수(470,607)의 2.8%이고 M1 47.7%, M2 18.7%, G 30.8%가 된다. 실증 설비를 구축하는 단일 대형 사업이 임무별 비중을 좌우하므로, M3의 비중을 산업적 성과 임무에 대한 투자 우선순위로 읽어서는 안 된다. G(기반)의 기술 VC 15행 60,709는 규제와 통제 연구(원자력안전위원회 연구개발 6건(예산 0인 1건 별도)과 규제기관 기관고유 연구 2건, 42,490), 국제공동연구(9,370), 기초연구(2,400), 중성자 활용(3,000), 감시기 운영(3,449)이고, 비VC 32행 84,021은 전부 G이다. 3분류와 주임무의 관계를 보면 대형 25행은 M1 24행 224,569를 중심으로 하고(나머지 1행은 SMR 사용후핵연료 저감의 M2 3,500), SMR 21행은 M2 16행과 M3 2행과 G 3행이며, 기타 49행은 M3 5행 160,187과 G 44행 134,420으로 나뉜다. 3분류와 임무가 거의 일대일로 대응하며, 임무가 3분류의 재명명에 그치지 않는 곳은 SMR 안의 M3(선진원자로 수출 기반, 히트파이프 전원)와 기타 안의 M3(연구로, 동위원소)이다.

수소의 확정 매트릭스는 M2 중심의 구조이다. M2는 연구에서 운영까지 전 단계에 존재하며 개발과 실증이 M2의 78.9%(317,289)이고 보급이 17.5%(70,318)로, 수소도시(46,422), 충전소와 복합기지(13,900), 청정수소 인증(4,006), 탄소 포집형 생산기지(5,990)와 같은 Demand-pull 수단이 작동하고 있다. M1 주임무는 해외 청정수소 암모니아 도입 기반(1,650)과 수소튜브트레일러 지원(2,581), 액화수소 인수기지 관련 5행(11,100)의 7행 15,331로 모수의 3.2%이며 규모가 작다. M3 주임무 7행 10,162는 수소기업 성장 지원(4,045), 연료전지 설계검증 플랫폼(3,200),

수소엔진 육상실증 플랫폼(2,130), 특장차 기업 지원(657), 사업화 지원(130)처럼 기업 육성과 부품 플랫폼의 성격이며, 하향 설계의 M-H3가 요구하는 수출 금융과 표준과 통상 수단은 예산 사업으로 존재하지 않는다. G의 기술 VC 2행 26,522는 청정수소 시험평가와 실증화 지원 기반(21,439)과 인공지능 기반 미래기후 원천(5,083, 수소 연관 약)이고, 비VC 22행 30,748은 전부 G이다. 3분류와 주임무의 관계를 보면 생산 14행 중 M2가 12행 138,339, 저장운송 27행 중 M2가 14행 18,801(전부 M1 부임무 병기)과 M1이 6행 13,681, 활용 45행 중 M2가 29행 245,138과 M3가 6행 6,117이다.

이 비중은 행마다 대표 임무 하나를 부여한 결과라는 점에 유의해야 한다. 수소 기술은 복수의 정책목표에 기여하는 특성이 있어, 수전해 기술개발은 청정수소 생산을 통한 온실가스 감축뿐 아니라 국내 수소 생산역량의 확보와 핵심 소재와 부품의 국산화에도 기여하며, 생산 기술은 수급 자립과 수출 산업에, 활용 기술은 탄소중립과 수출 산업에 동시에 걸쳐 있다. 따라서 무탄소 전환의 비중이 높게 나타나더라도 이를 다른 정책목표에 대한 투자 부족으로 해석하기는 어려우며, 산업적 성과의 낮은 비중은 실제 투자 수준뿐 아니라 임무 분류 방식의 영향을 받은 것이다. 주임무 매트릭스는 대표 임무 기준의 예산 배분 현황을 보여 주는 것으로 각 정책목표에 대한 전체 투자 수준이나 기여도를 직접 나타내지 않으며, 복수 기여의 구조는 다음 항의 부임무 집계로 보인다.

3. 부임무 참고 집계와 임무 플래그

부임무는 총계에 더하지 않지만, 주임무와 부임무의 조합은 임무 간 이중 기여의 구조를 보여준다(표 9-9). 원자력에서 대표적 조합은 M2 주와 M3 부의 9행 72,591(혁신형 SMR, 차세대 노형)이며, M3 부임무를 모두 합하면 12행 76,583, M2 부임무는 14행 58,314, M1 부임무는 6행 36,652이다. 수소에서 대표적 조합은 M2 주와 M1 부의 15행 25,101(저장운송 14행과 수소차 부품 재활용)과 M2 주와 M3 부의 13행 156,015(수소환원제철, 연료전지, 수소터빈, 모빌리티)이며, M3 부임무를 모두 합하면 20행 193,329, M1 부임무는 18행 27,373, M2 부임무는 21행 32,695이다. 부임무까지 고려하면 수소의 M1은 주와 부를 합하여 42,704(모수의 8.8%), M3는 203,491(42.0%)까지 넓어지고, 원자력의 M2는 146,255, M3는 245,450까지 넓어진다. 곧 주임무 매트릭스가 보여주는 임무 구조의 비대칭은 부임무를 고려하면 완화되지만, 완화의 대부분이 M2 주임무 사업의 부수적 기여에서 나온다는 점에서 구조 자체가 바뀌지는 않는다. 부임무 참고 집계(주임무 기준과

부임무 포함 기준으로 임무별 비중의 범위를 보이는 것)는 사업별 임무 비중을 표현하는 본 연구의 방식이며, 수소 M1이 주임무 기준 3.2%에서 부임무 포함 8.8%까지 움직이는 범위가 그 예이다.

〈표 9-9〉 주임무와 부임무의 참고 집계

분야	부임무	행수	금액	대표 조합
원자력	M1 부	6	36,652	G 주(규제 연구 4행 29,450), M2 주(SMR 사용후핵연료 저감 3,500, 시범연료봉 3,702)
원자력	M2 부	14	58,314	G 주(혁신원자력 기반 조성, 혁신생태계, 정책센터 24,828, SMR과 차세대 노형 규제검증 2행 9,310, 중성자 활용 3,000), M1 주(사용후핵연료 처리와 통합관리 7,816, 재료열화 3,000), M3 주(수출 기반 7,000, 동위원소전지 1,680, 히트파이프 전원 1,680)
원자력	M3 부	12	76,583	M2 주(혁신형 SMR 7행 64,075, 민관합작 차세대 5,716, SMR 디지털 2,800), M1 주(해체 2행 3,893)
수소	M1 부	18	27,373	M2 주(저장운송 14행 18,801, 수소차 부품 재활용 6,300), G 주 비VC(유통 거버넌스 3행 2,272)
수소	M2 부	21	32,695	M1 주 7행 15,331(해외 도입 기반, 튜브트레일러, 액화수소 인수기지 관련 5행), M3 주 5행, G 주 비VC 9행
수소	M3 부	20	193,329	M2 주(수소환원제철 50,146, 연료전지 51,345, 수소터빈 20,900, 모빌리티와 선박), G 주 비VC 6행 15,875

임무 귀속이 모호하여 플래그를 부여한 행은 원자력 12행 41,658(모수의 6.7%)과 수소 19행 52,005(모수의 10.7%)이다. 원자력의 플래그는 SMR 사용후핵연료 저감(M2와 M1 사이), 사용후핵연료 처리 고도화와 선진원자로 통합관리와 재료열화 대응(M1과 M2 사이), 동위원소전지와 히트파이프 전원(M3와 M2 사이), 중성자 활용과 양자간 협력연구(G와 M2 또는 M1 사이), 시범연료봉(M2와 M1 사이), SMR과 차세대 노형의 규제검증 3행(M2와 G 사이)이다. 수소의 플래그는 액화수소 인수기지 관련 5행과 액체수소 저장탱크(M2와 M1 사이), 부품기업 플랫폼 4행(M3와 M2 사이), 해외 도입 기반과 튜브트레일러 지원(M1과 M2 사이), 청정수소 인증 2행과 충전소 운영 지원 4행(M2와 G 사이), 시험평가 지원 기반(G와 M3 사이), 인공지능 기후 원천(G와 M2 사이)이다. 플래그 31행은 사업 목적 원문 우선의 규칙(제1절)으로 2차 판정하여 전부 해소하였다. 주임무가 바뀐 행은 7행 20,410으로, 원자력의 SMR과 차세대 노형 규제검증 2행 9,310은 규제 연구를 횡단 기반으로 두는 규칙의 일관 적용에 따라 M2에서 G로, 수소의 액화수소 인수기지 관련 5행 11,100은 인수기지가 해외 도입 기반이라는 사업 목적에 따라 M2에서 M1으로 옮겼으며, 나머지 24행은 현행 주임무를

유지하되 동위원소전지와 히트파이프 전원 2행에는 M2 부임무를 추가하였다. 2차 판정 전후를 비교하면 원자력은 M2가 97,251(15.5%)에서 87,941(14.0%)로, G가 135,420(21.6%)에서 144,730(23.1%)으로, 수소는 M2가 413,378(85.2%)에서 402,278(82.9%)로, M1이 4,231(0.9%)에서 15,331(3.2%)로 바뀌지만, 원자력의 M1 중심 전주기 구조와 수소의 M2 중심 구조라는 진단은 바뀌지 않는다. 행별 판정 결과는 부록 G의 임무 열과 비고에 적었다.

제4절 하향 설계와 상향 결과의 대조

1. 대조의 규칙

셋째 절차인 양방향 검증은 상향 집계 결과가 하향 논리, 곧 제4장의 법정계획 기반 임무 체계와 제5장의 하향 설계와 일치하는지의 대조이다. 제5장의 설계 격자(표 5-8, 표 5-14)는 임무 축 × 혁신 가치사슬 6단계의 셀마다 설계된 하위임무의 식별번호를 담고 있고, 제3절의 확정 매트릭스(표 9-5 ~ 표 9-8)는 같은 격자의 셀마다 실제 사업의 행수와 금액을 담고 있으므로, 두 격자를 셀 단위로 겹치면 설계와 현실의 대응이 드러난다. 다만 두 격자는 서로 다른 절차로 만들어졌으므로 대조에 앞서 대응 규칙을 명시해야 한다(표 9-10). 설계의 분야별 임무 진술(M-H1 ~ M-H3, M-N1 ~ M-N3)은 제5장 표 5-4와 표 5-9의 주 축과 부 축 대응에 따라 3대 축으로 옮겨져 있고, 설계의 활동 유형 6축은 제5장 표 5-2의 재편 규칙에 따라 6단계와 횡단 기반(G)으로 옮겨져 있다. 실제 결과의 부임무는 총계에 더하지 않지만 대조에서는 참고 정보로 병기하여, 설계 셀에 주임무 사업은 없으나 부임무 사업이 존재하는 경우를 식별한다.

〈표 9-10〉 하향 설계와 상향 결과의 대응 규칙

대응 항목	하향 설계(제5장)	상향 결과(제3절)	대조 시 처리
임무	분야별 임무 진술 6개(M-H1 ~ H3, M-N1 ~ N3)	3대 축(M1, M2, M3)과 G의 주임무, 부임무	임무 진술의 주 축과 부 축 대응에 따라 설계 셀을 3대 축 격자에 배치 (표 5-8, 표 5-14)
단계	혁신 가치사슬 6단계 + 횡단 기반(G), 계획 단계 활동 유형 6축에서 재편	혁신 가치사슬 6단계(확정) + 비VC	6단계는 직접 대응. 설계의 G(인프라, 인증과 표준)는 실제의 비VC(인프라, 거버넌스)와 G 주임무 기술 VC 행에 대응
셀의 실체	하위임무 식별번호 (설계 의도)	사업의 행수와 금액(예산 현실)	설계 셀에 실제 사업이 존재하는지, 존재한다면 몇 행 얼마인지로 대조
부임무	임무 진술의 부 축	행 단위 부임무 참고 집계	주임무 사업이 없고 부임무 사업만 있는 셀은 부분 일치로 분류
양산 단계	재편 시 신설한 참고 셀(계획 단계 설계에 없음, 민간 영역)	자문으로 확정된 기준에 따른 태깅(0행, 국가 R&D 범위 밖)	민간 영역의 참고 셀로 대조 대상에서 제외 (해당 없음, 민간)
기타 분류와 기반 활동	별도 임무영역 없음(제5장 제3절)	원자력 기타 50행, 수소 기반 7행	설계 누락으로 분류하되 성격을 별도로 해석

셀의 분류 기준은 네 가지이다. 설계 셀에 실제 주임무 사업이 2행 이상 존재하면 일치, 설계 셀에 실제 주임무 사업이 1행이거나 부임무 사업만 존재하면 부분 일치, 설계 셀에 실제 사업이 없으면 미배치(설계만 존재), 설계에 없는 셀에 실제 사업이 존재하면 설계 누락(실제만 존재)이다. 설계와 실제가 모두 없는 셀은 해당 없음으로 둔다. 양산 단계의 셀은 국가 R&D 범위 밖의 민간 영역이므로 분류와 집계에서 제외하고 참고 셀(민간 영역)로 표기한다. 대조는 두 수준에서 수행한다. 첫째 수준은 임무 축 × 단계의 격자로, 임무 체계가 예산 현실을 갖추었는지를 본다. 둘째 수준은 가치사슬(원자력은 3분류) × 단계의 격자로, 설계된 임무영역이 실제로 채워졌는지를 본다. 둘째 수준이 필요한 이유는 첫째 수준의 일치 판정이 가치사슬을 구분하지 않기 때문이다. 예컨대 임무 격자에서 M2 × 연구 셀은 설계와 실제가 모두 존재하여 일치로 분류되지만, 설계는 활용 가치사슬의 연료전지와 수소 터빈 원천 연구를, 실제는 생산 가치사슬의 수전해와 청록수소 원천 연구를 담고 있어 가치사슬 수준에서는 서로 다른 셀이다.

2. 임무 × 단계 격자의 대조

임무 축 × 단계 격자의 대조 결과는 표 9-11(수소)과 표 9-12(원자력)와 같다. 각 셀에는 분류, 설계된 하위임무 식별번호, 실제 주임무 사업의 행수와 금액(괄호 안은 부임무 사업)을 적었다.

〈표 9-11〉 수소 분야 임무 × 단계 대조표

임무 축	M1 수급 안보	M2 무탄소 전환	M3 산업적 성과
R 연구	미배치 / 설계 H3-1a, H3-7a / 실제 0	일치 / 설계 H3-13a / 실제 3행 13,855	해당 없음 / 설계 - / 실제 0
D 개발	일치 / 설계 H3-1b, H3-7b / 실제 2행 5,170(부 8행 15,326)	일치 / 설계 H3-1b / 실제 20행 188,688(부 4행 7,570)	일치 / 설계 H3-13b / 실제 2행 2,400(부 4행 63,117)
V 실증	일치 / 설계 H3-2, H3-8 / 실제 3행 5,930(부 7행 9,775)	일치 / 설계 H3-2, H3-14 / 실제 19행 128,601(부 5행 8,860)	일치 / 설계 H3-14 / 실제 2행 2,930(부 10행 114,337)
P 양산 (참고, 민간 영역)	참고 셀(민간 영역) / 설계 H3-P1, H3-P2 / 실제 0	참고 셀(민간 영역) / 설계 H3-P1, H3-P3 / 실제 0	참고 셀(민간 영역) / 설계 H3-P3 / 실제 0

임무 축	M1 수급 안보	M2 무탄소 전환	M3 산업적 성과
Dep 보급	일치 / 설계 H3-5, H3-6, H3-11 / 실제 2행 4,231	일치 / 설계 H3-5, H3-17 / 실제 9행 70,318 (부 3행 4,888)	일치 / 설계 H3-12, H3-18 / 실제 3행 4,832
Op 운영	미배치 / 설계 H3-O1, H3-O2 / 실제 0	일치 / 설계 H3-O3 / 실제 4행 816	해당 없음 / 설계 – / 실제 0

〈표 9-12〉 원자력 분야 임무 × 단계 대조표

임무 축	M1 수급 안보	M2 무탄소 전환	M3 산업적 성과
R 연구	일치 / 설계 N3-1a, N3-17 / 실제 2행 1,000(부 3행 23,850)	일치 / 설계 N3-6a, N3-11a / 실제 5행 7,548(부 2행 1,000)	해당 없음 / 설계 – / 실제 0
D 개발	일치 / 설계 N3-2a / 실제 10행 88,965(부 2행 9,100)	일치 / 설계 N3-6b, N3-11b / 실제 11행 76,691(부 7행 25,486)	일치 / 설계 N3-13a, N3-23 / 실제 3행 4,860(부 10행 75,834)
V 실증	일치 / 설계 N3-2b, N3-18 / 실제 6행 49,623(부 1행 3,702)	부분 일치 / 설계 N3-7, N3-12a, N3-15a / 실제 1행 3,702	일치 / 설계 N3-12b, N3-24 / 실제 2행 156,550(부 1행 650)
P 양산 (참고, 민간 영역)	참고 셀(민간 영역) / 설계 N3-19 / 실제 0	참고 셀(민간 영역) / 설계 N3-P1, N3-P2 / 실제 0	참고 셀(민간 영역) / 설계 N3-13b / 실제 0
Dep 보급	일치 / 설계 N3-5, N3-21 / 실제 4행 17,572	부분 일치 / 설계 N3-16a, N3-15b / 실제 0(부 1행 7,000)	일치 / 설계 N3-10, N3-16b, N3-22, N3-27, N3-28 / 실제 2행 7,457
Op 운영	일치 / 설계 N3-1b, N3-O2 / 실제 2행 67,409	미배치 / 설계 N3-O1, N3-O3 / 실제 0	해당 없음 / 설계 – / 실제 0

수소의 임무 격자에서는 양산 열을 제외한 15개 셀 가운데 일치 11, 미배치 2, 해당 없음 2이다. M2는 국가 R&D가 담당하는 전 단계에서 일치하여 설계된 무탄소 전환 임무가 예산 현실을 갖추고 있음이 확인된다. M1은 개발(액화수소 인수기지 관련 2행 5,170)과 실증(인수기지 관련 3행 5,930)과 보급(2행 4,231)에서 일치하나 규모가 작고, 그 밖에 부임무 사업(저장운송의 배관망, 액화 관련 15행 25,101)이 병존하며, 연구와 운영 단계는 미배치이다. 설계의 M-H1이 공급 안보를 주 축으로 두었으나 실제 예산에서 공급 안보는 도입 기반 사업의 소규모 주임무와 저장운송 사업의 부수적 기여로 나타난다는 뜻이다. M3는 개발과 실증과 보급 단계에서 일치하지만 주임무 사업은 2 ~ 3행에 그치고 부임무 사업(수소환원제철, 연료전지, 수소터빈 등 14행 177,454)이 그 몇 배에 이르러, 산업적 성과창출이 독립된 사업보다 무탄소 전환 사업의

부수적 목표로 추구되고 있음을 보여준다. 양산 단계는 국가 R&D 범위 밖의 민간 영역이므로 세 임무 모두 대조 대상에서 제외한다.

원자력의 임무 격자에서는 양산 열을 제외한 15개 셀 가운데 일치 10, 부분 일치 2, 미배치 1, 해당 없음 2이다. M1은 국가 R&D가 담당하는 전 단계에서 일치하여 설계된 수급 안보 임무가 연구에서 운영까지 예산 현실을 갖추고 있다. M2는 연구와 개발 단계에서 일치하지만 실증 단계는 시범연료봉 1행 3,702로 부분 일치, 보급 단계는 수출 기반 구축의 부임무 1행 7,000으로 부분 일치, 운영 단계는 미배치이다. 설계의 M-N2가 SMR과 차세대 노형의 상용화와 수출까지를 임무로 두었으나 실제 예산은 개발 단계에서 멈추어 있다는 뜻이다. M3는 개발과 실증과 보급 단계에서 일치하지만, 이 일치의 실체는 다음 항의 가치사슬 격자에서 다시 살펴야 한다.

3. 가치사슬 × 단계 격자의 대조

가치사슬(원자력은 3분류) × 단계 격자의 대조 결과는 표 9-13(수소)과 표 9-14(원자력)와 같다. 이 격자의 횡단 기반(G) 열에는 실제의 비VC 행만 집계하였고, 기술 VC 안에 남아 있는 G 주임무 행(원자력 13행, 수소 2행)은 해당 단계 열에 포함하였다.

〈표 9-13〉 수소 분야 가치사슬 × 단계 대조표

가치사슬(분류)	생산	저장운송	활용	기반
R 연구	일치 / 설계 H3-1a / 실제 3행 13,855	미배치 / 설계 H3-7a / 실제 0	미배치 / 설계 H3-13a / 실제 0	설계 누락 / 설계 – / 실제 1행 5,083
D 개발	일치 / 설계 H3-1b / 실제 3행 90,053	일치 / 설계 H3-7b / 실제 9행 14,196	일치 / 설계 H3-13b / 실제 12행 92,009	해당 없음 / 설계 – / 실제 0
V 실증	일치 / 설계 H3-2 / 실제 2행 24,435	일치 / 설계 H3-8 / 실제 10행 15,705	일치 / 설계 H3-14 / 실제 12행 97,321	설계 누락 / 설계 – / 실제 1행 21,439
P 양산(참고, 민간 영역)	참고 셀(민간 영역) / 설계 H3-P1 / 실제 0	참고 셀(민간 영역) / 설계 H3-P2 / 실제 0	참고 셀(민간 영역) / 설계 H3-P3 / 실제 0	참고 셀(민간 영역) / 설계 – / 실제 0
Dep 보급	일치 / 설계 H3-5, H3-6 / 실제 5행 11,646	부분 일치 / 설계 H3-11, H3-12 / 실제 1행 2,581	일치 / 설계 H3-17, H3-18 / 실제 7행 61,109	설계 누락 / 설계 – / 실제 1행 4,045
Op 운영	미배치 / 설계 H3-O1 / 실제 0	미배치 / 설계 H3-O2 / 실제 0	일치 / 설계 H3-O3 / 실제 4행 816	해당 없음 / 설계 – / 실제 0
G 횡단 기반 (비VC)	부분 일치 / 설계 H3-3, H3-4 / 실제 1행 180	일치 / 설계 H3-9, H3-10 / 실제 7행 10,846	일치 / 설계 H3-15, H3-16 / 실제 10행 18,498	설계 누락 / 설계 – / 실제 4행 1,224

〈표 9-14〉 원자력 분야 3분류 × 단계 대조표

가치사슬(분류)	대형	SMR	기타
R 연구	일치 / 설계 N3-1a, N3-6a, N3-17 / 실제 2행 1,000	일치 / 설계 N3-11a / 실제 5행 7,548	설계 누락 / 설계 – / 실제 8행 35,620
D 개발	일치 / 설계 N3-2a, N3-6b, N3-23 / 실제 11행 92,465	일치 / 설계 N3-11b, N3-13a / 실제 13행 84,181	설계 누락 / 설계 – / 실제 6행 15,510
V 실증	일치 / 설계 N3-2b, N3-7, N3-18, N3-24 / 실제 6행 49,623	부분 일치 / 설계 N3-12a, N3-12b, N3-15a / 실제 1행 3,702	설계 누락 / 설계 – / 실제 2행 156,550
P 양산(참고, 민간 영역)	참고 셀(민간 영역) / 설계 N3-P1, N3-19 / 실제 0	참고 셀(민간 영역) / 설계 N3-P2, N3-13b / 실제 0	참고 셀(민간 영역) / 설계 – / 실제 0
Dep 보급	일치 / 설계 N3-5, N3-10, N3-21, N3-22, N3-27, N3-28 / 실제 4행 17,572	부분 일치 / 설계 N3-16a, N3-16b, N3-15b / 실제 1행 7,000	설계 누락 / 설계 – / 실제 1행 457
Op 운영	일치 / 설계 N3-1b, N3-O1, N3-O2 / 실제 2행 67,409	미배치 / 설계 N3-O3 / 실제 0	설계 누락 / 설계 – / 실제 1행 3,449
G 횡단 기반 (비VC)	미배치 / 설계 N3-3, N3-4, N3-8, N3-9, N3-20, N3-25, N3-26 / 실제 0	부분 일치 / 설계 N3-14, N3-13c / 실제 1행 1,000	설계 누락 / 설계 – / 실제 31행 83,021

주: 서면자문 정정(표 8-9) 반영. 대형의 횡단 기반 실제 1행(차세대 원자력 정책센터)은 모사업과 함께 SMR로 옮겼다.

수소의 가치사슬 격자에서는 양산 열을 제외한 단계 셀 20개 가운데 일치 10, 부분 일치 1, 미배치 4, 설계 누락 3, 해당 없음 2이며, 횡단 기반 열은 일치 2, 부분 일치 1, 설계 누락 1이다. 생산 가치사슬은 연구에서 보급까지 설계와 실제가 일치하고, 저장운송은 개발과 실증과 횡단 기반이 일치하지만 보급은 튜브트레일러 지원 1행뿐이며, 활용은 개발에서 운영까지 일치한다. 미배치 4개 셀은 성격이 둘로 나뉜다. 운영 2개 셀(생산, 저장운송)은 재편 시 신설한 셀로서 실제 사업이 아직 배치되지 않은 것이고, 저장운송과 활용의 연구 셀 2개는 설계에서 원천 연구를 두었으나 실제 연구 단계 사업이 생산 가치사슬(수소 원천, 청록수소)에만 있는 것이다. 양산 3개 셀은 민간 영역의 참고 셀이다. 설계 누락 4개 셀은 모두 기반 분류의 행(시험평가와 실증화 지원 기반 21,439, 인공지능 기후 원천 5,083, 수소기업 성장 지원 4,045, 비VC 4행)으로,

하향 설계가 가치사슬 3분류 안에서만 임무영역을 정의하여 가치사슬 횡단의 기반 활동을 셀로 두지 않은 결과이다.

원자력의 3분류 격자에서는 양산 열을 제외한 단계 셀 15개 가운데 일치 7, 부분 일치 2, 미배치 1, 설계 누락 5이며, 횡단 기반 열은 부분 일치 1, 미배치 1, 설계 누락 1이다. 이 격자는 임무 격자가 감추고 있던 두 가지 사실을 드러낸다. 첫째, SMR은 연구와 개발이 일치하지만 실증과 보급은 각 1행의 부분 일치(차세대 핵연료 시범연료봉 3,702, 선진원자로 수출 기반 구축 7,000)에 그치고 운영은 아직 사업이 배치되지 않았으며, 양산 셀은 민간 영역의 참고 셀이다. 설계는 SMR에 인허가 실증과 실증호기 건설(N3-12), 공장 제작 공급망(N3-13), 용도 개척(N3-15), 수출 패키지(N3-16)의 셀과 참고 셀로서 초도 상용 호기(N3-P2)를 두었으나, 실제 예산 사업의 본류는 표준설계와 혁신기술 개발과 규제검증 기술 개발의 개발 단계에 있고 실증과 보급의 두 사업은 노형 개발의 본류와 떨어진 소규모 단일 사업이다. 둘째, 임무 격자에서 M3 × 실증이 일치로 분류된 것은 수출용 신형 연구로(155,500)와 동위원소 상용화 때문인데, 이들은 기타 분류의 행이며 설계에는 없다. 설계가 M3 × 실증에 둔 것은 SMR 실증호기 건설(N3-12b)과 해체 핵심기술 실증(N3-24)이며, 이 두 하위임무에 대응하는 실제 사업은 실증 단계에 없다. 곧 임무 격자의 일치는 가치사슬 격자에서 SMR의 미배치와 기타의 설계 누락으로 분해된다. 기타 분류 49행 294,607은 전부 설계 누락이며, 그 안에는 수출용 신형 연구로와 동위원소처럼 M3 임무를 명확히 갖는 사업(5행 160,187)과 규제, 방재, 국제협력, 기관 운영 같은 G 성격의 사업(44행 134,420)이 함께 있다. 대형은 국가 R&D가 담당하는 전 단계에서 일치하지만, 대형의 실증 6행 49,623은 전부 후행주기(사용후핵연료 저장과 처분, 해체)이고 설계가 둔 계속운전 설비 개선 실증(N3-2b)과 대형 후속 노형 종합 실증(N3-7)에 대응하는 사업은 없다.

4. 셀 분류의 요약과 해석

두 수준의 대조 결과를 요약하면 표 9-15와 같다. 해석의 요점은 다섯 가지이다.

〈표 9-15〉 대조표의 셀 분류 요약

분야	격자	셀 수(양산 열 제외)	일치	부분 일치	미배치	설계 누락	해당 없음
수소	임무 × 단계	15	11	0	2	0	2
	가치사슬 × 단계 (횡단 기반 열 제외)	20	10	1	4	3	2
	횡단 기반 열	4	2	1	0	1	0

분야	격자	셀 수(양산 열 제외)	일치	부분 일치	미배치	설계 누락	해당 없음
원자력	임무 × 단계	15	10	2	1	0	2
	3분류 × 단계 (횡단 기반 열 제외)	15	7	2	1	5	0
	횡단 기반 열	3	0	1	1	1	0

주: 양산 열은 국가 R&D 범위 밖 민간 영역의 참고 셀로 집계에서 제외하였다(수소 임무 격자 3셀, 가치사슬 격자 4셀, 원자력 임무 격자 3셀, 3분류 격자 3셀).

첫째, 임무 축 수준에서 하향 논리는 대체로 예산 현실을 갖추고 있다. 수소 M2와 원자력 M1은 국가 R&D가 담당하는 전 단계에서 일치하며, 이는 제4장의 임무 도출이 법정계획에 근거한 만큼 예산 역시 그 방향으로 이미 배분되어 있음을 뜻한다. 둘째, 그러나 임무 축의 일치는 가치사슬 수준으로 내려가면 부분적으로 해체된다. 원자력 M3 × 실증의 일치는 설계에 없던 연구로와 동위원소 사업이 만든 것이고, 수소 M2 × 연구의 일치는 설계와 다른 가치사슬의 사업이 만든 것이다. 하향 설계의 정확도는 임무 수준에서는 높으나 임무영역 수준에서는 그보다 낮다. 셋째, 미배치 셀은 두 분야에서 같은 단계에 몰려 있다. 운영 단계는 수소 생산과 저장운송, 원자력 SMR과 차세대 대형에서 아직 사업이 배치되지 않았다. 양산 단계는 두 분야의 모든 임무와 가치사슬에서 사업이 없으나, 이는 국가 R&D 범위 밖의 민간 영역이라는 역할 구분을 반영한 것이므로 격자에서 참고 셀로 두며, 정책 과제는 실증 성과가 민간 양산으로 이어지는 접점의 관리라는 제7장과 제8장의 해석과 같은 지점을 가리킨다. 넷째, SMR의 실증 이후 단계는 설계와 현실의 가장 큰 불일치이다. 설계는 해법주도 경로에 따라 실증과 초도 설비와 용도 개척과 수출까지를 임무영역으로 두었으나, 실제 예산은 연구와 개발에 91,729(88.7%)가 있고 실증과 보급은 각 1행의 소규모 사업(3,702, 7,000)에 그치며 운영은 미배치이다. 다섯째, 설계 누락은 원자력 기타 분류와 수소 기반 분류에 집중되며, 이는 하향 설계가 임무를 가치사슬과 노형 안에서만 분해하고 가치사슬을 횡단하는 기반 활동과 3대 임무 밖의 활동을 셀로 두지 않은 데서 비롯한다. 이 가운데 수출용 신형 연구로와 동위원소처럼 임무가 명확한 사업은 설계 격자의 갱신으로 흡수하고, 규제와 기관 운영 같은 G 성격의 사업은 임무영역 밖의 기반으로 남기는 것이 제6절의 조정 방향이다.

제5절 격차 진단(6건)과 성격 구분

넷째 절차인 격차 진단은 제4절의 대조 결과를 하향 가설, 곧 각 임무는 혁신 가치사슬 전 단계에 걸쳐 Technology-push와 Demand-pull과 거버넌스 수단의 균형 있는 조합을 갖춘다는 가설과 체계적으로 대조하여 격차를 정리하는 것이다. 행 단위 전면 태깅 이전의 1차 관찰에서 정리한 여섯 개의 격차는 확정 결과로 근거 수치를 갱신하여도 모두 유지되며, 제4절의 대조표가 각 격차에 셀 단위의 근거를 추가한다(표 9-16).

〈표 9-16〉 하향 가설 대비 격차 6건(확정 결과 기준)

격차	내용	근거 수치(확정 결과)	대조표의 셀
G1	실증 성과의 민간 양산 연계 접점(양 분야 공통) — 국가 R&D가 담당하는 실증 단계와 민간이 담당하는 양산 단계 사이의 연계 장치	양산 단계는 국가 R&D 범위 밖으로 0행. 연계 관찰 대상은 한국형 수소환원제철 실증(50,146, 실증)	임무 격자와 가치사슬 격자의 양산 열은 민간 영역으로 대조 대상 제외
G2	원자력 M2의 실증 이후 수단(인허가, 표준, 초기수요)과의 연결 과제 — SMR이 연구와 개발에 집중	SMR 21행 103,431 가운데 연구와 개발 18행 91,729(88.7%). 실증은 시범연료봉 3,702, 보급은 선진원자로 수출 기반 7,000 각 1행. M2 실증은 시범연료봉 한 건	SMR 행의 실증, 보급 2셀 부분 일치(각 1행), 운영, 횡단 기반 2셀 미배치(양산은 민간 영역)
G3	수소 M1(수급 안보)의 예산 규모 제한	M1 주임무 7행 15,331(모수의 3.2%). 부임무까지 포함하면 42,704(8.8%)	M1 행의 연구와 운영 미배치(양산은 민간 영역), 개발과 실증은 인수기지 관련 5행으로 일치하나 소규모
G4	원자력 M3의 실증 집중(단일 대형 사업의 규모 효과)— 실증에서 시장 확산으로 넘어가는 수단이 제한적	수출용 신형 연구로 155,500이 실증 단계 전체의 74.1%, M3의 92.1%(이 한 건을 제외하면 M3는 보정 모수의 2.8%). M3의 보급은 7,457	M3 × 실증의 일치가 설계 누락(기타) 사업으로 구성, M3 × 보급은 7,457에 그침
G5	임무 간 단계 분업 구조 — M1은 운영과 후행주기, M2는 연구와 개발, M3는 실증	원자력 M1은 운영 67,409, M2는 연구와 개발 95.8%, M3는 실증 92.7%	원자력 임무 격자의 미배치와 부분 일치 셀이 M2의 실증 이후에 집중
G6	수소 M2는 Demand-pull이 작동하나 시장형성 수단의 비중은 제한적, 원자력 M2는 Technology-push 중심	수소 보급 79,381(모수의 16.4%) 대 원자력 보급 25,029(4.0%), 원자력 M2 × 보급은 0	수소 M2 × 보급 일치(9행 70,318) 대 원자력 M2 × 보급 부분 일치(부임무 1행)

여섯 격차는 성격이 다르며, 그 구분에는 두 가지 장치를 쓴다. 하나는 본 연구의 캐스케이딩 분석이 개별 사업의 정책효과나 예산 투입의 성과를 직접 측정하는 효과성 평가가 아니라 임무, 혁신 단계, 정책수단, 예산 사이의 구조적 정합성을 진단하는 도구라는 위치 규정이다. 이 도구는 정책목표와 실제 예산 배분이 같은 방향을 향하는지(정렬, alignment), 단계와 수단의 정책 조합이 서로 모순 없이 연결되는지(일관성, consistency), 임무 달성에 필요한 단계와 수단에 구조적 누락이 있는지(완결성, completeness), 연구와 개발과 실증과 확산의 과정에서 다음 단계로의 이행을 제약하는 지점이 어디인지(전환 병목, transition bottleneck)를 식별하는 데 강점이 있다.

다른 하나는 특정 셀의 예산이 적거나 사업이 없다는 사실만으로 정책적 부족이나 비효율을 판단하지 않고, 그 공백이 민간의 역할분담에 따른 것인지, 다른 정책수단으로 보완되고 있는지, 실제로 임무 달성을 저해하는 구조적 병목인지를 추가로 가리는 판별 절차이다. G1은 첫째 판별에 해당하는 역할 구분의 확인이다. 가치사슬 진단(제7장, 제8장)과 임무 진단과 하향 대조가 모두 양산 단계에 국가연구개발사업이 없음을 같은 지점에서 확인하였고, 이는 양산이 민간 기업의 영역이며 국가 R&D가 실증까지를 담당한다는 역할 정립이 예산 구조에 반영되어 있음을 뜻한다(제8장). 따라서 G1의 정책 과제는 실증을 마친 기술이 민간의 양산 투자로 이어지는 접점의 관리이며, 두 분야에 공통된 제언 소재로 이관한다. G2와 G4는 셋째 판별의 후보, 곧 임무는 선언되어 있으나 해당 단계의 성과를 다음 단계로 넘길 수단이 아직 형성되지 않은 전환 병목형 격차이다. 제2장 제3절의 관점에서 보면 SMR은 연구개발 예산에 집중되어 실증 이후의 인허가와 표준과 초기수요의 수단이 아직 결합되지 않은 상태로 해석할 여지가 있고, 수출용 연구로의 실증 집중은 실증에서 시장 확산으로 넘어가는 연계 수단의 보강이 필요한 지점으로 읽힌다. 다만 두 격차가 다른 정책수단으로 보완되고 있는지(둘째 판별)는 예산 사업 밖의 수단을 확인해야 하므로, 본 연구는 이를 수단 격차로 보고하되 확정적 병목 판정은 비예산 수단을 포함한 후속 분석에 맡긴다. G3는 임무의 예산 규모가 제한적인 임무 격차이며, 수소법과 수소경제 이행 기본계획이 수급 안보를 명시함에도 상향 집계에서 M1로 귀속되는 예산이 모수의 3.2%(부임무 포함 8.8%)에 그친다는 점에서 하향의 임무가 아직 충분한 예산 기반을 갖추지 못한 사례이다. G5와 G6는 임무와 단계와 수단 유형이 특정하게 짝지어진 구조 격차이다. 원자력 M2가 Technology-push만으로 구성되고 수소 M2가 Demand-pull까지 갖춘 대비는 제2장 제6절의 경로 진단, 곧 수소와 SMR을

모두 해법주도 경로로 진단한 것과 대조된다. 같은 해법주도 경로에서 수소는 시장형성 수단이 작동하기 시작하였으나 SMR은 그렇지 않으며, 이 차이는 경로 진단의 문제라기보다 SMR의 성숙도가 실증 단계에 이르지 못한 시간의 문제와 SMR 상용화의 법적 근거와 시장 창출 수단이 아직 설계되지 않은 제도의 문제가 겹친 것으로 해석된다. 수소의 경우에도 보급 단계의 수단이 작동한다는 사실이 장기 수요 확보와 가격 지원과 인증과 표준과 인프라의 시장형성 수단이 충분히 결합되어 있음을 뜻하지는 않으므로, G6는 두 분야의 대비와 함께 수소 지원구조의 결합 정도를 묻는 참고 격차로 읽는다.

제6절 조정 원칙과 예비 시사점

다섯째 절차인 격차의 처리는 방법론에 따라 세 경로, 곧 하향 가설의 수정, 사업 분류의 재코딩, 잔여 격차의 보고 가운데 사전 합의된 기준으로 선택한다. 확정 결과에 근거한 조정 방침은 다음과 같다. G3(수소 수급 안보)는 사업을 재코딩하기보다 "수소의 수급 안보는 현 단계에서 도입 기반 조성과 저장운송 자산의 확보로 한정된다"로 임무 서술을 완화하는 가설 수정이 타당한 처리로 판단된다. 저장운송 사업 19행이 M1 부임무를 갖는다는 사실은 수급 안보가 독립 임무가 아니라 전환 사업의 부수 목표로 추구되고 있음을 보여주며, 이를 주임무로 재코딩하면 사업 목적 원문의 우선순위 규칙을 어기게 된다. G1과 관련하여 한국형 수소환원제철은 자문에서 실증 유지가 확정되었으므로 재코딩 대상이 아니며 민간 양산으로의 연계를 관찰하는 대상으로만 유지한다. G1은 국가 R&D와 민간의 역할 구분을 확인한 것이므로 격차 조정의 대상이 아니라 연계 장치의 설계라는 제언 소재로 이관하고, G2와 G4는 분류 조정으로 해소될 수 없는 수단 격차이므로 잔여 격차로 보고하여 정책 제언의 소재로 이관한다. G5와 G6는 격차라기보다 구조의 기술이므로 별도의 조정 없이 진단 결과로 보고한다.

제4절의 대조에서 드러난 설계 누락은 하향 설계 격자의 갱신으로 처리한다. 원자력 기타 분류의 수출용 신형 연구로와 동위원소 상용화처럼 M3 임무가 명확한 사업은 제5장 격자에 M3 × 실증과 개발의 하위임무로 추가하되 3분류의 기타 안에 두고, 규제와 방재와 국제협력과 기관 운영처럼 G 성격의 사업과 수소의 시험평가 지원 기반과 통계와 국제협력은 임무영역 밖의 횡단 기반으로 남긴다. 이 갱신은 설계를 현실에 맞추어 사후적으로 늘리는 것이 아니라, 설계가 포착하지 못한 활동을 명시적으로 기록하여 다음 대조에서 다시 누락되지 않게 하는 것이며, 모든 갱신은 근거와 함께 이력으로 기록하여 어떤 셀도 근거 없이 이동하지 않는다는 원칙을 유지한다.

이 지점에서 예비적으로 도출되는 제언의 방향은 세 가지이다. 첫째, 실증을 마친 기술이 민간의 양산 투자로 이어지도록 하는 연계 장치이다. 전문가 자문에서도 제안된 금융 지원과 실증 시설과 사업화 연계의 신속 경로, 기술이전과 초기 시장 수단이 여기에 해당하며, 국가 R&D의 역할을 양산으로 확장하는 것이 아니라 실증 단계의 출구를 민간과 연결하는 것으로서 두 분야에 공통으로 적용된다.

둘째, SMR의 실증 진입 프로그램과 상용화의 법적 근거이다. 설계가 둔 인허가

실증과 실증호기 건설과 공장 제작 공급망과 용도 개척의 셀을 채우되, 이를 특정 단계의 예산 부족으로 읽기보다 Technology-push 중심의 지원체계를 규제와 표준과 인허가, 초기수요의 수단과 연결하는 문제로 설계하는 것이 원자력 M2의 전환 경로를 뒷받침하는 길이며, 이는 제2장 제3절에서 검토한 OECD 시리즈의 권고, 곧 임무 전용 다년도 예산과 단계별 관문 자금과 조달과 수요 주도 수단으로의 정책 포트폴리오 확대와 정합한다.

셋째, 산업적 성과창출 임무를 위한 Demand-pull 수단의 설계이다. 수소의 M3가 기업 육성과 부품 플랫폼에 그치고 원자력의 M3가 연구로 수출 한 건에 의존하는 현실에서, 설계가 둔 수출 금융과 국제표준과 통상의 수단은 예산 사업 밖에 있으므로 예산 사업과 비예산 수단을 함께 다루는 정책믹스의 관점이 필요하다. 수소에서는 실증 중심의 지원구조에 장기 수요 확보와 가격 지원과 인증과 표준과 인프라의 시장형성 수단을 결합하는 것이 과제이며, 기술적 한계로 상용화가 지연되는 분야와 경제성이나 수요 부족으로 시장 진입이 어려운 분야의 접근을 구분해야 한다. 이 세 갈래는 두 분야 모두에서 어느 단계에 예산이 많고 적은가라는 정태적 설명을 넘어, 현재의 예산과 정책수단의 조합이 기술개발에서 실증과 시장 확산으로 이어지는 전환 경로를 얼마나 뒷받침하는가를 묻는 것이다. 제10장 제3절의 정책제언으로 정리하며, 시나리오 설계는 제10장 제4절의 후속 연구로 둔다.

임무 캐스케이딩의 결과는 플래그 31행의 2차 판정을 반영한 최종 페어링 매트릭스로 확정되었다(제3절). 사업 목적 원문을 확보하지 못한 18행의 근거 갱신과 설계 누락을 반영한 설계 격자의 재작성은 제10장 제4절에 한계와 후속 연구로 기록한다.

제10장 결론 및 정책제언

제1절 연구의 요약과 의의

본 연구는 무탄소에너지인 수소와 원자력에 연간 1조 4,000억원을 넘어 투입되는 국가 연구개발 예산이 국가가 선언한 임무의 어느 지점에 어떤 논리로 배분되어 있는지를 실제 재정 데이터로 확인하려는 데서 출발하였다.

한국의 연구개발 예산은 다수 부처와 복수의 회계와 기금에 걸쳐 사업 단위로 편성되고 조정되는 반면 임무는 최상위 계획의 언어로 선언되므로, 둘 사이를 임무 관점에서 부처 횡단으로 종합 확인하는 분석 층위는 아직 제도화 전이다. 본 연구는 이 간극을 메우는 방법을 설계하고 두 분야에 적용하였다.

연구는 세 가지 목표를 세웠다. 첫째, MOIP 관점에서 두 분야의 국가적 임무를 3대 임무로 재정의하고 임무 단위의 분석 프레임워크를 구축하는 것, 둘째, 임무 단위의 사업-예산 매핑으로 포트폴리오의 중복과 단절과 미배치를 진단하고 개선 방안을 도출하는 것, 셋째, 그 진단을 지원하는 정책 시뮬레이션 도구의 원형을 제시하는 것이다(제1장 제2절). 세 목표에 대한 수행 결과는 표 10-1과 같고, 그림 10-1은 임무에서 확인 결과와 해석과 정책제언까지의 흐름을 한 장으로 요약한 것이다.

〈그림 10-1〉 연구결과종합지도 — 임무에서 확인 결과와 해석과 정책제언까지



〈표 10-1〉 연구 목표별 수행 결과

연구 목표	수행 결과	핵심 산출과 수치	위치
임무의 재정의와 분석 프레임워크	에너지 부문 법령 10종의 목적 조항과 법정계획 10종의 전략 체계에서 에너지 수급 안보(M1), 무탄소에너지 전환(M2), 산업적 성과창출(M3)의 3대 임무를 도출하고 안전과 수용성을 전제 층위인 기반(G)으로 분리하였다. 임무(L2)에서 내역사업 예산(L6)에 이르는 6-Level 캐스케이딩 좌표계, 혁신 가치사슬 6단계, 정책수단 3축, 중간층 정합성 검증 방법론의 네 요소로 분석 틀을 구성하였다	임무 진술 3건과 기반, 임무의 분야별 하향 설계 격자 2종(수소 18셀, 원자력 대형과 SMR 각 18셀), 6단계 정의서와 단계 경계 규칙	제3장 ~ 제5장, 부록 A, B, E
사업-예산 매핑과 진단	세부사업 115개와 내역사업 241행을 전수 정리하여 분석 모수를 확정하고, 전문가 8인의 자문으로 혁신 가치사슬 단계 태깅을 확정한 뒤 전행에 임무를 태깅하여 최종 페어링 매트릭스를 산출하였다. 하향 설계 격자와 셀 단위로 대조하여 격차 6건을 진단하고 조정 원칙을 정리하였으며, 태깅 방법론의 원리와 절차와 분류 적정성 지표를 정리하였다	분석 모수 원자력 95행 626,107, 수소 93행 485,041. 임무 × 단계 격자(양산 제외 15셀) 수소 일치 11, 원자력 일치 10과 부분 일치 2. 격차 6건(G1 ~ G6). 적정성 지표 3영역 15종과 보고 체크리스트 12항	제6장 ~ 제9장, 부록 F, G, H
정책 시뮬레이션 도구의 원형	도구의 입력이 되는 행 단위 확정 데이터(부처, 세부사업, 내역사업, 예산, 3분류, 혁신 가치사슬 단계, 주임무와 부임무, 플래그)를 188행 전부에 대해 정리하고 최종 페어링 매트릭스로 집계하였다. 시나리오 분석과 도구의 구현은 후속 연구로 이관하였다	행 단위 확정 태깅표 188행(원자력 95행, 수소 93행), 최종 페어링 매트릭스 56셀	제9장 제3절, 부록 G, 제10장 제4절

연구의 의의는 네 가지로 정리된다. 첫째, 임무를 연구진의 구성물이 아니라 실정법체계에 내재한 지향에서 도출하였다. 주요국 사례의 검토에서 확인한 바와 같이 행정부 주도의 임무는 정치적 주기에 노출되며(제2장 제4절), 임무의 근거를 법령과 법정계획에 두는 것은 임무의 지속성을 담보하는 하나의 대응이다. 둘째, 임무와 예산의 정합성을 선언이나 사업 목록이 아니라 내역사업 단위의 재정 데이터로 검증하였다. OECD의 MOIP 정책 보고서 시리즈에서 한국은 사례를 공급하는 위치에 있었고 에너지 분야의 임무-예산 정합성을 예산 데이터로 분석한 사례는 국내외에 없었으므로(제2장 제3절), 본 연구는 그 진단 도구를 한국의 예산 구조에 처음 적용한 시도에 해당한다. 셋째, 방법이 예산 실무의 의사결정 단위에서 작동한다. 중간층 정합성 검증은 예산 배분과 조정의 실무 단위인 사업과 단위사업에서 출발하므로 분석 결과가 별도의 번역 없이 실무에 연결되며(제3장 제4절), 6단계 정의서와 임무 판정 규칙과 행 단위 확정 태깅표(부록 G)는 다음 예산 주기에 같은 방식으로 다시 적용할 수

있는 재사용 가능한 자산이다. 넷째, 기존의 연구개발 예산을 임무 관점에서 재구성하여 투자 현황을 가시화하고, 정책방향과 예산 투자 현황을 정량적으로 분석할 수 있는 분석체계와 분석 도구를 마련하였다. 이 분석체계는 태깅의 원리와 절차, 적정성 지표와 보고 체크리스트(제7장 제5절)까지 갖추어 다른 분야와 다른 연도에 되풀이하여 적용할 수 있다.

제2절 연구결과의 해석

연구결과의 해석은 두 분야의 투자구조를 각각 읽은 뒤 두 분야에 공통된 구조와 분석의 성격을 정리하는 순서로 한다. 해석의 전제는 두 가지이다. 분석은 2026년 본예산의 단년도 단면이며, 임무와 단계의 구분에는 이견이 있을 수 있다. 따라서 투자 비중의 크고 작음을 정책적 적정성이나 성과로 판단하지 않으며, 분포는 지금까지의 정책 추진방향이 해당 연도의 투자구조에 반영된 결과로 포괄적으로 읽는다.

1. 원자력 — 정책방향이 반영된 투자구조와 사업군별 단계 위치

원자력의 분석 모수 95행 626,107백만원은 수급 안보(M1) 35.9%, 산업적 성과(M3) 27.0%, 기반(G) 23.1%, 무탄소 전환(M2) 14.0%로 나뉘고, 단계로는 개발 30.7%, 실증 33.5%, 운영 11.3%, 연구 7.1%, 보급 4.0%, 비VC 13.4%이다(제8장 제5절, 제9장 제3절). M1은 가동원전 안전, 사용후핵연료 저장과 처분, 처분장 건설, 관리기관 운영으로 연구에서 운영까지 전주기에 걸치고, M2는 연구와 개발 단계에 95.8%가 집중되며, M3는 수출용 신형 연구로 한 건이 92.1%를 차지한다. 이 분포는 안정적인 전력 수급과 무탄소에너지 전환을 위한 대형원전과 SMR 기술개발을 지속하는 한편 원전 수출과 사업화와 공급망 경쟁력 강화, 방사선 기술의 의료와 바이오와 산업 분야 활용 확대와 신산업 창출을 지원해 온 원자력 R&D 정책방향이 투자 포트폴리오에 반영된 것으로 해석된다. 특히 개발과 실증 단계의 높은 비중은 원자력 기술의 상용화와 산업적 활용을 위한 기술 고도화, 실증과 사업화 연계 지원의 특성이 반영된 결과로 볼 수 있다. 다만 실증 비중 33.5%의 74.1%가 수출용 신형 연구로 한 건이고 이를 제외하면 실증은 11.6%, M3는 2.8%이므로, 실증 설비를 구축하는 대형 사업의 단위 투자 규모가 단계별과 임무별 비중을 좌우한다는 점을 함께 읽어야 한다.

사업군별로 보면 투자구조는 각 사업군이 놓인 단계의 위치를 반영한다. 분야 전문가의 평가(최종보고서 서면자문, 2026.10)에 따르면, 대형원전 분야에서 가동원전의 유지보수와 운전은 양산과 운영 단계로서 사업자가 직접 투자하는 영역이어서 국가 R&D 예산에 나타나지 않고, 가동원전 안전성 향상 연구는 개발에서 실증으로 이동하는 단계에 있으며, 해체는 핵심기술개발 사업이 종료되면 실증 단계에 진입하고, 중저준위 방사성폐기물은 처분장 운영에 따라 보급과 운영 단계에, 고준위 방사성폐기물은 지하연구시설 사업의 추진으로 개발에서 실증 단계에 들어섰으며,

사용후핵연료 처리는 소규모 투자로 개발 단계에 머물러 실증 진입을 위한 정책 결정과 대규모 투자가 요구되고, 수출 기반 구축은 보급 단계로 해석된다. SMR은 서면자문의 정정을 반영하면 21행 103,431백만원이며 그 88.7%가 연구와 개발 단계에 있다. 노형별로는 용융염원자로가 개념설계 수준의 연구 단계, 고온가스로와 소듐냉각 고속로가 개발 단계, 혁신형 SMR이 표준설계인가를 목표로 하는 개발 단계로서 후속 건설 사업이 추진되면 실증 단계로 빠르게 진입할 가능성이 있고, 실증과 보급에 배치된 사업은 차세대 핵연료 시범연료봉과 선진원자로 수출 기반 구축 각 1행이다. 기타 분야의 연구로 기술은 실증 단계로 실증로 건설 후 운영 단계로 이동할 것으로 보이고, 동위원소 생산과 분리정제 기술은 개발에서 실증으로 이동하고 있다.

이를 종합하면 2026년 원자력 분야 재정투자는 세 가지로 읽힌다. 사용후핵연료 처리를 제외한 대형원전 분야의 투자는 실증 이상의 단계에서 원자력 공기업 중심의 가치사슬을 이루고 있다. SMR은 연구기관 중심에 민간 기업이 참여하는 형태로 개발 단계의 사업을 추진하고 있으며, 제6차 원자력진흥종합계획과 7대 SEED 프로젝트와 K-문샷 추진전략을 근거로 투자 확대를 통해 실증 단계로 빠르게 진입하는 전략에 있다. 연구로와 동위원소 기술은 실증 단계에 있으며 운영을 목표로 투자되고 있다. 정책적 의미는 연구와 개발과 공급안보 측의 예산 비중이 높다는 사실 자체보다, 기술개발의 성과가 실증 이후 인허가와 표준화와 상용화와 초기수요로 충분히 연결되는 구조인지에 있다. SMR의 경우 분석 결과를 특정 단계의 예산 부족으로 읽기보다, Technology-push 중심의 지원체계가 Demand-pull 수단과 규제와 표준과 인허가 등 제도적 수단과 어떻게 연결되어 있는가라는 관점에서 볼 때 원자력 분야의 구조적 특징이 드러난다.

2. 수소 — 복수 임무 기여와 상용화 준비 과정의 투자구조

수소의 분석 모수 93행 485,041백만원은 무탄소 전환(M2) 82.9%, 기반(G) 11.8%, 수급 안보(M1) 3.2%, 산업적 성과(M3) 2.1%로 나뉘고, 단계로는 개발 40.5%, 실증 32.8%, 보급 16.4%, 연구 3.9%, 운영 0.2%, 비VC 6.3%이다. 임무별 비중을 해석할 때는 수소 기술이 복수의 정책목표에 기여한다는 특성을 고려해야 한다. 수전해 기술개발은 청정수소 생산을 통한 온실가스 감축뿐 아니라 국내 수소 생산역량의 확보와 핵심 소재와 부품의 국산화에도 기여하며, 생산 기술은 수급 자립과 수출 산업에, 활용 기술은 탄소중립과 수출 산업에 동시에 걸쳐 있다. 본 연구는 행마다 대표 임무 하나를 부여하였으므로 무탄소 전환의 비중이 높게 나타나더라도 이를 다른

정책목표에 대한 투자 부족으로 해석하기는 어렵고, 산업적 성과의 낮은 비중은 실제 투자 수준뿐 아니라 임무 분류 방식의 영향을 받은 것이다. 부임무까지 포함하면 M3는 42.0%, M1은 8.8%까지 넓어진다(제9장 제3절). 주임무 매트릭스는 대표 임무 기준의 예산 배분 현황을 보여 주는 것으로 각 정책목표에 대한 전체 투자 수준이나 기여도를 직접 나타내지 않는다.

단계별 비중은 국내 수소 기술의 개발과 실증 현황에 비추어 읽어야 한다. 수소 분야는 생산과 저장운송과 활용의 세부 기술별로 성숙도와 상용화 수준이 다르다. 수전해 분야는 핵심 소재와 부품의 성능 향상과 함께 시스템의 대형화와 실증이 추진되고 있으며, 실험실 수준에서 목표 성능을 확보하더라도 실제 운전 환경에서 효율과 내구성을 검증하는 과정이 필요하고, 재생에너지와 연계하여 운영하는 경우에는 전력 공급의 변동에 따른 운전 특성과 시스템 안정성도 중요한 검증 요소이다. 같은 실증 단계라도 핵심 소재와 부품의 성능 검증과 MW급 시스템 실증은 요구되는 기술 수준과 투자 규모가 다르므로 세부 기술의 성숙도와 실증의 목적을 함께 보아야 한다. 아울러 실증으로 시스템의 성능과 신뢰성을 확인하더라도 전력 조달비용과 설비 이용률에 따라 수소 생산원가가 크게 달라지므로, 기술개발 성과가 시장 진입으로 이어지려면 경제성의 제약을 함께 고려해야 한다. 따라서 개발과 실증 단계의 투자 집중은 편중이 아니라 국내 수소 기술의 산업화 과정에서 나타나는 특성으로 이해하는 것이 적절하며, 향후 투자 방향을 설정할 때에도 기술별 성숙도와 상용화 과정의 제약 요인을 고려한 접근이 요구된다.

다만 이 집중을 무탄소 전환 임무와의 정합성이 높다는 뜻으로만 제시할 수는 없다. 보급 단계에서 수소도시와 충전소와 청정수소 인증 같은 Demand-pull 수단이 이미 작동하고 있으나, 실증 중심의 지원구조에 비해 장기 수요 확보, 가격 지원, 인증과 표준, 인프라, 공급망 형성처럼 수요를 창출하고 시장을 형성하며 산업생태계를 만드는 수단의 비중은 상대적으로 제한적이다. 수소 분야의 과제는 기술개발과 실증이 부족하다는 것이 아니라, 현재의 지원구조가 이러한 Demand-pull 수단과 충분히 결합되어 있는가에 있다.

3. 두 분야 공통 — 역할 구분과 전환 병목

두 분야 공통으로 양산 단계에 국가연구개발사업 투자가 없는 것은 격차가 아니라 역할 구분의 확인이다. 초도 상용 설비의 구축과 양산은 민간 기업이 담당하는 영역이고 국가 R&D는 연구에서 실증까지의 기술 공급과 보급 이후의 확산 지원을 담당한다는

역할 정립이 예산 데이터에 그대로 반영되어 있으며, 이 판정이 기준 미비에 따른 결과가 아님은 전문가 자문에서 확인되었다(제8장 제5절). 따라서 국가 R&D 예산으로 양산 단계를 채우는 것은 과제가 아니다.

정책의 관심은 '어느 단계에 예산이 많고 적은가'라는 정태적 설명을 넘어, 한 단계의 성과가 다음 단계로 넘어가지 못하는 지점, 곧 전환 병목에 둔다. 원자력에서는 실증 이후 인허가와 상용화와 수요연계가, 수소에서는 실증 이후 안정적인 수요와 가격경쟁력의 확보가 핵심 병목이 될 수 있다. 전환 병목의 성격에 따라 처방도 달라진다. 기술적 한계로 상용화가 지연되는 분야에는 핵심기술 개발과 실증을 위한 R&D 투자가 중요하지만, 기술은 확보되었으나 경제성이나 수요 부족으로 시장 진입이 어려운 분야에는 수요 창출과 제도적 지원이 더 효과적인 수단이 될 수 있다. 두 분야 모두 현재의 예산과 정책수단의 조합이 기술개발에서 실증과 시장 확산으로 이어지는 전환 경로를 얼마나 뒷받침하고 있는가가 결과를 읽는 기준이다.

4. 분석의 성격과 해석의 범위

본 연구의 캐스케이딩 분석은 개별 사업의 정책효과나 예산 투입의 성과를 직접 측정하는 효과성 평가가 아니라, 임무와 혁신 단계와 정책수단과 예산 사이의 구조적 정합성을 진단하는 도구이다. 정책목표와 실제 예산 배분이 같은 방향을 향하는지(정렬), 단계와 수단의 정책 조합이 모순 없이 연결되는지(일관성), 임무 달성에 필요한 단계와 수단에 구조적 누락이 있는지(완결성), 다음 단계로의 이행을 제약하는 전환 병목이 어디인지를 식별하는 데 이 분석의 강점이 있다(제9장 제5절). 따라서 특정 셀의 예산이 적거나 사업이 없다는 사실만으로 정책적 부족이나 비효율을 판단하지 않으며, 그 공백이 민간의 역할분담에 따른 것인지, 다른 정책수단으로 보완되고 있는지, 실제로 임무 달성을 저해하는 구조적 병목인지를 가리는 절차를 거쳐야 한다. 이 성격을 명시할 때 본 연구는 단순한 예산 분류와 매핑을 넘어 임무지향 정책 포트폴리오의 구조적 취약 지점을 탐색하고 후속 심층평가의 대상을 선별하는 사전 진단도구로서 자리 잡는다.

해석의 범위도 분명히 한다. 본 연구는 단년도 연구개발 예산 데이터를 임무와 단계의 공통 기준으로 재구성한 투자구조의 분류와 진단으로 이해되어야 하며, 임무와 단계의 구분에 이견이 있을 수 있으므로 투자 비중의 크고 작음을 정책적 적정성이나 성과로 판단하지 않는다. 분석 결과는 예산 배분의 현황과 구조적 특성을 보여 주는 것으로 투자 적정성에 대한 직접적인 판단과는 구분되며, 향후 예산 배분 과정에서는 이 결과를

기술 성숙도와 산업화 여건에 관한 정보와 함께 활용하는 것이 바람직하다. 본 연구를 출발점으로 삼아 임무중심혁신정책의 관점에서 투자의 적정성과 정책 개선 방향을 제시하는 단계까지 이르려면 다년도 시계열 분석을 비롯한 후속 연구가 필요하며, 그때 분석은 “현재 어디에 투자하고 있는가”에서 “임무 달성을 위해 어디에 투자해야 하는가”로 확장된다.

제3절 시사점과 정책제언

정책제언은 각 장에서 제시한 시사점, 곧 주요국 사례의 다섯 가지 시사점(제2장 제4절), 중간층 접근의 근거(제3장 제4절), 임무 도출과 하향 가설(제4장 제5절), 두 분야의 확정 분포 진단(제8장 제5절), 격차 6건의 조정 원칙과 예비 제언 세 갈래(제9장 제6절)를 제2절의 해석에 비추어 여섯 개로 정리한다. 여섯 개의 제언은 네 개의 전략 원칙 아래에 놓인다. 첫째, 사업별 편성에서 임무별 포트폴리오 관리로 무게중심을 옮긴다. 임무 체계를 다시 만드는 것이 아니라 현행 예산 구조 위에 임무 관점의 확인 층위를 얹는 것이 출발점이며, 이는 OECD가 한국에 권고한 "재창조가 아닌 적응"의 원칙(OECD, 2026b)과 같다. 둘째, 개입의 단위를 임무영역 셀과 전환 병목에 둔다. 임무 수준의 예산은 이미 정합하므로 자원의 재배분보다 셀 단위의 수단 설계와 단계 간 연결이 유효하다. 셋째, 두 분야에 다른 처방을 쓴다. 원자력은 실증 이후 제도적 수단과의 연결, 수소는 시장형성 수단과의 결합이 전략 지점이다. 넷째, 연구개발 예산 밖의 수단까지 확장된 임무예산으로 관리한다. 세액공제와 이행채형 재원, 수출금융과 표준과 통상, 공공조달과 인허가와 인프라는 임무의 수단이지만 예산 사업 밖에 있으므로 정책믹스의 관점으로 다룬다. 제언의 요약은 표 10-2와 같다.

제언 1. 사업별 예산편성에서 임무별 포트폴리오 예산관리로 전환할 필요가 있다. 현재 예산은 개별 사업의 필요성을 중심으로 편성되지만, 임무지향 혁신정책에서는 같은 임무에 기여하는 연구개발과 실증과 보급과 제도개선 사업을 하나의 포트폴리오로 관리할 필요가 있다. 본 연구가 확인한 가장 기본적인 사실은 임무와 예산의 연결이 사업 단위로 관리되는 현행 구조에서도 행 단위 임무 태깅으로 임무별 예산 분포를 부처 횡단으로 종합 확인할 수 있다는 점이다. 임무 태깅의 운용 정의와 판정 규칙(제9장 제1절), 혁신 가치사슬 6단계 정의서(부록 A), 태깅의 절차와 적정성 지표(제7장 제5절)는 부처를 가리지 않고 적용 가능한 공통 어휘이므로, 이를 토대로 향후 예산편성 과정에서 임무별 총예산 규모뿐 아니라 단계별과 정책수단별 구성비, 집중도와 공백을 함께 제시하는 임무 예산 지도(Mission Budget Map)를 도입하고 예산 주기마다 갱신하는 방안을 제안한다. OECD도 MOIP에서 개별 프로젝트보다 서로 다른 정책수단과 프로젝트를 적극적으로 포트폴리오로 관리할 것을 강조한다. 전략 포인트는 새 제도를 세우지 않고 기존의 국가연구개발 예산 배분 조정 절차에 확인 단계를 더하는 데 있으며, 확인의 결과는 임무 × 단계 매트릭스 네 장과 격차 목록으로 요약되어 의사결정자가 한 번에 읽을 수 있다. 미배치와 부분 일치가 확인된 임무영역 셀 묶음은 하나의 프로그램으로 묶어 다년도 재원과 단계별 관문을 부여하는

것이 현행 구조와 충돌이 적고 효과가 집중되며, 이 층위는 K-문샷 추진전략의 미래에너지 분야와 같은 상위 임무 체계가 예산과 연결되는 접점으로도 쓰일 수 있다.

제언 2. 예산 공백이 아니라 전환 병목을 정책개입 대상으로 설정하기를 권고한다. 연구와 개발과 실증과 양산의 각 단계에 예산이 존재하는지만 보는 것이 아니라, 한 단계의 성과가 다음 단계로 넘어가지 못하는 지점을 찾아야 한다. 양산 단계에 사업이 없는 것은 역할 구분의 확인이므로 과제는 실증 단계의 출구를 민간과 연결하는 것이며, 전문가 자문에서 제안된 금융 지원과 실증 시설과 사업화 연계의 신속 경로, 기술이전과 초기 시장 수단이 여기에 해당한다. 미국의 청정수소와 원자력 생산 세액공제, 일본의 GX 경제이행채는 실증 이후 단계의 임무 재원을 연구혁신 프로그램 밖에서 확보하여 공식적으로 연결한 사례이며(제2장 제4절), 연계 장치는 국가 R&D의 역할을 양산으로 확장하는 것이 아니라 R&D 예산의 실증 출구와 R&D 밖 재원의 입구를 맞추는 설계여야 한다. 두 가지를 제안한다. 하나는 향후 예산심의에서 “해당 사업의 다음 단계는 무엇이며, 다음 단계로 넘어갈 정책수단이 존재하는가”를 필수 검토항목으로 포함하는 것이다. 다른 하나는 실증 이후에는 정부가 모든 비용을 부담하는 것이 아니라 정부투자가 민간의 후속 투자를 얼마나 유인하였는가를 보아야 하므로, 양산 단계 국가 R&D의 부재를 문제 삼기보다 실증에 투입된 공공투자가 후속 민간투자와 설비투자와 구매계약을 얼마나 발생시키는가를 보는 민간투자 유발(crowding-in) 지표를 별도의 성과 지표로 두는 것이다. 이는 MOIP가 정부 부문 내부의 정합성뿐 아니라 공공과 민간 자원의 공동 동원을 요구한다는 점과도 부합한다. 실증 단계에 있는 한국형 수소환원제철 실증(50,146)은 이 장치의 첫 관찰 대상이며, SMR 실증호기는 다음 대상이다.

제언 3. 원자력에서는 SMR 실증 진입 프로그램을 Technology-push 중심의 지원체계에서 규제 · 표준 · 인허가뿐만 아니라 초기수요 수단과 연결하여 설계하기를 권고한다. SMR 21행 103,431의 88.7%가 연구와 개발 단계에 있고 실증과 보급은 각 1행의 소규모 사업에 그치며, 하향 설계가 둔 인허가 실증과 실증호기 건설과 공장 제작 공급망과 용도 개척의 셀은 아직 노형 개발의 본류와 연결되지 않았다(제9장 제5절 G2). 노형별로 혁신형 SMR은 표준설계인가를 거쳐 실증 단계로 진입할 가능성이 있고, 고온가스로와 소듐냉각고속로는 후속 사업의 기획에 따라 실증 진입이 좌우되므로, 이 셀을 채우는 일은 특정 단계의 예산을 늘리는 문제가 아니라 기술개발 성과가 실증 이후 인허가와 표준화와 상용화와 초기수요로 연결되는 구조를 만드는 문제이다. 전략 포인트는 규제 연구와의 연동이다. 2차 판정에서 SMR과 차세대 노형의 규제검증 연구는 횡단 기반(G)으로 귀속되었는데, 실증 프로그램이

규제검증과 인허가 실증을 한 프로그램 안의 관문으로 묶을 때 비로소 실증호기의 일정이 규제 일정과 맞물린다. 계획 단계의 예비 진단에서 지적된 SMR 시장 창출의 법적 근거 미비(부록 E)는 수단 형성의 전제이며, 정책 근거는 제6차 원자력진흥종합계획, 7대 SEED 프로젝트, K-문샷 추진전략에 있다. 아울러 산업적 성과 임무가 수출용 신형 연구로 한 건에 집중되어 있으므로(G4), SMR과 연구로의 수출은 수출 금융과 국제표준이라는 비예산 수단과 함께 설계한다.

제언 4. 수소에서는 실증 중심의 지원구조에 시장형성 수단을 결합하고 수급 안보 임무의 수준을 결정하기를 권고한다. 수소 분야의 투자구조를 정책적으로 활용하려면 기술개발 단계와 시장 형성 수준을 함께 고려해야 한다. 수소 기술의 상용화는 기술적 성능뿐 아니라 생산원가와 공급 인프라와 수요 확보에 좌우되며, 국내에서도 일반수소발전 입찰시장과 청정수소 인증제 등 시장 형성을 위한 정책수단이 운영되고 있다. 기술개발 성과가 시장으로 확산되려면 R&D 투자와 이러한 비R&D 정책수단의 연계가 필요하므로, 장기 수요 확보, 가격 지원, 인증과 표준, 인프라, 공급망 형성의 수단을 실증 사업의 출구와 연결하여 설계한다. 접근은 둘로 나눈다. 기술적 한계로 상용화가 지연되는 분야에는 핵심기술 개발과 실증을 위한 R&D 투자가 중요하지만, 기술은 확보되었으나 경제성이나 수요 부족으로 시장 진입이 어려운 분야에는 수요 창출과 제도적 지원이 더 효과적인 수단이 될 수 있다. 수급 안보 임무에 대해서는 선택이 필요하다. 수소의 M1 주임무는 해외 도입 기반과 액화수소 인수기지 관련 사업의 7행 15,331로 모수의 3.2%이고 저장운송 사업 대부분은 M2를 주임무로 하면서 M1을 부임무로 갖는다(G3). 수소법과 수소경제 이행 기본계획이 명시한 수급 안보를 독립 임무로 추구하려면 인수기지와 비축과 도입 계약처럼 M1을 주임무로 하는 사업을 임무영역 셀에 설계해야 하고, 그렇지 않다면 임무 서술을 한정하여 전환 임무의 부수 목표임을 명시해야 하며, 어느 쪽이든 선언과 예산이 어긋난 채로 두는 것은 피해야 한다. 산업화 임무(M3)는 설계가 둔 수출 금융과 국제표준과 통상의 수단이 예산 사업 밖에 있으므로 제언 5의 관점에서 다루며, 개발 예산의 63.6%를 차지하는 두 대형 계속사업은 내부의 연구와 개발과 실증 과제를 과제 단위로 관리하여 단계별 분포가 드러나게 한다.

제언 5. 연구개발 예산 밖의 정책수단까지 확장된 임무예산으로 관리하길 권고한다. 본 연구가 R&D 예산을 중심으로 분석한 것은 타당하지만, MOIP의 실제 작동은 R&D만으로 설명되지 않으며 규제와 표준, 공공조달, 세제, 정책금융, 인허가, 인프라 투자가 함께 작동해야 한다. 임무 정책의 정의가 연구에서 시장 배치까지 다양한 정책 분야와 Technology-push와 Demand-pull 수단의 결합을 핵심으로 하고(Larrue,

2021), 넷제로 임무의 실증 분석이 과학기술 부처의 연구혁신 예산에 임무가 갇히는 STI 함정을 첫째 함정으로 지목한 점(OECD, 2024a)을 고려하면, 격차 6건 가운데 전환 병목형으로 분류된 G2와 G4의 해법은 대부분 예산 사업 밖에 있다. 따라서 무탄소에너지 임무의 수단 설계는 R&D 예산, 세제와 금융, 조달과 의무화, 표준과 규제를 한 표 위에서 다루어야 하며, 제언 1의 임무 예산 지도는 R&D 예산 지도에서 임무 정책믹스 지도(Mission Policy Mix Map)로 확장되어야 한다. 그 확장의 첫 작업은 본 연구의 설계 격자에 수단 열로 기록된 비예산 수단의 실제 시행 여부를 확인하는 것이며, 이는 후속 연구로 둔다.

제언 6. 임무별 예산의 규모보다 균형과 연결성을 예산평가 지표로 활용하길 권고한다. 본 연구의 분석 결과를 기반으로 임무별 예산집중도, 혁신 단계별 분포, 정책수단 다양성, 단계 간 연결성, 민간자원 동원 정도의 지표를 제안할 수 있다. 이 지표 체계는 특정 단계에 예산이 과도하게 집중되어 있거나 후속 단계와 수단이 연결되지 않는 경우 조기경보를 제공하는 방식으로, 단순한 예산 현황 분석을 넘어 임무 달성 가능성을 사전에 진단하는 예산 포트폴리오 진단체계로 발전시킬 수 있다. 평가 역시 사업 단위 성과가 아니라 임무영역 셀 단위의 단계 이행을 보는 임무 특화 평가체계로 보완하며, 본 연구의 정태적 태깅이 포착하지 못한 사업 내부의 단계별 마일스톤을 그 평가의 대상으로 둔다.

〈표 10-2〉 정책제언 요약

제언	핵심 내용	근거 확인 사항	대상 층위와 수단	관련 계획과 제도
1. 임무별 포트폴리오 예산관리 (Mission Budget Map)	기존 배분 조정 절차에 확인 단계를 추가, 임무별 총예산과 단계별 수단별 구성비, 집중도, 공백을 함께 제시, 예산 주기마다 갱신, 미배치 셀 묶음은 다년도 프로그램	임무 격자 일치 수소 11, 원자력 10과 부분 일치 2, 판정 규칙과 정의서와 적정성 지표의 부처 횡단 적용 가능성(제3장, 제7장, 제9장)	L2 ~ L6, 거버넌스	국가연구개발 예산 배분 조정 체계, 과학기술관계 장관회의, K-문샷 추진전략 (미래에너지)
2. 전환 병목의 관리와 민간 연계 장치	예산심의에 “다음 단계와 넘어갈 수단의 존재”를 필수 검토항목으로, R&D 실증 출구와 R&D 밖 재원 입구의 연결, 민간투자 유발(crowding-in) 지표	양산 0행의 역할 구분 확인(자문 7 대 1), 관찰 대상 수소환원제철 실증 50,146(제8장 제5절, G1)	L3 ~ L5, Technology-push(기술이전, 사업화 연계) + Demand-pull(초기 시장) + 금융	수소경제 이행 기본계획, 제6차 원자력진흥종합계획, 국가연구개발 성과평가 체계

제언	핵심 내용	근거 확인 사항	대상 층위와 수단	관련 계획과 제도
3. 원자력: SMR 실증 진입 프로그램	Technology-push 체계를 규제와 표준과 인허가와 초기수요 수단과 연결, 규제검증과 인허가 실증을 한 프로그램의 관문으로, 상용화 법적 근거, 수출 금융과 국제표준	SMR 21행 103,431의 88.7%가 연구와 개발, 실증과 보급 각 1행(G2), M3의 연구로 집중 92.1%(G4)	L2 ~ L5, 거버넌스 + Demand-pull, 수출 금융과 표준	제6차 원자력진흥종합계획, 7대 SEED 프로젝트, 제3차 원자력안전종합계획, K-문샷 추진전략
4. 수소: 시장형성 수단의 결합과 수급 안보 임무의 격	실증 출구를 장기 수요, 가격 지원, 인증과 표준, 인프라, 공급망 수단과 연결, 기술 한계형과 경제성 부족형의 구분 접근, M1 주임무 사업 설계 또는 임무 서술 한정, 대형 계속사업 2건의 과제 단위 관리	M2 82.9% 중심, 보급 16.4% 작동, M1 7행 15,331(3.2%)과 저장운송의 M1 부임무 구조(G3), M3 7행 10,162(2.1%), 개발 예산의 63.6% 두 내역 집중	L3 ~ L5, Demand-pull + 거버넌스	수소법, 수소경제 이행 기본계획, 청정수소 인증제, 일반수소발전 입찰시장, 제8차 산업기술 혁신계획
5. 확장된 임무예산 (Mission Policy Mix Map)	R&D 예산, 세제와 금융, 조달과 의무화, 표준과 규제, 인허가, 인프라를 한 표 위에서 설계, 설계 격자 수단 열의 시행 여부 확인	전환 병목형 격차 G2, G4의 해법이 예산 사업 밖에 위치, STI 함정(OECD, 2024a)	L5, Demand-pull + 비예산 수단 + 거버넌스	국가연구개발 성과평가 체계, 제8차 산업기술 혁신계획
6. 균형과 연결성 지표	임무별 집중도, 단계별 분포, 수단 다양성, 단계 간 연결성, 민간자원 동원의 조기경보 지표, 셀 단위 단계 이행의 임무 특화 평가	격차 6건의 성격 구분과 진단 4기준 (제9장 제5절)	L3 ~ L6, 평가체계	국가연구개발 성과평가 체계, 예산 배분 조정 체계

6개의 제언은 서로 독립적이지 않다. 제언 1이 확인 층위라는 절차를 제공하면 제언 2 ~ 6은 그 층위에서 반복 점검되는 내용이 되고, 제언 2는 두 분야 공통의 전환 병목 관리로서 제언 3과 4의 전제이며, 제언 5는 점검의 범위를 예산 밖으로, 제언 6은 점검의 지표를 규모에서 연결성으로 넓힌다. 제언의 우선순위를 하나만 꼽는다면 제언 1이다. 확인 층위가 없으면 나머지 제언의 효과를 점검할 방법이 없기 때문이다.

제4절 맺음말

본 연구의 결과는 다음의 범위 안에서 읽어야 한다. 예산 데이터는 2026년 본예산의 단년도 단면이며, 특히 수소 분야는 신규 사업이 합계의 23.4%를 차지하는 유동적 국면에 있어 분포는 변화 중인 포트폴리오의 한 시점이다. 임무와 단계의 구분에는 이견이 있을 수 있으며, 본 연구는 분류 규칙을 공개하고 경계 행에 플래그를 붙여 전문가 자문과 서면자문으로 검증하였으나 서면자문에서 3분류 6행이 정정된 데서 보듯 노형 경계처럼 분야 지식이 필요한 판정은 남아 있다. 규제기관과 관리기관의 기관고유 사업비는 경비 내역을 분리하지 못하여 기관 단위로 태깅하였고, 수소 개발 예산의 63.6%를 차지하는 두 대형 계속사업은 내부의 단계 혼재를 분해하지 못하였으며, 사업 목적 원문을 확보하지 못한 18행은 사업군과 자문 확정 결과를 기준으로 판정하였다. 전문가 자문은 8인 규모였고 상충 쟁점 3건은 다수 의견으로 확정하되 소수의견을 보존하였다. 태깅은 대형언어모델의 보조 코딩과 전문가 재판정으로 수행하였고 1차 코딩과 확정 라벨의 일치도와 플래그의 민감도를 보고하였으나, 1차 라벨을 보지 않은 독립 재코딩과 반복과 교차 모델의 재현 검정은 실시하지 않았다(제7장 제5절). 분석은 두 분야의 국가연구개발 예산 사업에 한정되므로 비예산 수단을 포함한 정책믹스 전체의 진단은 아니며, 시나리오 기반의 투자 격차 산정은 수행하지 않았다. 이 범위 안에서 본 연구는 임무중심혁신정책의 관점에서 투자의 적정성을 판정하기보다, 단년도 연구개발 데이터를 임무와 단계로 재구성한 투자구조의 분류와 진단으로 이해되어야 한다.

이 범위는 방법의 결함이라기보다 분석 단위와 자료의 선택에서 비롯한 것이며, 같은 방법 위에서 이어질 후속 연구의 몫이다. 첫째, 결산과 본예산의 다년도 시계열로 세부 분야별 단계의 이동과 임무의 변화를 추적하는 것이다. 단계 이동뿐 아니라 임무의 시점 안정성도 같은 자료로 검정할 수 있으며, 이로써 분석은 현재 어디에 투자하고 있는가에서 임무 달성을 위해 어디에 투자해야 하는가로 확장된다. 둘째, 국가 차원의 기술수준평가와 연계하여 세부 기술별 성숙도를 단계 판정에 반영하는 것이다. 셋째, 블라인드 재코딩과 반복 코딩과 교차 모델과 시점 간 재현성 검정으로 분류 적정성 지표의 미산출 항목을 채우는 것이다. 넷째, 과제 단위 자료에 기반한 대형 계속사업의 분해, 셀 단위 신증감 시나리오와 투자 격차 산정, 목표 역산 소요의 견적, 그리고 이를 지원하는 정책 시뮬레이션 도구의 구현이다. 본 연구는 도구의 입력이 되는 행 단위 확정 데이터(부록 G)를 정리하는 데까지 수행하였다. 다섯째, 설계 격자의 수단 열에 기록된 비예산 수단의 시행 여부를 확인하여 임무 정책믹스 지도로 확장하고, 실증 이후의 민간투자 유발을 측정하는 것이다. 여섯째, 다른 무탄소 분야로의 확장이다.

본 연구는 임무에서 예산까지의 연결을 실제 재정 데이터로 검증하는 방법과 그 첫 적용 결과를 제시하였다. 임무는 법체계에서 도출되었고, 예산은 그 임무의 방향과 대체로 일치하였으며, 두 분야의 투자구조는 지금까지의 정책방향이 반영된 결과로 읽혔다. 두 분야에 공통된 과제는 국가 R&D가 끝나는 실증의 출구에서 다음 단계로 넘어가는 전환 병목을 관리하는 것이고, 분야별 과제는 원자력에서는 SMR 기술개발을 실증 이후의 제도적 수단과 연결하는 것, 수소에서는 실증 중심의 지원구조에 시장형성 수단을 결합하는 것이다. 이 결론이 예산 배분 조정의 확인 층위로 자리 잡을 때, 임무중심혁신정책이 요청하는 임무와 예산의 연결은 선언이 아니라 해마다 점검되는 사실이 된다.

참고문헌

제1장 ~ 제3장 (연구 개요, 이론적 검토, 분석 틀)

[국외 학술, 정책 문헌 — 핵심 프레임워크와 방법론]

Elmore, R. F.(1979). Backward Mapping: Implementation Research and Policy Decisions, Political Science Quarterly, 94(4).

European Commission(2014). Technology Readiness Levels(TRL), Horizon 2020 Work Programme General Annexes.

Larrue, P.(2021). The design and implementation of mission-oriented innovation policies: A new systemic policy approach to address societal challenges, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 100, OECD Publishing.

Lindblom, C. E.(1959). The Science of "Muddling Through", Public Administration Review, 19(2).

Mazzucato, M.(2018). Mission-Oriented Research and Innovation in the European Union: A problem-solving approach to fuel innovation-led growth, European Commission.

Mowery, D., Rosenberg, N.(1979). The influence of market demand upon innovation: A critical review of some recent empirical studies, Research Policy, 8(2).

Nonaka, I., Takeuchi, H.(1995). The Knowledge-Creating Company, Oxford University Press.

OECD(2015). Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, OECD Publishing.

Wanzenböck, I., Wesseling, J. H., Frenken, K., Hekkert, M. P., Weber, K. M.(2020). A framework for mission-oriented innovation policy: Alternative pathways through the problem-solution space, Science and Public Policy, 47(4).

Weber, K. M., Rohracher, H.(2012). Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change, Research Policy, 41(6).

[국외 학술 문헌 — 지적 계보]

Chang, H.-J.(2002). Kicking Away the Ladder: Development Strategy in Historical Perspective, Anthem Press.

Freeman, C.(1987). Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan, Pinter.

Geels, F. W.(2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study, Research Policy, 31(8-9).

Lundvall, B.-Å.(ed.)(1992). National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning, Pinter.

Mazzucato, M.(2013). The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths, Anthem Press.

Nelson, R. R.(ed.)(1993). National Innovation Systems: A Comparative Analysis, Oxford University Press.

Nelson, R. R., Winter, S. G.(1982). An Evolutionary Theory of Economic Change, Harvard University Press.

Rodrik, D.(2004). Industrial Policy for the Twenty-First Century, Harvard Kennedy School Working Paper.

Smith, A., Raven, R.(2012). What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability, Research Policy, 41(6).

[OECD MOIP 정책 보고서 시리즈]

OECD(2024a). Mission-Oriented Innovation Policies for Net Zero: How Can Countries Implement Missions to Achieve Climate Targets?, OECD Publishing.

OECD(2024b). Designing effective governance of mission-oriented innovation policies, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 168, OECD Publishing.

OECD(2024c). Monitoring and evaluation of mission-oriented innovation policies: From theory to practice, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2024/09, OECD Publishing.

OECD(2025a). Harnessing Mission Governance to Achieve National Climate Targets, OECD Public Governance Reviews, OECD Publishing.

OECD(2025b). Proactive Portfolio Management in Mission-Oriented

Innovation Policy, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 173, OECD Publishing.
OECD(2025c). Governance of Ecosystem-Driven Missions: The Case of Impact Innovation Programme in Sweden, OECD Technical Paper, OECD Publishing.
OECD(2026a). Mobilising Private Investment to Address Societal Challenges, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 190, OECD Publishing.
OECD(2026b). Forging New Frontiers in Mission-Oriented Innovation Policies, OECD Publishing.

[각국 정부 문서 — 주요국 MOIP 적용 사례]

European Commission(2021). Communication from the Commission on European Missions, COM(2021) 609 final, 2021년 9월 29일(Horizon Europe 임무 5종 채택).
U.S. Department of Energy(2020). U.S. Department of Energy Launches $230 Million Advanced Reactor Demonstration Program, 2020년 5월 14일 보도자료(Office of Nuclear Energy).
U.S. Department of Energy(2021). Hydrogen Shot, Energy Earthshots Initiative 첫 목표, 2021년 6월 7일 발표(청정수소 1 kg당 1달러를 10년 안에 달성하는 "1 1 1" 목표).
U.S. Congress(2022). Inflation Reduction Act of 2022, Public Law 117-169(H.R. 5376), 2022년 8월 16일 제정(청정수소 생산 세액공제 45V, 무탄소 원자력 발전 세액공제 45U).
内閣府(2020). ムーンショット型研究開発制度 — ムーンショット目標 1 ~ 6(2020년 1월 23일 総合科学技術・イノベーション会議 결정), 目標 7(2020년 7월 14일), 目標 8과 9(2021년 9월 28일), 目標 10(2023년 12월 26일).
内閣官房(2023). GX実現に向けた基本方針(2023년 2월 10일 閣議決定), 脱炭素成長型経済構造移行推進戦略(GX推進戦略, 2023년 7월 28일 閣議決定).
再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議(2023). 水素基本戦略(改定), 2023년 6월 6일(経済産業省 게재).
HM Government(2021). Net Zero Strategy: Build Back Greener, 2021년 10월 19일(당시 Department for Business, Energy and Industrial Strategy, 현

Department for Energy Security and Net Zero 게재).
HM Government(2021). UK Hydrogen Strategy, CP 475, 2021년 8월 17일.
Department for Energy Security and Net Zero(2023). Powering Up Britain, 2023년 3월 30일(Energy Security Plan과 Net Zero Growth Plan 동봉).
Présidence de la République(2021). France 2030 — plan d'investissement, 2021년 10월 12일 대통령 발표(운영: Secrétariat général pour l'investissement).
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz(2023). Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie, 2023년 7월 26일 연방내각 의결.
국가인공지능전략위원회, 과학기술관계장관회의(2026). K-문샷 추진전략(2026년 2월 25일 국가인공지능전략위원회 제2차 전체회의 의결, 8대 분야 12대 미션은 2026년 3월 제5회 과학기술관계장관회의 확정).

[국내 문헌]

곽숙영(2011). OECD의 사회정책 관련 변화와 한국 사회정책의 과제, 한국사회정책, 18(4).
구본진(2024). New MOIP 기반 임무지향형 국가연구개발사업 활성화 정책 연구.
기지훈, 김지홍(2025). OECD 진단을 통해 본 한국 임무지향 혁신정책의 발전 과제, KISTEP 브리프.
기지훈, 김현오, 김효재(2023). 사회문제해결형 과학기술혁신정책과 국가연구개발사업 임무지향성 변화 분석, 한국과학기술기획평가원.
기지훈, 김현오, 조수지(2024). 사회문제해결형 과학기술정책 발전과정 텍스트 분석.
박노언, 기지훈, 김현오(2023). 임무지향형 사회문제해결 R&D 프로세스 설계 및 제언, KISTEP 이슈페이퍼.
박노언, 김지홍(2023). 임무지향형 사회문제해결 R&D 전주기 프로세스 고도화 연구, 한국과학기술기획평가원.
박노언 외(2022). 임무지향형 사회문제해결 R&D 전주기 프로세스 설계 연구, 한국과학기술기획평가원.
송위진, 성지은(2019a). 임무지향적 혁신정책 관점의 사회문제해결형 R&D 정책: 2차 종합계획을 중심으로.
송위진, 성지은(2019b). 전환적 혁신정책 관점의 사회문제해결형 R&D 정책: 2차 종합계획을 중심으로, 과학기술학연구, 19(2).
이승규(2022). 임무지향혁신정책 해외사례 분석 및 국정과제 활용 정책모형 연구, 한국과학기술기획평가원.

이혜진, 홍성주(2023). 임무지향혁신정책 국내사례 연구: 소재부품장비 및 COVID-19 사례.
한국과학기술기획평가원(2023). 임무지향 R&D 평가를 위한 AI 활용 및 신규평가방법 연구, 혁신정책연구.
홍형득, 김경환, 왕재선(2023). 정부출연연구기관 임무지향형 혁신체제 구축 인식 분석.

제4장, 제5장 (상위계획 분석과 임무 도출, 하향 캐스케이딩 설계)

[법령 — 국가법령정보센터(law.go.kr) 현행 법령, 각 제1조]

과학기술기본법, 기후변화대응 기술개발 촉진법, 원자력진흥법, 기후위기 대응을 위한 탄소중립, 녹색성장 기본법, 에너지법, 신에너지 및 재생에너지 개발, 이용, 보급 촉진법, 수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률, 전기사업법, 산업기술혁신촉진법, 원자력안전법.
[법정계획, 정부 문서]
관계부처 합동(2021). 제1차 수소경제 이행 기본계획.
관계부처 합동(2021). 제6차 원자력진흥종합계획(2022 ~ 2026).
관계부처 합동(2023). 탄소중립 녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획.
관계부처 합동(2023). 제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획(2023 ~ 2032).
국가과학기술자문회의(2023). 제1차 국가연구개발 중장기 투자전략(2023 ~ 2027).
산업통상자원부(2020). 제5차 신재생에너지 기본계획(2020 ~ 2034).
산업통상자원부(2023). 제5차 에너지기술개발계획(2024 ~ 2033).
산업통상자원부(2024). 제8차 산업기술혁신계획(2024 ~ 2028).
산업통상자원부(2025). 제11차 전력수급기본계획(2024 ~ 2038), 산업통상자원부 공고 제2025-169호.
원자력안전위원회(2021). 제3차 원자력안전종합계획(2022 ~ 2026).

제6장 (내역사업 단위 예산 데이터 구축)

각 부처(2025). 2026년도 예산안 및 기금운용계획안 사업설명자료 — 과학기술정보통신부, 기후에너지환경부, 산업통상부, 국토교통부, 원자력안전위원회, 해양수산부, 외교부.

제7장 ~ 제10장 (혁신 가치사슬 태깅, 전문가 자문, 임무 캐스케이딩, 결론 및 정책제언)

방법론 관련 문헌은 제1장 ~ 제3장의 문헌과 같다(Larrue, 2021; OECD, 2015; 2024a; 2024b; 2024c; 2025b; 2026a; 2026b; Nonaka, Takeuchi, 1995; Elmore,

1979; Lindblom, 1959; European Commission, 2014; Mowery, Rosenberg, 1979 등). 제7장 제5절의 코딩 신뢰도 해석 기준은 다음을 따른다.

Cohen, J.(1960). A coefficient of agreement for nominal scales, Educational and Psychological Measurement, 20(1).

Krippendorff, K.(2004). Content Analysis: An Introduction to Its Methodology, 2nd ed., Sage.

Landis, J. R., Koch, G. G.(1977). The measurement of observer agreement for categorical data, Biometrics, 33(1).

부록

부록 A. 혁신 가치사슬 6단계 정의서

A-1. 목적과 범위

이 정의서는 본 연구의 캐스케이딩 분석에서 사용하는 "혁신 가치사슬 단계"의 어휘를 연구(R), 개발(D), 실증(V), 양산(P), 보급(Dep), 운영(Op)의 여섯 단계로 고정하고, 단계별 정의와 산출물, 기술성숙도 대응, 단계 경계 판정 규칙, 단계별 정책수단 적합 구간을 통일된 어휘로 명시하기 위한 것이다. 아울러 임무영역 매트릭스의 셀이 본질적으로 어떤 정책수단을 요구하는지를 도출하는 규칙의 근거를 제공한다.

정의서는 분야 비특정의 공통 기반 정의로서 수소와 원자력 두 분야에 공통으로 적용되며, 분야별 운용 정의는 A-5에 예시로 부기한다. 정책수단은 Technology-push, Demand-pull, 거버넌스와 표준과 규제의 3축 대분류만 다루고, 세부 수단의 분류는 정책수단 층위(L5)의 설계에서 별도로 다룬다. 정의서의 사용 위치는 분석 틀(제3장 제2절)의 본문, 하향 설계(제5장) 임무영역 매트릭스의 열 머리, 태깅(제7장 ~ 제9장)의 단계 판정 기준이며, 이들 장에서는 동일한 표기를 강제한다.

A-2. 6단계 정의

〈표 A-1〉 6단계 개요

단계	약자	한국어 표기	핵심 활동	주된 산출물
Research	R	연구	기초, 응용 연구, 원리 탐구와 증명	논문, 개념증명, 원천 특허
Development	D	개발	실험적 개발, 시제품 제작	시제품, 기술명세
Validation	V	실증	관련 환경에서의 시스템 검증, 파일럿과 실증 단지	실증 데이터, 인증 준비
Production	P	양산	초도 상용 설비(FOAK) 구축, 양산성 검증	FOAK 설비, 공정 표준
Deployment	Dep	보급	상용 보급과 시장 확산	상용 매출, 시장 점유
Operation	Op	운영	정상 운영, 유지, 점진적 개선	운영 데이터, 사후 관리

단계별 상세 정의는 다음과 같다.

연구(R)는 새로운 과학적 지식과 원리를 탐구(기초연구)하거나 특정 목적과 문제 해결을 위해 지식을 적용(응용연구)하는 활동이다. 주된 수행 주체는 대학, 국가연구소, 정부출연연구기관이고 환경은 실험실이며, 본질적 불확실성은 과학적 타당성(과연 작동하는가)이다. 산출물은 심사를 거친 논문, 원천 특허, 개념증명이다.

개발(D)은 연구 단계에서 확립된 원리를 토대로 새 제품, 공정, 서비스의 시제품을 제작하고 실험실 환경에서 기술적 가능성을 검증하는 실험적 개발이다. 주된 수행 주체는 정부출연연구기관, 기업 부설연구소, 산학협력 컨소시엄이고 환경은 실험실과 모의 환경이며, 본질적 불확실성은 기술적 타당성(원리에서 시제품으로 확장 가능한가)이다. 산출물은 시제품, 기술명세서, 기관 내부의 시험성적서이다.

실증(V)은 시제품, 서브시스템, 시스템을 관련 환경 또는 운영 환경에서 시험, 실증하여 실제 조건에서의 성능, 신뢰성, 안전성을 검증하는 활동이다. 주된 수행 주체는 정부출연연구기관과 기업, 실증사업 컨소시엄이고 환경은 파일럿 플랜트, 실증 단지, 시범 운영지이며, 본질적 불확실성은 실증 타당성(실험실 외부에서 작동하는가)이다. 산출물은 실증 데이터, 인증과 표준 준비 자료, 안전성과 환경영향 평가이다.

양산(P)은 실증을 통과한 기술을 상업적 규모에서 처음으로 생산, 구축(초도 상용 설비, FOAK)하여 양산성, 경제성, 공정 표준을 확립하는 활동이다. 주된 수행 주체는 기업(주도)과 정부(초기 시장 보장)이고 환경은 양산 시범 설비와 FOAK 플랜트이며, 본질적 불확실성은 양산 타당성(반복 생산이 경제적으로 가능한가)이다. 산출물은 FOAK 설비, 양산 공정 표준, 첫 상용 계약이다. 양산 단계는 초도 상용 설비의 구축과 양산성 검증에 한정하며, 초도 설비 이후의 반복 양산(NOAK)은 보급 단계에 속한다(A-6 참조, 자문 후 개정). 국가연구개발사업을 분석 범위로 하는 본 연구에서는 양산 단계를 민간 영역의 참고 단계로 운용한다.

보급(Dep)은 초도 설비 이후의 양산 능력을 토대로 상용 시장에 보급, 확산하여 임계 점유율을 확보하는 활동(반복 양산 설비, NOAK)이다. 주된 수행 주체는 기업(주도)과 정부(보급 유인과 규제)이고 환경은 상용 시장이며, 본질적 불확실성은 시장 타당성(임계 수요와 인프라가 형성되는가)이다. 산출물은 상용 매출, 시장 점유, 보급 누적량(MW, 대, 톤 등)이다.

운영(Op)은 보급된 시스템을 안정 운영하면서 유지, 관리하고 점진적 개선과 사후 처리(해체, 폐기)를 수행하는 활동이다. 주된 수행 주체는 운영사업자(상용), 규제기관, 폐기와 해체 전문기관이고 환경은 상용 운영지이며, 본질적 불확실성은 운영

지속가능성(장기 안전, 환경, 경제성을 유지하는가)이다. 산출물은 운영 데이터, 정비와 교체 기록, 사후 관리(해체, 폐기) 결과이다.

A-3. 기술성숙도 대응

〈표 A-2〉 혁신 가치사슬 단계와 기술성숙도(TRL) 9레벨의 대응(European Commission, 2014)

혁신 가치사슬 단계	TRL	TRL 정의 요약
R	1	기본 원리의 관찰과 보고
R	2	기술 개념과 응용 가능성의 확립
R ~ D	3	실험적, 해석적 개념 증명
D	4	실험실 환경에서의 구성품 검증
D ~ V	5	관련 환경에서의 구성품 검증
V	6	관련 환경에서의 시스템 또는 모형 시연
V	7	운영 환경에서의 시스템 시제품 시연
P	8	시스템 완성과 자격 인증
Dep, Op	9	운영 환경에서의 실제 시스템 입증과 운영

설계 메모. TRL은 단일 기술 단위의 측도로 만들어졌으므로 시스템 수준(임무, 포트폴리오)에서는 통합성숙도(IRL), 제조성숙도(MRL), 상용화성숙도(CRL)를 보조로 사용해야 한다는 학술적 비판이 있다. 이 정의서는 TRL을 1차 좌표로 채택하고, 양산 단계의 제조성숙도와 보급 단계의 상용화성숙도는 보조 표기로 둔다. TRL 5, 7, 8의 단계 경계는 분야 관행에 따라 달리 해석되므로 분야별 운용 정의를 A-5에 부기한다.

A-4. 정책수단 적합 구간

정책수단 3축의 정의는 다음과 같다. Technology-push는 기술 공급 측면에서 지식, 시제품, 실증 결과의 축적을 촉진하는 정책수단으로, 대표 수단은 기초와 응용 연구비, R&D 보조금, 인력양성, 연구장비와 인프라, 기술이전과 사업화 지원이며, 학술 근거는 Mowery, Rosenberg(1979), OECD(2015), EU Horizon 2020의 기초와 산업 리더십 축이다. Demand-pull은 시장과 사회 수요 측면에서 수요와 시장 형성을 촉진하여 기술의 보급과 확산을 유도하는 정책수단으로, 대표 수단은 정부조달, 세액공제, 소비자 보조금, 가격 보장(발전차액, 차액계약), 의무화와 할당제, 인증과 표준이며, 학술 근거는 Mowery, Rosenberg(1979)와 OECD MOIP

시리즈(특히 OECD, 2026a의 민간투자 유인)이다. 거버넌스와 표준과 규제는 Technology-push와 Demand-pull의 조정 또는 제약을 통해 방향성, 안전성, 형평성을 확보하는 정책수단으로, 대표 수단은 안전과 환경 규제, 인허가, 위험관리 제도, 표준과 인증 체계, 단계별 관문, 부처 간 협의체이며, 학술 근거는 Larrue(2021)의 12개 설계원칙, OECD(2024b), OECD(2025a)이다.

〈표 A-3〉 단계 × 정책수단 적합 매트릭스

단계	Technology-push	Demand-pull	거버넌스, 표준, 규제	비고
R	◎ 지배적	△ 낮음	△ 낮음 (연구 윤리, 생명 윤리)	정부 직접 투자 비중 최대
D	◎ 지배적	△ 낮음	△ 낮음 (지식재산, 기술이전 규칙)	산학협력과 매칭 펀드 중심
V	○ 높음	◑ 증가	◑ 증가	전환 구간 — 실증 인허가, 표준 준비
P	◑ 중간	◎ 지배적	◎ 지배적	초도 설비의 초기 시장, 인증, 안전 강도
Dep	△ 낮음	◎ 지배적	○ 높음	보조금, 의무화, 인프라
Op	△ 낮음(점진 개선)	○ 유지보수 시장	◎ 지배적	운영 규제, 사후 관리, 해체와 폐기

표기는 ◎ 지배적, ○ 높음, ◑ 중간, △ 낮음이다. 설계 메모. 실증과 양산의 경계는 정책수단의 구성이 가장 빠르게 전환되는 지점이다. “지배적” 수단이 유일한 수단이라는 의미는 아니며, 문헌(OECD, 2026b의 수단 적응 유형)은 단계마다 수단의 조합을 권장한다. 이 매트릭스는 임무영역 매트릭스 셀의 본질적 수단 요구를 도출하는 1차 근거로 사용하며, 분야별 미세 조정은 하향 설계(제5장)에서 처리한다.

A-5. 분야별 운용 정의(예시)

수소. 연구는 수전해 촉매와 소재 원천연구, 청록수소 열분해 원리 연구. 개발은 수전해 스택 시제품, 액화수소 저장용기 시제품. 실증은 MW급 수전해 실증, 액화수소 인수기지 파일럿, 수소터빈 시험연구센터. 양산은 GW급 수전해 초도 설비, 한국형 수소환원제철 초도 설비. 보급은 수소충전소 보급, 청정수소 발전 의무화와 청정수소 인증. 운영은 수소충전소 운영과 안전관리, 노후 수소설비 교체.

원자력 대형. 연구는 대형 경수로 후속 노형의 원리 연구와 사용후핵연료 처리 원천기술. 개발은 대형 후속 노형 구성품 시제품, 가동원전 안전 혁신기술, 해체 선도기술. 실증은 대형 경수로 안전 실증, 사용후핵연료 저장과 처분 안전성 실증, 해체 실증 기반. 양산은 대형 후속 노형 초도 설비(기존 대형 경수로 노형은 이미 보급 단계에 진입). 보급은 신규 호기 건설과 계속운전 허가, 처분시설 건설. 운영은 계속운전, 정비, 연료주기, 해체, 방사성폐기물 관리. 고온가스로와 소듐냉각고속로는 현재 추진 중인 사업이 모두 모듈형 소형 노형이므로 SMR에 둔다(최종보고서 서면자문에 따른 정정).

원자력 SMR. 연구는 SMR 노심, 피동안전, 소재 원천연구와 고온가스로와 고속로와 용융염원자로의 원리와 소재 연구. 개발은 SMR 노심 구성품과 열교환기 시제품, 표준설계, 혁신 제조기술, 고온가스로 구성품 시제품, 초소형 원자로 전원 시스템. 실증은 혁신형 SMR 인허가 실증, 통합 실증, 시범연료봉 노내 조사. 양산은 SMR 초도 상용 설비(상용 1호기), 모듈 양산 공정. 보급은 SMR 상용 보급, 산업열과 수소와 담수화와 분산전원 용도, 선진원자로 수출 기반. 운영은 SMR 운영, 연료교체, 해체.

원자력 기타(연구로, 동위원소, 그 외 전체). 연구는 신형 연구로와 동위원소 생산법 연구. 개발은 수출용 연구로 구성품 시제품, 동위원소 생산 표적 시제품. 실증은 수출용 신형 연구로 실증, 의료용 동위원소 생산 실증. 양산은 동위원소 상용 생산설비, 중입자가속기와 중성자 활용 시설 가동. 보급은 동위원소와 방사선 이용 시장 보급. 운영은 연구로와 가속기 운영과 유지, 해체.

A-6. 단계 경계 규칙

A-6-1. 실증과 양산의 경계(자문 후 개정). 실증은 공학적 실증(시스템이 작동하는가)이고 양산은 양산성 검증(반복 생산이 경제적인가)이다. 실증 단지와 초도 설비 사이의 경계는 실증 규모, 반복성, 상업 계약 유무로 분류되며 분야에 따라 해석이 다르다. 운용 기준은 다음과 같다. 첫째, 다음 세 조건 중 두 개 이상을 충족하면 양산 단계로 분류한다. (i) 상업 운영을 목적으로 한 첫 설비, (ii) 양산 공정과 표준화 데이터 수집이 주된 목표, (iii) 사업 주체가 정부와 연구기관에서 기업으로 이전. 둘째(개정), 양산 단계는 초도 상용 설비(FOAK)의 구축과 양산성 검증에 한정하고 반복 양산(NOAK)은 보급 단계로 귀속한다. 종전 정의는 초도 상용 설비와 반복 양산을 혼용하여 대형 플랜트 중심의 원자력 분야를 적절히 포착하기 어렵다는 자문 의견이 있었다. 셋째(개정), 진입 기준으로서 실증을 통한 기술 검증이 완료되어 기술규격이

정의되고 표준화가 진행되며 생산시설 구축 단계에 진입한 경우를 양산으로 본다. 이 기준으로 재검토한 결과 분석 대상에 양산 단계 사업이 없다는 발견은 기준 미비에 따른 분류상의 결과가 아니라 실제 구조로 확인되었으며, 이는 국가 R&D와 민간의 역할 구분을 확인한 것이다(제8장 제5절).

A-6-2. 연구와 개발의 경계(자문 후 개정). 연구는 원리와 개념증명 수준으로 공인 외부 시험기관의 시험을 실시하지 않는 활동이고, 개발은 시제품과 실험실 환경 구성품 검증으로 공인 외부 시험기관의 시험이 시작되는 활동이다. 보조 기준(개정)으로, 사업계획서의 목표와 산출물에 구체적 시제품, 공정, 코드의 개발과 자체 성능검증이 명시된 경우 개발로 판정한다. 사업명 기반 판정의 한계를 보완하기 위하여 사업의 목표와 산출물, 시제품 제작과 성능검증 여부를 판정 근거로 승격한다.

A-6-3. 보급과 운영의 경계. 보급은 신규 보급과 확산 활동(보조금과 유인 시장)이고 운영은 보급 이후의 운영, 유지, 해체 활동이다. 동일 설비라도 건설과 도입 시점까지는 보급, 가동 이후의 활동은 운영으로 분기한다. 원자력의 처분시설 건설(보급)과 관리기관 운영(운영)의 사례로 검증되었다.

A-6-4. 분야 공통 단서. 단계는 설비 단위가 아니라 활동 단위로 분류한다. 동일 설비도 연구개발 활동과 운영 활동이 병행되면 두 단계로 양분할 수 있다. 단계 분류는 내역사업 단위에서 단일 단계를 부여하는 것을 원칙으로 하며, 사업 내에 복수 단계의 활동이 섞이면 지배 활동을 기준으로 분류한다. 경계가 모호한 사례에는 플래그를 붙여 후속 검증 대상으로 관리한다. 판정 근거의 우선순위는 사업 목적 원문, 분류, 사업명의 순서로 하며 사업명만으로 판정하지 않는다. 기관 전체 경비를 단일 단계에 부여하는 기관 단위 태깅은 경비 내역의 분리 가능성을 확인하되 불가능한 경우 잠정 태깅임을 명시한다(개정). 교육훈련과 인적 기반 조성을 주 목적으로 하는 인력양성 활동은 비VC(인프라)에 포함한다(개정).

A-7. 비VC 3유형

기술 혁신 활동이 아니어서 6단계 어디에도 배정할 수 없는 예산은 비VC로 분리하고 세 유형으로 구분한다(1차 태깅에서 추가된 운용 규칙). N-운영은 기관 인건비, 경상경비, 기본경비, 사업관리비 등 순수 운영비이다. N-거버는 국제협력, 외교, 통제와 이행체제, 제도와 기준, 통계, 공감대 형성 등 거버넌스 활동이다. N-인프라는 연구단지, 시설, 장비 구축, 검사소, 진입도로 같은 기반시설과 여유자금 운용, 인력양성이다. 특정 기술개발 사업에 귀속된 사업단 운영비는 모사업의 단계를 따르고,

기관 고유사업비처럼 연구 활동의 실체가 있는 항목은 기술 단계에 둔다. 규제기술의 연구개발은 혁신의 대상이므로 기술 단계에 두고, 청정수소 인증은 Demand-pull 보급 수단이므로 보급 단계에 둔다(자문 확정). 상세는 제3장 제3절과 제7장 제1절에 있다.

A-8. 학술적 근거

〈표 A-4〉 정의서의 학술적 근거

출처	이 정의서에서의 활용
OECD(2015) Frascati Manual	연구와 개발의 정의(기초연구, 응용연구, 실험적 개발 구분)
European Commission(2014) TRL 정의	A-3 기술성숙도 9레벨 대응
Mowery, Rosenberg(1979)	A-4 Technology-push, Demand-pull 분류
Mazzucato(2018)	임무지향 정책수단 혼합 원칙, 단계별 관문
Wanzenböck 외(2020)	문제-해법 공간(정의서에서는 단계 분류에 한정하여 활용)
Larrue(2021)	MOIP 12개 설계원칙과 4개 유형(거버넌스 축)
OECD(2024b)	A-4 거버넌스 축 정의
OECD(2024a)	넷제로 임무의 단계별 수단 권고
OECD(2026b)	수단 적응 유형에 근거한 A-4 매트릭스

비고. 이 정의서는 단계의 명칭과 어휘를 통일하는 데 목적이 있으며, 단계별 심층 정책 함의는 분야별 운용 정의와 하향 설계의 도출 규칙에서 별도로 다룬다. Wanzenböck 외(2020)의 문제-해법 경로(문제주도, 해법주도, 정렬)는 단계 분류와 교차하는 차원이므로 정의서에 통합하지 않고 제2장 제6절에서 다룬다.

A-9. 개정 이력

〈표 A-5〉 정의서 개정 이력

일자	판	내용
2026.5.11	초판	착수 협의 후속 조치로 확정. 6단계 정의, TRL 대응, 정책수단 3축과 적합 매트릭스, 분야별 운용 정의, 경계 규칙(실증과 양산의 경계는 잠정 운용 기준)
2026.6.27	운용 추가	1차 태깅에서 비VC 3유형, 단계 키워드 매핑, 판정 근거 우선순위, 경계 플래그 운용을 추가
2026.9 (본 개정판)	자문 반영 개정	전문가 자문(2026.7 ~ 8)의 확정 결과를 반영. 양산 판정 기준의 재서술(초도 상용 설비와 반복 양산의 구분, 진입 기준), 연구와 개발 경계의 보조 기준 추가, 기관 단위 태깅의 잠정 표기, 인력양성의 비VC 포함 명시, 규제 연구의 기술 단계 배치와 청정수소 인증의 보급 단계 배치 확정

부록 B. 법령 10종의 목적 조항 요지와 법정계획 10종의 비전, 전략 발췌

B-1. 법령 10종의 목적 조항(제1조) 요지

제4장 제1절에서 검토한 법령 10종의 목적 조항 요지와 소관 부처(담당 부서), 대응 법정계획이다. 소관은 2025년 정부조직 개편 이후의 현행 기준이다.

번호	법령 (정식 명칭)	약칭	목적 조항(제1조) 요지	소관 부처 (담당 부서)	대응 법정계획
1	과학기술 기본법	-	과학기술 발전을 위한 기반을 조성하여 과학기술을 혁신하고 국가경쟁력을 강화함으로써 국민경제의 발전을 도모하며, 나아가 국민의 삶의 질을 높이고 인류사회의 발전에 이바지함	과학기술 정보통신부 (과학기술 정책과)	제1차 국가연구개발 중장기 투자전략 (2023 ~ 2027)
2	기후변화대응 기술개발 촉진법	-	온실가스 감축과 기후변화 적응에 관한 기술의 연구기반을 조성하여 체계적으로 육성, 발전시키고 국제사회와의 협력을 증진하여, 기후변화대응 관련 문제에 대한 책임을 다하고 탄소중립 실현과 국민경제 발전에 이바지함	과학기술 정보통신부 (미래에너지 환경기술과)	기후변화대응 기술개발 기본계획
3	원자력진흥법	-	원자력의 연구, 개발, 생산, 이용에 관한 사항을 규정하여 학술의 진보와 산업의 진흥을 촉진함으로써 국민생활의 향상과 복지 증진에 이바지함	과학기술 정보통신부 (원자력 연구개발과)	원자력진흥 종합계획
4	기후위기 대응을 위한 탄소중립, 녹색성장 기본법	탄소중립 기본법	기후위기의 심각한 영향을 예방하기 위하여 온실가스 감축과 기후위기 적응 대책을 강화하고, 탄소중립 사회로의 이행 과정에서 발생할 수 있는 경제적, 환경적, 사회적 불평등을 해소하며, 녹색기술과 녹색산업의 육성, 촉진, 활성화를 통하여 경제와 환경의 조화로운 발전을 도모함으로써, 국민의 환경권을 보장하고 현재 세대와 미래 세대의 삶의 질을 높이며 생태계와 기후체계를 보호하고 국제사회의 지속가능발전에 이바지함(2025년 11월 11일 개정)	기후에너지 환경부 (기후에너지 정책과)	탄소중립 녹색성장 기본계획
5	에너지법	-	안정적이고 효율적이며 환경친화적인 에너지 수급 구조를 실현하기 위한 에너지정책과 에너지 관련 계획의 수립, 시행에 관한 기본적인 사항을 정함으로써 국민경제의 지속가능한 발전과 국민의 복리 향상에 이바지함	기후에너지 환경부 (기후에너지 정책과)	에너지기술 개발계획

번호	법령 (정식 명칭)	약칭	목적 조항(제1조) 요지	소관 부처 (담당 부서)	대응 법정계획
6	신에너지 및 재생에너지 개발, 이용, 보급 촉진법	신재생에너지법	신에너지와 재생에너지의 기술개발과 이용, 보급 촉진과 신에너지와 재생에너지 산업의 활성화를 통하여 에너지원을 다양화하고, 에너지의 안정적인 공급, 에너지 구조의 환경친화적 전환과 온실가스 배출의 감소를 추진함으로써 환경의 보전, 국가경제의 건전하고 지속적인 발전과 국민복지의 증진에 이바지함(2026년 9월 18일 시행 개정으로 목적 조항의 "신에너지 및 재생에너지"가 "재생에너지"로 변경)	기후에너지환경부 (재생에너지정책과)	신재생에너지 기술개발 및 이용, 보급 기본계획
7	수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률	수소법	수소경제 이행 촉진을 위한 기반 조성과 수소산업의 체계적 육성을 도모하고 수소의 안전관리에 관한 사항을 정함으로써 국민경제의 발전과 공공의 안전 확보에 이바지함	기후에너지환경부 (수소경제기획과)	수소경제 이행 기본계획
8	전기사업법	-	전기사업에 관한 기본제도를 확립하고 전기사업의 경쟁과 새로운 기술과 사업의 도입을 촉진함으로써 전기사업의 건전한 발전을 도모하고 전기사용자의 이익을 보호하여 국민경제의 발전에 이바지함	기후에너지환경부 (전력산업정책과)	전력수급기본계획(제25조)
9	산업기술혁신 촉진법	-	산업기술혁신을 촉진하고 산업기술혁신을 위한 기반을 조성하여 산업경쟁력을 강화하고 국가 혁신역량을 높임으로써 국민경제의 지속적인 발전과 국민의 삶의 질 향상에 이바지함	산업통상부 (산업기술정책과)	산업기술 혁신계획
10	원자력안전법	-	원자력의 연구, 개발, 생산, 이용 등에 따른 안전관리에 관한 사항을 규정하여 방사선에 의한 재해의 방지와 공공의 안전을 도모함	원자력안전위원회 (안전정책과)	원자력안전종합계획

정리 사항은 다음과 같다. 2025년 정부조직 개편으로 기후에너지환경부가 신설되어 에너지, 신재생, 탄소중립 소관이 이관되었고 산업통상자원부는 산업통상부로 명칭이 변경되었으며, 위 표의 부처 분류는 현행 기준이다. 탄소중립기본법은 정식 명칭과 약칭으로 중복 등재되어 있던 것을 하나로 통합하였다. 수소법과 수소경제 이행 기본계획, 전기사업법과 전력수급기본계획은 2026년 5월 검토에서 보강 추가한 항목이다. 종전 에너지기본계획은 저탄소 녹색성장 기본법 제41조를 근거로 하였으나 해당 조항이 탄소중립기본법 체계로 재편되며 위상이 변동하였으므로 근거가 명확한 전력수급기본계획을 수급 마스터플랜으로 채택하였다.

B-2. 법정계획 10종의 비전, 목표, 전략 발췌

제4장 제2절에서 검토한 법정계획 10종의 비전, 목표, 전략 체계와 무탄소에너지 관련 과제의 발췌이다. 8종은 계획 원문에서, 보강 추가한 2종은 법정 성격과 역할을 기준으로 정리하였다.

번호	계획(기간)	근거 법령	비전	목표와 전략 체계	무탄소에너지 (수소, 원자력) 관련 발췌	3대 축 부합도 (M1, M2, M3)
1	제1차 국가연구개발 중장기 투자전략 (2023 ~ 2027)	과학기술 기본법	2030년 과학기술 5대 강국 도약	5년간 170조원 투자, 4대 전략과 23대 중점 투자 분야	23대 중점에 탄소중립 이행과 국가전략기술 육성 포함. 범부처 R&D 투자의 최상위 우산 계획으로 무탄소, 수소, 원자력에 대한 특정성은 낮음	중, 중, 강
2	제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획 (2023 ~ 2032)	기후변화 대응 기술개발 촉진법	기후기술 혁신을 통한 기후위기 대응	3대 전략(온실가스 감축, 기후변화 적응, 혁신 생태계 조성)	재생에너지, 원자력 안전, 수소, 탄소 포집과 활용과 저장의 핵심기술 포함. 핵융합 발전 핵심기술 확보와 기반 구축 과제 명시	약, 강, 중
3	제6차 원자력진흥 종합계획 (2022 ~ 2026)	원자력 진흥법	미래세대까지 안심하고 활용할 수 있는 청정에너지로서의 원자력	4대 목표와 12대 정책방향	SMR과 혁신형 SMR과 4세대 원자로, 해체와 정비의 수출시장 확장, 방사선 융합기술 혁신 성과. 수소는 미포함	중, 강, 강
4	탄소중립 녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획	탄소중립 기본법	탄소중립 녹색성장 글로벌 중추국가로의 도약	3대 정책방향(책임 있는 탄소중립 실천, 질서 있는 소통과 공감과 협력의 전환, 혁신 주도 탄소중립과 저탄소 산업 생태계 육성), 4대 전략과 12대 과제	책임감 있는 감축 (원전과 재생에너지의 조화, 무탄소 신전원 도입, 산업구조 전환, 국토 저탄소화), 민간 주도 혁신(기술혁신과 규제 개선, 핵심 산업 육성으로 원전 생태계 복원과 수출 산업화, 무공해차와 재생에너지와 수소와 탄소 포집)	중, 강, 중

번호	계획(기간)	근거 법령	비전	목표와 전략 체계	무탄소에너지 (수소, 원자력) 관련 발췌	3대 축 부합도 (M1, M2, M3)
5	제5차 에너지기술 개발계획 (2024 ~ 2033)	에너지법	탄소중립과 에너지 안정성 달성을 위한 무탄소에너지 생태계 조성	3대 목표(국내 에너지산업 글로벌 경쟁력 확보로 경제적 파급효과 59조원, 무탄소에너지 시스템 기술 자립화, R&D 사업화 성과 제고), 4대 전략(무탄소에너지 확대 기술경쟁력, 유연하고 안정적인 에너지망, 에너지사용의 고효율과 청정화, R&D 혁신 생태계)	무탄소에너지 확대 기술경쟁력 전략에 원자력, 재생에너지, 수소, 청정 화력 포함. 비전과 목표와 전략이 3대 축과 거의 일대일 대응	강, 강, 강
6	제5차 신재생에너지 기본계획 (2020 ~ 2034)	신재생 에너지법	(보급과 감축 목표 중심)	2034년 발전량 중 신재생 비중 25.8%(재생 22.2%, 신에너지 3.6%), 보급과 온실가스 감축 목표, 4대 혁신(시장, 수요, 산업, 인프라의 계통 보강)	신에너지 비중에 수소와 연료전지 포함(법 개정 후 수소법 체계로 정리). 재생에너지 중심이므로 수소와 원자력 중심의 명제와는 부분 정합	강, 강, 강
7	제8차 산업기술혁신 계획 (2024 ~ 2028)	산업기술 혁신촉진법	2030년 글로벌 3대 산업기술 강국 도약	4대 전략(전략 투자, 민간 주도, 융합 촉진, 역량 강화), 11대 초격차 분야	11대 초격차 분야에 차세대 원자력과 에너지 신산업 포함, 산업 전환 대응과 공급망 안정 확보	중, 중, 강
8	제3차 원자력안전 종합계획 (2022 ~ 2026)	원자력 안전법	국민이 공감하는 원자력안전, 방사선 위험으로부터 안전한 사회	6대 전략 (정보공개, 국민참여, 사고관리, 복합재난, 품질안전, 해체와 방폐물)	3대 축 어디에도 직접 귀속되지 않으며 무탄소 전환의 사회적 수용성과 지속가능성의 전제조건 성격	약, 약, 약 (전제조건, 검토 제외)
9	수소경제 이행 기본계획	수소법	(수소경제 이행 촉진, 수소산업 육성, 수소 안전관리의 국가 법정계획)	청정수소의 생산, 유통, 활용 전주기와 수소산업 육성	무탄소에너지의 한 축인 수소의 전용 거버넌스. 에너지원 다양화와 안정 공급, 무탄소 전환, 수소산업화에 모두 정합	강, 강, 강

번호	계획(기간)	근거 법령	비전	목표와 전략 체계	무탄소에너지 (수소, 원자력) 관련 발췌	3대 축 부합도 (M1, M2, M3)
10	전력수급기본계획	전기사업법 (제25조)	(전력 수급 안정과 전원 믹스를 결정하는 수급 마스터플랜, 2년 주기)	원전, 재생에너지, 수소 등 무탄소 전원 믹스의 비중 확정	에너지 수급 안보 축의 핵심 마스터플랜. 무탄소 전원 믹스 비중으로 무탄소 전환 축과 직접 연동. 연구개발 집중 포트폴리오에 수급 관점 보강	강, 강, 중

부록 C. OECD MOIP 정책 보고서 9편 요약표

제2장 제3절에서 검토한 OECD 시리즈 9편의 편별 요약이다. 각 편에 대하여 서지, 분량과 주관, 시리즈 내 위상, 시그니처 개념, 핵심 표와 도구, 데이터 기반, 한국 사례, 에너지 분야 언급, 본 연구 활용의 아홉 항목을 정리하였다. 본 연구 활용 항목은 제3장 이후에서 실제로 차용한 지점과 향후 활용 후보를 구분하지 않고 함께 적었으며, 실제 차용 여부는 해당 장에서 확인할 수 있다.

C-1. Larrue(2021) — The design and implementation of mission-oriented innovation policies

항목	내용
서지	Larrue, P.(2021). The design and implementation of mission-oriented innovation policies: A new systemic policy approach to address societal challenges, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No.100. 2021년 2월 발간, 과학기술정책위원회 2020년 12월 승인
분량과 주관	98쪽. OECD 과학기술산업국
시리즈 내 위상	시리즈의 기점 문헌. MOIP의 공식 정의, 12개 설계원칙, 4개 유형, 국가 궤적을 처음 체계화하였고, 이후 모든 편이 이를 출발점으로 삼는다. 2026년 종합 보고서의 부속서가 정의와 유형의 갱신본이다
시그니처 개념	MOIP 공식 정의(조율된 패키지, 명확한 목표, 정해진 기한, 혁신 주기 전 단계, Technology-push와 Demand-pull 혼합, 영역 횡단). 3차원 12개 설계원칙(전략적 방향: 정당성, 방향성, 의도성, 유연성 / 정책 조정: 수평성, 수직성, 강도, 신규성 / 정책 실행: 정책믹스 일관성, 재원 확보 가능성, 평가 가능성, 성찰성). 4개 MOIP 유형(포괄적 전략 프레임워크, 도전과제 기반 프로그램, 주제별 프로그램, 생태계 기반 프로그램). 임무 난제성에 따른 가속형과 전환형 구분. 4개 국가 궤적(정부 중심부 주도, 포괄적 분권, 주제별 부처 주도, 기관 주도). 5개 발전 경로(간소화, 집중, 심화, 확대, 격상)
핵심 표, 도구	설계원칙 표(Table 1), MOIP 유형 표(Table 2), 임무 유형 4분류 표(Table 3), 참여 방식 7가지(Table 6), 방향 설정 5모드(Table 7), 거버넌스 4계층(Table 8), 포트폴리오 전략 4가지(Table 9), 정책수단 통합 4모드(Table 10), 약속 강화 4모드(Table 11), 자금 규모 비교(Table 12), 국가별 기회와 도전 표(Tables 13 ~ 15), 사례 카탈로그(Annex A), MOIP 온라인 툴킷
데이터 기반	전 세계 약 40개 정책 이니셔티브 식별, 20개 이니셔티브 사례연구, 4개국(오스트리아, 일본, 한국, 노르웨이) 국가 사례연구
한국 사례	4개국 국가 사례의 하나(Box 16). 알키미스트 프로젝트, 스마트 돌봄 로봇 프로그램, 미세먼지 대응 프로그램, 한국판 뉴딜의 4건. 인터뷰 없이 문헌 검토만으로 작성된 초기 인사이트이며, 산업 경쟁력 의제가 실행 단계에서 여전히 지배적이고 정책 조정이 오랜 약점이라는 진단을 담고 있다

항목	내용
에너지 분야 언급	노르웨이 Pilot-E(배터리와 수소 선박 등 기술 미특정 공모), CLIMIT(탄소 포집과 저장), 독일 에너지 전환의 5개 플랫폼, 오스트리아 미래의 건축, 한국판 뉴딜의 그린 에너지
본 연구 활용	12개 설계원칙을 정책수단 층위의 진단 체크리스트로 차용. 4개 유형 가운데 한국의 국가 R&D 사업은 도전과제 기반 유형에 가깝다는 진단의 출발점. 임무는 점진적 좁히기의 결과라는 교훈에 따라 임무영역 층위와 목표 층위를 분리. 수요 측 수단의 약점이 국가 궤적 공통의 문제라는 발견에 따라 Technology-push와 Demand-pull의 균형을 핵심 진단 지표로 채택. 한국 부분의 문헌 검토 한계 때문에 국내 선행연구와 교차 검증

C-2. OECD(2024a) — Mission-Oriented Innovation Policies for Net Zero

항목	내용
서지	OECD(2024). Mission-Oriented Innovation Policies for Net Zero: How Can Countries Implement Missions to Achieve Climate Targets?, OECD Publishing. Larrue 주도 집필, 오스트리아 연방 교육과학연구부 지원
분량과 주관	142쪽. OECD 과학기술산업국
시리즈 내 위상	넷제로 분야 임무의 첫 정량적 실증 분석. 분석 단위를 MOIP 이니셔티브에서 개별 임무로 내렸다. 2026년 종합 보고서의 직접 선행이자 증거 기반이며, 2025년 국가 기후목표 거버넌스 보고서와 진단과 처방의 짝을 이룬다
시그니처 개념	3대 함정(STI 함정, 방향성 함정, 정책 함정). 3세대 임무의 선언(기술 도전, 사회적 도전을 거쳐 진정으로 전환적인 임무로). 임무 행동이론(설계원칙에서 산출, 성과, 영향으로 이어지는 4층 인과지도). 이중 추가성(개별 개입의 추가성과 임무 자체의 추가성). 체계적 효과 3범주(초점, 정렬, 통합). 범위와 임무지향 정도의 2차원 유형(전통적 STI, 우산형, 가속형, 전환형)
핵심 표, 도구	넷제로 선정 4근거(Box 1.1), 임무 유형 표(Table 2.1), 행동이론 도식(Figure 3.2), 주목할 만한 목표 사례(Table 4.3), 5건 평가의 효과 범주 결과표(Table 4.5, Annex D), 효과 3범주 정의(Box 4.1), 오스트리아 자가진단(Box 4.2), 임무 포트폴리오 관리 정의(Box 5.1), 앵커링 옵션(Box 6.1), 지식 공백 4개(Box 6.3), 9개 설계원칙 검증 질문(Annex A)
데이터 기반	149개 활성 임무 식별(43개 MOIP, 23개국) 중 101개 임무(30개 MOIP, 20개국) 분석. 17개 심층 사례연구, 약 40회 인터뷰(63명), 5건의 MOIP 평가 분석. 측정 가능한 목표 보유 임무 38%, 다년도 자금 가운데 4년 초과 61%
한국 사례	알키미스트 프로젝트 2개 임무(저비용 무탄소 수소 생산 설비 임무 포함), 한국형 ARPA 1개 임무의 3건. 도전과제 기반 유형의 사례로 분류. 앵커링 옵션에서 연구 부처의 강한 조정자 모델로 한국의 과학기술혁신본부 언급
에너지 분야 언급	기술 초점 1위가 에너지. 미국 에너지 어스샷 7건(수소 어스샷의 1kg당 1달러 목표 포함), 프랑스 청정수소 전략, 칠레 녹색수소, 노르웨이 Pilot-E. 2050년 감축의 절반이 개발 중인 기술에 의존한다는 국제에너지기구 추정 인용. 원자력은 언급 없음
본 연구 활용	3대 함정을 제9장 격차 진단의 해석 틀로 차용. 임무 목표를 “언제까지 어느 비용에 얼마”의 형식으로 점검하는 형식 요건의 근거. 임무 전용 다년도 예산과 단계별 관문 자금의 권고를 향후 개선방안의 검토 항목으로 채택. 넷제로 임무가 STI 당국에 갇혀 있다는 실증은 원자력과 수소 예산이 과학기술 부처와 산업 부처에 어떻게 분포하는지를 진단하는 비교 준거

C-3. OECD(2024b) — Designing Effective Governance to Enable Mission Success

항목	내용
서지	Jonason, D., Tõnurist, P., Larrue, P.(2024). Designing Effective Governance to Enable Mission Success, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No.168. 2024년 11월 발간
분량과 주관	35쪽. 공공거버넌스국과 과학기술산업국 공동
시리즈 내 위상	미션 액션 랩이 임무 실행의 세 차원(거버넌스, 포트폴리오 관리, 모니터링과 평가)을 각각 다룬 3부작의 거버넌스 편. 2024년 넷제로 실증이 현장 진단이라면 이 편은 설계 처방이며, 5원칙 체계는 2025년의 두 편에서 진단 도구로 적용되었다
시그니처 개념	거버넌스 5원칙(구조, 방향, 조정, 실행, 자원)과 세부 요소 체계. 경성 거버넌스(구조)와 연성 거버넌스(나머지 네 원칙)의 구분. 7대 거버넌스 도전(총체적 조정, 조정 비용 통제, 기존 강자의 포획 회피, 국가 앵커링, 분산 자금의 통합, 강한 리더십, 역량 구축). 조정의 폭과 강도 매트릭스. 앵커링 층위 3종(정부 중심부, 부처와 기관, 플랫폼과 지역). 사일로 역설(임무가 극복하려는 체계적 문제에 의해 방해받음)
핵심 표, 도구	3대 구성 블록과 거버넌스 기능 매핑(Table 2.1), 3층 중첩 거버넌스 옵션(Table 2.2), 유형별 거버넌스 과제(Table 2.3), 앵커링 층위의 기회와 도전(Table 2.4), 도전과제 기반 표준 모델(Box 2.1), 5원칙 동심원(Figure 4.1), 38개 이상의 거버넌스 설계 질문지(Annex A)
데이터 기반	30명 이상의 임무 실무자 워크숍, 12건 이상의 국가 사례. OECD 실무자 설문(2022) 재인용
한국 사례	알키미스트 프로젝트의 단계별 관문 구조(1년차 6개 과제에서 2년차 3개, 5년차 1개로 축소)를 도전과제 기반 프로그램의 표준 모델 사례로 수록(Box 2.1)
에너지 분야 언급	원자력, 수소 직접 언급 없음. 넷제로 실증 인용, 포르투갈 신녹색협약, 그레이터맨체스터 기후 사례
본 연구 활용	5원칙을 제4장 갭 처리와 향후 개선방안의 점검표로 차용하되 예산 데이터로 검증 가능한 자원과 실행 원칙에 집중. 앵커링 층위의 구분을 원자력과 수소의 소관 부처 구조 진단에 적용. 설계 질문지를 향후 임무기술서 설계의 참조로 보관

C-4. OECD(2024c) — Monitoring and Evaluation of Mission-Oriented Innovation Policies

항목	내용
서지	Larrue, P., Tõnurist, P., Jonason, D.(2024). Monitoring and Evaluation of Mission-Oriented Innovation Policies: From Theory to Practice, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2024/09
분량과 주관	37쪽. 과학기술산업국과 공공거버넌스국 공동
시리즈 내 위상	3부작의 모니터링과 평가 편. 넷제로 실증의 효과 3범주를 4범주로 확장하였고, 이 4범주는 2026년 종합 보고서에 계승되었다. 포트폴리오 편과 동심원 범위 모델을 공유한다
시그니처 개념	체계적 효과 4범주(방향성, 거버넌스, 포트폴리오, 물질적 효과)와 범주별 평가 기준. 임무 행동이론(변화이론의 전달 모델, 과정 지향, 평가자의 내재). 임무 준비도 모니터링 도구(9개 설계원칙 기반 자가진단, 오스트리아 5개 EU 임무 시범). 이중 추가성. 동심원 범위 모델(핵심, 확장 영역, 주변). 하위 결과의 상향 침투, 보충성, 일관성의 3결합 원칙. 발전적 평가(초기 형성적, 성숙기 총괄적)
핵심 표, 도구	동심원 범위(Figure 2.1), 이중 추가성(Figure 2.2), 4개 층위별 평가 초점(Table 2.1), 효과 범주와 기준(Figure 3.1), 넷제로 임무 일반 행동이론(Figure 3.2), 오스트리아 시범 결과(Figures 3.4 ~ 3.6), 효과 × 기준 × 평가 질문(Annex B)
데이터 기반	약 30회 인터뷰, 외부 전문가 7명과 OECD 8명의 전문가 회의(2023년 10월), 오스트리아 5개 EU 임무의 실제 조건 시범(설문, 워크숍, 라운드테이블)
한국 사례	없음
에너지 분야 언급	약 100개 넷제로 임무의 일반 행동이론, 노르웨이 Pilot-E 사례명. 원자력, 수소 언급 없음
본 연구 활용	본 연구의 검증 범위를 포트폴리오 효과 차원으로 한정하는 근거. 평가는 무엇이 아니라 어떻게를 탐구해야 한다는 명제가 임무와 예산의 연결 구조 검증이라는 본 연구 과업의 정당화. 동심원 모델을 임무 핵심 사업과 관련 사업의 경계 설정(제6장 제5절의 타 세부사업 내 관련 내역사업 포함 원칙)에 적용. 발전적 평가의 단계 구분을 제10장 제4절 후속 연구(시나리오 기반 개선 방안)의 참조로 보관

C-5. OECD(2025a) — Harnessing Mission Governance to Achieve National Climate Targets

항목	내용
서지	Jonason, D., Tõnurist, P., Kelly, I., Sabini-Leite, O.(2025). Harnessing Mission Governance to Achieve National Climate Targets, OECD Public Governance Reviews, OECD Publishing. 공공거버넌스위원회 2025년 1월 승인, 유럽연합 공동 자금
분량과 주관	113쪽. 공공거버넌스국 단독(시리즈 중 최장)
시리즈 내 위상	과학기술 라인이 아닌 공공거버넌스 라인의 첫 임무 거버넌스 단행본. 2024년 넷제로 실증(상향식, 101개 임무)의 하향식 거버넌스 처방 짝. 거버넌스 편의 5원칙을 15개국에 적용하였고 2026년 종합 보고서에 재흡수되었다
시그니처 개념	국가 감축목표(NDC)와 임무의 등치(임무 선정 5기준을 모두 충족). 다층 임무 접근 3층(거시: NDC를 포괄적 임무로 / 중위: 부문별 하위 목표를 좁은 임무로 / 미시: 정책 포트폴리오). 5원칙 14개 세부 요소의 15개국 진단(정착 6, 격차 8, 미개척 2). 구조의 압도적 영향. 4대 사각지대(생태계 동원, 혁신과 실험, 프로세스 통합, 성찰). 시스템 혁신 3단계(구상, 이해, 재설계)
핵심 표, 도구	5원칙 세부 요소 정의(Table 3.1), 넷제로 30개 MOIP 목록(Table 3.2), 기후기본법 9속성 × 15개국(Table 4.1), 기후 책임 부처 배치 유형(Table 4.2), 15개국 원칙별 정착도 종합(Table 4.3), 사례 상자 13개(덴마크 이노미션, EU 임무, 더블린, 미국 국가기후태스크포스, 영국 청정에너지 미션 컨트롤, 프랑스 생태계획사무국, 화석연료 없는 스웨덴, 포르투갈 신녹색협약, 프랑스 고등기후위원회 평가 격자 등)
데이터 기반	15개국 기후위원회 평가서 정형 코딩(2019 ~ 2024년 평가서), 10개국 기후위원회와 2개 국제기구의 구조화 인터뷰 12건, 27개국 정부 중심부 설문, 15개국 기후기본법 9속성 코딩. 1,500개 기후정책 가운데 63개만 유의한 감축 효과를 보였다는 연구 인용
한국 사례	분석 표본 미포함(한국의 기후위원회는 국제 기후위원회 네트워크 회원). 넷제로 30개 MOIP 목록에 한국 3개 임무 재인용. 기후 책임 부처 배치 유형표에서 한국은 전담 부처와 관계 부처 병립형으로 배치
에너지 분야 언급	7대 부문의 하나로 에너지. 영국 청정에너지 미션 컨트롤, 영국 차액계약제도, 미국 인플레이션감축법의 청정에너지 세액공제, 덴마크 미션그린퓨얼(전력 기반 연료 포함), 스웨덴 수소환원제철, 덴마크 탄소 포집과 활용과 저장 혁신 임무. 원자력, 핵융합 언급 없음
본 연구 활용	다층 임무 접근을 본 연구의 L1(법정계획의 국가 목표), L2(3대 임무 축), L3 이하(포트폴리오)의 층위 구분과 대응시켜 정합성 확인. 넷제로 MOIP가 국가 기후목표와 단절되어 있다는 진단을 제4장 정합성 검증(법정계획 목표와 임무 축의 연결)의 문제의식으로 차용. 시장 형성과 민간 투자 원칙의 격차가 15개국 공통이라는 발견을 Demand-pull 격차 해석의 비교 준거로 사용

C-6. OECD(2025b) — Proactive Portfolio Management in Mission-Oriented Innovation Policy

항목	내용
서지	Tõnurist, P., Larrue, P., Jonason, D.(2025). Proactive Portfolio Management in Mission-Oriented Innovation Policy, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No.173. 2025년 3월 발간, 과학기술정책위원회 2025년 2월 승인
분량과 주관	36쪽. 공공거버넌스국과 과학기술산업국 공동
시리즈 내 위상	3부작의 포트폴리오 편이자 3부작의 마무리. 거버넌스 편의 설계 질문지와 포트폴리오 층위에서 짝을 이루고, 모니터링과 평가 편과 동심원 모델을 공유한다. 정태적 관리와 능동적 관리의 대비는 2026년 종합 보고서에 흡수되었다
시그니처 개념	임무 포트폴리오 관리의 3요소(구성, 운영, 계측). 정태적 관리(사후 태깅, 일방향 보고, 분산 책임)와 능동적 관리(실시간 시작과 중단과 확대와 연결, 양방향 정보 순환, 전담 포트폴리오 관리자)의 대비. 5대 도전(경직된 틀, 능동성과 공정성의 딜레마, 통제 밖 활동, 역량 격차, 비용). 3가지 전환 측면(범위 확대, 목적 전환, 다층 활동). 3가지 상보성 유형(같은 해법 집합 내부, 발전 단계가 다른 해법 간, 서로 다른 해법 횡단). 포트폴리오 적합도 기준. 4대 기대 편익(프로젝트화 극복, 조정된 탐색, 상보성 활용, 활동 간 정렬)
핵심 표, 도구	MOIP 구조 도식(Figure 2.1), 혁신 포트폴리오 관리 5기능(Table 2.1), 정태 대 능동 대비(Figure 2.2), 3요소(Figure 4.1), 6개 구성 블록 22개 질문(Annex A), 3요소 × 도구와 점검 질문의 6칸 실행 격자(Annex B), 10개 권고(구성 3, 운영 4, 계측 3)
데이터 기반	8개 사례 상자(일본 문샷의 목표당 3 ~ 13개 과제 패키지 평가, 노르웨이 Pilot-E의 1차 공모 15개 컨소시엄, 스웨덴 지속가능 도시, 영국 네스타의 임무당 15 ~ 20개 과제 태깅, 오스트리아 전환 임무, 호주 CSIRO 3층 거버넌스, UNDP 포트폴리오 정책, EU 임무 841개 과제 모니터링). 임무 관리자 인터뷰
한국 사례	없음
에너지 분야 언급	노르웨이 Pilot-E의 배터리와 수소 선박 공모, 수소 공급망 공모. 같은 해법 집합 내부 상보성의 예시로 넷제로 수소(전해조, 인프라, 재생에너지, 인력). 스웨덴 에너지청 참여 사례. 원자력 언급 없음
본 연구 활용	제9장의 최종 페어링 매트릭스를 3요소 가운데 구성 요소의 현황 진단으로 위치시키고, 한국의 임무 관리가 정태적 태깅 단계에 있다는 진단의 근거로 사용. 포트폴리오 적합도를 향후 사업 선정 기준 제안의 참조로 보관. 3가지 상보성 유형을 L4 포트폴리오와 L5 수단의 매핑 해석에 적용. 6개 구성 블록 22개 질문을 향후 자문과 인터뷰 가이드로 보관. 제10장 제4절 후속 연구의 기능 설계 참조

C-7. OECD(2025c) — Governance of Ecosystem-Driven Missions

항목	내용
서지	Tõnurist, P.(2025). Governance of Ecosystem-Driven Missions: The Case of Impact Innovation Programme in Sweden, OECD Technical Paper, OECD Publishing. 2025년 11월 발간. 스웨덴 혁신청, 에너지청, 연구위원회 의뢰
분량과 주관	31쪽. 공공거버넌스국 단독
시리즈 내 위상	3부작(거버넌스, 모니터링과 평가, 포트폴리오)의 틀을 스웨덴 임팩트 혁신 프로그램에 일괄 적용한 사례연구로, 3부작의 적용편에 해당한다. 2026년 종합 보고서와 민간투자 동원 보고서에 자원 원칙의 약점 실증으로 연결된다
시그니처 개념	MOIP의 3개 거버넌스 유형(정부 중심부가 주도하는 포괄적 전략 프레임워크, 기관이 주도하는 도전과제 기반 프로그램, 기관과 플랫폼과 조율자가 결합된 생태계 기반 임무 프로그램). 5원칙 14개 세부 요소의 진단 방법론(설문, 워크숍, 공개 통찰 세션, 검증). 사전 학습 단계의 부재(변화이론 이전에 공모 결정). 7개 교훈(사전 학습 단계, 구조적 적응성, 변화이론의 정기 갱신, 맞춤형 역량 구축, 전략적 정렬, 도구 상자 확장, 자금 메커니즘)
핵심 표, 도구	3개 거버넌스 유형(Box 1.1), 전략혁신프로그램의 역사(Box 1.2), 프로그램 출범과 5층 거버넌스(Box 1.3), 진단 방법론(Box 2.1), 원칙별 발견과 제안 행동 10행(Table 2.1), 평가 4차원 진단(Figure 2.2), 포트폴리오 3요소 진단(Figure 2.3, 74%, 69%, 68%), 부속서 설문 결과(Annexes B, C)
데이터 기반	스웨덴 임팩트 혁신 프로그램(연 10억 크로나, 약 9,100만 유로, 10년, 공공과 참여자 절반씩 분담)의 5개 임무(금속과 광물, 넷제로 산업, 이동성 전환, 지속가능 거버넌스, 물 현명한 사회). 2025년 4 ~ 5월 설문, 6월 6회 대면 워크숍, 9월 공개 세션. 자원 원칙의 세부 요소 점수는 민간 투자 20%, 시장 형성 22%로 최저
한국 사례	없음
에너지 분야 언급	스웨덴 에너지청이 3개 운영 기관의 하나. 넷제로 산업 임무(제조업의 넷제로)와 금속과 광물 임무. 원자력, 수소 언급 없음
본 연구 활용	3개 거버넌스 유형에 비추어 한국의 국가 R&D 사업이 도전과제 기반 유형에 속하고 생태계 기반 유형이 부재하다는 진단. 사전 학습 단계 부재의 진단을 하향 설계(제5장)가 상향 결과(제9장)와 대조되어야 하는 이유로 차용. 7개 교훈 가운데 변화이론의 정기 갱신과 도구 상자 확장을 향후 개선방안의 검토 항목으로 보관

C-8. OECD(2026a) — Mobilising Private Investment to Address Societal Challenges

항목	내용
서지	OECD(2026). Mobilising Private Investment to Address Societal Challenges: The Role of Business in Mission-Oriented Innovation Policies, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No.190. McIvor 집필, Larrue 감수, 과학기술정책위원회 2026년 2월 승인
분량과 주관	46쪽. 과학기술산업국
시리즈 내 위상	2024년 10월 비엔나 미션 포워드 회의의 민간 참여 분과 결과의 정식 발간본. 종합 보고서의 4대 핵심 이슈 가운데 민간 참여 유도 이슈만을 심화한 하위 보고서이며, 권고는 종합 보고서 권고의 추출판이다. 넷제로 실증의 정책 함정에서 출발하는 3단 논증의 종착점
시그니처 개념	정부의 자기 훼손 진단(임무 목표 포기, STI 부처 단독 앵커링, 정치 주기 변화). 금융 부문을 더한 5중 나선 거버넌스. 8개 권고(프레이밍 4: 민간 의견과 전환적 목표의 균형, 변화를 원하는 기업 연합의 조기 구축, 전략 어젠다 작성, 이해관계자별 임무 서사 / 실행 4: 약속의 제도화, 가교 조직 활용, 임무 포트폴리오 관리, 정책 포트폴리오 확대)와 횡단 권고(실험의 내재화). 임무 세탁, 죽음의 계곡, 공모로 낚기와 직접 영입하기의 대비, 변화를 원하는 연합. MOIP의 가치는 정부 우선순위의 장기 신호
핵심 표, 도구	임무 설문 상위 5개 범주(Figure 2.1), 6개 정책 지향 × 정책 도구 매트릭스, 덴마크 이노미션의 4개 임무 클러스터 통합(Box 4.1), 미국 에너지 어스샷의 4가지 인식 제고 도구(Box 4.2), 영국 건설혁신허브 제품 플랫폼(Box 4.3), 인터뷰 명단(Annex A)
데이터 기반	임무 설문 508건 응답 가운데 민간 참여를 다룬 110건(22%) 코딩(강점 79, 약점 31), 민간 인터뷰 13건, 워크숍 1회, 5개 MOIP(영국 연구혁신기구 도전기금, 캐나다 국립연구위원회, 네덜란드 톱섹터, 덴마크 이노미션, 체코 스마트 전문화)
한국 사례	시리즈 중 최다 6건. 과학기술 기반 사회문제해결 종합계획(법제화, 5년 주기 갱신, 3차 진행), 알키미스트 멤버십(1 ~ 2단계 무료 모니터링, 3단계 유료 지식재산 우선 접근), 혁신제품 스카우터(조달 진입 장벽 해소), 사전 샌드박스(지자체 운영, 샌드박스 신청 전 규제 연구), 국가전략기술 정책 4종(세액공제 우대, 무매출 코스닥 상장, 병역 특례, 매칭 인하와 기술료 면제), 소셜벤처 임팩트 보증(최대 2억원). 1차 출처는 OECD의 한국 진단 보고서(2025)
에너지 분야 언급	미국 에너지 어스샷의 정보 요청(수소 실증의 위치, 비용, 일자리, 소외 지역), 인프라법과 인플레이션감축법 자금 연결, 수소 전해 R&D와 제조, 부유식 해상풍력 어스샷, 선샷, 덴마크 탄소 포집 입법, 네덜란드 신축 건물 천연가스 금지, 노르웨이 Pilot-E. 원자력 언급 없음
본 연구 활용	죽음의 계곡과 임무 세탁을 실증과 양산 단계 사이의 공백을 해석하는 언어로 차용. 정책 포트폴리오를 조달과 수요 주도 수단과 실증과 인프라로 확대하라는 권고를 Demand-pull 격차 진단의 근거로 사용. 법제화와 다년 예산과 계약에 의한 약속의 제도화를 법정계획 기반 임무 정당성의 논거로 차용. 한국 사례 6건이 산업 부처와 재정 당국의 수단이라는 사실을 한국 사례 공백 진단의 근거로 사용

C-9. OECD(2026b) — Forging New Frontiers in Mission-Oriented Innovation Policies

항목	내용
서지	OECD(2026). Forging New Frontiers in Mission-Oriented Innovation Policies, OECD Publishing. Larrue, McIvor 집필, 과학기술정책위원회 2025년 11월 승인, 2026년 3월 발간
분량과 주관	123쪽. 과학기술산업국
시리즈 내 위상	시리즈의 종합 보고서. 2024년 10월 비엔나 미션 포워드 회의(정책 지원 그룹 7인, 학술 자문단 14인, 실무자 설문의 4단계 구조화 대화)의 산출물이며, 기점 문헌의 정의와 유형을 부속서에서 갱신하였다. 2025 ~ 2029년 OECD와 유럽연합 집행위원회의 임무 파트너십으로 이어진다
시그니처 개념	4대 핵심 이슈(프레이밍, 행위자 동원, 민간 참여 유도, 실행). 6쌍의 프레이밍 상충(야심 대 현실, 전환 대 보수, 탐색 대 활용, 사회 대 시장, 좁음 대 넓음, 정치적 기반 대 독립). MOIP 5+1 유형(기존 4유형에 조직 기반과 장소 기반 추가). 이중 추가성과 체계적 효과 4범주의 계승. STI 함정의 탈출과 리더십 이전 4방식. 수단 적응 패턴(기존 수단의 적응이 신규 수단보다 우세). 임무 사무국 8대 과업과 임무 관리자의 동적 역량. 임무 리트머스 시험 4단계(도전과제, 지지, 목표, 약속). “재창조가 아닌 적응”의 결론
핵심 표, 도구	MOIP의 약속 8가지(Box 1.1), 전략 어젠다 4종 도구(Box 2.2), 임무 리트머스 시험(Box 2.3), 거버넌스 5유형별 과업(Table 3.1), 민간 참여 스펙트럼(Box 4.4), 단계별 관문 틀(Figures 4.2, 4.3), 공식 정의와 유형 갱신(Annex F), 문헌 640건의 계량서지 분석(Annex G)
데이터 기반	2025년 9월 기준 활성 임무 241건(2024년 261건에서 감소), 넷제로 임무 148건(23개국, 2023년 기준), 30개 MOIP 실무자 설문 720개 데이터 포인트, 문헌 640건, OECD 분석 MOIP 40건 이상
한국 사례	5건. 알키미스트(지식재산 단계별 구독 3단계), 사회문제해결 종합계획(법제화와 5년 의무 갱신, 시민 감정 빅데이터 분석), 국가전략기술 정책(R&D 세제 우대, 무매출 코스닥 상장 인증), 혁신제품 스카우트(공공조달), 소셜벤처 임팩트 보증. 부속서의 한국 사례 3종(알키미스트, 종합계획, 국가전략기술 정책). OECD 과학기술정책위원회의 한국인 의장이 개회 총회를 진행
에너지 분야 언급	청정수소 경제와 사회는 시스템 혁신이므로 MOIP에 적합하고, 새 연료전지 같은 단일 돌파는 고위험 고수익 프로그램에 적합하다는 구분. 녹색수소 국가전략 단독은 MOIP가 아니라는 부속서의 판정. 주제별 유형의 예시로 수소. 핵심 기술 임무의 예시로 수소와 전기차. 미국 에너지 어스샷의 해체와 이산화탄소 제거 구매 시범 상. 원자력은 연구기술기관 예시로 프랑스 원자력청 명칭만 등장
본 연구 활용	임무는 목표가 아니라 도구이며 난제의 정의는 정치적, 사회적 과정의 결과라는 명제를 법정계획 기반 임무 도출의 정당화로 차용. 임무 수단의 대부분이 기존 수단이라는 발견을 기존 사업의 예산 데이터로 임무 실현 정도를 검증하는 방법의 타당화로 차용. “재창조가 아닌 적응”을 본 연구의 방법론적 원칙으로 채택. 청정수소를 시스템 혁신으로 보는 판정을 수소 분야의 해법주도 경로 진단과 대조. 5+1 유형과 이중 추가성을 향후 개선방안 서술의 고정 틀로 보관

부록 D. 국내 선행연구 14종 요약표

제2장 제5절에서 검토한 국내 선행연구 14종의 편별 요약이다. 표 D-1은 서지와 유형과 이론 프레임을, 표 D-2는 핵심 주장과 주요 발견과 본 연구 관련성을 정리하였다. 4군 분류(A 이론 프레임과 OECD 진단과 국제 비교, B 정책 사례와 실증 분석, C R&D 프로세스와 평가 방법론, D 혁신 주체 구축)와 번호는 제2장 표 2-14와 같다.

〈표 D-1〉 국내 선행연구 14종의 서지, 유형, 이론 프레임

번호	군	저자(연도)	유형	이론 프레임	분석 방법
R01	A	구본진(2024)	학술논문	Mazzucato(2018), Larrue(2021) 기반의 전통 MOIP 대 신형 MOIP 5기준(목표 성격, 시간 지평, 주체 참여, 평가, 정책수단)	문헌 검토, 국가연구개발사업 5개 사례 분석, 정책 델파이
R02	A	기지훈, 김지홍(2025)	KISTEP 브리프	OECD MOIP 5원칙(방향성, 조정, 포트폴리오, 예산, 평가), 전환형과 가속형 임무 구분	OECD의 한국 진단 보고서(2025) 요약과 확장
R03	B	곽숙영(2011)	학술논문(한국사회정책 18권 4호)	사회투자국가, 적극적 사회정책	OECD 사회정책 의제 변화의 문헌 분석과 지표 비교
R04	B	송위진, 성지은(2019b)	학술논문(과학기술학연구 19권 2호)	전환적 혁신정책의 3프레임(R&D 지원, 국가혁신체제, 전환), 다층 관점	2차 종합계획 문서와 사업의 해석적 분석
R05	A	이승규(2022)	KISTEP 보고서	OECD 3축(방향성, 조정, 실행), 전환형 임무와 가속형 임무	해외 사례(EU, 독일, 영국, 미국) 비교, 국정과제 12종 스크리닝
R06	B	기지훈, 김현오, 조수지(2024)	학술논문	정책수단 분류(R&D 지원, 규제, 표준, 금융)	2차와 3차 종합계획의 텍스트마이닝 (키워드 추출, 군집 분석)
R07	B	기지훈 외(2023)	KISTEP 보고서	임무지향성을 사회적 성과지표 사용 정도로 조작적 정의	2018 ~ 2022년 범부처 사업계획서와 성과계획서 전수 분석

번호	군	저자(연도)	유형	이론 프레임	분석 방법
R08	B	이혜진, 홍성주(2023)	학술논문	Larrue(2021)의 3차원, 임무 유형(중장기 역량 구축 대 긴급 대응)	소재부품장비와 코로나19 대응의 비교 사례연구
R09	C	KISTEP(2023)	혁신정책연구	기여도 분석, 발전적 평가, 기술성숙도 확장	국내외 평가 문헌 101건 검토, 인공지능 활용 시뮬레이션
R10	B	송위진, 성지은(2019a)	학술논문	Mazzucato(2018)의 초기 MOIP, 거대도전과제 3.0	2차 종합계획의 문서 분석
R11	C	박노언, 기지훈, 김현오(2023)	KISTEP 이슈페이퍼	이해, 정의, 해결, 관리의 4단계(디자인 사고의 정책 R&D 변형)	사이버범죄 사례의 전문가 집단 면접과 문제 정의
R12	C	박노언, 김지홍(2023)	KISTEP 보고서	R13의 전주기 프로세스, 문제정의서 표준 양식, 성과 매핑	3개 시범 사업의 전후 비교, 전문가 콜로키움, 현장 파일럿
R13	C	박노언 외(2022)	KISTEP 보고서	Larrue(2021)의 3차원, Mazzucato(2018)의 3층 구조, 임무 계층(거대도전과제, 임무, 포트폴리오)	전주기 5단계(기획, 선정, 진도, 성과, 영향) 프로세스 설계
R14	D	홍형득, 김경환, 왕재선(2023)	학술논문	Mazzucato(2018), 한국형 출연연 거버넌스 특성	25개 과학기술 분야 출연연 구성원 설문의 다차원 인식 분석

〈표 D-2〉 국내 선행연구 14종의 핵심 주장, 주요 발견, 본 연구 관련성

번호	핵심 주장	주요 발견	본 연구 관련성
R01	한국의 임무지향형 국가연구개발사업은 기술 추격과 정부 주도의 전통적 MOIP에 머물러 있어 사회적 가치와 다학제와 다부문 통합을 중시하는 신형 MOIP로 전환해야 한다	임무 선언과 기한 설정은 있으나 사회적 성과지표가 결여되고 단일 부처 운영과 상향식 경쟁이 미흡하며, 범부처 조정이 형식적이고 평가는 논문과 특허 중심	신형 MOIP 5기준을 임무 진단의 참조로 차용. 본 연구는 진단에서 설계(6-Level 캐스케이딩)로 확장
R02	OECD가 3차 종합계획을 진단하여 제시한 4대 과제(정부 최상위의 전환적 임무 선정, 범정부 연계, 임무 전용 다년도 예산, 임무 특화 평가체계)를 국내 정책 과제로 확장	3차 종합계획의 강점은 체계적 사회문제 발굴과 정책수단 혼합, 한계는 예산 확보 불확실성과 성과관리 미흡과 최상위 계획과의 연계 취약	4대 과제가 OECD 시리즈의 4개 프레임워크와 일대일 대응한다는 제2장 제3절의 논거. 다년도 예산과 포트폴리오 관리는 정책수단 층위 설계의 반영 지점
R03	OECD 사회정책 의제가 잔여적 복지에서 사회투자로 이동하는 흐름에서 한국 사회정책의 전략 전환이 필요	2010년 전후 한국의 공공 사회지출과 빈곤율 등 지표가 OECD 평균과 크게 괴리	MOIP가 사회적 도전을 다루어야 하는 거시적 근거의 보조 자료. 2011년 문헌이므로 지표 인용 시 기준 연도 명기. 에너지 임무와는 거리가 있어 배경 서술에 한정
R04	전환적 혁신정책의 관점에서 2차 종합계획은 사회적 가치와 주체 네트워크의 방향은 설정하였으나 사회기술 시스템 전체의 전환으로 확장되지 못함	기술개발, 실증, 확산의 단일 경로 유지, 니치에서 레짐으로의 전환 전략 부재, 시민과 사회혁신 조직의 참여는 선언적 수준	원자력과 수소의 기술 레짐 전환을 다룰 때 다층 관점을 차용. 전환적 관점과 신형 MOIP의 절충이 본 연구의 이론적 위치
R05	EU, 독일, 영국, 미국의 사례를 정량과 정성으로 비교하여 국정과제 기반의 한국형 임무지향 정책 모형을 제안	해외 사례는 공통적으로 임무 선언, 포트폴리오, 범부처 예산, 플랫폼의 구조를 가지며 한국은 범부처 예산과 상설 플랫폼의 부재가 핵심 격차	L1에서 L2로의 연계에서 해외 벤치마크 표를 참조. 전환형과 가속형의 구분을 기술군별 경로 진단의 보조 축으로 사용
R06	2차와 3차 종합계획의 정책수단을 텍스트마이닝으로 비교하고 추진과제를 신규형, 심화형, 지속형으로 유형화	3차 계획에서 임무 중심 R&D 투자가 신규 전략으로 등장, R&D가 여전히 핵심 수단이나 규제와 표준과의 정책믹스 언급이 증가	사업 목적 원문의 키워드에 근거한 태깅 방법(제7장)의 방법론적 참조. 임무지향성의 담론 정착 시기 확인
R07	5개년 사업군 성과지표를 5유형으로 분류하여 사회문제해결 사업군의 사회적 성과지표 비중 추이를 분석	사회적 성과지표 설정 비율은 다른 사업군의 2 ~ 3배 수준이나 2020년 이후 계획과 실제 성과 제시 경향이 감소하고 기술적 성과가 대체. 성과관리의 생존을 위한 기술적 성과 회귀로 해석	현행 한국 MOIP 한계의 실증 근거. 본 연구는 지표 변경이 아니라 임무 × 혁신 단계 매트릭스라는 포트폴리오 수준의 진단 구조로 대응

번호	핵심 주장	주요 발견	본 연구 관련성
R08	소재부품장비 경쟁력 강화와 코로나19 대응을 임무 유형이 다른 두 사례로 비교하고 Larrue(2021)의 3차원으로 구성요소를 매핑	소재부품장비는 범부처 추진위원회와 3개년 로드맵과 예산으로 포트폴리오를 병행 추진, 코로나19는 양축 거버넌스와 긴급 대응 플랫폼. 공통 성공 요인은 임무별 추진체계, 차이는 시급성에 따른 상설 위원회 대 한시 대응팀	수소(신생, 투자 유치형)와 원자력(기존, 제도 전환형)의 거버넌스 설계 대비에 직접 매핑. 기술군별 경로 진단의 임무 유형 참조
R09	임무지향 R&D의 전주기 평가를 인공지능으로 지원하는 기법과 단계별 관문, 성과 수확, 기여도 분석 등 신규 평가방법 5종 설계	논문과 특허 중심의 전통적 평가는 임무지향성 포착에 한계, 포트폴리오 수준의 기여도 평가와 변화이론에 따른 영향 경로가 적합	포트폴리오 수준 평가의 국내 근거. 기여도 분석과 발전적 평가를 격차 해석의 참조로 사용. 과제와 임무의 정렬도 산정 설계의 참조
R10	2차 종합계획을 Mazzucato(2018)의 초기 MOIP로 해석. 방향성과 사회적 가치 지향은 확보되었으나 시스템 관점이 부족	2차 종합계획은 사회문제 발굴, R&D 투자, 성과 확산의 구조이며 사회기술 시스템 재구성 의제가 부재	R04와 동일 저자의 연속 논문으로 이론 발전 경로의 이해에 유용. 초기 MOIP에서 전환적 관점을 거쳐 신형 MOIP로 이어지는 계보에서 본 연구의 위치 확인
R11	이해, 정의, 해결, 관리의 4단계 프로세스를 제안하고 사이버범죄 대응으로 예시	기존 R&D 기획은 해결 단계에 집중하고 이해와 정의 단계가 취약하며, 관리 단계에서 현장 적용과 법제화 연계가 필수	캐스케이딩의 앞단(이해와 정의)과 뒷단(관리)을 명시한 틀. 본 연구는 6-Level과 4축 매핑으로 입체적 구조를 취하는 반면 4단계는 선형 구조라는 대비
R12	R13의 전주기 프로세스를 3개 시범 사업으로 고도화하고 문제정의서 표준 양식과 성과 매핑을 도입	문제정의서 표준화 후 임무와 과제의 정렬도가 상승, 단계별 관문 사이의 의사결정 근거 문서가 기관 간 공유의 병목	향후 임무기술서 표준 양식 설계에 문제정의서 양식을 차용. L4와 L5 층위의 정렬도 평가 지표 설계 참조
R13	임무지향 R&D 전주기 5단계 프로세스를 처음 체계화하고 거대도전과제, 임무, 포트폴리오의 임무 계층을 정립	기존 사업기획서와 예비타당성조사 틀이 임무지향 개념을 반영하지 못하며, 임무 단계별 관문 조건과 지표를 최초로 제시	본 연구 층위 구조의 국내 선행 이론. 3계층을 6-Level로 세분한 것이 본 연구의 체계적 기여. 인용 우선순위는 R13, R12, R11의 순
R14	25개 출연연 구성원의 인식 분석에 근거하여 임무지향 혁신체제 구축 방안을 제안	임무지향성의 중요도는 사회경제적 난제와의 관련성, 영향력, 시스템 변화 가능성의 순. 주요 장애는 단기 평가, 부처 이원화, 예산 경직성. 제언은 목표와 임무 재설정, 역할 재정립, 모듈식 정책수단, 전주기 시민 참여	출연연이 주된 시행주체인 원자력 분야의 현실 제약으로 인용. 모듈식 정책수단은 정책수단 3축(Technology-push, Demand-pull, 거버넌스와 표준과 규제)의 모듈화와 직결

부록 E. 하향 캐스케이딩 설계안 전문(수소, 원자력 L3 ~ L5)

제5장에서 재편한 하향 설계안의 원문 수준 상세이다. E-1과 E-2는 하위임무의 목표와 임무 연계를, E-3은 계획 단계 설계의 원본 매트릭스와 재편 후 위치의 대조를, E-4는 계획 단계의 포트폴리오 예비 진단과 캐스케이딩 정합성 점검을, E-5는 원자력 분야의 특수 고려 사항을 수록한다. 하위임무의 목표에 적힌 수치와 연도는 계획 단계(2026년 4월)에 법정계획과 정책 문서에 근거하여 설정한 잠정 목표이며, 본 연구의 임무 목표로 확정된 것이 아니다.

E-1. 수소 분야 하위임무 상세

식별번호	하위임무	목표(계획 단계 잠정)	임무 연계	재편 후 위치 (가치사슬 × 단계)
H3-1	수전해 핵심 소재와 스택 기술 자립	2030년 PEM, AEM, SOEC 국산화율 80%, 스택 원가 500 $/kW 수준	M-H1 (공급 안보), M-H3 (수출 경쟁력)	생산 × R(H3-1a 촉매와 소재 원천), D(H3-1b 스택과 시스템 시제품)
H3-2	대형 수전해 실증(100MW급)	2028년까지 재생에너지 연계 100MW급 그린수소 실증 완료	M-H1, M-H2	생산 × V
H3-3	생산 인프라	(계획 단계 미상세)	–	생산 × G
H3-4	생산 단계 인증과 표준	(계획 단계 미상세)	–	생산 × G
H3-5	청정수소 생산 의무화와 CHPS 시장 조성	2030년 청정수소 발전량 13TWh 조달	M-H1, M-H2	생산 × Dep(국내)
H3-6	해외 청정수소 생산 거점 확보(중동, 호주, 북미)	2030년 해외 생산 청정수소 연 196만톤 확보	M-H1	생산 × Dep(해외)
H3-7	저장과 운송 매체 기술	(계획 단계 미상세)	–	저장운송 × R(H3-7a 원천), D(H3-7b 시제품)
H3-8	액화와 암모니아 운송 실증과 트레이딩 체계	2028년까지 암모니아 해상운송 상용 회랑 1개 이상	M-H1, M-H3	저장운송 × V
H3-9	수소 인수기지와 배관망 인프라	2030년 수소 전용 인수기지 3개, 간선 배관 300km	M-H1, M-H2	저장운송 × G(P 단계의 초도 설비는 H3-P2로 분리)
H3-10	청정수소 인증제와 국제 상호인정	EU, 일본과 상호인정 협정 체결, 2027년 시행 체계 완성	M-H2, M-H3	저장운송 × G

식별번호	하위임무	목표(계획 단계 잠정)	임무 연계	재편 후 위치 (가치사슬 × 단계)
H3-11	국내 유통 시장 창출	(계획 단계 미상세)	-	저장운송 × Dep(국내)
H3-12	운송 장비와 기자재 수출	(계획 단계 미상세)	-	저장운송 × Dep(해외)
H3-13	수소 모빌리티 기술 고도화(중대형 상용차, 선박)	2030년 수소 상용차 점유율 선도, 수소 선박 국제 인증 확보	M-H3	활용 × R(H3-13a 연료전지와 터빈 원천), D(H3-13b 모빌리티 기술 고도화)
H3-14	수소발전 실증(대형 가스터빈, 연료전지)	2030년 300MW급 수소 전소 가스터빈 실증	M-H2	활용 × V
H3-15	충전과 활용 인프라	(계획 단계 미상세)	-	활용 × G
H3-16	활용 단계 인증과 표준	(계획 단계 미상세)	-	활용 × G
H3-17	청정수소 입찰시장(경매)과 차액계약	연 2회 경매, 차액계약 누적 용량 확대	M-H1, M-H2	활용 × Dep(국내)
H3-18	모빌리티와 발전 기자재 수출	(계획 단계 미상세)	-	활용 × Dep(해외)
H3-P1*	GW급 수전해와 청정수소 생산기지 초도 설비	(재편 시 신설)	M-H1, M-H2	생산 × P
H3-P2*	액화 플랜트와 인수기지 초도 설비	(재편 시 신설)	M-H1	저장운송 × P
H3-P3*	수소환원제철과 수소 터빈 초도 설비	(재편 시 신설)	M-H2, M-H3	활용 × P
H3-O1*	생산 설비 운영과 안전관리	(재편 시 신설)	M-H1	생산 × Op
H3-O2*	인수기지와 배관망 운영	(재편 시 신설)	M-H1	저장운송 × Op
H3-O3*	충전소와 발전 설비 운영과 안전관리	(재편 시 신설)	M-H2	활용 × Op

E-2. 원자력 분야 하위임무 상세

이 부록은 계획 단계 설계안의 기록이다. 설계안의 차세대원전 축에 있던 초고온가스로와 고속로는 본문의 3분류(제3장 제3절, 제5장 제3절)에서 최종보고서 서면자문에 따라 SMR 노형 개발 영역으로 정정하였으므로, N3-6 계열의 셀은 본문에서 대형 경수로 후속 노형에 한정된다.

식별 번호	하위임무	목표(계획 단계 잠정)	임무 연계	재편 후 위치 (3분류 하위 영역 × 단계)
N3-1	계속운전 안전성 평가와 수명관리 기술	원전 10기 이상의 20년 계속운전 승인 지원, 주기적 안전성 평가 고도화	M-N1	대형 계속운전 × R(N3-1a 원천 연구), Op(N3-1b 계속운전과 정비 운영)
N3-2	안전성 설비 개선과 예측정비 실증	인공지능 기반 예지정비와 사이버보안 실증 완료	M-N1	대형 계속운전 × D(N3-2a 시제품), V(N3-2b 실증)
N3-3	보안 인프라	(계획 단계 미상세)	–	대형 계속운전 × G
N3-4	한국형 사후관리 기준과 국제기준 정합성	국제원자력기구 안전기준 정합, 지진과 테러 대응 강화	M-N1	대형 계속운전 × G
N3-5	계속운전 허가와 전력시장 장기계약	(계획 단계 미상세)	M-N1	대형 계속운전 × Dep
N3-6	차세대 노형 (초고온가스로, 고속로) 핵심기술 자립	2035년까지 초고온가스로의 수소 생산 연계 기본설계 완성	M-N2, 수소 H3-1과 교차	대형 차세대 × R(N3-6a 원리와 소재), D(N3-6b 컴포넌트 시제품과 기본설계)
N3-7	차세대 노형 종합 실증	(계획 단계 미상세)	M-N2	대형 차세대 × V
N3-8	차세대 노형 연구 인프라	(계획 단계 미상세)	–	대형 차세대 × G
N3-9	차세대 노형 인허가와 표준	(계획 단계 미상세)	–	대형 차세대 × G
N3-10	차세대 노형과 대형 원전 수출	(계획 단계 미상세)	M-N2	대형 차세대 × Dep(해외)
N3-11	혁신형 SMR 표준설계인가	2028년 표준설계인가 취득, 2030년 초도 호기 착공	M-N2	SMR 노형 개발 × R(N3-11a 원천), D(N3-11b 시제품과 표준설계)
N3-12	혁신형 SMR 실증 사이트 확보와 건설	2030년 실증 호기 착공, 2035년 상업 운전	M-N2	SMR 노형 개발 × V(N3-12a 인허가와 통합 실증), SMR 상용화 실증과 공급망 × V(N3-12b 실증 호기 건설)
N3-13	SMR 공장 제작 공급망 구축	(계획 단계 미상세, 중소와 중견기업 참여)	M-N2	SMR 상용화 실증과 공급망 × D(N3-13a 모듈 제작 기술), P(N3-13b 공장 제작 공급망), G(N3-13c 공급망 인프라)
N3-14	SMR 인허가 프레임워크 혁신	모듈화와 공장 제작을 반영한 신인허가 체계, 미국과 캐나다 규제기관과의 상호인정	M-N2, M-N3	SMR 노형 개발 × G

식별 번호	하위임무	목표(계획 단계 잠정)	임무 연계	재편 후 위치 (3분류 하위 영역 × 단계)
N3-15	SMR 적용 시장 창출 (산업단지, 데이터센터, 분산전원)	공공조달 파일럿, 산업단지 전력과 열 공급 모델	M-N2	SMR 용도 개척 × V(N3-15a 적용 실증), Dep(N3-15b 시장 창출 파일럿)
N3-16	SMR 수출 패키지와 금융	2030년 이전 해외 초도 수주, 수출 금융과 보증 체계 구축	M-N2	SMR 노형 개발 × Dep 국내(N3-16a), SMR 상용화 실증과 공급망 × Dep 해외(N3-16b)
N3-17	고순도 저농축 우라늄 연료 기술	해외 의존 완화, 국내 농축과 성형 체계 검토	M-N3	대형 연료주기와 해체와 방폐 × R
N3-18	사용후핵연료 관리 실증	(계획 단계 미상세, 심층 처분 연구개발)	M-N3	대형 연료주기와 해체와 방폐 × V
N3-19	사용후핵연료 관리 인프라	고준위 중간저장시설 사이트 확보, 심층 처분 연구개발	M-N3	대형 연료주기와 해체와 방폐 × P(중간저장시설 초도 설비)
N3-20	고준위 방폐 특별법 이행과 기준	(계획 단계 미상세)	M-N3	대형 연료주기와 해체와 방폐 × G
N3-21	연료주기 국내 시장 창출	(계획 단계 미상세)	M-N3	대형 연료주기와 해체와 방폐 × Dep(국내)
N3-22	연료주기 산업 해외 진출	(계획 단계 미상세)	M-N3	대형 연료주기와 해체와 방폐 × Dep(해외)
N3-23	해체 핵심기술 개발 (제염, 절단, 폐기물 처리)	고리 1호기 해체 실증 기반 기술 체계화	M-N3	대형 연료주기와 해체와 방폐 × D
N3-24	해체 핵심기술 실증	고리 1호기 해체 실증	M-N3	대형 연료주기와 해체와 방폐 × V
N3-25	해체와 방폐 인프라	(계획 단계 미상세)	-	대형 연료주기와 해체와 방폐 × G
N3-26	해체와 방폐 인증과 표준	(계획 단계 미상세)	-	대형 연료주기와 해체와 방폐 × G
N3-27	해체 산업 생태계와 시장 창출	(계획 단계 미상세)	M-N3	대형 연료주기와 해체와 방폐 × Dep(국내)
N3-28	해체와 방폐 산업 해외 진출	EU와 일본 해체 시장 진입, 컨소시엄 구성	M-N3	대형 연료주기와 해체와 방폐 × Dep(해외)
N3-P1*	차세대 노형 초도 설비(2035년 이후)	(재편 시 신설)	M-N2	대형 차세대 × P
N3-P2*	혁신형 SMR 초도 상용 호기	(재편 시 신설)	M-N2	SMR 노형 개발 × P
N3-O1*	신규 호기 운영	(재편 시 신설)	M-N1	대형 차세대 × Op
N3-O2*	방사성폐기물 관리 운영	(재편 시 신설)	M-N3	대형 연료주기와 해체와 방폐 × Op
N3-O3*	SMR 운영과 연료 교체	(재편 시 신설)	M-N2	SMR 노형 개발 × Op

E-3. 계획 단계 설계의 원본 매트릭스와 재편 대조

계획 단계(2026년 4월)의 설계는 혁신단계 축을 기술개발, 실증, 인프라, 인증과 표준, 시장창출, 수출의 여섯 활동 유형으로 구성하였다. 재편 전 원본 매트릭스는 다음과 같다.

〈표 E-3-1〉 수소 분야 원본 매트릭스(가치사슬 × 활동 유형 6축)

가치사슬	기술 개발	실증	인프라	인증과 표준	시장 창출	수출
생산(수전해, 탄소 포집형, 해외 그린)	H3-1	H3-2	H3-3	H3-4	H3-5	H3-6
저장운송(액화, 액상 유기수소 운반체, 암모니아, 배관)	H3-7	H3-8	H3-9	H3-10	H3-11	H3-12
활용(모빌리티, 발전, 산업, 건물)	H3-13	H3-14	H3-15	H3-16	H3-17	H3-18

〈표 E-3-2〉 원자력 분야 원본 매트릭스(기술노형 5축 × 활동 유형 6축, 유효 셀 28개)

기술노형	기술 개발	실증	인프라	인증과 표준	시장 창출	수출
계속운전(가동 원전)	N3-1	N3-2	N3-3	N3-4	N3-5	–
차세대원전(4세대, 초고온가스로)	N3-6	N3-7	N3-8	N3-9	–	N3-10
SMR(혁신형 SMR, 용융염, 고온가스)	N3-11	N3-12	N3-13	N3-14	N3-15	N3-16
연료주기(농축, 성형, 사용후핵연료)	N3-17	N3-18	N3-19	N3-20	N3-21	N3-22
해체와 방폐물	N3-23	N3-24	N3-25	N3-26	N3-27	N3-28

〈표 E-3-3〉 재편 규칙의 적용 결과 요약

재편 항목	수소	원자력
활동 유형에서 6단계로 옮긴 셀	기술개발 3셀 → R, D 6셀 / 실증 3셀 → V 3셀 / 시장창출과 수출 6셀 → Dep 6셀	기술개발 5셀 → R, D(계속운전은 R과 Op, 연료주기는 R, 해체는 D) / 실증 5셀 → V(SMR은 V 2셀로 분리) / 시장창출과 수출 8셀 → Dep
횡단 기반(G)으로 옮긴 셀	인프라 3셀, 인증과 표준 3셀	인프라 5셀, 인증과 표준 5셀(N3-19는 P로, N3-13은 D, P, G로 분리)
신설한 셀	P 3셀(H3-P1 ~ P3, 참고 셀 — 민간 영역), Op 3셀(H3-O1 ~ O3)	P 2셀(N3-P1, N3-P2, 참고 셀 — 민간 영역), Op 3셀(N3-O1 ~ O3)
통합한 셀	없음	없음(연료주기와 해체와 방폐를 한 하위 영역으로 묶되 셀은 유지)
행 재편	없음(가치사슬 3분류 유지)	5축을 3분류로 재편: 대형(계속운전, 차세대 대형, 연료주기와 해체와 방폐), SMR(노형 개발, 상용화 실증과 공급망, 용도 개척), 기타(별도 임무영역 없음)

E-4. 계획 단계의 포트폴리오 예비 진단과 캐스케이딩 정합성 점검

〈표 E-4-1〉 포트폴리오 예비 진단(계획 단계, 정성)

진단 항목	수소	원자력
중복	연료전지 보급과 발전이 여러 부처에 걸쳐 중복될 가능성	SMR 기술개발, 실증, 인허가 예산이 복수 부처에 분산될 가능성
단절	수전해 기술개발에서 대형 실증을 거쳐 상용화로 이어지는 연결이 약함	SMR 표준설계에서 실증과 상용화와 수출로 이어지는 연결이 핵심 위험 구간
공백	산업공정용 고온 열과 수소의 통합 실증 미비, 수소 선박 규정 미비	고준위 방폐 부지 확보, 고순도 저농축 우라늄 공급망 자립, SMR 시장 창출의 법적 근거 미비
민간 유발	차액계약과 청정수소 발전 의무화가 민간투자 유발의 핵심 레버로 작동해야 함	중소와 중견 기자재 공급망 참여를 위한 민간투자 유발 구조 미성숙

〈표 E-4-2〉 R&D와 비R&D 수단의 균형 점검(계획 단계)

임무 진술	R&D 비중 현황(계획 단계 판단)	비R&D(제도, 시장) 보강 필요
M-H1	집중	금융과 인프라 확대
M-H2	중간	차액계약과 의무화 확대 시급
M-H3	부족	수출 금융, 표준, 통상 강화
M-N1	중간	무탄소 전원 인정과 장기 계약 제도 강화
M-N2	집중	신인허가, 공공 조달, 수출 금융 시급
M-N3	해체는 낮음, 연료주기 R&D는 높음	방폐 부지와 수용성 제도, 해체 시장 창출

〈표 E-4-3〉 캐스케이딩 정합성 점검(계획 단계)

점검 항목	수소	원자력
임무(L2)에서 하위임무(L3)로의 매핑 완전성	3개 임무 진술 모두 하위임무로 분해	3개 임무 진술 모두 노형 × 단계로 분해
L3에서 포트폴리오(L4)로의 연결	각 하위임무가 포트폴리오 구성요소에 일대일 또는 다대일로 연결	각 하위임무가 포트폴리오 구성요소에 다대일로 연결
L4에서 수단(L5)으로의 연결	각 구성요소가 1개 이상의 정책수단에 연결	각 구성요소가 1개 이상의 정책수단에 연결
Technology-push와 Demand-pull의 균형	M-H2, M-H3에서 Demand-pull 강화 필요	M-N2에서 Demand-pull (공공 조달, 수출 금융) 시급
다경로성	그린, 블루, 원자력 연계, 해외 조달의 4경로 병행	혁신형 SMR, 용융염, 고온가스, 고속로의 복수 노형 유지
단계별 관문 설계	기술성숙도 기준 중간 평가 체계 필요(향후 설계 과제)	표준설계, 실증, 상용, 수출의 단계별 평가 필수

E-5. 원자력 분야의 특수 고려 사항

원자력 분야의 하향 설계에는 다른 분야에 없는 네 가지 제약이 전제된다. 첫째, 규제 독립성이다. 원자력안전위원회의 규제 업무와 정책 지원 업무의 분리를 유지하는 것이 전제이며, 이는 제4장에서 안전과 수용성을 임무 축이 아닌 전제 층위로 분류한 것과 같은 논리이다. 둘째, 사회적 수용성이다. 방사성폐기물 부지, 계속운전, SMR 입지 모두 지역 수용성이 핵심 병목이며, 이는 정렬 인접 경로의 대형 원자력이 해법의 탐색보다 제도와 거버넌스의 정비를 중심 수단으로 삼는 이유이다. 셋째, 국제협력 종속성이다. 고순도 저농축 우라늄의 공급, 원자력협정, 국제원자력기구의 안전조치 등 외부 제약이 강하여 연료주기 영역의 설계는 국내 수단만으로 완결되지 않는다. 넷째, 안전 우선 원칙이다. 임무 달성의 레버를 설계할 때 안전은 상충 관계의 대상이 아니라 제약 조건이며, 이 원칙은 제3장 제2절의 운영 단계 정의에서 거버넌스 수단이 지배적이라고 규정한 것과 정합한다.

부록 F. 내역사업 인벤토리(1) — 구축 데이터 전체(사업 단위 요약)

부처 예산 사업설명자료에서 정리한 원자력 78개, 수소 37개 세부사업의 사업 단위 요약이다. “내역 수”는 통일 양식으로 분해한 내역사업 행의 수(단일 내역 사업은 1)이고, “확정 목록”은 제6장 제5절의 분석 대상 목록(원자력 104행, 수소 93행) 포함 여부와 제외 사유이다. 확정 목록에는 아래 세부사업 외에 발주기관 검토 목록에 따라 추가된 세부사업(원자력 12개, 수소 3개)의 관련 내역이 포함되며, 그 전체 행 단위 목록은 부록 G에 있다.

F-1. 원자력 분야 78개 세부사업

연번	부처	회계, 기금	단위 사업	세부사업	사업 기간	성격	2026년 본예산	내역 수	확정 목록
1	과기정통부	원자력기금	1434	혁신형 소형모듈원자로(i-SMR) 기술개발사업	2023 ~ 2028	계속, 출연	37,410	3	포함
2	과기정통부	원자력기금	1434	소형모듈원자로 경쟁력 강화 혁신기술 개발	2024 ~ 2029	계속, 출연	6,300	2	포함
3	과기정통부	일반회계	1434	용융염원자로(MSR) 원천기술개발사업	2023 ~ 2026	완료('26 종료), 출연	7,548	5	포함
4	과기정통부	원자력기금	1434	후행핵주기관리기술 개발	2021 ~ 2026	완료('26 종료), 출연	6,816	2	포함
5	과기정통부	원자력기금	1434	사용후핵연료 통합관리 혁신기술개발사업	2026 ~ 2030	신규, 출연	1,000	1	포함
6	과기정통부	원자력기금	1434	사용후핵연료 저장, 처분 안전성 확보를 위한 핵심기술개발 사업	2022 ~ 계속	계속, 출연	25,858	3	포함
7	과기정통부	원자력기금	1434	원자로 재료열화 대응 혁신기술 개발	2026 ~ 2030	신규, 출연	3,000	1	포함
8	과기정통부	원자력기금	1434	가동원전 안전성 향상 핵심기술 개발사업	2022 ~ 2029	계속, 출연	38,316	3	포함

연번	부처	회계, 기금	단위사업	세부사업	사업기간	성격	2026년 본예산	내역수	확정 목록
9	과기정통부	원자력기금	1434	원전해체 경쟁력 강화 기술개발사업	2023~2030	계속, 출연	3,893	2	포함
10	과기정통부	원자력기금	1434	극한환경 원자력 전원공급 시스템 개발	2025~2029	계속, 출연	3,360	2	포함
11	과기정통부	지역균형발전특별회계(지역지원계정)	1440	수출용 신형 연구로 개발 및 실증	2012~2027	계속, 출연	155,500	1	포함
12	과기정통부	일반회계	1440	수출용신형연구로 생산 동위원소 상용화기술개발	-	계속, 출연	1,050	1	포함
13	과기정통부	일반회계	1432	의료용 방사성 동위원소 생산기술 및 시스템 고도화	-	신규, 출연	6,000	1	제외(비에너지 방사선 활용, 발주기관 검토)
14	과기정통부	일반회계	1432	방사성동위원소 산업육성 및 고도화 기술지원사업	2021~2026	완료('26 종료), 출연	2,775	3	제외(비에너지 방사선 활용, 발주기관 검토)
15	과기정통부	일반회계	1432	방사선이용기술개발	2025~2029	계속, 출연	11,100	6	제외(비에너지 방사선 활용, 발주기관 검토)
16	과기정통부	일반회계	1432	방사선융복합산업지원사업	2024~2028	계속, 출연	4,700	1	제외(비에너지 방사선 활용, 발주기관 검토)

연번	부처	회계, 기금	단위사업	세부사업	사업기간	성격	2026년 본예산	내역수	확정 목록
17	과기정통부	일반회계	1432	방사선기기 품질관리 및 검정 체계 고도화	2023~2027	계속, 출연	1,500	1	제외 (비에너지 방사선 활용, 발주기관 검토)
18	과기정통부	일반회계	1432	비파괴검사 기술역량 강화	2026~2030	신규, 출연	1,500	1	제외 (비에너지 방사선 활용, 발주기관 검토)
19	과기정통부	일반회계	1432	국가전략기술 핵심역량 확보를 위한 중성자 활용기술 고도화	2026~2030	신규, 출연	3,000	1	포함
20	과기정통부	지역균형발전특별회계(지역지원계정)	1442	중입자가속기구축지원사업	2010~2026	계속, 출연	19,315	2	제외 (원자력 에너지 분야 판단 모호, 발주기관 검토)
21	과기정통부	에너지및자원사업특별회계(투자계정)	2241	한국원자력연구원 연구운영비 지원	-	계속, 출연	171,326	2	제외 (연구기관 운영, 시설 지원, 연구진 판단)
22	과기정통부	에너지및자원사업특별회계(투자계정)	2241	한국원자력연구원 시설 지원	2024~계속	계속, 출연	15,423	6	제외 (연구기관 운영, 시설 지원, 연구진 판단)
23	과기정통부	일반회계	2231	한국원자력의학원 연구운영비 지원	1991~계속	계속, 출연	51,170	5	제외 (비에너지 의료 활용, 발주기관 검토)

연번	부처	회계, 기금	단위사업	세부사업	사업기간	성격	2026년 본예산	내역수	확정 목록
24	과기정통부	일반회계	2231	한국원자력의학원 시설 지원	2024 ~ 계속	계속, 출연	9,156	1	제외 (비에너지 의료 활용, 발주기관 검토)
25	과기정통부	일반회계	2231	동남권원자력의학원 연구운영비 지원	2010 ~ 계속	계속, 출연	19,921	5	제외 (비에너지 의료 활용, 연구진 판단)
26	과기정통부	일반회계	2231	동남권원자력의학원 시설 지원	2024 ~ 계속	계속, 출연	9,870	3	제외 (비에너지 의료 활용, 발주기관 검토)
27	과기정통부	지역균형발전특별회계 (지역지원계정)	1435	혁신원자력연구개발 기반조성	2021 ~ 2027	계속, 출연, 보조	18,858	2	포함
28	과기정통부	원자력기금	1434	원자력연구기반확충 사업	2019 ~ 2031	계속, 출연	13,920	5	포함
29	과기정통부	원자력기금	1139	국제핵융합실험로 (ITER) 공동개발사업 (과기부 분담)	2004 ~ 계속	계속, 출연	87,350	1	포함
30	과기정통부	전력산업기반기금	5806	국제핵융합실험로 (ITER) 공동개발사업 (기후부 분담, 구 산업부 분담)	2004 ~ 계속	계속, 출연	83,920	2	포함
31	과기정통부	일반회계	1436	IAEA 기술협력부담금 (ODA)	1991 ~ 계속	계속, 출연, 직접수행	1,800	1	포함
32	과기정통부	일반회계	1436	원자력국제공동연구 지원사업	2022 ~ 2028	계속, 출연	9,370	3	포함
33	과기정통부	일반회계	1436	원자력국제협력기반 조성사업	1996 ~ 계속	계속(통합 사업), 출연, 직접수행	11,060	7	포함

연번	부처	회계, 기금	단위사업	세부사업	사업기간	성격	2026년 본예산	내역수	확정 목록
34	과기정통부	원자력기금	7601	한국연구재단 기획평가관리비(원기금)	1997 ~ 계속	계속, 출연	4,416	4	제외 (기획평가관리비, 발주기관 검토)
35	과기정통부	원자력기금	9705	비통화금융기관예치	1997 ~ 계속	계속, 직접수행, 자금운용	56,254	1	포함
36	외교부	일반회계	-	원자력의 평화적 이용 증진	2017 ~ 계속	계속, 직접수행	961	3	포함
37	외교부	일반회계	7011	국제기구, 원자력국 기본경비(비총액)	-	계속, 직접수행	414	1	포함
38	외교부	일반회계	7011	국제기구, 원자력국 기본경비(총액)	-	계속, 직접수행	31	1	포함
39	기후에너지환경부	방사성폐기물관리기금	5631	월성원자력환경관리센터 건설	2009 ~ 계속	계속, 출연	17,572	4	포함
40	기후에너지환경부	방사성폐기물관리기금	5679	한국원자력환경공단 인건비	2009 ~ 계속	계속, 출연	40,783	1	포함
41	기후에너지환경부	방사성폐기물관리기금	5679	한국원자력환경공단 기본경비	2009 ~ 계속	계속, 출연	26,626	1	포함
42	원안위	일반회계	1501	원자력 안전규제 기초, 기반기술 개발	2025 ~ 2032	계속, 출연	4,785	1	포함
43	원안위	일반회계	1501	원자력통제 규제기술 선진화	2026 ~ 2031	신규, 출연	5,600	1	포함
44	원안위	일반회계	1501	주변국 원자력활동 대응기술 개발	2024 ~ 2028	계속, 출연	2,000	1	포함
45	원안위	일반회계	1501	해양환경 방사성핵종 분석기술 개발	2023 ~ 2027	계속, 출연	1,730	1	포함
46	원안위	일반회계	1404	핵비확산 이행체제 구축	2003 ~ 계속	계속, 출연, 국제부담금	2,111	2	포함
47	원안위	일반회계	1402	생활주변방사선 안전관리	2012 ~ 계속	계속, 출연, 민간위탁	5,555	3	포함

연번	부처	회계, 기금	단위사업	세부사업	사업기간	성격	2026년 본예산	내역수	확정 목록
48	원안위	일반회계	2031	한국원자력안전기술원(KINS) 연구운영비 지원	1990 ~ 계속	계속, 출연	36,453	4	포함
49	원안위	일반회계	2031	한국원자력안전기술원(KINS) 시설 지원	2024 ~ 계속	계속, 출연	190	1	포함
50	원안위	일반회계	2031	한국원자력통제기술원(KINAC) 연구운영비 지원	2006 ~ 계속	계속, 출연	13,775	3	포함
51	원안위	일반회계	2031	한국원자력통제기술원(KINAC) 시설 지원	2024 ~ 계속	계속, 출연	810	1	포함
52	원안위	일반회계	2031	한국원자력안전재단(KOFONS) 운영비 지원	2017 ~ 계속	계속, 출연	3,954	3	포함
53	원안위	일반회계	1501	한국원자력안전재단 기획평가관리비	2013 ~ 계속	계속, 출연	943	1	제외 (기획평가 관리비, 발주기관 검토)
54	원안위	일반회계	7021	원자력안전위원회 청사 운영	2021 ~ 계속	계속, 직접수행	2,722	3	제외 (규제기관 청사, 인건비, 신축, 연구진 판단)
55	원안위	일반회계	1403	현장방사능방재지휘센터 신축	2021 ~ 2025	완료('26 종료), 출연	1,904	2	제외 (규제기관 청사, 인건비, 신축, 연구진 판단)
56	원안위	일반회계	7001	원자력안전위원회 인건비	-	계속, 직접수행	16,311	1	제외 (규제기관 청사, 인건비, 신축, 연구진 판단)
57	원안위	일반회계	7021	행정사무정보화(정보화)	2019 ~ 계속	계속, 직접수행	1,479	5	제외 (행정 정보화, 발주기관 검토)

연번	부처	회계, 기금	단위사업	세부사업	사업기간	성격	2026년 본예산	내역수	확정 목록
58	원안위	일반회계	-	기관운영 기본경비(총액대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	4,140	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
59	원안위	일반회계	-	기관운영 기본경비(총액 비대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
60	원안위	일반회계	-	기획조정관 기본경비(총액대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
61	원안위	일반회계	-	기획조정관 기본경비(총액 비대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
62	원안위	일반회계	-	안전정책국 기본경비(총액대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
63	원안위	일반회계	-	안전정책국 기본경비(총액 비대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
64	원안위	일반회계	-	방사선방재국 기본경비(총액대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
65	원안위	일반회계	-	방사선방재국 기본경비(총액 비대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)

연번	부처	회계, 기금	단위사업	세부사업	사업기간	성격	2026년 본예산	내역수	확정 목록
66	원안위	일반회계	-	고리원전지역사무소 기본경비(총액대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
67	원안위	일반회계	-	고리원전지역사무소 기본경비(총액 비대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
68	원안위	일반회계	-	새울원전지역사무소 기본경비(총액대상)	-	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
69	원안위	일반회계	-	새울원전지역사무소 기본경비(총액 비대상)	-	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
70	원안위	일반회계	-	한빛원전지역사무소 기본경비(총액대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
71	원안위	일반회계	-	한빛원전지역사무소 기본경비(총액 비대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
72	원안위	일반회계	-	월성원전지역사무소 기본경비(총액대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
73	원안위	일반회계	-	월성원전지역사무소 기본경비(총액 비대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)

연번	부처	회계, 기금	단위사업	세부사업	사업기간	성격	2026년 본예산	내역수	확정 목록
74	원안위	일반회계	-	한울원전지역사무소 기본경비(총액대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
75	원안위	일반회계	-	한울원전지역사무소 기본경비(총액 비대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
76	원안위	일반회계	-	대전지역사무소 기본경비(총액대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
77	원안위	일반회계	-	대전지역사무소 기본경비(총액 비대상)	2011 ~ 계속	계속, 직접수행	0	1	제외 (부서별 기본경비, 연구진 판단)
78	국토교통부	지역균형발전특별회계 (지역지원계정)	-	산업단지 진입도로 지원(경주혁신원자력연구단지 포함)	1994 ~ 계속	계속 (통합사업), 직접수행	182,034	1	포함
계				78개 사업			1,276,638	155	포함 39개

원자력 78개 세부사업의 2026년 본예산 합계는 1,276,638백만원이며, 이 가운데 39개 세부사업이 확정 목록에 포함되었다. 제외 39개 세부사업(합계 355,671백만원)은 발주기관 검토 목록에 따른 제외 13개(123,924백만원)와 연구진 판단으로 제외한 기관 운영 성격 항목 26개(231,747백만원 — 연구기관 연구운영비와 시설 지원 2개, 동남권원자력의학원 연구운영비 1개, 규제기관 인건비, 청사 운영, 방재지휘센터 신축 3개, 부서별 기본경비 20개)로 구성된다. 제외 사유의 상세는 제6장 제5절과 부록 G의 G-3에 있다.

F-2. 수소 분야 37개 세부사업

연번	부처	회계, 기금	단위 사업	세부사업	사업 기간	성격	2026년 본예산	내역 수	확정 목록
1	국토 교통부	지역균형발전 특별회계 (지역자율계정)	5642	수소도시지원(지원)	'20 ~ 계속	계속, 직접수행	402	1	포함
2	국토 교통부	지역균형발전 특별회계 (지역자율계정)	5642	수소도시지원(자율)	'20 ~ 계속	계속, 보조	46,020	2	포함
3	국토 교통부	교통시설 특별회계	1534	수소충전소 구축	'19 ~ '21	계속	4,500	1	포함
4	국토 교통부	일반회계	4633	수소전기차 내압용기 검사소 구축	'21 ~ 계속	계속, 출연	3,400	2	포함
5	국토 교통부	교통시설 특별회계	4159	수소전기동차 실증	'25 ~ '27	계속, 출연	11,718	3	포함
6	국토 교통부	일반회계	4155	액체수소저장탱크 및 적하역시스템 기술개발	'26 ~ '29	신규, 출연	4,000	1	포함
7	국토 교통부	교통시설 특별회계	4931	수소 대중교통체계 구축지원	'21 ~ 계속	계속, 보조	9,400	1	포함
8	국토 교통부	교통시설 특별회계	4161	소형항공기용 수소연료전지 기반 추진시스템 인증체계 개발	'23 ~ '27	계속, 출연	4,026	3	포함
9	국토 교통부	교통시설 특별회계	4159	내구연한 도래 노후 디젤기관차 대체 친환경 수소전기기관차 기술개발	'24 ~ '28	계속, 출연	11,603	3	포함
10	산업 통상부	일반회계	3171	수소엔진 및 기자재 육상실증 플랫폼 구축	2026 ~ 2030	신규, 출연	2,200	2	포함
11	산업 통상부	일반회계	3571	안전기반 소형 수소추진선박 기술개발 및 실증	2022 ~ 2026	완료 ('26 종료), 출연	3,669	1	포함
12	산업 통상부	일반회계	3551	수소모빌리티 확대 개방형 연료전지시스템 설계검증 플랫폼 기술개발	2022 ~ 2026	계속, 출연	3,330	4	포함
13	산업 통상부	일반회계	3551	특장차 수소 파워팩 기술지원 기반구축	2023 ~ 2027	계속, 출연	2,210	3	포함

연번	부처	회계, 기금	단위사업	세부사업	사업기간	성격	2026년 본예산	내역수	확정목록
14	산업통상부	에너지및자원사업특별회계(투자계정)	5701	천연가스 배관망 수소혼입 안전성 검증 및 안전기술개발	2023~2026	계속, 출연	3,500	5	포함
15	기후에너지환경부	기후대응기금	6431	RE100 기반의 수소 시범단지 인프라 기술개발	'22~'26	완료('26 종료), 출연	2,835	3	포함
16	기후에너지환경부	기후대응기금	6431	대용량 청록수소 공급 시스템 기술개발	'25~'29	계속, 출연	4,600	1	포함
17	기후에너지환경부	기후대응기금	6431	청정수소원천기술 밸류업	'26~'29	신규, 출연	4,500	1	포함
18	기후에너지환경부	에너지및자원사업특별회계(투자계정)	5203	해외청정수소암모니아 생산 및 도입기반구축	'23~'29	계속	1,650	1	포함
19	기후에너지환경부	지역균형발전특별회계(지역자율계정)	5804	수소생산기지 구축	'22~'25	완료('26 종료), 출연	5,990	2	포함
20	기후에너지환경부	지역균형발전특별회계(지역지원계정)	5804	수소생산기지 구축 지원	'25~계속	계속, 보조	180	1	포함
21	기후에너지환경부	기후대응기금	6431	한국형 수소환원제철 실증기술개발	'26~'30	신규, 출연	50,146	1	포함
22	기후에너지환경부	기후대응기금	6431	상용급 액체수소 플랜트용 압축기 핵심기술개발 및 실증	'22~'27	계속, 출연	3,960	3	포함
23	기후에너지환경부	에너지및자원사업특별회계(투자계정)	5701	액화수소(LH2) 인수기지 핵심설비 및 시설안전기술개발	'25~'28	계속, 출연	7,100	4	포함
24	기후에너지환경부	기후대응기금	6431	수소도시용 수소배관망 국산화 및 실증 기술개발	'23~'27	계속, 출연	7,441	3	포함
25	기후에너지환경부	에너지및자원사업특별회계(투자계정)	5701	장거리고압 수소배관망 고안전성 확보 및 AI 기반 안전관리기술개발	'26~'29	신규, 출연	4,000	4	포함
26	기후에너지환경부	에너지및자원사업특별회계(투자계정)	5203	수소저장, 운송 클러스터 구축사업	'24~'28	계속	5,074	1	포함

연번	부처	회계, 기금	단위사업	세부사업	사업기간	성격	2026년 본예산	내역수	확정목록
27	기후에너지환경부	에너지및자원사업특별회계(투자계정)	5203	수소터빈 시험연구센터 구축	'23 ~ '26	완료('26 종료), 출연	20,900	2	포함
28	기후에너지환경부	전력산업기반기금	5203	수소연료전지발전 클러스터 구축사업	'24 ~ '28	계속	13,085	2	포함
29	기후에너지환경부	기후대응기금	6431	안전기반 소형 수소추진선박 기술개발 및 실증	'22 ~ '29	계속, 출연	6,296	2	포함
30	기후에너지환경부	환경개선특별회계	1532	수소자동차 핵심부품 재활용 기술개발사업	'26 ~ '29	신규, 출연, 보조	6,300	1	포함
31	기후에너지환경부	기후대응기금	6233	청정수소 활용 수소모빌리티 보급기반 구축사업	'23 ~ 계속	계속, 보조, 직접수행	24,435	2	포함
32	기후에너지환경부	기후대응기금	6431	수소융합혁신기술개발	'26 ~ '30	신규, 출연	4,000	1	포함
33	기후에너지환경부	기후대응기금	6431	제조공정 미활용수소 혼합가스 청정연소기술개발	'25 ~ '29	계속	6,250	1	포함
34	기후에너지환경부	에너지및자원사업특별회계(투자계정)	5203	수소유통 기반구축사업	'21 ~ 계속	계속, 보조	4,853	4	포함
35	기후에너지환경부	기후대응기금	6433	청정수소인증 기반구축사업	'24 ~ '26	계속	4,006	2	포함
36	기후에너지환경부	에너지및자원사업특별회계(투자계정)	5143	수소시설 안전관리 강화	'26 ~ '29	신규, 출연	918	6	포함
37	기후에너지환경부	에너지및자원사업특별회계(투자계정)	5203	수소산업진흥 기반구축사업	'21 ~ 계속	계속	26,708	6	포함
계				37개 사업			325,205	86	포함 37개

수소 37개 세부사업은 전부 확정 목록에 포함되었으며, 2026년 본예산 합계는 325,205백만원이다. 여기에 발주기관 검토 목록에 따라 다른 세부사업 안의 수소 관련 내역 7행(159,836백만원)이 추가되어 확정 목록 93행 485,041백만원을 구성한다.

부록 G. 내역사업 인벤토리(2) — 확정 분석 모수 전체 목록

제6장 제6절에서 확정한 분석 모수(원자력 95행 626,107백만원, 수소 93행 485,041백만원)의 행 단위 전체 목록이다. 3분류와 VC 단계는 전문가 자문을 거친 확정값(제8장)이며 3분류는 최종보고서 서면자문에 따른 정정 6행(표 8-9)을 반영한 것이고, 임무(주)와 임무(부)는 임무 플래그 31행의 2차 판정을 반영한 최종값(제9장 제3절)이며 비고에 2차 판정의 유지와 변경을 적었다. 또한 "확정 근거"는 해당 행이 자문 쟁점(공통 C-1 ~ C-3, 원자력 N-1 ~ N-7, 수소 H-1 ~ H-7, 부록 H)의 대상이었는지와 그 결정 유형을 표시한다. 임무(주), 임무(부)는 제9장 제1절의 판정 규칙에 따른 행 단위 임무 태깅 결과이며, 플래그는 VC 단계 또는 임무 판정의 경계가 모호한 행을 표시한다. 예산이 0인 행은 2025년 종료 또는 자료 미확보 내역으로 확정 모수 행수에 포함하되 금액에는 영향이 없다.

G-1. 원자력 확정 분석 모수 95행

연번	부처	단위 사업	세부 사업	내역 사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정 근거	임무 (주)	임무 (부)	플래그	비고
1	과기 정통부	1434	혁신형 소형모듈 원자로(i-SMR) 기술개발사업	설계	6,520	SMR	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M3	-	
2	과기 정통부	1434	혁신형 소형모듈 원자로(i-SMR) 기술개발사업	혁신기술	29,010	SMR	D 개발	N-4 권장안 채택	M2	M3	-	
3	과기 정통부	1434	혁신형 소형모듈 원자로(i-SMR) 기술개발사업	사업단 운영	1,880	SMR	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M3	-	
4	과기 정통부	1434	소형모듈원자로 경쟁력 강화 혁신기술 개발	SMR 사용후핵연료 발생량저감 핵연료기반 기술개발	3,500	SMR → 대형	D 개발	N-4 권장안 채택	M2	M1	임무 M2~M1	서면 자문 정정 (2026. 10)
5	과기 정통부	1434	소형모듈원자로 경쟁력 강화 혁신기술 개발	SMR 디지털 혁신 검증, 운영 기술개발	2,800	SMR	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M3	-	
6	과기 정통부	1434	용융염원자로(MSR) 원천기술개발사업	해양용 MSR 노심 기술 개발	913	SMR	R 연구	N-7a 만장일치	M2	-	-	
7	과기 정통부	1434	용융염원자로(MSR) 원천기술개발사업	용융염 연료 및 재료 기술 개발	2,138	SMR	R 연구	N-7a 만장일치	M2	-	-	

연번	부처	단위 사업	세부 사업	내역 사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정 근거	임무 (주)	임무 (부)	플래그	비고
8	과기 정통부	1434	용융염원자로(MSR) 원천기술개발사업	해양용 MSR 계통 기술 개발	2,313	SMR	R 연구	N-7a 만장일치	M2	-	-	
9	과기 정통부	1434	용융염원자로(MSR) 원천기술개발사업	해양용 MSR 안전성 기술 개발	1,554	SMR	R 연구	N-7a 만장일치	M2	-	-	
10	과기 정통부	1434	용융염원자로(MSR) 원천기술개발사업	사업단 운영비	630	SMR	R 연구	N-7a 만장일치	M2	-	-	
11	과기 정통부	1434	후행핵주기관리기술개발	고준위폐기물 관리 차세대 혁신기술개발사업	0	대형	R 연구	종료 표시	M1	-	-	예산 0, 종료
12	과기 정통부	1434	후행핵주기관리기술개발	사용후핵연료 처리기술 고도화 연구개발사업	6,816	대형	D 개발	N-4 권장안 채택	M1	M2	임무 M1~M2	2차 판정 유지
13	과기 정통부	1434	사용후핵연료 통합관리 혁신기술개발사업	선진원자로 사용후핵연료의 통합관리 핵심 요소기술 개발	1,000	대형	R 연구	쟁점 외 유지	M1	M2	임무 M1~M2	2차 판정 유지
14	과기 정통부	1434	사용후핵연료 저장, 처분 안전성 확보를 위한 핵심기술개발사업	사용후핵연료 저장안전성 실증기술 확보	2,891	대형	V 실증	쟁점 외 유지	M1	-	-	
15	과기 정통부	1434	사용후핵연료 저장, 처분 안전성 확보를 위한 핵심기술개발사업	사용후핵연료 처분안전성 규명 및 실증기반 구축	21,753	대형	V 실증	쟁점 외 유지	M1	-	-	
16	과기 정통부	1434	사용후핵연료 저장, 처분 안전성 확보를 위한 핵심기술개발사업	사업단 운영	1,214	대형	V 실증	쟁점 외 유지	M1	-	-	
17	과기 정통부	1434	원자로 재료열화 대응 혁신기술 개발	원자로 재료열화 대응 혁신기술 개발	3,000	대형	D 개발	N-4 권장안 채택	M1	M2	임무 M1~M2	2차 판정 유지
18	과기 정통부	1434	가동원전 안전성 향상 핵심기술 개발사업	고장/사고 최소화를 위한 혁신 예측 기술	11,897	대형	D 개발	N-4 권장안 채택	M1	-	-	
19	과기 정통부	1434	가동원전 안전성 향상 핵심기술 개발사업	사고확대 예방을 위한 혁신안전기술	15,876	대형	D 개발	N-4 권장안 채택	M1	-	-	

연번	부처	단위 사업	세부 사업	내역 사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정 근거	임무 (주)	임무 (부)	플래그	비고
20	과기 정통부	1434	가동원전 안전성 향상 핵심기술 개발사업	사고완화 및 피해 최소화를 위한 대응기술	10,543	대형	D 개발	N-4 권장안 채택	M1	-	-	
21	과기 정통부	1434	원전해체 경쟁력 강화 기술개발사업	원전해체 핵종분석 및 실증기반 구축	650	대형	V 실증	쟁점 외 유지	M1	M3	-	
22	과기 정통부	1434	원전해체 경쟁력 강화 기술개발사업	안전성 강화 해체 선도기술 개발	3,243	대형	D 개발	N-4 권장안 채택	M1	M3	-	
23	과기 정통부	1434	극한환경 원자력 전원공급 시스템 개발	차세대 동위원소전지 핵심소재기술 고도화	1,680	기타	D 개발	N-4 권장안 채택	M3	M2	임무 M3~M2	2차 판정 유지 (부임무 M2 추가)
24	과기 정통부	1434	극한환경 원자력 전원공급 시스템 개발	초소형 히트파이프 원자력 전원공급 시스템 핵심기술 개발	1,680	기타 → SMR	D 개발	N-4 권장안 채택	M3	M2	임무 M3~M2	서면 자문 정정 (2026. 10)
25	과기 정통부	1440	수출용 신형 연구로 개발 및 실증	수출용 신형 연구로 개발 및 실증	155,500	기타	V 실증	쟁점 외 유지	M3	-	-	
26	과기 정통부	1440	수출용신형연구로 생산 동위원소 상용화기술개발	수출용 신형연구로 생산 동위원소 상용화 기술개발	1,050	기타	V 실증	N-3a 권장안 채택	M3	-	P 후보	
27	과기 정통부	1432	국가전략기술 핵심역량 확보를 위한 중성자 활용기술 고도화	국가전략기술 핵심역량 확보를 위한 중성자 활용 기술 고도화	3,000	기타	D 개발	N-4 권장안 채택	G	M2	임무 G~M2	2차 판정 유지
28	과기 정통부	1435	혁신원자력연구 개발기반조성	혁신원자력연구개발기반조성 (건설)	10,738	기타	비VC (인프라)	C-1 다수	G	M2	-	
29	과기 정통부	1435	혁신원자력연구 개발기반조성	사업운영비	8,120	기타	비VC (인프라)	C-1 다수	G	M2	-	
30	과기 정통부	1434	원자력연구기반 확충사업	원자력기초연구지원사업	2,400	기타	R 연구	쟁점 외 유지	G	-	-	
31	과기 정통부	1434	원자력연구기반 확충사업	미래원자력기술 시설장비구축 활용사업	1,500	기타	비VC (인프라)	C-1 다수	G	-	-	

연번	부처	단위 사업	세부 사업	내역 사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정 근거	임무 (주)	임무 (부)	플래그	비고
32	과기 정통부	1434	원자력연구기반 확충사업	미래 글로벌 원자력 전문인력양성사업	3,550	기타	비VC (인프라)	N-7c 다수	G	-	-	
33	과기 정통부	1434	원자력연구기반 확충사업	해외수요기반 연구로 핵심기술 통합플랫폼 구축	1,500	기타	D 개발	쟁점 외 유지	M3	-	-	
34	과기 정통부	1434	원자력연구기반 확충사업	차세대원자력 혁신생태계 기반조성	4,970	기타	비VC (인프라)	C-1 다수	G	M2	-	
35	과기 정통부	1436	IAEA 기술협력부담금 (ODA)	IAEA기술협력	1,800	기타	비VC (거버넌스)	C-1 다수	G	-	-	
36	과기 정통부	1436	원자력국제공동 연구지원사업	전략적국제공동 연구('25 종료)	0	기타	R 연구	종료 표시	G	-	-	예산 0, 종료
37	과기 정통부	1436	원자력국제공동 연구지원사업	양자간협력연구 ('26 신설)	7,970	기타	R 연구	쟁점 외 유지	G	-	임무 G~M1	2차 판정 유지
38	과기 정통부	1436	원자력국제공동 연구지원사업	다자간협력연구 ('26 신설)	1,400	기타	R 연구	쟁점 외 유지	G	-	-	
39	과기 정통부	1436	원자력국제협력 기반조성사업	미래원자력 협력체제 구축 ('25 종료, '26 통합)	0	기타	비VC (거버넌스)	종료 표시	G	-	-	예산 0, 종료
40	과기 정통부	1436	원자력국제협력 기반조성사업	한-미 원자력협력 선진화 ('25 종료, '26 통합)	0	기타	비VC (거버넌스)	종료 표시	G	-	-	예산 0, 종료
41	과기 정통부	1436	원자력국제협력 기반조성사업	다자/양자간 원자력협력 ('25 종료, '26 통합)	0	기타	비VC (거버넌스)	종료 표시	G	-	-	예산 0, 종료
42	과기 정통부	1436	원자력국제협력 기반조성사업	국제 원자력협력 기반강화 ('25 종료, '26 통합)	0	기타	비VC (거버넌스)	종료 표시	G	-	-	예산 0, 종료
43	과기 정통부	1436	원자력국제협력 기반조성사업	원자력 국제기구 등 협력지원 ('26 신설)	6,294	기타	비VC (거버넌스)	C-1 다수	G	-	-	

연번	부처	단위 사업	세부 사업	내역 사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정 근거	임무 (주)	임무 (부)	플래그	비고
44	과기 정통부	1436	원자력국제협력 기반조성사업	전략적 원자력 국제협력 기반강화 ('26 신설)	4,309	기타	비VC (거버넌스)	C-1 다수	G	-	-	
45	과기 정통부	1436	원자력국제협력 기반조성사업	원자력 기술 유망기업 육성, 수출 지원	457	기타	Dep 보급	쟁점 외 유지	M3	-	-	
46	외교부	-	원자력의 평화적 이용 증진	신한미원자력 협정 이행	574	기타	비VC (거버넌스)	C-1 다수	G	-	-	
47	외교부	-	원자력의 평화적 이용 증진	다자 및 양자 원자력 협력체제 구축	288	기타	비VC (거버넌스)	C-1 다수	G	-	-	
48	외교부	-	원자력의 평화적 이용 증진	원전수출지원 공관 지원	99	기타	비VC (거버넌스)	C-1 다수	G	M3	-	
49	외교부	7011	국제기구, 원자력국 기본경비(비총액)	국제기구, 원자력국 기본경비	414	기타	비VC (기관운영)	C-1 다수	G	-	-	
50	외교부	7011	국제기구, 원자력국 기본경비(총액)	국제기구, 원자력국 기본경비(총액)	31	기타	비VC (기관운영)	C-1 다수	G	-	-	
51	기후 에너지 환경부	5631	월성원자력환경 관리센터 건설	2단계 처분시설 건설 ('25 종료)	0	대형	Dep 보급	종료 표시	M1	-	-	예산 0, 종료
52	기후 에너지 환경부	5631	월성원자력환경 관리센터 건설	처분시설건설 기반구축	3,309	대형	Dep 보급	쟁점 외 유지	M1	-	-	
53	기후 에너지 환경부	5631	월성원자력환경 관리센터 건설	처분검사건물 신축	13,388	대형	Dep 보급	쟁점 외 유지	M1	-	-	
54	기후 에너지 환경부	5631	월성원자력환경 관리센터 건설	3단계 처분시설 건설	875	대형	Dep 보급	쟁점 외 유지	M1	-	-	
55	기후 에너지 환경부	5679	한국원자력환경공단 인건비	한국원자력 환경공단 인건비	40,783	대형	Op 운영	N-5 다수	M1	-	Dep~Op 존치	
56	기후 에너지 환경부	5679	한국원자력환경공단 기본경비	한국원자력 환경공단 기본경비	26,626	대형	Op 운영	N-5 다수	M1	-	Dep~Op 존치	
57	원안위	1501	원자력 안전규제 기초, 기반기술 개발	원자력 안전규제 기초, 기반기술 개발	4,785	기타	R 연구	N-6 만장 일치	G	M1	-	
58	원안위	1501	원자력통제 규제기술 선진화	원자력통제 규제기술 선진화	5,600	기타	D 개발	N-4 권장안 채택	G	M1	-	

연번	부처	단위사업	세부사업	내역사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정근거	임무(주)	임무(부)	플래그	비고
59	원안위	1501	주변국 원자력활동 대응기술 개발	주변국 원자력활동 대응기술 개발	2,000	기타	D 개발	N-4 권장안 채택	G	-	-	
60	원안위	1501	해양환경 방사성핵종 분석기술 개발	해양환경 방사성핵종 분석기술 개발	1,730	기타	D 개발	N-4 권장안 채택	G	-	-	
61	원안위	1404	핵비확산 이행체제 구축	핵물질전용방지 통제관리 이행체제 구축	1,139	기타	비VC (거버넌스)	C-1 다수	G	-	-	
62	원안위	1404	핵비확산 이행체제 구축	CTBT 이행체제 구축	972	기타	비VC (거버넌스)	C-1 다수	G	-	-	
63	원안위	1402	생활주변방사선 안전관리	감시기 설치, 운영	3,449	기타	Op 운영	N-5 다수	G	-	Dep~Op 존치	
64	원안위	1402	생활주변방사선 안전관리	생활주변방사선 실태조사	1,570	기타	비VC (기관운영)	C-1 다수	G	-	-	
65	원안위	1402	생활주변방사선 안전관리	교육프로그램 개발, 운용	536	기타	비VC (기관운영)	C-1 다수	G	-	-	
66	원안위	2031	한국원자력안전기술원(KINS) 연구운영비 지원	기관운영비	15,938	기타	비VC (기관운영)	C-1 다수	G	-	-	
67	원안위	2031	한국원자력안전기술원(KINS) 연구운영비 지원	기관고유사업비	13,515	기타	R 연구	N-6 만장일치	G	M1	-	
68	원안위	2031	한국원자력안전기술원(KINS) 연구운영비 지원	일반사업비	0	기타	비VC (기관운영)	종료 표시	G	-	-	예산 0, 폐지
69	원안위	2031	한국원자력안전기술원(KINS) 연구운영비 지원	장비시스템구축비	7,000	기타	비VC (인프라)	C-1 다수	G	-	-	
70	원안위	2031	한국원자력안전기술원(KINS) 연구운영비 지원	시설비(노후시설 보수)	190	기타	비VC (인프라)	C-1 다수	G	-	-	
71	원안위	2031	한국원자력안전기술원(KINS) 연구운영비 지원	인건비	6,161	기타	비VC (기관운영)	C-1 다수	G	-	-	
72	원안위	2031	한국원자력안전기술원(KINS) 연구운영비 지원	경상경비	2,064	기타	비VC (기관운영)	C-1 다수	G	-	-	
73	원안위	2031	한국원자력안전기술원(KINS) 연구운영비 지원	기관고유사업비	5,550	기타	R 연구	N-6 만장일치	G	M1	-	
74	원안위	2031	한국원자력통제기술원(KINAC) 시설 지원	시설비	810	기타	비VC (인프라)	C-1 다수	G	-	-	

연번	부처	단위 사업	세부 사업	내역 사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정 근거	임무 (주)	임무 (부)	플래그	비고
75	원안위	2031	한국원자력안전재단 (KOFONS) 운영비 지원	인건비	2,598	기타	비VC (기관운영)	C-1 다수	G	-	-	
76	원안위	2031	한국원자력안전재단 (KOFONS) 운영비 지원	경상비	444	기타	비VC (기관운영)	C-1 다수	G	-	-	
77	원안위	2031	한국원자력안전재단 (KOFONS) 운영비 지원	사업비	912	기타	비VC (기관운영)	C-1 다수	G	-	-	
78	기후 에너지 환경부	6431	민관합작 차세대원자로 개발 프로젝트	민관합작 차세대 원자로 개발 프로젝트	5,716	대형 → SMR	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M3	-	서면 자문 정정 (2026. 10)
79	기후 에너지 환경부	6431	민관합작 차세대원자로 개발 프로젝트	차세대 원자력 정책센터	1,000	대형 → SMR	비VC (거버넌스)	C-1 다수	G	M2	-	서면 자문 정정 (2026. 10), 모사업 분류 준용
80	기후 에너지 환경부	6431	민관합작 선진원자로 수출 기반 구축사업	민관합작 선진원자로수출기반 구축	7,000	대형 → SMR	Dep 보급	N-5 다수	M3	M2	Dep~Op 존치	서면 자문 정정 (2026. 10)
81	기후 에너지 환경부	5703	가동원전 안전성향상 핵심기술개발	고장/사고 최소화를 위한 혁신 예측 기술	11,543	대형	D 개발	쟁점 외 유지	M1	-	-	
82	기후 에너지 환경부	5703	가동원전 안전성향상 핵심기술개발	사고확대 예방을 위한 혁신안전기술	18,800	대형	D 개발	쟁점 외 유지	M1	-	-	
83	기후 에너지 환경부	5703	가동원전 안전성향상 핵심기술개발	사고완화 및 피해 최소화를 위한 대응기술	6,547	대형	D 개발	쟁점 외 유지	M1	-	-	
84	기후 에너지 환경부	5703	혁신형 소형모듈 원자로(i-SMR) 기술개발사업	설계	20,295	SMR	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M3	-	
85	기후 에너지 환경부	5703	혁신형 소형모듈 원자로(i-SMR) 기술개발사업	혁신기술	2,860	SMR	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M3	-	
86	기후 에너지 환경부	5703	혁신형 소형모듈 원자로(i-SMR) 기술개발사업	혁신제조	1,630	SMR	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M3	-	

연번	부처	단위 사업	세부 사업	내역 사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정 근거	임무 (주)	임무 (부)	플래그	비고
87	기후 에너지 환경부	5703	혁신형 소형모듈 원자로(i-SMR) 기술개발사업	사업단운영	1,880	SMR	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M3	-	
88	기후 에너지 환경부	5634	사용후핵연료 저장, 처분 안전성 확보를 위한 핵심 기술개발	사용후핵연료 저장, 처분안전성 확보를 위한 핵심기술개발	22,115	대형	V 실증	쟁점 외 유지	M1	-	-	
89	기후 에너지 환경부	5634	사용후핵연료 저장, 처분 안전성 확보를 위한 핵심 기술개발	사업단운영비	1,000	대형	V 실증	쟁점 외 유지	M1	-	-	
90	기후 에너지 환경부	5703	차세대 핵연료 시범연료봉 기술개발사업	차세대 핵연료 시범연료봉 기술개발	3,702	대형 → SMR	V 실증	N-3b 만장일치	M2	M1	임무 M2~M1	서면 자문 정정 (2026. 10)
91	기후 에너지 환경부	5634	사용후핵연료관리 시설설계기술개발	사용후핵연료 관리시설설계 기술개발	700	대형	D 개발	쟁점 외 유지	M1	-	-	
92	해수부	2046	용융염원자로(MSR) 혁신기술개발사업	MSR 해양 적용 기술 개발	600	SMR	D 개발	N-7b 만장일치	M2	-	-	
93	원안위	-	중소형원자로 안전규제 기반기술 개발	중소형원자로 안전규제 기반기술 개발	0	기타	R 연구	종료 표시	G	M2	임무 G~M2	예산 0, '26 자료 없음. 2차 판정 유지
94	원안위	-	소형모듈원자로 전주기 안전규제 검증기술 개발	소형모듈원자로 전주기 안전규제 검증기술 개발	7,000	SMR	D 개발	N-7 만장일치	G	M2	D~V, 임무 M2~G	2차 판정 변경 (M2 → G)
95	원안위	-	차세대 비경수형 원자로 규제검증기술 개발	차세대 비경수형 원자로 규제검증기술 개발	2,310	SMR	D 개발	N-7 만장일치	G	M2	D~V, 임무 M2~G	2차 판정 변경 (M2 → G)
계				95행	626,107							

G-2. 수소 확정 분석 모수 93행

연번	부처	단위사업	세부사업	내역사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정 근거	임무(주)	임무(부)	플래그	비고
1	국토교통부	5642	수소도시지원(지원)	수소도시지원(지원)	402	활용	Dep 보급	쟁점 외 유지	M2	-	-	
2	국토교통부	5642	수소도시지원(자율)	수소도시지원(자율) — 신규지역(3곳)	800	활용	Dep 보급	쟁점 외 유지	M2	-	-	
3	국토교통부	5642	수소도시지원(자율)	수소도시지원(자율) — 계속지역(12곳)	45,220	활용	Dep 보급	쟁점 외 유지	M2	-	-	
4	국토교통부	1534	수소충전소 구축	수소충전소 구축(대용량)	4,500	활용	Dep 보급	쟁점 외 유지	M2	-	-	
5	국토교통부	4633	수소전기차 내압용기 검사소 구축	수소전기차 내압용기 검사소 구축(안산)	3,120	저장운송	비VC (인프라)	H-5 다수	G	M2	-	
6	국토교통부	4633	수소전기차 내압용기 검사소 구축	수소전기차 내압용기 검사소 구축(완주)	280	저장운송	비VC (인프라)	H-5 다수	G	M2	-	
7	국토교통부	4159	수소전기동차 실증	수소전기동차 실증 — 구성품, 완성차 설계, 제작, 시험	5,900	활용	V 실증	H-3 만장일치	M2	M3	-	
8	국토교통부	4159	수소전기동차 실증	수소전기동차 실증 — 수소충전 인프라	4,400	활용	V 실증	쟁점 외 유지	M2	M3	-	
9	국토교통부	4159	수소전기동차 실증	수소전기동차 실증 — 법제도, 투자평가지침	1,418	활용	비VC (거버넌스)	C-1 다수	G	M2	-	
10	국토교통부	4155	액체수소저장탱크 및 적하역시스템 기술개발	액체수소저장탱크 및 적하역시스템 기술개발	4,000	저장운송	D 개발	쟁점 외 유지	M1	M2	임무 M2~M1	2차 판정 변경(M2 → M1)
11	국토교통부	4931	수소 대중교통체계 구축지원	수소교통 복합기지 구축(고압기체 수소충전소 + 부대시설)	9,400	활용	Dep 보급	쟁점 외 유지	M2	-	-	
12	국토교통부	4161	소형항공기용 수소연료전지 기반 추진시스템 인증체계 개발	인증체계 개발(법제도, 인증기준, 모의인증)	1,167	활용	비VC (거버넌스)	C-1 다수	G	M3	-	
13	국토교통부	4161	소형항공기용 수소연료전지 기반 추진시스템 인증체계 개발	수소연료전지시스템 안전성 검증	1,487	활용	V 실증	H-3 만장일치	M2	M3	-	

연번	부처	단위 사업	세부사업	내역사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정 근거	임무 (주)	임무 (부)	플래그	비고
14	국토 교통부	4161	소형항공기용 수소연료전지 기반 추진시스템 인증체계 개발	항공기 안전성 검증 기술개발(시험제품 설계, 제작, 통합리그)	1,372	활용	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M3	-	
15	국토 교통부	4159	내구연한 도래 노후 디젤기관차 대체 친환경 수소전기기관차 기술개발	추진시스템 핵심기술 개발 (계측, 하이브리드 동력, 완성차 취부)	5,500	활용	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M3	-	
16	국토 교통부	4159	내구연한 도래 노후 디젤기관차 대체 친환경 수소전기기관차 기술개발	시험차량 제작 및 성능검증(상세설계, 주요부품 발주, 수소저장시스템)	5,000	활용	V 실증	H-3 만장일치	M2	M3	-	
17	국토 교통부	4159	내구연한 도래 노후 디젤기관차 대체 친환경 수소전기기관차 기술개발	RAMS 및 기술기준(안) 개발	1,103	활용	비VC (거버넌스)	C-1 다수	G	M2	-	
18	산업 통상부	3171	수소엔진 및 기자재 육상실증 플랫폼 구축	수소엔진 및 기자재 육상실증 플랫폼 구축(설비, 기술체계)	2,130	활용	V 실증	쟁점 외 유지	M3	M2	임무 M3~M2	2차 판정 유지
19	산업 통상부	3171	수소엔진 및 기자재 육상실증 플랫폼 구축	사업관리비(기획평가관리비)	70	활용	비VC (기관운영)	C-1 다수	G	M3	-	
20	산업 통상부	3571	안전기반 소형 수소추진선박 기술개발 및 실증	안전기반 소형 수소추진선박 기술개발 및 실증(5개 종료과제)	3,669	활용	V 실증	H-3 만장일치	M2	M3	-	
21	산업 통상부	3551	수소모빌리티 확대 개방형 연료전지시스템 설계검증 플랫폼 기술개발	모빌리티 데이터 고도화(운행데이터, 운행모드)	900	활용	D 개발	쟁점 외 유지	M3	M2	임무 M3~M2	2차 판정 유지
22	산업 통상부	3551	수소모빌리티 확대 개방형 연료전지시스템 설계검증 플랫폼 기술개발	설계, 검증 소프트웨어 고도화(부품 모델, SW 3종)	1,500	활용	D 개발	쟁점 외 유지	M3	M2	임무 M3~M2	2차 판정 유지
23	산업 통상부	3551	수소모빌리티 확대 개방형 연료전지시스템 설계검증 플랫폼 기술개발	롤링섀시 제작, 검증(차량 플랫폼, 도로모델, HIL)	800	활용	V 실증	H-3 만장일치	M3	M2	임무 M3~M2	2차 판정 유지

연번	부처	단위사업	세부사업	내역사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정근거	임무(주)	임무(부)	플래그	비고
24	산업통상부	3551	수소모빌리티 확대 개방형 연료전지시스템 설계검증 플랫폼 기술개발	사업화지원 및 활용교육(50개 기업 협의체)	130	활용	Dep 보급	쟁점 외 유지	M3	-	-	
25	산업통상부	3551	특장차 수소 파워팩 기술지원 기반구축	장비구축비(수소파워팩 충/방전 성능평가 시스템 1종)	1,487	활용	비VC (인프라)	C-1 다수	G	M3	-	
26	산업통상부	3551	특장차 수소 파워팩 기술지원 기반구축	기업지원(시제품, 기술지도, 네트워크 31건)	657	활용	Dep 보급	쟁점 외 유지	M3	M2	-	
27	산업통상부	3551	특장차 수소 파워팩 기술지원 기반구축	기획평가관리비	66	활용	비VC (기관운영)	C-1 다수	G	M3	-	
28	산업통상부	5701	천연가스 배관망 수소혼입 안전성 검증 및 안전기술개발	일반-도시가스 배관 수소취성 평가 및 수명예측	650	저장운송	V 실증	H-3 만장일치	M2	M1	-	
29	산업통상부	5701	천연가스 배관망 수소혼입 안전성 검증 및 안전기술개발	통합형-총괄(전주기 안전성 검증 종합관리)	100	저장운송	비VC (기관운영)	C-1 다수	G	M2	-	
30	산업통상부	5701	천연가스 배관망 수소혼입 안전성 검증 및 안전기술개발	세부1-주택/산업용 연소기, 가스기기 안전성	750	저장운송	V 실증	H-3 만장일치	M2	M1	-	
31	산업통상부	5701	천연가스 배관망 수소혼입 안전성 검증 및 안전기술개발	세부2-비금속 재료 수소침투 적합성, 유량 오차	700	저장운송	V 실증	H-3 만장일치	M2	M1	-	
32	산업통상부	5701	천연가스 배관망 수소혼입 안전성 검증 및 안전기술개발	세부3-도시가스 배관망 수소혼입 실증, 기준 개발	1,300	저장운송	V 실증	쟁점 외 유지	M2	M1	-	
33	기후에너지환경부	6431	RE100 기반의 수소 시범단지 인프라 기술개발	가. 통합 에너지시스템 운전	1,493	활용	V 실증	쟁점 외 유지	M2	-	-	
34	기후에너지환경부	6431	RE100 기반의 수소 시범단지 인프라 기술개발	나. 가상발전소 분산자원 관리기술 개발	987	활용	D 개발	쟁점 외 유지	M2	-	-	

연번	부처	단위 사업	세부사업	내역사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정 근거	임무 (주)	임무 (부)	플래그	비고
35	기후 에너지 환경부	6431	RE100 기반의 수소 시범단지 인프라 기술개발	다. 경제성 확보모델 개발	355	활용	D 개발	쟁점 외 유지	M2	-	-	
36	기후 에너지 환경부	6431	대용량 청록수소 공급 시스템 기술개발	대용량 청록수소 공급 시스템 개발	4,600	생산	D 개발	쟁점 외 유지	M2	-	-	
37	기후 에너지 환경부	6431	청정수소원천 기술밸류업	수전해 요소기술 성능, 신뢰성 평가체계 (4 신규과제)	4,500	생산	R 연구	쟁점 외 유지	M2	-	-	
38	기후 에너지 환경부	5203	해외청정수소 암모니아 생산 및 도입기반구축	해외청정수소 암모니아 생산, 도입기반구축	1,650	생산	Dep 보급	쟁점 외 유지	M1	M2	임무 M1~M2	2차 판정 유지
39	기후 에너지 환경부	5804	수소생산기지 구축	수전해 공급인프라 구축 ('22 ~ '25 종료)	0	생산	Dep 보급	종료 표시	M2	-	-	예산 0, 종료
40	기후 에너지 환경부	5804	수소생산기지 구축	탄소포집형 수소생산기지 구축	5,990	생산	Dep 보급	H-4c 권장안 채택	M2	-	V 재논의 조건	
41	기후 에너지 환경부	5804	수소생산기지 구축 지원	수소생산기지 구축 지원 (현황관리, 평가, 운영)	180	생산	비VC (기관운영)	C-1 다수	G	M2	-	
42	기후 에너지 환경부	6431	한국형 수소환원제철 실증기술개발	한국형 수소환원제철 실증기술개발 (11 신규과제)	50,146	활용	V 실증	H-2 다수	M2	M3	P 후보(FOAK)	
43	기후 에너지 환경부	6431	상용급 액체수소 플랜트용 압축기 핵심기술개발 및 실증	가. 통합제어시스템, 공정모델 업데이트	836	저장 운송	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M1	-	
44	기후 에너지 환경부	6431	상용급 액체수소 플랜트용 압축기 핵심기술개발 및 실증	나. 원심형 냉매압축기 실가스 성능시험	1,381	저장 운송	V 실증	H-3 만장일치	M2	M1	-	
45	기후 에너지 환경부	6431	상용급 액체수소 플랜트용 압축기 핵심기술개발 및 실증	다. 원심형 냉매압축기 테스트베드 시공	1,743	저장 운송	V 실증	쟁점 외 유지	M2	M1	-	
46	기후 에너지 환경부	5701	액화수소(LH2) 인수기지 핵심설비 및 시설안전기술 개발	가. 액화수소 인수기지 위험성평가, 안전기준	1,530	저장 운송	V 실증	쟁점 외 유지	M1	M2	임무 M2~M1	2차 판정 변경(M2 → M1)

연번	부처	단위사업	세부사업	내역사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정근거	임무(주)	임무(부)	플래그	비고
47	기후에너지환경부	5701	액화수소(LH2) 인수기지 핵심설비 및 시설안전기술 개발	나. 디지털트윈 기반 안전관리 플랫폼	1,170	저장운송	D 개발	쟁점 외 유지	M1	M2	임무 M2~M1	2차 판정 변경(M2 → M1)
48	기후에너지환경부	5701	액화수소(LH2) 인수기지 핵심설비 및 시설안전기술 개발	다. 액화수소 저장탱크 단열성능 평가	3,100	저장운송	V 실증	쟁점 외 유지	M1	M2	임무 M2~M1	2차 판정 변경(M2 → M1)
49	기후에너지환경부	5701	액화수소(LH2) 인수기지 핵심설비 및 시설안전기술 개발	라. 40,000m³급 적하역 시스템 안전성	1,300	저장운송	V 실증	쟁점 외 유지	M1	M2	임무 M2~M1	2차 판정 변경(M2 → M1)
50	기후에너지환경부	6431	수소도시용 수소배관망 국산화 및 실증 기술개발	가. 수소배관망 설계, 시공 시뮬레이터, 통합플랫폼	2,320	저장운송	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M1	-	
51	기후에너지환경부	6431	수소도시용 수소배관망 국산화 및 실증 기술개발	나. 수소취성 평가용 시험기, 평가 기준	1,870	저장운송	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M1	-	
52	기후에너지환경부	6431	수소도시용 수소배관망 국산화 및 실증 기술개발	다. 테스트베드(1km) 구축, 안전성 평가	3,251	저장운송	V 실증	쟁점 외 유지	M2	M1	-	
53	기후에너지환경부	5701	장거리고압 수소배관망 고안전성 확보 및 AI 기반 안전관리기술 개발	총괄. 장거리 디지털트윈 안전관리 플랫폼	800	저장운송	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M1	-	
54	기후에너지환경부	5701	장거리고압 수소배관망 고안전성 확보 및 AI 기반 안전관리기술 개발	세부1. 초정밀 수소누출 감지, 온디바이스 AI	800	저장운송	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M1	-	
55	기후에너지환경부	5701	장거리고압 수소배관망 고안전성 확보 및 AI 기반 안전관리기술 개발	세부2. 지하 배관 수소취성, 부식 탐상	1,600	저장운송	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M1	-	

연번	부처	단위사업	세부사업	내역사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정근거	임무(주)	임무(부)	플래그	비고
56	기후에너지환경부	5701	장거리고압 수소배관망 고안전성 확보 및 AI 기반 안전관리기술 개발	세부3. AI 위험예측, 진단, 자율안전	800	저장운송	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M1	-	
57	기후에너지환경부	5203	수소저장, 운송 클러스터 구축사업	클러스터 건축, 장비구축(산업진흥센터, 안전성시험, 시스템실증, LH2 플랜트)	5,074	저장운송	비VC(인프라)	C-1 다수	G	M2	-	
58	기후에너지환경부	5203	수소터빈 시험연구센터 구축	가. 수소터빈 시험평가 주요설비구축	18,200	활용	V 실증	쟁점 외 유지	M2	M3	-	
59	기후에너지환경부	5203	수소터빈 시험연구센터 구축	나. 엔지니어링 기술확보	2,700	활용	V 실증	쟁점 외 유지	M2	M3	-	
60	기후에너지환경부	5203	수소연료전지 발전 클러스터 구축사업	가. 전담기관 운영관리비	143	활용	비VC (기관운영)	C-1 다수	G	M3	-	
61	기후에너지환경부	5203	수소연료전지 발전 클러스터 구축사업	나. 연료전지 시험평가장비 8종 10대 구축	12,942	활용	비VC (인프라)	H-5 다수	G	M3	-	
62	기후에너지환경부	6431	안전기반 소형 수소추진선박 기술개발 및 실증	안전기반 소형 수소추진선박 기술개발, 실증(2단계)	1,396	활용	V 실증	H-3 만장일치	M2	M3	-	
63	기후에너지환경부	6431	안전기반 소형 수소추진선박 기술개발 및 실증	친환경연료 화재폭발 안전성, 화재대응설비 개발(신규 1단계)	4,900	활용	D 개발	H-3 만장일치	M2	M3	-	
64	기후에너지환경부	1532	수소자동차 핵심부품 재활용 기술개발사업	수소자동차 핵심부품 재사용, 소재 재활용 기술 (3 신규과제)	6,300	활용	D 개발	쟁점 외 유지	M2	M1	-	
65	기후에너지환경부	6233	청정수소 활용 수소모빌리티 보급기반 구축사업	수자원 기반 청정수소 생산 (소수력, 정수장)	8,835	생산	V 실증	H-4a 다수	M2	-	-	
66	기후에너지환경부	6233	청정수소 활용 수소모빌리티 보급기반 구축사업	바이오가스 기반 청정수소 생산	15,600	생산	V 실증	H-4b 다수	M2	-	-	
67	기후에너지환경부	6431	수소융합혁신 기술개발	수소융합혁신기술개발 (3 신규과제)	4,000	활용	D 개발	쟁점 외 유지	M2	-	-	

연번	부처	단위사업	세부사업	내역사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정 근거	임무 (주)	임무 (부)	플래그	비고
68	기후에너지환경부	6431	제조공정 미활용수소 혼합가스 청정연소기술 개발	수소혼합가스 연소시스템 지원 (3 활동)	6,250	활용	D 개발	H-3 만장일치	M2	-	-	
69	기후에너지환경부	5203	수소유통 기반구축사업	수소튜브트레일러 지원	2,581	저장운송	Dep 보급	쟁점 외 유지	M1	M2	임무 M1~M2	2차 판정 유지
70	기후에너지환경부	5203	수소유통 기반구축사업	수소 거래시스템 + 유통정보시스템 운영	1,395	저장운송	비VC (거버넌스)	C-1 다수	G	M1	-	
71	기후에너지환경부	5203	수소유통 기반구축사업	수소 수급통계 + 수급계획 수립	360	저장운송	비VC (거버넌스)	C-1 다수	G	M1	-	
72	기후에너지환경부	5203	수소유통 기반구축사업	수소 유통질서 + 신고센터 운영	517	저장운송	비VC (거버넌스)	C-1 다수	G	M1	-	
73	기후에너지환경부	6433	청정수소인증 기반구축사업	청정수소 예비, 시범 인증사업	1,706	생산	Dep 보급	H-1 권장안 채택	M2	-	거버넌스 성격 병존, 임무 M2~G	2차 판정 유지
74	기후에너지환경부	6433	청정수소인증 기반구축사업	청정수소 인증역량 강화사업	2,300	생산	Dep 보급	H-1 권장안 채택	M2	-	거버넌스 성격 병존, 임무 M2~G	2차 판정 유지
75	기후에너지환경부	5143	수소시설 안전관리 강화	수소시설 검사장비 구입	32	활용	비VC (인프라)	C-1 다수	G	M2	-	
76	기후에너지환경부	5143	수소시설 안전관리 강화	수소충전소 품질검사비 지원	396	활용	Op 운영	쟁점 외 유지	M2	-	임무 M2~G	2차 판정 유지
77	기후에너지환경부	5143	수소시설 안전관리 강화	수소충전소 실시간 모니터링시스템 운영	200	활용	Op 운영	쟁점 외 유지	M2	-	임무 M2~G	2차 판정 유지
78	기후에너지환경부	5143	수소시설 안전관리 강화	수소충전소 충전 안전성능 확인평가 지원	180	활용	Op 운영	쟁점 외 유지	M2	-	임무 M2~G	2차 판정 유지
79	기후에너지환경부	5143	수소시설 안전관리 강화	수소충전소 자체 점검장비 구입	70	활용	비VC (인프라)	C-1 다수	G	M2	-	
80	기후에너지환경부	5143	수소시설 안전관리 강화	수소충전소 안전영향평가 지원	40	활용	Op 운영	쟁점 외 유지	M2	-	임무 M2~G	2차 판정 유지
81	기후에너지환경부	5203	수소산업진흥 기반구축사업	청정수소 시험평가, 실증화 지원기반 구축	21,439	기반	V 실증	H-6 만장일치	G	M3	임무 G~M3	2차 판정 유지
82	기후에너지환경부	5203	수소산업진흥 기반구축사업	수소기업 성장지원	4,045	기반	Dep 보급	H-6 만장일치	M3	-	-	

연번	부처	단위 사업	세부사업	내역사업	2026년 본예산	3분류	VC 단계	확정 근거	임무 (주)	임무 (부)	플래그	비고
83	기후 에너지 환경부	5203	수소산업진흥 기반구축사업	수소국제협력사업	393	기반	비VC (거버넌스)	H-6 만장 일치	G	-	-	
84	기후 에너지 환경부	5203	수소산업진흥 기반구축사업	수소산업 통계조사 + 종합정보포털	338	기반	비VC (거버넌스)	H-6 만장 일치	G	-	-	
85	기후 에너지 환경부	5203	수소산업진흥 기반구축사업	수소경제 사회적공감대 형성	243	기반	비VC (거버넌스)	H-6 만장 일치	G	-	-	
86	기후 에너지 환경부	5203	수소산업진흥 기반구축사업	제주 그린수소 글로벌포럼	250	기반	비VC (거버넌스)	H-6 만장 일치	G	-	-	
87	기후 에너지 환경부	6431	H2GATHER	H2GATHER	5,055	생산	R 연구	쟁점 외 유지	M2	-	-	
88	기후 에너지 환경부	5703	신재생에너지 핵심기술개발	수소	73,453	생산	D 개발	H-7 다수	M2	-	-	
89	기후 에너지 환경부	5703	신재생에너지 핵심기술개발	연료전지	51,345	활용	D 개발	H-7 다수	M2	M3	-	
90	기후 에너지 환경부	6431	무탄소에너지 핵심기술개발 사업	그린수소기술자립 프로젝트	12,000	생산	D 개발	쟁점 외 유지	M2	-	-	
91	기후 에너지 환경부	6431	무탄소에너지 핵심기술개발 사업	H2NEXTROUND	8,600	활용	D 개발	쟁점 외 유지	M2	-	-	
92	기후 에너지 환경부	6431	무탄소에너지 핵심기술개발 사업	미래수소원천 기술개발	4,300	생산	R 연구	쟁점 외 유지	M2	-	-	
93	기후 에너지 환경부	6431	무탄소에너지 핵심기술개발 사업	AI기반미래기후기술 개발원천연구사업	5,083	기반	R 연구	H-6 만장 일치	G	-	임무 G~M2	2차 판정 유지
계				93행	485,041							

G-3. 확정 분석 모수에서 분리, 제외, 통합한 행(원자력 9행)

분석 대상 목록(원자력 104행 1,062,673백만원)에서 전문가 자문의 만장일치 결정(N-1, N-2, C-3)에 따라 분리, 제외, 통합한 9행이다. 산업단지 진입도로는 원자력 산업단지와의 직접 연계가 확인되는 부분에 한해 비VC 인프라로 유지할 수 있으나, 통합 62건 일괄 계상으로 분리가 불가능하여 전체를 제외하였다. 수소 분야는 조정 행이 없다.

연번	부처	세부사업	내역사업	2026년 본예산	1차 태깅	처리	근거
1	과기정통부	국제핵융합실험로(ITER) 공동개발사업(과기부 분담)	현금분담금 등	87,350	V 실증	분리 (핵융합 국제 분담)	N-1 만장일치
2	기후에너지환경부	국제핵융합실험로(ITER) 공동개발사업(기후부 분담, 구 산업부 분담)	현금분담금 등	62,820	V 실증	분리 (핵융합 국제 분담)	N-1 만장일치
3	기후에너지환경부	국제핵융합실험로(ITER) 공동개발사업(기후부 분담, 구 산업부 분담)	장치개발, 제작	21,100	V 실증	분리 (핵융합 국제 분담)	N-1 만장일치
4	과기정통부	비통화금융기관예치	비통화금융기관예치	56,254	비VC (인프라)	제외 (자금 운용)	N-2 만장일치
5	국토교통부	산업단지 진입도로 지원(경주혁신원자력연구단지 포함)	산업단지 진입도로 지원(통합 62건, 경주혁신원자력연구단지 포함)	182,034	비VC (인프라)	제외 (간접 인프라, 조건부)	N-2 만장일치
6	과기정통부	원전해체 경쟁력 강화 기술개발사업	원전해체 핵종분석 및 실증기반 구축	650	V 실증	통합(이중계상 — 과기정통부 동일 사업 자료의 중복 등재)	C-3 만장일치
7	과기정통부	원전해체 경쟁력 강화 기술개발사업	원전해체 핵종분석 및 실증기반 구축	3,243	D 개발	통합(이중계상 — 과기정통부 동일 사업 자료의 중복 등재)	C-3 만장일치
8	기후에너지환경부	사용후핵연료 저장, 처분 안전성 확보를 위한 핵심 기술개발	사용후핵연료저장, 처분안전성확보를 위한 핵심기술개발	22,115	V 실증	통합(이중계상 — 기후에너지환경부 분담 자료의 중복 등재)	C-3 만장일치
9	기후에너지환경부	사용후핵연료 저장, 처분 안전성 확보를 위한 핵심 기술개발	사업단운영비	1,000	V 실증	통합(이중계상 — 기후에너지환경부 분담 자료의 중복 등재)	C-3 만장일치
계			9행	436,566			

G-4. 발주기관 검토 목록에 따른 조사대상 조정(2026년 6월)

4월 구축 데이터(원자력 78개, 수소 37개 세부사업)에 대해 발주기관이 검토하여 제공한 추가 검토 대상(수소 5건, 원자력 13건)과 제외 대상(원자력 15건)의 목록과 연구진의 처리 결과이다. 추가 검토 13건 가운데 2건은 목록 추가 후 기존 사업의 부처 분담 자료와 동일한 것으로 확인되어 전문가 자문(C-3)에서 이중계상으로 통합하였고, 국제핵융합실험로 2건은 목록에 유지한 뒤 자문(N-1)에서 분리를 확정하였다. 금액은 2026년 본예산(백만원)이다.

연번	구분	분야	부처	세부사업	발주기관 검토 의견	연구진 처리 결과
1	추가 검토	수소	과기정통부 ('26 기후에너지환경부)	H2GATHER	-	목록 추가 (1행, 5,055)
2	추가 검토	수소	기후에너지환경부	신재생에너지핵심 기술개발	일부 내역 (수소, 연료전지)	관련 내역 2행 추가 (124,798)
3	추가 검토	수소	기후에너지환경부	무탄소에너지핵심 기술개발사업	일부 내역	관련 내역 4행 추가(29,983)
4	추가 검토	수소	기후에너지환경부	석유화학 무탄소 연료기반 NCC 공정기술 개발사업	-	미반영 (수소 특정 내역 식별 곤란)
5	추가 검토	수소	국토교통부	도심친화형 그린모빌리티 수소전기트램 실증사업	자료 없음	미반영 (사업설명자료 미확보)
6	추가 검토	원자력	과기정통부 ('26 기후에너지환경부)	민관합작 차세대원자로 개발 프로젝트	-	목록 추가(2행, 6,716)
7	추가 검토	원자력	과기정통부 ('26 기후에너지환경부)	민관합작 선진원자로 수출 기반 구축사업	-	목록 추가(1행, 7,000)
8	추가 검토	원자력	기후에너지환경부	가동원전 안전성 향상 핵심기술 개발사업	다부처	목록 추가(기후에너지환경부 분담 3행, 36,890)
9	추가 검토	원자력	기후에너지환경부	원전해체 경쟁력 강화 기술개발사업	다부처	목록 추가 후 과기정통부 사업과 동일 자료로 확인, 이중계상 통합(2행, 3,893)
10	추가 검토	원자력	기후에너지환경부	혁신형 소형모듈 원자로(i-SMR) 기술개발사업	다부처	목록 추가(기후에너지환경부 분담 4행, 26,665)
11	추가 검토	원자력	기후에너지환경부	사용후핵연료 저장, 처분 안전성 확보를 위한 핵심기술개발	다부처	목록 추가(기후에너지환경부 분담 2행, 23,115)
12	추가 검토	원자력	기후에너지환경부	차세대 핵연료 시범연료봉 기술개발사업	-	목록 추가(1행, 3,702)

연번	구분	분야	부처	세부사업	발주기관 검토 의견	연구진 처리 결과
13	추가 검토	원자력	기후에너지환경부	사용후핵연료 관리시설 설계기술 개발	-	목록 추가(1행, 700)
14	추가 검토	원자력	원안위	중소형원자로 안전규제 기반기술 개발	안전규제 분야이나 기술개발 내용 검토 필요	목록 추가(1행, '26 예산 자료 없음)
15	추가 검토	원자력	원안위	소형모듈원자로 전주기 안전규제 검증기술 개발	안전규제 분야이나 기술개발 내용 검토 필요	목록 추가(1행, 7,000)
16	추가 검토	원자력	원안위	차세대 비경수형 원자로 규제검증기술 개발	안전규제 분야이나 기술개발 내용 검토 필요	목록 추가(1행, 2,310)
17	추가 검토	원자력	원안위 (자료: 기후에너지환경부)	사용후핵연료 저장, 처분 안전성 확보를 위한 핵심기술개발	다부처, 안전규제 분야이나 기술개발 내용 검토 필요	목록 추가 후 위 기후에너지환경부 분담과 동일 자료로 확인, 이중계상 통합(2행, 23,115)
18	추가 검토	원자력	해수부	용융염원자로(MSR) 혁신기술개발	다부처	목록 추가(1행, 600)
19	제외	원자력	과기정통부	의료용 방사성 동위원소 생산기술 및 시스템 고도화	비에너지 분야 활용(의료, 산업)	목록 제외(6,000)
20	제외	원자력	과기정통부	방사성동위원소 산업육성 및 고도화 기술 지원사업	비에너지 분야 활용(의료, 산업)	목록 제외(2,775)
21	제외	원자력	과기정통부	방사선이용기술개발	비에너지 분야 활용(의료, 산업)	목록 제외(11,100)
22	제외	원자력	과기정통부	방사선융복합산업 지원사업	비에너지 분야 활용(의료, 산업)	목록 제외(4,700)
23	제외	원자력	과기정통부	방사선기기 품질관리 및 검정 체계 고도화	비에너지 분야 활용(의료, 산업)	목록 제외(1,500)
24	제외	원자력	과기정통부	비파괴검사 기술역량 강화	비에너지 분야 활용(의료, 산업)	목록 제외(1,500)
25	제외	원자력	과기정통부	중입자가속기구축지원사업	원자력 에너지 분야 판단 모호	목록 제외(19,315)
26	제외	원자력	과기정통부	한국원자력의학원 연구운영비 지원	비에너지 분야 활용(의료, 산업)	목록 제외(51,170)
27	제외	원자력	과기정통부	한국원자력의학원 시설 지원	비에너지 분야 활용(의료, 산업)	목록 제외(9,156)
28	제외	원자력	과기정통부	동남권원자력의학원 시설 지원	비에너지 분야 활용(의료, 산업)	목록 제외(9,870), 동남권원자력의학원 연구운영비(19,921)도 같은 사유로 제외

연번	구분	분야	부처	세부사업	발주기관 검토 의견	연구진 처리 결과
29	제외	원자력	과기정통부	한국연구재단 기획평가관리비 (원자력기금)	기획평가관리비 제외	목록 제외(4,416)
30	제외	원자력	과기정통부	국제핵융합실험로 (ITER) 공동개발사업	핵융합 에너지 분야, 다부처	목록 유지 후 전문가 자문에서 분리 확정(87,350)
31	제외	원자력	기후에너지환경부	국제핵융합실험로 (ITER) 공동개발사업	핵융합 에너지 분야, 다부처	목록 유지 후 전문가 자문에서 분리 확정(83,920)
32	제외	원자력	원안위	한국원자력안전재단 기획평가관리비	기획평가관리비 제외	목록 제외(943)
33	제외	원자력	원안위	행정사무정보화 (정보화)	원자력 분야와의 관련성 낮음	목록 제외(1,479)

부록 H. 전문가 자문 쟁점 총괄과 소수의견

H-1. 자문 쟁점 22개 항목 총괄

제8장 제1절의 쟁점 구성과 제2절의 집계, 제4절의 확정을 한 표로 모은 것이다. 응답은 원자력 쟁점은 위원 ① ~ ④, 수소 쟁점은 위원 ⑤ ~ ⑧, 공통 쟁점은 ① ~ ⑧의 순이다.

번호	쟁점	대상 (행수, 금액)	선택지	연구진 권고	응답	결과	확정
C-1	비VC 항목의 분리 여부	원자력 33행 318,759 / 수소 22행 30,748	A 분리, 보조표 관리 / B 인접 단계 강제 편입	A	A, A, A, A, A, B, A, A	다수 7대 1 (B 1건은 서술 의견이 A 논지)	A 분리 확정
C-2	양산(P) 공백의 해석	양 분야 P = 0건	A 구조적 공백 명시 / B 기준 조정으로 일부 V를 P로	A	A, A, B, A, A, A, A, A	다수 7대 1	A. P 판정 기준 재서술과 기준 검증 각주
C-3	부처 분담, 중복의 이중계상 처리	원자력 18행 / 수소 이관 4건	A 사업 마스터 기준 통합 / B 부처별 별개 계상	A	A × 8	만장일치	A. 식별 키 = 사업 고유번호 + 예산액
N-1	국제핵융합 실험로 분담의 처리	3행 171,270	A 분리(각주) / B 원자력 V 유지	A	A, A, A, A	만장일치	분리
N-2	진입도로, 여유자금 예치의 처리	2행 238,288	A 분석 제외 / B N-인프라 유지	A	A, A, A, A	만장일치	제외(진입도로 조건부 각주)
N-3a	동위원소 상용화 기술개발	1행 1,050	V 유지 / P 승격 / 보류	판단 요청	P, V, P, V	상충 2대 2	V 유지, P 후보 플래그 존치
N-3b	차세대 핵연료 시범연료봉	1행 3,702	V 유지 / P 승격 / 보류	판단 요청	V, V, V, V	만장일치	V 유지
N-4	R~D 경계 14건의 판정 기준	14행 99,575	A 외부시험 기준 승인 후 개별 확정 / B 현행 확정 / C 다른 기준	A	A, A, A, A	만장일치 (개별 적용 이견)	기준 승인, R 8행 → D 일괄 이동, 보조 기준 추가
N-5	Dep~Op 경계 4건	4행 77,858	A 운영기관 경비 Op 유지 / B 경상비 N-운영 이동	A	A, A, B, A	다수 3대 1	Op 유지, 경비 분리는 후속 과제

번호	쟁점	대상 (행수, 금액)	선택지	연구진 권고	응답	결과	확정
N-6	규제연구의 위치	기관고유 2건 19,065 + 규제 R&D	A 기술 VC 유지 / B N-거버 분리 / C 별도 태그	A	A, A, A, A	만장일치	기술 VC 유지
N-7a	해양용 MSR 4건과 사업단의 3분류	5행 7,548	기타 유지 / SMR / 대형	판단 요청	SMR × 4	만장일치	SMR 이동
N-7b	해양수산부 MSR 해양 적용의 3분류	1행 600	대형 유지 / SMR / 기타	판단 요청	SMR × 4	만장일치 (위원 ② 종합 의견과 불일치)	SMR 이동
N-7c	원자력 전문인력양성의 단계	1행 3,550	현행(R) 유지 / 비VC 이동	판단 요청	비VC, 비VC, 비VC, 유지	다수 3대 1	N-인프라 이동
H-1	청정수소 인증의 분류	2행 4,006	A Dep 유지 / B N-거버 분리	A	A, A, B, B	상충 2대 2	Dep 유지, 거버넌스 성격과 민감도 각주
H-2	한국형 수소환원제철 실증	1행 50,146	A V 유지, P 전환 직전 후보 각주 / B P 승격	A	A, A, A, B	다수 3대 1	V 유지, P 후보 표시
H-3	D~V 통합실증 12건의 지배활동 기준	12행 32,883	A 지배활동 기준 유지 / B 활동 단위 분할	A	A, A, A, A	만장일치	기준 유지
H-4a	수자원 기반 청정수소 생산	1행 8,835	V 유지 / Dep 이동	판단 요청	V, V, V, Dep	다수 3대 1	V 유지
H-4b	바이오가스 기반 청정수소 생산	1행 15,600	V 유지 / Dep 이동	판단 요청	V, V, V, Dep	다수 3대 1	V 유지
H-4c	탄소포집형 수소생산기지 구축	1행 5,990	Dep 유지 / V 이동	판단 요청	V, V, Dep, Dep	상충 2대 2	Dep 유지, V 재논의 조건 메모
H-5	시험장비, 검사소의 처리	3행 16,342	A N-인프라 유지 / B V 승격 / C 개별 판단	A	B, A, A, A	다수 3대 1	N-인프라 유지
H-6	기반(횡단) 분류 7건의 유지	7행 31,791	A 기반 유지 / B 최근접 분야 강제 귀속	A	A, A, A, A	만장일치	기반 유지
H-7	대규모 계속사업 2건의 단일 단계 태깅	2행 124,798	A D 유지, 한계 명시 / B 과제 단위 분해 / C 비율 안분	A	B, A, A, A	다수 3대 1	D 유지, 한계 명시

집계: 만장일치 10건, 다수 9건, 상충 3건. 연구진 권고안을 제시한 19개 항목은 전부 다수 또는 만장일치로 채택되었고, 상충 3건은 모두 “판단 요청” 항목이었다.

H-2. 상충 쟁점 3건의 양측 논거 전문

1. N-3a 수출용 신형 연구로 생산 동위원소 상용화 기술개발(1,050) — V 유지 대 P 승격

입장	위원	논거(원문 발췌)
P 승격	①	"동위원소 상용화는 Production 단계에 들어가는 것이 적합해 보이나, 시범연료봉은 기술의 실증 단계로 보이기 때문에 V 유지가 적합합니다."
P 승격 (조건부)	③	"수출형 신형연구로 생산 동위원소 상용화 기술개발은 실제 동위원소를 생산하여 시장에 공급하고자 추진하는 과제이므로 P 단계 적용 가능성이 높음. 다만 동위원소 생산, 분리정제 기술의 시험 및 공정검증 단계에 머무르는 연구의 경우는 V 유지 필요(기장로의 Mo-99 생산 계획은 세계 수요의 약 20% 정도임). 차세대 핵연료 시범연료봉 기술개발은 연료의 성능 및 안전성을 검증하는 활동으로, 상업 규모의 생산이 아니라 P 단계와 구별됨. 향후 상업용 제조 라인을 이용한 연료집합체 생산 및 발전소 공급 단계에 진입할 경우 P로 분류 가능."
V 유지	②	"수출용 신형연구로는 실증로이므로 실증. 양산의 대상이 아님. 차세대 핵연료도 현재 실증 단계이며, 양산 단계는 KNF(한전원자력연료)에서 사업 추진 여부에 따라 판단할 수 있음."
V 유지	④	"과기부 미션, 역할과 기후부(구 산업부), 원전 운영 등을 고려할 경우 상위 2개에 대한 영역은 현재대로 유지가 타당할 것으로 판단됨."

연구진 처리: 위원 ③의 조건부 논거가 해소 경로를 제공한다. 쟁점의 본질은 태깅 대상이 연구로(실증 설비)인지 그 산출물의 시장 공급인지이며, 사업설명자료의 목표와 산출물이 상용화 검증, 표준화, 대량생산 기술 확보에 있어 시장 공급 활동이 아직 지배적이지 않으므로 V를 유지하고 "P 후보" 플래그를 존치한다. 정량 영향은 P 승격 시 1,050백만원(총 모수의 0.17%)이다.

2. H-1 청정수소 인증 2건(4,006) — Dep 유지 대 N-거버 분리

입장	위원	논거(원문 발췌)
Dep 유지	⑤	"기존 가스 사업체계 및 신시장의 보급에 규제의 일종인 인증은 Dep로 유지가 타당함."
Dep 유지	⑥	"청정수소 인증은 수소산업의 타산업 대비 경쟁력을 향상하는, 시장 보급을 증대하는 수단으로 분류함이 타당합니다."
N-거버 분리	⑦	"인증에 대한 내용은 양측면을 모두 포함하고 있음. 다만 VC에서는 R부터 Op까지 해당 기술의 성장과 확대에 대한 수준을 평가함. 인증과 관련된 사업은 VC 계층에서 낮은 단계부터 성장하는 성격이 아니므로 분리하는 것이 적합할 것으로 판단됨."
N-거버 분리	⑧	(선택 응답만, 논거 미제시)

연구진 처리: 정의서 내부의 긴장(분야별 운용 정의의 "인증 = Demand-pull 보급 수단"과 정책수단 축의 "인증 = 거버넌스")이 자문에서 재현된 것으로, 기능 관점과 계보 관점이 모두 성립한다. 민감도는 인증 4,006백만원을 N-거버로 옮겨도 Dep 16.4% → 15.5%, 비VC 6.3% → 7.2%(0.8%p)로 해석 변화가 없다. 분야별 운용 정의와의 일관성과 "보급 진전" 서사의 근거(인증과 의무화의 연동)를 유지하기 위해 Dep를 유지하고, 거버넌스 성격과 민감도를 각주로 병기하며 임무 태깅에서 재논의가 가능하도록 플래그를 남긴다.

3. H-4c 탄소포집형 수소생산기지 구축(5,990) — V 이동 대 Dep 유지

입장	위원	논거(원문 발췌)
V 이동	⑤	(선택 응답만, 논거 미제시)
V 이동	⑥	"생산기지, 생산시설 사업은 사업성과 기술성을 검증받기 전으로 시장 공급 확대를 목적으로 검증하는 단계로 분류함이 타당합니다. 검증 후에 시장 공급 확대의 활동으로 분류함이 타당합니다."
Dep 유지	⑦	"각 사업의 세부 내용을 분석해야 하나 사업명이 내용을 충실히 반영하였다면 구축과 관련된 사업은 Dep, 생산과 관련된 사업은 V가 적합함."
Dep 유지	⑧	(선택 응답만, 논거 미제시)

연구진 처리: 위원 ⑦의 판정 규칙(구축 = Dep, 생산 실증 = V)은 같은 쟁점군의 H-4a, H-4b(수자원, 바이오가스 청정수소 "생산" = V 유지, 3대 1)와 정합적이며, 본 건은 사업명이 "구축"이므로 규칙상 Dep이다. 위원 ⑥의 기준(검증 전이면 V)을 적용하려면 사업 내용의 확인이 선행되어야 하므로, Dep를 유지하되 탄소포집 연계가 신기술 검증의 성격으로 확인되면 V로 재분류한다는 조건을 남긴다.

H-3. 공통 쟁점의 소수의견과 보완 지적

1. C-2 양산(P) 공백의 해석 — 소수의견(위원 ③)

“원자력과 수소 모두에서 P 단계가 0%로 나타난 것은 실제 양산 상업화 활동의 부재라기보다, 정부 R&D 예산의 범위와 P 단계 태깅 기준에서 비롯된 결과일 가능성이 있다. 특히 현행 정의는 FOAK와 반복적 양산을 혼용하고 있어 대형 플랜트 중심의 원자력 분야를 적절히 포착하기 어려워 보임. 구조적 공백으로 해석하기 전에 최초 상업규모 실증시설 구축 사업이 V, Dep 또는 비VC로 분류되었는지 검토가 필요.”

다수 의견 가운데 P 진입 기준을 제시한 의견(위원 ⑥): “실증을 통한 기술 검증이 완료되어 기술규격이 정의되고 표준화가 진행되며 생산시설 구축을 위한 단계로 진입한 경우를 P의 단계로 분류할 수 있습니다. 현 단계는 V 분류가 타당합니다.”

연구진 처리: 구조적 공백이라는 해석은 유지하되(7대 1), 정의서의 P 판정 기준을 FOAK와 반복 양산을 구분하고 위원 ⑥의 진입 기준을 반영하여 재서술하며, 공백의 해석에 기준 검증을 거쳤음을 본문 각주로 명시한다.

2. C-1 비VC 분리 — 선택 응답과 서술 의견의 불일치(위원 ⑥)

선택 응답은 B(인접 단계 강제 편입)였으나 서술 의견은 “원자력 기술 개발은 원자력안전법 관련 인허가 사항이 우선시되므로 비VC 활동이 다수로 분리 관리가 타당합니다”로 A의 논지였다. 연구진은 이를 오기입으로 판단하고 재확인 없이 다수 의견(A)으로 처리하였다. 관련하여 위원 ④는 비VC를 “R&D 사업이 잘 진행될 수 있도록 보조적 역할, 기반 지원을 하는 성격을 고려하여 별도 지표로 관리(또는 가중치로서 R&D 비중 30% + 다른 비중 70% 등)하는 것도 검토”할 것을 제안하였다.

3. 개별 행 조정 의견과 처리

위원	대상	의견	처리
②	R~D 경계 그룹의 동위원소전지 소재, 초소형 히트파이프, 해양핵종 분석	소재는 D, 히트파이프는 R, 해양핵종 분석은 D로 조정	위원 ④의 일괄 이동안(R 8행 → D)과 방향이 같은 2건은 포함, 히트파이프 D → R은 방향이 반대여서 미채택
②	SMR 전주기 규제검증, 차세대 비경수형 규제검증, MSR 사업단 운영비	3분류를 SMR로	반영(규제 대상 기준, N-7a 확정과 정합)
②	민관합작 차세대원자로	"과기부 사업이며 분류는 SMR"	2026년 예산은 기후에너지환경부 소관(기후대응기금 이관)이며 3분류는 대형 유지
②	방사성폐기물 관리기관 인건비, 기본경비	3분류를 기타로	방폐 사업의 대형 귀속 원칙과 충돌하여 대형 유지
③	산업단지 진입도로 (182,034)	일반 SOC면 제외, 원자력 산업단지와의 직접 연계가 인정되면 비VC 혁신 기반으로 유지	통합 62건 일괄 계상으로 원자력 분리 불가 — 제외하되 조건을 각주로 명시
③	방사성폐기물 관리기관 인건비, 기본경비 (67,409)	기관 전체 경비를 Op에 두지 말고 N-운영으로 둔 뒤 방폐장 직결 예산만 Op로 재분류	다수(3대 1)는 Op 유지. 논거가 구체적이므로 경비 내역 자료 확보 시 후속 정밀화 과제로 기록
③	R~D 경계 14건	사업명만으로 판정하지 말고 사업계획서의 목표, 산출물, 시제품 제작과 성능검증 여부로 판정. 외부시험이 없어도 구체적 시제품, 공정, 코드를 개발하고 자체 성능검증을 수행하면 D	보조 기준으로 정의서에 추가
①	규제연구	적용성이 높아 R보다 한 단계 높은 D, 운영 중 원자로에 적용하면 V나 P도 검토	안전기술원, 통제기술원 기관고유사업비(R)의 D 상향을 2차 개별 검토 메모로 유지
④	R~D 경계 14건	"이미 상용 원자로 등이 건설, 운영되고 있고 더욱 혁신적인 기술의 업그레이드 형식을 고려하여 Development로 변경" — R 태깅 8건 전부 D 이동	권장안으로 채택(N-4)
⑤	수소 태깅 전반	"실증에서 보급으로의 확장 한계에 대한 각 내부 사업별 태깅 정밀도를 높일 수 있는 방안 검토 요구"	H-7과 함께 과제 단위 자료 확보 시 후속 연구로 명시

4. 종합 의견 요지

□ 위원 ③ : “6단계 VC와 비VC를 구분한 태깅 체계는 타당한 것으로 판단함. 다만 사업명이나 수행기관만으로 개발 단계를 판단하기 어려우므로, 해당 과제에 한해 최종 산출물과 실증, 상용화 목표를 간략하게 제시하면 이해와 판단의 정확성이 높아질 것으로 생각됨.”

□ 위원 ④ : 대형 사업의 R&D는 설계, 제작, 구축, 운영의 주기를 고려할 때 6단계 매트릭스 형태가 타당하나, 단계별 마일스톤 심층 평가가 미흡하여 일정 문제가 있어도 큰 목표 수정 없이 진행되는 경우가 있으므로 이에 대한 방식의 고민이 필요. 실증에서 사업화까지의 구간을 줄이거나 건너뛸 수 있는 방법(금융 지원, 별도 실증시설에서 사업화까지의 신속 경로 체계)의 고려가 필요.

□ 위원 ⑥ : “전반적으로 잘 작성되었고, 일부의 예외사항에 대한 소수의견 보고서를 붙임으로 수록함이 권고됩니다.”

□ 위원 ⑦ : “태깅을 통한 분석이 필요하며 충실히 진행된 것으로 보임. 그러나 한계성도 드러난 만큼 보완이 필요한 사항과 추가적인 사항을 정리하여 후속 연구가 도출될 수 있도록 노력할 필요가 있음.”

□ 위원 ⑤ : “수소 사업의 전반적인 태깅은 적절한 것으로 판단되나, 앞서 언급한 실증에서 보급으로의 확장 한계에 대한 각 내부 사업별 태깅 정밀도를 높일 수 있는 방안 검토 요구됨.”

부록 I. 연구 수행 경과 일지

연구 착수 이후 본 보고서 작성 시점까지의 수행 경과를 일지 형식으로 정리한다. 표기 원칙은 본문과 같으며, 산출물은 내용 기술형 명칭으로 표기한다.

〈표 I-1〉 연구 수행 경과 일지

시기	구분	수행 내용	주요 산출
2026.4 중순	계획	연구 범위, 목표, 방법론, 수행 일정을 담은 연구계획 수립과 확정	연구계획서
2026.4 하순	이론	MOIP 원전 문헌 3종(Mazzucato, 2018; Wanzenböck 외, 2020; Larrue, 2021) 정밀 검토와 이론 검토 노트 작성, 국내 선행연구 14종 심층 검토	이론 검토 노트, 국내 선행연구 검토
2026.4 하순 ~ 5 초	이론	OECD MOIP 정책 보고서 시리즈 9편(661쪽) 전수 정밀 검토 — 편별 핵심 프레임워크, 사례, 한국 시사점 정리와 연계 검토	문헌별 분석 노트 9건, 연계 검토
2026.4 하순	설계	이론과 법정계획에 근거한 수소, 원자력의 계획 단계 하향 설계안(임무영역, 포트폴리오, 정책수단) 작성	하향 설계안 2건
2026.4 하순	데이터	원자력 세부사업 78개의 내역사업 단위 예산 정리(카테고리 분류, 회계와 비목, 횡단 분석 포함, 배치 순차 정리)	원자력 예산 정리 자료
2026.4 하순	데이터	수소 세부사업 37개의 내역사업 단위 예산 정리(부처별 6개 배치 전수)	수소 예산 정리 자료
2026.4 말	데이터	분야 통합 내역사업 집계표 구축(내역 단위 363행)과 분야별 합계 전수 검산, 중복과 자금운용의 처리 원칙 정립	통합 집계표
2026.5.8	협의	발주기관 착수 협의 — 이론 압축, 임무 도출 강화, 3대 축 유지, 원자력 3분류, 서술식과 내역사업 단위, 범위 조정의 6개 방향 확정	협의 결과 정리
2026.5.11	분석 틀	혁신 가치사슬 6단계 정의 확정 — 단계별 정의, TRL 대응, 경계 판정 규칙, 단계별 정책수단 적합 구간	6단계 정의서
2026.5.20 ~ 21	임무 도출	법령 10종의 목적 조항과 법정계획의 비전, 전략 분석, 3대 임무 축 정합성 검증, 보강 2종(수소경제 이행 기본계획, 전력수급기본계획) 추가, 발주기관 동의 확보	정합성 검토 보고
2026.5 하순	일정	최종 마감 역산의 단계별 추진 일정 수립(분석 콘텐츠, 편집, 제출, 피드백 반영)과 리스크 대응 정리	추진 일정표
2026.6 상순	데이터	발주기관 검토 의견에 따른 조사대상 조정(추가 검토 18건, 제외 15건)의 확인과 처리	조사대상 조정 결과

시기	구분	수행 내용	주요 산출
2026.6 하순	방법론	중간층 정합성 검증(abductive cross-validation) 방법론 정의 — 세 접근 비교, 6단계 절차, 학술적 근거, 보고서 서술 구조	방법론 정의서
2026.6 하순	데이터	분야 전담 사업 외 관련 내역사업까지 포괄한 분석 대상 목록 확정(원자력 104행, 수소 93행)과 건수, 합계 전수 검산	분석 대상 목록
2026.6.27	태깅	혁신 가치사슬 6단계 1차 태깅(원자력 104행, 수소 93행)과 분야별 진단 — 경계 플래그 106행 식별, 쟁점 목록화	1차 태깅표 2종, 진단 2건
2026.6.29	태깅	두 분야 태깅 결과의 종합 정리(용어 해설 포함, 검증 단계 기초 자료)	태깅 종합 정리
2026.7.6	검증	전문가 자문 자료 설계 — 쟁점 22개(공통 3, 원자력 10, 수소 9)의 배경, 선택지, 권고안 구조화	자문 자료
2026.7.12 ~ 28	검증	전문가 자문 실시(원자력 4인, 수소 4인)와 전원 회신 — 선택 응답 전량, 서술 의견 50건	자문 응답 8건
2026.8.5	검증	자문 결과 종합 분석 — 만장일치 10, 다수 9, 상충 3 집계, 상충 쟁점 심층 검토, 방법의 강점과 보완 필요 4건 도출	자문 종합 분석
2026.8.14	확정	자문 반영 확정 — 22개 항목 전부 처리, 원자력 확정 조정(분리, 제외, 통합, 단계 이동, 3분류 이동)과 확정 분포 재계산, 검산	태깅 확정안
2026.8.19	캐스케이딩	임무 판정 규칙 확정, 사업군 단위 1차 페어링 매트릭스 작성, 하향 논리 대비 격차 6건 진단과 조정 원칙 정리	임무 캐스케이딩 정리
2026.8.25 ~ 9.5	보고서	중간보고서 목차 확정과 본문 장 묶음 순차 작성, 표 체계 정비, 전 수치 검산과 표기 점검	중간보고서 초안
2026.9.8	보고서	요약문과 참고문헌 표준 서식 정비, 편집 착수와 1교 수령	요약문과 참고문헌, 중간보고서 1교
2026.9 중순	협의	점검회의 대비 추진 경과 상세화(추진 경과 개정, 경과 일지 신설)	추진 경과 보완
2026.9.13	캐스케이딩, 보고서	확정 분석 모수 전 행(원자력 95행, 수소 93행)의 행 단위 임무 태깅 전면 실행과 확정 페어링 매트릭스 산출, 하향 설계의 6단계 재편과 설계 격자 작성, 설계 셀과 실제 셀의 대조, 격자 6건 갱신. 이론 검토와 하향 설계의 본문 복원, 분석 대상 전체 목록의 부록 수록을 포함한 전면 개편본 작성	임무 태깅표 2종, 확정 매트릭스, 대조표, 전면 개편본
2026.9.17	협의	점검회의(1교와 추진 경과 보완안 제출), 검토 의견 청취	점검회의 자료

시기	구분	수행 내용	주요 산출
2026.9.16 ~ 23	보고서	전면 개편본 2교 편집, 모과제 수록용 축약본 작성	중간보고서 2교, 축약본
2026.9.27	협의	2교 검토 의견 수령(한국 실정 정합 — 양산은 민간 영역, 캐스케이딩 과정 도식화)과 최종보고서 수정 계획 수립, 과제 종결 전환(제10장 결론 체계 전환)	수정 계획
2026.9.28	캐스케이딩, 보고서	임무 플래그 31행 2차 판정(변경 7행 20,410)과 최종 페어링 매트릭스 산출, 행 단위 입력 데이터 정리, 양산 단계 역할 구분 재정의와 표현 정비, 흐름 문단과 제10장 결론 원고, 종결 정합	태깅표 v2 2종, 최종 매트릭스, 수정 대조표
2026.9.29 ~ 10	보고서	장별 과정 그림 12종 제작, 요약과 축약본 갱신, 참고문헌 확인, 최종 점검, 최종보고서 원고 확정	최종보고서
2026.10.30 ~ 11	발표와 자문 반영	최종 발표, 평가위원 서면자문 5인 반영(원자력 3분류 정정 6행, 제7장 제5절 신설, 두 분야 결과 해석 보강, 제10장 재구성), 수정본 제출	수정본 최종보고서

주 의

1. 이 보고서는 한국과학기술기획평가원에서 위탁받아 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 한국과학기술기획평가원의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.