

발 간 등 록 번 호
11-1721000-000723-01

2022년도 예비타당성조사 보고서

차세대발사체 개발사업

2023. 1.

제 출 문

과학기술정보통신부 장관 귀하

본 보고서를 「차세대발사체 개발사업」의 예비타당성조사 최종보고서로 제출합니다.

2023. 1.

주관연구기관명: 한국과학기술기획평가원(KISTEP)

내 부 연 구 진: 이주석 KISTEP 연구위원(PM)
전수용 KISTEP 연구위원(부PM)
방형욱 KISTEP 연구원

외 부 자 문 단: 김동근 서울연구원 연구위원
김상신 중소벤처기업연구원 연구위원
엄종선 한국국방연구원 책임연구위원
윤영빈 서울대학교 교수
이동진 (주)뉴젠테크 전무
정의영 국방기술진흥연구소 선임연구원
정재운 (주)이즈파크 부사장

검 토 위 원: 허환일 충남대학교 교수

목 차

요 약	1
제 1 장 사업 개요 및 조사방법	27
제 1 절 사업개요	27
1. 주요 내용	29
제 2 절 조사방법	32
1. 항목별 조사방법	32
제 2 장 기초자료 분석	34
제 1 절 발사체 개요	34
1. 발사체의 정의 및 범위	34
2. 발사체 개발이력	36
3. 발사체 기술수준	38
제 2 절 발사체 기술동향	40
1. 글로벌 발사체 기술동향	40
제 3 절 국내외 우주산업 동향	58
1. 해외 우주산업 현황	58
2. 해외 우주산업 트렌드	62
3. 국내 우주산업 현황	67
4. 국내 우주산업 트렌드	72
제 4 절 국내 우주/발사체 분야 조약	74
1. 국내 우주분야 협력조약	74
2. 국내 발사체분야 주요협약	75

제 3 장 과학기술적 타당성 분석	77
제 1 절 문제 및 이슈도출의 적절성	77
1. 문제/이슈 도출의 적절성	77
2. 과학기술기반 문제/이슈 해결의 중요성 및 필요성	85
제 2 절 사업목표의 적절성	89
1. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성	89
2. 차세대발사체 임무설계의 적절성	91
3. 차세대발사체 시스템 구성 개념설계의 적절성	94
4. 사업목표의 구체성	99
5. 성과지표의 표적화의 적절성	100
제 3 절 세부활동 및 추진전략의 적절성	109
1. 세부활동과 사업목표와의 연계성	109
2. 세부활동 도출의 적절성	123
3. 세부활동 성과지표의 적절성	141
4. 추진전략의 적절성	152
제 4 장 정책적 타당성 분석	153
제 1 절 정책의 일관성 및 추진체제	153
1. 상위계획과의 부합성	153
2. 사업 추진체제 및 추진의지	165
제 2 절 사업 추진 상의 위험요인	177
1. 자원조달 가능성	177
2. 법/제도적 위험요인	178

제 5 장 경제적 타당성 분석	181
제 1 절 비용 추정	181
1. 적정 사업비 검토	184
제 2 절 편익 추정	196
1. 주관부처의 경제성 검토	196
2. 예비타당성조사의 경제성 분석	200
제 6 장 종합분석 및 결론	202
제 1 절 AHP를 이용한 종합분석	202
1. AHP 기법을 활용한 종합분석의 개요	202
2. 종합평가 결과	203
제 2 절 결론 및 정책제언	209
1. 조사결과	209
2. 결론	223
3. 정책제언	224
참고문헌	226
부 록. 종합평가를 위한 AHP 설문지	231

표 목 차

<표 1-1> 동 사업의 논리모형	29
<표 1-2> 추진분야별 주요내용	30
<표 1-3> 차세대발사체 개발사업 예산	31
<표 2-1> 국내 발사체 개발 이력	36
<표 2-2> 국내 발사체 개발 이력	37
<표 2-3> 우주발사체 개발 및 운용기술수준	38
<표 2-4> 발사체 관련 기술수준 변화	39
<표 2-5> 미국의 발사체 개발 경위	42
<표 2-6> 미국의 주요 발사체	44
<표 2-7> 러시아의 발사체 개발 경위	45
<표 2-8> 러시아의 주요 발사체	47
<표 2-9> 유럽의 발사체 개발 경위	48
<표 2-10> 유럽 산업체 참여 분야와 기술 수준	49
<표 2-11> 유럽의 주요 발사체	50
<표 2-12> 일본의 발사체 개발 경위	51
<표 2-13> H 발사체 시리즈의 개발 기간 및 비용	51
<표 2-14> 일본의 주요 발사체	52
<표 2-15> 중국의 발사체 개발 경위	53
<표 2-16> 중국의 주요 발사체	55
<표 2-17> 인도의 발사체 개발 경위	56
<표 2-18> 인도의 주요 발사체	57
<표 2-19> 올드 스페이스와 뉴 스페이스 특징	63
<표 2-20> ISECG 주요국의 달 탐사 미션	64
<표 2-21> 우주쓰레기 처리 기업	65
<표 2-22> 우주관광 개발 업체	66
<표 2-23> 위성 인터넷망 서비스 산업참여 기업 현황	66
<표 2-24> 국내총생산액과 우주산업 매출액 추이(기업체)	68
<표 2-25> 발사체분야 매출액(기업체)	69
<표 2-26> 발사체분야 수출입현황	70
<표 2-27> 발사체 제작 참여 기업 수	71

<표 2-28> 발사체 제작과 발사대 및 시험시설 분야 참여 기업 목록.....	71
<표 2-29> 국내 우주 산업 분야 스타트업.....	73
<표 2-30> 국내 우주관련 체결 조약 현황.....	74
<표 2-31> 한미 우주협력협정 주요 내용.....	74
<표 2-32> 발사체관련 협약 현황.....	76
<표 3-1> ‘우주발사체 개발 및 운용 기술’ 기술수준평가 결과.....	88
<표 3-2> 동 사업의 문제/이슈와 사업목표.....	90
<표 3-3> 동 사업 비전/목표 체계.....	90
<표 3-4> 차세대발사체 구성안별 성능 및 장단점 비교.....	94
<표 3-5> 차세대발사체 구성안별 성능 및 장단점 비교.....	97
<표 3-6> 차세대발사체 1단 엔진 개발 방향 검토.....	98
<표 3-7> 차세대발사체 2단 엔진 개발 방향 검토.....	99
<표 3-8> 동 사업의 사업목표.....	100
<표 3-9> 성과지표1.....	102
<표 3-10> 성과지표2.....	103
<표 3-11> 세부 우주분야별 신규 국내 특허 등록 현황(산학연 합계).....	105
<표 3-12> 성과지표3.....	106
<표 3-13> 성과지표4.....	107
<표 3-14> 동 사업의 사업목표.....	109
<표 3-15> 차세대발사체 사업체계 도출 프로세스.....	110
<표 3-16> 차세대발사체 개발(안).....	111
<표 3-17> 발사체 선행기술 연구분야 구성.....	123
<표 3-18> 기획위원회별 구성 현황.....	123
<표 3-19> 총괄기획위원회 구성.....	124
<표 3-20> 총괄기획위원회 운영.....	124
<표 3-21> 기술기획위원회 구성.....	125
<표 3-22> 기술기획위원회 개최내역.....	126
<표 3-23> 발사체 분야별 기획참여전문가 구성.....	126
<표 3-24> 추진분야별 연구분야 도출 결과.....	128
<표 3-25> 세부과제 도출과정.....	130
<표 3-26> 기술수요조사 우선순위 선정결과.....	131
<표 3-27> 요소기술별 기술수준에 따른 개발 위험도.....	133
<표 3-28> 핵심요소기술별 기술수준 설문 결과.....	133

<표 3-29> 주관부처가 제시한 현재 TRL 3이하 30개 핵심기술.....	137
<표 3-30> 주관부처가 제시한 해외 협력 필요 기술.....	138
<표 3-31> 동 사업의 구축 예정인 시설.....	140
<표 3-32> 동 사업의 구축 예정인 장비.....	140
<표 3-33> 동 사업의 구축 예정인 장비 개요.....	140
<표 3-34> 한국형발사체와 차세대발사체 개발 일정.....	146
<표 3-35> 주관부처가 제시한 개발단계별 주체별 역할.....	149
<표 4-1> 상위계획과의 부합성 조사 결과.....	154
<표 4-2> 상위계획과의 부합성 평점 결과.....	154
<표 4-3> 「제4차 과학기술기본계획(‘18~’22)」의 우주분야 중점과학기술.....	156
<표 4-4> 「제3차 우주개발진흥 기본계획(‘18~’22)」의 중점전략 및 추진과제 관련 내용.....	158
<표 4-5> 주관부처가 제시한 「제4차 우주개발진흥 기본계획」의 동 사업 관련 주요 내용.....	160
<표 4-6> 「제2차 위성정보 활용 종합계획(‘19~’23)」상 과학임무/기술검증 위성 관련내용.....	161
<표 4-7> 「대한민국 우주산업전략」의 실행전략 관련 내용.....	162
<표 4-8> 「국가 중점우주기술 개발 로드맵 2.0」의 대분류별 중점기술 선정 비율.....	164
<표 4-9> 「국가 중점우주기술 개발 로드맵 2.0」의 발사체 분류별 로드맵 내용.....	165
<표 4-10> 차별성 및 연계방안 조사 대상 사업.....	166
<표 4-11> 동 사업과 주요 유사사업들의 사업목적 및 내용 비교.....	167
<표 4-12> 한국형발사체개발사업 개요.....	168
<표 4-13> 한국형 발사체 고도화사업 개요.....	169
<표 4-14> 스페이스파이오니어사업 개요.....	170
<표 4-15> 스페이스챌린지사업 개요.....	172
<표 4-16> 한국항공우주연구원 연구운영비 지원 개요.....	173
<표 4-17> 한국항공우주연구원 연구운영비 中 액체엔진 고성능화 선행기술 연구 개요.....	174
<표 4-18> 우주중점기술개발사업 개요.....	175
<표 4-19> 우주중점기술개발사업 內 복합재 추진제 탱크 핵심기술 개발 과제 정보.....	175
<표 4-20> 정부 재원조달 방안.....	177
<표 4-21> 국고지원 타당성.....	178

<표 5-1> 차세대발사체 개발사업 예산.....	181
<표 5-2> 연차별 사업 세부예산.....	182
<표 5-3> 시설구축계획 개요.....	182
<표 5-4> 장비구축계획 개요.....	183
<표 5-5> 사업 예산(안) 비교 : 공학적 추정 vs 모수 추정.....	185
<표 5-6> 누리호와 차세대발사체 개발비용 비교.....	192
<표 5-7> 시설구축계획 개요.....	192
<표 5-8> 시설별 사업비 합계.....	192
<표 5-9> 장비별 수량 및 비용 조정 결과.....	193
<표 5-10> 유사 과제와의 비교.....	195
<표 5-11> 주관부처에서 제시한 편익 산출식.....	196
<표 5-12> 주관부처에서 제시한 사업기여율 산출식.....	196
<표 5-13> 주관부처가 편익 산출을 적용한 변수.....	197
<표 5-14> 주관부처의 경제성 분석 결과.....	197
<표 5-15> 차세대발사체 대체 가능 위성발사 일정 및 규모('31~'40).....	198
<표 5-16> 외국 발사체 평균 발사비용.....	199
<표 5-17> 비용효과 분석 결과.....	199
<표 5-18> 차세대발사체의 정지궤도 위성 발사비용 추정(만원/kg).....	201
<표 6-1> 「차세대발사체 개발사업」 예비타당성조사 AHP 평가항목.....	205
<표 6-2> 「차세대발사체 개발사업」 예비타당성조사 AHP 평가항목별 가중치.....	207
<표 6-3> 「차세대발사체 개발사업」 예비타당성조사 AHP 평가결과.....	208
<표 6-4> 차세대발사체 발사 횟수 변경 계획(안).....	218
<표 6-5> 차세대발사체 발사 횟수 변경에 따른 예산 소요(안).....	219
<표 6-6> 예비타당성조사 대안의 예산규모 검토 결과.....	222
<표 6-7> 예비타당성조사 대안의 연차별 투자규모.....	222
<표 6-8> 대안의 비용편익 분석 결과.....	222
<표 6-9> 예비타당성조사 대안의 예산규모 검토 결과.....	223
<표 6-10> 예비타당성조사 대안의 연차별 투자규모.....	223
<표 6-11> 한국형발사체 고도화 사업 대안에 대한 AHP 결과.....	224

그림 목차

[그림 2-1] 우주발사체 구성 및 액체엔진 시스템 사이클	35
[그림 2-2] 발사체 개발 관련 추이	40
[그림 2-3] Falcon9 발사체의 재사용기술 개요	41
[그림 2-4] SLS 발사체 변화 과정	43
[그림 2-5] 러시아 발사사고 비율 변화	46
[그림 2-6] 인도 우주발사체의 추진기관 참여 산업체	56
[그림 2-7] 세계 우주산업 규모 전망	58
[그림 2-8] 우주산업 분야별 경제 규모	59
[그림 2-9] 세계 상업용 위성 발사체 시장규모(2015-2019)	59
[그림 2-10] 저궤도 발사비용 변화 추이	60
[그림 2-11] 연도별 인공위성 발사 수량	61
[그림 2-12] 연도별 발사체 발사 횟수 추이	61
[그림 2-13] 국가별 발사체 발사 횟수	62
[그림 2-14] 우주산업 활동금액	67
[그림 2-15] 우주 분야별 활동금액	67
[그림 2-16] 우주기기제작분야 우주산업 활동금액	68
[그림 2-17] 연도별 우주산업 참여 기업체	70
[그림 2-18] 기업체 규모별 분포 현황	72
[그림 3-1] 동 사업에서 해소하고자 하는 문제/이슈의 도출과정	77
[그림 3-2] 제3차 우주개발진흥 기본계획에 따른 우주탐사 추진 로드맵	79
[그림 3-3] 달착륙선 기획연구 추진 및 차세대발사체 활용계획 공시	80
[그림 3-4] 항우연의 기술적 지원에 대한 기업 의존도	82
[그림 3-5] 사업 참여 분야에서 독자개발을 하는 데까지 걸리는 시간	83
[그림 3-6] 3단형 발사체에서 분리된 부스터 및 1단의 낙하 영역	86
[그림 3-7] 3단형 발사체에서 분리된 2단의 낙하 영역	86
[그림 3-8] 주관부처가 제시한 문제/이슈와 사업목표의 연관성	91
[그림 3-9] 국내 발사체 운용 포트폴리오(안)	92
[그림 3-10] 한국형발사체 및 차세대발사체 성능 비교	92
[그림 3-11] [차세대발사체 개발방향 및 구성안 비교]	95
[그림 3-12] 차세대발사체(KSLV-III)의 사업 추진일정(안)	144

[그림 3-13] 사업 추진체계	148
[그림 3-14] 한국형 발사체 개발 산업체 참여 형태	151
[그림 4-1] 「제4차 과학기술기본계획(‘18~’22)」의 전략 및 중점 추진과제	155
[그림 4-2] 「제3차 우주개발진흥 기본계획(‘18~’22)」의 비전 및 핵심목표 등	157
[그림 4-3] 「제3차 우주개발진흥 기본계획(‘18~’22)」의 우주탐사 추진 로드맵	159
[그림 4-4] 「제2차 위성정보 활용 종합계획(‘19~’23)」의 비전 및 핵심목표 등	161
[그림 4-5] 「대한민국 우주산업전략」의 비전 및 목표, 추진전략 등	163
[그림 6-1] 분석적 계층화법(AHP)을 이용한 평가절차	203
[그림 6-2] 차세대발사체 개발사업의 예비타당성조사 의사결정 계층구조	204
[그림 6-3] 차세대발사체 개발사업의 민간주도 추진 계획	216

10

10



요 약

제 1 장 사업 개요 및 조사방법

1. 사업 개요

가. 사업추진 배경 및 목적

- 우주산업 선점 및 우주자원 확보를 위한 세계 각국의 경쟁이 가속화되는 상황으로 글로벌 우주 경쟁에 동참할 수 있는 기술력 확보 필요
 - 선진국을 중심으로 우주산업의 영역이 확대됨에 따라 전 세계적으로 우주산업 선점을 위한 경쟁이 가속되고 있으며 주요국들의 우주탐사 경쟁도 심화되고 있음
 - New-Space의 등장으로 우주자원, 관광, 발사, 군사, 위성 등 다양한 분야에서 상업적 우주활동이 활발하게 진행중
 - 미국 등 주요국은 달, 소행성 등의 산업적 가치 증대로 우주탐사 경쟁에 돌입
- 국가 우주계획의 차질 없는 수행과 향후 자주적인 국가 우주개발계획 수립 및 이행을 위해 기존 한국형발사체 대비 성능이 대폭 고도화된 발사체 개발 필요
 - 제3~4차 우주기본계획 달성을 위해 달 착륙선, 3톤 이상 위성 등을 발사하기 위한 고도화된 차세대발사체 개발이 필요
 - 기존 개발된 한국형발사체인 누리호의 성능 한계로 국가 우주계획의 이행이 현실적으로 불가능한 상황
 - ※ '22.6 누리호 발사 성공을 통해 독자기술로 1.5톤급 실용위성을 지구저궤도에 투입할 수 있는 기술은 확보
- 국가 우주개발 강국 진입 기반마련을 위해 민간 기술개발의 한계를 극복하고 역량 강화를 위한 지원 필요
 - 한국형발사체 개발을 통해 자력발사 기술은 확보하였으나 민간의 기술개발역량은

2 차세대발사체 개발사업 예비타당성조사 보고서

한계가 있는 상황

- 우리나라는 세계에서 7번째로 자체 위성발사능력을 보유하고 있으나, 최근 급변하는 우주발사체 기술 혁신의 격차를 줄이기 위한 지속적인 연구개발이 필요
- New-Space 시대로 우주산업에서 민간의 역할이 증대되고 있어 민간주도의 글로벌 경쟁력 강화를 위한 지원이 필요

□ 발사체 기술의 자주권 확보와 국가의 전략적 중요성 측면을 고려할 때 고성능의 발사체를 보유하는 것이 국가적으로 중요한 임무

- 우주발사체 기술은 국가 간 이전이 제한되는 대표적 이중용도 전략기술이기 때문에 발사체 기술의 자주권 확립은 국가 전략적 측면에서 매우 중요
- 위성 자체 발사능력이 없는 경우 모든 과학적, 상업적, 군사적 위성을 국외 발사체를 이용해 발사하여야 함에 따라 주요 국가 정보 및 기술이 유출될 위험 존재
- 최근 발생한 코로나 감염병 및 러시아-우크라이나 분쟁사태 등으로 국가 위성발사 계획에 차질이 발생함에 따라 대외 환경변화에 대한 자주적 대응능력 확보 필요

□ 사업개요

- 사업목표(Vision)
 - 위성발사, 우주탐사 등 국가 우주개발 수요대응 및 자주적 우주탐사 역량 확보를 위한 차세대발사체 개발 및 미래 선도기술 역량 확보
- 사업비 : 1조 9,330.1억 원 (국고 1조 9,190.1억 원, 민자 140억 원)
- 사업기간 : 2023년 ~ 2031년(총 9년)

□ 주요내용

- (추진분야1 차세대발사체개발) 2030년 이후 국가 우주계획(위성발사, 우주탐사) 상의 증대된 우주 수송 수요 대응을 위한 기존 한국형발사체(KSLV-II) 대비 고도화된 차세대발사체(KSLV-III) 개발
 - 위성발사, 우주탐사(달착륙선 발사 포함) 등에 활용
 - (수행주체) 한국항공우주연구원, 체계종합기업
 - (사업규모) 1조 8,630.1억 원(국고 1조 8,630.1억 원)
- (추진분야2 발사체 선행기술 연구개발) 차세대발사체(KSLV-III) 개발 이후 우주강국

진입 기반 마련을 위해 차세대발사체에 적용할 수 있는 선진화 및 고도화된 발사체 선행기술 연구개발 지원

- 차세대발사체의 확장성을 확보하고, 급변하는 우주발사체 기술 혁신에 대응 하기 위한 발사체 엔진(액체엔진, 고체부스터 등) 및 기체 등 차세대발사체 개량 및 고도화를 위한 선행기술을 연구
- (수행주체) 기업, 대학, 연구소 등
- (사업규모) 700억 원(국고 560억 원, 민자 140억 원)

□ 기대효과

- 「제3차 우주개발진흥기본계획」 등 국가 우주개발계획의 차질 없는 수행기반 마련
- 국내 액체발사체 기술의 고도화 통해 글로벌 우주개발 시장에 참여하기 위한 선진 기술 확보 및 외화지출 절감

2. 조사방법

가. 과학기술적 타당성 분석

□ 문제/이슈 도출의 적절성

- 차세대발사체 개발의 시급성 필요성에 관한 문제/이슈의 원인분석 결과와 분석 내용의 타당성 검토
- 제시된 문제/이슈에 대한 과학기술적 해결방안 적절성, 동 사업 외 대안 가능성, 민간주도 가능성 및 계획 등 검토

□ 사업목표의 적절성

- 사업목표와 문제/이슈 연관성 등 목표설정에 대한 적절성을 세부 활동과 연계하여 검토
- 문제/이슈 해결 기여도, 발사체 개발 및 성능목표 포괄성, 민간기업 역량 수준 향상 등 사업 연관 성과지표 적절성 검토
- 사업의 시행 여부와 성과물에 따라 이익을 받는 수혜자 식별을 위한 직·간접적 이익 발생 경로 검토

□ 세부활동 및 추진전략의 적절성

- 사업목표 달성을 위한 세부 활동별 핵심기술요소를 중심으로 적절한 업무분해도를 구성하였는지 검토
- 발사체 개념 및 구성 등에 대한 기술·정책적 분석, 산업계·학계 등 이해관계자의 의견수렴 및 검증과정 등을 검토
- 연구개발 활동과의 연계성, 발사설비 및 시험 제작설비 구축 등의 계획 적정성 검토 및 세부활동별 제시된 계획서의 성과지표 검토
- 세부활동과 시설구축 및 장비 도입계획 점검을 통한 연구개발, 기반구축 및 장비 구축·운영 순서 등을 검토
- 기존 사업의 한계 극복 및 개선방안, 주요 의사결정 체계 및 추진 주체 간 역할분담 등을 검토

나. 정책적 타당성

상위계획과의 부합성

- 「우주개발진흥법」제5조에 의해 수립되는 '제3차 우주개발진흥 기본계획', '제4차 과학기술기본계획', '대한민국 우주산업전략' 등 유관정책과의 부합성 검토

사업 추진체제 및 추진의지

- 유관사업과의 차별성 및 既 확보 기술과의 연계방안, 체계종합 후보기업과 참여 후보 기업의 참여의지 및 참여가능성 등 검토

사업 추진상의 위험요인

- 사업 수행을 위한 국비 확보 가능성 및 재원 조달기준 검토
- 사업과 관련한 법·제도 및 국제협약 등에 대응방안 검토

다. 경제적 타당성

비용 추정

- 세부활동(발사체 개발, 운용/관리 및 선행기술 개발 등) 규모 추정의 적절성, 경상 경비 및 사업추진비 등의 산정 근거 적절성 검토

경제성 분석

- 주관부처의 경제성 분석 방법의 적용 및 분석결과의 타당성 검토

제 2 장 과학기술적 타당성 분석

1. 문제/이슈 도출의 적절성

가. 문제/이슈 식별과정 및 정의의 적절성

- 제시한 문제/이슈가 모두 동 사업의 R&D활동과 직접적인 연관성이 있다고 보기 어려우며, 달착륙선 발사 임무를 수행하기 위한 기존 발사체(누리호)보다 기능과 성능이 우수한 발사체가 필요하다는 것이 동 사업의 주요 문제/이슈로 분석됨
- 주관부처는 동 사업 추진 필요성에 대해 우주발사체 관련 국내외 정책·산업·기술적 환경분석 등을 통해 R&D를 통해 해결해야 할 4가지 문제/이슈를 제시함
- 다만, 제시한 문제/이슈가 모두 동 사업의 R&D활동과 직접적인 연관성이 있다고 보기 어려우며, 현황 분석결과와 사업 추진방향 및 전략¹⁾을 비교시 제시된 모든 이슈가 동 사업을 통해 해결할 수 있다고 판단할 수 없음
- 이슈①“세계 각국 정부의 우주산업 선점 및 우주자원 확보를 위한 경쟁체제에 돌입” 및 이슈②“New-Space 시대의 도래로 민간기업의 다양한 상업적 우주활동이 빠르게 확대”되고 있다는 이슈는 현재 우주 분야 생태계의 큰 변화인 것으로 파악됨
- 다만, 이에 관련한 문제점과 이를 해소하기 위한 전략을 연계할 수 있는 자료가 포함되어 있지 않아 동 사업을 통한 해당 이슈의 직접적인 해소 가능성은 판단이 불가
 - 제시된 우주산업 선점, 우주자원 확보, 상업적 우주 활동에 대한 우리의 역량과 추후 확보하고자 하는 영역과 범위 및 수요에 관한 내용이 구체화 되지 않았으며 발사체 개발을 통해 진입하고자 하는 대상시장 등이 명확히 제시되지 못함
 - 상업적 우주 활동에 대해 동 사업만으로 국내 민간기업이 경쟁력을 확보하여 글로벌 우주개발 사업 등에 참여하거나 선점할 수 있다고 판단할 만한 근거는 부족
- 제시된 문제/이슈 中 이슈③“국가우주개발계획 단계적 목표 달성을 위한 기존발사체 성능 및 기능의 한계”는 국가 정책적으로 결정된 임무요건²⁾이 변화하지 않는다는

1) 주관부처의 사업 추진 전략은 국가우주개발 임무수행을 위한 발사체 기술 고도화, 민간(산학연)의 발사체 독자 개발 기반 마련을 위한 기술개발 역량 강화, 차세대발사체의 지속적 활용을 위한 중장기적 지원 및 성과확산 체계 마련으로 상업적 우주활동 등과 관련한 직접적인 전략으로 보기 어려움

조건하에 동 사업의 활동 및 전략과 연관성이 높고 타당성이 인정되나, 미래수요에 대한 불확실성은 높음

- 주관부처의 계획대로 달착륙선 중량이 1.5톤급으로 설계될 경우 기존 개발이 완료된 누리호는 성능 등의 한계로, 추후 발사예정인 달착륙선에는 활용이 어려운 것으로 파악됨
 - 위성수요와 관련하여 주관부처는 2032년부터 2톤 이상의 다목적 위성에 차세대발사체를 활용할 예정이라고 제시하였으나, 해당 계획은 아직은 불분명하고,
 - 정지궤도 위성의 경우 차세대발사체의 확장형이 개발되거나 동향발사가 가능한 추가적인 발사장이 확보돼야 수요를 대응할 수 있어 현시점 기준에서 동 사업만으로는 대응하기 어려움
- 이슈④“공공부문 중심의 연구개발로 인한 민간 개발역량 확보가 필요”하다는 이슈는 제시된 자료 및 동 사업의 활동, 전략 등을 고려할 때 일부 타당함
- 발사체 관련 기업들은 항우연 관계자의 연구책임하에 공동기술개발하는 것을 선호하는 것으로 조사되며, 독자개발에 대한 부담과 기술에 대한 의존도는 유효

나. 과학기술 기반 문제/이슈 해결의 중요성·필요성

- 동 사업 주요 문제/이슈인 기존발사체 성능 및 기능의 한계 극복과 민간 개발역량 확보는 연구개발 활동을 통해 해결할 수 있을 것으로 판단됨
 - 동 사업에서 제시한 기존발사체 성능 및 기능의 확보 및 민간의 기술개발 역량 확보는 연구개발 외 다른 정책 수단으로 해소하기 어려운 이슈로 판단됨
 - 발사체 성능확보는 필요 부품의 해외구매 및 기술도입을 통해 해소가 가능한 측면이 있으나, 국가 안보 및 보안, 민간기업의 역량 확보 측면에서는 자력개발이 필요한 것으로 판단됨
 - 기존의 누리호 개량의 경우 성능 확보가 어렵고 부스터 적용 시에는 발사궤적 등 타 국가에 영향을 주게 되어 현실적인 대안으로 보기 어려운 것으로 분석됨
- 우주발사체는 정부 주도의 공공수요 대응이 필요한 특성을 가지는 분야로 산업기반이 충분하지 않고 글로벌 시장의 진입장벽과 실패위험이 높아 정부 지원 필요

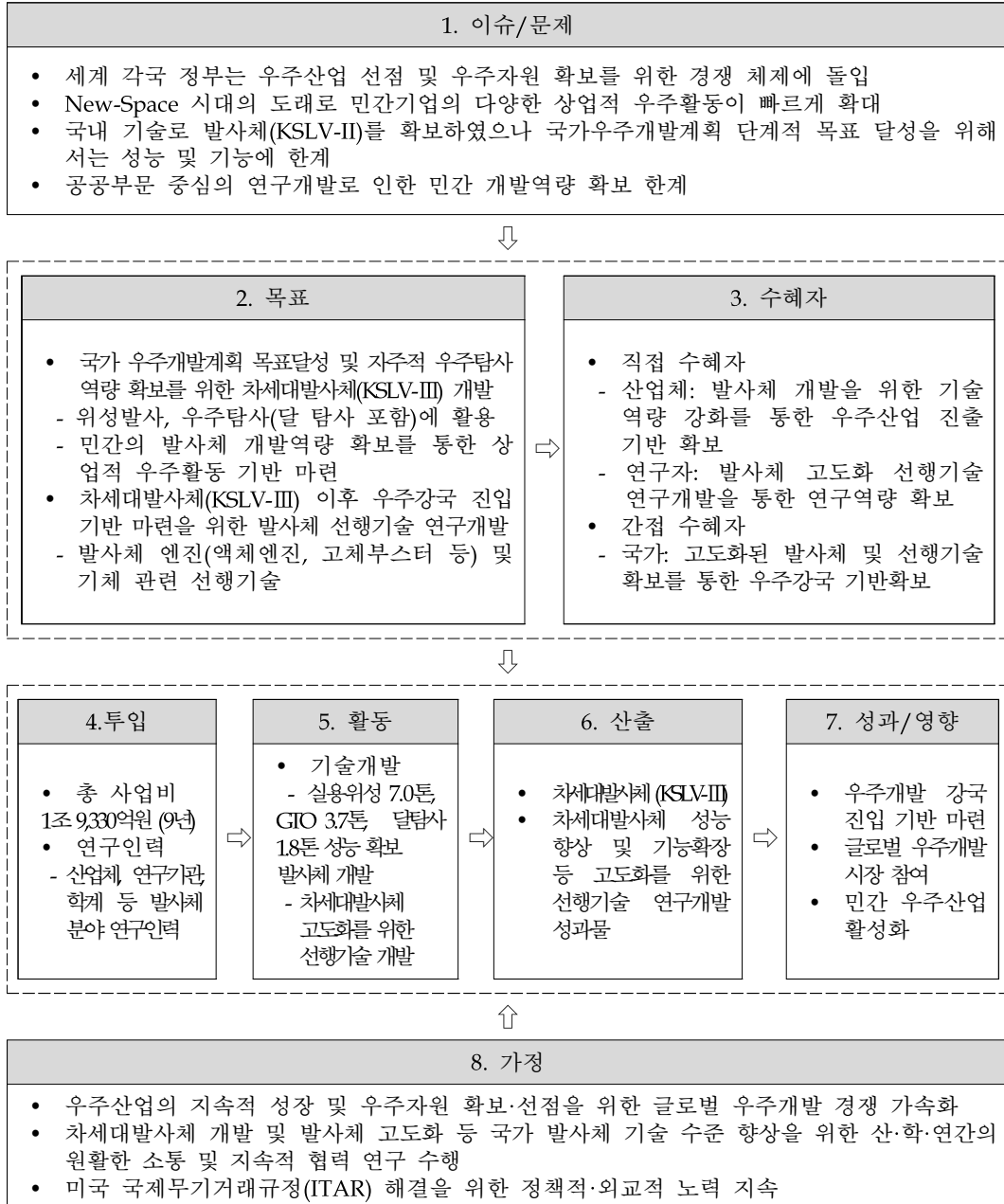
2) 동 사업의 첫 미션은 2031년 달착륙선(1.5톤급)을 발사하는 것이며, 한국형발사체(누리호)의 성능 한계로 해당 미션 수행이 불가능하고 향후 2톤 이상의 위성수요 대응을 위해 차세대발사체 개발이 필요함을 제시

- 발사체 분야는 기술적 진입장벽이 매우 높고 대규모의 투자가 필요하나, 국내 관련 산업 및 기업의 경우 대부분의 매출이 정부사업을 통해 발생하는 상황
- 발사체 분야에 대한 우리나라의 기술 수준의 격차가 증가하고 있으며, 타 분야대비 기술격차가 가장 큰 상황으로 연구개발 사업의 추진 필요성이 있는 것으로 판단됨
- 2020년도 KISTEP 기술수준평가에 의하면 동 사업과 관련된 중점과학기술은 우주·항공·해양 분야의 ‘우주발사체 개발 및 운용 기술³⁾’이며 우리나라 기술수준은 주요 5개국 중에서 가장 낮은 수준

3) 위성체 및 우주탐사선을 지상에서 우주공간으로 쏘아 올리는 발사체 시스템의 설계·제작·시험평가·발사운용 등의 체계 기술로, 엔진·구조체·유도항법제어 등의 서브시스템 개발 기술, 체계종합, 시험평가 및 신뢰성 향상 기술, 발사대 관련 지상시스템과 통제시스템, 발사장 운용 등을 포함하는 우주발사체 시스템 종합기술

2. 사업목표의 적절성

<표 1> 동 사업의 논리모형



출처 : 기획보고서

가. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성

- 발사체 성능 및 기능에 한계 이슈를 고려할 때 차세대발사체 개발과 선행기술을 확보한다는 사업목표와 해당 문제/이슈와의 연관성은 높은 것으로 판단
 - 국가 우주개발계획 목표달성 및 자주적 우주탐사 역량 확보를 위한 차세대발사체 개발과 우주강국 진입 기반 마련을 위한 발사체 선행기술 연구개발을 사업목표로 제시
 - 하위 사업 목표로는 위성발사, 우주탐사(달 탐사 포함)에 활용, 민간의 발사체 개발역량 확보를 통한 상업적 우주활동 기반 마련 등으로 제시됨
 - 해당 목표체계와 제시된 발사체 성능 및 기능에 한계 이슈를 고려할 때 차세대발사체 개발과 선행기술을 확보한다는 사업목표는 연관성이 높음
 - 다만, 민간 개발역량과 상업적 우주 활동과의 구체적인 인과관계 및 상업적 우주 활동 계획 등이 구체적으로 제시되지 않아 상업적 우주활동 목표는 연관성이 낮으며, 우주 산업 선점, 상업적 우주 활동 등의 이슈에 대한 사업목표는 제시되지 않음

나. 사업목표 설정의 적절성

- 동 사업은 목적과 달성시기가 다른 사업목표가 제시되고 있으며, 달성 여부에 대한 측정 기준이 불분명한 하위 사업목표(민간역량, 우주강국 등)는 문제/이슈 해결 정도에 대한 기여도와 성공 여부 측정에 한계가 있음
 - 국가 우주개발계획 달성과 자주적 우주탐사 역량 측면에서 측정 가능한 목표는 2031년 달착륙선 발사로 판단되며, 그때까지 발사체를 활용 해당 미션을 완료한다고 가정할때 목표의 달성여부 측정 및 시간제약에 대한 요건은 충족
 - 위성 발사와 우주탐사에 활용한다는 목표는 확정된 수요가 변동 가능하여 구체성이 낮으며 달성 여부에 대한 측정대상이 불분명
 - 민간의 발사체 개발역량 확보를 통한 상업적 우주활동 기반마련에 대한 목표는 추상적이며 측정수단이 없고 상업적 활동에 대한 범위와 대상 불분명
 - 우주 강국 진입기반을 마련한다는 목표는 추상적이고 정성적이며 측정할 방법과 시점이 제시되지 않음
 - 발사체 선행기술에 대한 연구개발 적용계획이 불분명하여 해당기술을 활용한 정책수요 대응 활용계획이 동 사업 범위에 포함되지 않음

- 사업목표인 차세대발사체 개발을 위한 발사체의 임무와 시스템 구성 검토 결과 최종 채택된 주관부처의 발사체 구성안은 자력개발을 위한 적정 사양으로 파악됨
- 동 사업은 발사체를 개발하는 체계 및 시스템 개발사업으로 임무 설계와 개념설계로 나누어지며, 이 중에서 임무 설계는 정책적으로 결정되는 사항에 해당
- 동 사업의 첫 미션은 2031년 달착륙선(1.5톤급)을 발사하는 것이며, 한국형발사체(누리호)의 성능 한계로 현재 해당 임무 수행은 불가능
- 주관부처는 엔진 개발 방향을 설정하고 1단 엔진 개수 및 이륙 중량을 달리하여 차세대발사체 구성안 4가지를 도출하고 자력개발을 위한 최적의 구성안을 제시함
- 다만, 정지궤도 위성의 경우 추가 발사장 구축 또는 확장형을 통한 성능 개량이 수반되지 않을경우 임무 요건으로 포함되기 어려운 제한적인 상황이 존재

다. 사업 성과지표의 적절성

- 제시된 사업 성과지표는 “차세대발사체 개발” 및 “발사체 선행기술 개발”이라는 목표의 달성도 측정 측면에서는 대체로 적절히 구성되었다고 판단
- 다만, 민간의 발사체 개발역량 확보, 자주적 우주탐사 역량 등의 달성도 측정 측면에서는 타당성이 부족하며 발사체 요소기술 신뢰도와 효율성 확보 등 추가지표 고려 필요
- 요소기술별 기술성숙도(TRL)와 관련하여 동 사업의 차세대발사체 개발에 대한 객관적인 평가가 수행되지 않아 지표설정의 절차상 문제점이 존재
- 성과지표 중 고도화 기술확보율은 연구성과를 동 사업에서 개발될 예정인 차세대발사체에 적용하는 것을 가정하므로 상향하는 것을 고려할 필요

라. 수혜자 표적화의 적절성

- 동 사업은 고도화된 발사체 및 선행기술 확보를 통한 우주강국 기반확보에 대한 수혜자로는 국가를 대상으로 고려할 수 있으며, 해당 기술확보를 통한 시장참여가 예상되는 직접적인 수혜자로는 발사체 산업군을 설정하는 것이 적절

3. 세부활동 및 추진전략의 적절성

가. 세부활동과 사업목표간 연계성

- 동 사업은 차세대발사체 개발에 따른 연구활동을 계획하고 있으며 거시적인 관점에서 사업목표와의 연관성이 존재하나, 위성발사 및 선행기술 적용계획의 불확실성으로 인해 실제 활용성 측면에서도 불확실성이 존재
- 동 사업에 포함된 발사계획은 2회(달착륙선)로 계획된 상황으로 우주탐사(달 탐사 포함)와 위성발사 활용에 대한 직접적인 연관성을 확인하기 어려움
- 위성발사에 활용하기 위한 추가적인 발사계획과 관련한 세부활동은 동 사업에 미포함되어 있으며, 차세대발사체 개발 이후의 발사계획의 불확실성도 존재
- “발사체 선행기술 연구개발”이라는 사업목표와 관련해서는 3개의 선행기술 및 7개의 연구분야를 제시하고 있어 개발이라는 목표와의 거시적인 연관성은 존재
- 다만, 발사체 선행기술 연구개발의 적용계획은 동 사업에 포함되어 있지 않고 해당기술을 활용한 정책수요 대응의 활용계획도 불확실하며 제한적인 상황

나. 세부활동 도출의 적절성

- 동 사업의 기획위원회는 항우연 중심으로 구성되어 다양한 이해관계자의 의견을 반영하기 어렵고 종합적이고 균형잡힌 사업기획 방향 및 내용 검토가 이루어지기 어려운 전문가 구성으로 사업이 기획 추진된 것으로 파악
- 세부활동 구성을 위한 수요조사는 선행기술을 대상으로만 이루어졌으며 차세대발사체 개발을 위한 핵심기술요소 구성은 항우연 주도로 기획됨
- 기획과정에서 산업계 인터뷰, 설문조사, 공청회 등 다양한 방식으로 산업계 의견을 수렴하였으나 산업계 의견이 사업기획에 반영된 정도는 부족

다. 세부활동 기간 추정과 시간적 선후관계의 적절성

- 동 사업의 차세대발사체 개발일정은 발사체 개발, 제작 및 발사, 발사대 개조로 구성되어 있으며, 개발흐름의 논리성은 적절하나 일정이 촉박한 것으로 판단
- 주관부처가 제시한 전체 사업일정의 흐름은 대체로 적절한 것으로 조사되었으나,

개발 단계를 고려한 Review 일정의 적절성에 대해서는 각 단계별 일정의 중복문제와 개발기간의 촉박한 것으로 조사됨

- 발사체 개발과정에서 계획된 요소기술들은 PDR이전까지 완료되어야 하는 것이 이상적이며, 동 사업의 일정을 고려할 때 늦어도 CDR 이전까지는 개발이 완료되는 것이 필요
 - 주관부처가 제시한 일부 핵심기술에 대해 개발 필요 시간의 예상기간이 5년 이상 소요될 것으로 조사되어 PDR이전 까지는 모든 기술의 확보가 어려울 수 있음
 - 누리호 개발시에도 일정의 지연이 PDR~CDR 단계에서 발생한 것으로 파악되므로 해당시기 내에 기술개발이 완료되도록 상당한 노력이 요구됨
- 차세대발사체 선행기술 연구는 발사체 개발과 독립적 병렬적으로 수행되어 사업내 추진상 선후관계 고려대상이 아니나 그 결과의 활용은 동 사업 종료 이후이며 기술개발에 따른 기술적용 시기가 다르고 달성하고자 하는 기술수준도 다르므로 차세대 발사체의 개량계획이 확정되어야만 적정 수준이 판단 가능

라. 추진전략의 적절성

- 차세대발사체 개발을 위해 누리호 대비 변경이 필요한 기술들이 많아 일정과 비용 측면에서 문제가 발생할 가능성이 있음
- 민간의 개발역량 강화를 위해 개발단계별 주체별 역할을 제시하고 민간참여 시점을 사업 초기 단계부터 설정하였으나 역할이 제한적이며, 한국형발사체 개발사업과 차이점 불명확
- 차세대발사체 개발이후 성능확장 등 개량을 위한 선행기술 개발계획의 취지는 인정되나, 해당 기술의 적용과 활용에 대한 계획은 동 사업 내 포함되지 않음

제 3 장 정책적 타당성 분석

1. 정책의 일관성 및 추진체제

가. 상위계획과의 부합성

- 필수계획인 「제4차 과학기술기본계획」과 우주발사체 분야의 선택군, 기타 계획과 동 사업의 부합성을 조사한 결과, 상위계획과의 부합성은 ‘대체로 적절’인 것으로 분석됨
- 과학기술 분야 최상위 법정계획인 「제4차 과학기술기본계획」을 필수계획으로 우주 기술 및 산업, 위성정보 관련 계획을 선택군·기타계획으로 분류하여 분석함
 - 조사시점 기준 「제3차 우주개발진흥기본계획과」의 부합성은 낮은 상황이나 조사과정 중 한국형발사체 반복 발사계획 및 차세대발사체 개발계획(안)(2022.10.07.)이 의결됨에 따라 발사계획에 대한 정책적 근거는 마련된 것으로 판단되며,
 - 차세대발사체 개발 및 발사계획 조정을 포함하는 「제4차 우주개발진흥기본계획」⁴⁾은 예비타당성조사의 수행 이후 최종 확정됨

<표 1> 상위계획과의 부합성 조사 결과

구분	계획명	부합성		
		낮음	보통	높음
필수 계획	제4차 과학기술기본계획('18~'22)			√
선택군 계획	제3차 우주개발진흥기본계획('18~'22)	√		
	대한민국 우주산업전략('18.12.)			√
기타 계획	제2차 위성정보활용 종합계획('19~'23)		√	
	국가 중점우주기술 개발 로드맵 2.0('18.3.)			√

<표 2> 상위계획과의 부합성 평점 결과

필수계획 선택군 계획	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

4) 예비타당성조사 수행 이후 제4차 우주개발진흥기본계획 최종 의결 및 확정(2022.12.21.)되어 조사보고서는 제 3차 우주개발진흥기본계획을 기준으로 분석

나. 사업 추진체제 및 추진의지

- 동 사업과 발사체 분야 유사·유관 사업의 차별성 및 연계방안 검토 결과, 동 사업은 대부분의 조사대상 사업들과 차별성이 인정되나 '스페이스챌린저' 사업과의 유사성 존재
 - '스페이스챌린저' 사업의 경우 동 사업의 발사체 선행기술개발과 유사성 존재하므로 해당 사업과의 연계성 및 차별성 확보를 위한 주관부처의 노력이 필요
- 동 사업의 주관부처, 주관연구기관 및 체계종합 후보기업의 참여의지는 높은 것으로 판단되나, 일반 참여기업의 참여의지 및 참여가능성은 불확실성 존재

2. 사업 추진상의 위험요인

가. 자원조달 가능성

- 동 사업의 사업비 조달은 선행사업 수준의 예산확보 및 R&D 예산 증가분의 활용이 가능하다는 전제하에 자원조달의 위험은 크지 않을 것으로 판단되나, 선행기술 연구개발을 위한 민간부담금 확보에는 위험요인이 존재
 - 주관부처의 중기재정계획을 살펴보면, 동 사업 추진을 위한 예산이 반영된 것은 확인되나 사업 기간 소요예정 예산대비 일부 부족한 상황으로 적절한 예산확보 노력 요구됨
 - 민간의 사업 참여의향은 설문조사를 통해 의향을 수집하였으나, 해당 조사는 기술수요 조사에 포함된 것으로 개별 연구자의 의견에 한정된 것으로 조사됨

나. 법·제도적 위험요인

- 민간이 참여하는 차세대발사체 개발의 사업비를 전액 국고로 지원한다는 계획은 관련 규정과 법령 기준에 부합하나 선행기술개발의 민간 부담금은 관리 필요
- 위성의 경우 현재 ITAR 규제부품을 사용하지 않는 것이 매우 어려우므로 보다 구체적이고 현실적인 대응방안 수립이 필요
- 기술개발 실패 시 해외 협력을 통한 위기상황을 극복하고자 하나 우크라이나 업체와의 협력은 어려울 수 있어 다양한 채널 또는 대응방안을 마련할 필요가 있음

제 4 장 경제적 타당성 분석

1. 비용 추정

가. 총 사업비의 구성

- 동 사업은 차세대발사체 개발과 발사체 선행기술개발 연구개발 두 개의 내역으로 구성되어 있으며 총사업비는 1조 9,330억 원이 제시됨
- 차세대발사체 개발에 소요되는 예산은 1조 8,630억 원이며, 해당 예산은 하드웨어 개발비 1조 5,443억 원과 항우연의 경상경비, 사업추진비 3,187억 원으로 구성됨
- 발사체 선행기술 연구개발에는 총 700억 원을 제시(국비 560억 원 민자 140억 원)

<표 3> 연차별 사업 세부예산

(단위 : 억 원)

구분		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	합계
차세대발사체 개발	하드웨어 개발										
	KSLV-III 개발	683	849	1,130	1,605	1,642	1,047	1,256	1,090	186	9,488
	설비개조/구축 및 운영	547	918	917	300	53	180	180	180	180	3,455
	발사대 구축 및 운영	60	70	70	541	601	483	298	198	179	2,500
	경상경비, 사업추진비										
	인건비	72	79	85	90	95	193	203	207	212	1,236
	연구활동비	26	28	30	31	32	65	68	86	88	454
	연구수당	31	32	34	36	37	75	78	79	81	483
위탁연구비						10	10	10	10	40	
간접비	79	109	126	143	136	113	114	103	51	974	
소계 (A)	1,498	2,085	2,392	2,746	2,596	2,166	2,207	1,953	987	18,630	
발사체 선행기술 연구개발 (B)		23	32	53	65	84	124	128	111	80	700
총 사업비 (A+B)		1,521	2,117	2,445	2,811	2,680	2,290	2,335	2,064	1,067	19,330

* 출처 : 기획보고서

나. 적정 사업비 검토

- 주관부처는 총 사업비 규모의 적절성을 검증하기 위해 2가지 비용모델을 활용하여 모수를 추정하였으며, 공학적으로 추정된 동 사업의 예산 적절성을 제시함
- 모수 추정의 정보 획득이 가능한 SEER모델에 대한 전문가 검토를 수행하였으며, 수행 결과 일부 변수 적용이 부적절한 것으로 조사됨
- 공학적 추정을 통한 동 사업의 총사업비는 1조 9,330억 원으로 기존 개발된 누리호 개발비용과 유사한 비용이 요구되었으나 세부정보가 부족하여 사업계획에 대한 시간, 비용관리를 위한 관리체계 도입을 통한 관리 및 검증이 필요한 것으로 판단
- 다만, 경상경비 및 사업추진비 산정과정에서, 평균 인건비가 아닌 호봉상승률을 적용하여 연구활동비 등의 비율산정 결과가 과대계상되어 수정이 필요함
- 동 사업은 3개 분야 7개의 선행기술 연구개발 계획을 수립하고 있으며, 총사업비 700억 원을 제시하고 있으나 계획의 구체성과 동시 추진 타당성이 부족한 것으로 판단

2. 경제성 분석

- 주관부처는 시장수요 접근법에 따른 생산자 중심의 편익을 추정하여 동 사업의 편익/비용을 산출하고 추가적인 비용효과분석을 통해 동 사업이 유일한 대안이며 해외발사비용을 대체할 수 있어 효과가 높을 것으로 제시함
- 다만, 주관부처가 편익 산출에 사용된 시장추정 및 점유율에 대한 대상시장의 타당성이 부족하고, 총비용 산정, 사업기여율 등 적용 변수의 적절성이 부족하며 시장수요접근법에 따른 경제적인 편익은 미미함
- 주관부처가 제시한 비용효과 분석은 대안에 대한 비교가 고려되지 않았으며, 제시된 발사비용의 절대적인 효과성에 대한 분석이 부족

제 5 장 종합분석 및 결론

1. 사업계획 원안에 대한 조사결과

- 우주발사체는 정부 지원이 필요한 영역으로 판단되나, 동 사업 R&D활동과 직접적인 연관성이 낮거나 해결되기 어려운 문제/이슈를 포함하고 있음
- 동 사업의 목표는 제시된 문제/이슈와 일부 연관되어 있으나 모든 문제/이슈를 포괄적으로 제시하고 있다고 보기는 어려우며 구체성이 낮은 문제점이 존재
- 임무설계에 있어 제시된 달착륙선 외 다목적 실용위성과 정지궤도 위성에 대한 임무 요구조건 달성 및 수행에는 불확실성이 높음
- 요소기술별 제시된 기술성숙도(TRL)는 동 사업의 차세대 발사체 개발에 대한 객관적인 평가가 수행되지 않아 지표설정 및 사업기획의 절차상 문제가 있음
- 다만, 한국형발사체에서 수행한 방식대로 차세대발사체의 구성품 목표규격(안)을 기준으로 1단계 항우연 자체분석, 2단계 외부 전문가 검토 과정을 통하여 TRL을 분석하고 CTE(핵심중점기술) 선정하여 일정 부분 신뢰성을 확보
- 차세대발사체 개발이후 성능 확장 등 개량을 위한 선행기술 개발계획을 제시하고 있으나, 동 사업 내에서 추진되어야 할 사유 불분명
- 주관부처가 제시한 선행기술을 통한 미래 발사체 성능개선 및 필요성에 대해서는 충분히 공감되나, 적용 시점, 활용계획 및 미션 등에 대한 불확실성은 잔존
- 시험발사에 대한 계획이 현재는 구체적이지 않아 2회 발사시에 달착륙선을 탑재하는 것에 대한 실패율과 위험도가 높을 것으로 예상
- 다만, 실패 위험에 대한 쟁점을 해소하기 위해 우주개발실무진흥위원회⁵⁾를 통해 발사 위험도 완화를 위한 발사횟수를 1회 증가(달착륙선 PFM 모델 발사 추가)시키고 기존 달착륙선 발사 계획은 '31년 → '32년으로 조정하여 위험감소 계획을 보완

5) 한국형 발사체 반복 발사계획 및 차세대발사체 개발계획(안)(2022.10.07.)

- 사업기획을 위한 민간 의견수렴이 부족하고 민간주도로의 전환을 위해 제시된 사업 추진 방식은 한국형발사체(누리호) 사업과 차별성이 낮음
- 다만, 발사체 개발사업의 민간주도 추진계획의 핵심은 체계종합기업의 체계적이고 적극적인 육성을 위해 체계종합기업의 역할, 권한, 책임을 적절하게 제시하여 추진 전략을 보완함
- 동 사업의 발사체 개발비용의 정보가 부족하여 예산산정의 적정성 검토에 한계가 있으며, 세부예산에 대한 비용관리를 위한 체계적인 관리체계 도입이 필요
- 주관부처는 대규모 사업추진에 따른 사업계획 관리를 위해 차세대발사체 사업의 전주기에 걸쳐 PM(Project Management)/SE(Systems Engineering) 기반의 관리 계획을 수립하여 적용할 계획을 제시하여 사업관리계획을 보완함
- 한국형발사체 개발사업 경험을 바탕으로 구성된 차세대발사체 개발사업 비용관리 및 일정관리 계획은 적절하게 계획된 것으로 판단되며 주기적인 점검이 필요
- 주관부처가 편익 산출에 사용된 시장추정 및 점유율에 대한 대상시장의 타당성이 부족하고, 총비용 산정, 사업기여율 등 적용 변수의 수정·보완 등이 필요
- 주관부처는 조건부가치측정법을 통해 시장적 접근법으로 측정하기 어려운 동 사업의 비이용가치에 대한 편익을 산출하였으나 분석에 필요한 총비용에 운영비가 누락
- 주관부처의 분석에서 총사업비 외 편익기간동안 발생하는 비용을 추가하여 총비용이 모수로 분석되어야 하고, 편익기간은 기술수명주기 분석결과에 따라 산정되어야 하며, 추가발사계획을 고려한 동 사업의 비용편익 비율은 0.410으로 산출됨

2. 예비타당성조사 대안의 도출

- 동 사업은 국가 정책적으로 결정된 해당 임무요건(달착륙선 발사)이 변화하지 않는다는 조건하에 해당 목표달성을 위한 기존발사체 성능 및 기능의 확보가 필요
 - 사업목표를 이루기까지의 기술개발 성공에 대한 위험요인이 잔존하나 선진국과의 기술격차 완화가 요구됨
 - 민간의 실패위험과 시장 진입장벽이 높은 영역임을 감안 정부 지원을 통한 추진 필요성이 존재함
 - 국가 우주개발계획 수립과 이행(향후 예정된 달착륙선의 성공적인 발사)을 위해 기존 한국형발사체(누리호) 대비 성능이 대폭 고도화된 발사체 개발이 필요
 - 발사체 분야에 대한 민간기업의 역량을 강화하고 연구인력의 기술축적과 관련시설들의 연속적 유지, 활용, 개선 측면을 고려할 때 사업의 필요성이 존재
 - 다만, 사업추진을 위한 실패위험 관리를 위해 제시된 계획들(기술수준 달성, 비용 및 일정 관리, 발사실패 위험 대응 등)은 아직 작동되지 않은 사항
 - 상세기획 단계에서 보완, 검증하고 사업추진 중 지속적이고 객관적인 평가가 수행된다는 전제하에 차세대발사체 개발을 위한 대안을 구성할 수 있을 것으로 판단
- 예비타당성조사 대안⁶⁾은 예정된 달착륙선 발사라는 정책목표 달성을 위해 차세대발사체를 확보하는 것을 우선으로 할 필요가 있다고 판단
 - 차세대발사체 개발 및 관련 시설, 장비구축비를 반영하되 기술개발 적용 시기와 활용계획 등이 부족한 발사체 선행기술 개발 부분은 동 사업 추진범위에서 제외함
 - 예비타당성조사 대안의 사업기간은 원안의 사업기간 9년('23~'31)에서 차세대발사체의 3회 발사가 이루어지는 기간인 10년('23~'32)으로 적용
 - 원안의 발사체 선행기술개발 내역은 동 사업 대안의 추진범위에서 제외하고 인건비는 공시된 항우연의 기관 평균 인건비 단가를 반영하고 그 외 비용은 관련된 규정과 사업비 활용 현황을 고려하여 제시된 비율을 준용하여 산정
 - 위탁연구비는 별도의 추가자료를 통해 추진계획이 제시된 과제를 주관부처가 요구한 '28~'31년까지 반영

6) 달착륙선 발사계획은 우주개발진흥실무위원회에서 의결(2022.10.07.)

3. 결론 및 정책제언

가. 결론

- 예비타당성조사 대안 구성결과 사업비 규모는 2조 132억 원(국고 100%)이며 하드웨어 개발비 1조 6,770억 원, 경상경비 및 사업추진비 3,362억 원으로 구성되며, 대안에 대한 비용편익 비율(B/C ratio)은 0.429로 도출

<표 4> 예비타당성조사 대안의 예산규모 검토 결과

(단위 : 억 원)

구분		사업계획	변경안	대안7)	사업계획 대비 변경사항	
① 차세대발사체 개발	하드웨어 개발비	차세대발사체 개발 (장비/시설 외)	14,374	15,853	15,852.6	시험발사 1회 증가 및 개발비 규모 준수
		시설구축	636	636	583.9	비용 검토 결과 반영
		장비구축	433	433	333.5	비용 검토 결과 반영
	경상경비, 사업추진비	인건비	1,236	1,452	1,194.4	기관 평균 인건비 반영
		연구활동비	454	545	454.1	사업 인건비 38% 반영
		연구수당	483	565	653.2	총 인건비의 23% 반영
		위탁연구비	40	50	6	계획 제시된 연구비 반영
		간접비	974	1077	1,054.7	대안 기준 재산정(5.53%)
	소계		18,630	20,611	20,132.4	발사 1회 및 사업 기간 증가
	②발사체 선행기술 연구개발		700.0	700	0	추진범위에서 제외
총 사업비 (①+②)		19,330	21,311	20,132.4	대안의 총사업비 산정결과	
B/C		0.442	0.410	0.429	총비용을 고려한 산정결과	

<표 5> 예비타당성조사 대안의 연차별 투자규모

(단위 : 억 원)

구분		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	합계
하드웨어 개발비	차세대발사체 개발	907.6	1,445.4	1,879.6	2,393.0	2,296.0	1,710.0	1,734.0	1,463.3	545.0	1,478.7	15,852.6
	시설·장비	214.2	306.1	325.9	66.5	-	-	-	4.7	-	-	917.4
경상경비, 사업추진비		174.3	276.9	338.7	344.2	331.1	394.3	399.6	389.4	334.1	379.7	3,362.4
총 사업비		1,296.1	2,028.3	2,544.2	2,803.7	2,627.1	2,104.3	2,133.6	1,857.4	879.1	1,858.4	20,132.4

7) 차세대발사체 1회 추가발사 및 사업기간 연장은 우주개발진흥실무위원회(2022.10.07.)의 의결사항 적용

- 동 사업 예비타당성조사 대안에 대한 AHP 평가 결과, 평가자 총 10명 모두 사업 '시행'에 대한 선호도가 높은 것으로 나타나 '시행'을 최종 결론으로 도출하였음

<표 6> 한국형발사체 고도화 사업 대안에 대한 AHP 결과

항목	종합		과학기술적 타당성		정책적 타당성		경제적 타당성*	
	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행
종합평점	0.726	0.274	0.757	0.243	0.695	0.305	0.748	0.252
평가자수	10	0	9	1	10	0	10	0
가중치	1		0.420		0.475		0.105	

* I Make It 기준 AHP 분석 결과임

나. 정책제언

- 발사체 관련 개별 기술별로 사업 완료 후의 격차 수준, 사용 가능성 정도를 보다 면밀히 측정·예측하여 발사체 기술격차를 효과적으로 축소하고 기술활용의 시기를 앞당길 수 있도록 대상기술을 전략적으로 선택 및 지원할 필요
- 해외발사체 수준을 고려한 거시적 관점에서 기술격차를 축소하고, 기존 발사체 및 미래 발사체에 대한 경제성과 정책적인 측면을 최대한 충족시킬 수 있는 선행기술이 개발될 필요
- 차세대발사체의 활용수요(정부 및 민간)를 추가 발굴하여 명확한 시행계획을 수립할 필요가 있으며, 수요에 기반한 적극적인 산업체의 투자 및 참여 유인방안을 구체화하여 추진될 필요가 있음
- 산업체 역량강화를 위해서는 단순한 공동개발에 그치지 말고 산업체의 역할과 책임을 명확히 정의하여 항우연과 기업들간의 역할, 지적재산권 등 보다 세부적인 사항이 고려된 계약과 협약 방안이 요구됨
- 민간주도의 시장을 지향하고 있으므로 향후 발사체 관련 국가연구개발사업 추진시 적절 규모의 민자 매칭이 이루어질 수 있는 기반을 조성할 필요가 있음
- 발사체 기술을 개발하는 과정에서 발생하는 지식과 기술, 인적 자원을 관리하고 육성하는 중장기계획을 통해 관련 인력의 숙련도와 지식수준을 지속적으로 향상시키고 산학연 협력체계를 통해 민간기업에 숙련된 인력이 유입될 수 있는 노력 필요

- 향후 우주탐사 위성의 활용 증대가 예상되나 국제 공동탐재체 개발 등은 매우 어려운 상황으로 과학 임무 목적 공동개발의 경우 국내 발사체 활용이 가능하도록 외교적 노력이 필요
- 발사체의 신뢰도 확보를 위한 시험평가, 시험발사 횟수 등에 있어 충분한 기간과 예산 지원은 필요하나 개발단계별 엄격하고 객관적인 검증과 관리가 요구되며, 발생할 수 있는 위험요소를 지속적으로 제거해 나가는 노력이 필요
- 과도한 기간 지연 또는 예산변경이 수반되는 상황이 발생하는 경우 정부연구개발 관리규정 등에 따른 별도의 평가가 필요

차세대발사체 개발사업

제 1 장 사업 개요 및 조사방법

제 2 장 기초자료 분석

제 3 장 과학기술적 타당성 분석

제 4 장 정책적 타당성 분석

제 5 장 경제적 타당성 분석

제 6 장 종합분석 및 결론


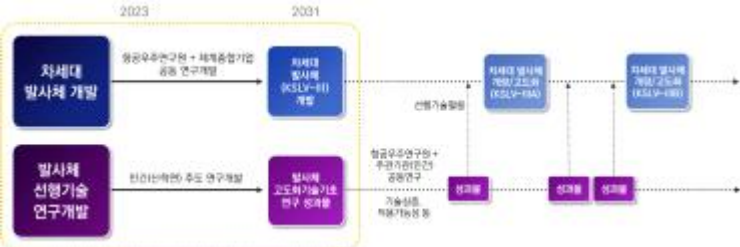
제 1 장 사업 개요 및 조사방법

제 1 절 사업개요

총사업비		1조 9,330.1억 원 (국고:1조9,190.1억 원, 민자:140억 원)	사업기간	'23년 ~ '31년 (9년)
추진 주체	주무부처	과학기술정보통신부/우주기술과		
	지자체/관리 기관	한국연구재단 / 국책연구본부 우주기술단		
사업목표		<p>○ 위성발사, 우주탐사 등 국가 우주개발 수요대응 및 자주적 우주탐사 역량 확보를 위한 차세대발사체 개발 및 미래 선도 기술 역량 확보</p> <p>- 국가 우주개발계획 목표달성 및 자주적 우주탐사 역량 확보를 위한 차세대발사체(KSLV-III) 개발</p> <p>- 차세대발사체(KSLV-III) 이후 우주강국 진입 기반 마련을 위한 발사체 선행기술 연구개발</p>		
추진 체계		<p>국가우주위원회</p> <ul style="list-style-type: none"> 우주임시개발계획 수립 국가우주개발에 관한 중요사항 심의 <p>우주개발진흥심사위원회</p> <ul style="list-style-type: none"> 전도를 시행계획 및 사업 추진에 대한 주요사항에 대한 심의의결 <p>사업추진위원회</p> <ul style="list-style-type: none"> 사업관리, 평가 등주요사항을 심의 조정 <p>주무부처 과학기술정보통신부</p> <ul style="list-style-type: none"> 정책 수립, 예산 지원, 사업현황 점검 등 사업 관리/감독 총괄 <p>집행기관 한국연구재단(전담평가단)</p> <ul style="list-style-type: none"> 사업관리 및 운영 전담평가단 구성 및 운영 <p>추진현황</p> <p>선도기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> 선도기술 선형 기술 연구개발 선도기술 선형기술 연구개발 주도 <p>주관기관</p> <ul style="list-style-type: none"> 선도기술 선형기술 연구개발 주도 <p>추진현황</p> <p>선도기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> 선도기술 선형기술 연구개발 주도 		

* 국가우주위원회, 우주개발진흥심사위원회, 사업추진위원회, 한국연구재단(전담평가단)에 의해

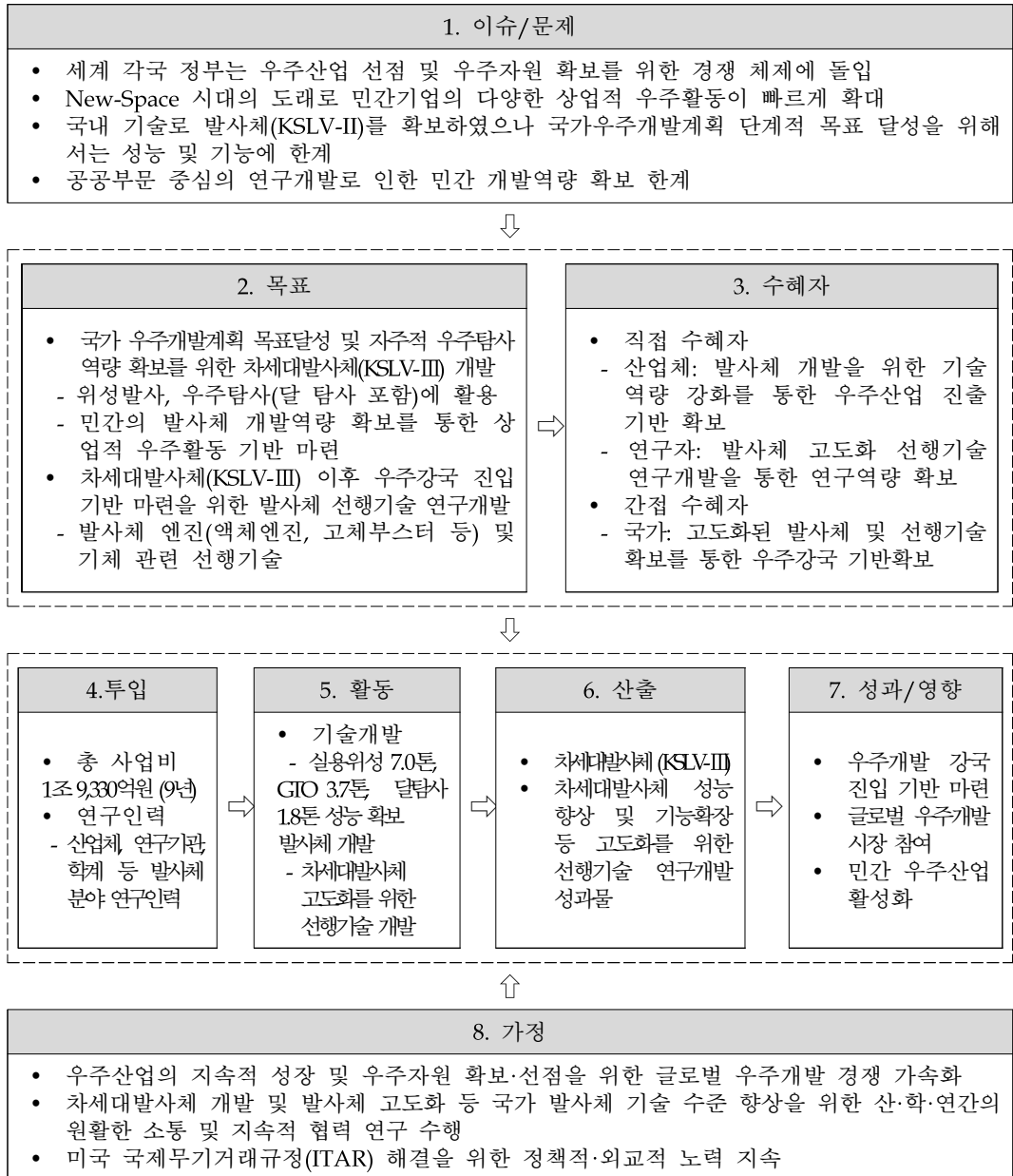
<사업추진체계 구성>

<p>주요내용</p>	<p>□ (사업구성) ① 차세대발사체개발, ② 발사체 선행기술 연구개발 2개 추진분야로 구성</p> <p>○ (추진분야1 차세대발사체개발) 2030년 이후 국가 우주계획(위성발사, 우주탐사) 상의 증대된 우주 수송 수요 대응을 위한 기존 한국형 발사체(KSLV-II) 대비 고도화된 차세대발사체(KSLV-III) 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위성발사, 우주탐사(달착륙선 발사 포함) 등에 활용 - (수행주체) 한국항공우주연구원, 체계종합기업 - (사업규모) 1조 8,630.1억 원(국고 1조 8,630.1억 원)  <p>[한국형발사체 및 차세대발사체 성능 비교]</p> <p>○ (추진분야2 발사체 선행기술 연구개발) 차세대발사체(KSLV-III) 개발 이후 우주강국 진입 기반 마련을 위해 차세대발사체에 적용할 수 있는 선진화 및 고도화된 발사체 선행기술 연구개발 지원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 차세대발사체의 확장성을 확보하고, 급변하는 우주발사체 기술 혁신에 대응 하기 위한 발사체 엔진(액체엔진, 고체부스터 등) 및 기체 등 차세대발사체 개량 및 고도화를 위한 선행기술을 연구 - (수행주체) 기업, 대학, 연구소 등 - (사업규모) 700억 원(국고 560억 원, 민자 140억 원)  <p>[차세대발사체 개발사업의 구성]</p>
<p>기대효과</p>	<p>○ 차세대발사체 개발 및 선행기술 개발을 통한 국가 우주개발계획의 차질 없는 수행 및 우주개발 강국 진입 기반 마련</p> <p>○ 저궤도 대형위성, 정지궤도 위성, 심우주탐사 등 국가 우주개발 수요를 포괄할 수 있는 발사체를 개발함으로써 해외 발사체 활용에 소요되는 외화절감</p> <p>○ 발사체 설계역량을 갖춘 체계종합기업 육성 등 민간 기술개발 역량 강화를 통해 민간 주도 우주개발 기반 구축 및 다양한 우주개발 산업 참여를 통한 관련 산업 활성화</p>

1. 주요 내용

가. 사업의 논리모형

<표 1-1> 동 사업의 논리모형



출처 : 기획보고서

나. 사업구성: (1) 차세대발사체개발, (2) 발사체 선행기술 연구개발로 구성

(1) 추진분야별 주요내용

- ①“차세대발사체 개발”은 핵심기술요소를 중심으로 ‘차세대발사체(KSLV-III) 개발’의 업무분해도(WBS, Work Breakdown Structure)를 재구성하여 사업체계 도출
- ②“발사체 선행기술 연구개발”은 심우주 탐사 등을 위한 초대형 발사체 개발을 위해 민간 주도로 고성능 엔진, 기체기술 등에 대한 선도적 연구개발 추진, 3개 선행기술 및 7개의 연구분야 구성

<표 1-2> 추진분야별 주요내용>

추진분야	기술분야	주요내용
① 차세대 발사체 개발	KSLV-III 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 동체직경 3.7~3.8m, 페어링직경 4.2m, 이륙중량 360톤급의 2단형 차세대발사체 • 1단에 재점화 및 추력조절 가능한 추력 100톤급 다단연소사이클 엔진 5기, 2단에 다회점화 가능한 추력 10톤급 다단연소사이클 엔진 2기 적용.
	설비개조/구축 및 운영	<ul style="list-style-type: none"> • 다단연소사이클 엔진 개발 위한 엔진연소시험설비, 고공모사시험설비, 연소기/터보펌프 시험설비, 단레벨 수류/연소시험용 추진기관시스템 시험설비, 대형 추진제탱크 및 페어링 지상시험용 정적/동적 구조 시험설비, 차세대발사체 통합시뮬레이션 시험설비, 열제어/화재안전/열차단 시험설비 등 구축 및 운영
	발사대 구축 및 운영	<ul style="list-style-type: none"> • 나로우주센터 제1발사대를 전면 개축 • 차세대발사체용 규모에 맞는 추진제공급설비, 발사체이송설비, 화염유도로, 지상고정장치, 엄빌리칼타워, 발사관제설비 등 발사대시스템 구축 및 운영
② 발사체 선행기술 연구개발	미래발사체 대응 기술 선행개발	<ul style="list-style-type: none"> • 대형 메탄 엔진 선행기술 연구 • 상단 고성능 수소 엔진 선행 기초연구
	재사용발사체 기술 선행 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 토스백(toss-back) 방식 재사용 실증기 구성을 위한 실용급 재사용 핵심기술 개발
	성능확장용 기술 선행개발	<ul style="list-style-type: none"> • 대형발사체 적용 구조 경량화 핵심기술 연구
		<ul style="list-style-type: none"> • 광센서 계측기술을 이용한 발사체 예비오닉스 시스템 핵심기술 개발 • 다중임무 확장용 저장성 추진제 액체엔진 선행기술 연구 • 차세대발사체 성능 확장 위한 보조부스터 핵심기술 개발

(2) 소요예산

□ 총 사업비 : 1조 9,330억 원

○ 차세대발사체 개발 : 1조 8,630억 원

- H/W 개발비 : 1조 5,443억 원 (차세대발사체 개발 및 시설, 장비구축)

- 경상경비 및 사업추진비 : 3,187억 원 (항공우주연구원)

○ 발사체 선행기술 연구개발 : 700억 원(국고 540억 원, 민자 140억 원)

<표 1-3> 차세대발사체개발사업 예산

구분		예산 (억 원)	비율 (%)	주요 업무	
① 차세대 발사체 개발	하드웨어 개발비	차세대발사체 개발	9,488	49.08%	기체 개발(DM, EQM) 엔진 개발(DM, EDM, EQM) FM1/2 제작/시험, 총조립 및 발사운용
		설비개조/구축 및 운영	3,455	17.87%	조립/시험설비 개조/구축 및 운영
		발사대 구축 및 운영	2,500	12.93%	발사대 구축 및 운영
	경상경비, 사업추진비	인건비	1,236	6.39%	이관 인건비 제외
		연구활동비	454	2.35%	총 인건비의 20% (단, 비행시험 시 +5%)
		연구수당	483	2.50%	총 인건비의 23% (보안수당 +3%)
		위탁연구비	40	0.21%	10억원/년(2028~2031년)
		간접비	974	5.04%	항우연 2023년 간접비 비율 5.53% 기준
	소계		18,630	96.38%	
	② 발사체 선행기술 연구개발		700.0	3.62%	
총 사업비		19,330	100.00%		

제 2 절 조사방법

1. 항목별 조사방법

가. 과학기술적 타당성 분석

- 문제/이슈 도출의 적절성
 - 차세대발사체 개발의 시급성 필요성에 관한 문제/이슈의 원인분석 결과와 분석내용의 타당성 검토
 - 제시된 문제/이슈에 대한 과학기술적 해결방안 적절성, 동 사업 외 대안 가능성, 민간주도 가능성 및 계획 등 검토
- 사업목표의 적절성
 - 사업목표와 문제/이슈 연관성 등 목표설정에 대한 적절성을 세부 활동과 연계하여 검토
 - 문제/이슈 해결 기여도, 발사체 개발 및 성능목표 포괄성, 민간기업 역량 수준 향상 등 사업 연관 성과지표 적절성 검토
 - 사업의 시행 여부와 성과물에 따라 이익을 받는 수혜자 식별을 위한 직·간접적 이익 발생 경로 검토
- 세부활동 및 추진전략의 적절성
 - 사업목표 달성을 위한 세부 활동별 핵심기술요소를 중심으로 적절한 업무분해도를 구성하였는지 검토
 - 발사체 개념 및 구성 등에 대한 기술·정책적 분석, 산업계·학계 등 이해관계자의 의견수렴 및 검증과정 등을 검토
 - 연구개발 활동과의 연계성, 발사설비 및 시험 제작설비 구축 등의 계획 적정성 검토 및 세부활동별 제시된 계획서의 성과지표 검토
 - 세부활동과 시설구축 및 장비 도입계획 점검을 통한 연구개발, 기반구축 및 장비 구축·운영 순서 등을 검토
 - 기존 사업의 한계 극복 및 개선방안, 주요 의사결정 체계 및 추진 주체 간 역할분담 등을 검토

나. 정책적 타당성 분석

- 상위계획과의 부합성
 - 「우주개발진흥법」제5조에 의해 수립되는 '제3차 우주개발진흥 기본계획', '제4차 과학기술기본계획', '대한민국 우주산업전략' 등 유관정책과의 부합성 검토
- 사업 추진체제 및 추진의지
 - 유관사업과의 차별성 및 既 확보 기술과의 연계방안, 체계종합 후보기업과 참여 후보 기업의 참여의지 및 참여가능성 등 검토
- 사업 추진상의 위험요인
 - 사업 수행을 위한 국비 확보 가능성 및 자원 조달기준 검토
 - 사업과 유관한 법·제도 및 국제협약 등에 대응방안 검토

다. 경제적 타당성 분석

- 비용 추정
 - 세부활동(발사체 개발, 운용/관리 및 선행기술 개발 등) 규모 추정의 적절성, 경상 경비 및 사업추진비 등의 산정 근거 적절성 검토
- 경제성 분석
 - 주관부처의 경제성 분석 방법의 적용 및 분석결과의 타당성 검토

제 2 장 기초자료 분석

제 1 절 발사체 개요

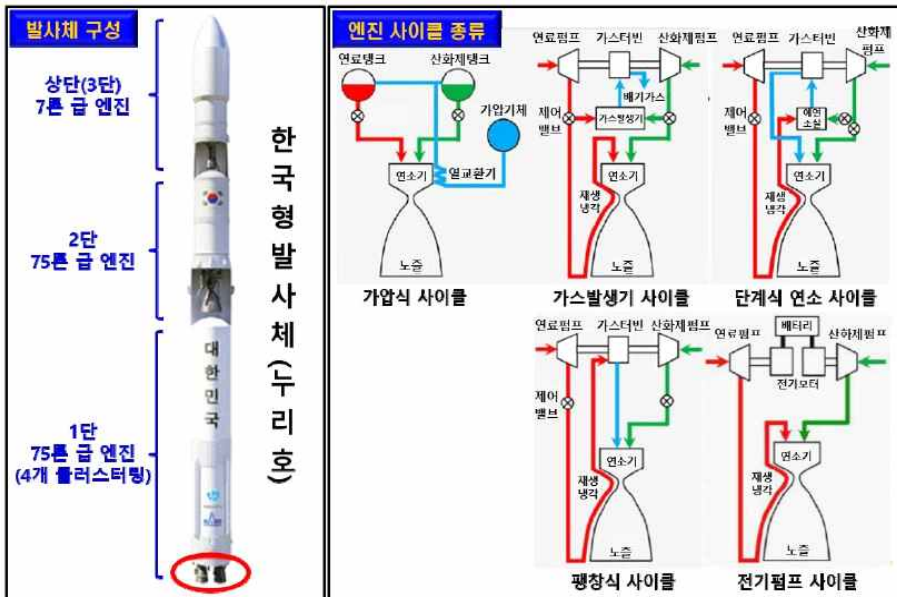
1. 발사체의 정의 및 범위¹⁾

- 우주발사체란 우주공간의 정해진 위치에 탑재물(payload)²⁾을 운반하는 임무를 수행하는 로켓을 의미하며, 우주발사체는 임무에 따라 한 개 혹은 여러 개의 단(stage)으로 구성함
- 우주발사체의 성능을 좌우하는 로켓엔진은 추진제의 종류에 따라 크게 고체추진제와 액체추진제로 구분되고, 높은 효율성과 재점화 등을 요하는 우주발사체 추진기관은 액체엔진을 주로 활용함
 - 액체엔진은 고체엔진에 비해 구조가 복잡하나, 추력조절이 가능하고 추진제를 별도의 탱크에 저장하기 때문에 연소시간을 연장할 수 있다는 점에서 우주발사체 시스템에 적합함
- 엔진은 추진제 공급시스템에 따라 압축가스 공급시스템과 터보펌프 공급시스템으로 구분함
 - 압축가스 공급시스템은 비활성가스를 고압의 탱크에 저장해 두었다가 압력의 힘으로 밀어내는 방식이며, 간단하면서도 신뢰도가 높은 장점이 있지만, 연료와 산화제가 항상 압축된 상태로 저장되어 있어야 되기 때문에 추진제 탱크의 벽이 두꺼워져 무거워진다는 단점이 존재함
 - 반면, 터보펌프 공급시스템은 터빈으로 작동된 펌프를 활용해 추진제를 밀어내는 방식으로 터보펌프를 이용해 가압된 고압의 공기가 추력실로 공급되기 때문에 추진제 저장탱크의 무게가 상대적으로 가벼움
 - 터보펌프 공급시스템의 신뢰도가 압축가스 방식과 유사한 수준으로 향상되어, 일반적으로 우주발사체에는 발사체 경량화에 이점을 가진 터보펌프 공급시스템이 활용됨

1) KISTEP 기술동향브리프 15호, 2018을 재구성함

2) 통신과 지구관측 등을 위한 인공위성과 화성 및 달 탐사 등의 우주 임무를 위한 시스템 등

- 터보펌프 공급시스템은 사이클 종류에 따라 대표적으로 가스 발생기 사이클, 단계식 연소 사이클, 팽창식 사이클 등으로 구분되고, 2016년도에는 가스발생기와 구동기 및 터빈이 없는 매우 간결한 전기펌프 사이클도 개발됨³⁾
- 일반적으로 우주발사체에는 기술의 장벽이 상대적으로 낮은 가스 발생기 사이클이나 팽창식 사이클을 사용함
- 터빈을 구동한 연소가스를 주연소기로 다시 공급시켜 연소기에서 재연소되어 추력과 효율성을 향상시킨 다단연소 사이클 방식은 미국, 러시아, 일본 등 우주개발 선진국에서 사용 중이며, 국내에서는 동 사업의 발사체 적용을 위해 기초연구를 진행해 왔음
 - 초소형 우주발사체의 고압 다단연소 로켓엔진용 터보펌프 개발, 액체엔진 고성능화 선행기술 연구 등



[그림 2-1] 우주발사체 구성 및 액체엔진 시스템 사이클

출처 : 정승민, 2016

3) 정승민 외 (2016) 전기펌프사이클 엔진 등 민간분야 우주발사체 신기술고찰, 한국항공우주학회지 44권 2호.

2. 발사체 개발이력

- 우리나라는 '90년대의 과학 로켓 시리즈를 시작으로, 발사체 개발에 참여함
 - '90년 한국항공우주연구소 창설과 함께 본격적으로 과학로켓 시리즈 개발
 - '90년대 3차례의 과학로켓을 개발하여 발사체 기술개발 역량을 확보하고, 발사 경험을 획득
 - '13년 러시아와의 기술 협력으로 개발된 국내 첫 위성 발사체 나로호가 2차례의 발사 실패 끝에 성공
 - 현재 정부주도의 발사체 개발을 지속하며, '10년부터 국내 기술로 독자적으로 한국형발사체를 개발 중이며 '21년 10월 1차 발사를 시행
 - 목표상공인 고도 700km에 도달하였으나 위성을 궤도에 올리는 것에는 실패
 - '22년 6월 21일 누리호 2차 발사 성공

<표 2-1> 국내 발사체 개발 이력

년도	특징
'90	· 한국항공우주연구소 창설
'93	· 과학로켓 KSR-I 발사 성공
'97	· 중형과학로켓 KSR-II 발사 성공
'02	· 액체연료과학로켓 KSR-III의 발사 성공
'09	· 한국 최초의 위성발사체 나로호 1차 발사 실패
'10	· 나로호 2차 발사 실패
'13	· 나로호 3차 발사 성공
'10~(현재)	· 한국형발사체(KSLV-II, 누리호) 개발
'18	· 한국형발사체 시험 발사체 발사
'21	· 한국형발사체(KSLV-II, 누리호) 1차 발사
'22	· 한국형발사체(KSLV-II, 누리호) 2차 발사

<표 2-2> 국내 발사체 개발 이력

구분	KSR-I	KSR-II	KSR-III	KSLV-I(나로호)	KSLV-II(누리호)
형상					
목적	<ul style="list-style-type: none"> 1단형 무유도 과학 관측로켓 국산화 개발 및 한반도 오존층 탐사 	<ul style="list-style-type: none"> 초기 자세 제어 기능을 갖춘 2단형 고체추진 과학관측 로켓의 국산화 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 액체추진로켓 독자 개발 및 소형위성 발사체 개발을 위한 기반기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 100kg급 인공 위성을 지구 저궤도에 진입시킬 수 있는 발사체(독자)개발을 위한 기술과 경험 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 1.5톤급 실용 위성을 지구 저궤도에 투입시킬 수 있는 발사체 개발 및 우주 발사체 기술 확보
개발기간	· '90.7~'93.10	· '93.11~'98.6	· '97.12~'03.2	· '02.8~'13.4	· '10.3~'22.3
개발비	· 28.5억 원	· 52억 원	· 780억 원	· 5,025억 원	· 19,572억 원
길이(m)	· 6.7	· 11.1	· 14.0	· 33.0	· 47.2
직경(m)	· 0.42	· 0.42	· 1.0	· 2.9	· 3.5
중량(kg)	· 1,268	· 2,048	· 6,000	· 140,000	· 200,000
1호기	· '93.6.4	· '97.7.9	· '02.11.28	· '09.8.25	· '21.10월
2호기	· '93.9.1	· '98.6.11	· -	· '10.6.10	· '22.6월 예정
3호기	· -	· -	· -	· '13.1.30	· -
특징	<ul style="list-style-type: none"> 1단형 고체추진 과학로켓 	<ul style="list-style-type: none"> 2단형 고체추진 과학로켓 비행 중 2단 분리 성공 	<ul style="list-style-type: none"> 국내 최초의 액체추진로켓 독자개발 성공 소형위성발사체 개발을 위한 기반 기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 국내 최초의 위성 발사체 개발 한-러공동개발 러시아 기술 협력을 통한 체계기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 국내 최초의 실용 위성급 위성 발사체 개발 국내 독자개발 75톤급 액체 엔진 개발

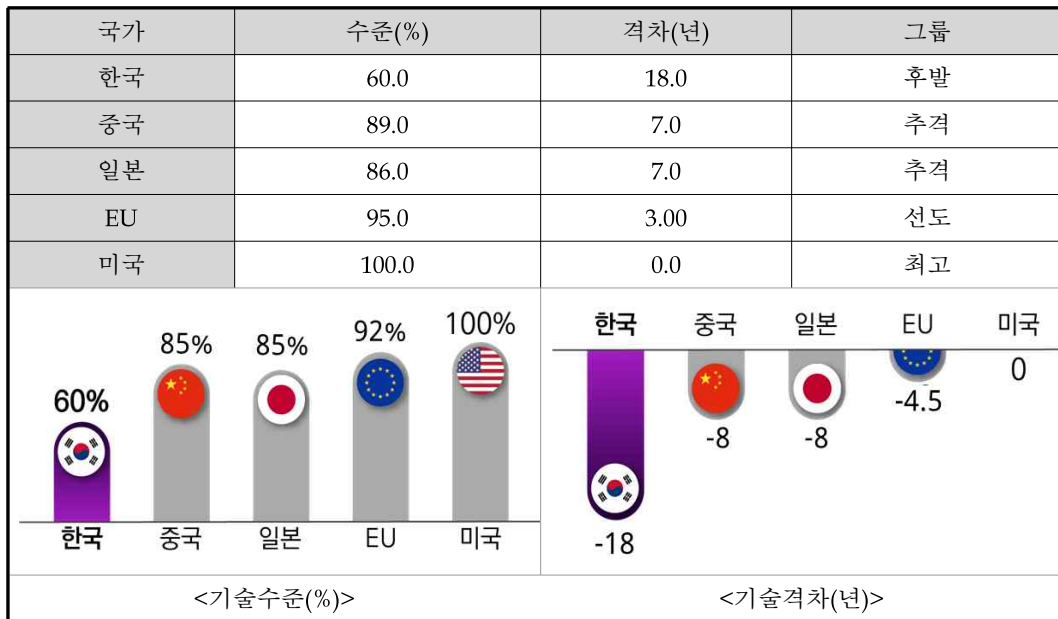
출처 : 기획보고서

3. 발사체 기술수준

- KISTEP에서 실시한 기술수준평가에 따르면 우리나라는 최고기술 보유국(미국) 대비 기술수준 60%를 기록하며 후발주자에 해당함
- '20년 기준 '우주발사체 개발 및 운용 기술' 관련하여 한국은 후발주자로서 최고기술 보유국(미국) 대비 기술수준은 60.0%이며, 기술격차는 18년으로 평가
- 우주·항공 분야 최고 기술력 보유국(미국)을 100%로 봤을 때 한국의 우주발사체 기술수준은 EU(92%), 일본(85%), 중국(85%)에 비해 큰 차이를 보임

<표 2-3> 우주발사체 개발 및 운용기술수준

(단위 : %, 년)



* 출처 : 2020년 기술수준평가(2021, KISTEP)

- '18년도와 비교해 '20년의 발사체 기술수준은 변화하지 않았고, 기술격차는 1년 증가함
- '18년도 기술수준은 60%에서 변화하지 않았고, 기술격차는 1년(17년->18년) 증가
 - 발사체 기술 최고기술국인 미국의 기술이 지속적으로 발전하고 있어 전체적으로 기술수준이 감소하고, 기술격차는 증가한 것으로 나타남

<표 2-4> 발사체 관련 기술수준 변화

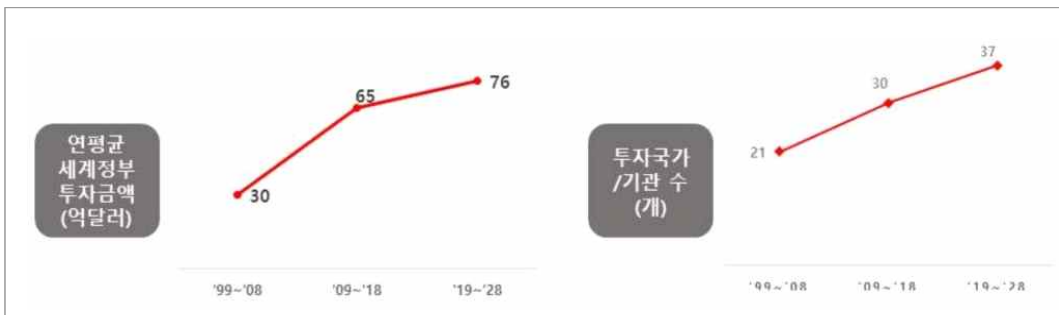
국가	기술수준(%)			기술격차(년)			기술수준 그룹		
	2018	2020	증감(%p)	2018	2020	증감(년)	2018	2020	증감
한국	60.0	60.0	0.0	17.0	18.0	1.0	후발	후발	-
중국	89.0	85.0	-4.0	7.0	8.0	1.0	추격	추격	-
일본	86.0	85.0	-1.0	7.0	8.0	1.0	추격	추격	-
EU	95.0	92.0	-3.0	3.0	4.5	1.5	선도	선도	-
미국	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	최고	최고	-

* 출처 : 2020년 기술수준평가-우주항공해양, (2021, 한국과학기술기획평가원)

제 2 절 발사체 기술동향

1. 글로벌 발사체 기술동향

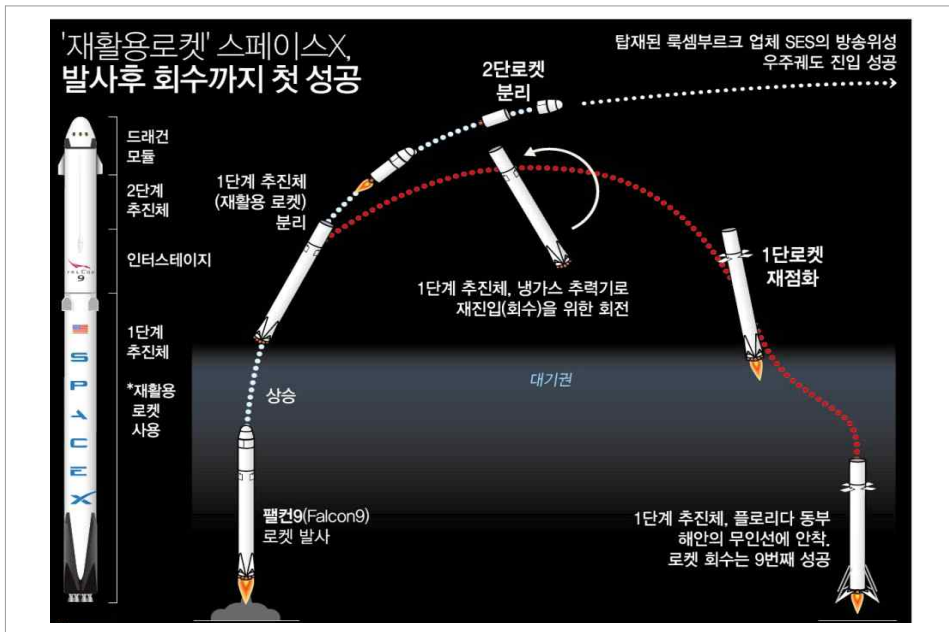
- 해외 주요국들은 우주발사체 기술에 있어 해외 의존을 탈피하고, 자국의 독자적인 기술을 확보·강화하기 위해 노력중에 있음
- 전 세계적으로 우주개발에 참여하는 국가들이 지속적으로 증가하고 있음
 - 지구관측영상, 위성통신, 위치정보 제공과 같은 우주기술의 활용이 교통, 통신, 안보, 환경 및 에너지 등 현대 사회를 유지·발전시키는 데 필수적인 요소로 인식됨에 따라 우주개발에 참여하는 국가들이 지속적으로 증가
 - 가장 많은 국가가 참여하는 우주개발 영역은 지구관측위성(총 65개국 참여)이고, 그 외 발사체, 기상위성 등의 순으로 투자가 이루어지고 있음
- 우주발사체 관련 기술개발에 투자한 국가가 지속적으로 증가하고 있음
 - 연평균 세계정부 투자금액은 매년 지속적인 증가 추이를 보여주고 있으며, '99년~'08년 30억 달러에서 '09년~'18년 65억 달러로 2배 이상 증가
 - 우주발사체 관련 기술개발에 투자한 국가/기관 수는 '99년~'08년 21개국/기관에서 '09년~'18년 30개국/기관으로 증가
 - 아르헨티나, 브라질, 인도네시아, 터키 등은 500kg 이하의 위성 발사를 목표로 발사체 관련 기술개발에 투자



* 출처 : 제3차 우주개발진흥 기본계획 수정(안)(2021, 국가우주위원회)

[그림 2-2] 발사체 개발 관련 추이

- 민간기업이 시장에 진출함에 따라, 경쟁력 확보를 위한 기술개발이 활성화되었고 민간-정부의 역할이 분담됨
 - 정부는 대외 의존도 감소(자립화)를 위한 기술개발 및 고도화를 통한 고위험군 사업을 담당하고 민간기업은 재사용 엔진 개발 등 발사비용 절감에 집중함
 - 발사체 시장에서 공공부문과 민간기업은 각각의 효율성을 위한 역할 분담의 경향 존재
 - 기업들은 발사체 개발에 대한 투자 유치를 위해 체계적인 비즈니스 계획수립 및 창의적인 기술 아이디어를 고안하며, 발사체의 비용 절감 및 기술경쟁력 향상 노력
 - 우주산업에 대한 민간기업의 진출은 발사체 분야에서의 기술혁신을 유발
 - kg 당 수만 달러에 달하는 높은 우주 발사비용이 우주산업의 진입장벽으로 작용하였으나 SpaceX와 같은 민간기업의 '로켓 재사용' 기술혁신⁴⁾으로 인해 우주수송 비용이 크게 감소함



* 출처 : '재활용로켓' 역사적 첫 비행.. 스페이스X, 발사후 회수까지 성공, (2017, 연합뉴스)

[그림 2-3] Falcon9 발사체의 재사용기술 개요

4) 모든 연료를 소비하면 분리되어 해상 추락 또는 대기 중 연소되는 기존 로켓과 달리 재점화가 가능한 엔진, 로켓의 자세조정 기술, 무인선 위치고정 기술 등을 통해 분리된 로켓을 발사장에 재착륙시켜 손상 없이 회수

가. 미국

- '50년대부터 소련과의 경쟁 속 우주개발을 통해 충분한 기술력과 인력을 확보함
 - '58년 미 항공우주국(NASA)의 설립과 함께 위성 익스플로러-1호를 발사하기 위한 발사체 주노-1 개발을 통해 발사체 기술개발을 시작함
 - 이후 인류 최초의 유인 달 탐사선 아폴로 11호 발사를 위한 발사체 새턴V⁵⁾를 개발하여 최초로 달에 인류를 보내는 것에 성공함
 - '70년대까지 국방부 및 NASA 등의 정부 주도로 발사체 개발이 이루어진 이후 발사체의 상업화를 위해 민간기업과 정부 간의 협력을 강화함

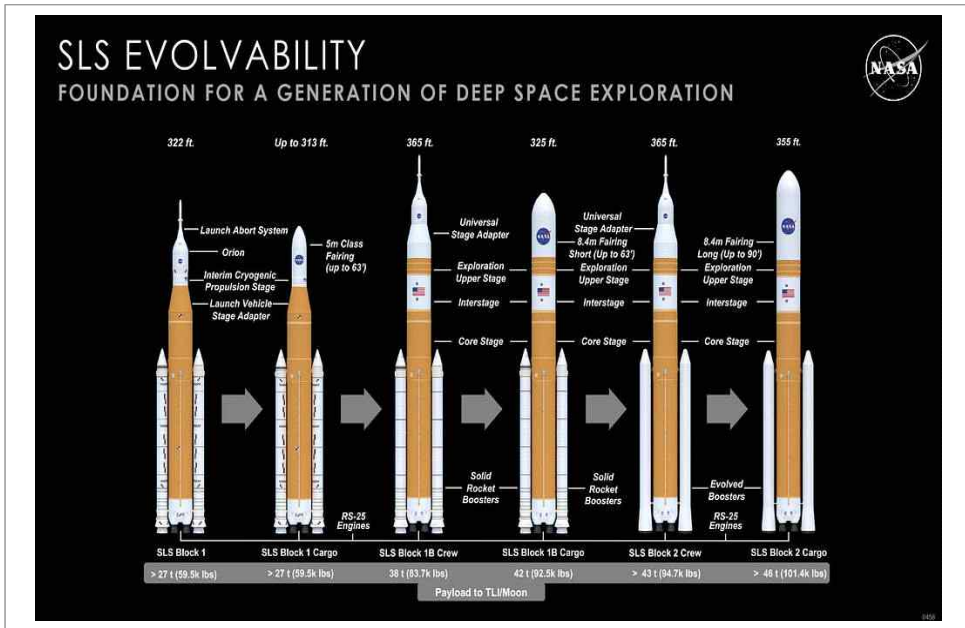
<표 2-5> 미국의 발사체 개발 경위

연도	주요 내용
'58	· 미항공우주법 제정과 함께 우주개발 시작
'70년대	· 미 국방부와 NASA 등 정부 주도 우주발사체 개발
'80년대	· 발사체 다각화, 민간기업 주도 지향 전략 수립 및 준비, 신생 우주 발사 기업 지원
'2010년대	· 민간과의 협력 강화

* 출처 : 한국형발사체 활용 활성화를 위한 향후 발사체 개발 전략 기획 연구, (2018, 한국연구재단)

- 미 정부는 유인 달 탐사 '아르테미스 계획'에 사용할 스페이스 런치 시스템(Space Launch System, SLS)을 개발 중임
 - 대당 가격 20억 달러(약 2조 8000억 원), 높이 98m의 미국 역사상 가장 거대한 우주발사체로 고체 로켓 부스터 2개를 코어 스테이지 측면에 붙인 형태로 구성됨
 - 중앙의 가장 큰 부분인 코어 스테이지의 높이는 65m, 무게는 8만5,275kg에 달함
 - 우주선 포함 최대 27톤의 탑재물을 초속 11km까지 가속하여 달을 향해 날아갈 수 있도록 설계했으며 '21년 1월 연소시험 80초만에 중단된 후 '22년 6월 기준 비연소 시험을 진행할 예정임
 - 제작 과정 중 보잉, 록히드마틴, 노스롭 그루만, 스페이스X, 블루 오리진, 에어로젯 로켓다인, 아리안 그룹, 유나이티드 런치 얼라이언스, L3해리스 테크놀로지스, 콜린스 에어로스페이스, 시에라 네바다 코퍼레이션 등 우주항공분야 대표민간기업들이 참여

5) 3단으로 구성되었으며 높이 110.6m, 지름 10.1m, 무게 3000t



* 출처 : ‘SLS Evolvability, (2021, NASA)

[그림 2-4] SLS 발사체 변화 과정

- 민간기업인 SpaceX와 ULA, Blue Origin을 필두로 발사서비스 목적의 저비용·재사용 발사체나 유인 탐사를 위한 대형발사체를 개발 중임
 - (SpaceX) ‘06년 세계 최초 민간개발 우주발사체 ‘Falcon-1’ 발사를 시작으로 인공위성, 발사체, 발사체 엔진, 우주선, 우주관광 등 우주산업의 다양한 분야에 진출
 - ‘15년 Falcon-9 발사체 발사로 재사용 가능한 우주발사체를 개발
 - 발사체 발사 후 지상 혹은 해상에서 1단을 회수하는 기술을 보유하고 있으며, 1단을 재사용함으로써 발사비용을 절감
 - 엔진 클러스터링 기술과 재사용 기술을 활용하여 우주발사체 시장의 경쟁력 확보를 목표로 개발 진행 중
 - (ULA) Boeing과 Lockheed Martin이 합작하여 United Launch Alliance(ULA)를 설립하고 발사서비스를 제공하고 있음
 - Boeing의 ‘델타’ 로켓과 Lockheed Martin의 ‘아틀라스’ 로켓을 이용해 고객의 인공위성을 궤도에 올리고 있음
 - 1단 발사체에서 엔진 부분만 분리 회수해 다른 발사체에 장착 및 사용 가능한 재사용 발사체 Vulcan을 개발함

- (Blue Origin) 자체 개발한 재사용 가능 준궤도 발사체를 통해 우주시장에 참여함
 - 1단 발사체의 재사용이 가능한 New Glenn 발사체를 개발함
 - '15년 New Shepard 발사체를 개발하여 민간 우주여행 사업에 참여함

<표 2-6> 미국의 주요 발사체

기업/기관	발사체	높이(m)	추력(kN)	중량(kg)	수용량(kg)
Orbital Sciences Corporation	• Antares 230+	• 42.5	• 3,265	• 262,600	• LEO-8000
SpaceX	• Falcon 9	• 70	• 1단-7,607 • 2단-934	• 549,054	• LEO-22,800 • GTO-8,300
	• Falcon Heavy	• 70	• 1단-7,607 • 2단-934	• 1,420,788	• LEO-54,400 • GTO-22,200
	• Starship	• 120	• 1단-72,000 • 2단-12,000	• 5,000,000	• LEO-100,000
Virgin Orbit	• Launcher One	• 21.3	• 1단-326.8 • 2단-22.2	• 30,000	• LEO-500
Blue Origin	• New Shepard	• 15	• 1,020	• 75,000	•
	• New Glenn	• 98	• 1단-17,100 • 2단-1,400	•	• LEO-45,000 • GTO-13,600
Rocket Lab	• Electron	• 17	• 진공-192 • 해면-162	• 12,500	• LEO-150
Lockheed Martin	• Atlas V	• 58.3	• 4,152	• 546,700	• LEO-9,750 • GTO-4,950
Boeing	• Delta IV	• 63	• 부스터-826.6 • 1단-3,312.8 • 2단-110	• 249,500	• LEO-8,600
ULA	• Delta IV Heavy	• 72	• 부스터-3,140 • 1단-3,140 • 2단-110	• 733,000	• LEO-28,790 • GTO-14,220
	• Vulcan Centaur	• 61.6	• 부스터-2,201 • 1단-4,900 • 2단-212	• 546,700	• LEO-27,200 • GTO-14,400 • GEO-7,200 • 달-12,100
NASA	• Space Launch System (SLS)	• 111.25	•	•	• LEO-130,000 • 달-46,000

* 출처 : 기획보고서

나. 러시아

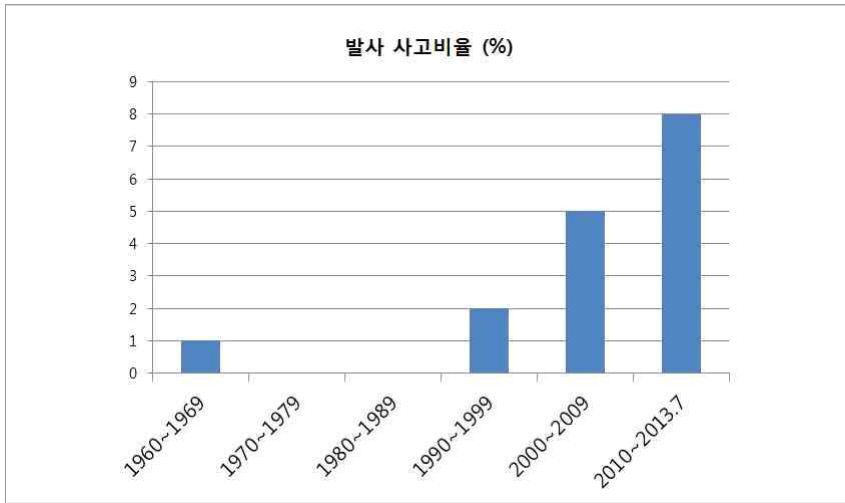
- '57년 10월 인류 최초의 인공위성 '스푸트니크' 발사와 '61년 최초의 유인 우주비행 등 세계 최고 수준의 우주발사체 기술을 보유하고 있으나, 최근 우주산업 경쟁력이 약화된
- 소련 공산당의 의지로 인해 막대한 비효율과 손실을 감수하면서도 발사체 개발을 끊임없이 유지함
- 대륙간탄도미사일(ICBM)으로 활용된 R-7 발사체를 이용해 인류 최초의 인공위성 '스푸트니크 1호' 최초로 우주로 간 생물체로 기록된 스푸트니크 2호의 우주개라이카, 최초로 지구궤도를 돈 우주인 유리 가가린과 '59년 최초의 달 충돌 실험과 무인 달착륙 등의 업적을 기록함
- 그러나 이후 지속된 발사 실패와 소련의 경제 침체로 인하여 우주산업 경쟁력이 약화되었고 이후 Roscosmos 구조 개편 등을 통해 우주산업에 지속적으로 투자하였으나 발사 실패가 이어짐
- 경쟁력 약화에도 불구하고 러시아 정부는 지속적으로 우주프로그램을 통해 우주산업을 지원하는 등 구소련 시절의 영향력을 되찾기 위한 노력 중에 있음

<표 2-7> 러시아의 발사체 개발 경위

연도	주요 내용
'50년대	• 우주개발 선도 국가로 탄탄히 정부지원의 발사체 개발 수행
'90년대	• 경제력의 쇠퇴로 우주분야에 대한 정부의 투자 감소
'00년대	• 우주산업의 효율성 강화를 위한 예산 증액 감행
'00년	• 로스코스모스 설립-1개의 공사 아래 모든 기관 통폐합, 현재까지 계약/개발/제조 담당
'11년	• 군사용 위성인 Geo-IK-2 위성을 탑재하고 발사된 로콧(Rokot) 발사체가 발사에 실패하였고, Express-AM4 통신위성은 발사 후 통신이 두절 • 국제우주정거장(ISS) 보급 우주선인 프로그레스(Progress)호는 발사 엔진이었던 소 유즈-유(Soyuz-U) 로켓 이상 발생

* 출처 : 한국형발사체 활용 활성화를 위한 향후 발사체 개발 전략 기획 연구, (2018, 한국연구재단)

- 잦은 발사 실패로 인한 기술경쟁력 약화를 보완하기 위하여 정부 차원의 다양한 지원 프로그램을 시행중에 있음
- 우주산업 종사자들의 은퇴 등으로 인한 기술력 저하 및 발사체 생산 현장에서의 문화 변질 등으로 발사 사고가 증가해왔으며 우주관련 기관들의 관료주의와 예산 확보 경쟁 및 부정부패 등으로 비효율적인 지출도 증가함



* 출처 : 러시아 로켓엔진산업 구조개편과 엔진개발 동향, (2017, 김철웅 외)

[그림 2-5] 러시아 발사사고 비율 변화

- '15년 러시아 연방우주청인 ROSCOSMOS의 구조개편과 동시에 우주청 산하 핵심 기업체를 지원하며 모든 민간우주프로그램 정책 수립 및 집행을 담당함
 - 구소련 시절부터 국가 우주개발 핵심이었던 정부 기관을 민영화한 곳으로 현재 민간 개발사업에 진출 중임
 - ROSCOSMOS 산하 기관 및 기업을 모두 포함해 약 24만명의 인력을 보유, 그중 우주산업 개발인력은 약 4만 5천 명 정도로 추산됨
 - 정부는 구소련 해체 이후 우주 관련 기업들의 운영 예산을 지원하며 학계, 연구소, 산업체에서의 발사체 분야 전문 연구진의 겸임제도로 발사체 관련 전문인력 교육 역할을 수행함
 - 항공우주 관련 국가 연구소 및 산업체 선임연구원급 연구진이 학교의 교수 및 준교수 직책을 겸임해 실무경험을 공유하고 인력교육을 담당함
 - 정부는 발사 서비스 제공이나 로켓 엔진 수출 등을 우주 기업체에 허가해 산업체의 매출 증대를 도모함
- 다양한 크기의 우주발사체를 보유하여 세계 발사 서비스 시장에서의 경쟁력을 확보 해왔으며 대표적으로 Soyuz, Angara, Zenit 시리즈의 발사체를 보유함
 - (Soyuz) 자국 내 주력 우주발사체로, 가스 발생기 사이클과 케로신을 연료로 사용하고 129톤급의 추력을 지님

- '57년 세계 최초의 ICBM인 R-7 Semyorka(세묘르카) 미사일에서 활용된 엔진인 RD-107A 엔진을 적용함
- '17년까지 생산라인을 유지하였으며 Soyuz-FG를 개발
- (Angara) '94년 개발을 시작한 Angara 발사체는 '14년 Angara 1.2 및 Angara A5 발사에 성공함
 - 로켓 모듈 1~5개를 붙여 3.8~35t까지 운반체 중량과 목적에 맞게 다양한 형태로 제작이 가능
 - Angara A5 발사체는 '01년 발사한 대형발사체 Proton을 대체하는 차세대 대형 발사체로서 Proton 발사체보다 탑재 중량 향상
 - 차세대 초대형 발사체인 Angara A5V 발사체에 다단연소 사이클과 케로신 연료가 장착되고, 213톤급의 추력을 가지는 RD-191 엔진이 적용될 예정임
- (Zenit) 구소련때의 우주발사체로 우크라이나의 유즈노예가 개발함
 - '85년 Zenit-2가 처음 발사되었고 kg당 2,567 달러의 저렴한 발사비용
 - 추력 800톤의 RD-171 엔진을 1단으로 사용

<표 2-8> 러시아의 주요 발사체

기업/기관	발사체	높이(m)	추력(kN)	중량(kg)	수용량(kg)
Khrunichev (흐루니체프)	• Proton-M	• 58	• 1단10,470 kN • 2단2,399kN • 3단630kN • 4단83.4kN	• 705,000	• LEO-23,000 • GTO-6,920
	• Angara A5	• 64	• 1단1,920 kN • 2단294.3kN • 3단19.6kN	• 773,000	• LEO-24,000 • GTO-5,400~7,500 • GEO-3,000~4,600
Energia	• Soyuz-FG	• 49.5	• 부스터4,838.5 kN • 1단792.48kN • 2단297.93kN • 3단19.6kN	• 305,000	• LEO-7,100
Yuzhnoye (유즈노예)	• Zenit-3F	• 59.6	• 해면7,257 kN • 진공7,908kN	• 471,000	• GTO-4,000

* 출처 : 기획보고서

다. 유럽

- EU 국가들은 '62년 우주개발을 목적으로 유럽 로켓개발기구(ELDO)와 유럽우주연구기구(ESRO)를 설립하였고 '75년 두 기구를 통합하여 유럽우주국(ESA)을 발족해

우주개발사업을 시행 중에 있음

- 당시 유럽은 미국과 소련의 치열한 우주경쟁을 지켜보면서 자주적 우주개발을 성취하기 위해서는 상호 협력을 통해야 한다고 판단, 유럽 공동의 우주 관련 연구 기구 ESA를 설립하고 독자적 발사체 아리안 로켓 개발에 착수함
- '80년 세계 최초의 위성발사 대행 회사 아리안스페이스(Arianespace)가 설립되었으며 아리안로켓의 개발과 개량을 거듭하여 세계 상업위성 발사 시장의 절반을 장악함
 - 아리안 시리즈는 87.5%의 발사성공률을 기록, 현재 아리안 5 로켓은 전 세계 정지 궤도 위성 발사 시장의 50% 이상의 점유율을 차지함

<표 2-9> 유럽의 발사체 개발 경위

연도	주요 내용
'62	• 유럽 로켓개발기구(ELDO)와 유럽우주연구기구(ESRO) 설립
'75	• ESA(European Space Agency) 설립으로 상업적 목적을 위한 우주활동을 위한 프로그램으로 연구개발을 총괄
'79	• ESA의 발사기지인 프랑스령 기아니(Guyane)의 쿠루(Kourou)에서 아리안 로켓 1호가 성공적으로 발사
'80	• 유럽 각국의 연구소/기업이 공동 출자하여 세계 최초의 상업 발사 대행 기업 아리안스페이스(Arianespace) 설립
'08	• 10개국이 공동 제작한 최초의 우주실험실 '콜럼버스가 이틀린티스호에 실려 국제우주정거장에 부착
'14	• 우주 벤처기업 지원프로그램 확대 • '14~'18년 92개 우주 벤처기업에 4억 9,300만 달러 투자
'17	• 공공-민간 협력 강화를 위한 민간 우주기업 지원 프로그램 Connect-by-CNES 시작
현재	• ESA는 기업 참여 유도 및 산업 지원 및 관리, 기업은 개발-제작 담당

* 출처 : 한국형발사체 활용 활성화를 위한 향후 발사체 개발 전략 기획 연구, (2018,한국연구재단)

- 높은 기술수준 및 민간기업의 역량이 높아 발사체 개발에 산업체 참여가 활발하며 오랜 우주개발 역사를 바탕으로 높은 수준의 기술을 보유함
- 세계 수준의 역량을 갖춘 기업들을 보유해 민간기업을 위한 견고한 우주산업 인프라를 제공하며 국제 협력을 통해 '아리안(Ariane) 발사체 시리즈를 개발'함
- 글로벌 경쟁에 유럽 공동체 기반으로 대처하기 위해 유럽기업뿐만 아니라 비유럽 기업 간 인수합병 및 외부출자 등이 활발하게 진행되며 적극적인 기업경쟁력 제고를 꾀하고 있음

6) 아리안 발사체 시리즈 개발과정에서 다수의 기업들이 발사체 제작에 참여

<표 2-10> 유럽 산업체 참여 분야와 기술 수준

연도	주요 내용
Ottobrunn Space Propulsion Centre	• Ariane 시리즈의 엔진 개발 총 담당 및 propellant valve 제작
Mt Aerospace	• Ariane 시리즈의 엔진 중 Vulcain의 짐벌마운트 제작
Snecma	• Vulcain 엔진과 HM-7 엔진 개발 • Vinci 엔진의 Combustion chamber 및 Vinci 엔진의 nozzle 제작
Volvo	• Vulcain 엔진의 Nozzle 제작
Austrian Aerospace	• Vinci 엔진의 짐벌마운트 제작
App	• Vinci 엔진의 Igniter 제작

* 출처 : 발사체 정책연구 최종보고서, (항공우주연구원, 2011)

- 아리안(Ariane) 시리즈 및 베가(Vega) 시리즈의 발사체로 발사서비스 시장에서의 경쟁력을 확보함
 - 현재 운용 중인 Ariane 5 발사체에 사용되는 별칸 2(Vulcain 2) 엔진은 가스발생기 사이클과 수소를 연료로 활용하고, 142톤 급의 성능을 보유함
 - '96년 Ariane-5G 모델을 시작으로, G+, GS, ECA, ES로 이어지며 22년 이상 매년 4~5회 안정적으로 발사에 성공해 105번의 발사 동안 98%의 발사 성공률을 기록함
 - ESA를 중심으로 Ariane 6 발사체의 1단 엔진 재사용 기술개발을 추진 중이며 '23년 4분기 Ariane 6 발사계획을 발표함
 - SSO에 5.5톤을 발사할 수 있는 버전 Ariane 62와 정지궤도에 11톤을 발사할 수 있는 버전 Ariane 64를 발표함
 - 작은 엔진 부품은 3D프린팅으로 제작, 수평 조립 방식으로 발사체를 조립하는 등 다양한 방식으로 발사체를 개발해 50%의 발사비용 절감 실현 계획을 발표함
- 이탈리아 우주국과 유럽 우주국이 협력하여 Vega(베가) 발사체 시리즈를 개발함
 - 경량급 고체추진체 기반 발사체로 3단형으로 설계되어 페이로드를 정확한 궤도에 올리는 액체 로켓이 추가로 상부에 설치 가능한 형태임
 - 기존의 Vega 발사체를 개량하여 Vega-C, Vega-E 등의 발사체를 개발 중임

<표 2-11> 유럽의 주요 발사체

기업/기관	발사체	높이(m)	추력(kN)	중량(kg)	수용량(kg)
ESA	• Ariane 6	• 63	<ul style="list-style-type: none"> • 부스터4,500 • 1단1,370 • 2단180 	• 530,000	<ul style="list-style-type: none"> • LEO-21,650 • GEO-11,500 • GEO-5,000 • SSO-14,900
이탈리아 우주국	• Vega	• 30	<ul style="list-style-type: none"> • 1단2,261 • 2단871 • 3단871 • 4단242 	• 137,000	• LEO-1,430

* 출처 : 기획보고서

라. 일본

- 아시아 국가 중 가장 먼저 발사체 개발을 시작하였으며 고체추진체 로켓과 액체추진체 로켓을 각기 다른 우주개발기구에서 개발 중에 있음
- 우주과학연구소(ISAS)가 중심이 된 고체추진체 로켓과 우주개발사업단(NASDA)이 중심이 된 액체추진체 로켓을 각자 개발중임
- 일본 우주개발의 시작은 일본이 독자적으로 개발한 최초의 고체연료로켓 Pencil rocket 에서 시작됨
 - 고체연료 로켓은 '55년 Pencil rocket부터, Baby rocket, 27종류의 Kappa rocket 시리즈, 9종류의 Lambda rocket 시리즈, 8종류의 Mu rocket 시리즈로 대형화
- '70년에 Lambda 4S-5 발사체 성공과 함께 소련, 미국, 프랑스 다음 세계에서 4번째로 우주발사체 발사를 성공함
- '80년대부터 고성능 대형 액체추진체 발사체의 필요성 증가로 인해 점차 독자기술을 발전, '94년 국산화율 100%의 H-2 로켓을 완성함

<표 2-12> 일본의 발사체 개발 경위

연도	주요 내용
'30년대	• 일본의 항공 산업이 발달했으며 항공우주 분야의 중요성 인식 시작
'55	• 고체연료로켓 Pencil 로켓 계열 최초발사
'70년대	• 일본 최초의 발사체 Lambda 4S-5에 Ohsumi 위성을 탑재하여 궤도 투입에 성공 • 정부 주도 하에 고체 로켓 M, 액체 로켓 N 시리즈 개발 진행 • 미국에서 발사체 Delta 기술 이전을 받아 N 시리즈 개발
'80년대	• 액체로켓 H시리즈를 개발하면서 JAXA의 전신인 ISAS가 주도했던 로켓개발을 민간으로 이관 시작
'90년대	• HIIA, HIIIB 등 산업체 컨소시엄 본격화
'01	• HIIA 발사 성공
'09	• HIIIB 발사 성공
현재	• 액체연료 H시리즈를 미쓰비시 중공업(MHI)이 전담 • 고체연료 입실론 JAXA 개발/ IHI 제작

* 출처 : 한국형발사체 활용 활성화를 위한 향후 발사체 개발 전략 기획 연구, (2018,한국연구재단)

- 소형 발사체의 경우 민간기업의 주도로 개발하며, 정부는 중대형 발사체를 주로 개발하고 정부는 우주발사체 기술의 자립도 향상을 목적으로 H 시리즈 발사체 개발을 담당함
- JAXA의 전신 NASDA에서 H-II 발사체를 개발 후 H-IIA와 H-IIIB를 개발하여 발사에 성공하여 독자적인 발사체 개발 기술을 확보함
- H-IIA와 H-IIIB의 성공을 바탕으로 개발하고 있는 H-III는 비용절감을 통해 해외 위성 수주를 목표로 하고 있고 추후 달 탐사를 위한 H-III Heavy 발사체를 개발 계획 중임

<표 2-13> H 발사체 시리즈의 개발 기간 및 비용

발사체	사업 기간	시험 발사까지 소요 기간	개발 비용	발사 비용
H-II	• 12년 ('83~'94)	• 12년 ('83~'94)	• 2,750억 엔	• 190억 엔
H-IIA	• 12년 ('95~'06)	• 7년 ('95~'01)	• 1,532억 엔	• 85-120억 엔
H-IIIB	• 9년 ('04~'12)	• 6년 ('04~'09)	• 271억 엔	• 147억 엔
H-III	• 10년 ('12~)	• 9년 ('12~'20)	• 190억 엔	• 50억 엔

* 출처 : 한국형발사체 활용 활성화를 위한 향후 발사체 개발 전략 기획 연구, (2018,한국연구재단)

- 일본의 민간기업들은 소형 발사체 개발에 집중하여 경쟁력을 확보함
 - (IHI 에어로스페이스) 소형발사체 SS-520 시리즈를 전담하여 개발함
 - '18년 2월 SS-520 5호는 '다스키'라는 큐브셋을 근일점 180km, 원일점 2,000km인 타원궤도에 올리며 임무를 성공함
 - (인터스텔라 테크놀로지) '06년부터 액체산소와 연료를 사용하는 준궤도 과학로켓 '모모'를 개발함
 - 2번의 시험 발사를 시행하였으나 실패, 2회 발사 실패를 분석하여 3호기 개발에 돌입함

<표 2-14> 일본의 주요 발사체

기업/기관	발사체	높이(m)	추력(kN)	중량(kg)	수용량(kg)
JAXA	• Epsilon	• 24.4m	• 1단-2,271 • 2단-371.5 • 3단-99.8	• 91,000	• LEO-1,200
	• HIII	• 63m	• 부스타 2,158 • 1단-2,942 • 2단-137	• 574,000	• GTO-4,000~7,900 • SSO-4000
IHI AeroSpace	• SS-520 5호	• 9.54m	• 비공개	• 2,600	• LEO-100
Interstellar Technologies	• MOMO	• 10m	• 비공개	• 1,000	• 비공개
Space One	• KAIROS	• 18m	• 비공개	• 23,000	• 비공개

* 출처 : 기획보고서

마. 중국

- 아시아에서 두 번째로 발사체 개발에 성공했으며 중국의 로켓 개발은 우주개발용이 아닌 군사용 목적으로 시작됨
 - 액체연료 발사체 개발에만 집중하며 러시아의 도움을 받아 완성한 중거리 탄도 미사일(ICBM) CSS-2를 개량해 우주발사체인 CZ(창정)-1을 개발함
 - '70년 중반부터 정지궤도 발사용 발사체 개발을 시작하고 CZ-3 발사체를 개발했으며 CZ-3는 미국과 러시아에 이어 세계에서 세 번째로 액체수소와 액체산소로 재점화가 가능한 첨단 액체 엔진을 사용함
 - '85년 국제 상업용 위성발사 시장 진출을 선언하고, '90년 CZ-3호 로켓에 위성을 탑재하여 성공함으로써 국제 상용위성 발사 서비스 시장에 진출함

- '03년 중국 최초의 유인우주선 신주-5호 발사에 성공하며 세계 3번째 유인우주비행을 성공한 국가로 등극함

<표 2-15> 중국의 발사체 개발 경위

연도	주요 내용
'50~'90	<ul style="list-style-type: none"> • 정부주도형 개발 • '56년 소련 발사체 기술 이전, '94년 러시아 유인 우주비행 관련 기술 이전
'14~'15	<ul style="list-style-type: none"> • 우주항공분야 민간 개방 • 민간기업 설립 및 우주개발 참여, 관련기업에 대한 투자 확대
현재	<ul style="list-style-type: none"> • 정부 : 고궤도, 대용량발사체 개발 주도 • 기업 : 중저궤도 위주의 소형 상업용 위성시장 담당)의 역할 분리

* 출처 : 한국형발사체 활용 활성화를 위한 향후 발사체 개발 전략 기획 연구, (2018,한국연구재단)

- 정부 주도로 발사체 개발을 추진하고 있으며, '14년 이후 민간기업의 발사체 개발이 시작됨
 - 중국은 독자기술로 '65년 이후 창정 시리즈 로켓을 개발해 보유하고 있으며 정지 궤도 위성 발사용인 창정 3호는 높은 기술력으로 고평가 받고 있음
 - 군사적 목적을 최우선으로 하는 우주개발로 인해 타 국가와의 충돌 위험이 존재함
 - 중국의 우주개발에 스텔스전투기와 항공모함을 준비 중인 군부가 깊숙하게 개입함
 - 세계 각국은 중국 우주 기술력의 획기적인 성과에 축하와 우려를 동시에 보내고 있는 상황임
 - 우주개발의 상당 부분을 국방 분야 예산으로 추진하고 있으며 민간과 국방, 정부와 산업체 간의 예산과 개발 구분이 불명확함
 - '14년 이후 민간의 우주개발 참여를 지원하기 시작하면서 민간기업에 의한 우주개발이 활성화됨
 - '14년 우주산업의 민간참여 장려를 위한 계획을 발표하고 '15년 본격적으로 상업 목적 민간 우주개발을 장려하며 정부의 자금 지원 및 설비지원 아래 소형위성 운반시장으로의 민간참여가 증가함
 - 중국 국방 기술 규제 기관과 공산당 무기위원회의 공동으로 발표한 내용에 따르면 정부는 상업용 로켓 회사에 주요 군사 과학연구, 생산 테스트 장비 및 국가 발사에 의존하고 활용할 수 있도록 정부 지원을 장려함

- 중국은 창정(Chang Zheng, CZ) 발사체를 개발하여 소형부터 중형 및 대형 위성까지 수송할 수 있는 우주발사체 독자적인 기술을 확보함
 - '18년부터 미국이 주도하고 있는 발사서비스 시장에 적극적으로 참여하기 시작함
 - 유인 탐사를 위해 '20년 12월에 지구 저궤도에 최대 6톤의 탑재물을 수송할수 있는 창정-8호 발사체를 발사 성공하였으며 '30년에는 최대 140톤의 탑재물을 수송할 수 있는 초대형 발사체인 창정-9호 발사를 계획함
- 중국은 달 탐사 등 새로운 우주개발 프로그램을 진행하기 위해 지속적으로 대형발사체 개발을 계획 중임
 - 달 샘플 귀환 임무를 수행할 달착륙선과 독자 우주정거장 운영 등 우주굴기 목적 달성을 위해 창정-8호 및 창정-9호 등의 신규 발사체 시리즈의 본격 개발 및 활용을 계획함
 - 케로신과 액체산소를 연료로 하는 460톤급 엔진과 220톤급 액체수소 엔진 개발을 포함하는 대형발사체 개념설계 연구를 진행 중임
 - 발사체의 성능은 지구 저궤도에 130톤의 투입성능을 갖는 것으로 추정되며 '30년에서 '50년까지의 우주 탐사 임무에 사용될 것으로 전망함
- 중국의 민간기업들은 자체 개발한 소형 발사체를 이용해 우주발사체 시장에서의 경쟁력을 확보함
 - 민간기업인 'Galactic Energy', 'I-Space', 'LinkSpace' 등의 기업들이 자체적으로 소형발사체를 개발하고 있으며 상업용 발사 시장에 진입함
 - '엑스페이스(ExSpace)'사는 '18년 300kg의 소형 위성 발사를, '링크스페이스(Link Space)'사는 '20년까지 1단 로켓을 재사용하는 우주발사체 개발을 목표로 발사체 개발을 추진함

<표 2-16> 중국의 주요 발사체

기업/기관	발사체	높이(m)	추력(kN)	중량(kg)	투입성능(kg)
CNSA	• CZ-8	• 50.34	• 부스터-1,200 • 1단-2,400 • 2단-167.17	• 356,000	• LEO-8,400 • GTO-2,800 • SSO-4,500
Galactic Energy	• Ceres-1	• 19	• 1단-588.4 • 2단-274.59 • 3단-86.29	• 30,000	• LEO-350 • SSO-230
	• Pallas-1	• 42	• 1단-2,745 • 2단-490	• 220,000	• LEO-4,000 • SSO-2,000
i-Space	• Hyperbola-1	• 22	• 비공개	• 42,000	• SSO-300
Link Space	• RLV-T5	• 8.1	• 비공개	• 1,500	• 비공개
	• SRV-1	• 15	• 100	• 8,500	• 비공개
	• Newline-1	• 24	• 500	• 42,000	• SSO-200
China Rocket	• Jielong-1	• 19.5	• 비공개	• 23,100	• SSO-200

* 출처 : 기획보고서

바. 인도

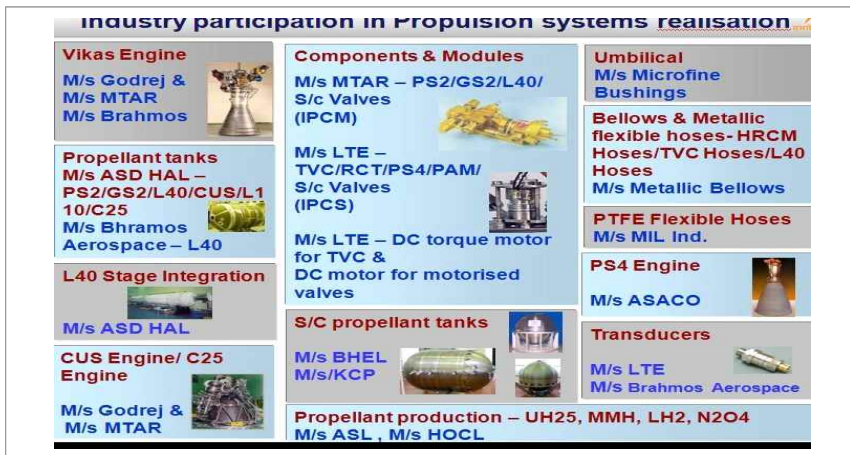
- 프랑스의 기술을 바탕으로 '73년부터 자력으로 본격적인 우주발사체 개발을 진행함
 - 프랑스의 도움으로 개발하기 쉬운 고체연료를 사용하는 소형 사운드 로켓을 제작했으며 이 기술을 바탕으로 '73년부터 본격적인 우주발사체 개발을 진행함
 - 인도는 우주기술을 개발하는데 자력으로 시작하였으며 300명의 인력이 7년간 노력한 끝에 40kg의 위성을 지구 저궤도에 진입시킬 수 있는 SLV-3를 개발함
 - 이후 고체연료 로켓의 한계를 극복하기 위해 액체 엔진 개발을 시작했으며 '93년 액체 엔진을 4단에 사용하는 3세대 로켓 PSLV를 개발함

<표 2-17> 인도의 발사체 개발 경위

연도	주요 내용
'69	· 인도우주개발기구(ISRO) 출범
'70년대	· 최초 위성발사체 저궤도 위성발사체(SLV-3) 개발
'80년대	· 직접 제작한 로켓 SLV-3에다 위성 '로히니'를 탑재, 발사
'90년대	· GTO에 2톤급의 통신위성을 발사할 수 있는 GSLV 개발
'08	· 인도 최초의 달 탐사선인 '찬드라얀 1호'를 발사
'14	· 자체 제작한 화성탐사선 망갈리안을 화성 궤도에 진입
'17	· 대형 발사체인 GSLV-MkIII D1 첫 발사 성공 · 중형발사체 GSLV-F09 발사 성공

* 출처 : 기획보고서

- 150개 이상의 산업체가 우주발사체 제작에 참여하고 있으며, 국가 개발조직인 ISRO, 학계 등과 연계하여 발사체 제작에 참여함
- 세부 분야별로 특성화된 업체가 담당하며 추진기관에 사용되는 슬라이드 밸브, DC 토크 모터, 부싱, 플렉시블 호스, 센서 등까지 자국 산업체가 생산하여 공급함
- 재료의 국산화, 재료 제조 공정의 설비 국산화, 설비 구축을 산업체에서 담당함
 - PSLV 개발과정에서 1단(PS1) 모터 케이스, 부스터(PS0) 모터 케이스, 경량합금 구조물, 추진제 탱크, Vikas 엔진, 정밀 부품, avionics 조립, 통합 및 시험 등의 분야를 산업체가 담당함



* 출처 : 인도의 우주발사체 역사와 개발동향 (2011, 한국항공우주연구원)

[그림 2-6] 인도 우주발사체의 추진기관 참여 산업체

- 극궤도위성 발사를 위한 중소형 발사체 PSLV, 정지궤도위성 및 심우주탐사용 발사체 GSLV를 사용함
 - 정지궤도발사체인 GSLV에서 사용하던 러시아 상단엔진을 자체 엔진으로 대체한 GSLV-MkIII 개발에 성공함
 - 현재 재사용 발사체(RLV)를 개발중에 있으며, 추후 PSLV와 GSLV 시리즈를 대체할 계획이며, '16년 8월 극초음속엔진인 '스크램제트(Scram-Jet) 시험에 성공하며 미국 등에 이어 스크램제트 엔진의 비행 시험에 성공한 4번째 국가로 등극함
 - GEO까지 6톤 중량의 화물을 발사할 수 있는 ULV 개발 완료를 목표로 하고 있으며 상업 발사 및 유인 발사에 활용할 계획임
 - '17년 대형발사체인 GSLV-MkIII의 비행에 성공하였으며 PSLV 등 중형발사체 발사에도 성공함
- 국가 우주개발 프로젝트에 부합하는 발사체를 지속적으로 개발하고 있으며, 재사용 가능한 발사체도 개발 중임
 - '18년 8월, GSLV-MkIII 발사체를 사용하여 '22년까지 인도의 첫 유인 우주 비행 프로그램인 Gaganyaan을 완성시키겠다고 발표함
 - 재사용이 가능하고 발사 비용이 저렴한 RLV-TD 발사체를 개발해 '16년 5월 비행 테스트에 성공함

<표 2-18> 인도의 주요 발사체

기업/기관	발사체	높이(m)	추력(kN)	중량(kg)	수용량(kg)
ISRO	• GSLV-III	• 43.43	• 부스터-7,698 • 1단-1,600 • 2단-200	• 640,000	• LEO-10,000 • GTO-4,000
	• PSLV-C16	• 44	• 부스터-502.6 • 1단-4,860 • 2단-725 • 3단-328 • 4단-14	• 230,000	• LEO-3,250 • SSO-1,600 • GTO-1,000

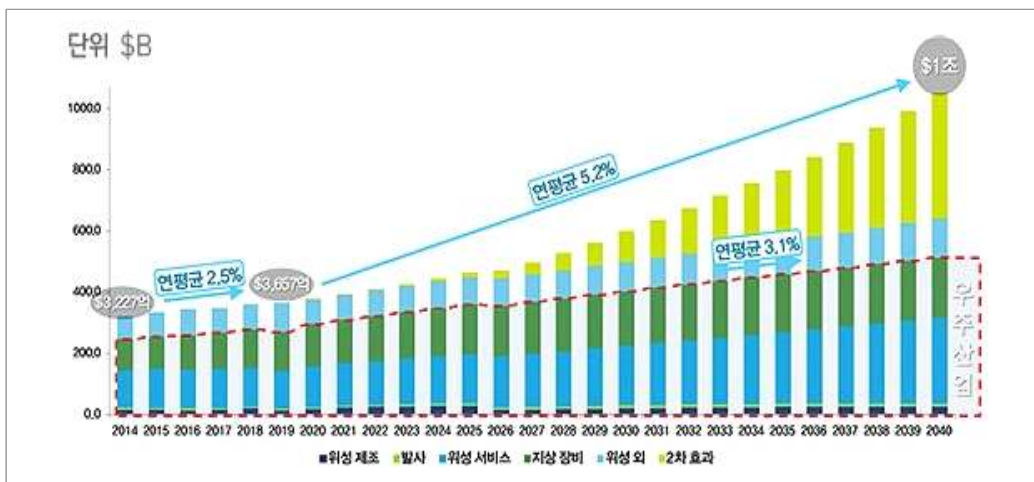
* 출처 : 기획보고서

제 3 절 국내외 우주산업 동향

1. 해외 우주산업 현황

□ '19년 기준 세계의 우주 경제 규모는 3,660억 달러임

- '19년까지 연평균 2.5%의 성장률을 기록하였으며, '뉴 스페이스' 시대의 도래로 연평균 3.1%의 성장률을 기록할 것으로 전망함



출처 : Space : investing in the Final Frontier 2020 재구성, (Morgan Stanley)

[그림 2-7] 세계 우주산업 규모 전망

□ 우주산업 중 가장 높은 비중인 위성산업의 규모는 전년보다 감소하였으나 위성산업 이외 산업에서 큰 폭의 상승세가 나타남

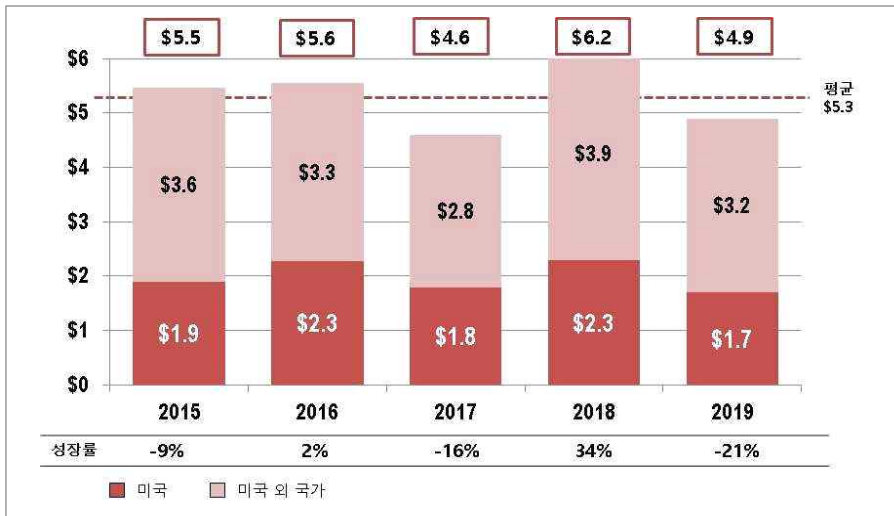
- 전 세계 위성산업 규모는 2,710억 달러로 전년보다 1.5%p(40억 달러) 감소함
 - 위성 산업을 제외한 상업용 유인 우주비행 및 각국 정부의 우주예산 등 위성 관련 분야를 제외한 나머지 우주분야의 경우 950억 달러로 전년 대비 15%p(125억 달러) 증가함



출처 : 2020년 우주산업실태조사, (2020, 과학기술정보통신부)

[그림 2-8] 우주산업 분야별 경제 규모

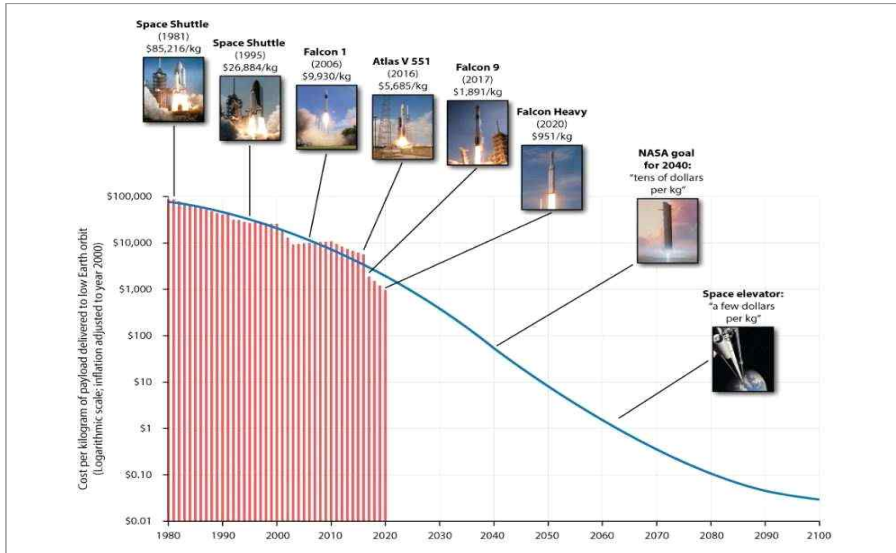
- 발사체 시장 규모는 '19년 발사체 제작 및 발사 서비스 관련 전 세계 시장 규모는 49억 달러로 '18년 대비 감소하였으나 발사비용 감소 등의 영향이 큼
- 최근 5년간 평균 시장 규모인 53억 달러를 하회하고 있으며 전체 발사체 산업시장에서 미국이 차지하는 비중 역시 35%로 전년대비 2%p 하락하여 3년 연속 감소세를 보임



출처 : 2020년 우주산업실태조사, (2020, 과학기술정보통신부)

[그림 2-9] 세계 상업용 위성 발사체 시장규모(2015-2019)

- 지난 10년('10~'19년)간 단위 중량(kg)당 위성 발사비용이 약 34% 감소함
 - 발사체 재사용을 통한 비용 감소 효과에 따라 발사비용이 급속도로 하락
 - 지구 저궤도까지의 1kg 운송비용이 하락함('81년 85,216달러 -> '20년 951달러)

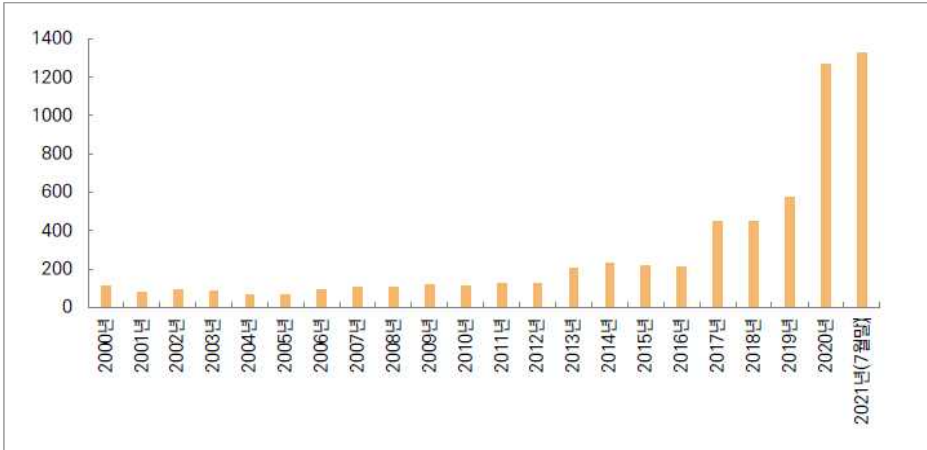


출처 : Global Convergence Report, (2020, Future Time Line)

[그림 2-10] 저궤도 발사비용 변화 추이

- 소형 및 저궤도 위성 위주의 시장 변화로 지구 궤도에 가동되는 위성의 수가 증가함에 따라 발사체 수요량도 증가할 것으로 예상됨
- 유엔우주업무사무소(UNOOSA : United Nations Office for Outer Space Affairs) 자료에 따르면, 우주로 발사되는 인공위성은 '10년대 중반 이후 증가함
 - '20년 발사된 인공위성은 전년 대비 2배 이상 증가하였고 지구 궤도에서 운행 중인 인공위성의 수도 증가함)

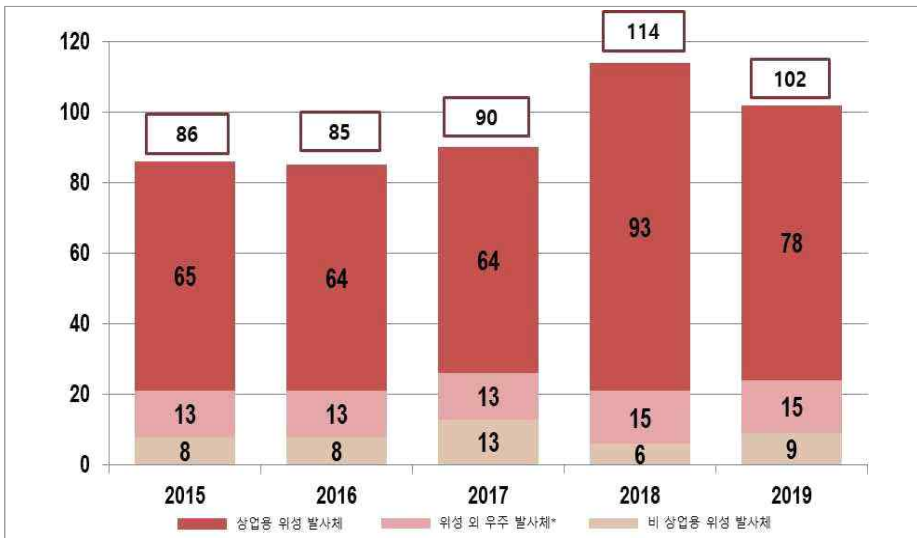
7) SIA(Satellite Industry Association)가 발간한 보고서에 따르면, '20년 운행 중인 인공위성은 3,371개로 '10년 958개에 비해 3.5배 증가



출처 : Global Convergence Report, (2021, 미래에셋증권)

[그림 2-11] 연도별 인공위성 발사 수량

○ '19년 발사체의 발사 횟수 102회 중 상업용 위성 발사체에 의한 발사 횟수는 78회임



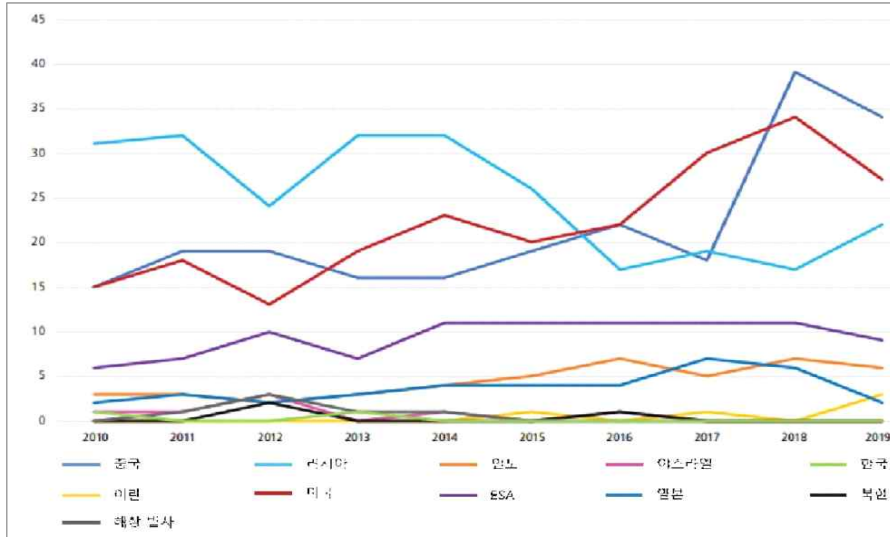
출처 : 2020년 우주산업실태조사, (2020, 과학기술정보통신부)

[그림 2-12] 연도별 발사체 발사 횟수 추이

□ 중국의 발사 횟수 증가로 미국·러시아 경쟁 구도 형성 가능성이 존재함

○ 국가별 지난 10년간('10 - '19) 발사체 발사 횟수를 분석해 보면 중국의 약진이 두드러졌고 '18년부터는 미국을 추월한 것으로 나타남

- 전통적 발사체 강국인 러시아의 단기적 상승세 외에 지속적인 성장세 유지 및 미국이 경쟁적으로 발사에 참여할 가능성이 존재함



출처 : 2020년 우주산업실태조사, (2020, 과학기술정보통신부)

[그림 2-13] 국가별 발사체 발사 횟수

2. 해외 우주산업 트렌드

- 정부나 군 주도적 산업에서 민간 중심의 ‘뉴 스페이스(New-Space)’⁸⁾ 시대로 변화해 군사적 목적의 우주산업에서 민간 중심의 경제성 목적의 우주산업이 활성화
- 과거 우주산업은 정부나 군이 중심이 되어 성능 자체에만 집중하였고 기존 우주산업생태계는 정부가 우주개발의 주된 자금 공급원이 되어 민간 대형 업체가 개발한 하드웨어를 구매하는 방식이었음
- ‘00년에 들어서 우주개발의 상업화로 중소기업 및 스타트업의 우주산업진출이 활발해졌으며 최근에는 민간이 우주산업을 주도하며 경제성을 가장 우선적으로 고려함

8) 뉴 스페이스(New-Space)는 기존 우주산업의 구조(Old-Space)과 대비하여 소규모, 저자본 민간 우주개발기업들의 등장과 더불어 나타난 세계 우주산업 생태계의 변화를 포괄하는 용어로 쓰이고 있음

<표 2-19> 올드 스페이스와 뉴 스페이스 특징

항목	올드 스페이스(Old-Space)	뉴 스페이스(New-Space)
목표	• 국가적 목표 (군사, 안보, 경제개발, 과학지식, 국가위상 제고)	• 상업적 목표 (시장 개척)
개발 기간	• 장기	• 단기
개발 주체	• 국가연구기관, 대기업	• 중소기업, 스타트업, 벤처
개발 비용	• 고비용	• 저비용
주요 자금 출처	• 정부 (공공 자본)	• 민간 (상업 자본)
관리방식	• 정부 주도	• 자율경쟁
특징	• 보수적, 위험회피, 신뢰성	• 혁신성, 리스크 테이킹, 고위험
대표 사례	• 아폴로 프로젝트, 우주왕복선	• 재사용 로켓, 우주광물채굴
주요 시장	• 하드웨어	• 재사용 로켓, 우주광물채굴, 우주관광
대표 기업	• NASA, ESA	• SpaceX, Blue Origin, Virgin Galactic

* 출처 : 우주항공 기술강국을 향한 전략과제, (2018, 과학기술정책연구원)

□ 우주산업 특성인 고비용·고위험에 따라 민간 아웃소싱을 통한 위험 분산과 전문화를 추구함

- NASA는 '아르테미스 계획'을 시행하며 아웃소싱 방식으로 민간의 참여를 유도함
 - 달 탐사에서 가장 중요한 발사체도 NASA의 SLS(Space Launch System) 대신 민간기업의 발사체를 이용함
 - 달 사전 탐사와 화물을 보내는 CLPS(Commercial Lunar Payload Service) 사업도 민간기업이 주도함
 - NASA는 '19년 3개의 민간기업과 CLPS 착륙선 계약을 체결, 향후 달에 건설할 유인 기지에 대한 상업 운송도 민간이 전담함
- 지구 궤도에 인공위성을 발사하거나 국제우주정거장에 사람이나 물자를 대신 보내 주는 분야는 아웃소싱 사업이 빠르게 성장함
 - 미국의 SpaceX는 NASA와 계약을 통해 국제우주정거장 운송 사업과 소형위성 공유 프로그램을 진행하고 있으며 미군이 사용하는 인공위성 발사서비스에도 진입함
 - SpaceX는 NASA와 프로젝트들을 수행하면서 경험과 노하우를 축적해 민간기업들 중 앞선 상용화 경쟁력을 확보하였으며 이를 바탕으로 '12년 상업용 우주선으로는 최초로 국제우주정거장에 도착)함

- 기존의 군사적 목적과 단순 우주탐사에서 우주산업 영역이 우주자원, 우주안보, 우주쓰레기, 우주관광 등으로 확장되고 있음
- (우주자원) 기존의 우주탐사의 목적이 생명체 탐사와 우주의 기원을 밝히는 목적에서 희귀금속 등의 채굴로 확대됨
 - UAE, 사우디아라비아 등 원유 중심의 경제구조에서 지식 기반 경제로 전환하려는 중동의 산유국들이 달, 소행성 등에 있는 희귀금속 채굴 계획을 발표하고, 룩셈부르크는 행성 채굴을 목표 미국 기업과 개발 계약을 체결하는 등 우주자원의 주목도가 상승됨
 - 특히 달 자원에 주목한 주요국들은 달 자원 확보를 목적을 위한 기술 개발과 달 자원 탐사를 위한 탐사선을 보내고 있음
 - 해외 주요국들은 달 탐사 로버를 보낼 계획을 수립하였으며, 우리나라도 현재 달 착륙선 발사('30년~)를 계획함

<표 2-20> ISECG 주요국의 달 탐사 미션

국가	발사시기	기관명	탐사선(미션)	목표
미국	· '23	· NASA	· VIPER	· 달 극지 자원 탐사
러시아	· '27	· Roscosmos	· Luna 28	· 달 극지 샘플 추출
유럽	· '27	· ESA	· ISRU Demo	· 달 표토 산소 추출 기술실증
일본	· '21~'22	· JAXA	· SLIM	· 달 착륙(기술실증)
중국	· '22~'24	· CNSA	· Chang'e-6	· 달 극지 샘플 추출
인도	· '21	· ISRO	· Chandrayaan-3	· 달 극지 자원탐사
한국	· '30년~	· KARI	· Korea Lunar Lander	· 달 착륙(기술실증)

* 출처 : 항공우주산업기술동향 18권 2호, (2020, 한국항공우주연구원)

- (우주안보) 기존의 군사적 목적의 우주개발이 더욱 확대됨
 - 일상생활 전반은 물론 전쟁에 이르기까지 인공위성 및 GPS장치를 이용한 우주전의 형태를 띠고 있음
 - 미국, 러시아, 중국 등 우주개발 선진국들은 공식적인 부인에도 불구하고 우주공간에서의 전쟁 수행능력 향상의 경쟁을 가속화함

9) 이후 꾸준히 국제우주정거장으로 화물을 운송했고('21년 6월 22번째 배송), '20년에 NASA의 우주인 2명을 상업용 발사체로는 최초로 국제정거장으로 보내는데 성공

- 우주개발 선진국들은 우주공간의 군사화·무기화 및 상업적 민·군 이중용도의 기술 개발을 급속히 진행하고 있는 상황임
- 우주개발 초기 인공위성은 우주탐사·개발과 경제적 이용 등 민간 목적에 초점을 두어 왔으나 전쟁의 성격이 첨단기술에 의해 수행되면서 인공위성의 역할 및 기능도 민간용도와 함께 군사전략적으로 활용함
- (우주쓰레기) 우주로의 진출 증가에 따라 인공위성과 발사체 잔해물과 같은 우주 쓰레기들이 발생, 또한 이를 처리하기 위한 사업도 발생함
 - 영국 우주국에 따르면 현재 지구 밖에는 수명이 다한 인공위성과 발사체 잔해물, 우주인이 작업 중 잃어버린 각종 도구를 포함해 약 90만 개의 우주 쓰레기를 확인함
 - 미·중 간 ‘우주인터넷’ 구축을 위한 경쟁적인 저궤도 통신위성 발사와 우리나라를 비롯한 우주개발 신생국들의 가세로 우주쓰레기 문제는 가속화될 전망이다
 - 일본을 중심으로 우주 쓰레기 처리 사업을 담당하는 기업들이 설립됨

<표 2-21> 우주쓰레기 처리 기업

기업	주요사업
아스트로스케일(일본)	· 자사가 개발한 우주 잔해 수거 위성 ‘ELSA-d’를 발사
에일(일본)	· 전도성 끈을 이용해 파편을 위성 궤도에서 이탈시키는 기법을 개발 중
ESA(유럽)	· ‘베스파(Vespa)’라고 불리는 지구 궤도 상의 우주 쓰레기를 제거하는 프로젝트인 ‘클리어스페이스-1 프로젝트’ 시행
스타트로켓(러시아)	· 끈적끈적한 폴리머 거품을 방출해 쓰레기 파편들이 붙게 한 후, 이들을 지구 대기권으로 떨어뜨려 마찰열로 태우는 방식을 활용

* 출처 : 우주쓰레기 청소 사업에 나선 기업들, (2021, 동아사이언스)

- (우주관광) 국가 정책과 과학적인 연구 목적이 아닌 민간 중심의 관심을 바탕으로 한 우주관광 사업이 시작됨
 - ‘21년 7월 리처드 브랜슨 버진그룹 회장이 우주여행 기업 Virgin Galactic의 우주 비행선 ‘VSS Unity’로 고도 86km까지 올라간 후, 1시간 만에 복귀하여 ‘민간 최초 우주여행’이 시작됨
 - 이후 아마존 창립자 제프 베이조스는 Blue Origin의 우주비행선 ‘New Shepard’를 타고 우주여행을 하였으며 ‘21년 9월 SpaceX의 민간인 4명을 태운 우주 왕복선이 성공적으로 발사되어 귀환함
 - Virgin Galactic은 미국의 뉴멕시코 사막에 위치한 전용 발사대를 사용해 ‘23년부터 예약자들을 대상으로 민간 우주여행을 시작할 예정¹⁰⁾임

<표 2-22> 우주관광 개발 업체

기업	우주선	수용 인원	관광 비용	주요 내용
Virgin Galactic	• SpaceShip2	• 6인승	• 25만 달러	• 지구 테두리 일부 관람 • 무중력 체험
SpaceX	• Crew Dragon	• 7인승	• 5500만 달러	• 국제 우주정거장까지 운송
Blue Origin	• New Shepard	• 6인승	• 20~30만 달러	• 지구 테두리 일부 관람 • 무중력 체험

* 출처 : 우주관광의 꿈, 내년엔 정말 이뤄질까, (2021, 조선비즈)

- (발사서비스) 증가하는 발사 수요에 대응해 저비용·고효율 발사체를 개발하고 상업발사시장 진입을 시도하고 있으며 미국(SpaceX, Orbital Science), 러시아(후르니체프), 일본(미쯔비시), EU(Ariane Space) 등 선진국은 발사서비스 민영화 단계에 진입함
 - SpaceX는 '14년 23회의 상업 발사 중에서 6번을 수행해, 상업 발사 서비스 중 가장 많은 비중을 차지하였으며 상대적으로 낮은 발사비용을 통해 세계 상업 발사서비스 시장에서의 점유율을 높이고 있는 상황임
 - 우주 발사체 선진국들은 Ariane-6(유럽), 장정-5호(중국), H-III(일본) 등 발사 경쟁력을 높이기 위한 신규 발사체 개발을 추진 중에 있음
- (위성서비스) 저궤도 위성이 글로벌 디지털 격차를 해소하는 차세대 네트워크 시스템으로 부상함
 - SpaceX는 '27년까지 1만2천개의 위성인터넷망을 구축할 계획과 함께 이후 3만개를 추가적으로 쏘아올릴 계획 중에 있음
 - 영국의 Oneweb은 고도 1,200km 상공에 '21년까지 358개의 위성을 쏘아 올렸고, 내년까지 648기로 전 세계 우주인터넷 서비스를 시작할 계획임
 - Amazon은 '22년 말까지 590km 상공에 위성 2기의 최초 시험발사 후, 10년에 걸쳐 3,236기의 저궤도 위성을 쏘아 올리는 계획 중에 있음

<표 2-23> 위성 인터넷망 서비스 산업참여 기업 현황

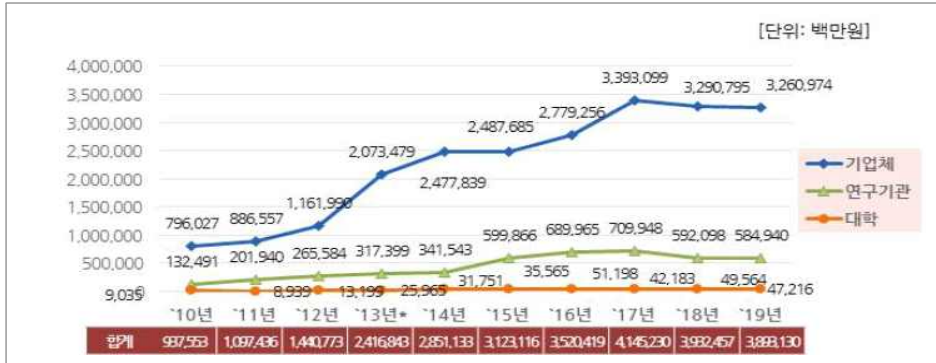
기업	프로젝트	계획년도	발사 계획
SpaceX	• Starlink	• '27	• 12,000기 발사
Amazon	• Kuiper Project	• '22	• 648기 발사
Oneweb	• Oneweb Project	• '32	• 3,236기 발사

* 출처 : 기획보고서

10) 한국경제TV "민간 우주관광, 벌써 세 번째 지연"...버진 갤럭틱, 시간외서 10% 급락,
<https://www.wowtv.co.kr/NewsCenter/News/Read?articleId=A202208050107>

3. 국내 우주산업 현황

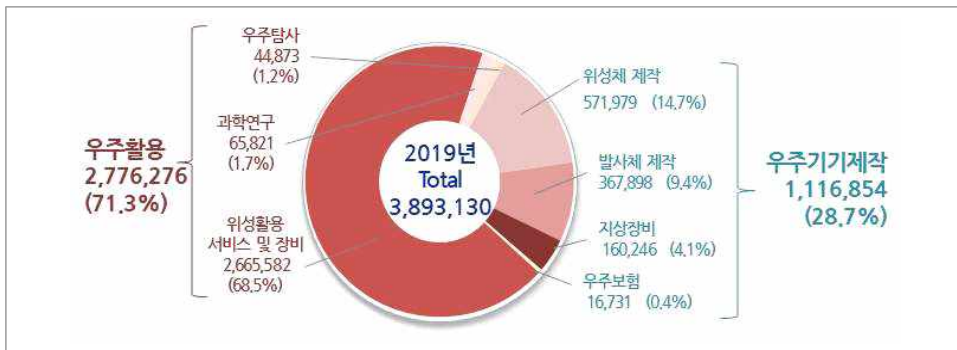
- 국내 우주산업 활동액은 지속적인 증가 추세에 있으나 발사체 분야가 차지하는 비중은 적음
 - 우주산업 활동금액 '13년 우주활용 분야의 네비게이션, 위성셋톱박스 항목이 우주 분야에 추가되어 상승하다 '18년부터 다소 감소함



* 출처 : 2020년 우주산업실태조사, (2020, 과학기술정보통신부)

[그림 2-14] 우주산업 활동금액

- (분야별 활동금액) 우주기기제작 분야 및 우주활용 분야로 나뉘며 우주기기제작 분야가 1조 1,117억 원(28.7%), 우주활용 분야가 2조 7,763억 원(71.3%)임
 - (우주기기제작분야) 위성체 제작 5,720억 원(14.7%), 발사체 제작 3,679억 원(9.4%), 지상장비 1,602억 원(4.1%), 우주보험 167억 원(0.4%) 순으로 나타남
 - (우주활용분야) 위성활용 서비스 및 장비 2조 6,656억 원(68.5%), 과학연구 658억 원(1.7%), 우주탐사 449억 원(1.2%) 순으로 조사됨



* 출처 : 2020년 우주산업실태조사, (2020, 과학기술정보통신부)

[그림 2-15] 우주 분야별 활동금액

- 발사체 기술이 포함된 우주기기제작 분야의 활동금액은 매년 지속적인 증가 추세이며 연구기관과 기업체가 차지하는 비율이 높음



* 출처 : 2020년 우주산업실태조사, (2020, 과학기술정보통신부)

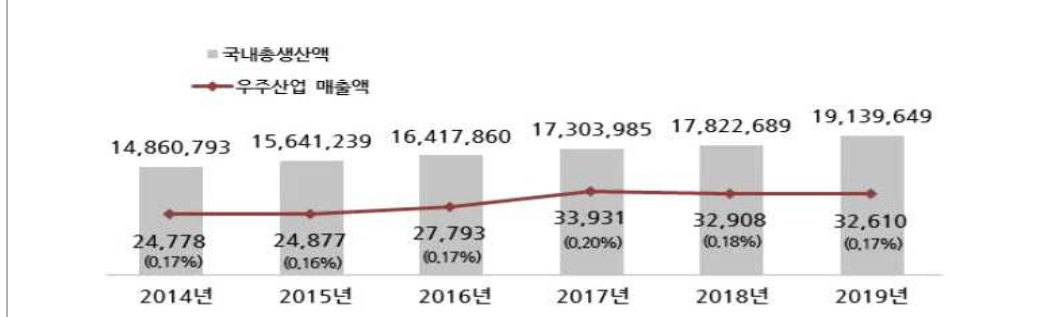
[그림 2-16] 우주기기제작분야 우주산업 활동금액

- 우주산업 매출액은 상승 추세를 보이나 GDP 대비 우주산업 기업체 매출액이 차지하는 비중은 매년 유사한 수준임
 - '19년 우주산업에 참여한 기업체의 총 매출액 3조 2,610억 원은 GDP(명목, 연간) 1,913조 9,649억 원의 0.17% 비중을 차지하였고 매출액 비중의 변화는 미미함

<표 2-24> 국내총생산액과 우주산업 매출액 추이(기업체)

(단위 : 억 원, %)

구분	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
국내총생산액 (명목, 연간)	14,860,793	15,641,239	16,417,860	17,303,985	17,822,689	19,139,649
우주산업분야 매출액	24,778	24,877	27,793	33,931	32,908	32,610
우주산업분야 매출액 비율	0.17	0.16	0.17	0.20	0.18	0.17



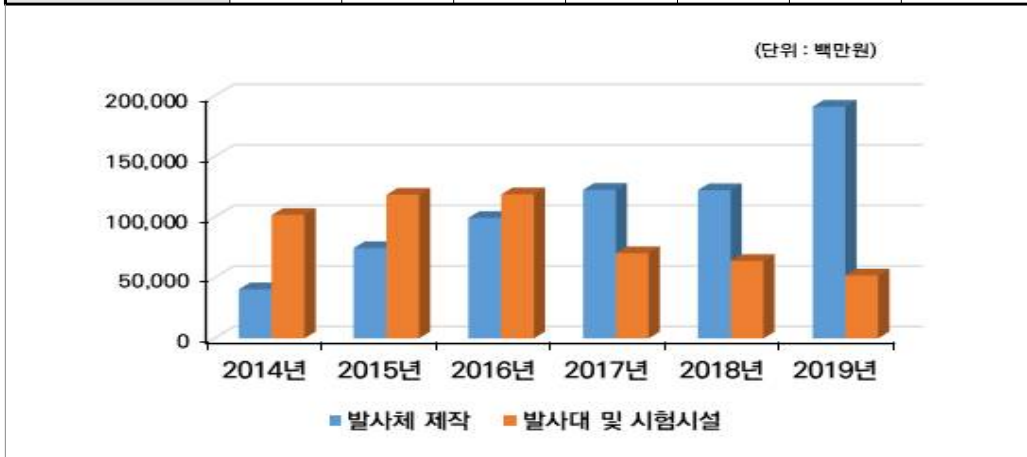
* 출처 : 2020년 우주산업실태조사, (2020, 과학기술정보통신부)

- (발사체분야 매출액) 발사체분야 기업의 연도별 매출액은 지속적으로 상승하고 있으나, 발사대 및 시험시설 부분은 감소함
 - (발사체 제작) '18년 대비 '19년에 689억 원 가량 증가함
 - (발사대 및 시험시설) '16년까지 증가 후 점차 감소세로 전환하였으며 '18년 대비 '19년 120억 원 가량 감소함
- 발사체 분야의 경우, 기업 매출액의 대부분을 정부 R&D 예산이 차지하는 등 정부 우주개발 프로그램에 크게 의존함
 - 세계시장 대비 국내시장 비교 시, 위성라디오, 위성인터넷, 통신위성, 항법위성 등 일부 분야는 아직 국내시장이 미형성,
 - 위성TV, 지구관측, 과학위성, 발사서비스, 발사보험등 대부분 분야는 세계시장 점유율 수준 미비(발사서비스 1.6%, 발사보험 1.8%)

<표 2-25> 발사체분야 매출액(기업체)

(단위 : 백만원)

구분	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	증감 ('19-'18)
발사체 제작	40,544	74,598	99,481	122,738	122,395	191,256	68,861
발사대 및 시험시설	101,951	118,604	118,909	70,316	63,936	51,891	-12,045



* 출처 : 2020년 우주산업실태조사, (2020, 과학기술정보통신부)

- 발사체분야의 수·출입 현황은 우주산업에서 차지하고 있는 비중은 거의 없으며 발사체 제작 분야의 경우 수출보다 수입의 비율이 큰 상황임

- 우주산업 수출에서는 위성방송통신 분야가 전체 수출액의 대부분을 차지하고 있으며, 발사체 제작과 발사대 및 시험시설 분야에서는 수출액 비율이 0%로 나타남
- 수입현황에서는 발사체 제작 부분에서 전체 2.7%의 비율을 나타냈으며, 발사대 및 시험시설 부분의 비율은 0%로 나타남

<표 2-26> 발사체분야 수출입현황

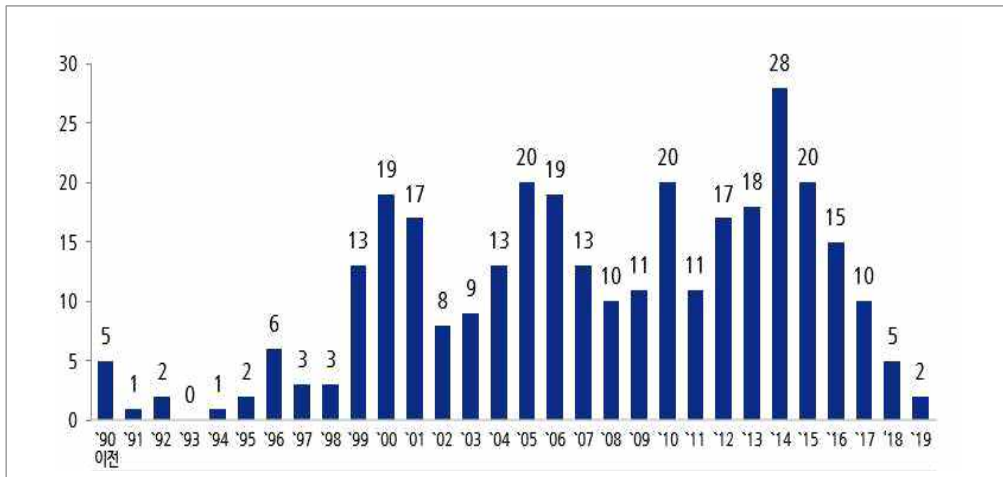
(단위 : 백만원, %)

분야	수출		수입		무역수지(A-B)
	금액(A)	비율	금액(B)	비율	
위성방송통신	1,147,857	90.1	230,205	60.1	917,652
위성항법	75,741	5.9	63,650	16.6	12,091
발사체 제작	20	0.0	10,254	2.7	-10,234
발사대 및 시험시설	184	0.0	185	0.0	-1

* 출처 : 2020년 우주산업실태조사, (2020, 과학기술정보통신부)

○ 국가사업 여부에 따라 우주산업에 참여하는 기업체 수가 변화함

- '19년 우주산업에 참여한 기업체를 대상으로 최초 우주산업에 종사하기 시작한 연도를 살펴본 결과 '00년 급격한 증가 후, 꾸준한 증가 추세를 보였으나, 최근 몇 년간 감소함
- '14, '15년도에 우주산업에 참여하기 시작한 기업이 가장 많았으며 이는 '한국형발사체개발사업', '정지궤도복합위성 개발사업' 등으로 참여 기업체가 증가했기 때문임



* 출처 : 2020년 우주산업실태조사, (2020, 과학기술정보통신부)

[그림 2-17] 연도별 우주산업 참여 기업체

- 발사대 및 시험시설 참여 기업은 47개로 전년대비 동일했으며 발사체 제작 참여 기업은 75개로 전년 대비 참여 기업체 수가 증가하였음

<표 2-27> 발사체 제작 참여 기업 수

(단위 : 개)

구분	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	증감 (‘19~‘18)
발사체 제작	60	60	60	65	68	75	7
발사대 및 시험시설	38	51	53	58	47	47	-

* 출처 : 2020년 우주산업실태조사, (2020, 과학기술정보통신부)

<표 2-28> 발사체 제작과 발사대 및 시험시설 분야 참여 기업 목록

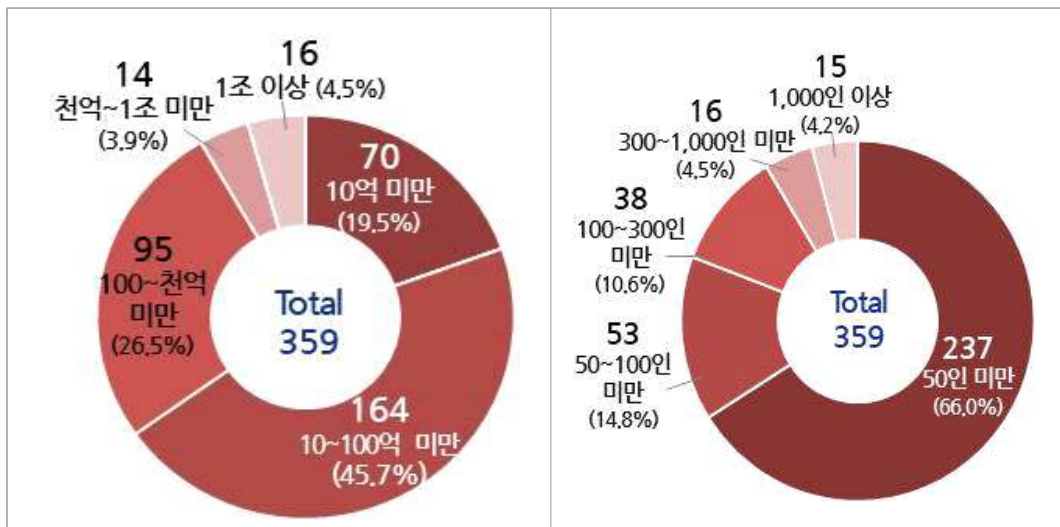
구분	참여 기업 목록
발사체 제작	<ul style="list-style-type: none"> • 디에이티신소재, 테크항공, 한화디펜스, 두원중공업, 모아소프트, 미르텍코리아, 비츠로넥스텍, 삼양화학공업, 삼우금속공업, 스웨즈락코리아 플루이드시스템, 세우항공, 수립테크, 스페이스솔루션, 승진정밀, 알에스피, 엠비언트, 에스비산업급속, 에스엔케이항공, 에스엔에이치, 에이피솔루션즈, 엔솔, 엠아이테크, 이노컴, 이노템즈, 재우, 정진, 한국셀마스타, 지브이엔지니어링, 카프마이크로, 코텍, 김엔지니어링, 터머솔, 톨레미시스템, 피티씨코리아, 퍼스텍, 평창테크, 플렉스 시스템, 하이록코리아, 한국수업엔툴즈, 이지스셀링테크놀로지, 케이피항공산업, 한국치공구공업, 한국항공우주산업, 한국화이바, 한라이비텍, 한양이엔지, 한화에어로스페이스, 현대로템, 현중시스템, 제우테크, 하스엠, 베타포스, 온도기술센테크, 이엠코리아, 브이엠브이테크, 파이로테크, 이노스페이스, 두진, 피두스젠, 코카브, 쓰리디시스템즈코리아, 이앤이, 에스엔에스이엔지, 이노팩토리, 루맥스에어로스페이스, 더블유에스엔지니어링, 도남에너지스, 플로우플러스
발사대 및 시험 시설	<ul style="list-style-type: none"> • 가스로드, 거상정공, 경인계측시스템, 금토엔지니어링, 남광엔지니어링, 단암시스템즈, 대명기공, 대아테크, 동헌기업, JCA오토노머스, 리엘타임웨이브, 바로텍시너지, 부영엔지니어링 지엠피, 비츠로넥스텍, 서로엔지니어링, 신성이엔지, 신한TC, 에스엔인스트루먼트, 에이티테크, 영운엔지니어링, 유콘시스템, 인지니어스, 잉가솔랜드코리아, 지티에스솔루션즈, 케이엔씨에너지, 케이티엠테크놀로지, 코리아테스팅, 티씨에스코리아, 티오엠에스, 페스텍, 하이록코리아, 한양이엔지, 한국조선해양, 대성티엠씨, 메이아이, 중앙진공, 라텍, 아이엠테크놀로지, 두산중공업, 소정기계제작소, 거산정공, 테바코퍼레이션, 나드, 남원정공, 다화시험기, 보국상사, 에너지베스트

* 출처 : 2020년 우주산업실태조사, (2020, 과학기술정보통신부)

- 매출액 규모 10~100억 원 미만 기업들이 가장 많고, 종사자 100인 미만 기업들이 대부분임
- ‘19년 우주산업에 참여한 기업체의 전체 매출액 규모별 분포는 10~100억 원 미만이 164개(45.7%)로 가장 많았으며, 다음으로 100~1천억 원 미만 95개(26.5%), 10억 원

미만 70개(19.5%), 1천억 원~1조 미만 14개(3.9%), 1조 이상 16개(4.5%) 순으로 나타남

- '19년 우주산업에 참여한 기업체의 전체 종사자 수 규모별 분포는, 50인 미만이 237개(66.0%)로 가장 많았으며, 다음으로 50~100인 미만 53개(14.8%), 100~300인 미만 38개(10.6%), 300~1,000인 미만 16개(4.5%), 1,000인 이상 15개(4.2%) 순으로 나타남
- 기업체의 전체 종사자 수 규모가 100인 미만인 기업의 비율이 80.8%로 우주산업 참여 기업들이 전반적으로 규모가 작은 것으로 나타남



<전체 매출액 규모별 분포>

<전체 종사자 수 규모별 분포>

* 출처 : 2020년 우주산업실태조사, (2020, 과학기술정보통신부)

[그림 2-18] 기업체 규모별 분포 현황

4. 국내 우주산업 트렌드

- 최근 우주산업 분야 스타트업들이 증가하고 있는 추세임
 - (페리지항공우주) 초소형 위성 발사체 개발에 특화된 스타트업
 - 2톤(t) 미만의 발사체 '블루웨이'를 자체 개발하고 50kg 이내의 초소형 위성을 탑재할 계획임
 - (이노스페이스) '17년 설립한 소형위성 발사체 개발업체
 - 고체연료와 액체 산화제를 같이 사용하는 하이브리드형 엔진을 개발 중임

- (컨텍) 위성이나 발사체가 임무를 수행할 때 각종 정보들을 지상으로 보내야 한다는 점에 주목하여 민간 우주 지상국(기지국)¹¹⁾ 서비스를 개발함
 - 전 세계 위성, 발사체 운영기관과 민간업체 등을 대상으로 사업을 진행, '19년 제주도에 첫 우주 기지국을 설치
- (나라스페이스테크놀로지) '큐브위성' 등 초소형 위성을 제작함
 - 위성 설계부터 제작, 시험, 발사, 운영, 빅데이터 처리까지 전 과정에 최적화된 종합 서비스를 갖추는 게 목표로 부산시의 위성개발 협력기관으로 부산시에서 사용할 해양정보수집용 위성 개발을 추진 중에 있음

<표 2-29> 국내 우주 산업 분야 스타트업

기업	주요사업	설립년도
이노스페이스	• 하이브리드 발사체 활용 소형위성발사체 개발	• '17년
페리지항공우주	• 초소형위성 발사체 제작 및 발사서비스	• '18년
컨텍	• 우주지상국 운영 및 데이터 수신·처리 서비스	• '14년
나라스페이스테크놀로지	• 초소형위성 시스템 개발·설계	• '15년

* 출처 : 스타트업은 'K로켓' 쏘는데.. 우주산업 예산, 美 100분의 1수준 (2021, 머니투데이)

11)우주 지상국은 위성이나 발사체가 보내는 위치정보와 상태정보, 촬영정보 등을 모두 받아서 처리하는 역할을 함

제 4 절 국내 우주/발사체 분야 조약

1. 국내 우주분야 협력조약

- 현재 우리나라와 우주협력조약을 체결한 국가는 러시아, 미국, 우크라이나 3개국이며 최근 미국을 중심으로 민간 우주탐사, 자원개발에 있어 우주조약을 새롭게 해석하는 움직임이 진행, '20년 아르테미스 협정 체결을 통해 해당 계획을 구체화함

<표 2-30> 국내 우주관련 체결 조약 현황

제정년월	조약명	체결국가	주요 내용
'03.05	• 한러 우주기술 협력협정	• 러시아	• 외기권 탐색 및 원격탐사, 우주선 및 발사체 개발 분야 협력 등을 규정
'04.09	• 한러 우주기술 보호협정	• 러시아	• 우주발사체 관련 주요기술과 품목의 이전 시 해당 기술과 품목의 보호 및 취급 절차를 규정
'06.12	• 한-우크라이나 우주기술 협력협정	• 우크라이나	• 기초 우주과학, 위성시스템 개발, 원격탐사 연구개발, 발사체 공동연구개발, 우주시스템 지상기반시설 등 분야에서 협력
'16.04	• 한-미 우주협력 협정	• 미국	• 평화적 목적의 우주과학, 지구관측, 우주탐사 등 민간 우주개발분야 전반에 걸친 협력
'20	• 아르테미스 협정	• 미국 등 10개국	• 미국을 중심으로 평화적 목적의 우주탐사, 우주자원 활용에 대한 새로운 기본원칙을 설정 • 협정에 가입한 국가 간의 협력 체계 구축

* 출처 : 우리나라 우주협력협정 체결현황, (2021, 외교부)

- (한-미 우주협력협정) 미국-아시아 국가간 최초 체결한 정부 간 우주협력 협정으로 평화적 목적의 우주과학, 지구관측, 우주탐사 등 민간 우주개발분야 전반에 걸친 협력 분야를 망라함

<표 2-31> 한미 우주협력협정 주요 내용

구분	주요 내용
목적 및 정의	<ul style="list-style-type: none"> • 항공 및 대기권, 외기권의 민간의 평화적 목적의 탐사 및 이용 협력에 있어서의 의무, 용어 조건을 규정 • 손해, 발사체, 탑재체, 보호되는 우주활동, 관계자, 우주수송선에 대한 정의
협력범위	<ul style="list-style-type: none"> • (협력분야) 우주과학, 지구관측, 지구과학, 항공, 우주운영 및 탐사, 우주교육, 우주기술, 안전 및 임무보장 등 • (협력방식) 데이터 교환, 지상시설 활용, 유인탐사, 인적 교류, 과학로켓 및 과학 로켓 및 열 기구의 비행 및 활동, 공동위크샵 및 회의 참석, 우주통신, 우주선 및 연구 플랫폼, 교육 및 공공홍보 활동 등

이행기관 및 이행약정	<ul style="list-style-type: none"> • (미국) 항공우주청(NASA), 해양대기청(NOAA), 지질조사국(USGS) 등 • (한국) 항우연, 천문연, 기상청, KAIST, 국토교통과학기술진흥원 등 이행약정을 통해 구체적인 역할 및 책무 등을 규정
상호책임면제	<ul style="list-style-type: none"> • 당사국 및 관련 기관 간 손해발생에 관한 상호 책임 면제 • 예와, 당사국과 자국 기관간의 소송, 자연인 및 그 유족에 의한 소송, 고의로 야기된 손해에 대한 소송, 지적재산권 소송 등
우주물체의 등록	<ul style="list-style-type: none"> • 우주등록협약에 따라 어느 이행기관이 자국 정부로 하여금 발사된 물체 등록을 요청할 것인지 결정
물품 및 기술데이터의 이전	<ul style="list-style-type: none"> • 양 당사국의 국내법, 규정, 정책에 따라 수행, 양국의 책임을 이행할 목적인 경우 보통 제한 없이 수행 • 이전 시 표지(mark) 또는 식별(identify)이 필요함 • 해당 물품 및 기술데이터는 제공국의 사전서면허가 없이 제3자에게 공개할 수 없음
정보공개	<ul style="list-style-type: none"> • 자국의 활동에 관한 정보 공개 권한을 보유하며, 타방 당사국 활동에 관련된 정보의 공개는 사전에 조정 • 이행기관이 과학데이터를 완전하고 공개적으로 공유하도록 이행약정에 규정하는 것을 보장

* 출처 : '보도자료_한미우주협력협정 공식 발효, (2016, 외교부, 미래창조과학부)

- (아르테미스 협정) 미국이 시행하고 있는 달 탐사 계획인 '아르테미스 계획'을 성공시키기 위한 국제 협력체계를 구축하였으며 '아르테미스 계획' 이외의 기본 우주탐사에 대한 원칙들을 적용함
 - '67년 기존의 우주조약을 구체화·강화한 형태로 평화적 목적의 달·화성·혜성·소행성 탐사 및 이용에 관하여 아르테미스 프로그램의 참여국들의 준수 원칙을 규정 (① 평화적 목적의 탐사, ②투명한 임무 운영, ③탐사시스템 간 상호운영성, ④비상상황 시 지원, ⑤우주물체 등록, ⑥우주탐사 시 확보한 과학데이터의 공개, ⑦아폴로 달 착륙지 등 역사적 유산 보호, ⑧우주자원 활용에 대한 기본원칙, ⑨우주활동 분쟁 방지, ⑩우주잔해물 경감 조치 등)

2. 국내 발사체분야 주요협약

- 군사적 목적으로 사용할 수 있는 발사체 기술의 특성으로 인해 미국 등 우주개발 선진국들은 기술이전을 제한하는 협약들을 체결함
 - 미국으로 대표되는 우주개발 주요국들은 MTCR, 한·미 미사일지침 등 발사체 기술 개발 및 이전을 제한하는 협약들을 주로 체결함

<표 2-32> 발사체 관련 협약 현황

주요국	협약체결년도	조약명	주요 내용
한국-미국	· '79	· 한-미 미사일지침	· 국내 개발 미사일 및 우주발사체에 대한 탄두 중량 및 사거리 제한을 규정 - '21년 5월부터 폐지됨
미국 등 34개국	· '87	· 미사일 기술 통제 체제(MTCR)	· 미사일 기술과 같이 대량살상무기화 될 수 있는 기술의 수출을 제한
미국	· '76	· 국제 무기거래규정 (ITAR)	· 미국의 군수품 품목 중 거래를 제한하는 품목들을 설정

* 출처 : 기획보고서

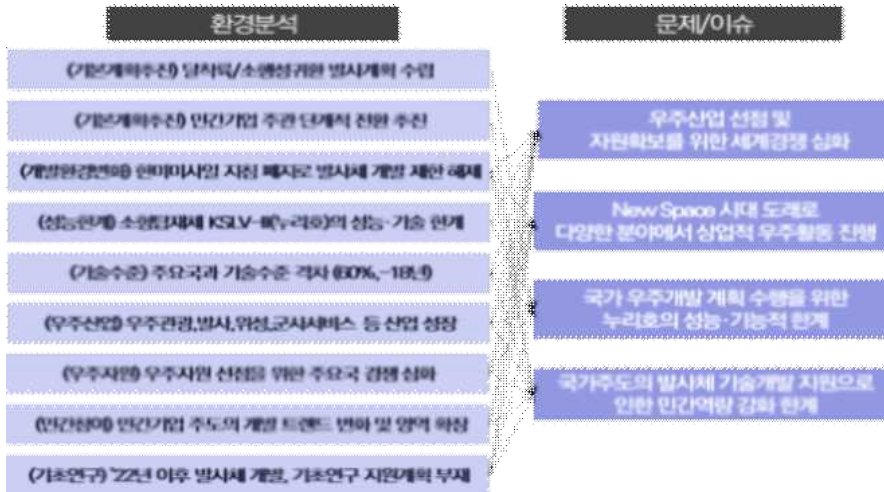
- (한-미 미사일지침) 우주발사체 개발에 탑재중량과 사거리 제한, 고체연료 사용 제한 등을 두어 우리나라 발사체 개발에 제약으로 작용하였으나 '21년도 폐지와 함께 발사체 개발에 대한 제한사항이 소멸됨
- (미사일 기술통제 체제 : MTCR) '87년 미국의 주도로 대량살상무기 운반기술 확산 방지를 위해 수립되었으며 탑재량 500kg 이상, 사정거리 300km 이상의 미사일 및 발사체에 대해 기술, 부품의 수출을 통제함
 - 기술의 해외 이전을 사실상 금지하는 카테고리 1과 제한된 범위 내에서 기술 수출을 가능하게 한 카테고리 2로 구성됨
 - 강제성은 없으나 규정 위반 시 참여국과의 국제 협력체계 구축이 불가능하나 회원국들의 자발적인 지침 준수를 명시, 위반할 경우 제재나 이행 강제하는 자체적인 조항은 없음
- (국제 무기거래규정 : ITAR) 미국산 부품의 사용을 제한할 수 있는 미국의 국제무기거래규정으로 군수품 목록에 대한 수출입을 통제하고 있으며 미국 부품이 포함된 인공위성이나 우주선을 타국 발사체로 발사하는 것을 제한함
 - 미국의 군용 품목을 수입·수출하는 것에 대하여 사전에 미국 정부의 허가가 필요하고 발사체와 같은 이중용도 품목의 경우 상무부가 EAR을 기준으로 허가하며 군용 품목의 경우 국무부가 ITAR를 기준으로 허가업무를 수행함
 - 미국 부품이 포함된 위성 또는 우주선을 발사하기 위해서는 미국의 발사체를 이용하거나, MTCR 체제 이전 발사체를 개발한 국가(일본, 프랑스 등)의 발사체를 사용해야 함

제 3 장 과학기술적 타당성 분석

제 1 절 문제 및 이슈도출의 적절성

1. 문제/이슈 도출의 적절성

- 주관부처는 동 사업 추진 필요성에 대해 우주발사체 관련 국내외 정책·산업·기술적 환경분석 등을 통해 R&D를 통해 해결해야 할 4가지 문제/이슈를 제시함
 - 동 사업의 문제/이슈를 도출하기 위한 과정은 일반적인 사업기획의 절차와 과정을 거쳐 분석되었으며, 차세대발사체 개발 관련 주요 문제 이슈는 다음과 같이 제시됨
 - ① 세계 각국 정부는 우주산업 선점 및 우주자원 확보를 위한 경쟁 체제에 돌입
 - ② New-Space 시대의 도래로 민간기업의 다양한 상업적 우주활동이 빠르게 확대
 - ③ 국내 기술로 발사체(KSLV-II)를 확보하였으나 국가우주개발계획 단계적 목표 달성을 위해서는 성능 및 기능에 한계
 - ④ 공공부문 중심의 연구개발로 인한 민간 개발역량 확보 한계



[그림 3-1] 동 사업에서 해소하고자 하는 문제/이슈의 도출과정

출처 : 기획보고서

- 다만, 제시한 문제/이슈가 모두 동 사업의 R&D활동과 직접적인 연관성이 있다고 보기 어려우며, 현황 분석결과와 사업 추진방향 및 전략(을 비교시 제시된 모든

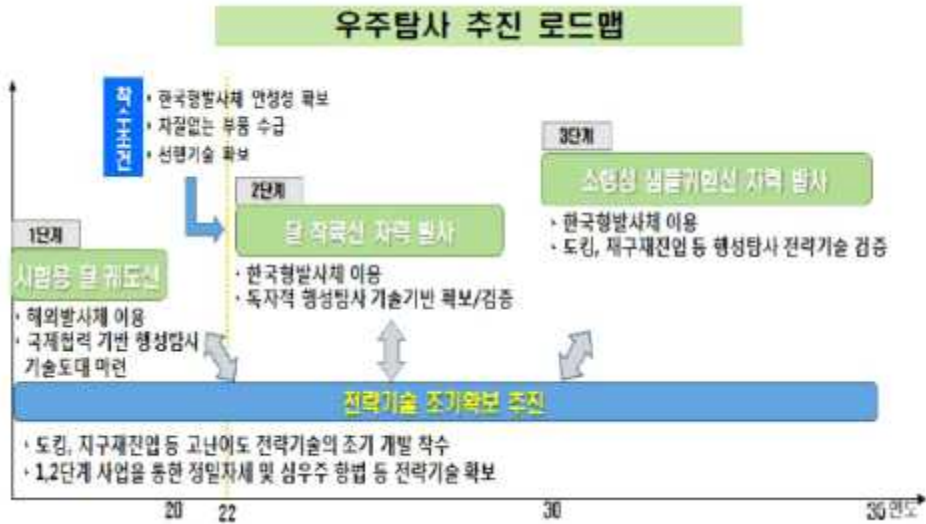
이슈가 동 사업을 통해 해결할 수 있다고 판단할 수 없음

- ①세계 각국 정부의 우주산업 선점 및 우주자원 확보를 위한 경쟁체제에 돌입 및 ②New-Space 시대의 도래로 민간기업의 다양한 상업적 우주활동이 빠르게 확대되고 있다는 이슈는 현재 우주 분야 생태계의 큰 변화인 것으로 파악됨
 - 그러나 해당 이슈는 민간기업이 단순하게 성장하고 기술을 보유하는 것이 아니라 미국 민간기업처럼 보유기술을 통해 상업적 이익을 거둘 수 있다는 의미이나
 - 제시된 우주산업 선점, 우주자원 확보, 상업적 우주 활동에 대한 우리의 역량과 추후 확보하고자 하는 영역과 범위 및 수요에 관한 내용이 구체화 되지 않았으며 발사체 개발을 통해 진입하고자 하는 대상시장 등이 명확히 제시되지 못함
 - 이에 관련한 문제점과 이를 해소하기 위한 전략을 연계할 수 있는 자료가 포함되어 있지 않아 동 사업을 통한 해당 이슈의 직접적인 해소 가능성은 판단이 불가하고
 - 상업적 우주 활동에 대해 동 사업만으로 국내 민간기업이 경쟁력을 확보하여 글로벌 우주개발 사업 등에 참여하거나 선점할 수 있다고 판단할 만한 근거가 부족
 - 즉, 해당 이슈가 동 사업 추진 사유로서 타당성을 확보하기 위해서는 사업 내 활동들과 전략들이 산업(또는 상업)적 이슈해소와 강한 연계성을 확보할 필요가 있음
- 제시된 문제/이슈 中 ③ 국가우주개발계획 단계적 목표 달성을 위한 기존발사체 성능 및 기능의 한계는 국가 정책적으로 결정된 임무요건²⁾이 변화하지 않는다는 조건하에 동 사업의 활동 및 전략과 연관성이 높고 타당성이 인정되나, 미래수요에 대한 불확실성은 높음
 - ③ 국가우주개발계획 단계적 목표 달성을 위한 기존발사체 성능 및 기능 한계와 관련하여, 주관부처는 국가 우주개발계획 수립 및 이행을 위해 기존 한국형발사체(누리호) 대비 성능이 대폭 고도화된 발사체 개발이 필요하다고 제시하고 있음

1) 주관부처의 사업 추진 전략은 국가우주개발 임무수행을 위한 발사체 기술 고도화, 민간(산학연)의 발사체 독자 개발 기반 마련을 위한 기술개발 역량 강화, 차세대발사체의 지속적 활용을 위한 중장기적 지원 및 성과확산 체계 마련으로 상업적 우주활동 등과 관련한 직접적인 전략으로 보기 어려움

2) 동 사업의 첫 미션은 2031년 달착륙선(1.5톤급)을 발사하는 것이며, 한국형발사체(누리호)의 성능 한계로 해당 미션 수행이 불가능하고 향후 2톤 이상의 위성수요 대응을 위해 차세대발사체 개발이 필요함을 제시

- 동 사업의 추진과 가장 연관성이 높은 "제3차 우주개발진흥기본계획"의 검토 결과 달 착륙선 발사는 당초 한국형발사체(누리호)를 이용하는 것으로 제시되어 있음
- 주관부처는 동 사업기획 이전에 '18년 수립된 "제3차 우주개발진흥기본계획"에 의거 누리호 개량을 통한 달탐사선 발사계획을 수립한 이력이 있음



[그림 3-2] 제3차 우주개발진흥 기본계획에 따른 우주탐사 추진 로드맵

* 출처 : 제3차 우주개발진흥 기본계획 수정(안) (2021, 국가우주위원회)

- 그러나 당시 계획된 누리호 개량 성능 수준(800kg급 달탐사선)은 향후 발사가 예정된 위성 수요대응과 달착륙선 중량의 불확실성 등으로 실제 활용은 어려운 것으로 결과가 도출됨³⁾
- 주관부처(과학기술정보통신부)는 달 착륙선을 1.5톤급 이상으로 개발하여, 차세대 발사체를 개발하여 2031년에 자력 발사하는 계획을 수립하여 추진 중이나
- 현재 달착륙선의 최종 스펙이 확정된 상황은 아니며, 달착륙선 임무개발 및 시스템 개념설계 연구가 진행중인(연구기간 '22.4.1~'22.12.31)것으로 제시함

3) 2020년 3차 한국형발사체 고도화 사업 예비타당성 조사 보고서(2021.08)

 과학기술정보통신부		<h1 style="margin: 0;">보도 자료</h1>			
보도 일시 <출발>	2022. 3. 22.(화) 12:00 (2022. 3. 23.(수) 조간)	배포 일시	2022. 3. 22.(화) 09:00		
담당 부서	거대공공연구정책관 뉴스페이스정책팀	책임자	팀 장	윤미란 (044-202-4671)	
<출발>		담당자	사무관	장홍수 (044-202-4642)	

「달 착륙선」의 과학임무 및 기술개발 참여기관 모집
 - 「달 궤도선(올해 8월 발사)」 후속 「달 착륙선」 기획연구 착수 -

- 과학기술정보통신부(장관 임혜숙, 이하 '과학기술부')는 2030년대 발사를 목표로 추진 중인 「달 착륙선」 기획을 위한 임무 수요조사 및 기술개발 참여기관 조사를 3월 23일(수)부터 4월 20일(수)까지 실시한다고 밝혔다.
- 「달 착륙선」은 '22.8월에 발사 예정인 「달 궤도선」의 후속사업으로, 1.5톤급 이상의 달 착륙선을 개발하여 달 표면에 착륙, 다양한 과학임무(자원탐사, 현지자원활용 등)를 수행할 예정이다.
 - 우주탐사 기반기술을 확보하기 위해 달 궤도 전이 및 1년간 달 상공 100km의 원궤도를 돌며 과학임무(달 표면 관측분석 등)를 수행하는 달 탐사선
- 특히, 독자적 우주탐사 역량을 확보하기 위해 최초로 우리나라 차세대 한국형발사체*를 통해 자력 발사하는 것을 목표로 하고 있다.
 - '누리호' 후속으로 개발 예정인 액체산소-케로신 기반의 2단형 차세대 발사체

[그림 3-3] 달착륙선 기획연구 추진 및 차세대발사체 활용계획 공시

출처 : 추가제출자료

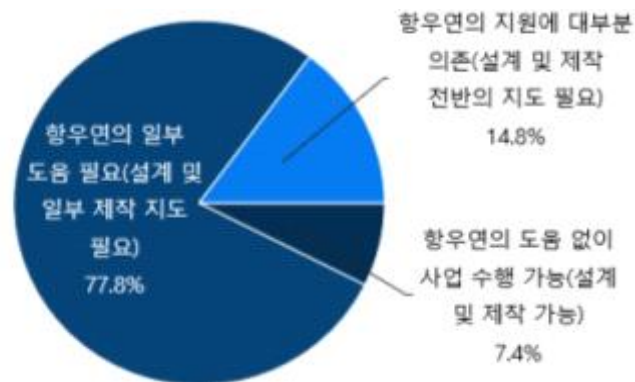
- 주관부처의 계획대로 달착륙선 중량이 1.5톤급으로 설계될 경우 기존 개발이 완료된 누리호는 성능 등의 한계로, 추후 발사예정인 달착륙선에는 활용이 어려운 것으로 파악됨
- 위성수요와 관련하여 주관부처는 2032년부터 2톤 이상의 다목적 위성에 차세대발사체를 활용할 예정이라고 제시하였으나,
- 기획보고서에서는 해당 계획이 불분명하고, 추가제출자료에는 위성별 설계수명을 주기로 지속적인 발사수요가 있는 것으로 가정하여 발사수요를 예측하고 있어 현시점에서는 실제 수요에 대한 불확실성이 존재함
- 정지궤도 위성의 경우 차세대발사체의 확장형이 개발되거나 동향발사가 가능한 추가적인 발사장이 확보돼야 수요를 대응할 수 있어 현시점 기준에서 동 사업만으로는 대응하기 어려움

○ 주관부처의 위성수요 산출과정 및 결과

- 정지궤도위성, 다목적위성, 차중위성, 초소형위성 등의 위성별 설계수명을 주기로 지속적인 발사수요가 있는 것으로 가정하여 발사수요 예측
- KPS 위성 설계수명 12~13년, 천리안 위성 설계수명 10~15년 주기의 지속 발사 수요 감안
- 다목적위성 설계수명 5년 주기의 지속 발사수요 감안
- 차중위성 설계수명 4~5년 주기의 지속 발사수요 감안
- 초소형위성 설계수명 3~5년 주기의 지속 발사수요 감안
- 32~50년 차세대발사체사업 이후 기간의 국내 위성 발사 수요: 위성 426기, 우주탐사 1기 (합계 427기)

출처 : 추가제출자료

- ④ 공공부문 중심의 연구개발로 인한 민간 개발역량 확보가 필요하다는 이슈는 제시된 자료 및 동 사업의 활동, 전략 등을 고려할 때 일부 타당함
 - 다만, 국내 발사체 산업체의 기술역량과 관련한 실질적인 기술적 애로사항과 요구 기술에 대한 구체적인 분석은 미흡한 것으로 판단됨
 - 해당 이슈와 관련하여 주관부처는 기존 ‘한국형발사체개발사업’에 참여한 기업들이 누리호 구성품 조립·제작 등을 통해 발사체 조립 및 제작역량은 확보하였으나, 발사체 설계 및 개발을 위한 기술력 향상은 이루어지지 않음을 제시
 - 기업역량분석과 관련하여 주관부처는 국내 발사체 산업현황 설문조사⁴⁾를 실시한 것으로 기획보고서에 제시하고 있음
- ※ 해당 자료(2020.1.3.~1.30)는 동 사업의 기획시점과 거리가 있고 기존 “한국형 발사체 고도화 사업” 기획 시 조사된 자료로 확인됨
- 주관부처에서 수행한 국내 발사체 산업현황 설문조사 결과에 따르면, 민간기업의 기술개발 활동이 항우연 지원에 대부분 의존하는 경우는 14.8%로 제시됨



[그림 3-4] 항우연의 기술적 지원에 대한 기업 의존도

출처 : 기획보고서

- 항우연의 기술적 지원없이 사업수행이 가능한 설계 개발역량을 가진 기업(7.4%)이 존재하고 독자개발 필요 시간은 동 사업 추진기간보다 짧은 6년 이하로 파악됨
- 이에 기업의 기술개발 역량이 항우연의 기술적 지원에 완전히 종속되어 있다고 보기는 어려운 측면이 있으나 항우연의 도움이 필요하다는 의견은 우세함(77.8%)

4) (조사일자) 2020.1.3.~1.30, (조사대상) 한국형발사체개발사업 주요 참여기업 40개, (조사목적) 국내 발사체 산업생태계 현황조사 및 산업화 관련 의견수렴



[그림 3-5] 사업 참여 분야에서 독자개발을 하는 데까지 걸리는 시간

출처 : 기획보고서

- 조사진이 실시한 전문가 인터뷰⁵⁾결과에서도 발사체 관련 기업들은 항우연 관계자의 연구책임하에 공동기술개발하는 것을 선호하는 답변이 우세하며 독자개발에 대한 부담과 기술에 대한 의존도는 유효한 것으로 판단됨

사업성공을 위한 사업추진체계	항우연에서 요소 기술개발 완료후 산업체에 발주	항우연 관계자의 연구책임하에 공동기술개발	산업체 관계자의 연구책임하에 공동기술개발	해당구성품의 개발은 산업체가 주도하고, 항우연은 기술지원
산업체	-	70%	-	30%

- 또한 기업소속의 전문가들은 설계기술 확보를 위해 사업의 초기단계인 SRR(시스템 요구조건 검토) 단계부터 참여를 희망하고 있어 발사체 요소기술의 설계 및 개발역량 확보 수요가 존재한다고 볼 수 있음

설계기술 확보를 위한 참여단계	SRR	SDR	PDR	CDR
산업체	80%	20%	-	-

- 다만, 기업의 역량강화를 위해서 주관부처에서 제시하고 있는 자료⁶⁾를 통해 선행 사업을 통해 다수의 기술이전 및 기술지도가 이루어졌다는 점은 확인되나,
- 민간의 역량과 관련하여 고려할 수 있는 기업의 매출 증대에 대한 기여와 기술 수준 향상에 대한 부분은 파악이 어려움

5) 동 사업 내용 및 전략 등에 대해 기술전문가(학계, 연구계)와 산업체 전문가 총 24인에 대한 서면 인터뷰 (2022.07.25.~8.02)

6) 1차 추가제출자료의 기업수준 분석 결과자료

- 주관부처의 자료를 통해 민간에서 생각하는 항우연의 기술이전에 대한 수요는 발사체 사업육성 및 활성화를 위해서는 높은 편은 아닌 것으로 파악되며, 국가위성 및 우주탐사 수요 등 사업의 연속성과 관련한 수요가 더 높은 것으로 판단됨
 - ※ 발사체 산업생태계 육성 및 활성화를 위한 설문결과 ‘국가 위성 및 우주탐사 수요 확대’ 20건, ‘정책적 일관성’ 11건, ‘한국형발사체의 신뢰성 확보’ 및 ‘한국형발사체의 성능개선’ 이 각각 7건, ‘전문인력 양성’ 3건, ‘항우연 보유기술의 민간이전’ 3건, ‘전문적 산업계 지원조직’ 3건
- 이는 부처가 제시하고 있는 민간역량 강화를 위한 기술개발 이전 전략보다는 발사 수요에 대한 고민이 더 필요할 것으로 판단됨
- 발사체 개발사업의 특성상 다양한 요소기술이 적용되므로 참여대상 기업들이 보유한 기술들과 개발역량에 대한 상세 분석이 요구됨
 - 주관부처의 설문조사 시점이 동 사업의 기획 시점과 거리가 있고 사업에 참여할 수 있는 모든 기업을 대상으로 이루어지지 않아 요소기술별로 관련된 민간기업의 실제 설계, 제작, 개발역량에 대한 수요 파악에는 한계점이 있는 것으로 판단됨
 - 주관부처에서 제시한 바와 같이 발사체 관련 기업들의 보유기술이 다양하므로, 기업들의 현 상황(기술역량과 수준)을 파악하는 것이 필요하고
 - 요소기술에 따른 독자개발 가능성과 지원 필요 분야를 구분하여 기업역량에 따른 지원전략을 구체화하여 제시할 필요성이 있음
- 또한 기업은 기술이전에 대한 수요보다는 지속적인 산업생태계 육성 및 활성화를 위한 국가위성 및 우주탐사 수요 등 사업의 연속성에 대한 수요가 높음
 - 이러한 요구는 기술획득 측면보다는 기업의 이윤창출과 유지 측면에서의 요구로 보여지며, 그에 따른 문제 해소방안이 추가로 요구된다고 판단됨

2. 과학기술기반 문제/이슈 해결의 중요성 및 필요성

□ 제시된 주요 문제/이슈인 기존발사체 성능 및 기능의 한계 극복과 민간 개발역량 확보는 연구개발 활동을 통해 해결할 수 있을 것으로 판단됨

○ 동 사업에서 제시한 기존발사체 성능 및 기능의 확보 및 민간의 기술개발 역량 확보는 연구개발 외 다른 정책 수단으로 해소하기 어려운 이슈로 판단됨

○ 발사체 성능확보는 필요 부품의 해외구매 및 기술도입을 통해 해소가 가능한 측면이 있으나, 국가 안보 및 보안, 민간기업의 역량 확보 측면에서 자력개발이 필요한 것으로 판단됨

- 조사진에서 실시한 전문가 인터뷰 결과에 따르면 해당분야 전문가 및 기업관계자 모두 발사체 개발은 순수자력개발전략이 대부분 적절하다고 응답함,

발사체 개발전략	순수자력개발	기술도입
기술전문가	85.7%	14.3%
산업체	80%	20%

- 주관부처는 해외 발사체 활용 시 과학적, 상업적, 군사적 위성에 대한 구체적인 정보를 제공해야 하므로 주요 국가 정보 및 기술의 유출 가능성이 존재하여 국내 발사체 개발의 필요성을 제시하고 있고

- 해외기술 및 부품 도입 등에 관해서는 발사체 관련기술 및 부품들이 전략물자로 반출이 어렵거나 협력국의 정세 변화로 인한 적시 수급에 위험은 존재함⁸⁾

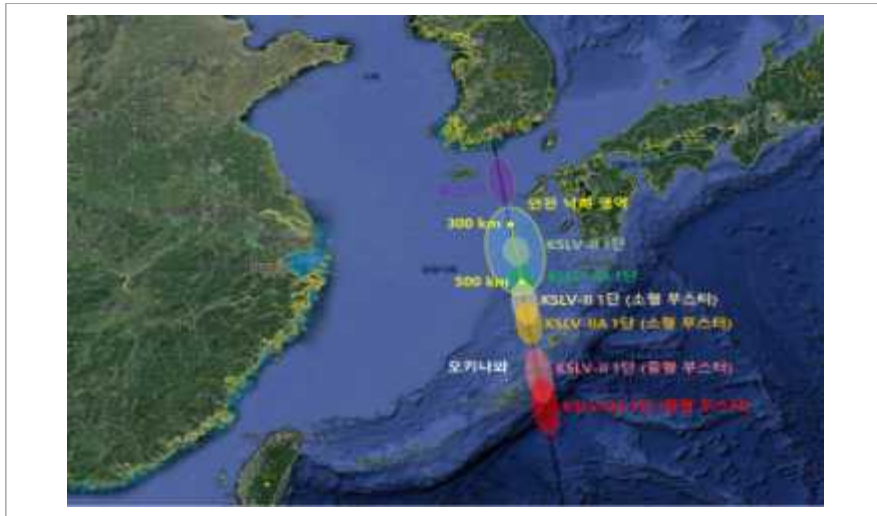
- 다만, 발사체 개발에 대한 기업역량에 대해서는 차세대발사체 개발사업이 아니라도 한국형발사체 고도화 사업을 통해서도 일정부분 확보가 가능한 것으로 판단됨

○ 누리호 개량의 경우 성능 확보가 어렵고 부스터 적용 시에는 발사체적 등 타 국가에 영향을 주게 되어 현실적인 대안으로 보기 어려운 것으로 판단됨

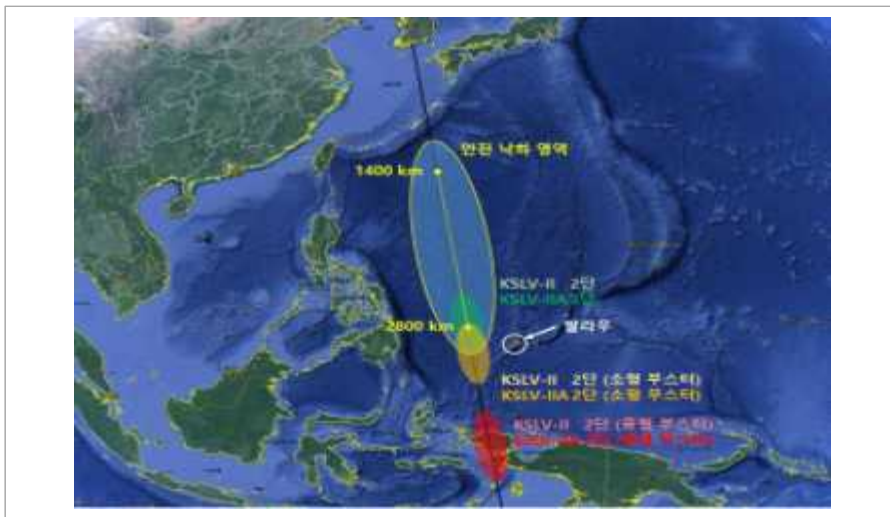
- 지난 예타사업(한국형 발사체 고도화 사업)에서 제시된 누리호 개량에 따른 성능 스펙(800gk급)은 향후 개발될 달착륙선의 중량과 큰 차이가 있을 것으로 예상되며

- 부스터를 적용한 누리호 단별 낙하지점은 위험지역에 낙하 할 가능성이 높은 것으로 분석되고, 낙하지점에 대한 예측 결과는 아래 자료로 제시됨

8) 예) 러시아-우크라이나 전쟁상황(2022.02~)



[그림 3-6] 3단형 발사체에서 분리된 부스터 및 1단의 낙하 영역 >



[그림 3-7] 3단형 발사체에서 분리된 2단의 낙하 영역 >

- 우주발사체는 정부 주도의 공공수요 대응이 필요한 특성을 가지는 분야로 산업기반이 충분하지 않고 글로벌 시장의 진입장벽과 실패위험이 높아 정부 지원은 필요
- 예비타당성조사 세부지침에 따르면 “연구개발 성과에서 연구 수행주체가 전유하는 부분이 작을수록, 수행주체 외의 파급효과가 큰 기술일수록 민간은 투자를 꺼리게 되므로, 정부는 이런 분야의 기술개발에 지원을 강화할 필요”가 있음이 제시됨

- 주관부처는 동 사업의 결과물(차세대발사체)을 공공의 이익을 목적으로 활용하고자 하며, 그 성과를 국가의 소유로 할 계획을 제시하고 있음
- 발사체 분야는 기술적 진입장벽이 매우 높고 대규모의 투자가 필요하나, 국내 관련 산업 및 기업의 경우 대부분의 매출은 정부연구개발사업에서 발생하는 상황
 - 국내 발사체 수준은 해외 경쟁국과 비용과 기술적 격차가 큰 상황으로 시장진입 가능성이 어려워 기업의 직접투자도 연결되기 어려운 것으로 판단됨
 - 발사체 분야 수출액은 전혀 없으며 대부분의 기업매출은 정부 연구비에 의존하는 것으로 파악되고⁹⁾ 해외진출 보다 국내 수요대응에 치중될 가능성이 높음
- 발사체 분야에 대한 우리나라의 기술 수준의 격차가 증가하고 있으며, 타 분야대비 기술격차가 가장 큰 상황으로 연구개발 사업의 추진 필요성이 있는 것으로 판단됨
 - 2020년도 KISTEP 기술수준평가에 의하면 동 사업과 관련된 중점과학기술은 우주·항공·해양 분야의 ‘우주발사체 개발 및 운용 기술¹⁰⁾’이며 우리나라 기술수준은 주요 5개국 중에서 가장 낮은 수준
 - 우주·항공·해양 분야는 11대 과학기술분야¹¹⁾에서 유일하게 후발그룹에 속하며 우주발사체 개발 및 운용기술과 우주탐사 및 활용 기술의 격차도 최하위 수준
 - 국가별 기술수준은 2018년 기준 미국(100%) > EU(95.0%) > 중국(89.0%) > 일본(86.0%) > 한국(60.0%) 순이며 한국은 최고기술보유국 미국과는 17년의 기술격차가 있는 것으로 조사되었으나, 2020년에는 18년의 격차가 있는 것으로 조사됨

9) 우주산업실태조사, (2020~21, 과학기술정보통신부)

10) 위성체 및 우주탐사선을 지상에서 우주공간으로 쏘아 올리는 발사체 시스템의 설계·제작·시험평가·발사운용 등의 체계 기술로, 엔진·구조체·유도항법제어 등의 서브시스템 개발 기술, 체계종합, 시험평가 및 신뢰성 향상 기술, 발사대 관련 지상시스템과 통제시스템, 발사장 운용 등을 포함하는 우주발사체 시스템 종합기술

11) 1건설교통, 2재난안전, 3우주항공해양, 4국방, 5기계제조, 6소재나노, 7농림수산식품, 8생명보건의료, 9에너지 자원, 10환경기상, 11ICT SW

<표 3-1> '우주발사체 개발 및 운용 기술' 기술수준평가 결과

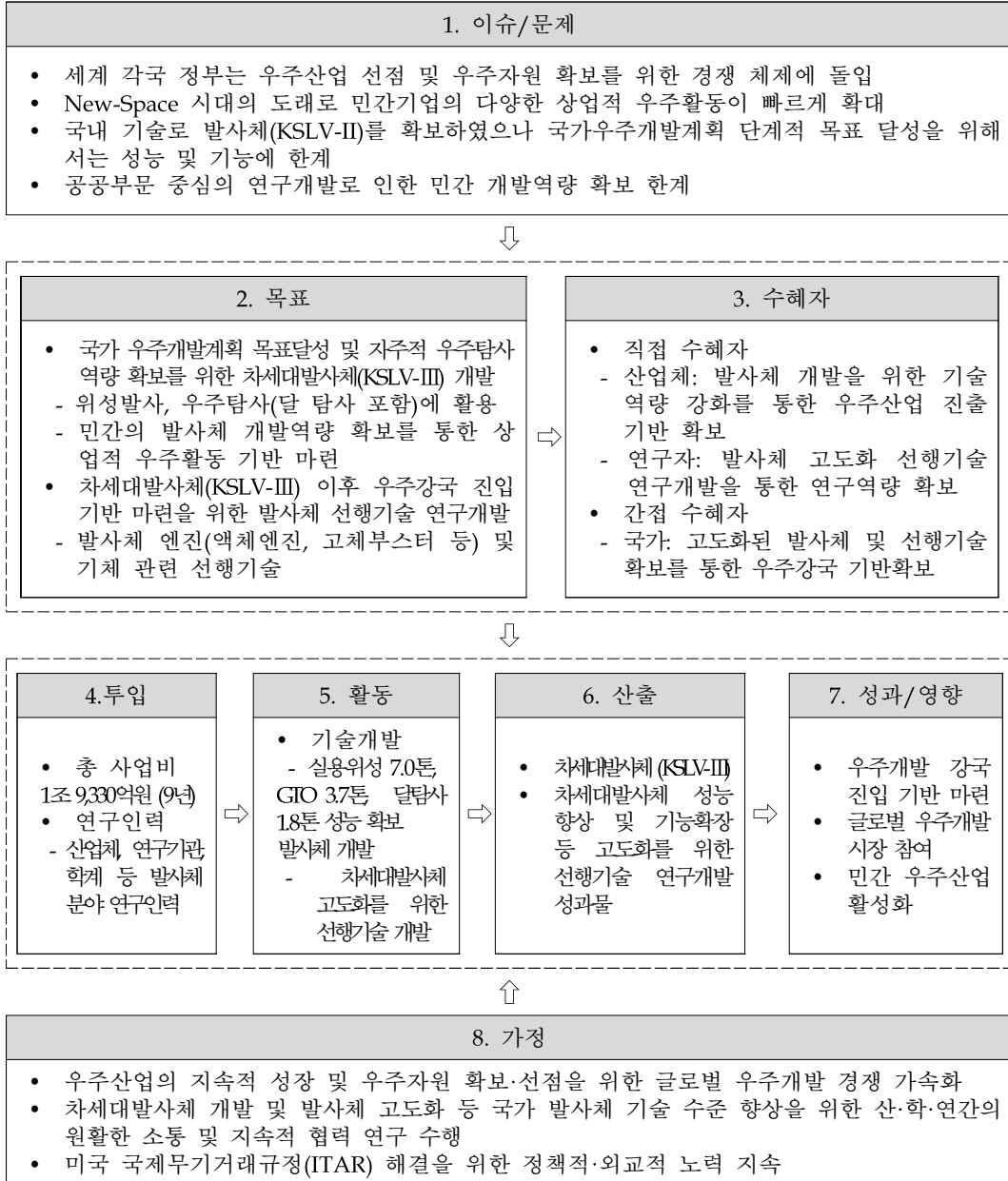
국가	기술수준·격차			연구단계역량		연구개발 활동경향
	수준(%)	격차(년)	그룹	기초	응용개발	
한국	60.0	17->18*	후발	보통	보통	상승
중국	89->85*	7->8*	추격	우수	우수	급상승
일본	86->85*	7->8*	추격	우수	우수	상승
EU	95.0->92*	3->4.5*	선도	우수	탁월->우수*	상승
미국	100.0	0.0	최고	탁월	탁월	상승

출처 : 2018년 기술수준평가, KISTEP(2019.4.) 및 *2020년 기술수준평가, KISTEP(2021.4.) 결과

- 해당 보고서에는 한국의 기술수준 판단근거로서 누리호 발사로 인한 발사체 기술 확보와 국내 우주개발의 가능성을 긍정적으로 제시하고 있으나,
- 인프라 및 연구인력이 적고 발사체의 발사비용 과다로 인한 시장 진입장벽과 미국의 기술발전 속도를 추격하지 못하고 있는 것으로 제시됨
- 기술 수준 향상을 위해 요구되는 정책은 연구비 확대(1위)와 인력양성 및 유치(2위), 인프라 구축(3위) 등으로 조사되었으며
- 국내 기술수준 향상을 위해서는 누리호 이후의 발사체에 대한 선행연구비와 인력양성 및 인프라 구축 연구비 확대, 민군 특화연구센터 같은 대형 기술 프로젝트 중심의 연구 투자방안 마련 등이 제시되었음

제 2 절 사업목표의 적절성

1. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성



출처 : 기획보고서

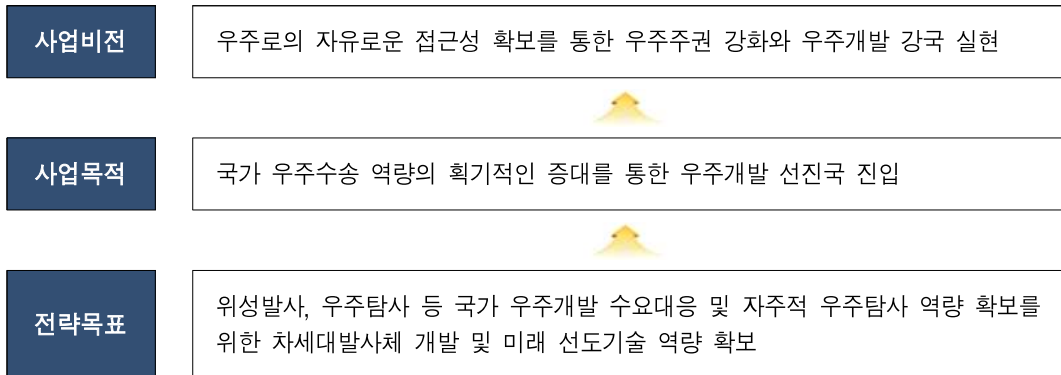
- 동 사업의 목표는 제시된 문제/이슈와 일부 연관되어 있으나 모든 문제/이슈를 포괄적으로 제시하고 있다고 보기는 어려우며 구체성 등이 낮은 문제점이 있음
- 사업목표는 문제/이슈와의 연관성, 구체성, 측정가능성, 달성가능성, 시간제약성이 구비되었을 경우에 적절히 설정된 것으로 판단하며, 목표체계의 일관성이 필요함
- 동 사업의 문제/이슈와 사업목표, 목표체계는 다음과 같음

<표 3-2> 동 사업의 문제/이슈와 사업목표

구분	내용
문제/이슈	<ul style="list-style-type: none"> • 세계 각국 정부는 우주산업 선점 및 우주자원 확보를 위한 경쟁 체제에 돌입 • New-Space 시대의 도래로 민간기업의 다양한 상업적 우주활동이 빠르게 확대 • 국내 기술로 발사체(KSLV-II)를 확보하였으나 국가우주개발계획 단계적 목표 달성을 위해서는 성능 및 기능에 한계 • 공공부문 중심의 연구개발로 인한 민간 개발역량 확보 한계
사업목표	<ul style="list-style-type: none"> • 국가 우주개발계획 목표달성 및 자주적 우주탐사 역량 확보를 위한 차세대발사체(KSLV-III) 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 위성발사, 우주탐사(달 탐사 포함)에 활용 - 민간의 발사체 개발역량 확보를 통한 상업적 우주활동 기반 마련 • 차세대발사체(KSLV-III) 이후 우주강국 진입 기반 마련을 위한 발사체 선행기술 연구개발 <ul style="list-style-type: none"> - 발사체 엔진(액체엔진, 고체부스터 등) 및 기체 관련 선행기술

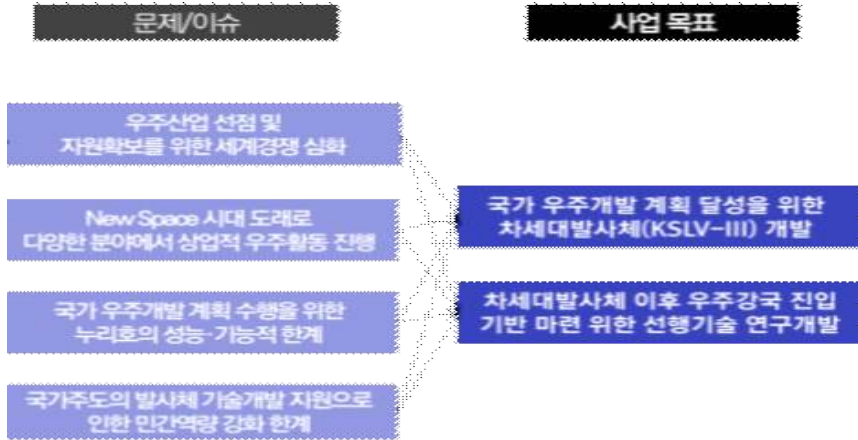
출처 : 기획보고서

<표 3-3> 동 사업 비전/목표 체계



출처 : 기획보고서

- 동 사업의 목표체계에서는 국가 우주수송 역량의 획기적인 증대를 목적으로 차세대발사체 개발 및 미래 선도기술 역량 확보가 목표로 제시되고 있음
- 해당 목표체계와 제시된 발사체 성능 및 기능에 한계 이슈를 고려할 때 차세대발사체 개발과 선행기술을 확보한다는 사업목표는 연관성이 높음



[그림 3-8] 주관부처가 제시한 문제/이슈와 사업목표의 연관성

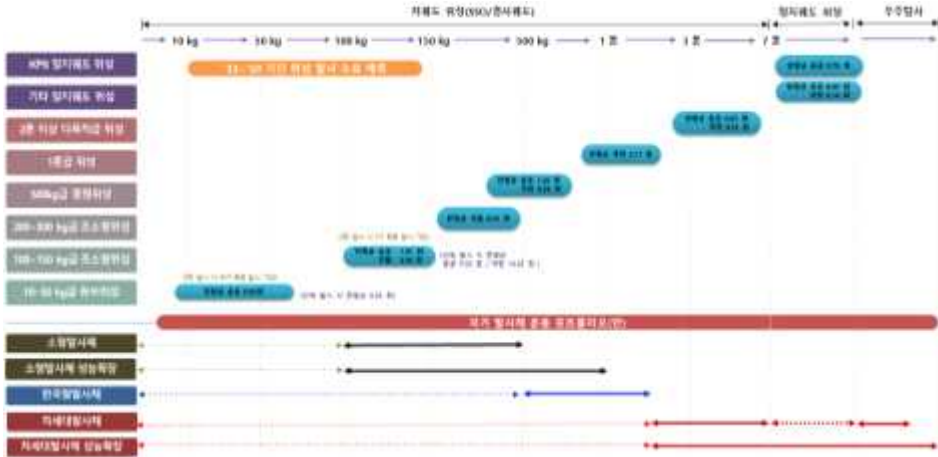
- 사업목표 중 “민간의 발사체 개발역량 확보를 통한 상업적 우주활동 기반 마련”에 대해 민간 개발역량 확보에 대한 이슈와 목표 연관성은 적절한 것으로 판단했으나,
 - 민간 개발역량과 상업적 우주 활동과의 구체적인 인과관계 및 상업적 우주 활동 계획 등이 구체적으로 제시되지 않아 상업적 기반 마련은 연관성이 부족함
 - 민간역량 확보 필요성과 사업목표의 연관성은 존재하지만, 추상적이고 정성적인 목표로서 이에 관한 측정방법과 달성 수준에 관한 내용은 확인 및 판단 불가
- 우주산업 선점, 상업적 우주 활동 등에 대한 이슈는 문제/이슈 적절성 분석에서 동 사업 추진 필요성으로서 구체성, 연관성이 부족한 것으로 판단했으며,
 - 제시된 사업목표에서도 해당 이슈에 관한 구체적인 해소 목표가 제시되지 못하고 발사체 및 선행기술 개발이 해당 이슈를 직접적으로 해소할 수 있다는 근거 부족
 - 이에 해당 문제/이슈는 동 사업의 범위에서 제외하는 것이 필요함

2. 차세대발사체 임무설계의 적절성

- 동 사업은 발사체를 개발하는 체계 및 시스템 개발사업으로 임무 설계와 개념설계로 나누어지며, 이 중에서 임무 설계는 정책적으로 결정되는 사항에 해당함
- 주관부처는 한국형발사체 대비 수송능력, 투입성능 등을 대폭 확대하여 자주적으로 다양한 우주임무 수행이 가능한 발사체를 개발하고자 하나, 제시된 임무 요구조건

달성 및 수행에는 불확실성이 존재함

- 국가 위성 발사 및 달착륙선 발사에 차세대발사체를 활용하기 위한 임무 요구조건으로 지구저궤도 10톤, 태양동기궤도 7톤, 정지천이궤도 3.7톤(동향발사기준), 달천이궤도 1.8톤 이상의 발사성능 목표가 제시됨
- 주관부처가 제시한 국가 위성의 수요 측면에서 2톤 이상의 다목적급 위성 및 정지궤도 위성 발사 수요의 경우, 차세대발사체 또는 차세대발사체 확장형으로 대응
- 달탐사선 등 우주탐사 수요는 차세대발사체 또는 차세대발사체 확장형으로 대응
- 1톤급 중형 위성 발사 수요의 경우, 공공 위성은 한국형발사체로 대응하는 계획을 제시함



[그림 3-9] 국내 발사체 운용 포트폴리오(안)

출처 : 기획보고서



[그림 3-10] 한국형발사체 및 차세대발사체 성능 비교

출처 : 기획보고서

- 동 사업의 첫 미션은 2031년 달착륙선(1.5톤급)을 발사하는 것이며, 한국형발사체(누리호)의 성능 한계로 현재 해당 미션 수행은 불가능할 것으로 판단됨
 - 한국형발사체로는 달천이궤도에 70kg 정도의 탑재물 투입이 가능한 수준으로 국가 계획상 달 착륙선 발사 임무를 수행하기에는 성능적 한계가 존재
 - 다만, 국가 정책적으로 결정된 해당 임무요건이 변화하지 않는다는 조건하에서만 차세대발사체의 임무 요건 타당성이 확보될 수 있음
 - 현재 달착륙선 개발계획은 준비 중이기 때문에 관련 불확실성을 배제할 수는 없음
 - 차세대발사체는 달착륙선 개발계획에 대응하는 목표성능을 제시하고 있으나, 목표 성능이 해외 사례(1.5 ~ 1.8ton)에 따라 설정된 것으로 판단됨
 - 달착륙선 계획은 현재 확인이 어려우나, 주관부처의 달탐사 계획에 따라 현재 제시하고 있는 달착륙선의 변경(시기, 중량 등)이 생기지 않는 것이 필수 조건임
- 다목적 실용위성의 경우 ITAR 이슈로 인해 한국에서 개발한 발사체를 활용하지 못하고 있는 상황으로 현 시점에서의 임무 요구조건으로는 불확실성이 존재함
 - 한국형발사체는 다목적 실용위성을 핵심 발사 탑재체로 인식하여 해당 위성 무게 수준을 발사할 수 있는 1.5톤급 위성을 태양동기궤도에 발사할 수 있도록 설계됨
 - 현시점에서 다목적 실용위성의 무게는 예측했던 1.5톤의 무게를 넘어¹²⁾ 개발되고 있으므로 차세대발사체 활용 필요성이 존재함
 - 다만, 2032년부터 다목적실용위성 발사에 활용을 위해서는 ITAR 해소¹³⁾한 상황으로 현 시점에서는 해당 임무요건을 만족하기에 불확실한 측면이 존재함
- 정지궤도 위성의 경우 추가 발사장 구축 또는 확장형을 통한 성능개량이 수반되지 않을 경우 임무 요건으로 포함되기 어려움
 - 주관부처가 제시한 정지궤도 위성 수요에는 한국형 위성항법시스템(KPS) 등이 포함되어 있으며 한국형발사체로는 발사가 불가능한 수준임
 - 차세대발사체의 정지궤도 위성 발사성능은 3.6~3.7톤 중량으로 개발될 예정인 KPS 위성의 수요 대응은 가능한 수준
 - 다만, 해당 발사성능은 나로우주센터에서 발사하여 경사각 31도의 정지천이궤도에 투입하는 경우 성능손실이 약 80% 발생하여 투입성능이 1톤 이하로 감소됨
 - 이러한 임무요건은 동향발사가 가능한 제 2발사장 확보 또는 추가적인 성능확장이

12) 예) 2022년 발사에정인 다목적실용위성(아리랑위성) 6호의 중량은 1,750kg

13) 발사체는 탑재체 의존적인 기술로서 국가 간 규제로 탑재체를 발사하지 못할 경우 그 활용이 불가함

이루어지지 않을 경우 불가능한 임무임¹⁴⁾

- 동 사업 범위에는 해당 임무 수행을 위한 추가 발사장 확보 및 성능확장 내용이 포함되지 않으므로 해당 임무 요건을 포함하는 것은 적절하지 않음

3. 차세대발사체 시스템 구성 개념설계의 적절성

- 주관부처는 차세대발사체의 구성 및 개념설계를 위해 4가지의 차세대발사체 개발 (안)을 도출하였으며, 최종 채택된 구성안은 자력개발을 위한 적정 사양으로 파악됨
- 주관부처는 엔진 개발방향을 설정하고 1단 클러스터링 엔진 개수 및 이륙 중량을 달리하여 차세대발사체 구성안 4가지를 도출하고
- 투입성능, 엔진 성능 및 개발 난이도/불확실성, 구조경량화 난이도/불확실성, 재사용 기술개발 연계성 등의 측면을 종합적으로 검토하여 최적안을 선정
- 최적안으로는 1단에 100톤급 다단연소사이클 케로신 엔진 5기, 2단에 10톤급 다단 연소사이클 케로신 엔진 2기를 사용하는 이륙중량 360톤급 2단형 발사체 선정

<표 3-4> 차세대발사체 구성안별 성능 및 장단점 비교

구분		1안	2안	3안 (최적안)	4안	
투입 성 능	지구저궤도	8.5	9.7	10.1	10.7	
	태양동기궤도	5.5	6.8	7.1	7.5	
	지구정지 천이궤도	나로우주센터 남향발사시	0.8	0.9	1.0	1.1
		북위 30도 동 향발사시	3.1	3.6	3.8	4.2
	달천이궤도	1.5	1.8	1.9	2.2	
	화성천이궤도	0.8	1.0	1.1	1.3	
	엔진 비추력 성능	좋음	좋음	좋음	중간	
엔진 개발 불확실성	중간	높음	중간	중간		
경량화 요구 수준	중간	중간	중간	높음		
재사용 발사체 연계성	불가	불가	가능	가능		

14) 주관부처는 사업이 진행되는 동안 동향발사가 가능한 제 2발사장 구축이 이루어진다면, 2032년부터 정지궤도 위성 발사를 차세대발사체로 수행할 수 있고, 나로우주센터에서 정지궤도위성을 발사해야 할 경우에는, 2032~2035년 기간에 소형 3단 및 고체부스터 추가, 2단 수소 엔진 적용 등의 후속 고도화사업(미정)을 통해 차세대발사체의 성능을 2~3배 향상시켜 정지궤도 위성 발사가 가능해질 것으로 설명함



[그림 3-11] [차세대발사체 개발방향 및 구성안 비교]

- 제시된 구성안에서 최종 채택된 구성안 3은 기술수준과 경제·사회적 향후 발사체 활용 등을 고려할 때 자력개발을 위한 구성안에 가까운 것으로 판단됨
 - 조사진에서 수행한 전문가 인터뷰에 따르면 현재 제시된 발사체 사양에 대하여 다수가 적절성에 동의하는 것으로 나타나고 있으며,
 - 현재 기술수준을 기준으로 수준이 높은 것으로도 평가되나, 자력개발을 통한 기술의 확보전략이 우세하고 기술도입을 통해 극복할 필요성이 있는 것으로 조사됨

번호	설문	답변	기술전문가	산업체
1	국내 수준을 고려할 때, 제시된 발사체의 개발사양은?	개발사양이 낮음	-	-
		개발사양이 적절	84.6%	60%
		개발사양이 높음	15.4%	40%
2	개발사양이 높다고 답한 경우, 임무요건에 대한의견?	임무요건 변경필요	50%	25%
		시행착오 통한 달성가능	50%	75%
3	발사체개발을 위한 적절한 전략에 대한의견?	순수자력개발전략	85.7%	80%
		기술도입전략	14.3%	20%
		해외발사체 활용	-	-

- 차세대발사체의 시스템구성을 위한 세부설계는 현재 시점에서 완료되지 않아 구체성은 낮으나 기본적인 개발방향은 다음 사항을 고려한 것으로 제시됨¹⁵⁾
 - 성능 확장 및 재사용 기술 연계 가능한 2단 형상의 차세대발사체 개발
 - 다중임무, 달/행성 탐사 임무 등 다양한 발사임무 수행이 가능하도록 다회점화 가능한 고성능 상단 엔진기술 개발
 - 동 사업 종료 후 분리된 1단의 재사용 기술개발 연계가 가능하도록 재점화 및

15) 차세대발사체 주요기술별 세부 개발 방향은 붙임자료 참고

추력조절 가능한 고성능 1단 엔진기술 개발

- 동 사업 종료 후 분리된 1단의 지상 또는 해상 착륙을 위한 재사용 기술 연계가 가능하도록 1단 엔진 홀수개 클러스터링 및 엔진 재점화 기술개발
- 우주화물 수송 위한 지구 저궤도(LEO, 경사각 80도, 고도 200km 원궤도) 투입성능 10톤 확보 목표로 개발
- 다목적실용위성 등 정밀 지구관측 발사 위한 태양동기궤도(SSO, 경사각 98도, 고도 500 km 원궤도) 투입성능 7톤 확보 목표로 개발
- 천리안 위성, KPS 위성 등 정지궤도위성 발사가 가능하도록 동향발사 기준 정지천이궤도(GTO, 경사각 30도, 250 km x 35,786 km) 투입성능 3.7톤 확보 목표로 개발(나로우주센터 기준 투입성능 최대 1톤 확보)
- 우주자원 탐사, 소행성 샘플귀환선, 달착륙선 발사 등 우주탐사 위한 달천이궤도(LTO, $C3=-2 \text{ km}^2/\text{s}^2$) 투입성능 1.8톤 및 화성천이궤도(MLTO, $C3=10 \text{ km}^2/\text{s}^2$) 1톤 확보 목표로 개발
- 향후 우주수송 및 우주탐사 요구성능 증가 상황을 감안하고, 제2발사장 미확보시 나로우주센터 기준의 정지궤도위성 발사성능 확보가 요구되는 상황에 대비하여 성능확장 기술들에 대한 선행기술 개발 추진

□ 주관부처는 차세대발사체의 개념설계를 위해 4가지의 발사체 구성(안)을 도출하고 이중 최적안을 선택하는 과정과 사유를 제시함

○ 3단형으로 개발한 한국형발사체(KSLV-II)대비 구성이 단순하고 경쟁력 있는 2단형상으로 차세대발사체(KSLV-III) 개발을 기본으로 설정함

- 단수/개발구성품 감소, 체계조립 및 시험일정 단축, 제작단가 절감 가능, 발사성능 확장성 및 재사용 발사체로의 기술 연계성을 고려하였으며,
- 2단형으로 개발시 분리되는 단수가 줄어들어서 낙하안전이 확보되는 비행궤적 설계와 부스터 규모 및 개수를 변화시켜 다양한 성능 향상이 가능할 것으로 설명
- 경제성 측면에서 3단 형상인 누리호 대비 단수가 줄어들어, 개발구성품 감소, 조립/시험 일정 단축, 제작단가 절감 등이 가능해져서 발사체 가격 경쟁력이 향상될 것을 가정
- 성능확장성 측면에서 3단 형상인 누리호는 낙하물체가 많고 낙하시의 안전을 확보하기 어려운 관계로 성능 확장에 많은 제약이 발생한 반면, 2단 형상인 차세대발사체는 소형 3단, 고체부스터 등을 이용한 성능확장의 유연성이 확보될 것을 가정

- 재사용 기술 연계성 측면에서 Falcon-9 발사체가 2단형으로 구성되어 분리된 1단을 해상/지상으로 회수하여 재사용하고 있는 사례를 참고할 때, 차세대발사체를 2단형으로 구성하면 향후 재사용 기술로의 연계를 가정하고 있음

<표 3-5> 차세대발사체 구성안별 성능 및 장단점 비교

구분		1안	2안	3안	4안	
투입 성 능	지구저궤도	8.5	9.7	10.1	10.7	
	태양동기궤도	5.5	6.8	7.1	7.5	
	지구정지 천이궤도	나로우주센터 남향발사시	0.8	0.9	1.0	1.1
		북위 30도 동향발사시	3.1	3.6	3.8	4.2
	달천이궤도	1.5	1.8	1.9	2.2	
	화성천이궤도	0.8	1.0	1.1	1.3	
엔진 비추력 성능		좋음	좋음	좋음	중간	
엔진 개발 불확실성		중간	높음	중간	중간	
경량화 요구 수준		중간	중간	중간	높음	
재사용 발사체 연계성		불가	불가	가능	가능	

- 1단 엔진 타입에 대해서는 다단연소사이클 케로신 엔진 개발 필요성을 제시
 - 1단 엔진 5종의 후보 엔진 검토 수행: 추력 82톤급 가스발생기 케로신엔진, 추력 100톤급 다단연소사이클 케로신엔진, 추력 120톤급 다단연소사이클 케로신엔진, 추력 100톤급 가스발생기 메탄엔진, 추력 100톤급 다단연소사이클 메탄 엔진
 - 개발난이도, 개발소요일정 및 예산, 체계일정 적합성 등 종합적으로 검토하여 차세대발사체 1단 엔진으로 추력 100톤 또는 120톤급 다단연소사이클 케로신 엔진의 적용을 우선적으로 고려
 - ※ 주관부처는 누리호 개발시 구축한 케로신엔진 시험설비를 활용하여 100톤급 다단연소사이클 케로신 엔진을 선행 개발하기 위한 <고성능 액체로켓엔진 선행개발사업('22~ '24)> 진행중이라고 제시함¹⁶⁾
 - 향후 재사용 발사체로의 확장성 고려시 가급적 넓은 추력조절 범위와 재점화 기능 확보를 고려하고 있음을 제시

16) 액체엔진 고성능화 선행기술 개발사업('16~'24년)의 9톤급 다단연소사이클 엔진 개발현황: 기술검증시제 (TDM, 해외도입 TP활용) 3기에 대해서 6회 연소시험, 단일 최장 연소시간 600초, 40% 스로틀링 시험 및 2 회의 재점화 시험 완료. 또한 국내 터보펌프(우주핵심과제 3년 기수행 casing개발 등)는 제작검증시제 '21년 말 제작 완료후 '22년초 검증시험 착수 예정

<표 3-6> 차세대발사체 1단 엔진 개발 방향 검토

구 분		KRE-082G+	KRE-100S	KRE-120S	KRE-100M	KRE-100M	KRE-100M
규격	추진제	산화제/ 캐로신	산화제/ 캐로신	산화제/ 캐로신	산화제/ 메탄	산화제/ 메탄	산화제/ 메탄
	연료밀도(kg/m ³)	830	830	830	423	423	423
	사이클	가스발생기 (GG)	다단연소 (Fuel Rich SC)	다단연소 (Fuel Rich SC)	가스발생기 (GG)	다단연소 (Fuel Rich SC)	다단연소 (Full Flow SC)
	진공 추력 (tonf)	82	100	120	100	100	100
	지상 추력 (tonf)	72.65	92.1	110.5	88.62	89.19	91.44
	엔진 진공 비추력 (sec)	311.8	330~332	329~331	324.0	343.8	348.0
	연소실 압력 (bar)	100	150~180	150~180	100	180	250
	노즐 확대비	19.6	28.79	28.79	19.6	35	40
	스로틀 범위	40~100%	40~100%	40~100%	40~100%	40~100%	40~100%
	재점화	○	○	○	○	○	○
개발 난이도		가변핀틀 방식 Merlin 1D 핀틀 엔진 해외자료 입 수 어려움	다단사이클 개발난이도 높음 RD-120 같 은 eference 엔진을 기 반으로 개발 필요	다단사이클 개발난이도 최상 시험설비 큰폭 증축 필요 YF-100, RD- 801 엔진 등 해외자료 확 보의 어려움	메탄 시험설 비 증개축 필요 메탄 구성품 개발 선행 필요	메탄 시험설 비 증개축 필요 메탄 구성품 개발 선행 필요	메탄 시험설비 증개축 필요 메탄 구성품 개발 선행 필요 FFSC 관련 고압연소기 제작 소재 기술 확보 필요
개발 일정	QM 납품 일정	T0 + 5.8년	T0 + 4.5년 (국제협력) T0 + 5.5년 (독자개발)	T0 + 6.0년 (국제협력) T0 + 7.0년 (독자개발)	T0 + 6년	T0 + 7.5년	T0 + 8년
유사 엔진	엔진명	Merlin 1D	RD-120K (RD-870)	RD-801 YF-100	Prometheus	BE-4	Raptor
	진공추력(tf)	93.2	87 (88.4)	135	100	276.6	204
	진공비추력(sec)	311	330 (332)	332.7	320	346	356

- 2단 엔진 타입에 대해서는 다단연소사이클 케로신 엔진 개발 필요성을 제시
 - 2단 엔진 4종의 후보 엔진 검토 수행: 추력 10톤 다단연소사이클 케로신엔진, 추력 20톤 다단연소사이클 케로신엔진, 추력 10톤급 팽창사이클 메탄엔진, 추력 10톤급 팽창사이클 수소 엔진 등
 - 개발난이도, 개발소요일정 및 예산, 체계일정 적합성 등 종합적으로 검토하여 차세대발사체 2단 엔진으로 추력 10톤 또는 20톤급 다단연소사이클 케로신 엔진을 우선적으로 고려
- ※ 주관부처는 누리호 상단 엔진 시험설비를 활용한 9톤급 다단연소 사이클 엔진 선행개발<고성능 액체로켓엔진 선행개발사업('22~ '24)>을 진행중임을 제시함

<표 3-7> 차세대발사체 2단 엔진 개발 방향 검토

구 분		KRE-010S	KRE-020S	KRE-010M	KRE-010H
규격	추진제	산화제/케로신	산화제/케로신	산화제/메탄	산화제/수소
	연료밀도(kg/m ³)	830	830	423	423
	사이클	가스발생기	다단연소사이클	팽창사이클	팽창사이클
	진공 추력 (tonf)	9	10	10	10
	엔진 진공 비추력 (sec)	350~352	349~351	354	433
	연소실 압력 (bar)	80~100	156	40	40
	노즐 확대비	200	250	80	80
	스로틀 범위	40~100%	40~100%	40~100%	40~100%
재점화	○	○	○	○	
개발 난이도		TDM 수준 기술 기 확보	RD-0124 수준 연소압력 상향	메탄 10톤급 시험 설비 증개축 필요	수소시험설비 증개축 필요
		RD-8 해외협력 일부 가능	연소압 상향에 따른 확대비 증가 (+1 sec)	메탄 구성품 기술 확보 필요	수소 구성품 기술 선행 필요(~4년)
개발 일정	QM 납품 일정	T0 + 3.5년	T0 + 4.5년	T0 + 4.5년	T0 + 8년
유사 엔진	엔진명	RD-809L	RD-0124	LM10-Mira	RL-10A-4-2
	진공추력(tf)	10	30	10	10.1
	진공비추력(sec)	352	359	362.3	451

4. 사업목표의 구체성

- 동 사업은 목적과 달성시기가 다른 두 개의 이질적 사업목표가 제시되고 달성 여부에 대한 측정기준이 불분명하여 문제/이슈 해결 정도에 대한 기여도와 성공여부를 측정 하는데 한계가 있음
- 주관부처는 국가 우주개발계획 목표달성 및 자주적 우주탐사 역량 확보를 위한 차세대발사체 개발과 우주강국 진입 기반 마련을 위한 발사체 선행기술 연구개발을 사업목표로 제시함

<표 3-8> 동 사업의 사업목표

사업목표
<ul style="list-style-type: none"> • 국가 우주개발계획 목표달성 및 자주적 우주탐사 역량 확보를 위한 차세대발사체(KSLV-III) 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 위성발사, 우주탐사(달 탐사 포함)에 활용 - 민간의 발사체 개발역량 확보를 통한 상업적 우주활동 기반 마련 • 차세대발사체(KSLV-III) 이후 우주강국 진입 기반 마련을 위한 발사체 선행기술 연구개발 <ul style="list-style-type: none"> - 발사체 엔진(액체엔진, 고체부스터 등) 및 기체 관련 선행기술

- 국가 우주개발계획 달성, 자주적 우주탐사 역량 측면에서 측정 가능한 목표는 2031년 달착륙선 발사로 판단되며, 그때까지 발사체를 활용 해당 미션을 완료한다고 가정할때 목표의 달성여부 측정 및 시간제약에 대한 요건은 충족할 것으로 판단됨
 - 다만, 해당 목표를 위한 달착륙선 사업은 현재 계획 중이므로 신중한 접근이 필요하며, 계획 확정 전까지는 사업목표의 적절성을 확정하여 판단할 수는 없음
 - 위성 발사와 우주탐사에 활용한다는 목표는 확정된 수요가 변동 가능하여 구체성이 낮으며 달성 여부에 대한 측정대상이 불분명함
 - 민간의 발사체 개발역량 확보를 통한 상업적 우주활동 기반 마련에 대한 목표는 추상적이며 측정수단이 없고 상업적 활동에 대한 범위와 대상 불분명
- 우주 강국 진입 기반을 마련한다는 목표는 추상적이고 정성적이며 측정할 방법과 시점이 제시되지 않아 사업목표로서의 조건¹⁷⁾을 충족한다고 볼 수 없음
- 또한, 발사체 선행기술 연구개발의 적용계획은 동 사업에 포함되어 있지 않고 해당기술을 활용한 정책수요 대응의 활용계획도 동 사업 범위에 포함되지 않음
- 사업목표는 해당 사업만으로 달성하고자 하는 목표가 측정 수단과 함께 구체적으로 제시되어야 하며 국가나 산업 차원의 선언적인 목표 수립은 지양되어야 하며,
- “경쟁력 확보”와 같은 정성적 개념의 판단을 위해서는 어떠한 성과지표를 구성하여 달성 여부를 판단할 수 있는지에 대한 기획주체의 고민이 필요함

5. 성과지표의 적절성

- 동 사업의 성과지표 및 목표는 사업의 구성에 따라 발사체 개발 부분과 선행기술 개발 부분으로 구분되어 4가지의 지표를 제시하고 있음
 - 차세대발사체 개발의 성과지표는 유사사업의 성과지표를 참고하여 목표대비 진척도, 기술달성도(TRL) 2가지로 설정

17) 사업목표는 SMART(구체성, 측정가능성, 달성가능성, 연관성, 시간제약성)한 기준 충족 필요

- 발사체 선행기술 연구개발의 성과지표는 유사사업을 참고하여 10억 원당 특허등록 수, 차세대발사체 개량·고도화 기술확보율 2가지로 설정

□ 제시된 사업 성과지표는 '차세대발사체 개발' 및 '발사체 선행기술 개발' 이라는 목표의 달성도 측정 측면에서는 대체로 적절히 구성되었다고 판단되나,

- 민간의 발사체 개발역량 확보, 자주적 우주탐사 역량 등의 달성도 측정 측면에서는 타당성이 부족하고 발사체 개발에 따른 신뢰도와 효율성 확보 등 추가지표도 고려할 필요가 있음
 - 주관부처는 동 사업 체계종합기업이 한국항공우주연구원과 발사체 설계·개발 및 발사운영 등 전과정에 참여할 예정으로 사업종료 후 기술역량이 항우연과 동일한 수준으로 변화할 것으로 예상한다고 제시하고 있음
 - 유사한 형태의 반복된 사업에 대해 참여율을 높여갈 경우 참여기업의 역량이 향상될 것은 어느 정도 예상할 수 있지만 해당 역량을 평가하는 지표는 부재하며
 - 한국형 발사체 개발사업에서 활용된 기업의 역량 평가에 관한 지표를 발굴하여 민간의 역량과 관련된 지표 추가가 필요한 것으로 판단됨
 - 주관부처는 차세대발사체 개발과 관련한 일부 기술이 현재 국내 기술 수준으로는 단독 개발이 어려워 발사체 개발 선도국과의 기술협력이 필요하며,
 - 동 사업을 통해 기술개발을 완료한 이후 해당 기술들에 대한 완전한 국산화가 가능할 것으로 기대하기 때문에 국산화율은 중요 고려사항이 아니라고 제시하고 있으며, 외부 전문가들의 경우도 국산화율을 주요 성과지표로 고려하지 않는 것으로 조사됨
 - 다만, 사업목표로 제시된 자주적 우주탐사 역량 확보와 관련한 달성 여부를 측정할 수 있는 지표는 추가하는 것이 필요한 것으로 판단됨
 - 조사진의 전문가 인터뷰에서는 동 사업에서 가장 중점을 두어야 하는 지표는 신뢰성과 선행기술로 확보 및 비용대비 효율성으로 조사되었으며,
 - 발사체 개발의 목표대비 진척도와 더불어 기술개발 측면에 대한 성과지표로 이러한 점을 반영하는 것이 필요한 것으로 판단됨

성과지표	국산화율	신뢰성 확보	비용대비 효율성	일정준수	기술이전	선행기술 확보	목표성능 달성
기술전문가	-	38.5%	30.8%	-	-	23.1%	7.7%
산업체	-	63.6%	9.1%	-	-	27.3%	-

- 기획보고서에 제시하고 있는 성과지표 중 성과지표 1의 목표대비 진척도 관련한 평가 기준 및 방법은 적절하게 구성된 것으로 판단됨

<표 3-9> 성과지표1

지표명	목표대비 진척도										
구분	정성적 성과지표										
정의	차세대발사체 개발 마일스톤 및 발사체 제작·조립 진척률										
선정이유	추진분야의 목표를 위해서는 차세대발사체 마일스톤 달성 및 발사체 개발일정의 준수와 연차별 목표대비 진척도를 평가하는 것이 중요										
측정방법	마일스톤별 핵심기술문서 작성 수준 및 주요 요소의 요구조건 만족여부를 종합적으로 검토하여 평가하고, 발사체 발사 일정에 앞서 제작·조립의 진척도 확인										
	측정기간			측정주기				측정단위			
	사업수행기간			매년				%			
측정산식	실적 / 목표										
달성목표	항목	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	평균
	발사체개발 진척율(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
목표치 설정근거	발사체 제작 일정 준수는 발사 신뢰성 확보와 계획된 발사의 차질없는 수행을 위해 반드시 전제되어야 하는 것으로, 100% 달성이 필수적										

- 성과지표 2의 요소기술별 TRL¹⁸⁾과 관련하여 동 사업의 차세대발사체 개발에 대한 객관적인 TRA는 수행되지 않음
 - 주관부처는 TRL의 측정 절차와 검증방법 등은 알고 있으나 제시된 자료는 동 사업 기획시 분석된 것이 아님
 - 체계사업에서의 TRA는 객관적이고 공정한 평가가 중요함에도 제출 자료는 21년도 한국형발사체개발사업 TRA 보고서이며
 - 기획보고서에 제시한 30개의 CTE¹⁹⁾나 CTE별 TRL은 실제 분석절차에 따라 제시된 결과가 아니므로 공식적인 데이터로 볼 수 없음
 - 유사한 기술이라 하더라도 사업의 목표성능에 따라 TRL은 달라지고 사업 수행 기간과의 밀접한 연관성이 있는 지표임
 - 이에 누리호 사업의 TRA와는 별도로 차세대발사체 개발사업의 TRA를 수행하고 결과자료의 추가제출이 필요함

18) TRL(Technology Readiness Level): 기술성숙도, TRA(Technology Readiness Assessment): 기술성숙도평가

19) CTE(Critical Technology Elements): 핵심기술요소

- TRL 목표 미달성 시 대응방안의 구체성은 TRL을 재분석하여 낮은 기술별로 구체적 대응방안과 달성시기를 보완하여 제시 필요
- TRA는 연구개발 사업의 목표 성능을 기초로 현시점의 기술성숙도를 평가하는 행위로 사업의 위험도를 낮추고 성공 가능성을 높이기 위하여 수행함
- 차세대발사체 개발사업은 체계사업으로서 대규모 예산이 장기에 걸쳐 투자되는 사업이므로 체계적이고 구체적인 사업관리가 필수임
- 공식적인 TRA 수행 없이 사업의 기간, 예산 등을 기획한 것은 절차상 논리적이지 못하며 사업 수행시 일정 지연, 개발 실패 등의 위험도가 클 것으로 예상됨²⁰⁾

<표 3-10> 성과지표2

지표명	기술달성도(TRL)									
구분	정성적 성과지표									
정의	'22년 TRL 3 이하 수준인 30개 차세대발사체개발 핵심기술의 기술달성도(TRL)									
선정이유	차세대발사체의 기술개발은 위성발사, 우주탐사 등에 활용하는 국가우주개발계획 목표달성을 위한 핵심활동으로써, 전체 사업기간에 걸쳐 핵심기술의 개발수준을 지표화하여 성과를 측정하는 것이 중요									
측정방법	30개 핵심기술의 기술달성도(TRL)의 평균값 확인									
	측정기간	측정주기				측정단위				
	사업수행기간	매년				-				
측정산식	$\frac{30}{(\sum \text{핵심기술 기술달성도(TRL)} i)/30} \quad i=1$									
달성목표	항목	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31
	기술달성도(TRL)	2.9	3.3	3.7	4.2	4.8	5.5	6.2	7.0	8.0
목표치 설정근거	'22년 TRL 3이하 수준인 30개 핵심기술의 평균 기술달성도(TRL)는 2.5이며, '31년은 8.0로, 평균값에 대한 연평균 증가율을 산정하여 목표치를 설정 '22년 기준 TLR 3이하 수준의 기술은 총 56개이며, 이 중 신규 개발이 필요하거나 기존 기술에 대한 대폭 업그레이드가 필요한 기술만을 최종 핵심기술로 선정 기존 '한국형발사체개발사업을 통해 개발된 기술 중 일부 개량 및 개선만이 필요한 기술은 핵심기술리스트에서 제외									

20) 항공우주개발 프로젝트에서 개발기간과 비용에 대한 TRL의 영향 분석(한국항공우주학회, 2012)

핵심기술명	기술달성도(TRL)	
	현재('22)	종료('31)
[1-1-2-2] 상온용 고압탱크	3	8
[1-1-3-1] 예연소기 산화제 개폐밸브	3	8
[1-1-3-3] 스위치 밸브	3	8
[1-1-3-5] 유량제어밸브	2	8
[1-1-3-6] 제어밸브 구동기	2	8
[1-1-3-10] 연료라인 진공화 밸브	3	8
[1-1-4-2] 저중력 추진제 관리계	2	8
[1-1-4-3] 제어/계측계 센서류	2	8
[1-1-4-4] 추진제 충전배출밸브	2	8
[1-1-4-5] 산화제 차단밸브	2	8
[1-1-4-6] 산화제 벤트밸브	2	8
[1-1-6-9] 지상인터페이스장치	3	8
[1-2-1-1] 1단 후방동체 및 엔진지지부	3	8
[1-2-1-3] 1단 전방동체	3	8
[1-2-1-5] 1단 랜야드 엄빌리칼	2	8
[1-2-2-1] 1단 엔진 시스템	2	8
[1-2-2-2] 1단 연소기	2	8
[1-2-2-3] 1단 예연소기	2	8
[1-2-2-4] 1단 터보펌프	3	8
[1-2-2-7] 추진제탱크 가압시스템용 고압 열교환기 개발	3	8
[1-2-2-8] 1단 엔진 점화장치	2	8
[1-2-2-9] 연료 TEA/B 전환용 4-Way 개폐밸브	3	8
[1-3-1-8] 페어링 조인트	3	8
[1-3-2-1] 2단 엔진시스템	3	8
[1-3-2-2] 2단 연소기	3	8
[1-3-2-3] 2단 예연소기	3	8
[1-3-2-4] 2단 터보펌프	3	8
[1-3-2-5] 2단 엔진 다회점화장치(탱크타입)	2	8
[1-4-1-1] 페이로드페어링	3	8
[3-2-3] 축소형 극저온 고밀도 추진제 제조 시험설비	2	8
평균	2.5	8.0

- 성과지표 3의 특허등록 목표치 설정 근거는 적절하게 제시되었으나, 특허등록이 2차 년도부터 발생할 것을 가정하는 것에는 불확실성이 있음
 - 연도별 목표치는 우주개발 분야에서 동 사업의 범위로 한정할 경우 특허등록 건수가 줄어든다는 근거를 제시하고 있음
 - 제시된 자료에 따르면 최근 3년간 발사체 제작 분야에서의 국내 특허 등록 수는 103건인 것으로 조사되었으며 발사체 외 우주기기 제작분야는 302건, 우주활용분야는 351건으로 조사되어 발사체 분야 대비 3배 이상의 특허 성과가 도출된 것으로 파악됨

- 동 사업은 차세대발사체 제작 및 발사체를 고도화하기 위한 기술개발만을 진행하기 위한 사업으로 타 사업대비 협소한 연구개발 범위를 지니고 있고
- 선행기술연구개발 연구개발 성과물의 활용처도 차세대발사체의 개량 및 고도화에 국한되어 있으므로 특허의 성과목표치 하향 설정사유는 합리적
- 선행기술을 개발하고 확보한다는 측면에서 특허를 성과지표로 활용하는 것은 적절하지만, 특허출원이 아닌 특허등록이 2차 년도에 바로 가능할지는 불분명함

<표 3-11> 세부 우주분야별 신규 국내 특허 등록 현황(산학연 합계)

구분	세부분야	2018	2019	2020	합계
발사체 제작		35	28	40	103
위성체 제작		35	48	89	172
지상장비	지상국 및 시험시설	23	64	26	113
	발사대 및 시험시설	9	4	4	17
우주보험		0	0	0	0
우주기기 제작(발사체 외)		67	116	119	302
위성활용 서비스 및 장비	원격탐사	63	41	15	119
	위성방송통신	14	18	11	43
	위성항법	43	56	22	121
과학연구	지구과학	1	0	2	3
	우주 및 행성과학	4	22	1	27
	천문학	5	8	4	17
우주탐사	무인우주탐사	16	0	2	18
	유인우주탐사	3	0	0	3
우주활용		149	145	57	351

<표 3-12> 성과지표3

지표명	10억 원당 국내 특허등록 수										
구분	정량적 성과지표										
정의	집행액 10억 원당 연구개발 과정에서 국내에 등록된 특허 수										
선정이유	국가 우주기술수준 향상 및 지식재산권 확보 등 우주개발 자립기반 구축을 위한 성과 제고가 필요										
측정방법	NTIS 연구성과관리시스템에 연구자가 입력한 특허등록 값을 활용										
	측정기간	측정주기					측정단위				
	사업수행기간	매년					건				
측정산식	국내 특허등록 수 / 집행액(10억 원 단위)										
달성목표	항목	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	평균
	집행액 10억 원당 국내 특허등록 수(건)	-	1.6	1.3	1.1	1.1	0.8	0.8	1.0	1.4	1.0
목표치 설정근거	유사사업인 우주핵심기술개발사업의 집행액 10억 원당 국내 특허등록 수 5개년 평균치와 유사하도록, 90% 수준으로 산정 우주핵심기술개발사업 5개년 평균치 1.1건 x 90% = 1.0건										
	항목	'15	'16	'17	'18	'19	합계				
	우주핵심기술개발사업 집행액(백만 원)	23,857	31,027	30,476	18,205	14,166	117,731				
	국내 등록특허(건)	10	25	35	31	29	130				
	10억 원당 수(건)	0.4	0.8	1.2	1.7	2.1	1.1				
* 자료 : 국가과학기술정보서비스(NTIS)											

- 성과지표 4의 고도화 기술확보율은 연구성과를 동 사업에서 개발될 예정인 차세대발사체에 적용하는 것을 가정하므로 상향하는 것이 필요
- 목표치 하향설정 및 29년부터 성과가 발생하는 부분에 대해서는 근거가 제시됨
- 다만, 해당 근거는 일부 선행사업의 목표설정 방식과 주관부처의 판단에 의한 것으로 개발목적은 고려하지 못한 것으로 판단되어 객관적 근거로 보기 어려움
- 선행기술개발은 향후 차세대발사체 고도화 계획을 위한 기술을 개발하는 것으로 단순 유사사업의 성과를 기준으로 하기에는 적절하지 않음

- 해당 연구는 실제 적용을 목표로 개발이 이루어져야 하므로 확보율을 최대한 상향하여 설정하고 관리하는 것이 필요함
- 또한 기술확보는 양적지표와 질적지표로 구분하여 평가하는 것이 바람직하며, 검증방법/결과해석에 있어서 객관성 및 공정성을 유지할 수 있도록 측정방법(평가 지표/방법/기준 등)을 구체화하여 제시할 필요가 있음

<표 3-13> 성과지표4

지표명	차세대발사체 개량 및 고도화 기술확보율									
구분	정량적 성과지표									
정의	발사체 선행기술 연구개발 성과물 중 차세대발사체 개량 및 고도화에 활용이 가능한 것으로 인정되는 성과물 도출 비율									
선정이유	차세대발사체의 지속적인 개량 및 고도화를 통해 국내 발사 수요 대응이 가능하도록 선행기술 성과물의 활용도를 제고									
측정방법	연구개발 성과물 중 사업추진위원회 및 항우연의 심의를 통해 차세대발사체의 개량 및 고도화에 활용이 가능한 것으로 도출된 성과물 수를 측정									
	측정기간	측정주기					측정단위			
	사업수행기간	매년					%			
측정산식	발사체 개량·고도화를 위해 활용가능한 성과물 수 / 발사체 선행기술 연구개발 도출 성과물 수									
달성목표	항목	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31
	차세대발사체 개량 및 고도화 기술 확보율(%)	-	-	-	-	-	-	7.0	15.0	30.0
목표치 설정근거	<p>유사사업인 우주핵심기술개발사업의 우주기술활용률의 5개년 달성치 평균은 35.0%이나, 정부R&D과제 수 대비 기술료징수 건수 비율은 14.1%에 불과하여, 동 사업은 2가지 지표를 고려하여 30%로 산정</p> <p>우주핵심기술개발사업은 우주기초연구, 우주핵심기술 확보, 우주기술융복합, 우주교육시스템, 초소형위성개발, 우주부품시험시설 구축 등 우주개발 관련 광범위한 기술개발을 포함</p> <p>발사체 선행기술 연구개발은 발사체와 관련된 협소한 범위의 기술개발만 포함하며, 차세대발사체의 개량 및 고도화에 직접적으로 활용되는 비율만을 산정할 예정이므로 기존사업대비 다소 하향된 목표치를 제시</p>									

항목	'15	'16	'17	'18	'19	합계
우주핵심기술개발사업 우주기술활용률(%)	33.3%	33.3%	28.6%	40.0%	40.0%	35.0%
비율(%)	13.5%	16.2%	14.6%	14.2%	12.6%	14.1%
정부R&D과제 수(개)	54,433	54,827	61,280	63,697	70,327	304,564
기술료징수 수(건)	7,372	8,865	8,951	9,029	8,858	43,075
* 자료 : 한국연구재단 내부자료; 2019년 국가연구개발사업 조사분석보고서(2020, KISTEP); 2019년 국가연구개발사업 성과분석보고서(2021, KISTEP)						

6. 수혜자 표적화의 적절성

□ 동 사업의 수혜자는 국가와 발사체 산업군으로 설정하는 것이 적절함

- 주관부처는 차세대발사체와 선행기술을 개발하여 자주적 우주탐사 역량 확보와 우주강국 진입 기반을 마련한다는 목표를 제시함
 - 이에 고도화된 발사체 및 선행기술 확보를 통한 우주강국 기반확보에 대한 직접적인 수혜자는 국가로 볼 수 있음
 - 다만, 우주강국으로서의 지위 획득과 위상에 관한 가치를 측정하기에는 한계
- 서브 목표로서는 민간의 발사체 개발역량 확보를 통한 상업적 우주활동 기반을 마련한다고 제시하고 있음
 - 발사체 개발을 위한 기술역량 강화 및 기술확보를 통해 시장참여가 예상되는 직접적인 수혜자는 발사체 산업군으로 설정하는 것이 적절하다고 판단됨
 - 연구자의 경우 직접적인 시장창출 한계가 있으며, 해당 결과물을 향후 기업에 이전하고 관련기업의 육성을 지원하고자 하므로 간접 수혜자로 보는 것이 타당

제 3 절 세부활동 및 추진전략의 적절성

1. 세부활동과 사업목표와의 연계성

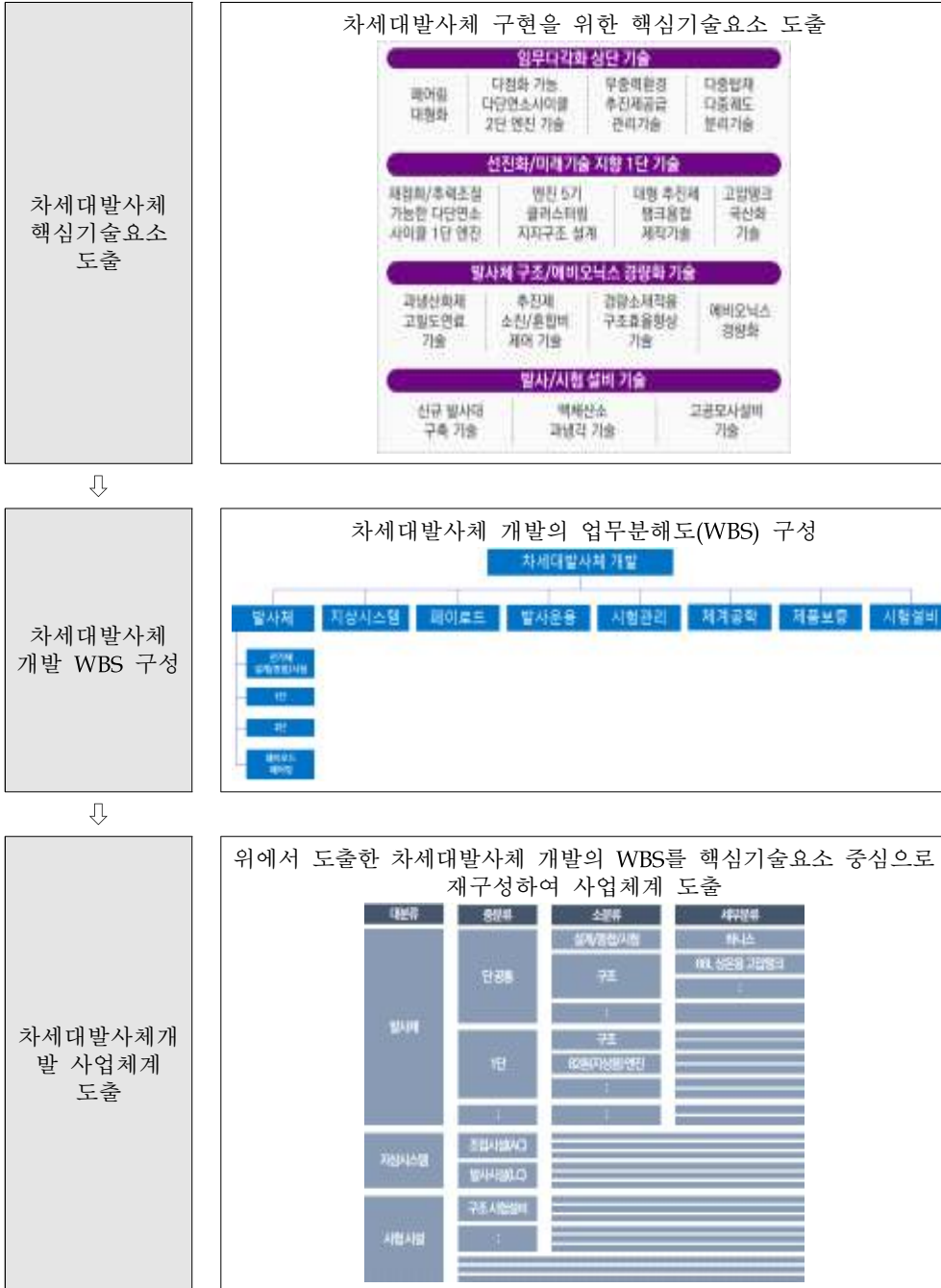
- 동 사업의 세부활동은 제시된 사업목표들과 제한적인 연관성을 확보하고 있음

<표 3-14> 동 사업의 사업목표

사업목표
<ul style="list-style-type: none"> • 국가 우주개발계획 목표달성 및 자주적 우주탐사 역량 확보를 위한 차세대발사체(KSLV-III) 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 위성발사, 우주탐사(달 탐사 포함)에 활용 - 민간의 발사체 개발역량 확보를 통한 상업적 우주활동 기반 마련 • 차세대발사체(KSLV-III) 이후 우주강국 진입 기반 마련을 위한 발사체 선행기술 연구개발 <ul style="list-style-type: none"> - 발사체 엔진(액체엔진, 고체부스터 등) 및 기체 관련 선행기술

- 동 사업은 차세대발사체 개발(임무설계 -> 시스템 설계 -> WBS 구성)에 따른 연구 활동을 계획하고 있으며 거시적인 관점에서는 사업목표와의 연관성이 존재함
 - 다만, 동 사업에 포함된 발사계획은 2회(달착륙선)로 계획된 상황으로 우주탐사(달 탐사 포함)의 위성발사 활용은 현 시점에서 직접적인 연관성이 낮음
 - 위성발사에 활용하기 위한 추가적인 발사계획과 관련한 세부활동은 동 사업에 미포함되어 있으며, 차세대발사체 개발 이후의 발사계획 불확실성도 존재함
 - “차세대발사체 개발”이라는 사업목표 달성을 위해 주관부처는 세부활동별 핵심기술 요소를 중심으로 업무분해도(WBS)를 구성하고 사업체계 및 개발계획을 도출함
 - 조사진의 전문가 인터뷰 결과 현재 제시된 발사체 개발계획은 적절한 것으로 판단이 되며, 주관부처의 차세대발사체 개발계획은 다음과 같이 제시됨

<표 3-15> 차세대발사체 사업체계 도출 프로세스



<표 3-16> 차세대발사체 개발(안)

대분류	중분류	소분류	세부분류	내용
[1] 발사체	[1-1] 단 공통	[1-1-1] 설계/종합/시험	[1-1-1-1] 하니스	발사체 시스템 하니스(1단, 2단) 개발
			[1-1-1-2] 단 및 전기체 시스템 시험	단 및 전기체 시스템 시험 절차 개발 및 시험평가
			[1-1-1-3] 단시험	단 시험(추진기관 기밀시험) 절차 개발 및 시험 수행
			[1-1-1-4] CAD 모델 경량화	CREO CAD모델의 용량을 1/10로 감소 및 IDMS 연계
			[1-1-1-5] 추진기관 설계 분석	추진기관 개념/시스템/예비/상세설계 및 시험 결과 예측/분석, 발사 운용 절차 설계
			[1-1-1-6] 단 조립 및 전기체 조립	차세대발사체에 대한 단 조립 및 전기체 조립 (단이송 업무 포함)
		[1-1-2] 구조	[1-1-2-1] 추진제 탱크	추진제탱크의 경량화 및 기존 AI 합금의 VPPAW 접합 방식을 부분적으로 FSW 방식으로 전환 용접효율향상 및 용접변형량 감소를 통한 내압성능 및 제작성 향상 1단 추진제탱크 돔 스피닝용 대형 용접형 블랭크 국산화 돔용접에 적용할 마찰교반용접(FSW) 장비 및 치구 구축 설계된 추진제탱크 형상(길이)에 적합한 내압시험/세척/비파괴검사 설비 구축
			[1-1-2-2] 상온용 고압탱크	요구되는 내압 성능과 체적을 갖는 Type-III 복합재 고압탱크 개발
			[1-1-2-3] 극저온 고압탱크	극저온 티타늄 고압탱크 개발 130리터급, 25리터급 비행 중 운용온도(-180℃~-196℃)에서 추진제 가압 및 PSD 가압
		[1-1-3] 엔진	[1-1-3-1] 예연소기 산화제 개폐밸브	엔진 작동 중에는 고압으로 연소하는 예연소기로 액체산소를 안정적으로 공급하고, 엔진 시동 전에는 터보펌프를 포함한 산화제 공급시스템을 예냉할 수 있는 3방향(3-way) 개폐밸브 설계/제작 기술 엔진의 유연한 점화 및 시동이 가능하도록 부분 개방을 통한 2단계 개방이 가능하고, 적층제조(Additive Manufacturing) 기술을 적용한 일체형 밸브 하우징으로 조립된, 고압·극저온·고유량용 산화제 개폐밸브 개발
			[1-1-3-2] 예연소기 연료 개폐밸브	펌프 후단에 발생된 고압/고유량의 연료를 예연소기로 안정적으로 공급할 수 있는 다단 엔진 예연소기 연료 개폐밸브의 설계/제작 운용압력 30 MPa 이상과 고유량 연료를 다양한 범위에서 개폐 가능하도록 티타늄/알루미늄 소재로 제작된 예연소기 연료 개폐밸브 신규개발

대분류	중분류	소분류	세부분류	내용
			[1-1-3-3] 스위치 밸브	TEA/B 점화장치에서 발생된 점화제를 원하는 시점에 연소기와 예연소기로 안정적으로 공급할 수 있는 다단 엔진용 스위치 밸브의 설계/제작 운용압력 55 MPa 이상과 TEA/B를 사이크로그래프에 의해 개폐가 가능하도록 티타늄/알루미늄 소재로 제작된 3-Way 스위치 밸브의 신규개발
			[1-1-3-4] 연소기 연료 개폐밸브	펌프 후단에 발생된 고압/고유량의 연료를 연소기로 안정적으로 공급할 수 있는 다단 엔진용 연소기 연료 개폐밸브의 설계/제작 운용압력 21 MPa 이상과 고유량 연료를 다양한 범위에서 개폐가 가능하도록 티타늄/알루미늄 소재로 제작된 연소기 연료 개폐밸브의 신규개발
			[1-1-3-5] 유량제어밸브	고압, 고유량, 유량 제어 성능이 있는 연소기 연료 유량제어밸브, 예연소기 연료 유량제어밸브 개발
			[1-1-3-6] 제어밸브 구동기	연소기 및 예연소기 연료 유량제어밸브 작동을 위한 EMA(Electro - Mechanical Actuator)와 지상 시험용 제어기 개발
			[1-1-3-7] 압력레귤레이터	비행 중 안정적인 밸브 구동을 위한 압력레귤레이터 개발 다회 점화 시 터빈 구동을 위한 압력레귤레이터 개발
			[1-1-3-8] 엔진공급계 솔레노이드밸브	엔진 라인 퍼지용 2-Way 솔레노이드밸브 및 개폐밸브 구동용 3-Way 솔레노이드밸브 설계/제작운용압력 31 MPa에서 저유량 및 고유량의 다양한 범위에서 운용 가능한 기체/액체용 솔레노이드밸브의 신규개발
			[1-1-3-9] 엔진공급계 대유량/고압 솔레노이드밸브	터빈 시동에 필요한 대유량, 고압 솔레노이드밸브 및 산화제 바이패스 솔레노이드 밸브 설계/제작
			[1-1-3-10] 연료 라인 진공화 밸브	엔진시동 및 재점화를 위해 연료 라인에 진공화가 안정적으로 이루고 동시에 펌프 후단 압력이 고압으로 형성되더라도 누설없도록 차단하는 다단 엔진용 연료라인 진공화 밸브의 설계/제작 라인압력 0.1 MPa과 엔진운용압력 40 MPa을 초과하는 저압/고압 작동점에서 진공화가 가능하도록 티타늄/알루미늄 소재로 제작된 연료라인 진공화 밸브 신규개발
			[1-1-3-11] 필름 냉각 연료 개폐밸브	펌프 후단에 발생된 고압/고유량의 연료를 연소기 냉각 채널로 안정적으로 공급할 수 있는 다단 엔진용 필름 냉각 연료 개폐밸브 설계/제작 운용압력 41 MPa 이상과 고압/고유량의 연료를 사이크로그래프에 의해 개폐 가능하도록 티타늄/알루미늄 소재로 제작된 필름 냉각 연료 개폐밸브 신규개발

대분류	중분류	소분류	세부분류	내용
			[1-1-3-12] 체크 밸브	차세대발사체 고성능화에 필요한 고압, 극저온, 고온, 경량화 체크밸브 설계/제작
			[1-1-3-13] 점화제라인 TEA/B 개폐밸브	다회 점화장치에서 발생된 TEA/B를 원하는 시점에 연소기와 예연소기로 안정적으로 공급할 수 있는 다단 엔진용 점화제라인 TEA/B 개폐밸브 설계/제작
		[1-1-4] 추진	[1-1-4-1] 추진공급계 배관조합체 (1단, 2단)	차세대발사체 1단 및 2단 추진공급계 배관조합체 설계/제작/시험 기술
			[1-1-4-2] 저중력 추진제 관리계	차세대발사체 고성능화에 필요한 저중력 추진제 관리장치 설계/제작/시험 기술
			[1-1-4-3] 제어/계측계 센서류	추진제탱크 축방향 전 구간의 추진제 수위 실시간 계측을 위한 극저온형 레벨센서 및 상온형 레벨센서 설계/제작/시험 기술
			[1-1-4-4] 추진제 충전배출밸브	산화제 및 연료를 추진제탱크로 고유량 충전하기 위한 추진제충전배출밸브 설계/제작
			[1-1-4-5] 산화제 차단밸브	산화제 주배관의 개폐를 위한 산화제 차단밸브 설계/제작
			[1-1-4-6] 산화제 벤트밸브	고밀도 산화제 충전을 위한 블리딩 방식의 과냉각 시스템 벤트밸브 설계/제작
			[1-1-4-7] 연료 차단밸브	연료 주배관의 개폐를 위한 연료 차단밸브 및 탱크의 과압을 방지하기 위한 연료 벤트릴리프 밸브 설계/제작
			[1-1-4-8] 가압제 충전배출밸브	차세대발사체 고성능화에 필요한 고압, 극저온, 경량화 가압제 충전배출밸브 설계/제작
			[1-1-4-9] PSD 산화제 배출밸브	차세대발사체 고성능화에 필요한 극저온 및 경량화 PSD 산화제 배출밸브 설계/제작
			[1-1-4-10] 기체 공급계 솔레노이드밸브	차세대발사체 고성능화에 필요한 고압, 극저온, 경량화 솔레노이드 밸브 성능개량 고성능 자성 소재 및 솔레노이드 최적화를 통해 무게를 줄이며, 고압, 극저온에서 운용 가능한 솔레노이드 밸브 개발
			[1-1-4-11] 기체 공급계 파이로 밸브	발사체 운용 중 고압가스의 유로의 영구 개폐를 위해 고신뢰도를 가지는 단발특성 파이로밸브 설계/제작 기존의 NC(normally closed), NO(normally open) 파이로밸브를 파이로스위치 1기로 적용 가능한 3-way 타입의 고압 파이로밸브 개발, 고압에서 운용 가능한 고신뢰도 작동성, 기밀성 향상을 위한 NC 파이로밸브 개발, 발사체용 고진동·저전류 착화기 개발

대분류	중분류	소분류	세부분류	내용
			[1-1-4-12] 기체 공급계 체크밸브	차세대발사체 고성능화에 필요한 고압, 극저온, 경량화 체크밸브 설계/제작
			[1-1-4-13] 기밀 /센서 점검용 커넥터	차세대발사체 고성능화에 필요한 고압, 극저온, 경량화 기밀/센서 점검용 커넥터 설계/제작
		[1-1-5] 제어	[1-1-5-1] 관성항법 유도장치	차세대발사체 1단과 2단에 탑재되어 비행 전체 구간에서 발사체 자율 비행을 위해 항법/유도/자세제어/비행시퀀스 기능을 수행하는 관성계측부와 탑재컴퓨터부가 하나의 유닛으로 통합 구성을 갖는 1단/2단 관성항법유도장치 개발
			[1-1-5-2] 시퀀스 제어장치	차세대발사체 1단과 2단에 탑재되어 관성항법유도장치로부터 전달받은 시퀀스 명령에 의해 각 단의 비행 시퀀싱 및 엔진/추진공급시스템 통합제어, 해당 장치에 구동명령을 전송하는 기능을 갖는 1단/2단 시퀀스제어장치 개발
		[1-1-6] 전자탑재	[1-1-6-1] 계측장치	적층형 모듈구성으로 장치의 소형화/경량화, 구성의 효율성 증대
			[1-1-6-2] 배터리	국산 배터리 셀 발사체용 인증시험 발사체용 국산 배터리 개발, 제작, 인증 및 검증
			[1-1-6-3] 전력분배장치	모듈화 및 신뢰성 향상된 전력분배장치 개발
			[1-1-6-4] 비행중단장치	전원전환용 기계식 스위치를 전자식으로 변경하는 기술 개발자율판단 비행안전 기능이 포함된 비행중단장치 개발
			[1-1-6-5] 파이로 구동장치	채널확장성을 고려한 32채널이상 파이로구동장치 개발
			[1-1-6-6] 추진운용장치	연료탱크와 산화제탱크 내의 압력을 계측하고 제어하며, 연료와 산화제의 소진 유무도 판단하여 최종 관성항법장치에 상태신호를 제공하는 기능 수행
			[1-1-6-7] 영상처리장치	차세대발사체 카메라영상 획득 및 처리장치 개발
			[1-1-6-8] 영상전송장치	다중 변조방식과 오류정정 부호 가능한 영상전송장치 개발
			[1-1-6-9] 지상인터페이스장치	에비오닉스-지상간 uplink 명령 통합처리 및 분배 에비오닉스-지상간 downlink 데이터 통합처리 및 지상전송
		[1-1-7] 분리파이로	[1-1-7-1] 안전장전장치	안전장전장치 국산화 기폭관, 안전장전장치 국산화 개발을 통한 수입 대체 효과 및 비용 절감 구현
			[1-1-7-2] 역추진모터	격벽착화기 국산화에 따른 역추진모터 개발 한국형발사체에서 수입해서 사용한 격벽착화기에 대한

대분류	중분류	소분류	세부분류	내용
				국산화 부품 대체에 따른 점화기 설계변경 및 성능 검증. 점화기 설계 변경에 따른 역추진모터 설계 변경과 개발
		[1-1-8] 열환경	[1-1-8-1] 열차단계	고온열차단계, 극저온열차단계의 열적 안정성, 장착 용이성, 부착 건전성 향상
		[1-1-9] 단/페어링 열환경	[1-1-9-1] 열제어 / 화재안전계	가스공급 유량 증가에 따른 열제어/ 화재안전계 성능개량 고유량, 경량 열제어/화재안전계와 다중탑재 및 분리 위한 페어링 열제어/화재안전계 개발
	[1-2] 1단	[1-2-1] 구조	[1-2-1-1] 1단 후방동체 및 엔진지지부	누리호에 비해서 증가된 내부추력을 지지하기 위한 박스형 빔구조물 도입 빔구조물 도입으로 연료탱크 하부돔과 간섭을 피하기 위한 전방 연결구조물 도입 부피가 큰 다단엔진 4개 또는 5개를 엔진부에 배치할 경우 1단 기체 반경바깥으로 엔진이 노출 되어 이를 보호하기 위한 엔진카울 도입
			[1-2-1-2] 1단 탱크연결부	누리호에 비해 증가된 비행 하중 지지를 위한 스킨/ 스트링거 구조의 1단 탱크연결부 개발 스트링거의 형상/ 방향/ 배치 단품 제작 방식 개선 (스트링거가 집적된 일체형 실린더 패널, 부분적 링프레임 추가 등) 리벳 등의 체결류 개수 최적화/ 카울 등의 보강 효과를 설계에 반영
			[1-2-1-3] 1단 전방동체	경량화를 위한 복합재 샌드위치 Knock Down Factor 향상 목적의 성형 공정 기술 및 면재/코어 최적 설계 기술 개량 요구 형상(직경) 충족을 위한 복합재 샌드위치 수직 분할 조립 구조 기술 확대 적용
			[1-2-1-4] 1단 유공압 (산화제, 연료) 엄빌리칼	산화제/연료 엄빌리칼 개량 요구 라인 변경에 의한 라인/커넥터 재배치와 경량화 구현
			[1-2-1-5] 1단 랜야드 엄빌리칼	랜야드 분리 엄빌리칼 신규 설계 및 개발 비과냉 산화제 배출 및 사전 분리 가능 공압 라인들을 대상으로 한 랜야드 분리 엄빌리칼 개발
			[1-2-1-6] 1단 덕트 및 카울	발사체 하중조건 및 구조형식 변경을 고려한 1단 덕트 및 카울의 크기 및 구조 강도 변경 추진제탱크 온도 변화를 고려한 1단 덕트의 수축 흡수 구조 개선
			[1-2-2] 부스터급 대형 다단연소사	[1-2-2-1] 1단 엔진 시스템

대분류	중분류	소분류	세부분류	내용
		이클(지상용) 엔진	[1-2-2-2] 1단 연소기	다단연소사이클 엔진용 고압 재생냉각연소기 개발(추력 100톤 이상, 연소압 150 bar 이상, 진공비추력 331 s)
			[1-2-2-3] 1단 예연소기	다단연소사이클 엔진용 산화제 과잉 예연소기 개발(연소압 280 bar 이상)
			[1-2-2-4] 1단 터보펌프	다단 연소 방식 엔진용 고성능 터보펌프 개발 (회전수 및 토출 압력 증가)
			[1-2-2-5] 산화제 블리딩 밸브	예연소기 산화제 개폐밸브 재순화 라인에 발생된 산화제를 저유량으로 개폐가 가능하도록 다단 엔진용 산화제 블리딩 밸브 설계/제작 운용압력 2 MPa 이하의 산화제를 안정적으로 개폐 가능하도록 SUS 소재로 제작된 산화제 블리딩 밸브를 신규개발
			[1-2-2-6] 연료 배출 밸브	발사 당일에 발사체로 추진제 충전 후 발사체의 문제로발사 취소될 시, 엔진측 연료를 안정적으로 배출하기 위한 다단 엔진용 연료 배출 밸브 설계/제작 운용압력 48 MPa 이상의 고압 연료를 안정적으로 배출 가능하도록 티타늄/알루미늄 소재로 제작된 연료 배출 밸브를 신규개발
			[1-2-2-7] 1단 열교환기	추진제탱크 가압시스템을 위한 다층 채널 방식의 열교환기 설계/제작
			[1-2-2-8] 1단 엔진 점화장치	엔진 시동 시 초기 점화연료 TEA/B가 예연소기와 주연소기로 공급되면서 안정적인 점화가 가능한 점화장치 설계/제작
			[1-2-2-9] 연료 TEA/B 전환용 4-Way 개폐밸브	다단 엔진 시동을 위해 예연소기와 주연소기로 연료 공급을 개폐하는 기능과 엔진 시동 후 다회 점화장치로 연료가 역류하는 것을 방지함과 동시에, 연료 펌프로 TEA/B가 유입되는 것을 차단하기 위한 4-Way 개폐밸브 설계/제작
			[1-2-2-10] 1단 엔진 시스템 시험	다단연소 사이클 개발을 위한 터보펌프+예연소기+엔진공급계(일부) 조립된 파워팩 개발시험 2~3기 다단연소 사이클 개발을 위한 예비개발시제 (Preliminary Development Model, PDM) 개발 시험 6기 엔진 시스템 개발모델(초기시제/중간시제/최종시제) 총 10기 및 개발시험 엔진 인증시제 2기 및 인증시험
	[1-2-3] 제어		[1-2-3-1] 추력백터 제어계	100톤급 엔진 연료터보펌프에서 생성되는 고압의 연료를 사용하여 엔진의 추력 방향을 제어하는 연료-유압식 구동장치시스템 국산화 개발고압/대유량 제어 밸브 및 LVDT 적용 제어정밀도 및 제어 강성 요구조건을 충족시키는 구동장치시스템 국산화 개발 클러스터링 엔진 각각에 대한 추력 방향을 동시에 제어하는 추력백터제어장치 국산화 개발

대분류	중분류	소분류	세부분류	내용
		[1-2-4] 분리파이로	[1-2-4-1] 1/2단 분리장치	고기밀 성능을 보유한 단분리장치 개량 30 MPa 의 기폭압에서도 기밀 유지 성능 보유
			[1-2-4-2] 1단 비행중단 파이로계	1단 비행중단 파이로 개량 추진제 탱크 실린더 두께 증가에 의해 절단 성능 향상을 위한 선형화약 개량
			[1-2-4-3] 역추진모터 화약전달계통	화약전달계통 국산화 화약매니폴드, 격벽착화기 국산화 개발을 통한 수입 대체 효과 및 비용 절감 구현
		[1-2-5] 열환경	[1-2-5-1] 비행 화재 안전계	불연성 질소가스를 비행중 발사체 격실에 분사하는데 사용하는 파이로볼브의 경량화 및 착화기 수량 감소
		[1-3] 2단	[1-3-1] 구조	[1-3-1-1] 2단 후방동체
	[1-3-1-2] 2단 탱크연결부			2단 구조비 및 하중 요구조건을 만족하는 동체 구조 개발(Orthogrid 구조 혹은 스킨-스트링거 구조)
	[1-3-1-3] 2단 전기 엄빌리칼			전기 엄빌리칼 개량 요구 커넥터 변경에 의한 커넥터 재배치와 경량화 구현
	[1-3-1-4] 2단 유공압(산화제, 연료) 엄빌리칼			산화제/연료 엄빌리칼 개량 요구 라인 변경에 의한 라인 재배치와 경량화 구현
	[1-3-1-5] 2단 엔진지지부			2기 엔진 클러스터링 및 효율적인 배치설계를 위해 박스형태의 빔구조 도입 비행하중지지 및 효율적인 추력하중 분산을 위한 경량형 실린더 구조물(스킨/스트링거 또는 그리드 구조) 설계
	[1-3-1-6] 2단 랜야드 엄빌리칼			랜야드 분리 엄빌리칼 신규 설계 및 개발 비과냉 산화제 배출 및 사전 분리 가능 공압 라인들을 대상으로 한 랜야드 분리 엄빌리칼 개발
[1-3-1-7] 2단 덕트 및 카울	발사체 하중조건 및 구조형식 변경을 고려한 2단 덕트 및 카울의 크기 및 구조 강도 변경 추진제탱크 온도 변화를 고려한 2단 덕트의 수축 흡수 구조 개선			

대분류	중분류	소분류	세부분류	내용
			[1-3-1-8] 페어링 조인트	직경 4.2 m 개량형 페이로드페어링과 직경 3.7 m인 2단 상단부와의 조립을 위한 페어링조인트(페어링 수평분리구조를 갖는 금속재 실린더 구조물) 개발
			[1-3-1-9] 페이로드 지지부	위성 하중 증가에 따른 설계 변경 및 임무다각화에 따른 다중분리구조물 개발
		[1-3-2] 2단 엔진	[1-3-2-1] 2단 엔진시스템	진공추력 10톤급, 진공비추력 352초의 다단연소사이클 2단 엔진 설계/종합/시험 엔진 조립과 연관된 부품 (SA부품), 엔진 제어기 개발
			[1-3-2-2] 2단 연소기	10톤급 다단연소사이클 엔진용 고압 재생냉각 연소기 개발(추력 10톤, 연소압 100 bar 이상, 진공비추력 352s) 10톤급 엔진용 복사냉각 노즐확장부 개발(상단 엔진 비추력 향상 및 무게 절감)
			[1-3-2-3] 2단 예연소기	10톤급 다단연소사이클 엔진용 산화제 과잉 예연소기 개발
			[1-3-2-4] 2단 터보펌프	10톤급 다단 연소 방식 엔진용 터보펌프 개발
			[1-3-2-5] 2단 엔진 다회점화장치 (탱크타입)	엔진 시동 시 초기점화연료 TEA/B가 예연소기와 주연소기로 공급되면서 5회 이상 안정적인 점화가 가능한 점화장치 설계/제작 상단엔진 운용 중 5회 점화가 가능하도록 시동연료탱크(start fuel tank), 충전포트, 파이로밸브, 체크밸브, 밸브어셈블리로 구성된 다회점화장치 개발
			[1-3-2-6] 2단 엔진시스템 시험	다단연소 사이클 개발을 위한 예비개발시제 (Engine Preliminary Model, EPM) 개발시험 3기 엔진 시스템 개발모델(초기시제/중간시제/최종시제) 총 8기 및 개발시험 엔진 인증시제 3기(1기는 예비) 및 인증시험
		[1-3-3] 추진	[1-3-3-1] 2단 산화제 재순환 밸브	2단 산화제 재순환시스템에 사용되는 극저온용 공압 개폐밸브 설계/제작
		[1-3-4] 제어	[1-3-4-1] 추력벡터제어계	다단연소사이클 엔진 2기를 동시에 추력벡터제어 할 수 있는 전기-기계식 구동장치시스템 개발
			[1-3-4-2] 추력기 자세 제어계	2단의 3축 제어 및 추진제 안정화 목적 추력기 자세제어시스템 개발
		[1-3-5] 전자탑재	[1-3-5-1] 트랜스폰더	대전력 반도체 증폭기의 단종으로 대체 부품을 적용한 트랜스폰더 개발
			[1-3-5-2] 위성항법수신기	위성항법수신기의 안정성 개선(간헐적 단절 발생 → 연속적 항법정보 제공) 위치오차 100 m → 50 m, 속도오차 1.0 m/s

대분류	중분류	소분류	세부분류	내용	
		[1-3-6] 분리파이로	[1-3-6-1] 저충격 위성 분리장치	2톤, 8톤급 위성 분리를 위한 신규 저충격 분리장치 설계 및 개발 20 kN, 60 kN 인장 하중 지지, 1000G 이하의 충격량 구현, 우주환경에서 고신뢰도의 분리 성능 확보	
			[1-3-6-2] 2단 비행중단 파이로계	2단 비행중단 파이로 개량 추진제 탱크 실린더 두께 증가에 의해 절단 성능 향상을 위한 선형화약 개량	
			[1-3-6-3] 페이로드 분리장치	8톤급 페이로드 하중지지 및 저충격 다중분리를 위한 분리시스템 개발	
	[1-4] 페이로드 페어링 (PLF)	[1-4-1] 구조	[1-4-1-1] 페이로드페어링	발사체 직경 및 길이 변화에 따른 페이로드페어링 크기 및 성능 개량, 직경 2.6 m → 4.2 m, 길이 6.874m → 12m 복합재 샌드위치 페이로드페어링	
			[1-4-1-2] 음향하중저감 장치	음향공명기의 소재 및 제작방식 변화 등 대폭적인 개량을 통한 경량화 및 음향블랭킷 최적화, 미세천공흡음구조 등으로 10% 이상 경량화 및 141dB 이하의 페어링 내부음향하중 수준 달성	
		[1-4-2] 페어링 분리파이로계	[1-4-2-1] 페어링 분리파이로계	페이로드페어링 직경 및 길이 변화에 따라 적용 가능한 페이로드페어링 분리장치 개량	
	[2] 지상 시스템	[2-1] 조립시설 (AC)	[2-1-1] 가스지원 시스템		고압가스 공급시스템 개발 산소량 모니터링시스템 개발
			[2-1-2] 발사체 전기 지원 시스템	[2-1-2-1] 발사체 전기적 점검 시스템	발사체 지상제어시스템 고도화 발사체 발사준비제어시스템 고도화
				[2-1-2-2] 조립시설 (AC) 발사체 TLM 데이터 수신 처리 시스템	조립시설(AC) 발사체 TLM 데이터 수신 처리계 개발
[2-1-2-3] 발사시설 (LC) 발사체 TLM 데이터 수신 처리 시스템				발사시설(LC) 발사체 TLM 데이터 수신 처리계 개발	
[2-1-3] 기계지원시스템			차세대발사체 단별 조립, 단간 조립 그리고, 단 이송에 필요한 각종 치구와 공구 개발		
[2-1-4] 이동형온도제어 유닛			탐재위성 및 페어링 확장에 따른 최대공급유량 확장기준 2,500kg/hr → 6,000kg/hr 이상급		
[2-2] 발사시설 (LC)		[2-2-1] 발사대	발사체 형상 및 규격 변경에 따른 신규 발사시설 구축 및 운용 (현 발사시설 부지 내 구축 우선 고려)		

대분류	중분류	소분류	세부분류	내용
			[2-2-2] 지상기계설비	<p>신규 발사체 규격 및 요구조건에 따른 지상 기계설비 각 시스템 신규 구축</p> <p>이륙중량 350톤, 추력 500톤의 차세대발사체 규격에 맞는 VHD 및 발사 패드 (화염유도로 포함) 신설 차세대발사체 규격에 맞는 이송 기립설비 (이렉터, 트랜스포터 이렉터 및 SPMT)</p> <p>신설 발사체 엄빌리칼 요구조건에 따른 1단/2단 엄빌리칼 접속장치, 엄빌리칼 타워 신설</p>
			[2-2-3] 추진제공급설비	<p>차세대발사체 추진기관 및 엔진 운용 규격에 따른 발사대 추진제공급설비 설계/개발 및 시스템 운용기술 확보</p> <p>초저온 설비(산화제/질소 공급설비) : 추진제 탑재량 및 고밀도화에 따른 저장탱크, 이송펌프, 과냉각설비 등 신규 개발</p> <p>연료 공급 설비 : 추진제 탑재량, 고밀도화, 충전 온도 규격을 만족하기 위한 저장탱크, 이송펌프, 냉각설비 등 신규 개발</p> <p>가스 공급 설비 : 발사체 탱크 가압, 밸브 구동, 엔진 퍼지 등 요구규격에 따른 고압가스 생산/분배/공급 시스템 신규 개발</p> <p>온도 제어 설비 : 차세대발사체 열환경 구축을 위한 지상시스템 공급용량 증가에 따른 온도제어 시스템 신규 개발</p>
			[2-2-4] 발사관제설비	<p>차세대발사체 및 발사대 각 설비 변경 규격에 대응하고 발사 운용 요구 조건을 만족하는 시스템 설계, 개발, 구축 및 성능 검증</p> <p>직류/교류 전원공급시스템 이중화 및 용량 확대 개발</p> <p>발사대 기계, 추진제/가스 충전 및 환경제어설비 신규 개발 및 제어 운용기능 고도화</p> <p>발사시설 변경에 따른 파라미터 측정시스템 신규 개발제어/전력/통신라인, 발사관제소 및 부속 시스템 개량 구축</p>
			[2-2-5] 기반시설	<p>차세대발사체의 점검/발사운용이 가능하도록 현 발사시설</p> <p>부지 내 토목/건축 및 기반시설 (발사대, 공급동, 발사관제소 등)의 설계 및 구축</p>
[3] 시험 시설	[3-1] 엔진 서브시스템 시험시설	[3-1-1] 엔진지상 연소시험설비		<p>2단형 발사체 1단에 엔진에 대해 내구성 연소시험을 수행할 수 있게 런탱크 및 저장탱크의 용량 확장 과냉각 설비를 이용하여 80K 이하로 액체산소를 과냉각 조건으로 공급할 수 있도록 과냉각설비 추가제어설비를 고속화하여 엔진 제어 반응 시간을 단축하고</p> <p>이상상황을 계측에서 비상정지까지의 시간이 최소화되도록 제어 모듈 및 소프트웨어 개량</p>

대분류	중분류	소분류	세부분류	내용
			[3-1-2] 엔진고공 연소시험설비	엔진 지상 연소시험설비에서 1단 엔진 시험 중 손상 발생 시 엔진 개발 일정 지연을 최소화하기 위해 엔진 고공 연소시험설비에서 1단 엔진 시험이 가능하도록 수정 증대된 추력 및 연소시간에 따라 화염유도로 냉각수 증대(기존 냉각수량 대비 30% 증대) 80K 이하의 과냉 상태 액체산소를 엔진에 공급할 수 있도록 진공단열배관 구축 제어설비를 고속화하여 엔진 제어 반응 시간을 단축하고 이상상황을 계측에서 비상정지까지의 시간이 최소화되도록 제어 모듈 및 소프트웨어 개량
			[3-1-3] 2단 엔진 연소시험설비	10톤 상단 엔진의 정격조건 내구성 연소시험이 가능하게 유공압 설비 확장/개조 확대비 200의 엔진이 장착 가능하게 고공챔버 수정 full nozzle에 대하여 재점화/쓰로틀링 모사, 시동/종료 고공모사가 가능한 스팀이젝터 방식 고공모사설비 구축(노즐출구 부분 고공모사성능 0.03 bar 이하) 제어설비를 고속화하여 엔진 제어 반응 시간을 단축하고 이상상황을 계측에서 비상정지까지의 시간이 최소화되도록 제어 모듈 및 소프트웨어 개량
			[3-1-4] 연소기 연소시험설비	1단 엔진용 예연소기 단품 및 2단 엔진용 예연소기-연소기 연계시제 연소시험을 위한 시험설비 개량
			[3-1-5] 터보펌프 실매질 시험설비	1단 엔진 및 2단 엔진 터보펌프의 압력, 유량 및 출력 조건 증가에 따른 터보펌프 실매질 시험 설비 개량
			[3-1-6] 터보펌프 대형 상사 시험설비	1단 엔진용 터보펌프 구성품 (펌프, 베어링 등)을 위한 개발 시험 설비 증설 및 개조
			[3-1-7] 터보펌프 소형 상사 시험설비	1단 엔진용 터보펌프 구성품 (터빈, 쉘 등)을 위한 개발 시험 설비 증설 및 개조 2단 엔진용 터보펌프 구성품 (펌프, 터빈, 쉘, 베어링 등)을 위한 개발 시험 설비 증설 및 개조 부스터 펌프를 고려한 관련 개발 시험 설비 증설
	[3-2] 추진기관 시험시설		[3-2-1] 추진기관시스템 시험설비 (PSTC)	발사체 추진기관시스템의 성능을 최종적으로 검증하는 설비로 발사체 형상 변경과 추진기관시스템 시험 요구조건 변화에 맞추어 시험설비 (PSTC)의 서브시스템을 개조하고 성능을 향상
			[3-2-2] 추진공급계 축소형 모델 시험설비	축소형 탱크 및 진공챔버, 저중력 추진제 관리계 시험

대분류	중분류	소분류	세부분류	내용
		[3-2-3] 축소형 극저온 고밀도 추진제 제조 시험설비		80K 이하의 고밀도 추진제 제조 및 운용 시험 방법 확립
		[3-2-4] 추진공급계 시험설비		엔진 공급계 및 기체 공급계 구성품 개발 및 인증시험을 수행하는 설비로 차세대발사체 개발을 위한 설비 개량 및 운용 고유량 시험을 위한 수력학 시험설비의 유량측정부와 유량조절밸브 개량, 열교환기 시험을 위한 고온/고압 공기 공급 시스템 개발, 고압 극저온 수류시험 장치 개량, 차세대발사체 개발 기간 중 시험설비 운용 및 유지보수
	[3-3] 구조 시험 설비	[3-3-1] 정적구조시험		대형 구조체(추진제 탱크, 페이로드페어링)의 정적구조시험을 위한 신규 구조시험 공간/설비 구축 기존 유압작동기를 최대한 활용하되 증가된 추력 및 비행하중을 모사하기 위한 작동기 추가 도입 시험요구조건에 부합하는 치구 설계/제작
		[3-3-2] 동적구조시험		대형 페이로드 페어링의 음향시험을 위한 음향시험시설 신규 구축 발사체 대형화에 따른 모드 시험 장비 추가 도입 전기체 해석 모델 구축을 위한 모드 시험 및 교정 구조체의 동적하중 검증을 위한 치구 설계, 제작 및 해석 및 시험 평가 (정현파진동, 음향) 활동
	[3-4] 열환경 시험설비	[3-4-1] 열제어/화재안전 시험설비		가스공급 유량 증가, 발사체 단열 조건 강화에 따른 열환경 시험시설 개조
		[3-4-2] 열차단 시스템 시험설비		고가열량 가열 용량 확장 극저온 열환경 시험설비 구축
	[3-5] 기타 시험설비	[3-5-1] 비행성능 시험설비		주요분야별 설계 및 해석기술 통합하여 시스템레벨 비행성능 분석 환경(통합 시뮬레이션 환경) 구축
		[3-5-2] 우주환경 시험설비		우주환경 시험 개발

- 민간의 발사체 개발역량 확보를 통한 상업적 우주활동 기반 마련과 관련해서 연구 개발을 통한 역량 강화는 연관성이 있을 수 있으나 상업적 활동에 대한 세부활동과 계획은 제시되지 않아 해당 목표의 연관성 낮은 것으로 판단됨
- “발사체 선행기술 연구개발”이라는 사업목표와 관련해서는 3개의 선행기술 및 7개의 연구분야를 제시하고 있어 개발이라는 목표와의 거시적인 연관성은 존재함

- 다만, 발사체 선행기술 연구개발의 적용계획은 동 사업에 포함되어 있지 않고 해당기술을 활용한 정책수요 대응의 활용계획도 제한적인 상황으로 동 사업 범위에 포함되지 않는 것으로 제시하였으며,
- 우주강국 진입 기반 마련과 관련해서는 우주 강국에 대한 기준이 모호하여 목표와 세부활동과의 연관성에 대해 판단할 수 없음

<표 3-17> 발사체 선행기술 연구분야 구성

구분	연구분야
(2-1) 미래발사체 대응 기술 선행개발	(2-1-1) 대형 메탄 엔진 선행기술 연구
	(2-1-2) 상단 고성능 수소 엔진 선행 기초연구
(2-2) 재사용발사체 기술 선행개발	(2-2-1) 토스백(toss-back) 방식 재사용 실증기 구성을 위한 실용급 재사용 핵심기술 개발
(2-3) 성능확장용 기술 선행개발	(2-3-1) 대형발사체 적용 구조 경량화 핵심기술 연구
	(2-3-2) 광센서 계측기술을 이용한 발사체 에비오닉스 시스템 핵심기술 개발
	(2-3-3) 다중임무 확장용 저장성 추진제 액체엔진 선행기술 연구
	(2-3-4) 차세대발사체 성능 확장 위한 보조부스터 핵심기술 개발

2. 세부활동 도출의 적절성

가. 기획위원회 전문가 구성

- 동 사업의 기획위원회는 항우연 중심으로 구성되어 다양한 이해관계자의 의견을 반영하기 어렵고 종합적이고 균형잡힌 사업기획 방향 및 내용 검토가 이루어지기 미흡한 전문가 구성임

<표 3-18> 기획위원회별 구성 현황

구분	전문가 구성현황						
	산		학		연		계
총괄기획위원회	3	21.4%	7	50.0%	4	28.6%	14
기술기획위원회	1	4.1%	4	16.7%	19*	79.2%	24
총계	4	10.5%	11	28.9%	23	60.5%	38

* 기술기획위원회에 참여한 연구계 전문가는 전원 한국항공우주연구원 소속

- 동 사업의 기획을 위해 주관부처는 발사체 관련 산학연 전문가로 총괄기획위원회를 구성, 운영하여 의견수렴을 진행한 것으로 제시함
- 총괄위원회의 구성은 총 14인으로 산업계 3인, 학계 7인, 연구계 4인으로 구성되어 학계 전문가의 참여가 우세하나 산학연 전문가로 적절히 구성하였음

<표 3-19> 총괄기획위원회 구성

번호	구분	이름	소속	직위
1	산	김0완	한화에어로스페이스㈜	팀장
2	산	임0록	한국항공우주산업㈜	팀장
3	산	박0용	대한항공	부장
4	학	노0성(위원장)	인하대학교	교수
5	학	이0진	인하대학교	교수
6	학	안0명	한국과학기술원	교수
7	학	김0집	충남대학교	교수
8	학	신0섭	전북대학교	교수
9	학	안0복	충북대학교	교수
10	학	문0장	한국항공대학교	교수
11	연	강0인	한국과학기술원 인공위성연구소	교수
12	연	고0환	한국항공우주연구원	본부장
13	연	임0빈	과학기술정책연구원	팀장
14	연	김0근	국방과학연구소	팀장

<표 3-20> 총괄기획위원회 운영

일시	회의명	장소	주요 내용
'21.12.22	1차 총괄위원회	대전 대덕테크비즈 센터	사업 내역의 목표 구체화 논의 차세대발사체개발사업 개발방향 검토
'22.01.13.	2차 총괄위원회	대전 유성호텔 ZOOM 화상회의	내역사업 구성 및 기술개발 내용과 체계종합 기업 및 상업화 대한 논의
'22.01.27.	3차 총괄위원회	대전 호텔 인터시티	수요조사 및 성과지표 검토, 차세대발사체 기술개발 방향·목표 논의
'22.02.03.	4차 총괄위원회	ZOOM 화상회의	발사체 개발 방향에 대한 총괄위원회 종합 의견수렴 및 정책·기술·경제적 타당성 검토

- 주관부처는 추가적으로 기술기획위원회를 구성하고 총 6회의 위원회를 개최하며 개발방향 등을 논의한 것으로 확인됨

- 기술기획위원회는 세부과제 수요기술을 제안하고, 기술수요조사 결과를 포함한 수요기술에 대해 우선순위를 검토하며, 세부내용을 기획하는 역할을 담당함
- 차세대발사체의 시스템설계 베이스라인을 공유하고, 에비오닉스, 산화제/추진제 과냉, 엔진제어기 등의 개발 방안, 기술수요조사 검토를 통한 선행기술 연구분야 등을 협의하는 등 주요한 역할을 수행
- 기술기획위원회는 외부전문가 5인(총괄위원회겸임) 및 한국항공우주연구원의 발사체 분야별 내부 전문가 19인 등 총 24인으로 항우연 주도의 공급자 중심기획으로 확인되며,
- 해당 기술기획위원회에 참여한 산업계 전문가는 1인으로 확인되어 동 사업 기획을 위한 산업계 전문가의 참여는 매우 제한적임
- 이는 동 사업이 민간주도로의 전환을 위한 산업체 참여를 높이겠다는 취지와 기획위원회의 구성이 상반된 것으로 판단됨
- 각 회의에 참석한 인원의 경우 외부인원은 일부였으며, 내부회의 형식으로 다양한 의견수렴이 제한적으로 운영된 측면이 존재함
- 기술기획위원회가 21년 12월부터 22년 2월까지 짧은 기간(약 2개월) 운영되어 성급한 의사결정이 이루어진 것으로 판단됨 (사업 기획기간: '21.12.22~'22.04.28.)

<표 3-21> 기술기획위원회 구성

번호	기술분야	이름	소속	직위
1	발사체 체계	박0용	대한항공	부장
2	발사체 체계	안0명	한국과학기술원	교수
3	발사체 엔진	이0진	인하대학교	교수
4	발사체 엔진	안0복	충북대학교	교수
5	발사체 구조	신0섭	전북대학교	교수
6	발사체 엔진개발	한0민	한국항공우주연구원	부장
7	발사체 비행성능	선0찬	한국항공우주연구원	팀장
8	발사체 비행성능	조0범	한국항공우주연구원	책임연구원
9	발사체 체계관리	조0현	한국항공우주연구원	선임연구원
10	발사체 체계종합	정0호	한국항공우주연구원	책임연구원
11	발사대	오0영	한국항공우주연구원	선임연구원
12	발사체 추진기관체계	정0석	한국항공우주연구원	책임연구원

번호	기술분야	이름	소속	직위
13	발사체 추진제어	고0석	한국항공우주연구원	책임연구원
14	발사체 구조	윤0현	한국항공우주연구원	책임연구원
15	발사체 전자	권0문	한국항공우주연구원	책임연구원
16	발사체 제어	이0중	한국항공우주연구원	책임연구원
17	발사체 열/공력	최0호	한국항공우주연구원	책임연구원
18	발사체 엔진	박0영	한국항공우주연구원	선임연구원
19	발사체 엔진	하0엽	한국항공우주연구원	선임연구원
20	연소기	김0규	한국항공우주연구원	책임연구원
21	터보펌프	이0기	한국항공우주연구원	선임연구원
22	엔진시험평가	조0경	한국항공우주연구원	책임연구원
23	발사체 보증	허0의	한국항공우주연구원	선임연구원
24	발사체 기획조정	진0보	한국항공우주연구원	팀장

<표 3-22> 기술기획위원회 개최내역

일시	회의명	주요내용
'21.12.23	1차 기술기획위원회	차세대발사체 시스템설계 베이스라인 공유, 예타 기술위원회 기획 논의
'22.01.05	2차 기술기획위원회	차세대발사체 예비오닉스 개발방향 협의
'22.01.10	3차 기술기획위원회	산화제 과냉각 필요성 및 과냉 방식 협의, 추진체 과냉 수준 협의
'22.01.11	4차 기술기획위원회	차세대발사체 엔진 제어기 개발 방안 협의
'22.02.09	5차 기술기획위원회	세부추진계획 작성양식 및 작성방안 검토
'22.02.14	6차 기술기획위원회	발사체 선행기술 연구분야 도출 (기술수요조사 상세 검토 등)

○ 주관부처는 발사체 분야별 참여전문가 리스트를 추가로 제출하였으나, 산업계 참여는 거의 이루어지지 않음이 확인됨(체계분야만 참여)

<표 3-23> 발사체 분야별 기획참여전문가 구성

발사체 분야	이름	소속		세부분야
엔진	이0진	인하대학교	학계	발사체 엔진
	김0집	충남대학교	학계	발사체 엔진
	안0복	충북대학교	학계	발사체 엔진
	한0민	한국항공우주연구원	학계	발사체 엔진개발
	선0찬	한국항공우주연구원	연구계	발사체 비행성능
	조0범	한국항공우주연구원	연구계	발사체 비행성능

발사체 분야	이름	소속		세부분야
	박0영	한국항공우주연구원	연구계	발사체 엔진
	하0엽	한국항공우주연구원	연구계	발사체 엔진
	김0규	한국항공우주연구원	연구계	연소기
	이0기	한국항공우주연구원	연구계	터보펌프
	조0경	한국항공우주연구원	연구계	엔진시험평가
추진	노0성	인하대학교	연구계	발사체 추진
	문0장	한국항공대학교	학계	발사체 추진
	정0석	한국항공우주연구원	학계	발사체 추진기관체계
	고0석	한국항공우주연구원	연구계	발사체 추진제어
	윤0현	한국항공우주연구원	연구계	발사체 구조
	권0문	한국항공우주연구원	연구계	발사체 전자
	이0중	한국항공우주연구원	연구계	발사체 제어
	최0호	한국항공우주연구원	연구계	발사체 열/공력
체계	임0록	한국항공우주산업(주)	산업계	발사체 체계조립
	박0용	대한항공	산업계	발사체 체계
	안0명	한국과학기술원	학계	발사체 체계
	신0섭	전북대학교	학계	발사체 구조
	고0환	한국항공우주연구원	학계	발사체 체계
	김0근	국방과학연구소	연구계	발사체 체계
	조0현	한국항공우주연구원	연구계	발사체 체계관리
	정0호	한국항공우주연구원	연구계	발사체 체계종합
정책	강0인	한국과학기술원 인공위성연구소	학계	정책
	임0빈	과학기술정책연구원	연구계	정책
발사대	오0영	한국항공우주연구원	연구계	발사대
보증	허0의	한국항공우주연구원	연구계	발사체 보증
기획	진0보	한국항공우주연구원	연구계	발사체 기획조정

- 주관부처는 동 사업 기획연구 추진과정에서 다양한 방식으로 산업계 의견을 수렴하였다고 제시하나 산업계 의견의 사업기획 반영 정도는 부족한 것으로 판단됨
- 산업계 주요의견 中 개발과정에서 안정적인 예산 지원 필요성에 대해서는 신규 사업의 기획을 통해 사업 연속성을 확보할 경우 해소 가능한 부분이나,
 - 차세대발사체 제작비용이 누리호와 비슷하므로 물가상승률 등을 고려하여 증액 필요가 있다고 제시한 부분
 - 발사비용 절감을 위해서는 발사체 개발과정 이후 양산에 대한 고려와 기업의 적극적인 참여를 위해 발사 수요가 중요함을 제시한 부분
 - 참여기업의 기술력을 면밀히 검토하는 절차가 필요함 등을 제시한 부분에 대한 동 사업기획 반영 여부는 확인이 불가함

나. 수요조사 및 세부활동 도출과정

- 동 사업의 세부활동 구성을 위한 수요조사는 선행기술을 대상으로만 이루어졌으며 차세대발사체 개발을 위한 핵심기술요소 구성은 항우연 주도로 기획된 것으로 판단됨
- 동 사업은 차세대발사체 개발과 선행기술 연구개발이라는 두 개의 내역으로 구성됨

<표 3-24> 추진분야별 연구분야 도출 결과

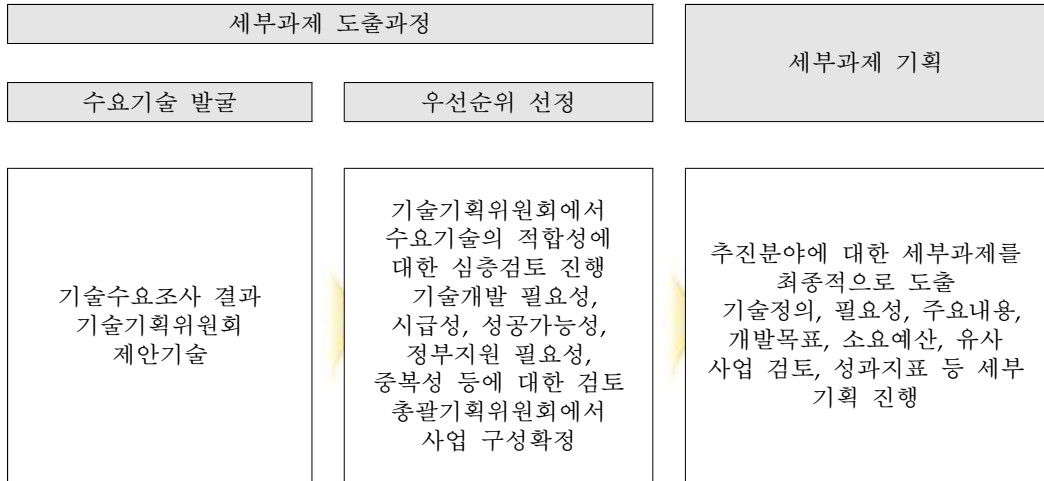
추진분야	기술분야	주요내용
차세대발사체 개발	KSLV-III 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 동체직경 3.7~3.8m, 페어링직경 4.2m, 이륙중량 360톤급의 2단형 차세대발사체 • 1단에 재점화 및 추력조절 가능한 추력 100톤급 다단연소사이클 엔진 5기, 2단에 다회점화 가능한 추력 10톤급 다단연소사이클 엔진 2기 적용.
	설비개조/구축 및 운영	<ul style="list-style-type: none"> • 다단연소사이클 엔진 개발 위한 엔진연소시험설비, 고공모사시험설비, 연소기/터보펌프 시험설비, 단레벨 수류/연소시험용 추진기관시스템 시험설비, 대형 추진제탱크 및 페어링 지상시험용 정적/동적 구조 시험설비, 차세대발사체 통합시뮬레이션 시험설비, 열제어/화재안전/열차단 시험설비 등 구축 및 운영
	발사대 구축 및 운영	<ul style="list-style-type: none"> • 나로우주센터 제1발사대를 전면 개축 • 차세대발사체용 규모에 맞는 추진제공급설비, 발사체이송설비, 화염유도로, 지상고정장치, 엄빌리칼타워, 발사관제설비 등 발사대시스템 구축 및 운영
발사체 선행기술 연구개발	미래발사체 대응 기술 선행개발	<ul style="list-style-type: none"> • 대형 메탄 엔진 선행기술 연구 • 상단 고성능 수소 엔진 선행 기초연구
	재사용발사체 기술 선행개발	<ul style="list-style-type: none"> • 토스백(toss-back) 방식 재사용 실증기 구성을 위한 실용급 재사용 핵심기술 개발
	성능확장용 기술 선행개발	<ul style="list-style-type: none"> • 대형발사체 적용 구조 경량화 핵심기술 연구
		<ul style="list-style-type: none"> • 광센서 계측기술을 이용한 발사체 에비오닉스 시스템 핵심기술 개발
		<ul style="list-style-type: none"> • 다중임무 확장용 저장성 추진제 액체엔진 선행기술 연구 • 차세대발사체 성능 확장 위한 보조부스터 핵심기술 개발

- 차세대발사체 개발부분은 정책적으로 결정되는 임무설계와 그에 따른 시스템 설계 핵심기술요소에 대한 업무문해도(WBS) 구성과정은 항우연 주도로 설정되었으나 다양한 위험요인이 존재하는 것으로 파악됨
- 차세대발사체 개발 기본방향은 달/행성 탐사 임무 등 다양한 발사임무 수행이 가능하도록 다회점화 가능한 고성능 상단 엔진기술 개발을 목표로 하며 첫 임무로서 2013년 달착륙선을 발사하기 위한 스펙으로 구성됨

- 발사비용 저감을 위해 동 사업 종료 후 분리된 1단의 재사용 기술개발 연계가²¹⁾ 가능하도록 재점화 및 추력조절 가능한 고성능 1단 엔진기술 개발을 제시함
 - 다만, 주관부처가 제시하고 있는 다단연소 엔진, 가변추력엔진의 도입 계획은 선도국의 경우 과거 20-30년전의 기술이라는 견해가 있으며,
 - 동 사업에서 개발되는 케로신 다단연소 엔진이 재사용 발사체 엔진인지 불명확하고 현재 해외 선도국의 재사용발사체 추세에 맞지 않으며,
 - 비용면에서도 글로벌 개발 추세와 민간기업 관점에서 가격경쟁력이 고려된 저비용 발사체 개발계획인지 검증이 필요한 것으로 파악됨
 - 또한, 달착륙선과 같이 발사빈도가 높지 않은 이러한 임무를 목표로 차세대발사체 성능을 상향시키는 것은 효율적인 계획으로 보기 어려우며,
 - 미래 경쟁력을 고려하여 가장 발사빈도가 높은 위성들을 저비용으로 자주 발사하기 위한 발사체로 개발되어야 할 필요성이 있는 것으로 파악됨
 - 개발 성공 가능성 측면에서는 제시된 10톤급과 100톤급의 다단연소 엔진의 경우 우리나라가 아직 초보적인 수준으로 도전성은 인정되나
 - 현 수준에서 난이도가 높은 다단연소엔진을 개발하고자 하는 계획은 개발 위험부담이 매우 클 것으로 예상됨(전문가 검토 결과 엔진개발 소요기간이 5~10년 걸릴 것으로 조사됨)
 - 연소기, 예연소기, 터보펌프 등 주요 부품별 현재의 기술수준을 TRL이 아닌 기술 개발현황(기술의 현주소)을 제시하고 개발성공 가능성을 보완 설명할 필요가 있음
- 선행기술 연구개발에 대해서만 기술 수요조사가 시행되고 최종 과제를 선정하는 절차는 절차상 적절하게 수행된 것으로 보이나 항우연 제안과제가 다수 채택되어 항우연 중심의 발사체 개량계획이 과제선정 시 우선시 된 것으로 추정됨

21) 주관부처는 한국형발사체 고도화사업('22년~'27년)에서 발사체 재사용 기술 선행연구가 이루어질 예정으로, 해당 연구결과를 토대로 차세대발사체 재사용에 필요한 장치 및 유도제어 기술 선행개발에 착수하게 되면 본 사업 이후에 분리된 1단의 지상 또는 해상 착륙을 단계적으로 시도하는 등 재사용 실용화 단계로 연계 가능하다고 제시

<표 3-25> 세부과제 도출과정



- 주관부처는 상향식 방법론을 적용해 수요자 중심의 발사체 선행기술 연구개발 사업을 추진코자 기술수요조사를 통한 국내 발사체 산·학·연 종사자들의 요구사항을 파악하고
- 발사체 선행기술 연구개발의 발전 방향, 사업구성을 위한 적합 추진과제 선정에 기술수요조사 결과를 활용하였다고 제시함
- 조사대상자는 34명으로 40개 수요기술이 접수되었고 22개 과제(수요반영 (5개), 일부반영 (17개), 미반영 (18개))를 선정하여 최종 7개 연구분야(22)를 도출하였으며, 제안 분야 중 엔진 관련 과제가 20건으로 50%를 차지하는 것으로 나타남
- 최종 과제는 기술개발 필요성, 시급성, 성공가능성, 정부지원 필요성, 기존사업과의 중복성을 지표로 하여 우선순위를 검토하여 선정한 것으로 제시됨
- 다만, 개발 가능성이 있는 기술에 형식적인 예산 투자가 아닌 발사체의 고비용을 보완할 수 있는 기술을 확보하기 위해 선정기준에 글로벌 경쟁력 및 경제성에 대한 지표가 필요한 것으로 판단됨
- 최종 과제에 반영된 수요과제 22개는 산업체 5개, 학계 9개, 연구계 8개로 조사되고 연구계는 항우연 소속 전문가가 제안한 7개의 제안과제가 채택되었음
- 발사체 선행기술 연구분야 선정은 항우연 관계자가 다수인 기술위원회에서 중심으로 추진되어 항우연 중심의 발사체 개량계획이 반영된 것으로 추정됨

22) ①대형 메탄 엔진 선행기술 연구, ②상단 고성능 수소 엔진 선행 기초연구, ③토스백(toss-back) 방식 재사용 실증기 구성을 위한 실용급 재사용 핵심기술 개발, ④대형발사체 적용 구조 경량화 핵심기술 연구, ⑤광센서 계측기술을 이용한 발사체 에비오닉스 시스템 핵심기술 개발, ⑥다중임무 확장용 저장성 추진제 액체엔진 선행기술 연구, ⑦차세대발사체 성능 확장 위한 보조부스터 핵심기술 개발

<표 3-26> 기술수요조사 우선순위 선정결과

순번	기술명	반영여부	제안자 소속
1	발사체 구조 경량 설계	일부반영	충남대학교
2	1. 고비추력 액체상단 엔진 (액체수소엔진) 2. 고내열 합금 액체상단 노즐 확장부	일부반영	부산대학교
3	소형발사체 통합 에비오닉스 개발 (표준 인터페이스 박스 개발, 복합항법센서 등)	미반영	루미르주식회사
4	추진기관 액체 연료 고성능화 기술	미반영	세종대학교
5	공통격벽 복합재 추진제 탱크 개발	일부반영	(주) 에이엔에이치스트럭처
6	광센서 계측기술을 이용한 발사체 에비오닉스 시스템 개발	반영	단암시스템즈
7	추력제어 가능한 메탄엔진 개발	일부반영	한국항공우주연구원
8	소형 발사체용 공통격벽 복합재 추진제 탱크 개발	미반영	(주)에이엔에이치스트럭처
9	사운드로켓을 응용한 LEO위성 발사체 개발	미반영	에어로솔루션즈
10	다단사이클 연료분사 시스템	일부반영	전북대학교
11	PCB 설계 및 PCB SI/PI 기술	미반영	(주)엘테크
12	재사용 메탄엔진	일부반영	한화에어로스페이스
13	가속 발사 장치 개발	미반영	인하대학교
14	재사용이 가능한 고성능 1단 부스터 엔진	일부반영	한국항공우주연구원
15	예비설계 및 상세설계	미반영	건국대학교
16	우주환경에서의 발사체엔진부 내삭마 기술	일부반영	경상국립대학교
17	재사용 발사체용 엔진 기술 개발	미반영	한국항공우주연구원
18	기존 75톤엔진의 경량화를 통한 100톤엔진으로의 성능 고도화	미반영	넥스트폼
19	발사체 3단 수소 엔진 개발	일부반영	넥스트폼
20	발사체 성능 향상 및 통신 성능 향상을 위한 안테나 일체형 구조 개발	미반영	한국항공우주연구원
21	체계 설계(임무설계 등)	미반영	(주)한화
22	ENGINE DESIGN & DIGITAL CONTROL	미반영	ITPS
23	막냉각식 소형(1 kN급) 메탄엔진 설계개발 기술	일부반영	부경대학교
24	수백(450) Newton급 하이dra진 추력기 설계개발 기술	미반영	부경대학교
25	헬륨 고압탱크 용접형 배관 제작기술	미반영	두원중공업(주)

순번	기술명	반영여부	제안자 소속
26	Lab/Pilot-scale 상단 액체 수소/산소 로켓 엔진 개발	반영	인하대학교
27	대형발사체 추진제탱크 돔 제작용 핀포밍(Peen forming) 기술 개발	미반영	한국항공우주산업
28	마찰교반용접(FSW) 기술을 적용한 Al-Li 합금 추진제 탱크 용접 공정기술 개발	일부반영	한국항공우주산업
29	부스터급 대형 메탄 엔진 선행기술 연구 개발	일부반영	한국항공우주연구원
30	상단 고성능 수소 엔진 선행 기초연구	일부반영	한국항공우주연구원
31	재생냉각 연소실 최적화 설계 및 제작 기술	일부반영	충북대학교
32	국제표준에 적합한 발사체 전주기 안전성 분석	미반영	(주)모아소프트
33	발사체 에비오닉스 소형화/표준화 기술	미반영	AP위성
34	차세대발사체용 메탄/수소 기반 연료 저장/공급 계통 핵심기술 개발	일부반영	서울대학교
35	역추진 제트를 이용한 재사용 발사체 재진입 제어 기술	일부반영	서울대학교
36	1. 저장성 재점화 친환경 추진제 적용 상단/착륙선용 엔진 2. 상단/우주탐사용 로켓추진기관용 고고도시험대	일부반영	국방과학연구소
37	차세대발사체로서의 적용을 위한 젤 추진기관 개발	미반영	한국항공대학교
38	토스백(toss-back) 방식 재사용 실증기 구성을 위한 실용급 재사용 핵심기술 개발	반영	한국항공우주연구원
39	다중임무 확장용 친환경 상온추진제 추진기관 기술 개발	반영	한국항공우주연구원
40	차세대발사체 성능 확장을 위한 보조부스터 핵심기술 개발	반영	한국항공우주연구원

- 주관부처가 제시한 차세대발사체 요소기술 구성안과 관련된 국내 기술수준 및 위험요인 대응에 대한 전문가 검토결과 개발 위험도는 중간 이하이나 해외협력의 불확실성 해소와 핵심기술 설정은 신중할 필요가 있는 것으로 판단됨
- 차세대발사체 개발을 위하여 필요한 요소기술에 대한 전문가들의 평가결과 조사결과 선행기술개발 외 차세대발사체의 요소기술은 상당부분 확보(위험도 중간 이하)하고 있는 것으로 판단되며, 핵심기술의 경우 엔진시스템 외 나머지 기술은 5년 내 개발 가능할 것으로 조사됨

- 주관부처는 발사체 요소기술 중 30개 기술을 핵심기술로 지정하고 관리계획을 제시하고 있으나 극저온 고압탱크와 일부 밸브류에 대해서는 해외 협력 등이 필요한 것으로 조사됨
- 주관부처는 해외 협력이 필요한 기술을 별도로 제시하고 있으나(표 음영 체크), 우크라이나²³⁾ 기업은 현재 상황에서 협력이 어려울 수 있어 불확실성이 높으며,
- 해외협력이 필요한 기술 중 핵심요소기술로 표기 된 추진기관 설계 분석, 열차단계, 2단 랜야드 엄빌리컬의 경우 핵심기술에서는 제외되어 있고
- 해당 기술은 전문가 설문결과 주관부처가 제시한 핵심기술개발과 위험도가 유사한 것으로 조사됨

<표 3-27> 요소기술별 기술수준에 따른 개발 위험도

기술수준	정 의	개발 위험도
A(5)	요소 기술이 확보된 경우	없음
B(4)	기술을 상당 부분 확보하고 있으나 완벽하지는 않으며 사업 기간 내 국내 독자 개발이 가능	낮음
C(3)	기술을 일정 부분 확보하고 있으나 해외기술협력을 통한 기술 습득이 필요함	중간
D(2)	국내 기술이 미흡하여 기술이전을 통한 상당한 수준의 직접적 해외 기술 도입이 필요함	높음
F(1)	사업 기간 내에 기술 습득이 불가능 (해당 기술 소요 부품의 해외 도입 필요)	매우 높음

<표 3-28> 핵심요소기술별 기술수준 설문 결과

구분	핵심요소기술	기술수준	
		기술 전문가	산업체
발사체			
단공통	하니스	4.5	4.5
	단 및 전기체 시스템 시험	4.2	4.3
	단시험	4.0	4.3
	CAD모델 경량화	4.0	4.5
	추진기관 설계 분석	3.8	3.8
	단 조립 및 전기체 조립	4.3	4.2
	추진체탱크	4.0	3.7
	상온용 고압탱크	3.8	3.7
	극저온 고압탱크	3.4	3.8
	엔진	예연소기 산화제 개폐밸브	3.3
	예연소기 연료 개폐밸브	3.4	3.6

23) 러시아-우크라이나 전쟁상황(2022.02~)

		스위치 밸브	3.8	3.6	
		연소기 연료 개폐밸브	3.6	3.6	
		유량제어밸브	3.3	3.6	
		제어밸브 구동기	3.7	4.0	
		압력레귤레이터	3.7	4.0	
		엔진공급계 솔레노이드밸브	3.6	4.0	
		엔진공급계 대유량/고압 솔밸브	3.5	4.0	
		연료라인 진공화 밸브	3.6	3.8	
		필름 냉각 연료 개폐밸브	3.6	3.4	
		체크밸브	3.9	4.2	
		접화제라인 TEA/B 개폐밸브	3.4	3.8	
		추진	추진공급계 배관조합체	4.1	4.2
			저중력 추진제 관리계	3.3	3.0
	제어/계측계 센서류		3.6	3.6	
	추진제 충전배출밸브		3.5	4.2	
	산화제 차단밸브		3.3	3.4	
	산화제 벤트밸브		3.3	3.4	
	연료 차단밸브		3.8	4.0	
	가압제 충전배출밸브		3.8	4.2	
	PSD 산화제 배출밸브		3.7	3.6	
	기체공급계 솔레노이드밸브		3.8	4.2	
	기체공급계 파이로밸브		3.8	3.8	
	기체공급계 체크밸브		3.8	4.2	
	기밀/센서 점검용 커넥터		4.0	4.2	
	제어	관성항법유도장치	4.1	4.2	
		시퀀스제어장치	4.3	4.2	
	전자탑재	계측장치	4.3	4.3	
		배터리	4.3	3.8	
		전력분배장치	4.4	4.2	
		비행중단장치	4.4	4.2	
		파이로구동장치	4.4	4.0	
		추진운용장치	4.1	4.3	
		영상처리장치	4.4	4.5	
영상전송장치		4.4	4.5		
지상인터페이스장치	4.3	4.3			
분리파이로	안전장전장치	4.3	4.5		
	역추진모터	4.0	4.5		
열환경	열차단계	3.6	3.5		
단/페어링 열환경	열제어/화재안전계	3.8	4.4		
1단	구조	1단 후방동체 및 엔진지지부	4.0	4.3	
		1단 탱크 연결부	4.0	4.4	
		1단 전방동체	4.0	4.4	

		1단 유공압(산화제, 연료) 엄빌리칼	3.8	3.8	
		1단 랜야드 엄빌리칼	3.3	3.2	
		1단 덕트 및 카울	4.0	4.5	
	부스터급 대형 다단 연소사이클 (지상용) 엔진	1단 엔진 시스템	3.3	3.8	
		1단 연소기	3.4	3.4	
		1단 예연소기	3.3	3.4	
		1단 터보펌프	3.4	2.8	
		산화제 블리딩 밸브	3.8	3.6	
		연료 배출 밸브	3.8	3.8	
		1단 열교환기	3.8	3.4	
		1단 엔진 점화장치	3.8	3.6	
		연료 TEA/B 전환용 4-Way 개폐밸브	3.7	3.8	
		1단 엔진 시스템 시험	3.9	4.2	
	제어	추력벡터제어계	4.1	4.3	
	분리파이로	1/2단 분리장치	4.2	4.4	
1단 비행중단 파이로계		4.0	4.4		
열환경	역추진모터 화약전달계통	4.1	4.4		
	비행화재안전계	4.1	4.6		
2단	구조	2단 후방동체	4.0	4.3	
		2단 탱크연결부	4.0	4.4	
		2단 전기 엄빌리칼	3.9	4.5	
		2단 유공압(산화제, 연료) 엄빌리칼	3.8	3.8	
		2단 엔진지지부	4.0	4.2	
		2단 랜야드 엄빌리칼	3.4	3.2	
		2단 덕트 및 카울	4.0	4.6	
		페어링조인트	3.8	3.9	
	2단 엔진	페이로드 지지부	4.1	4.1	
		2단 엔진시스템	3.5	4.0	
		2단 연소기	3.4	3.4	
		2단 예연소기	3.4	3.4	
		2단 터보펌프	3.2	3.0	
		2단 엔진 다회점화장치(탱크타입)	3.4	3.0	
	추진	2단 엔진 시스템 시험	3.8	4.2	
	제어	2단 산화제 재순환밸브	3.8	3.8	
		추력벡터제어계	4.0	4.3	
	전자탑재	추력기 자세제어계	4.0	4.3	
		트랜스폰더	4.1	4.3	
	분리파이로	위성항법수신기	4.3	3.8	
		저충격 위성분리장치	4.1	3.8	
		2단 비행중단 파이로계	4.0	4.3	
	페이로드 페어링 (PLF)	구조	페이로드 페어링	3.7	4.4
			음향하중저감장치	3.7	3.6
		분리파이로	페어링 분리파이로계	4.0	4.4

지상시스템				
조립시설(AC)	가스지원 시스템		4.0	4.6
	발사체 전기 지원 시스템	발사체 전기적 점검 시스템	4.2	4.5
		조립시설(AC) 발사체 TLM 데이터 수신 처리 시스템	4.1	4.5
		발사시설(LC) 발사체 TLM 데이터 수신 처리 시스템	4.1	4.5
	기계지원시스템		4.3	4.6
이동형온도제어유닛(MTU)		4.1	4.4	
발사시설(LC)	발사대시스템		4.0	4.0
	지상기계설비		4.2	4.0
	추진제공급설비		4.1	3.8
	발사관제설비		4.1	4.6
	기반시설		4.3	4.6
시험 시설				
엔진 서브시스템 시험시설	엔진지상 연소시험설비		4.0	4.6
	엔진고공 연소시험설비		3.8	4.4
	2단 엔진 연소시험설비		3.8	4.6
	연소기 시험설비		4.0	4.6
	터보펌프 실매질 시험설비		3.9	4.6
	터브펌프 대형 상사 시험설비		3.6	4.6
	터브펌프 소형상사 시험설비		3.9	4.6
추진기관시스템 시험시설	추진기관시스템 시험설비(PSTC)		3.7	4.6
	추진공급계 축소형 모델 시험설비		3.9	4.6
	축소형 극저온 고밀도 추진제 제조 시험설비		3.3	3.8
	추진공급계 시험설비		4.0	4.2
구조 시험설비	정적구조시험설비		4.2	4.3
	동적구조시험설비		3.8	4.0
열환경 시험설비	열제어/화재안전 시험설비		4.2	4.8
	열차단 시스템 시험설비		3.9	4.5
기타 시험설비	비행성능 시험설비		3.8	4.3
	우주환경 시험설비		3.5	4.0
차세대발사체 개발 개발위험도 평균			3.9	4.1
선행기술개발				
미래발사체 대응 기술 선행개발	대형 메탄 엔진 선행기술 연구		3.0	2.8
	상단 고성능 수소 엔진 선행 기초연구		2.7	2.8
재사용발사체 기술 선행개발	토스백(toss-back) 방식 재사용 실증기 구성을 위한 실용급 재사용 핵심기술 개발		2.8	2.4
성능확장용 기술 선행개발	대형발사체 적용 구조 경량화 핵심기술 연구		3.3	3.9
	광센서 계측기술을 이용한 발사체 예비오닉스 시스템 핵심기술 개발		2.9	3.5
	다중입무 확장용 저장성 추진제 액체엔진 선행기술 연구		2.9	3.4
	차세대발사체 성능 확장 위한 보조부스터 핵심기술 개발		3.2	3.5
선행기술개발 개발위험도 평균			3.0	3.2

<표 3-29> 주관부처가 제시한 현재 TRL 3이하 30개 핵심기술

핵심기술명	기술개발 소요기간	
	기술전문가	산업체
상온용 고압탱크	2.6	2.4
예연소기 산화제 개폐밸브	2.8	3.4
스위치 밸브	2.6	2.8
유량제어밸브	3.0	2.8
제어밸브 구동기	2.9	2.4
연료라인 진공화 밸브	2.8	2.8
저중력 추진제 관리계	3.2	3.0
제어/계측계 센서류	3.0	2.8
추진제 충전배출밸브	3.0	2.4
산화제 차단밸브	2.8	2.8
산화제 벤트밸브	2.8	2.8
지상인터페이스장치	2.9	2.8
1단 후방동체 및 엔진지지부	2.9	2.8
1단 전방동체	2.9	2.6
1단 랜야드 엄빌리칼	3.3	3.2
1단 엔진 시스템	3.9	4.0
1단 연소기	3.6	3.8
1단 예연소기	3.5	3.6
1단 터보펌프	3.4	3.8
추진제탱크 가압시스템용 고압 열교환기 개발	3.0	3.4
1단 엔진 점화장치	2.9	3.2
연료 TEA/B 전환용 4-Way 개폐밸브	2.8	2.8
페어링 조인트	2.6	2.6
2단 엔진시스템	3.8	4.0
2단 연소기	3.5	3.6
2단 예연소기	3.4	3.6
2단 터보펌프	3.4	3.8
2단 엔진 다회점화장치(탱크타입)	3.4	3.6
페이로드페어링	2.8	2.6
축소형 극저온 고밀도 추진제 제조 시험설비	3.4	3.6
핵심기술 개발 예측 소요기간 평균	3.1	3.1

	1	2	3	4	5
차세대발사체에 적용하기까지 소요되는 기간	1년 이내	1 ~ 3년	3 ~ 5년	5 ~ 10년	10년 이상

□ 주관부처가 제시한 차세대발사체개발 해외 협력 필요 기술 리스트는 다음과 같음

<표 3-30> 주관부처가 제시한 해외 협력 필요 기술

구분		핵심요소기술	내용
발사체			
단공통	설계/종합/시험	추진기관 설계 분석	추진기관 개념/시스템/예비/상세설계 및 시험결과 예측/분석, 발사 운용 절차 설계
	엔진	유량제어밸브	고압, 고유량, 유량 제어 성능이 있는 연소기 연료 유량제어밸브, 예연소기 연료 유량제어밸브 개발
	추진	저중력 추진제 관리계	차세대발사체 고성능화에 필요한 저중력 추진제 관리장치 설계/제작/시험 기술
		산화제 차단밸브	산화제 주배관의 개폐를 위한 산화제 차단밸브 설계/제작
	산화제 벤트밸브	고밀도 산화제 충전을 위한 블리딩 방식의 과냉각 시스템 벤트밸브 설계/제작	
열환경	열차단계	고온열차단계, 극저온열차단계의 열적 안정성, 장착 용이성, 부착 건전성 향상	
1단	구조	1단 랜야드 엄빌리칼	랜야드 분리 엄빌리칼 신규 설계 및 개발 비과냉 산화제 배출 및 사전 분리 가능 공압 라인들을 대상으로 한 랜야드 분리 엄빌리칼 개발
	부스터급 대형다단연소사이클(지상용)엔진	1단 터보펌프	다단 연소 방식 엔진용 고성능 터보펌프 개발 (회전수 및 토출 압력 증가)
2단	구조	2단 랜야드 엄빌리칼	랜야드 분리 엄빌리칼 신규 설계 및 개발 비과냉 산화제 배출 및 사전 분리 가능 공압 라인들을 대상으로 한 랜야드 분리 엄빌리칼 개발
		페어링 조인트	직경 4.2m 개량형 페이로드페어링과 직경 3.7m인 2단 상단부와의 조립을 위한 페어링조인트(페어링 수평분리구조를 갖는 금속재 실린더 구조물) 개발
	2단 엔진	2단 터보펌프	10톤급 다단 연소 방식 엔진용 터보펌프 개발
페이로드 페어링 (PLF)	구조	페이로드 페어링	발사체 직경 및 길이 변화에 따른 페이로드페어링 크기 및 성능 개량, 직경 2.6m → 4.2m, 길이 6.874m → 12m 복합재 샌드위치 페이로드페어링
지상시스템			
발사시설(LC)	지상기계설비		신규 발사체 규격 및 요구조건에 따른 지상 기계설비 각 시스템 신규 구축 이륙중량 350톤, 추력 500톤의 차세대발사체 규격에 맞는 VHD 및 발사 패드 (화염유도로 포함) 신설 차세대발사체 규격에 맞는 이송 기립설비 (이렉터, 트랜스포터 이렉터 및 SPMT) 신설 발사체 엄빌리칼 요구조건에 따른 1단/2단 엄빌리칼 접속장치, 엄빌리칼 타워 신설

	<p>추진제공급 설비</p>	<p>차세대발사체 추진기관 및 엔진 운용 규격에 따른 발사대 추진제공급설비 설계/개발 및 시스템 운용기술 확보 초저온 설비(산화제/질소 공급설비) : 추진제 탑재량 및 고밀도화에 따른 저장탱크, 이송펌프, 과냉각설비 등 신규 개발 연료 공급 설비 : 추진제 탑재량, 고밀도화, 충전 온도 규격을 만족하기 위한 저장탱크, 이송펌프, 냉각설비 등 신규 개발 가스 공급 설비 : 발사체 탱크 가압, 밸브 구동, 엔진 퍼지 등 요구규격에 따른 고압가스 생산/분배/공급 시스템 신규 개발 온도 제어 설비 : 차세대발사체 열환경 구축을 위한 지상시스템 공급용량 증가에 따른 온도제어시스템 신규 개발</p>
--	---------------------	--

- 주관부처가 제시한 핵심기술(CTE)에 대한 선정 및 평가가 사전에 수행되지 않아²⁴⁾ 신뢰성이 낮으며 사업추진 전략 수립과 기술확보 계획을 위한 재검토가 필요함
 - 주관부처는 핵심기술 선정을 위한 공식적인 평가과정을 수행하지 않은 채 해당 기술을 선정하고 그에 대한 관리계획을 제시하고 있어 사업기획 절차에 문제가 있음
 - 추가자료를 통해 사업 착수 이후, 전담평가단과 협의를 통해 핵심기술(안)을 재검토하여 확정하고 TRL 평가 체계(TRL 수준, 수준별 체크리스트, 연차별 CTE TRL 수준 목표 등)를 수립하여 연차별 TRL 분석을 수행할 것이라고 제시하고 있으나,
 - 핵심기술은 운용요구조건, 비용, 일정에 중대한 영향을 미치는 기술로 사업기획 시 면밀하게 검토하여 사업이 기획되었어야 함
 - 비록 제시된 기술에 대한 전문가 인터뷰 결과 대부분의 핵심기술이 사업기간 내 확보될 것으로는 판단되나,
 - 핵심기술에 포함되지 않은 일부 요소기술들도 국내 기술이 부족하여 해외 협력 등이 필요한 것으로 파악되어 핵심기술에 대한 재검토가 필요한 것으로 판단됨
- 동 사업은 차세대발사체 개발을 위한 시설개량과 장비도입 계획이 제시되었으며, 연구개발을 위해 요구된 시설 및 장비는 구축타당성이 있는 것으로 판단됨
 - 동 사업에 제시된 시설구축계획은 총 4개의 시험시설이 제시되었으며, 발사체의 형상과 성능의 변화로 기 구축 시설의 변경 및 추가구축 등이 필요한 것으로 판단됨²⁵⁾

24) TRL3 이하 수준의 기술 중 신규개발이 필요하거나 기존 기술에 대한 대폭 업그레이드가 필요한 기술만을 최종 선정하였다고 제시하고 있으나, CTE 선정 및 평가와 관련한 자료는 부재함

<표 3-31> 동 사업의 구축 예정인 시설

구분	시설명	구축년도	사업비
1	대형음향가진시설	2023~2026	163억 원
2	정적구조시험시설	2023~2027	103억 원
3	엔진 후처리 설비동	2023~2025	169.5억 원
4	터보펌프 펌프 단품 시험실	2023~2024	200억 원

- 다만, 차세대발사체를 발사하기 위한 발사장 개량(개보수)에 대한 공사 계획이 있는 것으로 파악이 되나 별도의 시설구축계획은 제시되지 않음
- 장비의 경우 차세대발사체 개발 관련 19종의 장비가 제시되었으며, 전문기관²⁶⁾의 검토 결과 제시된 장비 모두 도입타당성을 확보하고 있는 것으로 조사됨

<표 3-32> 동 사업의 구축 예정인 장비

총 신청 장비	분류	결과
19종	단가 1억원 미만 3천만원 이상 11 종	도입타당 11종
	단가 1억원 이상 8 종	도입타당 8종

<표 3-33> 동 사업의 구축 예정인 장비 개요

	구축장비명	주요용도
1	경량 음향하중저감장치 적층제조장비	발사체 음향하중저감장치의 경량 음향공명기 제작용
2	전기체 모드 계측용 데이터 수집장치	발사체 구조 전기체 조합체 모드시험 계측용 발사체 구조 서브 시스템의 모드/진동/음향/충격/분리시험 계측용
3	차세대발사체 정적구조시험 장비	발사체 정적구조시험 하중 부가용 발사체 정적구조시험 유압작동기 제어용
4	차세대발사체 추진제탱크 가변극성 플라즈마 아크 용접장비	추진제탱크 용접
5	차세대발사체 추진제탱크 마찰교반용접 장비	추진제탱크 돔용접
6	차세대발사체 추진제탱크 가압세척건조 장비	추진제 탱크 내압성능 검증 세척 및 건조

25) 나로우주센터 및 산업체 현장방문 실시(2022.8.18.~19)

26) 국가연구개발사업 예비타당성조사 연구장비의 구축비용에 대한 NFEC 분석결과 준용

	구축장비명	주요용도
7	복합재동체 비파괴검사 장비	복합재동체 (1/2단 인터스테이지 동체) 비파괴검사
8	광학정렬장비	차세대발사체 관성항법유도장치 발사 운용에서 초기 방위각 측정을 위한 광학정렬
9	정밀 방위각 측정장비	차세대발사체 관성항법유도장치 발사 운용을 위한 기준 방위각 측정
10	발사체 탑재장치 진동시험장비	차세대발사체 탑재장치 진동환경 시험/평가 및 인증
11	유도가열 회전브레이징로	KSLV-III 발사체 액체로켓 연소기 브레이징
12	대형 진공구조장비	대형 터보펌프 부품 구조소재 개발
13	고압공기압축기	터보펌프 개발
14	수동력계	터보펌프 개발용 터빈 성능 시험 장비
15	터보펌프 제어계측설비	터보펌프 개발용 제어계측 설비
16	산화제 부스터 펌프 시험용 액체질소 탱크	KSLV-III 발사체 액체로켓 구성품 개발
17	산화제 부스터 펌프 시험용 극저온 자동밸브	KSLV-III 발사체 액체로켓 구성품 개발
18	산화제 부스터 펌프 시험용 극저온 유량계	KSLV-III 발사체 액체로켓 구성품 개발
19	산화제 부스터 펌프 시험용 기어박스	KSLV-III 발사체 액체로켓 구성품 개발

3. 세부활동 성과지표의 적절성

- 주관부처는 동 사업의 세부활동별 기술성숙도(TRL)와 최고기술 보유국과의 기술격차를 성과지표로 제시하고 있으나, 판단기준과 미래 예측에 대한 고려가 부족함
- 과제별 기술 수준 향상 점검 시점에 대해서는 항우원 내부 기술진의 판단으로 기술 수준 향상이 이루어질 수 있는 정도를 가정하여 사업종료시점에 TRL 8단계 달성을 제시하고 있음
- 다만, 현재 수준에 대한 체계적인 분석자료가 불분명하므로 개발목표에 따른 기술 성숙도 설정과 연차별 달성목표 및 판단기준의 명확한 기준 수립이 필요함
- 기술격차에 대한 지표는 2030년에 선진국 대비 90~100% 달성할 것으로 WBS 과제별 요소기술의 확보 목표로 제시하고 있으나,
- 제시된 목표는 현재시점의 선진국이 보유한 기술과 비교한 것으로 보이며 향후 10년 후 선진국 기술변화에 따라 해당 기술은 과거의 기술로 남을 가능성이 존재함

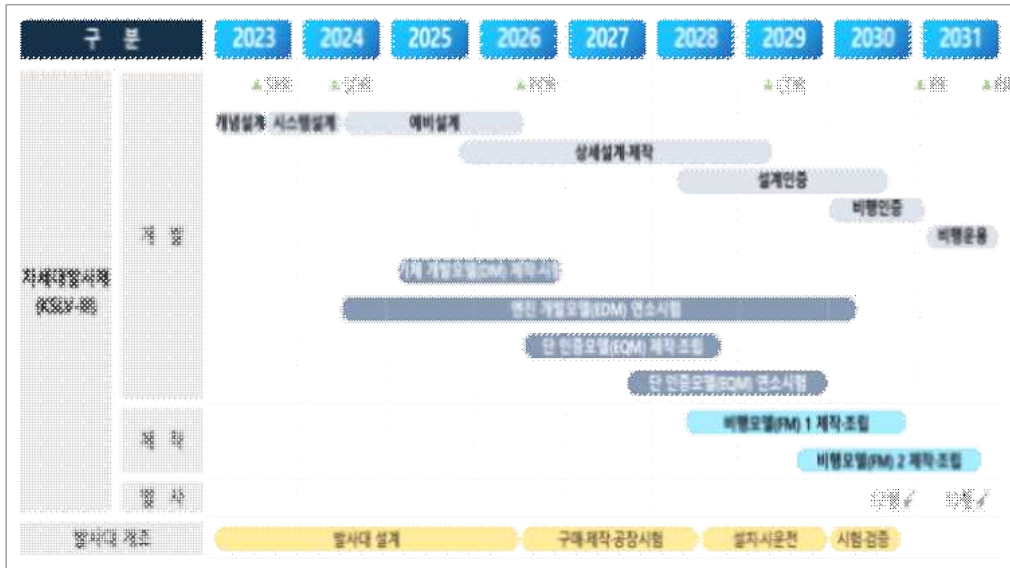
- 주관부처는 동 사업을 통해 선진국과의 기술격차를 보다 빠르게 좁혀나갈 수 있을 것이라고 설명하고 있으나 그 구체성은 부족한 상황
- 해당 지표의 타당성을 확보하기 해서는 동 사업에서 추진하고자하는 기술이 국제적인 기술개발 방향과 부합하는지에 대한 설명 보강이 필요하고 10년 후 선도국의 기술은 어떤 수준이 될지 예측한 결과 제시가 필요함

라. 세부활동의 기간 추정과 시간적 선후관계의 적절성

□ 차세대발사체 개발 및 인증 일정 구성(Phase A ~ Phase D)은 다음과 같이 제시됨

- 핵심 임무 및 주요 마일스톤 : 차세대발사체 개발 및 인증
 - 시스템 요구조건 검토회의(SRR) : 2023년 7월
 - 시스템설계 검토회의(SDR) : 2024년 5월
 - 예비설계 검토회의(PDR) : 2026년 7월 (구성품 인증모델(EQM) 제작 착수 전후)
 - 상세설계 검토회의(CDR) : 2029년 4월 (1/2단 수류시험 이후)
 - 2단 연소시험결과 검토회의(TRR) : 2028년 7월 (2단 연소시험 이후)
 - 1단 연소시험결과 검토회의(TRR) : 2029년 12월 (1단 연소시험 이후)
- ※ SRR: System Requirements Review, SDR: System Design Review, PDR: Preliminary Design Review, CDR: Critical Design Review, TRR: Test Result Review
- 1/2단 구성품 설계, 제작/시험 장비 및 설비 개조, 개발모델(DM, Development Model) 시제 제작 : 약 33~48개월 소요 (추진제탱크 DM 제작 기준)
- 1/2단 EQM용 구성품 제작 : 약 7~14개월 소요 (추진제탱크 EQM 제작 기준)
- 1/2단 EQM용 구성품 납품(입고) : 체계종합기업 단 조립장
- 1/2단 EQM 단 조립
 - EQM 단 조립(엔진 미장착)(체계종합기업 단 조립장) : 5~6개월 소요
 - EQM 단 재조립(엔진 장착)(항우연 우주센터 조립장) : 2~4개월 소요
 - EQM 단 이송(체계종합기업 단 조립장 → 항우연 우주센터 PSTC(추진기관시스템 시험설비)) : 0.5개월 소요
- 1/2단 EQM 추진기관 종합시험
 - 2단 수류시험 : 2027년 10월 착수, 3개월 소요
 - 2단 연소시험 : 2028년 4월 착수, 4개월 소요

- 1단 수류시험 : 2028년 12월 착수, 4개월 소요
 - 1단 연소시험 : 2029년 8월 착수, 5개월 소요
 - 발사대 검증(QT) : 2030년 7월 착수, 2개월 소요
- 비행모델(FM) 제작 및 발사운용 일정 구성(Phase C ~ Phase E)은 다음과 같이 제시됨
- 핵심 임무 및 주요 마일스톤 : 차세대발사체 발사 2회(비행인증 1회 포함)
 - 1차 발사 검토회의(FT RR) : 2031년 1월 (1차 발사 이후)
 - 2차 발사 검토회의(FT RR) : 2031년 11월 (2차 발사 이후)
 - ※ FT RR: Flight Test Result Review
 - 1/2단 FM용 구성품 제작 : 약 14개월 소요
 - 1/2단 FM용 구성품 납품(입고) : 체계종합기업 단 조립장
 - 1/2단 FM 단 조립 및 이송
 - FM 1~2호기 단 조립(체계종합기업 단 조립장) : 6~7개월 소요
 - FM 1~2호기 단 이송(체계종합기업 단 조립장 → 항우연 우주센터) : 1개월 소요
 - 전기체 FM 조립 및 시험
 - FM 1호기 전기체 WDR 조립(항우연 우주센터) : 1.5개월 소요
 - FM 1호기 WDR 시험 수행 및 후속조치 : 0.5개월 소요
 - FM 1~2호기 전기체 조립(항우연 우주센터) : 1.5개월 소요
 - FM 발사운용 : 0.5개월 소요
 - FM 발사(Flight Test)
 - FM 1호기(비행인증) : 2030년 12월
 - FM 2호기 : 2031년 10월
- 동 사업의 차세대발사체 개발일정은 발사체 개발, 제작 및 발사, 발사대 개조로 구성되어 있으며, 개발흐름의 논리성은 적절하나 일정이 촉박한 것으로 판단됨



- 주 1) DM : Development Model, 개발모델 / EDM : Engine Development Model, 엔진 개발모델 / EQM : Engineering & Qualification Model, 인증모델 / FM : Flight Model, 비행모델
 2) SRR : 시스템 요구조건 검토회의 / SDR : 시스템설계 검토회의 / PDR : 예비설계 검토회의 / CDR : 상세설계 검토회의 / RR : 비행결과 검토회의

[그림 3-12] 차세대발사체(KSLV-III)의 사업 추진일정(안)

- 조사진의 전문가 인터뷰에 따르면 주관부처가 제시한 전체 사업일정의 흐름은 대체로 적절한 것으로 조사됨

개발흐름	매우 부적절	약간 부적절	보통	약간 적절	매우 적절
기술전문가	-	25%	8.3%	25%	41.7%
산업체	-	20%	10%	40%	30%

- 개발단계별 일정에 대해서는 대부분 적절하다고 응답하고 있으나, 일정이 촉박하거나 일정 수정이 필요하다는 의견이 다수 존재하여 일정관리에 노력이 요구됨

단계별일정	매우 부적절	약간 부적절	보통	약간 적절	매우 적절
기술전문가	-	16.7%	25%	33.3%	25%-
산업체	10%	30%	-	40%	20%

- 개발 단계를 고려한 Review 일정의 적절성에 대한 전문가 인터뷰의 주요 의견에 따르면 각 단계별 일정의 중복문제와 개발기간의 촉박함이 문제로 제시되고 있음

<Review 일정의 적절성에 대한 설문 주요의견>

- SRR 단계에서 차세대발사체의 요구도가 명확히 판단될 필요 있으나 7개월이라는 짧은 기간이 제시됨
 - PD기간이 개발대상 소요기술의 성숙도 및 신뢰도 향상 속도에 비해 너무 촉박하며 3년 이상의 기간이 소요될 것으로 제시됨
 - CDR : 1년 6개월의 제작, 체계조립, 검증 시간이 매우 부족한 것으로 제시됨
 - CDR 단계를 2단계로 구분하여 시험 실패 시 결과 반영 재설계 상황 고려 필요
 - 소요기술과 부품간에 상호성이 많음에도 CDR도 하기전에 설계인증이 가능한지 불확실함
 - FM제작도 설계인증과 거의 비슷한 시기에 개시되어 일정이 너무 촉박함
 - 시험발사체 개발 및 성능검증은 FM 개발 이전에 선행되어야 할 필요가 있음
 - 28년에 FM1 제작이 진행되는데, 29년에 CDR 일정이므로 상호 조정이 필요
 - 2030년 12월이 첫 발사인데, 시스템 CDR이 2029년 4월로 예정되어 일정상 늦음
 - CDR은 2030년말 이후에 함이 바람직하며, 전체 일정이 너무 촉박함
 - 일정을 준수하기 위해서는 유관기관과 과제 수행 업체의 유기적인 조직형성이 필연적으로 선행되어야 함
- 전문가 검토결과 발사체 개발과정에서 계획된 요소기술들은 PDR이전까지 완료되어야 하는 것이 이상적이며, 동 사업의 일정을 고려할 때 늦어도 CDR 이전까지는 개발이 완료되는 것이 필요한 것으로 제시됨
- 일반적으로 PDR 단계에서 시제품 수준의 기술개발 및 검증이 완료되어야 하며, CDR까지 실제 비행용 수준의 기술개발 및 검증이 완료되어야 함
 - 제시된 계획에 따르면 단인증 모델이 PDR 이후부터 진행됨으로 이전까지 요소기술을 완료하는 것이 필요함
 - PD기간 중에 요소기술들에 대한 Proof of Development Concept, Proof of Maturity가 시행착오를 거치면서 향상 및 입증되어야 함
 - 계획된 요소기술들은 예비설계과정에서 확보되어 상세설계단계에서 반영되어야 할 것으로 판단됨

- 다만, 일정이 여유롭지 않아 PDR에서 각 구성요소가 TRL5 이상은 도달해야 할 것으로 판단되며, CDR 이전에는 기술적으로는 TRL8까지는 확보해야 함

	개념설계	SDR	PDR	CDR
기술전문가	-	7.7%	38.5%	53.8%
산업체	-	10%	50%	40%

- 주관부처가 제시한 일부 핵심기술에 대해 전문가들은 개발필요 시간의 예상기간이 5년 이상 소요될 것으로 응답하고 있어 PDR이전 까지 기술확보가 어려울 수 있음
- 누리호 개발시에도 일정의 지연이 PDR~CDR 단계에서 발생한 것으로 파악되므로 해당시기 내에 기술개발이 완료되도록 상당한 노력이 요구됨

<표 3-34>한국형발사체와 차세대발사체 개발 일정

구 분	사업착수	SRR	SDR	PDR	CDR	FT1 RR
차세대발사체	2023.01	2023.07	2024.05	2026.07	2029.04	2030.12
	← 6개월 → ← 10개월 → ← 2년 2개월 → ← 2년 9개월 → ← 1년 8개월 →					
한국형발사체 (누리호)	2010.03	2010.12	2012.06	2014.12	2019.12	2021.11
	← 9개월 → ← 1년 6개월 → ← 2년 6개월 → ← 5년* → ← 1년 11개월 →					

- 차세대발사체 선행기술 연구는 발사체 개발과 독립적 병렬적으로 수행되어 사업내 추진상 선후관계 고려대상이 아니나 그 결과의 활용은 동 사업 종료 이후임
- 동 사업의 두 번째 내역인 선행기술 연구개발은 차세대발사체 개발과는 병렬적으로 수행되며 모든 과제가 사업 전 기간에 걸쳐 수행됨
- 선행기술은 차세대발사체 개발 이후 발사성능 확장 등 차세대발사체의 개량 및 고도화를 위한 목적으로 개발을 추진하는 것으로 제시함
- 다만, 기술개발에 따른 기술적용 시기가 다르고 달성하고자 하는 기술수준도 다르므로 차세대 발사체 개량 계획이 확정되어야 적정 수준이 판단 가능함
- 주관부처도 향후 발사체 개량계획과 추가사업에 대한 계획이 현재는 미확정인 것으로 제시하고 있어 해당 기술의 도입시점 선후관계에 대해서는 판단이 어려움

4. 추진전략의 적절성

- 동 사업의 추진체계는 큰 틀에서는 사업의 활동에 따른 주요 의사결정 체계 및 연구분야별 추진주체간 역할분담 등을 고려하여 적절하게 구성한 것으로 판단됨
 - 국가우주위원회: 우주분야 최상위 심의기구로, 우주개발 기본계획 수립, 우주개발과 관련된 정부기관의 주요업무 조정, 발사허가 등 국가 우주개발에 관한 중요사항을 심의
 - 우주개발진흥실무위원회: 연도별 시행계획의 심의·의결 등 국가우주위원회의 업무를 효율적으로 수행하기 위하여 운영
 - 과학기술정보통신부: 사업 주관부처로 사업 추진에 대한 중요사항에 대해 사업추진위원회에 심의·의결을 상정하여 사업의 관리·감독을 총괄
 - 정책을 수립, 예산을 지원, 사업 방향성을 검토하는 등 역할을 수행
 - 사업추진위원회: 사업의 기본계획에 따른 연도별·단계별 사업목표 및 추진전략, 세부 추진계획, 사업본부의 운영체계, 사업본부장 임명, 연차점검·단계·최종평가 결과 등 사업 중요사항을 심의·조정
 - 한국연구재단: 차세대발사체개발사업의 관리·평가 등 전반적인 사업운영을 담당
 - 전담평가단: 한국연구재단에서는 연구개발 진행상황 및 핵심성과에 대한 달성도를 검토, 연차점검, 단계평가 및 최종평가에 전담 평가위원으로 참여하는 전담평가단을 운영
 - 한국항공우주연구원: 차세대발사체개발을 총괄하며, 핵심기술 개발 및 기반시설 구축·운영, 체계종합기업과 협력연구 수행
 - 차세대발사체개발사업의 품질보증 요구조건을 개발하고 품질보증에 대한 총괄 관리·감독 업무를 수행
 - 체계종합기업: 차세대발사체개발 주관기업으로 한국항공우주연구원과 함께 차세대발사체를 공동설계하고, 발사체 조립·제작·발사·운영에 참여하며, 참여기업을 관리
 - 차세대발사체 조립에 대한 품질보증, 참여기업의 구성품 및 서브시스템 개발/제작 품질에 대한 관리·감독 수행
 - 산학연: 발사체 선행기술 연구개발의 주관연구기관인 기업, 대학, 연구소로, 차세대발사체 개량 및 고도화를 위한 선행기술을 연구



[그림 3-13] 사업 추진체계

- 주관부처의 차세대발사체 개발 전략은 따른 누리호에서 습득한 기술을 활용하고 변경이 필수적인 기술에 대해서는 신규개발 계획을 제시하고 있으나, 변경이 필요한 기술들이 많아 일정과 비용 측면에서 문제가 발생할 가능성이 있음
- 차세대발사체 사업의 WBS 항목별로 선행사업인 한국형발사체를 통해 확보한 기술의 활용, 개량 또는 신규개발로 구분*하고, 개량과 신규개발 품목에 대해서는 개발 계획을 수립함
 - 차세대발사체 항목 281종 중 누리호 기술을 활용 예정인 항목은 26종(9%)이며, 개량 예정인 항목은 111종(40%), 신규개발 예정인 항목은 144종(51%)임
 - 설비 항목 46종 중 누리호 기술을 활용 예정인 품목은 3종(7%)이며, 개조/개선 예정인 항목은 20종(43%), 신규 구축 예정인 항목은 23종(50%)임
- 차세대발사체 개발에 필요한 제품의 신뢰도 확보까지는 대부분 3~7년 정도의 시간이 소요될 것으로 조사되어 사업기간 내 제품개발은 완료 가능할 것으로 판단됨

신뢰성확보 시기	1년이내	1-3년	3-5년	5-7년	7년이상
산업체	-	-	50%	30%	20%-

- 다만, 일부 기술은 7년 이상의 기간이 소요될 것이라는 의견이 존재하여 기술개발 결과물의 신뢰성 확보에 각별한 노력이 요구됨
- 차세대발사체 기술개발을 위한 민간기업의 준비도에 대한 인터뷰 결과 개발을 위한 신규투자가 상당부분 필요한 것으로 판단되나, 예산에 대한 계획과 기간 산정 과정에서 기업의견 반영 정도는 확인이 불가하여 문제가 발생할 가능성이 존재함
 - 조사진과 기업의 간담회에서 민간기업은 신규기술 도입에 따른 실패 위험도 증가와 추가적인 인력교육 등이 수반되어 비용 및 기간 증가가 예상된다고 답변함

기술개발 준비정도	현재 구성품 개발에 대한 준비가 완료됨	구성품 개발을 위해서 개발라인 변경이 필요함	구성품 개발을 위해서 신규투자(인력 및 장비 등)가 필요함
산업체	18.2%	9.1%	72.7%

- 주관부처는 동 사업을 통한 민간의 개발역량 강화를 위해 개발단계별 주체별 역할을 제시하고 민간참여 시점을 사업 초기 단계부터 설정하였으나 역할은 제한적
- 민간역량 제고를 위해 주관부처가 제시한 차세대발사체 개발과정에서의 민간의 역할, 권한, 책임 및 공동개발에 대한 계획은 다음과 같음

<표 3-35>주관부처가 제시한 개발단계별 주체별 역할

발사체 개발 단계	항우연 업무	체계종합기업 업무
SRR	주요 요구조건 설정	상용화를 고려한 발사체 요구조건 공동 검토
SDR	기본 시스템 설계 수행	시스템 설계 참여
PDR	예비 설계 수행 개발 시험 공동 수행	예비 설계 참여 개발 시험 공동 수행
CDR	상세 설계 결과 검토	상세 설계 수행
구성품 시험	주요 시험 공동 수행	주요 시험 공동 수행
단 연소시험 시험	주요 시험 공동 수행	주요 시험 공동 수행
발사대 인증시험	발사대 인증 수행	발사대 인증 공동 참여
비행시험	공동 발사	공동 발사

- 시스템설계(SDR)까지의 설계는 항우연이 주도적으로 수행, 체계종합기업은 참여
- 기본설계(PDR) 개발시험부터는 항우연과 체계종합기업이 공동 수행
- 상세설계(CDR)부터 제작까지는 체계종합기업의 참여비중을 높여서 연구개발을 진행하며, 체계종합기업의 설계 과정 및 결과를 지속적으로 검토하고 기술적 지원을 수행하여, 사업 종료 이후 체계종합기업이 항우연의 지위를 대체할 수 있도록 역량 강화 추진
- 발사운용은 항우연과 체계종합기업이 공동수행하여 체계종합기업이 차세대발사

체의 발사 운영 경험을 확보할 수 있도록 진행

- 우주센터 인프라/추진시험설비/발사대 등의 시설 및 장비 운용과 유지보수는 항우연이 수행

□ 동 사업은 한국형 발사체 사업보다 민간참여 비중을 높이는 방향으로 사업을 기획하였다고 제시하고 있으나 구체성이 낮고 기존사업과 차이점이 명확하지는 않음

○ 민간의 개발역량은 발사체 사업에 지속적으로 참여할 경우 일정 부분 강화될 것으로는 예측됨

- 주관부처가 실시한 설문에 따르면 기존 사업에 참여한 기업들은 KSLV-I 개발사업과 KSLV-II 개발사업을 통해 산업생태계의 발달 정도가 높아졌다고 응답

○ 다만, 기업역량 강화에 대한 체계적이고 구체화된 전략 및 계획이 마련되지 않은 것으로 판단되어 발사체 개발 전 과정에 대한 역량이 강화될 거라는 추측은 현재 제시된 계획만으로 판단 시 신뢰도가 높지 않음

- 현재 시점에서 민간의 역량 부족으로 인해 민간주도의 사업을 추진하기 어려운 이유 등에 관해서는 기술하고 있고 항우연과 민간의 역할에 대한 방향은 수립된 것으로 확인됨

- 주관부처는 한국형발사체개발사업을 통해 민간기업은 엔진제작, 체계조립 및 발사대 건설 등에 적극적으로 참여하여 자생을 위한 기반은 구축되었으나,

- 발사체 개발을 위한 설계, 연구개발 등에는 참여하지 못하여 기술개발 역량 확보의 한계로 자력으로 발사체를 개발하는 것은 현재 불가능함을 설명함

- 다만, 이를 해소해 나가기 위한 구체적인 로드맵은 없으므로 역할분담에 대한 세부적인 장기 로드맵을 수립할 필요가 있음

- 기업의 기술역량은 기업들의 요구조건에 따라 동 사업 외에도 추진중인 한국형 발사체 고도화 사업의 추진과정에서도 습득할 기회가 있어 동 사업만의 차별화된 계획이 요구됨

- 주관부처가 제시하는 발사체 전 과정에 대한 역량 강화를 위해서는 사업추진 단계별 요소기술별 기술이전 및 기업육성 전략이 구체적으로 제시되어야 함

- 또한, 조사진 인터뷰에 참여한 기업의 경우 설계기술확보에 대해서는 SRR 단계부터 참여하기를 희망하는 것으로 다수 응답하고 있으며 해당 단계부터 기술습득을 요구하는 것으로 조사되었으나 해당 단계에서는 항우연이 주도하는 계획임

참여시기	SRR	SDR	PDR	CDR
산업체	80%	20%	-	-

- 주관부처의 기업참여계획 시점은 조사된 인터뷰 결과와 부합되지만 기업의 역할이 제한적이므로 기업수요를 고려한 민간주도 전환을 위해 세부적인 제도과 절차를 구체적으로 마련할 필요가 있음
- 동 사업 추진을 통해 민간에서 발사체 설계, 조립, 제작 기술 등을 모두 확보할 수 있다는 것에 대해서는 적절한 근거나 판단할 수 있는 정보 등이 부족함
 - 민간은 주도할 만한 시장 규모 전망과 적정이윤이 보장된다면 주도적 참여가 가능할 것으로 예측되어 민간주도 사업이 가능한 시나리오 구성 고려 필요
 - 또한, 민간에서 기술 역량을 확보하는 것이 동 사업에 참여해서 정보를 공유하기만 하면 되는지, 우수한 개발자들이 민간으로 유입됨으로써 확보된다는 것인지,
 - 현재 민간도 충분한 역량이 있는데 단순히 경험이 부족한 것인지 등 어떠한 경로를 통해 기술 역량을 확보한다는 것인지 민간주도의 전환을 위한 계획을 구체화하기 위한 고민이 필요
- 한국형 발사체 개발사업의 추진계획을 살펴본 결과 항공우주연구원이 주관기관으로서 개발 초기단계에서 개념설계와 시스템설계를 우선 수행하고
- 이후 산업체는 기본설계부터 참여하여 주관기관과 협동으로 설계 업무를 수행한다는 계획이 제시된 바 있어 동 사업과 추진계획에서의 차별성이 분명하지 않음²⁷⁾



[그림 3-14] 한국형 발사체 개발 산업체 참여 형태

27) 동 사업에서도 시스템설계(SDR)까지의 설계는 항우연이 주도적으로 수행하고, 체계종합기업은 참여하는 것으로 제시

- 또한 발사체의 주요 서브시스템에 대하여 개발 기간 전체에 걸친 개별 기술 분야 간 긴밀한 협력과 효율적인 의사소통을 통한 최적의 의사결정을 목적으로 IPT(Integrated Product/Process Team)조직을 운영할 계획도 제시된 바 있음
- 동 사업이 사업초기부터 민간기업의 참여를 확대하여 기술역량을 강화할 계획이라면 이전 사업과 차별화된 구체적인 주체별 역할과 계획이 제시되어야 함
- 시험발사에 대한 계획이 현재는 구체적이지는 않아 2회 발사시에 달착륙선을 탑재하는 것에 대한 실패율과 위험도가 높을 것으로 예상됨
 - 동 사업에 포함된 발사 횟수는 2회로 제시되어 있는 상황으로 1회 시험발사 후 2회 발사 시 달착륙선을 발사하는 것으로 기획됨
 - 한국형발사체 개발사업에서 분석된 실패율에 대한 분석결과²⁸⁾를 살펴보면 초기 2회 발사에서 실패율이 높게 나타나고 신뢰성 확보를 위하여 통계적으로 유의미한 결과를 얻기 위한 시험 발사회수 확보가 필요하다는 것을 지적하고 있음
 - 이에 성공률을 높이기 위한 시험 발사회수를 증가하거나 시험발사체 발사 시 달착륙선의 스펙과 동일한 더미를 활용하여, 달착륙선의 실제 목표 궤도까지의 성공적인 테스트 결과를 확보하는 등의 실패 대응 계획이 필요할 것으로 판단됨
- 주관부처는 차세대발사체 개발이후 성능 확장 등 개량을 위한 선행기술 개발계획을 제시하고 있으나, 동 사업내에서 추진되어야 할 사유는 불분명함
 - 미래를 대비하는 선행기술의 개발 취지는 인정되나, 해당 기술의 적용과 활용에 대한 계획은 동 사업 내 포함되지 않음
 - 동 사업의 주요연구인 발사체 개발은 2031년 달착륙선의 발사라는 목표가 있지만, 선행기술 개발에서는 미션과 목표가 불분명한 상황
 - 그리고 기술개발의 목표는 실용화 또는 적용 단계까지의 개발이 아니며 동 사업 외 추가적인 사업을 통해서만 상용화 단계까지 개발이 완료될 수 있는 구조임

28) S.D. Guikema & M. E. Pate-Cornell, Reliability Engineering & System Safety Vol. 87, 303-304 (2005).

제 4 장 정책적 타당성 분석

제 1 절 정책의 일관성 및 추진체제

1. 상위계획과의 부합성

- 주관부처가 제시한 상위계획과의 부합성 확보계획은 아래와 같이 제시되었으며 연관성이 높은 「제3차 우주개발진흥기본계획」이 만료 예정이며 「제4차 우주개발진흥기본계획」은 '22.下 발표 예정
 - 현 「제3차 우주개발진흥기본계획」에는 달 착륙선 발사에 한국형발사체를 이용하는 것으로 제시되어 있으나, 한국형발사체의 발사성능으로는 추진이 불가
 - 이에, 주관부처는 향후 국내 개발 위성 발사 및 우주탐사 수요에 대응한 독자적인 발사 능력을 갖추기 위한 한국형 발사체 대비 성능이 향상된 차세대발사체 확보에 대한 내용을 「제4차 우주개발진흥기본계획」 내에 포함할 예정임을 제시함
 - 현재 논의 단계에 있는 「제4차 우주개발진흥기본계획」은 '22.下 발표 예정으로, 우주개발 분야별 정책담당자 및 전문가로 이루어진 분과위원회 (우주안보, 우주사업, 우주수송, 위성, 위성정보활용, 우주탐사, 정책 등 7분과)를 구성하고 의견수렴 과정을 거치는 중이며,
 - 대형위성의 저궤도 투입 성능 향상 및 다양한 우주탐사 임무 수행을 위한 차세대 발사체 개발 추진('23년~)을 통해 달탐사 및 화성 탐사 등 독자적인 우주탐사 프로그램 추진이 가능한 발사성능 확보 목표를 포함할 예정으로 제시함
- 동 사업의 차세대발사체 개발 및 발사계획 조정을 포함하는 「제4차 우주개발진흥기본계획」은 '22.12.21. 최종 의결 및 확정되어 해당 계획과 동 사업의 부합성을 확보함
 - 다만, 해당 계획이 예비타당성조사의 수행 이후 발표되어 조사보고서는 「제3차 우주개발진흥기본계획」을 기준으로 분석된 결과를 작성하였음

- 필수계획인 「제4차 과학기술기본계획」과 우주발사체 분야의 선택군, 기타 계획과 동 사업의 부합성을 조사한 결과, 상위계획과의 부합성은 '대체로 적절'인 것으로 분석됨
- 과학기술 분야 최상위 법정계획인 「제4차 과학기술기본계획」을 필수계획으로 우주 기술 및 산업, 위성정보 관련 계획을 선택군·기타계획으로 분류하여 분석함
 - 주관부처가 제시한 법정계획 중 2건(「제3차 우주개발 진흥기본계획(18~22)」, 「대한민국 우주산업전략」)을 선택군 계획으로 분석하고, 「제2차 위성정보활용 종합계획(19~23)」, 「국가 중점우주기술 개발 로드맵 2.0」을 기타 계획으로 분석함
- 동 사업과 연관성이 높은 「제3차 우주개발진흥기본계획과」의 부합성은 낮은 상황이나 관련 필수계획 및 선택군·기타 계획과 부합성은 높게 나타나 상위계획과의 부합성은 '대체로 적절'인 것으로 판단됨

<표 4-1> 상위계획과의 부합성 조사 결과

구분	계획명	부합성		
		낮음	보통	높음
필수 계획	제4차 과학기술기본계획(18~22)			√
선택군 계획	제3차 우주개발진흥기본계획(18~22)	√		
	대한민국 우주산업전략(18.12.)			√
기타 계획	제2차 위성정보활용 종합계획(19~23)		√	
	국가 중점우주기술 개발 로드맵 2.0(18.3.)			√

<표 4-2> 상위계획과의 부합성 평점 결과

필수계획 선택군 계획	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

가. 제4차 과학기술기본계획

- 「제4차 과학기술기본계획(‘18~’22)」은 「과학기술기본법」 제7조에 따라 수립되는 과학 기술분야 최상위계획으로 향후 5년 간(‘18~’22) 우리나라 과학기술혁신정책의 비전, 목표, 방향 등을 제시하는 중장기 발전전략임
- 본 계획은 미래사회 변화 방향과 과학기술 정책수요를 분석하여 ‘과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여’라는 비전과 4대 전략, 19개 중점추진과제, 120개 중점과학기술을 제시함



[그림 4-1] 「제4차 과학기술기본계획(‘18~’22)」의 전략 및 중점 추진과제
출처 : 관계부처 합동(2018.2.), 「제4차 과학기술기본계획(‘18~’22)」

- 본 계획의 ‘국민이 체감하는 혁신성장동력 육성’ 중점추진과제 및 120개 중점과학기술에 항공·우주 산업과 우주발사체 개발 및 운용 기술이 포함되어 있어 동 사업과 부합성이 높은 것으로 판단됨
- ‘국민이 체감하는 혁신성장동력 육성’ 추진과제 중 ‘유망 산업의 성장동력화 촉진’에 ‘항공·우주 등 첨단기술 산업 육성 지원 등의 내용을 포함하고 있어 동 사업과 부합성이 존재함
- 120개 중점과학기술 중 우주·항공·해양 분류에 중점과학기술로 ‘우주발사체 개발 및 운용 기술’이 제시되어 있어 동 사업의 개발기술과 부합성이 존재함

<표 4-3> 「제4차 과학기술기본계획(‘18~’22)」의 우주분야 중점과학기술

대분류	중분류	중점과학기술
우주·항공·해양	우주	○ 우주발사체 개발 및 운용 기술, 우주환경 관측·감시·분석 기술, 우주 탐사 및 활용 기술

출처 : 관계부처 합동(2018.2.), 「제4차 과학기술기본계획(‘18~’22)」 재구성

나. 「제3차 우주개발진흥 기본계획(‘18~’22)」

- 「제3차 우주개발진흥 기본계획(‘18~’22)」은 우주개발의 체계적 진흥을 위한 우주 분야 최상위 계획으로, 우주개발 정책·목표 방향, 추진체계 및 추진계획 전략, 우주개발을 위한 연구개발 및 결과 활용 등을 제시하고 있음
- 우주개발진흥법 제5조와 동법시행령 제2조에 따라 ‘우주개발 진흥 기본계획’을 매 5년마다 수립하고 있으며, 향후 5년(‘18년~’22년)간의 구체적 우주개발 계획 수립이 주요 목적임
- 그간 발생한 대내 외 여건과 환경 변화를 반영하여 「우주개발 중장기계획(‘14~’40)」(제2차 우주개발진흥 기본계획 수정)을 재검토하였으며, ‘40년까지의 비전과 목표도 함께 제시함
- 동 사업은 「제3차 우주개발진흥 기본계획(‘18~’22)」의 사업 목표 및 내용, 추진전략의 부합도가 낮은 것으로 판단됨

비전 도전적이고 신뢰성 있는 우주개발로 국민의 안전과 삶의 질 향상에 기여

핵심 목표	중소형위성 산업체 주도 발사 ('30~)	한국형 위성항법시스템 구축(-'34)
	소형성궤환선 발사 ('35)	국가위성 민간기업 주도 개발 ('30~)

중점 전략	추진 과제
① 우주발사체 기술자립	1.1 한국형발사체 자력발사 성공 1.2 발사성공을 위한 지원체계 구축 1.3 발사체기술 지속 고도화
② 인공위성 활용서비스 및 개발 고도화·다양화	2.1 국민 생활·안전을 위한 위성서비스 고도화·다양화 2.2 효율적인 국가위성 개발·활용 체계 구축
③ 우주탐사 시작	3.1 달 탐사 본격 착수 3.2 우주감시 고도화 3.3 다양한 우주 과학·탐사 활동 추진
④ 한국형 위성항법시스템 (KPS) 구축	4.1 구축 타당성 예비검토 추진과 사양 확정 4.2 KPS(Korea Positioning System) 구축 전력수립과 추진체계 마련
⑤ 우주혁신 생태계 조성	5.1 다양한 혁신주체 육성 5.2 우주 핵심기술 개발 5.3 우주개발 추진체계 개선 5.4 글로벌 우주협력 강화
⑥ 우주산업 육성과 우주일자리 창출	6.1 우주개발에 민간참여 확대 6.2 우주기술 사업화와 융합 촉진

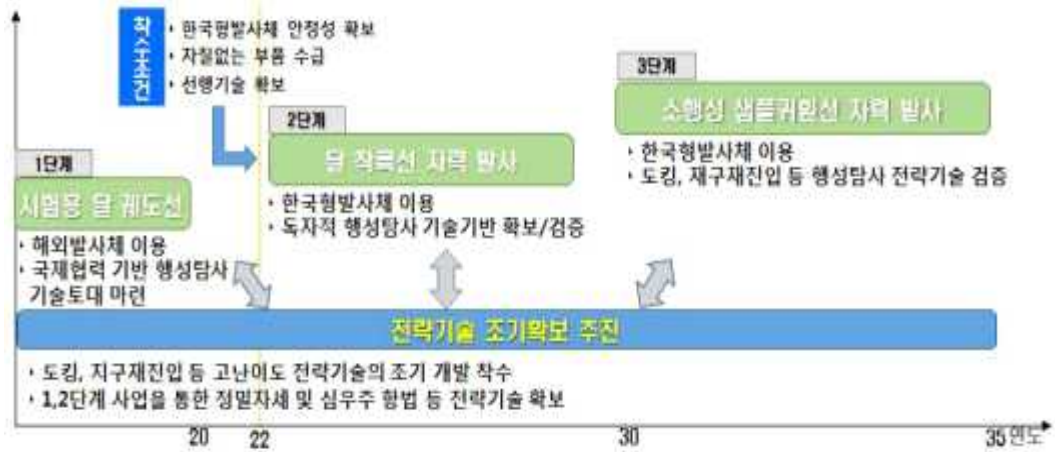
[그림 4-2] 「제3차 우주개발진흥 기본계획('18~'22)」의 비전 및 핵심목표 등 출처 : 국가우주위원회(2018.2.), 「제3차 우주개발진흥 기본계획('18~'22)」

- 우주발사체 기술자립 중점 전략 내에 '1-1. 한국형 발사체 자력발사 성공' 과제에 동 사업의 내용과 부합도가 낮음
 - 해당 과제는 1.5톤 위성을 지구 저궤도에 투입하는 한국형발사체 개발을 제시하며 비행성능 검증을 위한 주엔진과 3단 발사체 본발사 내용을 함께 제시함
 - 동 사업은 한국형발사체(누리호)의 태양동기궤도 투입성능 1.5t => 7t 및 3단 => 2단형 발사체 개발을 위한 내용으로 기획되어 기존 한국형발사체(누리호) 개발이 아닌 차세대발사체 개발로 대폭 수정되었음
- 또한, '1-3. 발사체 기술 지속 고도화'과제는 한국형 발사체의 성능 경제성 향상 및 제작 역량 강화, 신뢰성 향상, 체계종합기업을 중심으로 산업체 컨소시엄 구성을 제시하고 있으나, 추진전략 측면에서 동 사업과 부합성이 떨어진다고 판단됨
 - 해당 내용은 현재 수행중인 한국형발사체 고도화 사업(과학기술정보통신부, 2020년 예비타당성조사)의 한국형발사체 성능개선, 지속 발사를 통한 신뢰성 향상, 산업생태계 자생 가능성 제고와 같은 추진전략을 제시하고 있음

<표 4-4> 「제3차 우주개발진흥 기본계획(‘18~’22)」의 중점전략 및 추진과제 관련 내용

중점 전략	추진 과제	관련 내용
1. 우주 발사체 기술 자립	1-1. 한국형 발사체 자력 발사 성공	<p><input type="checkbox"/> 발사체 기술 자립</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (개발내용) 1.5톤 위성을 지구저궤도에 투입하는 한국형발사체 개발(~’21) ※ 3단 발사체 개발 : 1단(75톤 엔진 4기 클러스터링)+2단(75톤 엔진 1기)+3단(7톤 엔진 1기) ○ (독자개발) 3단 발사체의 제작 시험 발사운영 등 전 과정을 국내 주도로 추진하되, 필요시 개발기술 검증을 위한 국제협력 병행 <p><input type="checkbox"/> 비행성능 검증</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (주엔진 시험발사) 주엔진인 75톤 엔진(1기)으로 구성된 시험발사체 발사(‘18.10.)로 자력 개발 엔진의 최초 비행검증(비행연소 비행절차 확인 등) 실시 ○ (3단 발사체 본발사) 독자 개발한 우주발사체 발사 성공으로 자주적 우주역량을 확보하고 상용위성 발사서비스 제공을 위한 기반 마련 - 주엔진 시험발사 이후, 발사체 개발사업의 추진상황을 종합 검토하여 3단 발사체의 본발사 2회* 실시(’21) * (1차) 시험(더미) 위성, (2차) 실험탑재체를 장착한 우주기술 검증 목적의 소형 과학위성
	1-3. 발사체 기술 지속 고도화	<p><input type="checkbox"/> 자력발사서비스 기반 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (1단계) 한국형발사체를 기반으로 발사서비스 생태계 육성(’21~’25) - 체계종합 기업을 중심으로 산업체 컨소시엄 구성 - 발사체의 성능 경제성 향상 및 제작 역량강화를 위한 R&D프로그램 신설 - 최소 3회* 이상(22년 이후 매년 1회)의 한국형발사체 발사로 신뢰도 향상 ○ (2단계) 국내 위성발사 양산 체계를 통한 가격경쟁력 확보(’26~’30) <p><input type="checkbox"/> 한국형발사체 플랫폼 확장</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (발사영역 확장) 소형과 대형으로 양극화되는 발사 수요 등을 고려하여 확보된 한국형발사체 기술을 다양한 크기의 발사체로 확장 - 500kg이하의 소형 위성 수요증가에 대비, 한국형발사체(1.5t) 기술을 경제성을 갖춘 소형발사체 플랫폼으로 연계 확장(’25~’30) - 저궤도 대형위성, 정지궤도위성(3톤 이상) 등 다양한 우주임무 수행 관련 국내수요가 풍부할 경우 대형발사체 플랫폼 관련기술 확보(’30~’40) ○ (발사장 확장) 다양한 발사 임무 및 추진기관 개발을 위한 발사장 확장 운용
5. 산학연의 우주혁신 역량강화	5-1. 다양한 혁신 주체 육성	<p><input type="checkbox"/> 자력발사서비스 기반 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (발사체개발) ADD, 기계연, 표준연 등의 중복 개발 방지와 발사체 개발 속도 제고를 위해 기술개발 전략 수립시 사전협의 강화 ※ 발사체 기술로드맵 공유와 공동 발전전략 수립을 위한 발사체기술협력협의체 구성·운영

출처 : 국가우주위원회(2018.2.), 「제3차 우주개발진흥 기본계획(‘18~’22)」 재구성



[그림 4-3] 「제3차 우주개발진흥 기본계획(‘18~’22)」의 우주탐사 추진 로드맵

출처 : 국가우주위원회(2018.2.), 「제3차 우주개발진흥 기본계획(‘18~’22)」

- 우주탐사 시작 중점 전략 내에 ‘3-1. 달 탐사 본격 착수’ 과제는 동 사업의 내용과 부합도가 낮음
 - 해당 과제는 지난 8월 5일 미국 민간우주기업 스페이스X의 팰컨9 로켓을 활용하여 달 궤도선 ‘다누리호’를 발사하며 ‘1단계 시험용 달 궤도선-해외발사체 이용’을 차질 없이 이행함
 - 해당 계획은 ‘2030년까지 2단계 달 착륙선 자력 발사’에 한국형발사체를 이용하는 것으로 제시되어 있으나 주관부처(과학기술정보통신부)는 한국형발사체의 성능으로는 성공여부가 불확실하다고 판단해1), 동 사업(차세대발사체)을 통해 자력 발사하는 계획을 수립 후 추진 중2)이나 이는 해당 계획에 반영되지 못함
 - 관련하여 주관부처(과학기술정보통신부)는 현재 논의 단계에 있는 제4차 우주개발진흥기본계획(‘22.下 발표 예정)에 대형위성의 저궤도 투입 성능 향상 및 다양한 우주탐사 임무 수행을 위한 차세대발사체 개발 추진(‘23년~)을 통해 달탐사 및 화성 탐사 등 독자적인 우주탐사 프로그램 추진이 가능한 발사 성능 확보 목표를 포함할 예정임을 제시함3)

1) 기존 한국형발사체로는 저궤도 대형위성 및 정지궤도위성(3t 이상) 발사가 불가능하고 달착륙선 발사 또한 불확실하여 국가우주임무 수행에 차질이 예상되는 바, 발사체 기술 자주권 확보 및 선진화의 국가 전략적인 측면에서 성능이 대폭 고도화된 차세대발사체의 개발이 반드시 필요(주관부처 2차 추가 제출자료 32p 인용)

2) 주관부처 2차 추가 제출자료 32p 참고

3) 주관부처 2차 추가 제출자료 33p 참고

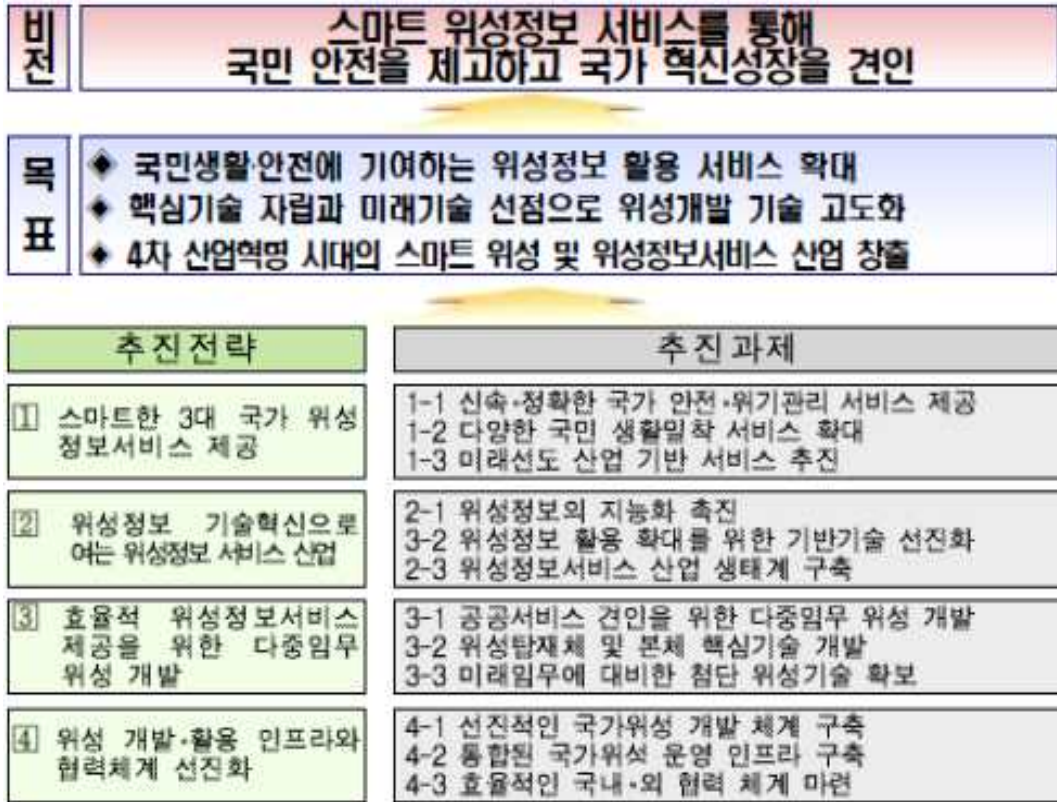
<표 4-5> 주관부처가 제시한 「제4차 우주개발진흥 기본계획」의 동 사업 관련 주요 내용

제4차 우주개발진흥기본계획 차세대발사체 관련 주요 내용(예정)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 대형위성의 저궤도 투입 성능 향상 및 다양한 우주탐사 임무 수행을 위한 차세대발사체 개발 추진 <ul style="list-style-type: none"> ※'30년 달 궤도 투입 성능검증 위성 발사, '31년 달착륙선 발사 예정 ○ 성능의 확대 및 미래 소요 기술(재사용 등) 등에 대한 요구 등을 반영할 수 있는 확장성을 보장하도록 개발 추진 ○ 국내에서 확보하게 될 다양한 발사체(소형, 중형, 대형)의 활용도를 높이기 위해 국내 개발 위성에 대한 발사체별 발사 포트폴리오 구축

- 다만, 해당 계획의 “발사체의 성능·경제성 향상 및 제작 역량 강화를 위한 R&D 프로그램 신설” 계획은 동 사업의 내용과 다소 부합함
 - 저궤도 대형위성, 한국형 위성항법시스템 구축, 달착륙선 발사 등의 발사수요 대응을 위한 추진근거가 일부 확보됨

다. 「제2차 위성정보 활용 종합계획('19~'23)」

- 「제2차 위성정보 활용 종합계획」에 따른 국가 위성발사 수요를 동 사업에서 활용 가능한지 살펴본 결과, 동 사업과의 부합도는 낮은 것으로 판단됨
- 「제2차 위성정보 활용 종합계획」은 「제3차 우주개발진흥기본계획」이행을 위해 수립된 위성 개발에 대한 세부계획으로 위성정보 활용 서비스 확대, 위성개발 기술 고도화, 스마트 위성 및 위성서비스 산업 창출 등을 목표로 함
- 본 계획의 3번째 추진전략 중 '3-3. 미래임무에 대비한 첨단 위성기술 확보'과제에 현재 추진 중인 기술검증 위성으로 한국형발사체 발사성능 검증용으로 탑재하는 200kg급 소형위성과 중형위성 3호('23년) 개발이 제시되어 있을 뿐 동 사업과 관련된 내용은 반영되지 않음
 - 주관부처(과학기술정보통신부)는 동 사업 기획보고서를 통해 제시한 2031년~2040년까지의 총 22기의 위성 및 우주탐사 수요를 반영하여, 「제4차 우주개발진흥기본계획」이행을 위한 「제3차 위성정보 활용 종합계획」(가칭)의 수립이 필요하다고 판단됨



[그림 4-4] 「제2차 위성정보 활용 종합계획(‘19~’23)」의 비전 및 핵심목표 등
출처 : 국가우주위원회(2018.12), 「제2차 위성정보 활용 종합계획(‘19~’23)」

<표 4-6> 「제2차 위성정보 활용 종합계획(‘19~’23)」상 과학임무/기술검증 위성 관련내용

추진전략	추진과제	현재 추진 중인 과학임무와 기술검증 위성
3. 효율적 위성정보 서비스를 위한 다중임무 위성 개발	3-3. 미래 임무에 대비한 첨단 위성기술 확보	<input type="checkbox"/> 과학임무 기술검증 전용위성 개발 체계 마련 <input type="checkbox"/> (과학임무) 우주폭풍, 별탄생 역사, 우주방사선 환경 연구를 위한 과학탑재체를 개발하여 차세대소형위성 1호(‘18) 2호(‘21)에 탑재 <input type="checkbox"/> (기술검증) 한국형발사체 발사성능 검증용으로 탑재하는 200kg급 소형위성을 활용한 핵심기술 검증 추진(‘21, 한국형발사체 2차 시험발사) - 발사체 성능검증용 중형위성 3호(‘23년) 개발 시 핵심기술 검증 추진

출처 : 국가우주위(2018.12), 「제2차 위성정보 활용 종합계획(‘19~’23)」, 재구성

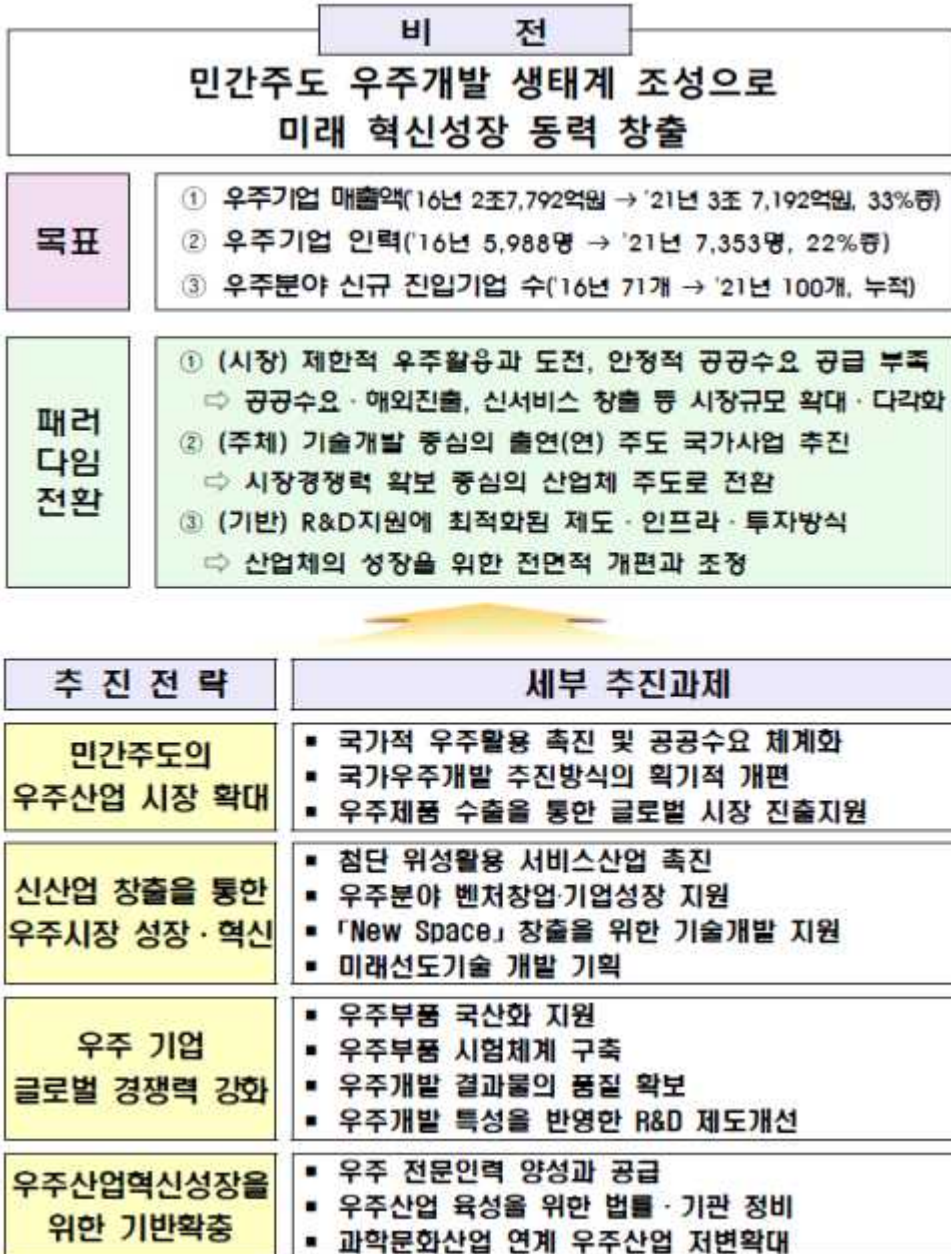
라. 대한민국 우주산업전략('18.12)

- 「대한민국 우주산업전략」은 '1. 민간 주도의 우주산업시장 확대' 전략에 '2)국가우주 개발 추진방식의 획기적 개편' 세부과제를 제시하고 있는데, 해당 세부과제에 한국형발사체 개발사업의 후속사업 추진을 통한 기술이전 및 민간주도 생태계 구축 내용이 제시되어 동 사업과 높은 부합도를 가짐
- '2)국가우주개발 추진방식의 획기적 개편' 세부과제에는 기업 중심의 발사체 신뢰도 제고 및 상업적 경쟁력 강화를 위한 후속사업을 추진하여 항우연 보유 기술을 민간으로 이전(1단계)하고, 체계종합기업이 단독으로 발사체 사업을 주도(2단계) 하는 내용이 제시됨
- New-Space 시대로 우주산업에서의 민간 부문의 역할이 확대됨에 따라 동 사업은 추진전략② : '민간의 기술개발 역량 강화를 위한 R&D 지원'을 통해 민간 기술개발 역량 강화를 제시하고 있으며 이는 해당 전략의 내용과 부합함

<표 4-7> 「대한민국 우주산업전략」의 실행전략 관련 내용

추진 전략	세부 과제	관련 내용
1. 민간 주도의 우주산업 시장 확대	2.) 국가 우주 개발 추진 방식의 획기적 개편	<ul style="list-style-type: none"> □ 정부우주 프로그램의 기업주관 이관시기를 명시하고 체계적인 기술이전을 실시하여 민간주도 생태계로 유도 ④ (한국형발사체) 한국형발사체 개발사업을 기반으로 산업체 주도 시장조성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 기업 중심의 발사체 신뢰도 제고 및 상업적 경쟁력 강화를 위한 후속사업 추진('19년 예타 수행) <ul style="list-style-type: none"> - (1단계, 신뢰도 확보) 주관기업(또는 컨소시엄)을 선정, 제작·발사를 항우연과 공동 수행하여 보유기술, 노하우를 체계적으로 이전 - (2단계, 상업적 경쟁력 확보) 주관기업(또는 컨소시엄) 주관으로 사업체계를 변경, 경제성, 효율성이 개선된 발사체 개발 ○ 매년 1기 이상 발사 물량 확보를 추진해 산업체의 참여환경을 개선하고 지속적인 투자를 유도

출처 : 관계부처 합동(2018.12.), 「대한민국 우주산업전략」 재구성



[그림 4-5] 「대한민국 우주산업전략」의 비전 및 목표, 추진전략 등

마. 「국가 중점우주기술 개발 로드맵 2.0」(2018.3)

- 「국가 중점우주기술 개발 로드맵 2.0」은 「제3차 우주개발 진흥 기본계획」 수립(18.2)에 따른 발사체, 달 탐사 일정 조정, 변화된 비전과 목표를 반영한 기술 로드맵임
- 우주개발 자립에 필요한 수요기술 중 '30년까지 우선적 확보 또는 관리가 필요한 기술'을 '중점기술'로 선정하며 본 로드맵에서는 전체 761개 기술 중 235개가 선정(31%)되었음⁴⁾
- 발사체의 경우 전부 독자개발이 필요하나, 장기개발이 필요한 발사체 특성을 고려하여, 수요기술 중 전략성이 높은 기술 124개(53%)를 선정하였으며, 이 중 발사체 본체는 56개(24%), 발사체 엔진은 68개(29%)로 발사체 엔진이 5개 대분류 중 가장 높은 비중을 차지함

<표 4-8> 「국가 중점우주기술 개발 로드맵 2.0」의 대분류별 중점기술 선정 비율

대분류	전체 수요기술	중점기술	선정 비율
위성 본체	229	40(17%)	17.5%
위성 탑재체	90	45(19%)	50.0%
발사체 본체	149	56(24%)	37.6%
발사체 엔진	136	68(29%)	50.0%
우주관측탐사	157	26(11%)	16.6%
합계	761	235(100%)	30.9%

출처 : 과기정통부(2018.3.), 「국가 중점우주기술 개발 로드맵 2.0」

- 본 로드맵은 발사체 본체 및 엔진과 관련된 중점기술을 선정하고, 개발전략으로 후속 R&D사업을 제시하고 있어 동 사업과 부합도가 높음
- 발사체 본체의 56개 중점기술 모두 한국형발사체 및 후속사업(성능개량, 소형발사체 등)에 공통 적용 가능하며, 52개 기술은 체계사업(한국형발사체개발사업과 후속 R&D사업)을 통해 개발하겠다고 제시하고 있음
- 발사체 엔진 68개 중점기술 중 한국형발사체개발사업으로 확보 중인 기술은 36개이며, 42개 기술 또한 한국형발사체개발사업과 후속 R&D사업을 통해 개발하겠다고 제시하고 있어 부합도가 높은 것으로 판단됨

4) 수요기술별로 전략성, 시급성, 경제성을 각각 상, 중, 하로 정량평가하며 일부기술은 정성평가도 병행함

<표 4-9> 「국가 중점우주기술 개발 로드맵 2.0」의 발사체 분류별 로드맵 내용

대분류	로드맵 내용
발사체 본체 (56개)	<ul style="list-style-type: none"> ○ (선정기술 현황) 56개 전부 한국형발사체 및 후속사업(성능개량, 소형발사체 등)에 공통으로 적용할 기술로 구성 <ul style="list-style-type: none"> - 한국형발사체개발 사업으로 확보 중인 기술: 40개 - 달탐사를 위한 자력발사 기반 관련 기술: 3개 - 한국형발사체과 연계한 소형발사체 확장 관련 기술: 13개 - 소형발사체에 활용될 전기펌프식 상단엔진 기술: 6개 ○ (개발전략) 전부 수입이 불가능하므로 자력 확보와 성능·경제성 향상 및 제작 역량강화를 위한 기술력 제고를 목표로 개발 <ul style="list-style-type: none"> ※ 한국형발사체개발사업으로 기술 확보, 후속 R&D사업으로 신뢰성·경쟁력 제고 ※ 한국형발사체로 확보한 기술은 소형과 대형 발사체 플랫폼 기술로 연계·확장 - 52개 기술은 체계사업(한국형발사체개발사업과 후속 R&D사업)을 통해 개발하고 출연연 주요사업을 통해 4개 기술 선행개발 추진
발사체 엔진 (68개)	<ul style="list-style-type: none"> ○ (선정기술 현황) 한국형발사체사업으로 개발 중인 36개 기술과 성능향상 등에 필요한 기술 32개로 구성 <ul style="list-style-type: none"> - 한국형발사체개발 사업으로 확보 중인 기술: 36개 - 달 탐사용 고체모터 기술: 4개 (연소관, 노즐목부, 노즐잡입부, 노즐확장부) - 한국형발사체·대형발사체용 상단 엔진기술(다단연소 싸이클): 22개 ○ (개발전략) 한국형발사체의 메인 엔진기술과 중요도가 높은 상단 엔진기술, 대형 발사체 상단 엔진 수요기술 확보를 목표로 개발 <ul style="list-style-type: none"> ※ 한국형발사체로 확보한 엔진기술은 소형과 대형발사체 플랫폼 기술로 연계·확장 - 42개 기술은 체계사업(한국형발사체개발사업과 후속 R&D사업)을 통해 개발하고, 기술개발사업과 출연연 주요사업으로 26개 기술 선행개발 추진

출처 : 과기정통부(2018.3.), 「국가 중점우주기술 개발 로드맵 2.0」 재구성

2. 사업 추진체제 및 추진의지

가. 관련사업과의 차별성

(1) 유사 사업과의 차별성

- 동 항목에서는 예산요구서, NTIS 등에서 제공하는 연구개발 사업 관련 자료를 활용하여 우주발사체 관련 유사·유관 사업을 선정하고, 사업 목적, 사업 내용, 지원대상, 추진체제 측면에서 동 사업과의 차별성 및 성과연계의 적절성을 분석함
- 국가 계획에 따라 기획된 동 사업의 경우에는 중복성에 대한 검토보다 기존 사업의 연구성과 및 연구결과의 활용 등 연계 정도를 중요하게 검토할 필요가 있음
- 주관부처는 동 사업과 중복성이 있는 사업은 없지만, 성과 연계가 될 수 있는 사업

으로 선행사업인 '한국형발사체개발사업'을 비롯하여 '우주핵심기술개발사업', '한국항공우주연구원 연구운영비 지원사업'을 제시함

- 예비타당성조사 연구진은 '한국형 발사체 개발사업', '한국형 발사체 고도화사업', '스페이스챌린지', '스페이스파이오니어', '한국항공우주연구원 연구운영비 지원사업', '우주중점기술개발사업', '달 탐사 사업'을 대상으로 동 사업과 차별성을 조사함

<표 4-10> 차별성 및 연계방안 조사 대상 사업

부처	사업명	사업 기간	22년 정부예산
과학기술 정보통신부	한국형 발사체 개발사업	'10~'22	73억 원
	한국형 발사체 고도화사업	'22~'27	180억 원
	스페이스파이오니어	'21~'30	177억 원
	스페이스챌린지	'20~'28	104억 원
	한국항공우주연구원 연구운영비 지원사업 中 액체엔진 고성능화 선행기술 연구	'17~'24	1,467억 원
	우주중점기술개발사업	'18~'21	-
	달 탐사 사업	'16~'22	201억 원

□ 동 사업과 발사체 분야 유사·유관 사업의 차별성 및 연계방안 검토 결과, 동 사업은 대부분의 조사대상 사업들과 차별성이 인정되나 '스페이스챌린지' 사업과의 유사성은 높은 것으로 판단됨

- 한국형 발사체 개발사업, 항우연 연구운영비 사업 內 '액체엔진 고성능화 선행기술 연구', 우주중점기술개발은 사업목적 및 내용, 추진단계 등을 고려할 때 동 사업과 차별성이 인정되며 활용 가능성이 크므로 동 사업의 효과적인 추진을 위해 해당 사업에서 창출되는 성과들을 적극적으로 연계할 필요성이 높음
 - 주관부처는 '한국형발사체개발사업', '한국항공우주연구원 연구운영비 지원사업'과의 차별성과, 성과 연계 활용 방안을 적절히 제시함
 - '스페이스파이오니어' 사업은 소형발사체를 개발한다는 측면에서 차별성이 있으나, 요소기술의 활용 가능성이 크므로 성과 활용 및 연계 필요성이 있음
 - '스페이스챌린지' 사업의 경우 2030년 이후 발사체 적용을 위한 미래기술 확보를 목적으로 수행되고 있어 동 사업의 발사체 선행기술개발과 유사성이 높은 것으로 판단됨

<표 4-11> 동 사업과 주요 유사사업들의 사업목적 및 내용 비교

구분	동 사업	한국형 발사체 고도화사업	한국형발사체 개발사업	스페이스 파이오니어 (우주핵심기술개발 후속사업)	한국항공우주연구원 연구운영비 지원 (액체엔진 고성능화 선행기술 연구)
주관부처	과학기술정보통신부	과학기술정보통신부	과학기술정보통신부	과학기술정보통신부	과학기술정보통신부
총사업비	1조 9,330억 원 (국고 1조9,190억 원)	6,873억 원	1조 9,572억 원	2,115억 원 (국고 1,626억 원)	213억 원
사업기간	2023~2031	2022~2027	2010~2022	2021~2030	2017~2024
사업목적	국가 우주개발 수요대응 및 자주적 우주탐사 역량 확보를 위한 차세대발사체 개발 및 미래 선도기술 역량확보	한국형발사체 임무수행역량 강화 및 민간주도 발사 및 서비스 기반 구축	독자적인 우주발사체 기술 확보를 통한 우주개발 역량 강화 및 미래 성장기반 마련	첨단 우주부품 개발 지원을 통해 국가 우주기술 역량 향상 및 우주산업 생태계 선순환 기반 마련	한국형발사체 이후발사체에 적용할 수 있는 고성능 다단 연소 사이클 엔진 선행 기술개발
세부내용	<ul style="list-style-type: none"> 7톤급 실용위성을 태양동기궤도(SSO)에 투입할 수 있는 발사체 개발 및 미래선도기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 한국형발사체 기술 이전 지속적 발사 수행 	<ul style="list-style-type: none"> 1.5톤급 실용위성을 지구 저궤도(600-800km)에 투입할 수 있는 발사체 개발 및 우주발사체 기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> (발사체) 수출통제 품목인 소형 발사체의 경쟁력 확보를 위한 중점기술 조기 개발 (위성) 실용급 위성 및 정지궤도 위성체계사업에 요구되는 중점기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 다단 연소 사이클 엔진 파워팩 및 연소기 시험 시험 결과를 반영한 다단 엔진 시스템 및 구성품 제작/시스템 조립
성과지표	<ul style="list-style-type: none"> 목표대비 진척도(%) 기술 달성도(TRL) 10억 원 당 국내 특허등록 수 차세대 발사체 개량 및 고도화 기술 확보율 	<ul style="list-style-type: none"> 목표대비 진척도(%) 기술달성도(TRL) 기술이전 대상 문서 기술이전율(%) 참여기업 대상 기술지도 건수(건) 	<ul style="list-style-type: none"> 한국형 발사체 기술달성도(%) 산업체 기술이전 및 기술지도 건수(건) 한국형 발사체 국산화율(%) 	<ul style="list-style-type: none"> 핵심기술 국산화율(%) 수입대체 금액(억원) 우수 기술이전 건수(건) 개발기술 활용수(건) TRL 단계 	<ul style="list-style-type: none"> 국내/외 특허출원 국내/외 학술발표 국내/외 논문게재 다단연소사이클 엔진 시스템 해석 다단연소사이클 파워팩-연소기 연계시험 엔진 다점화 요소기술 개발
추진체계	<ul style="list-style-type: none"> 연구관리전문기관: 한국연구재단 주관기관: 한국항공우주연구원 - 추진분야1: 체계 종합사업 - 추진분야2: 한국항공우주연구원 	<ul style="list-style-type: none"> 연구관리전문기관: 한국연구재단 주관기관: 한국항공우주연구원 추진방식: 사업단 선정방식 	<ul style="list-style-type: none"> 연구관리전문기관: 한국연구재단 주관기관: 한국항공우주연구원 추진방식: 사업단 선정방식 	<ul style="list-style-type: none"> 연구관리전문기관: 한국연구재단 우주환경시험기관 성과물의 지상 시험 검증 수행 및 공인 시험검증 성적서 발급 추진방식: 사업단 선정방식 	<ul style="list-style-type: none"> 주관기관: 한국항공우주연구원

출처 : 기획보고서, 예산요구서 재가공

1) 한국형 발사체 개발사업('10~'22)

- 과학기술정보통신부 '한국형 발사체 개발사업'은 '10년부터 수행되어 '22년 종료 예정으로 1.5톤급 실용위성을 지구저궤도에 투입할 수 있는 우주발사체 개발 및 액체엔진 기술 확보를 내용으로 함
- 동 사업은 '한국형발사체개발사업' 발사체의 성능을 상회하는 발사체의 개발을 목적으로 하여 사업목적, 기술개발 목표 등에서 차별성이 존재하며, '한국형 발사체 개발 사업'에서 개발된 부품과 기술의 성과 뿐 아니라 기구축 시설·장비와 인력의 연계가 필요하다고 판단됨
 - 성과 연계 측면에서 기존 한국형 발사체 개발사업을 통해 구축한 인프라 및 75톤급 액체엔진 등 확보한 기술 연계 및 시험발사대와 같은 기구축 시설 및 장비는 동 사업에서 개조 등을 통해 활용될 예정이며, 한국항공우주연구원 한국형발사체 개발사업본부 인력과 일부 민간기업의 연속적인 참여가 이루어질 것으로 판단됨
 - 추진전략 측면에서 '한국형 발사체 개발사업'은 민간기업이 발사체 부품 개발에 참여하는 형태였다면 동 사업에서는 체계종합기업이 발사를 주관할 거라는 점에서 차별성이 있음

<표 4-12> 한국형발사체개발사업 개요

사업명	한국형발사체 개발사업					
사업기간	'10.3월~'22.10월(11년)		사업유형	개발연구		
총사업비	19,572억 원(전액 국고) / '21년까지 투입액 : 19,499억 원					
사업내용	○ 독자 우주수송 능력 확보를 위해 1.5톤급 실용위성을 지구저궤도(600km~800km)에 투입할 수 있는 우주발사체 개발 및 액체엔진 기술 확보					
'21년 요구내용	○ 한국형발사체 2회 발사를 위한 발사체 제작, 시험, 발사 관련 예산 지원 필요 - 한국형발사체 비행모델(2호기) 제작, 비행모델(3호기) 구성품 제작 및 2회 발사 - 추진기관(7톤/75톤급 액체엔진, 추진기관 등) 개발/ 추진기관, 액체엔진 시험설비 구축/구조체 개발 / 유도항법 및 제어시스템 / 체계종합 및 지상장비 개발 / 열청정 및 화재안전시스템 개발					
주관부처	과학기술정보통신부 거대공공연구정책관 우주기술과					
전담기관	(연구관리전문기관) 한국연구재단					
수행기관	(주관기관) 한국항공우주연구원, (참여기관) 국내 산업체					
정부연구비*(억 원)	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	1,760	1,760	1,596	2,000	1,718	73

출처 : 2022 예산요구서

* '17~20년은 결산액, '21~22년은 요구액

2) 한국형 발사체 고도화사업('22~'27)

- 과학기술정보통신부 '한국형 발사체 고도화사업'은 한국형발사체 반복발사(신뢰성 향상)을 통한 우주수송능력 확보 및 체계종합기업 발굴/육성을 목적으로 함
- 동 사업은 민간으로의 기술이전이 아닌 민간과의 공동연구개발을 통한 민간의 기술 개발 역량 강화를 목적으로 하여 사업목적, 기술개발 목표 등에서 차별성이 존재하며, 한국형 발사체 고도화사업에서 개발된 부품과 기술의 성과 뿐 아니라 기구축 시설·장비와 인력의 연계가 필요하다고 판단됨
- 성과연계 측면에서 '한국형 발사체 고도화사업'을 통해 실시한 발사체 개발 전주기 기술이전 및 반복발사를 통해 발사체 제작을 총괄하는 주관기업 역할 수행 및 체계종합기업으로서의 성장기반을 마련하고 한국항공우주연구원과의 공동연구를 통해 향후 국가 우주산업을 주도하는 체계종합기업으로서의 기술개발 역량 확보가 향상될 수 있을 것으로 판단됨
- 시험발사대와 같은 기구축 시설 및 장비는 동 사업에서 개조 등을 통해 활용될 예정이며, 항우연 한국형발사체개발사업본부 인력과 일부 민간기업의 연속적인 참여가 이루어질 것으로 판단됨

<표 4-13> 한국형 발사체 고도화사업 개요

사업명	한국형 발사체 고도화사업		
사업기간	'22~'27(6년)	사업유형	개발연구
총사업비	6,874억 원(전액 국고)		
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한국형발사체 반복발사(신뢰성 향상)을 통한 우주수송능력 확보 및 체계종합기업 발굴/육성 - 한국형발사체의 성능 개선을 통해 임무 범위를 확대하여, 국가위성발사 및 우주탐사 수요에 대응 - 한국형발사체 개발 기술의 민간 이전과 개량형 발사체 공동 연구를 통해 발사체 전주기 기술력(설계-제작-조립-발사운용)을 갖춘 기업 육성 		
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 항우연 보유 발사체 개발 기술을 체계종합기업으로 단계적 기술이전 및 반복발사 지원(4회) - (단계적 기술이전) 항우연 보유의 한국형발사체(KSLV-II) 전주기(설계·제작·시험·발사운용) 기술의 전략적 민간이전을 통한 산업생태계 역량 강화 및 민간주도 발사서비스 기반 구축 - (반복발사 지원) 한국형발사체를 활용한 국가 위성 및 우주탐사 계획의 발사수요 대응, 발사체 시스템 및 프로세스 신뢰성 향상 (한국형발사체(KSLV-II) 4회('22, '24, '26, '27) 발사) 		
주관부처	과학기술정보통신부 거대공공연구정책관 우주기술과		
전담기관	(연구관리전문기관) 한국연구재단		

수행기관	(주관기관) 한국항공우주연구원, (참여기관) 국내 산업체 등					
정부연구비* (억 원)	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	180	2,644	2,262	2,836	-	-

출처 : 2022 예산요구서

* '22년은 요구액, '23년~25년은 '21~'25 국가재정운용계획(안) 상 금액

3) 스페이스파이오니어사업('21~'30)

- 과학기술정보통신부 '스페이스파이오니어사업'은 '19년 일몰된 '우주핵심기술개발사업'의 후속사업으로 발사체, 위성 등 체계사업에 사용되는 주요 부품의 국산화 기술을 확보하고, 국내 기업의 글로벌 경쟁력 강화를 목표로 하는 사업임
- 소형 발사체의 경쟁력 확보를 위해 소형발사체 기체시스템과 추진시스템 기술을 개발하고자 하며, 10년('21~'30)의 사업기간 동안 총 2,115억 원이 투입될 예정임
- 동 사업은 대형발사체의 개발에서부터 발사까지를 포함하고 있으나, '스페이스파이오니어사업'은 소형발사체 관련 기술을 TRL 7단계까지 개발하는 것을 목표로 하여 사업간 차별성이 인정됨
- '스페이스파이오니어사업'은 체계개발 계획과 연계하여 직접 활용될 수 핵심기술 개발을 위한 사업으로 대형발사체를 위한 체계활용 기술은 전무하며 소형발사체를 위한 단간 엄빌리컬, 소형발사체 에비오닉스 등의 기술 확보를 목표로 함
- 성과 연계 측면에서 스페이스파이오니어사업에서 정지궤도 위성체에 필요한 중점 기술의 자립화 성공 후 동 사업에 연계·활용을 통해 ITAR등 국제적 위협 요인을 제거할 수 있으며 우주기술 국산화를 통한 우주개발 비용 절감 성과 활용으로 중장기적 지원 기반을 구축할 가능성이 존재함
- 추진 전략 측면에서 부처 및 관리기관 등 동 사업 추진체계와의 유사성이 존재하고, 사업기간 또한 동 사업과 거의 일치하므로 성과를 긴밀히 연계할 필요가 있음

<표 4-14> 스페이스파이오니어사업 개요

사업명	스페이스파이오니어사업		
사업기간	'21~'30(10년)	사업유형	개발연구
총사업비	2,115억 원(국고 1,626.4억 원, 민간 490억 원)		
사업목표	○ 첨단 우주부품 개발 지원을 통해 국가 우주기술 역량 향상 및 우주산업생태계 선순환 기반 마련		
사업내용	○ (발사체) 수출통제 품목인 소형 발사체의 경쟁력 확보를 위한 중점기술 조기 개발 - 소형발사체 기체시스템 중점기술 : 500kg급 위성수송을 위하여 소형발사체 상단에 활용 가능한 기체시스템 개발(2,720백만 원)		

	<ul style="list-style-type: none"> - 소형발사체 추진시스템 중점기술 : 500kg급 위성수송에 최적화된 소형발사체 상단용 고성능 소형 엔진 개발 ○ (위성) 실용급 위성 및 정지궤도 위성체계사업에 요구되는 중점기술 확보 - 위성본체 중점기술 : 저궤도 실용급 위성체의 성능향상 및 개발 경험이 없는 정지궤도 위성체의 기동 및 제어에 필요한 중점기술 자립화 - 위성탑재체 중점기술 : 대부분 전량 해외수입에 의존하고 있는 위성탑재체 주요 중점기술의 국산화 ○ 스페이스파이오니어사업단 및 기술관리팀 운영 			
주관부처	과학기술정보통신부 거대공공연구정책관 거대공공연구정책과			
전담기관	(연구관리전문기관) 한국연구재단			
수행기관	(주관기관/참여기관) 대학, 출연(연), 산업체 등			
지원조건	일반회계 주요R&D /출연(총사업비의 3/4이내 정부매칭)			
정부연구비* (억 원)	2021	2022	2023	2024
	77	177	295	286

출처 : 2022 예산요구서 * '21년은 예산액, '22년은 예산요구액, '23년~'24년은 국가재정운용계획(안) 상 금액

4) 스페이스챌린지사업('22~'28)

- 과학기술정보통신부 '스페이스챌린지사업'은 도전적·혁신적 우주분야 미래선도기술 ('30년 이후 대비)을 선행 개발하기 위해 다학제가 참여하는 창의적 집단연구를 지원하는 사업임
 - 시장경쟁 중심의 뉴스페이스 시대에 대비하여, 기존의 추격형 우주기술 확보 전략을 선도형 전략으로 전환 추진하고자 하며, 9년('20~'28)의 사업기간 동안 총 480억 원 내외의 예산이 투입될 예정임
- 동 사업을 통해 개발하고자 하는 발사체 선행기술은 차세대발사체 이후 차차세대발사체(KSLV-IV)(가칭) 등에 사용 가능한 기술을 개발하는 것에 중점을 두고 있으며, '스페이스챌린지사업'의 경우 2030년 이후 발사체 적용을 위한 미래기술을 목적으로 수행되어 유사성이 높은 것으로 판단됨
 - '스페이스챌린지사업'은 빠르게 변화되고 있는 우주 발사체 기술 개발 속도를 추격하고, 차세대발사체의 미래 확장성과 재사용발사체 기술개발의 단계적 기술 확보를 위해 차세대발사체 개발 사업 내에 '20년대와 '30년대의 우주발사체 기술을 연결할 수 있는 선행개발 내용이 포함됨
 - 주관부처는 2차 추가제출자료를 통해 '스페이스챌린지사업'의 미래선도 기술 확보를 위한 이론적-기초적인 연구주제와 함께 동 사업의 실용급 체계응용 기술개발이 추진되어야만 체계활용에 대한 연계성이 확보될 수 있다고 제시함

- 다만, 추진 목적 및 전략, 관리측면에서는 부처 및 관리기관 등 동 사업 추진체계와의 유사성이 존재하고 사업기간 또한 동 사업과 중복되므로 동 사업의 발사체 선행기술 연구개발 부분에 대한 통합운영 방안도 고려할 필요가 있음

<표 4-15> 스페이스챌린지사업 개요

사업명	스페이스챌린지사업				
사업기간	'20~'28(9년)		사업유형	응용연구	
총사업비	480억 원 내외				
사업목표	○ 도전적·혁신적 우주분야 미래선도기술*(30년 이후 대비)을 선행 개발하기 위해 다학제가 참여하는 창의적 집단연구를 지원 * 시장경쟁 중심의 뉴스페이스 시대에 대비하여, 기존의 추격형 우주기술 확보 전략을 선도형 전략으로 전환 추진				
사업내용	○ 우주 시스템 개발 및 활용 등 목적 하에 재료·소재, SW, 전자 등 다양한 분야의 연구자가 참여하는 도전적·혁신적 연구 수행을 지원 ○ 우주분야 기술적 난제를 해결하고, 발사체·위성체의 개발 및 활용과 우주관측 장비 등에 활용 가능한 기초수준 연구개발 성과 공급 ○ 우주분야 인력양성, 기초기술 개발 등 국가 우주개발에 필요한 인적·물적 자원을 공급하여 안보·전략적 성과와 경제적 잠재성을 확보				
주관부처	과학기술정보통신부 거대공공연구정책관 거대공공연구정책과				
전담기관	(연구관리전문기관) 한국연구재단				
수행기관	(주관기관/참여기관) 대학, 출연(연), 산업체 등				
연구주체	우주개발분야 전문가를 포함하여 2인 이상으로 구성된 컨소시엄				
정부연구비* (억 원)	2020	2021	2022	2023	2024
	10	40	104	80	90

출처 : 2022 예산요구서

* '20년은 집행액, '21~'22년은 예산요구액, '23년~'24년은 국가재정운용계획(안) 상 금액

5) 한국항공우주연구원 연구운영비 지원('90~계속)

- 과학기술정보통신부 '한국항공우주연구원 연구운영비 지원'사업에 '액체엔진 고성능화 선행기술 연구'이 포함되며, 해당 연구는 동 사업의 상단엔진(다단연소사이클) 개발 내용과 유사하나, 개발단계 측면에서는 차별성이 인정되므로 성과물의 연계는 필수적이라고 판단됨
- '액체엔진 고성능화 선행기술 연구'는 고성능다단연소사이클 엔진의 선행기술 개발을 최종목표로 하여 8년('17~'24, 204.8억 원)간 수행되는 연구임
 - 해당 연구는 다단연소사이클 엔진 시스템 연구 및 해석, 기술검증용 엔진시스템 및 엔진 핵심부품(예연소기, 주연소기) 개발, 엔진 다점화 요소기술 개발을 세부 내용으로 하며, TDM(기술검증시제) 단계 시험까지 수행하나 동 사업에서는 시제 급(EDM) 이후 단계 엔진을 개발할 예정임

- 상단엔진 개발내용에 ‘높은 비추력과 재점화 기능을 갖춘 9톤급 다단연소 사이클 엔진’, ‘상단엔진 재점화 기술’ 등을 포함하며 개발엔진의 방식과 추력 측면에서 동 사업의 개발내용과 유사성이 존재하나, 해당 연구의 성과물이 동 사업에 활용되므로 개발단계 측면에서 차별성이 존재한다고 판단됨
 - ‘액체엔진 고성능화 선행기술 연구’를 통해 다단연소사이클 엔진 구성품 기술을 개발하고 동 사업 에서는 차세대발사체에 장착할 실제 다단연소사이클 엔진을 개발하므로 개발단계 측면에서는 차별화 됨
- ‘액체엔진 고성능화 선행기술 연구’의 성과물은 동 사업과 관련성이 높아 이를 활용한 연계계획은 필수적임
 - 액체엔진을 활용해 ‘제3차 우주개발진흥 기본계획’에 명시된 달 착륙선 및 소행성 탐사선 발사에 부합하는 성능을 갖춘 동 사업 발사체의 개발에 연계·활용 가능함
 - ‘액체엔진 고성능화 선행기술 연구’의 성과물을 동 사업을 통해 활용하여 민간과의 공동연구를 진행하며 민간기업이 관련 기술을 확보 할 수 있음⁵⁾

<표 4-16> 한국항공우주연구원 연구운영비 지원 개요

사업명	한국항공우주연구원 연구운영비 지원		
사업기간	’90 ~ 계속	사업유형	연구기관지원
사업내용	○ 다단연소사이클 엔진 시스템 연구 및 해석 ○ 기술검증용 엔진시스템 및 엔진 핵심부품(예연소기, 주연소기) 개발 ○ 다단연소사이클 엔진 파워팩-연소기 연계 시험 ○ 엔진 다점화 요소기술 개발		
성과 활용 계획	① 기관운영비 : (’20) 53,620 → (’21요구) 55,001백만원 ② 주요사업비 : (’20) 43,428 → (’21요구) 43,581백만원 ○ 항공우주 핵심선도기술 개발 : (’20) 14,260 → (’21요구) 12,519백만원 <ul style="list-style-type: none"> - 액체엔진 고성능화 선행기술 연구(1,067백만원) : 한국형발사체 후속 발사체 상단 엔진에 적용 가능한 고효율 다단연소 사이클 로켓엔진 선행기술 연구 - 우주센터2단계(6,290백만원) : ’21년 한국형발사체 본 발사 시, 나로우주센터에서 발사체를 추적·통제하기 위한 지상 장비 구축 사업 - 2단형 소형발사체 선행기술 개발(1,879백만원) : 500kg이하의 소형 위성 수요증가에 대비, 한국형발사체(1.5t) 기술을 경제성을 갖춘 소형 발사체 개발로 연계·확장하기 위한 선행 기술 개발 ③ 시설비 : (’20) 9,731 → (’21요구) 9,404백만원		

5) 주관부처는 기획보고서(234p)를 통해 기존의 기체 산화제와 액체 연료를 사용하는 연소기 설계기술, 고용량 기체산소-액체연료 연소시험기술, 예연소기-터보펌프(파워팩) 시험기술 등을 확보하였으며, 해당 기술을 민간에서 활용함으로써 민간의 기초역량 강화 및 발사체 개발기술 확보에 활용할 것을 제시함

주관부처	과학기술정보통신부 거대공공연구정책관 거대공공연구정책과					
정부연구비* (억 원)	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	958	1,087	1,086	1,067	1,079	1,233

출처 : 2022 예산요구서

* '17~19년은 결산액, '20년은 예산액, '21~'22년은 요구액

<표 4-17> 한국항공우주연구원 연구운영비 중 액체엔진 고성능화 선행기술 연구 개요

과제명	액체엔진 고성능화 선행기술 연구					
과제기간	'17.1~'24.12(8년)		사업유형	개발연구		
과제목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고효율 다단연소사이클 로켓엔진 선행기술 확보 ○ 다단엔진 TDM2 설계점/탈설계점 연소시험(60sec) ○ 다단엔진 터보펌프 상세설계/ 터빈 부품 제작 ○ 다단엔진 재점화 공급계 상세설계/ 일부 제작 					
과제내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다단엔진 TDM2 엔진 연소시험을 통한 시동시퀀스 정립 및 내구성 확인 ○ 다단엔진 TDM2 엔진 연소시험을 통한 엔진 성능 평가 ○ 다단엔진 재점화 공급계 상세설계/ 일부 제작 ○ 다단엔진 터보펌프 상세설계/ 터빈 부품 제작 ○ 다단엔진 시스템 시동/정상 모드 해석 					
관리기관	한국항공우주연구원					
정부연구비* (억 원)	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	958	1,087	1,086	1,067	1,079	1,467

출처 : 2021 예산요구서

* '17~19년은 결산액, '20년은 예산액, '21~'22년은 요구액

6) 우주중점기술개발사업('18~'21)

- 과학기술정보통신부 '우주중점기술개발사업'은 발사체 본체 관련 과제를 지원하고 있어 연구분야 측면에서 유사성이 존재하나, 동 사업의 선행연구 성격을 포함하므로 개발단계 측면에서 동 사업과 차별성이 존재하며 성과물의 연계가 필요한 것으로 판단됨
- '우주중점기술개발사업'은 중점우주기술 개발 로드맵에서 향후 5년 내 발사체·위성체 개발사업에서 활용될 가능성이 높은 기술개발 과제를 지원하는 사업임
- '18년 선정된 2개 과제를 계속 지원하는 사업으로 발사체 본체 분야에서 '복합재 추진제 탱크 핵심기술 개발' 과제를 4년간 58.2억 원 규모로 수행 중에 있으며, '21년 6월에 종료됨

- '우주중점기술개발사업'은 향후 5년 이내의 신규 체계사업 필요성에 따른 기술 확보에 주력하고 있으나, 동 사업은 추후 '30, '40년대에 활용될 가능성이 있는 기초 연구개발 활동을 통한 기업경쟁력 확보에 초점을 뒀 차별성이 존재한다고 판단됨
- '복합재 추진제 탱크 핵심기술 개발('18.7.~'21.6) 과제는 소형발사체 플랫폼 및 한국형발사체 성능 향상을 위한 추진제 탱크 경량화 및 설계 변경 등의 내용을 포함하고 있어 해당 세부과제를 통해 개발된 경량화 기술이 동 사업에 연계 및 활용될 수 있을 것으로 판단됨

<표 4-18> 우주중점기술개발사업 개요

우주중점기술개발사업				
사업명	우주중점기술개발사업			
사업기간	'18.7~'21.6(4년)	사업유형	응용연구	
총사업비	85.19억 원			
사업내용	○ 기술로드맵에서 제시된 선행개발 대상 기술 중에서 향후 5년 이내 신규 체계 사업에서 전략적으로 필요성이 큰 기술 확보 - 우주개발 사업에서 실용화가 가능한 수준의 QM급의 부품/부분품 개발로 관련 분야의 국내 기술력 제고 및 수입대체			
세부 과제	○ (발사체 본체) 복합재 추진제 탱크 핵심기술 개발 : 5,815백만 원 - 추진제 탱크 경량화를 통해 후속 발사체* 성능향상에 활용 * 소형발사체 플랫폼 확장('25~), 한국형발사체 성능 향상('21~) 등 ○ (위성 탑재체) 우주용 고효율 저잡음 초점면 어레이-선형 TDI 검출기 개발 : 3,889백만 원 - 위성 전자부 집적도를 높여 위성*의 소형화, 소요전력 감소에 영향 * 차세대중형3호('23), 차세대소형3호('24),다목적위성9호('28) 등			
주관부처	과학기술정보통신부 거대공공연구정책관 우주기술과			
전담기관	(연구관리전문기관) 한국연구재단			
수행기관	(주관기관/참여기관) 대학, 출연(연), 산업체 등			
정부연구비* (억 원)	2018	2019	2020	2021
	17.99	34.65	32.55	11.85

출처 : 2021 예산요구서

* '18~'19년은 결산액, '20년은 예산액, '21년은 요구액

<표 4-19> 우주중점기술개발사업 內 복합재 추진제 탱크 핵심기술 개발 과제 정보

복합재 추진제 탱크 핵심기술 개발('18.7.~'21.6)			
과제명	(발사체 본체) 복합재 추진제 탱크 핵심기술 개발('18.7.~'21.6)		
수행기관	(주)ANH스트럭처	지원규모	60억 원(정부출연금)
추진계획 ('20년)	○ 복합재 추진제 탱크 시제품 2기 제작을 완료 ○ 상온/극저온 Full-Scale 시험을 통해 발사 환경에서의 구조 건전성을 점검		
성과활용	○ 추진제 탱크 경량화를 통해 후속 발사체* 성능향상에 활용 * 소형발사체 플랫폼 확장('25~), 한국형발사체 성능 향상('21~) 등		
최종목표	○ 복합재 추진제탱크 시제품 제작(상온용 직경 2.6m 실물형) ○ 복합재 추진제탱크 설계 및 제작 핵심 공정 개발 ○ 복합재 추진제탱크 시험 평가 기술 확보 및 물성 데이터 확보		

연도별 목표	'18	복합재 추진제 탱크에 대한 개념설계, 주요 구성품별 제작 및 해석 프로세스 수립
	'19	복합재 추진제 탱크 주요 구성품의 상세설계(CDR) 및 시제품(1차) 제작 완료 후 비파괴/형상 검사 실시
	'20	복합재 추진제 탱크 시제품(2차) 제작 및 구조/상온/극저온 시험을 통한 발사 환경에서의 내구성 점검
	'21	추진제 탱크 제작 기술 및 공정 표준화

출처 : 2021 예산요구서

(2) 사업 추진체제 및 추진의지

- 동 사업의 주관부처, 주관연구기관 및 체계종합 후보기업의 참여의지는 높은 것으로 판단되나, 일반 참여기업의 참여의지 및 참여가능성은 변동성이 클 것으로 판단됨
- 동 사업을 기획한 과학기술정보통신부는 우주개발에 대한 총괄부처로서 향후 미래 우주계획을 위해 사업을 주관하며 기획을 총괄하였으며,
- 주관 연구기관인 한국항공우주연구원은 동 사업의 기술개발에 중추적인 역할을 수행하고 운영비를 확보해야 하는 상황으로 참여의지가 매우 높음
- 또한, 체계종합 후보기업의 경우 참여의향서를 제출하여 참여의지가 확인됨
- 다만, 일반 민간 참여 후보기업의 경우 참여의향서는 확인되지 않고 있으며, 조사 진과의 간담회 시 참여는 가능하나 수익성 확보, 기술이전 우선권 등에 대한 전제 조건이 필요한 것으로 응답함

제 2 절 사업 추진 상의 위험요인

1. 자원조달 가능성

- 동 사업의 사업비 조달은 선행사업 수준의 예산확보 및 R&D 예산 증가분의 활용이 가능하다는 전제하에 자원조달의 위험은 크지 않을 것으로 판단됨
- 동 사업은 '23년부터 '31년까지 9년간 총 사업비 1조 9,190억 원을 정부 재원으로 100% 조달할 예정이며, 연평균 2,132억 원의 예산 투입이 필요함
- 주관부처인 과학기술정보통신부 R&D 신규 가용재원은 2022년 종료되는 한국형발사체개발사업에서 1조 3,218억 원, 과학기술정보통신부 R&D 2023~2031년 예산 증가분에서 5,972.1억 원을 조달하여 정부재원 조달 가능성을 제시함
 - 한국형발사체개발사업이 '22년 종료예정으로, 1조 3,218억 원 여력 존재
 - ※ 한국형발사체개발사업 평균예산 1,469억 원 x 동사업 기간 9년 = 1조 3,218억 원
 - 과학기술정보통신부 2022년 R&D 예산은 약 9조 4천억 원으로, 2018~2022년 CAGR 8.9%로 2023~2031년 예산을 추정, 증가분을 예상했을 때 나머지 5,972억 원도 조달 가능한 것으로 제시함

<표 4-20> 정부 자원조달 방안

(단위 : 억 원)

구분	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	합계
동 사업 소요예산	1,516	2,111	2,434	2,798	2,663	2,265	2,309	2,042	1,051	19,190
과기정통부R&D 신규가용재원	9,887	10,640	11,461	12,355	13,329	14,390	15,547	16,806	18,178	122,591
한국형발사체개발 종료사업예산	1,469	1,469	1,469	1,469	1,469	1,469	1,469	1,469	1,469	13,218
과기정통부 예산 증가분	8,418	9,171	9,992	10,886	11,860	12,921	14,078	15,337	16,709	109,373
중기계획 반영된 동 사업 예산	1,790	2,100	2,300	2,500	-	-	-	-	-	-

* 주 : 과학기술정보통신부 R&D 예산 증가분은 예상치로 과학기술정보통신부 R&D 2023~2031년 예산은 2022년 예산 9억 4,083억 원에 2018~2022년 CAGR 8.9%를 곱하여 계산

- 주관부처는 한국형 발사체 개발사업의 예산이 지속 반영된다는 가정으로 예산확보가 가능하다고 제시하나 사업이 존재하지 않는 경우 해당 예산이 지속 유지된다는 가정은 불확실성이 높을 수 있는 가정임

- 동 사업의 수행을 위한 국비 확보 가능성에 대한 주관부처의 중기재정계획을 살펴 보면, 동 사업 추진을 위한 예산이 반영된 것은 확인되나 사업 기간 소요예정 예산 대비 일부 부족한 상황으로 사업이 착수될 경우 적절한 예산확보 노력이 요구됨
- 동 사업의 선행기술 연구개발을 위한 민간부담금 확보에는 위험요인이 존재
 - 주관부처는 선행기술 개발을 위한 사업비로 총 700억 원을 투입할 계획을 하고 있으며, 민간 부담금은 140억 원으로 제시하고 있음
 - 민간의 사업 참여의향은 설문조사를 통해 의향을 수집하였으나, 해당 조사는 기술 수요조사에 포함된 것으로 개별 연구자의 의견에 한정된 것으로 판단됨
 - 또한, 민간 부담의향이 없다고 응답하는 경우가 다수 확인되고 조사진과 기업의 간담회에서도 불확실한 사업에 투자비용을 부담하는 것은 어렵다고 응답함

2. 법/제도적 위험요인

가. 과학기술분야 연구개발사업 처리규정

- 민간이 참여하는 차세대발사체 개발의 사업비를 전액 국고로 지원한다는 계획은 관련 규정과 법령 기준에 부합하나 선행기술개발의 민간 부담금은 지속관리 필요
 - 동 사업은 참여기업의 연구개발비 출연·부담 기준에도 불구하고, 민간의 개발비를 포함하는 차세대발사체 개발비용 전액을 국고로 구성함
 - 동 사업은 차세대발사체 개발에 따른 모든 연구개발성과를 국가의 소유로 할 계획이므로 「국가연구개발 혁신법」에 따라 연구개발비 전액을 출연할 수 있음

<표 4-21> 국고지원 타당성

<ul style="list-style-type: none"> • 차세대발사체개발사업의 연구개발 성과인 차세대발사체(KSLV-III)는 국가안보, 공공의 이익을 목적으로 개발한 것이기 때문에 국가연구개발혁신법 16조에 따라 국가소유로 할 수 있음 • 따라서, 추진분야1 차세대발사체개발은 시행령 19조에 따라 100% 국고지원이 타당
<p>국가연구개발혁신법 제16조(연구개발성과의 소유·관리)</p> <p>③ 중앙행정기관의 장은 다음에 해당하는 경우에는 연구개발성과를 국가의 소유로 할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 국가안보를 위하여 필요한 경우 2. 공공의 이익을 목적으로 연구개발성과를 활용하기 위하여 필요한 경우 국가연구개발혁신법 시행령 제19조(연구개발비의 지원과 부담) <p>② 중앙행정기관의 장은 연구개발기관이 다음에 해당하는 경우에는 기관부담연구개발비를 부담하지 않게 할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 해당 연구개발기관의 연구개발성과를 국가 소유로 하는 경우

* 출처 : 국가연구개발혁신법(2022, 과기술통신부), 국가연구개발혁신법 시행령(2022, 과기술통신부)

- 선행기술 연구개발의 경우에는 사업비 700억 원 내 민자 140억 원을 포함하고 있으며 분담 규모는 사업비의 20%(정부 80%)를 책정하였음
- 「국가연구개발 혁신법 시행령」에는 중소기업의 경우에도 연구개발비의 75%이하까지만 정부연구개발비를 지원토록 규정⁶⁾하고 있으므로 사업이 추진될 경우 참여 주체를 고려하여 민간 분담비율에 대한 규정 준수가 필요함
- 주관부처는 선행기술 개발을 위해 대학, 연구기관의 참여를 고려하여 20%로 산정하였으며 합리적인 예측으로 판단되나, 실제 민간의 분담비율은 참여대상이 확정된 후 검토가 가능한 제약이 존재하고 분담금 납부의사가 확인된 기업들이 현재는 불확실하므로 민간 분담금에 대한 관리가 지속적으로 필요

나. 국제 무기거래 규정(ITAR)

- 미국의 수출통제 정책의 일환인 ITAR⁷⁾에 대한 주관부처의 대응 계획은 적절한 것으로 조사되었으나, 일부 부적절하다는 의견에 대해서는 대응방안을 추가 고려하는 것이 필요
 - 주관부처는 향후 국내 공공 개발 위성은 국산 발사체 탑재를 원칙으로 개발하고, ITAR 해소를 위한 정책적·외교적 노력과 함께 기술적 독립을 추진할 것을 제시함
 - 2031년 차세대발사체를 이용하여 발사할 달착륙선은 발사 시 ITAR, EAR 제재로 인한 영향이 없도록 부품 국산화 또는 회피 조달을 통해 개발한다는 합의 아래 기획이 진행되고 있으므로 차세대발사체의 발사 계획에 지장이 없고
 - 최근 우리나라의 우주물체 발사 사례를 볼 경우, 8월 Space X 사의 Falcon-9 발사체를 사용하여 발사되는 달궤도선 '다누리'는 설계 단계부터 해외 발사체 이용을 염두에 두고 개발되었으므로 ITAR를 고려하지 않아도 되었으며,
 - '22.6월 누리호 2차 발사에 탑재한 성능검증 위성 및 큐브 위성은 ITAR에 저촉되지 않도록 개발하여 누리호를 이용한 발사에 문제가 없었으며,
 - 누리호 2차 발사 사례처럼, 앞으로 개발되는 우리나라의 공공 개발 위성은 국산 발사체 탑재 원칙을 적용하여 국산 발사체 이용에 문제가 없도록 할 계획임
- ※ 제4차 우주개발진흥 기본계획 內 공공개발위성의 국내 발사체 탑재 원칙 명시 예정

6) 국가연구개발혁신법 시행령(2022)의 연구개발비의 지원기준과 기관부담연구개발비의 부담기준

7) ITAR(International Traffic in Arms Regulations) : 발사체 기술은 미사일로 전용될 수 있는 이중용도 기술로, 미국은 국제적인 비확산 정책으로 발사체 관련 부품 및 기술의 수출을 통제하여 발사체 기술 확산을 방지함

- 주관부처의 ITAR 대응방안에 대하여 대다수의 전문가는 주관부처가 제시하고 있는 국산화를 통한 기술개발 대응이 가장 적절한 것으로 응답함
 - 다만, 부적절하다는 의견 중에는 대응방안이 원론적인 수준에 머물고 있고 위성개발에 대한 합의에 대한 구체성이 낮다는 의견이 있고
 - 러시아-우크라이나 전쟁으로 인해 기존 공급망이 유지되지 않고 수급기간이 상당히 길어질 가능성이 높아 관련 부품에 대한 대체재 확보계획이 필요하며
 - 위성의 경우 현재 ITAR 부품을 사용하지 않는 것이 매우 어려우므로 보다 구체적이고 현실적인 대응방안 수립이 필요한 것으로 판단됨

	적절	부적절
기술전문가	84.6%	15.4%
산업체	100%	-

다. 기술개발 실패 시 대응방안

- 기술개발 실패시 대응방안은 대체로 적절한 것으로 조사되었으나, 해외협력채널의 위기상황에 대한 대응력은 위험요인이 존재하는 상황으로 판단됨
- 주관부처가 기술실패 대응을 위해 제시한 해외협력채널인 유즈노예(Yuzhnoye)는 우크라이나에 위치하고 있어 협력이 불가할 수 있다는 의견이 지배적임
- 러시아-우크라이나의 전쟁이 장기화 될 가능성을 고려한 대응 시나리오 수립이 요구됨

	적절	부적절
기술전문가	69.2%	30.8%
산업체	77.8%	22.2%

제 5 장 경제적 타당성 분석

제 1 절 비용 추정

- 동 사업은 차세대발사체 개발과 발사체 선행기술개발 연구개발 두 개의 내역으로 구성되어 있으며 총사업비는 1조 9,333억 원이 제시됨
- 차세대발사체 개발에 소요되는 예산은 1조 8,630억 원이며, 해당 예산은 하드웨어 개발비 1조 5,443억 원과 항우연의 경상경비, 사업추진비 3,187억 원으로 구성됨
- 발사체 선행기술 연구개발에는 총 700억 원이 제시(국비 560억 원 민자 140억 원)

<표 5-1> 차세대발사체개발사업 예산

구분		예산 (억 원)	비율 (%)	주요 업무	
① 차세대발사체개발	하드웨어 개발비	차세대발사체 개발	9,488	49.08%	기체 개발(DM, EQM), 엔진 개발(DM, EDM, EQM), FM1/2 제작/시험, 총조립 및 발사운용
		설비개조/구축 및 운영	3,455	17.87%	조립/시험설비 개조/구축 및 운영
		발사대 구축 및 운영	2,500	12.93%	발사대 구축 및 운영
	경상경비, 사업추진비	인건비	1,236	6.39%	이관 인건비 제외
		연구활동비	454	2.35%	총 인건비의 20% (단, 비행시험 시 +5%)
		연구수당	483	2.50%	총 인건비의 23% (보안수당 +3%)
		위탁연구비	40	0.21%	10억원/년(2028~2031년)
		간접비	974	5.04%	항우연 2023년 간접비 비율 5.53% 기준
	소계		18,630	96.38%	
	②발사체 선행기술 연구개발		700.0	3.62%	
총 사업비		19,330	100.00%		

<표 5-2> 연차별 사업 세부예산

(단위 : 억 원)

구분		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	합계
차세대발사체개발	하드웨어 개발비										
	KSLV-III 개발	683	849	1,130	1,605	1,642	1,047	1,256	1,090	186	9,488
	설비개조/구축 및 운영	547	918	917	300	53	180	180	180	180	3,455
	발사대 구축 및 운영	60	70	70	541	601	483	298	198	179	2,500
	경상경비, 사업추진비										
	인건비	72	79	85	90	95	193	203	207	212	1,236
	연구활동비	26	28	30	31	32	65	68	86	88	454
	연구수당	31	32	34	36	37	75	78	79	81	483
	위탁연구비						10	10	10	10	40
간접비	79	109	126	143	136	113	114	103	51	974	
소계 (A)	1,498	2,085	2,392	2,746	2,596	2,166	2,207	1,953	987	18,630	
발사체 선행기술 연구개발 (B)	23	32	53	65	84	124	128	111	80	700	
총 사업비 (A+B)	1,521	2,117	2,445	2,811	2,680	2,290	2,335	2,064	1,067	19,330	

* 출처 : 기획보고서

□ 동 사업의 하드웨어 개발비에는 연구시설 및 장비 구축 비용(시설비 636억 원, 장비 구축비 433억 원)이 포함되어 있음

○ 기획보고서에 제시된 시설은 대형음향가진시설, 정적구조시험장, 엔진 후처리 설비동, 펌프 단품 시험실로 구성되어 있으며 총사업비는 636억원을 제시함

<표 5-3> 시설구축계획 개요

구분	구축년도	사업비(억원)
대형음향가진시설	2023~2026	163
정적구조시험시설	2023~2027	103
엔진 후처리 설비동	2023~2025	169.5
터보펌프 단품 시험실	2023~2024	200
합계	-	636

자료 : 시설구축계획서

- 연구장비 구축계획은 총 19종 24개의 장비를 구축할 계획이며 총사업비로 433억 원을 제시함

<표 5-4> 장비구축계획 개요

장비 번호	구축장비명	제작사	모델명	주요용도	구축 예정 연차	설치 예정 지역	단가 (백만 원)	수량	총비용 (백만 원)
1	경량 음향하중저감장치 적층제조장비	EOS North America	INTEGR A P 450	발사체 음향하중저감장치의 경량 음향공명기 제작용	'23	밀양	726	1	726
2	전기체 모드 계측용 데이터 수집장치	SIEMENS	Simcenter SCADAS Mobile	발사체 구조 전기체 조합체 모드시험 계측용 발사체 구조 서브시스템의 모드/진동/음향/충격/분리시험 계측용	'25	대전	251	1	251
3	차세대발사체 정적구조시험 장비	MTS	MTS Model 201.70A, FlexTest 200	발사체 정적구조시험 하중 부가용 발사체 정적구조시험 유압작동기 제어용	'25	대전, 고흥	4,491	1	4,491
4	차세대발사체 추진제탱크 가변극성 플라즈마 아크 용접장비	AMET	VPC450	추진제탱크 용접	'25	미정	17,242	1	17,242
5	차세대발사체 추진제탱크 마찰교반용접 장비	FPT	미정	추진제탱크 돔용접	'25	미정	6,732	1	6,732
6	차세대발사체 추진제탱크 가압세척건조 장비	미정	미정	추진제 탱크 내압 성능 검증 세척 및 건조	'25	미정	2,756	1	2,756
7	복합재동체 비파괴검사 장비	NDT 엔지니어링	NDT 장비	복합재동체 (1/2단 인터스테이지 동체) 비파괴검사	'24	밀양	2,500	1	2,500
8	광학정렬장비	Leica	TM5100 A	차세대발사체 관성항법유도장치 발사 운용에서 초기 방위각 측정을 위한 광학정렬	'30	대전	70	1	70
9	정밀 방위각 측정장비	DMT	GYROM AT3000	차세대발사체 관성항법유도장치 발사 운용을 위한 기준 방위각 측정	'30	대전	400	1	400

장비번호	구축장비명	제작사	모델명	주요용도	구축 예정 연차	설치 예정 지역	단가 (백만원)	수량	총비용 (백만원)
10	발사체 탑재장치 진동 시험장비	Bruel & Kjaer VTS Limited	V8	차세대발사체 탑재장치 진동환경 시험/평가 및 인증	'24	대전	380	1	380
11	유도가열 회전브레이징로	(주)비츠로 넥스텍	-	KSLV-III 발사체 액체로켓 연소기 브레이징	'24	안산	5,000	1	5,000
12	대형 진공주조장비	-	-	대형 터보펌프 부품 주조소재 개발	'23	여주	2,845	1	2,845
13	고압공기압축기	범한산업	-	터보펌프 개발	'24	대전	600	1	600
14	수동력계	Froude Hoffman	F249	터보펌프 개발용 터빈 성능 시험 장비	'23	대전	550	1	550
15	터보펌프 제어계측설비	부영 엔지니어링		터보펌프 개발용 제어계측 설비	'24	대전	1000	1	1,000
16	산화제 부스터 펌프 시험용 액체질소 탱크	크리오스	-	KSLV-III 발사체 액체로켓 구성품 개발	'23~'24	대전	192	2	384
17	산화제 부스터 펌프 시험용 극저온 자동밸브	서전발맥	VM-1500	KSLV-III 발사체 액체로켓 구성품 개발	'23~'24	대전	45	3	135
18	산화제 부스터 펌프 시험용 극저온 유량계	Hoffer	HO-8x8-330-5200-CB	KSLV-III 발사체 액체로켓 구성품 개발	'23~'24	대전	50	3	150
19	산화제 부스터 펌프 시험용 기어박스	주식회사 KIM		KSLV-III 발사체 액체로켓 구성품 개발	'23~'24	대전	70	1	70

1. 적정 사업비 검토

가. 모수 추정법의 적정성

- 주관부처는 총 사업비 규모의 적절성을 검증하기 위해 2가지 비용모델을 활용하여 모수를 추정하였으며, 공학적으로 추정된 동 사업의 예산이 과도하지 않은 것으로 제시함
- 모수 추정법을 통한 예산 검증을 위해 우주운송시스템 전용 비용추정 모델인 TRANSCOST와 NASA에서 활용하는 범용 비용추정 전산모델인 SEER를 사용하여 사업의 소요 비용을 추정함

- TransCost Systems社 TRANSCOST(v8.1) : 약 50년간('56년~'06년) 이루어진 발사체/단 및 엔진 개발비용 데이터를 기반으로 한 비용모델로, 비용가치(Costing Value)로서 Work-Year* 개념을 적용하여 분석 시점에 연속적이지 않고 일정한 가치를 유지
 - ※ Work-Year : 기업의 연간 총 비용을 인원수(full-time 근무 기준)로 나눈 값을 의미하며, 인건비에 간접비와 세금, 이윤 등 모든 부가적인 비용을 포함 (Man-Year 개념과 동일)
 - Galorath社 SEER(v8.0) : 범용의 비용 추정 모델로서 하드웨어의 개발비, 생산비, 운영유지비와 소프트웨어의 개발비, 운영유지비 등의 비용을 용도별로 추정하여 제공하는 비용모델
- 비용추정결과는 사업의 소요비용이 2조 5,926억 원(TRANSCOST), 3조 5,434억 원(SEER)으로 주관부처가 공학적 추정으로 제시한 예산보다 높게 도출됨
- 주관부처는 공학적 추정으로 도출한 동 사업의 총사업비는 비용모델을 활용하여 추정한 최소 비용 대비 74.6% 수준으로 과도하지 않은 것으로 제시함

<표 5-5> 사업 예산(안) 비교 : 공학적 추정 vs 모수 추정

(단위 : 억 원)

구 분	공학적 추정 예산 (Bottom-up 추정)	모수 추정 비용(Top-down 추정)			
		TRANSCOST		SEER	
		(보정 전)	(보정 후)	(보정 전)	(보정 후)
차세대발사체 발사(2회)	2,508	5,275	2,690	6,437	5,101
차세대발사체 개발	6,980	26,263	13,394	27,249	20,491
시설 운용 및 관리*	986	(986)	(986)	(986)	(986)
시설 개조 등*	2,469	(2,469)	(2,469)	(2,469)	(2,469)
발사대 구축*	2,500	(2,500)	(2,500)	(2,500)	(2,500)
경상경비, 사업추진비*	3,887	(3,887)	(3,887)	(3,887)	(3,887)
합계	19,330	41,380	25,926	43,528	35,434

* 주 : 공학적 추정 기준 예산 일괄 반영 / 경상경비 사업추진비 항목에 선행기술 개발사업 예산 700억 원을 일괄 반영하여 총비용 작성

- 모수 추정의 적절성 검토를 위한 TRANSCOST에 대한 정보는 획득이 어려워 분석에서 제외하고 정보 획득이 가능한 SEER모델에 대한 전문가 검토를 수행함
- SEER를 활용한 차세대발사체 개발 및 발사비용 추정을 위한 주요 가정은 다음과 같음
 - 차세대발사체 개발안 기준의 업무분할구조(WBS), 주요 규격, 중량, 기술성숙도(TRL) 등을 활용

- 제품분할구조(EBS) : 한국형발사체 WBS(R9) 기반으로 수립한 차세대발사체의 WBS(안)을 기준으로 반영
 - 중량 : 한국형발사체 DAC-3C 기준 중량 기반으로 추정된 차세대발사체 기준 중량을 반영
 - 제조복잡도 : 차세대발사체 개발안 기준의 주요 규격, 재질 등을 기준으로 반영
 - 개발복잡도 : 한국형발사체의 개발 완료 시점에 예상되는 기술성숙도(TRL)와 SEER의 개발복잡도와의 상관관계를 활용하여 반영
- 차세대발사체 개발 및 발사 기준의 총괄일정(안)과 공학적 추정법에 의한 예산 추정을 위한 주요 가정사항을 활용하여 개발기간, 제작수량, 노임단가 등을 반영
- 개발기간 : 2023년 1월 ~ 2031년 12월
 - 제작수량 : DM*, EQM 1기, FM 2기
 - ※ 구성품별 기수는 [부록 III] 참조
 - 노임단가 : 26,709원/시간*
 - ※ 한국형발사체 개발사업의 2018~2020년(FM 계약 체결 기간) 주요 계약(10억원 이상) 평균 노임단가 반영
 - 월평균 노무시간 : 176시간(8시간 x 22일)
 - 제비율 : 간접비율 110%*, 일반관리비율 6%***, 이윤율 18.5%**
 - ※ 한국형발사체 개발사업의 2018년~2020년(FM 계약 체결 기간) 주요 계약(10억원 이상) 평균 간접노무비율 49.04% 및 평균 간접경비율(노무비법) 40.77%를 고려하여 아래의 산정식으로 간접비율을 도출
 - ※ 간접비율 산정식 : (간접노무비 + 간접경비) / 직접노무비 = 간접노무비율 + 간접경비율 + 간접노무비율 x 간접경비율
 - ※ ※ 한국형발사체 개발사업의 2018년~2020년(FM 계약 체결 기간) 주요 계약(10억원 이상) 평균 일반관리비율 5.85% 및 평균 이윤율 18.52% 참고
 - 부가세 : 10% / 환율 : 1,210원/\$
 - ※ 방위사업청 2021년 비용분석서 작성지침 기준 환율 1\$ = 1,210원 반영
- 모수 추정으로 도출하기 어려운 발사운영비, 단간 조립/시험/부품비, 단 이송비(기업→우주센터), 단 조립/시험/부품비, 단 수류/연소시험비는 공학적 추정치를 기준으로 반영
- 한국형발사체(KSLV-II) 실제작 단가를 활용한 비용모델 보정계수¹⁾ 적용
- SEER모델에 대한 전문가 검토 수행결과 일부 변수 적용이 부적절한 것으로 조사됨
- 비용분할구조(CBS) 작성에서 SEER-H 모델은 비용분할구조 작성은 기계/구조 관점으로 작성되어야 함에 따라 제품분할구조(PBS) 기반으로 접근한 것은 적절하다고 보여지나, 일부 설계/분석/시험 관련 활동을 구조화한 것은 적절치 않다고 판단됨

1) 보정계수는 한국형발사체개발사업 구성품의 모수추정 단가와 실제작 단가의 비율이 고려됨

- 예) 전기체 설계/분석, 추진공급계 설계/분석, 1단 설계/분석 등
 - Estimate output 은 개발, 제작, 기타지원비 등으로 구성되기 때문에 설계/분석 등의 개발활동을 별도 구조로 포함시키면 해당 활동 소요비용이 중복계산되는 오류가 있음
 - 개발활동과 생산활동을 명확히 구분하여 구조화한다면 획득유형을 “Development Cost Only”로 설정하여 설계/분석 활동에 대해서만 비용을 산출할 수 있음
 - 비용분할구조는 기계/구조 관점으로 작성하여 적용하는 것이 일반적이고 사업특성에 따라 작업활동 관점으로도 작성하여 적용도 가능하나, 작업활동과 기계/구조 관점이 복합된 비용분할구조 작성은 적절하지 않음
- (Thruput 적용) 발사체 DM 개발활동을 Thruput으로 직접입력하여 비용산정하는 것은 적절치 않다고 판단되어 개발난이도를 EM, QM 활동 보다 상대적으로 낮게 설정하여 별도로 구조화하여 “Development Cost Only”로 취급하여 비용을 산출하는 것이 타당하다고 판단됨
- 발사체는 DM, EM, QM, FM으로 단계적 개발을 수행함에 따라 EM과 QM은 시제수량으로 FM은 생산수량으로 적용하는 것은 적절
 - DM는 개발활동의 성격으로 보아 시제수량으로 취급하기에는 다소 무리가 있고 비용 산정시에는 EM 활동의 일환(과정)으로 취급하는 것이 타당하다고 판단됨
- (노무시간) 노무시간은 월 20일 기준 160시간을 적용하는 것이 일반적임을 고려하여 사업특성에 따른 특별한 사유가 없을 시 ‘176시간’을 ‘160시간’으로 조정²⁾하는 것이 적절하다고 판단됨
- (노무단가) 주관부처가 제시한 상세예산(안)의 노무단가는 대략 2.5억원/MY으로 시수로 환산 시 130,208원/MH이고 SEER-H모델에 적용된 단가는 26,710원/MH로 약 4배이상의 노무단가 적용기준의 차이가 나타남
- SEER-H모델에 적용된 단가는 2018년~2020년 한국형발사체 개발사업의 주요 계약 (10억 이상) 평균 노무단가를 적용
 - 공학적추정방식에서 적용한 2.5억원/MY도 「과기정통부 국가연구개발사업 연구개발비 사용 기준」 특급기술사 노무단가 기준보다 2배이상 상회
 - 노무비에 대한 명확한 근거 또는 사유를 통해 그 설득력이 인정되지 않을 시 해당 노무단가 적용은 과대함

2) 체계사업에 관한 「방위사업청 비용분석서 작성지침」 기준 노무시간 : 월 20일 160시간

- (간접비) 한국형 발사체 개발사업에 참여한 협력업체들의 규모, 재무구조, 개발환경 등이 상이하고 계약규모 또한 차이가 큰 점을 고려 시 주요계약(10억 이상)의 평균 제비율을 적용한 것은 적절하지 않다고 판단됨
 - 간접비율은 직접비 중 노무비의 영향을 받으며, 재료비의 영향은 받지 않는 점을 고려하여, 직접 노무비에 대해서만 간접비율을 적용한 것은 타당함
 - 계약 규모가 크지만 간접비율이 낮을 수 있고, 계약 규모는 작지만 간접비율이 높을 수 있기 때문에 주요계약의 평균 제비율을 적용한 것은 타당하지 않음
 - 비용산출의 효율성을 감안하여 평균 제비율 활용 보다는 KSLV-II 개발 실적사업 전체비용(원가)을 역산하여 간접비율을 산출하여 적용하는 것이 필요함
- (이윤) 이윤율 적용 또한 간접비율 적용 타당성 검토내용과 유사하고 일반적인 연구개발사업의 이윤율로 인정하기에는 무리가 있음
 - SEER-H모델에 적용된 이윤율은 18.5%이나 통상 체계개발 실적사업 고려시 제조 부문 이윤율 10% 이하, 용역부문 이윤율 15% 이하 수준임
- 비용분할구조별(개발품목별) 기술적, 구조적 특성 등을 고려하여 기준수량, 사업환경, 요소 유형(기계장치, 전자장치 등), 획득유형(신규개발, 개량, 기존활용 등), 운영 환경(지상, 해상, 항공, 우주 등), 정비단계(부대, 야전, 창), 기술수준(TRL 기반), 신뢰성 요구수준(우주급, 군사급 등) 설정은 기존 KSLV-II 실적자료와 개발담당자와 협의 등을 통해 적절하게 설정한 것으로 판단됨
- (보정계수) SEER-H모델 최종 산출결과에 KSLV-II 실적비용을 토대로 산출된 보정계수를 비용분할구조별(품목별)로 적용하여 비용을 보정한 것은 합리적인 접근방법 이라고 판단됨

나. 공학적 추정법의 적정성

□ 공학적 추정을 통한 동 사업의 총사업비는 1조 9,330억 원으로 동 사업의 총사업비에 적용되었으며 예산 산출을 위한 주요 가정은 다음과 같음

○ 주관부처는 한국형발사체 개발 과정을 통해 정립한 WBS 기반 비용관리 체계 및 실계약 기준 비용 정보를 기반으로, 전체 사업의 예산을 수립하였음을 제시

- 차세대발사체 개발 및 발사 관련 제작·시험·조립·발사운영비(DM/EDM/EQM/FM), 발사대 구축/운영비, 관련 설비 개조/운영비 등은 한국형발사체 개발사업의 실계약 단가를 기반으로 추정하였음을 제시함

- 「한국형발사체개발사업」을 통해 파악된 발사체 제작/시험 단가, 총조립 및 발사 운용 비용, 시험설비 운영/유지보수 비용 등을 토대로 차세대발사체 개발 비용, 총 2기의 차세대발사체 발사 비용 및 발사체 구축/운영 비용, 관련 설비/개조 운영 비용을 산정함

○ 주관부처의 예산 산정을 위한 주요 가정은 다음과 같음

- 차세대발사체 EQM 및 FM 1~2호기의 단 조립은 체계종합기업에서 수행 후 우주센터로 이송(단, 차세대발사체 EQM의 엔진 장착은 단 수류시험 이후 우주센터에서 수행)

· EQM 단 조립/시험 비용은 302.94억원으로 가정

· FM 단 조립/시험 비용은 연간 발사체 1기 조립(1/2단 동시 조립) 기준 기당 91.57억원으로 가정

· 체계종합기업에서 단 조립 이후 우주센터로의 단 이송 비용은 EQM의 경우 단별로 회당 1.35억원, FM의 경우 단별로 회당 1.125억원으로 가정

- 차세대발사체 FM 1~2호기의 전기체 조립은 체계종합기업에서 우주센터로 단 이송 후 우주센터에서 수행

· 전기체 조립 비용은 EQM의 경우 기당 5.4억원, FM의 경우 기당 4.5억원으로 가정

- 차세대발사체의 발사운영비는 85억원/회로 가정(총 2회 발사)

- 경상경비, 사업추진비 등 S/W성 경비 가정

· 인건비는 연차별 소요인력(발사체본부 외 항우연 참여인력 10 MYr 포함) (5.4.3절)의 총 인건비*에서 이관인건비*를 제외하여 산정. 단, 2023~2027년은 한국형발사체 고도화사업과의 병행에 따라 참여율 51.3% 적용

※ 2022년 발사체본부 평균 인건비 0.94억원/MYr 및 이관인건비 116.3억원을 기준으로 연차별 산정

- 연구수당은 인건비의 20%, 보안수당은 인건비의 3%*를 가정
 - ※ 국가연구개발사업 연구개발비 사용 기준 제26조의2: 보안수당 공통 사용기준
- 연구활동비는 인건비의 20% 가정(단, 발사년도는 인건비의 25%(발사운영 참여에 따른 출장비 등 추가 반영) 가정)
- 위탁연구비는 10억원/년*으로 가정
 - ※ 한국형발사체 고도화사업과의 병행 기간(2023-2027년)은 미반영
- 항우연 기관 간접비 비율은 5.53%로 가정*
 - ※ 한국항공우주연구원 2022-2023년 간접비 비율 : 5.53%
- 발사체 선행기술 연구개발비는 700억원으로 가정
- 사업의 업무범위 계획 수정에 따른 총 사업비 변동 가능³⁾
- 사업의 총괄일정 계획 수정에 따른 연차별 예산 프로파일 변동 가능

1) 하드웨어 개발비 (15,443억 원) : 발사체 개발, 시설구축, 장비구축

□ 동 사업의 WBS별 예산산정의 적정성 검토에는 한계가 있으며, 유사사례에 대한 정보가 부족하여 세부예산에 대한 비용추정을 위한 관리체계 도입이 필요한 것으로 판단됨

- 원가계산서가 구체적인 경우에 예정가격은 산출식에 따라 계산될 수 있으나, 원가계산서가 구체적이지 않은 경우 원칙적으로 비용을 추정하지 않는 것이 원칙이며,
- 기존에 진행되었거나 진행 중인 유사과제의 평균 과제비를 분석하여 조사대상 과제에 적용하는 유사사례추정법을 활용할 수 있음⁴⁾
- 그러나, 전체 WBS에 대한 상세 비목들의 비교자료가 면밀히 제시되지 않아 유사사례인 한국형 발사체 사업과의 비교가 불가한 상황임⁵⁾
- 주관부처는 비용 산정을 위한 근거로 한국형발사체 개발사업의 비용 내역을 제시하고 있으나, 참여인력의 수준, 인건비 책정 기준, 참여율 등이 불확실하고
- 제작비에 대한 재료비, 설비 등은 실 견적이 아닌 추정치로 상세비용 검증이 불가하며, 개발비용 증감에 대한 비율 등에 대해서는 배수를 적용한 근거가 불분명함

3) 주관부처는 현재 확정된 사업비를 제시하는 것이 아닌, 추정 금액을 제시하고 있음

4) 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2020)

5) 주관부처는 WBS 기준 품목별 명확한 개발 규격이 확정되지 않아 업체의 정확한 원가추산서 수준의 상세견적을 받기 어려운 상황임을 설명함

- 또한 기획보고서에 제시된 WBS별 연차별 연구계획과 예산 소요계획이 불분명
 - 동 사업은 향후 기초 개념설계, 상세설계, 기술개발계획 단계별 과정에서 비용 추정과 검증이 가능할 것으로 판단됨
 - 이에 단계별 연도별 시스템별 구체적인 근거에 의해 상세비용을 제시하고 검증되어야 하며 이를 위한 사업비용통합관리(EVMS)⁶⁾ 등의 도입이 필요한 것으로 판단
- 주관부처의 공학적 추정방식의 결과를 살펴보면 한국형 발사체 사업의 총사업비 대비 축소된 예산이 적용되었고, 발사체 개발비도 감소한 것으로 제시됨
- 주관부처는 동 사업의 하드웨어 전체 개발비가 누리호 개발시 비용보다 1,114억 원 감소되어 사양이 높은 발사체를 개발함에도 적정한 수준임을 제시하고 있음
 - 유사사례 추정법을 고려할 때 발사체라는 기능상 유사한 하드웨어를 만든다는 측면에서 제시된 금액은 적정해 보일 수 있음
 - 그러나 발사체 개발비용의 직접 비교는 개발하고자 하는 발사체와 성능 및 사양이 동급인 발사체를 기준으로 하는 것이 합리적이며, 차세대발사체는 누리호 대비 과반 이상의 기술개량 및 신규개발이 필요한 발사체로 직접 비교는 무리가 있음
 - 차세대발사체 항목 281종 중 누리호 기술을 활용 예정인 항목은 26종(9%)이며, 개량 예정인 항목은 111종(40%), 신규개발 예정인 항목은 144종(51%)임
 - 설비 항목 46종 중 누리호 기술을 활용 예정인 품목은 3종(7%)이며, 개조/개선 예정인 항목은 20종(43%), 신규 구축 예정인 항목은 23종(50%)임
 - 제시된 자료를 참고하면 차세대발사체 사업의 하드웨어 개발비는 약 1조 5,443억으로 한국형발사체 사업의 1조 6,557억 대비 낮은 수준임이 확인됨
 - 이는 한국형 발사체 개발시 적용된 신규시설 구축보다는 기존 시설을 개량하는 계획의 반영과 발사체의 단수가 줄어들어 따라 전체적인 비용이 감소하였을 것으로 추정되지만 직접적인 예산을 비교할만한 데이터가 부족한 상황임

6) 사업비용통합관리체계(EVMS: Earned Value Management System): 일명 '획득가치관리'로서 어떤 정해진 작업에 대한 일정 및 원가를 수치적으로 관리할 수 있는 기법으로서 체계개발사업 및 건설사업에 주로 사용

<표 5-6> 누리호와 차세대발사체 개발비용 비교

(단위: 억 원)

기술 분야	한국형발사체 개발사업(A)	차세대발사체 개발사업(B)	변동 (B-A)	비고
체계	3,021.20*	4,261.16**	+1,239.96	* 누리호 발사대 LB2 구축비 1,593억 포함 ** 차세대발사체 발사대 LB3, CB3, LCC3 구축비 2,500억 포함
구조	2,552.58	2,443.63	-108.95	
추진기관	3,081.55	1,888.52	-1,193.03	
엔진	6,133.34	5,562.64	-570.7	
열환경	214.65	348.92	+134.27	
제어	781.29	599.79	-181.5	
전자탑재	512.46	242.64	-269.82	
분리파이로	260.05	95.83	-164.22	
H/W 비합계	16,557.12	15,443.13	-1,113.99	

□ 동 사업의 시설구축에 대한 적정비용 검토 결과 원안 대비 10,533백만원 증가한 58,393백만원으로 원안의 122%수준으로 증가가 필요한 결과가 도출됨

○ 시설구축계획서의 시설구축계획 개요 상의 사업비는 636억 원으로 제시되었으나, 제출된 각 시설별 시설구축 비용계획에 따르면 555억 원, 추가 자료에서의 총사업비는 478억 원으로 상이함에 따라 사업비의 기준은 최종자료의 478억 원을 적용

<표 5-7> 시설구축계획 개요

구분	구축년도	사업비(억원)	추가자료(억원)
대형음향가진시설	2023~2026	163	163.2
정적구조시험시설	2023~2027	103	95.5
엔진 후처리 설비동	2023~2025	169.5	169.5
터보펌프 펌프 단품 시험실	2023~2024	200	50.4
합계	-	636	478.6

○ 총사업비 산정 결과, 아래의 표와 같이 원안 대비 10,533백만원 증가한 58,393백만원으로 원안의 122.0%수준으로 검토됨

<표 5-8> 시설별 사업비 합계

(단위: 백만원)

구분	원안(A)	검토안(B)	비율(B/A)	증감(B-A)
대형음향가진시설	16,320	20,505	125.6%	4,185
정적구조시험시설	9,550	12,232	128.1%	2,682
엔진 후처리 설비동	16,950	18,230	107.5%	1,280
터보펌프 단품 시험실	5,040	7,426	147.3%	2,386
합계	47,860	58,393	122.0%	10,533

- 사업비 증가의 주된 요인은 『예비타당성조사 수행을 위한 세부지침 일반부문 연구』(한국개발연구원, 2021.5.)에 따라 부가세가 포함된 공사비, 보상비, 시설부대 경비, 운영설비비의 예비비 10%를 추가 반영함에 따라 사업비가 증가
- 다만, 발사대 시설구축계획은 제시되지 않아 추가검토가 필요함
- 동 사업의 장비구축계획에 대한 적정비용 검토 결과 원안 대비 99억 원 감소한 333.5백만원으로 결과가 도출됨
- 요청한 모든 장비의 구축타당성은 확보한 것으로 조사되며 일부 장비의 구축비용이 과대하여 유사장비의 비용을 적용한 결과가 반영됨

<표 5-9> 장비별 수량 및 비용 조정 결과

번호	장비명	수량적정성		원안(백만원)	검토안(백만원)
		신청	조정		
1	경량 음향하중저감장치 적층제조장비	1	1	726	726
2	전기체 모드 계측용 데이터 수집장치	1	1	251	251
3	차세대발사체 정적구조시험 장비	1	1	1,500	1,500
4	차세대발사체 추진제탱크 가변극성 플라즈마 아크 용접장비	1	1	17,242	9,940
5	차세대발사체 추진제탱크 마찰교반용접 장비	1	1	6,732	5,400
6	차세대발사체 추진제탱크 가압세척건조 장비	1	1	2,756	2,100
7	복합재동체비파괴검사 장비	1	1	2,500	2,500
8	광학정렬장비	1	1	70	70
9	정밀 방위각 측정장비	1	1	400	400
10	발사체 탑재장치 진동시험장비	1	1	380	380
11	유도가열 회전브레이징로	1	1	4,967	4,967
12	대형 진공주조장비	1	1	2,845	2,845
13	고압공기압축기	1	1	600	500
14	수동력계	1	1	550	550
15	터보펌프 제어계측설비	1	1	1,000	480
16	산화제 부스터 펌프 시험용 액체질소 탱크	2	2	384	384
17	산화제 부스터 펌프 시험용 극저온 자동밸브	3	3	135	135
18	산화제 부스터 펌프 시험용 극저온 유량계	3	3	150	150
19	산화제 부스터 펌프 시험용 기어박스	1	1	70	70
총 계		24	24	43,258	33,348

2) 경상경비 및 사업추진비 (3,187억 원)

- 동 사업의 경상경비 및 사업추진비는 주관연구기관이 한국항공우주연구원의 인건비, 연구활동비, 연구수당, 위탁연구비, 간접비로 구성되었으나, 인건비의 산정 근거가 부족하고 위탁연구비는 반영 사유를 구체화하여 제시할 필요가 있음
- 인건비는 세부활동별 또는 총괄 연구과제 수준에서 구체적인 연구수행 내역 기반으로 제시되지 못하여 연도별 인력투입 계획과 규모 설정 근거가 미흡함
 - 주관부처는 발사체 고도화사업과 차세대발사체사업에 참여하는 인력의 인건비를 중복 없이 산정하기 위해 병행기간('23~'27년)에 대한 전체 인건비 소요 중 고도화사업 예산에 반영된 인건비(전체의 48.7%)를 제외한 나머지 인건비(전체의 51.3%)를 차세대발사체 사업예산에 반영하였다고 제시하고 있음
 - 사업추진을 위한 인건비의 반영은 필수이지만 이는 사업별 투입인력에 대한 고려보다는 해당 본부 모든 인력이 투입된다는 가정에 따라 인건비를 산정한 것으로 제시된 인력운용계획에 부족한 부분이 존재
- 다만, 주관부처는 인력운용계획에 대한 별도의 추가자료를 통해 참여인력의 활용 계획이 구체화 되고 충원 인력에 대해서도 기술분야별로 부족한 필수 소요 인력을 분석하여 충원할 계획을 제시하여 소요인력 산정근거는 확보한 것으로 판단
- 그러나 인건비를 기준으로 연동하여 산정된 경상경비 및 사업추진비에서 적용된 인건비는 평균 인건비가 아닌 호봉상승률을 추가하여 반영하고 있으며,
- 연구활동비와 연구수당은 주관기관의 규정을 따른 것으로 판단되나, 산정 결과값 오류(과대산정)가 확인되고 이는 참여 인력의 인건비 변동 시 조정 가능성이 존재
- 위탁연구비는 한국형 발사체 고도화 사업에서 연 10억씩 반영된 것으로 확인되나 사용목적 및 사용계획이 미정으로 파악되므로 반영 사유가 부족함
- 주관기관의 간접비는 기존 7%에서 5.53%로 축소되었으며 주관부처는 현 기준의 간접비 비율을 적용한 것으로 확인되며⁸⁾ 제시된 간접비는 적정한 수준임

7) 공공기관 정보공개 시스템에 따른 한국항공우주연구원의 직원 평균 보수는 0.95억 내외

8) 범부처 연구비통합관리시스템(<https://www.gaia.go.kr/igifsv/indrfeeList.do>)의 연구기관별 간접비 비율 고시 자료를 통해 확인

3) 발사체 선행기술 연구개발비 (700억 원, 국비 540억 원 / 민자 140억 원)

□ 동 사업은 3개 분야 7개의 선행기술 연구개발 계획을 수립하고 있으며, 총사업비 700억 원을 제시하고 있으나 유사사업 비교시 과도한 예산계획으로 파악됨

<표 5-10> 유사 과제와의 비교

발사체 선행기술 연구개발		유사과제지원규모
대형 메탄 엔진 선행 기술 연구	160억 원	<ul style="list-style-type: none"> 액체엔진 고성능화 선행기술 연구(2016~2024, 185억 원) 수행 중으로 두 가지 타입의 엔진에 대한 선행연구비는 적정수준으로 판단됨
상단 고성능 수소 엔진 선행 기초연구	85억 원	
토스백(toss-back) 방식 재사용 실증기 구성을 위한 실용급 재사용 핵심기술 개발	200억 원	<ul style="list-style-type: none"> 재사용 발사체 핵심기술에 대한 연구비가 누리호 고도화 사업 내 반영되어 있음(298억 원)
대형발사체 적용 구조 경량화 핵심기술 연구	80억 원	<ul style="list-style-type: none"> 알루미늄-리튬(Al-Li) 합금소재에 마찰 교반 용접 국산화 기술 및 극저온 단열기술을 적용한 경량·저비용 공통격벽 추진제 탱크 개발(과학기술정보통신부, 2021~2026(6년), 2,927백만 원(2021)) 추진 중으로 중복성 존재함
광센서 계측기술을 이용한 발사체 예비오닉스 시스템 핵심 기술 개발	25억 원	<ul style="list-style-type: none"> 광섬유를 이용한 온도/스트레인/압력 센서 등은 다수의 정부연구개발과제로 수행한 이력이 있어 해당 과제와의 차별성 분석이 우선시되고 유사과제의 성과활용 계획이 제시될 필요가 있음
다중임무 확장용 저장성 추진제 액체엔진 선행기술 연구	80억 원	<ul style="list-style-type: none"> 액체엔진 고성능화 선행기술 연구가 수행되고 있어 차별성 제시가 필요함
차세대발사체 성능 확장 위한 보조부스터 핵심기술 개발	70억 원	<ul style="list-style-type: none"> 선행과제 성격의 추진제의 기초 물성 특성 및 연소 특성에 대한 연구가 기수행된 바 있으며(4년간 27억 원) 고체 추진제를 적용한 초소형 우주추력기 개발이 진행중(3년간 0.46억 원)으로 해당 과제의 예산이 과대하게 산정된 사유가 불분명함

제 2 절 편익 추정

1. 주관부처의 경제성 검토

- 주관부처는 시장수요 접근법에 따른 생산자 중심의 편익을 추정하여 동 사업의 편익/비용(B/C: 0.296)을 산출하고 추가적인 비용효과분석을 통해 동 사업이 유일한 대안이며 해외발사비용을 대체할 수 있어 효과가 높을 것으로 제시함
- 주관부처의 편익 산출을 위한 기본가정에는 미래 발사체시장의 부가가치 창출에 동 사업의 기여를 고려하였으며, 미래 우주산업 시장 전망을 통해 추정한 발사체 시장 규모를 대상으로 하여 본 사업으로부터 개발된 기술의 점유율을 추산함
 - 발사체 산업은 전체 우주산업 중 급격히 성장 중인 분야이므로 2027년까지 연평균 증가율 15.7%를 적용함
 - 발사체 시장 전망 자료가 없는 2027년 이후의 편익기간에는 우주산업 전망 자료를 활용하여 2040년 연평균 성장률이 3.1%에 이를 것으로 가정하여 편익 발생기간인 2047까지의 연평균 성장률을 추정함
 - 우리나라의 발사체 시장점유율은 편익이 발생하는 2047년까지 전체 발사체 시장의 5.0% 규모로 성장할 것으로 전망하여 대상시장을 추정함
- 편익 산출 시 불확실성 등을 반영하기 위하여 사업기여율, R&D기여율, R&D사업 화성공률, 부가가치율, 사회적할인율, 편익회임기간, 편익발생기간을 적용함

<표 5-11> 주관부처에서 제시한 편익 산출식

$\text{미래 발사체시장 부가가치창출 편익} = \text{미래 시장규모} \times \text{사업기여율} \times \text{R\&D기여율} \\ \times \text{R\&D사업화성공률} \times \text{부가가치율}$
--

- (사업기여율) 선행사업 기준 발사체 관련 정부 연구개발 사업과 과제의 기여도를 함께 고려하여 산정, 본 사업의 기여도를 81.91%로 적용함

<표 5-12> 주관부처에서 제시한 사업기여율 산출식

$\text{사업 기여율} = \frac{\text{(본 사업 투입비용)}}{\text{(본 사업 투입비용 + 타 발사체관련사업 사업비 + 관련과제 정부사업비)}}$
--

- (R&D기여율) 「제3차 과학기술기본계획」에서 제시하고 있는 35.4%를 적용
- (R&D사업화 성공률) 개발된 기술의 시장 진입 과정의 불확실성을 반영하기 위해,

- 한국과학기술기획평가원(KISTEP)에서 발표한 R&D 사업화 성공률 20%를 적용함
- (부가가치율) 한국은행 산업연관표(2015)를 활용하여 관련 상품군 17개의 부가가치율의 평균값인 31.96% 적용
 - (사회적 할인율) 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 총괄지침(‘19.01.)」 제33조에 따라 기획재정부의 「예비타당성조사 수행 총괄지침(‘19.05.)」 제50조에서 정하는 사회적 할인율 4.5% 적용
 - (편익회임기간) 본 사업의 경우, 사업을 통해 개발된 차세대발사체의 발사운용으로 편익이 사업 종료 즉시 발생하여 별도의 편익회임기간을 적용하지 않음
 - (편익기간) 차세대발사체 개발 관련 기술의 수명을 산정하고자 발사체 선진국에서 운용한 주요발사체의 평균운용기간을 적용하여 16년을 편익기간으로 설정

<표 5-13> 주관부처가 편익 산출을 적용한 변수

항목	활용 수치	근거
R&D사업화성공률	20%	○ KISTEP에서 발표한 R&D사업화 성공률
사업기여율	81.91%	○ 본 사업비를 포함한 유사과제(R&D) R&D 비용에서 본 사업의 R&D 비용 비중
부가가치율	31.96%	○ 한국은행 2015년 산업연관표를 활용, 관련 산업별 부가가치율의 평균값 적용
R&D 기여율	35.4%	○ 제3차 과학기술기본계획에 제시된 35.4%를적용
사회적 할인율	4.5%	○ 예비타당성조사 수행 총괄지침의 제50조 사회적 할인율 4.5% 적용
편익회임기간	0년	○ 사업의 특성상, 사업종료 즉시 활용 가능하여 별도의 편익회임기간 없음
편익발생기간	16년	○ 주요 발사체 선진국의 평균발사체 운영기간을 편익발생기간으로 활용

- 동 사업의 총사업비와 상기 편익산출식 및 변수를 적용하여 도출된 편익에 대해 2022년 기준으로 사회적 할인율 4.5%를 적용하여 경제적 타당성을 분석한 결과 B/C 0.296, NPV -11,039억 원이 제시됨

<표 5-14> 주관부처의 경제성 분석 결과

총비용(억 원)	총 편익(억 원)	비용편익비(B/C)	순현재가치(NPV)(억 원)
15,688.1	4,649.1	0.296	-11,039.0

- 비용효과분석을 위한 고정효과는 '위성발사, 우주탐사 등 자력 발사체 기술 확보'로 설정하고 있으며 동 사업의 차세대발사체 개발만이 유일한 대안으로 제시되었음
 - 주관부처는 동 사업의 비전이 차세대발사체 개발을 통한 '우주 주권 강화와 우주 개발 강국 실현'임을 고려하고
 - 민간이 주도하여 고도화된 차세대발사체를 개발하는 것은 현 시점에서는 불가능하므로 국가연구개발사업 추진이라는 단일 대안만이 존재한다고 제시함
 - 상기 고정된 효과에 대한 비용은 해외 주요 발사체 발사 비용을 근거를 기준으로 국내에 예정된 위성 발사수요에 대한 대체비용을 산출하였음
 - 국내 위성 및 우주탐사 계획에 따른 발사수요 중 차세대발사체 활용이 필요한 발사 수요는 총 22기, 위성의 무게는 관련 자료를 바탕으로 보수적으로 추정함
- ※ 정지궤도위성, 다목적실용위성, 우주탐사는 누리호로 발사 불가능
 ※ 우주탐사의 경우 탑재 중량 및 발사체 활용에 대한 비용 정보 확보가 불가능하여 분석대상에서 제외

<표 5-15> 차세대발사체 대체 가능 위성발사 일정 및 규모('31~'40)

구분	분류	무게 (추정치)	합계
정지궤도위성 (GTO)	KPS위성 7기 ('32~'35)	3.7 ton	46.4 ton
	통신(방송) 3기 (~'40)	3.5 ton	
	조기경보위성 2기 (~'40)	3.5 ton	
	천리안위성 신규 1기 (~'40)	3.0 ton	
다목적실용위성 (SSO)	아리랑위성 7기 (~'40)	3.0 ton	21.0 ton
우주탐사	달 착륙선 (잠정)	-	-
	소행성 귀환선 ('35)	-	

* 주1: 달 착륙선은 국가계획상 명시되어 있지는 않으나 부처 내부 계획상 포함,
 * 주2: 향후 발사예정인 다목적실용위성은 중량이 확정되지 않았으나, 지속적으로 대형화되고 있는 추세인 것을 고려하여 3톤으로 추정하여 산정

- 발사체 발사비용의 최소비용은 Space-X의 Falcon 9을 기준으로 하고 평균비용은 해외 주요발사체 발사비용의 평균으로 산정
- 상기의 가정을 통해 동 사업으로 대체 가능한 해외 발사체 활용 최소비용효과는 5,490억 원이며, 평균비용효과는 1조 5,457억 원으로 제시됨

<표 5-16> 외국 발사체 평균 발사비용

(단위: \$/kg)

종류	LEO	SSO	GTO
Ariane 5 ECA	8,900	11,125	18,737
Atlas V	10,692	13,666	24,849
Delta IV	14,760	18,048	30,618
Falcon 9	2,719	5,281	7,470
H-II A/B	7,642	15,458	23,276
Soyuz 2.1a/b	16,495	18,182	24,615
평균 비용	10,201.33	13,626.67	21,594.17

<표 5-17> 비용효과 분석 결과

구분	총 발사 비용	
	최소	평균
다목적 실용위성 (SSO)	110,903,000 \$	286,161,000 \$
정지궤도위성 (GTO)	346,602,000 \$	1,001,966,000 \$
합계	457,505,000 \$	1,288,127,000 \$
	549,006,000,000 원	1,545,752,000,000 원

* 주: 1 \$ = 1,200 원으로 환산

2. 예비타당성조사의 경제성 분석

- 주관부처가 편익 산출에 사용된 시장추정 및 점유율에 대한 대상시장의 타당성이 부족하고, 총비용 산정, 사업기여율 등 적용 변수의 적절성이 부족
 - 주관부처가 편익 산출을 위해 제시한 미래시장은 세계 발사체 시장을 타겟으로 하고 있어 동 사업 결과물과 관련한 시장 범주에는 포함되나, 사업의 목표가 세계 시장 진출 또는 점유율 확대일 경우에 한해서만 세계 시장이 해당됨⁹⁾
 - 주관부처는 국내 발사체 시장 매출액 규모를 세계시장과 비교하여 시장점유율이 향후 5%로 상승할 것으로 가정하고 있음
 - 그러나 동 사업의 결과물에 대한 해외 진출 계획 및 목표가 없고 수요가 국내로 제한되고 있으므로 대상시장은 국내 시장으로 한정될 수밖에 없으며, 수요에 따른 새로운 제품의 매출을 통한 가치창출 역시 국내 시장이 고려되어야 함¹⁰⁾¹¹⁾
 - 총비용은 사업기간 및 편익발생 기간동안 소요되는 모든 비용으로서 장비 노후화 및 교체에 대한 재투자비, 시설 운영비 등 소요가 예상되는 추가 발생 비용을 모두 고려하여 총비용에 반영 필요
 - 주관부처의 사업기여율에는 유사 사업(과제)의 정부투자 비용만이 고려되었으나, 민간투자의 고려도 필요함
 - 주관부처가 제시하고 있는 R&D사업화 성공률 20%의 출처는 2016년 국회예산처의 자료를 통해 인용된 자료로 확인되어¹²⁾ 최근 공식적으로 발표된 자료¹³⁾를 활용하여 적용하는 것이 필요
 - 편익발생기간의 경우 동 사업의 개발기술을 고려한 특허분석을 통해 기술수명주기 (TCT, Technology Cycle Time)를 산출하여 적용하는 것이 필요¹⁴⁾

9) 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2020)

10) 주관부처는 동 사업의 결과물인 차세대발사체의 해외 수출 가능성은 불가능한 상황으로 제시하고 있으며, 국내 공공수요 중심으로서의 활용계획이 제시되고 있음

11) 국내 발사체 관련 기업의 매출편익은 국내 발사체 산업지원·육성을 위한 국내 발사체의 정책적 활용이라는 전제하에 정부로부터 수주한 위성 발사 사업으로부터 대부분 발생

12) 정부R&D 사업화 성공률 英 71%·美 69%… 한국은 20% 그쳐 (조선일보, 2016.7.25.)

13) 공공기술이전 사업화 실태조사 보고서(2020~2021)에서 분석된 이전기술의 사업화 성공률 평균은 25.6%

14) 예비타당성조사 수행 세부지침에 따라 특허 전문기관을 통해 산출한 TCT는 24년으로 조사됨

- 또한 비용추정을 위한 기준년도가 2022년으로 설정되었으나, 예비타당성조사에서는 조사 시점의 전년도 말을 기준으로 하므로 2021년을 기준을 적용 필요
- 주관부처가 편익 산출에 사용된 변수 등을 보완하여 시장수요접근법으로 동 사업의 편익을 추정할 경우 경제적인 편익은 미미하며, 이는 아직 미성숙한 국내 발사체 시장에 따른 것으로 판단됨
- 주관부처가 추가로 제시한 비용효과 분석은 대안에 대한 비교가 고려되지 않았으며, 제시된 발사비용의 효과성에 대한 분석은 적절한 것으로 보기 어려움
 - 비용효과분석은 어떤 특정한 목표를 달성하기 위해 고려되는 여러 가지 대안들의 비용들과 그들의 효과들을 비교하는 방법으로 정의됨
 - 주관부처는 동 사업의 편익에 대한 경제성은 미미한 것으로 조사되어 비용효과 분석을 통해 동 사업의 효과성을 피력하고자 하나, 대안비교는 고려되지 않음¹⁵⁾
 - 또한, 효과성을 설명하기 위해 제시된 발사비용은 발사라는 행위에 대하여 효과적이어야 하나, 해외 발사비용보다 국내 발사비용이 높아 효과적으로 보기 어려움
 - 주관부처가 제시한 것처럼 해외로 유출되는 발사비용이 국내에서 소비될거라는 설명에서는 국부유출 측면에서 유리할 수 있지만 위성수요 대응목적 달성에 따른 절대적인 비용 측면에서 효과적이라고 보기 어려움
 - 기획보고서와 비용효과분석에 제시된 해외발사체 발사비용과 차세대발사체를 활용한 발사비용을 비교한 결과 차세대발사체의 단위무게당 발사비용(GTO)은 최소 2,221만원 최대 1억 2,540만원으로 해외 발사비용보다 높은 것으로 추정됨

<표 5-18> 차세대발사체의 정지궤도 위성 발사비용 추정(만원/kg)

정지궤도(GTO) 발사비용	초도호기(1~2호기)	후속호기(3호기부터)
동향 발사(3.7톤)	3,389	2,221
나로우주센터 발사(1톤)	12,540	8,220
초도호기 발사비용 (FM1/2)	1,254억 원	
	한국형발사체 대비 120% 수준	
후속호기 발사비용 (4기/년 가정)	822억 원	
	한국형발사체 대비 78% 수준	

15) 동일한 조건에서 대안이 존재하지 않는 경우 해당 대안이 최적의 수단이라는 정보를 도출할 수 없고, 사업 효과의 분석범위가 정량적인 파급효과에 한정될 가능성이 높으므로 정책적 타당성의 영역에 해당한다. (예비타당성조사 수행 세부지침, 2020)

제 6 장 종합분석 및 결론

제 1 절 AHP를 이용한 종합분석

1. AHP 기법을 활용한 종합분석의 개요

가. 다기준 분석의 필요성

- 국가연구개발사업 예비타당성조사의 최종 단계는 과학기술적·정책적·경제적 타당성의 분석 결과를 종합하여 사업 시행의 타당성 정도를 종합적으로 판단함
- 각각의 타당성 분석 결과를 종합하는 과정에 있어 정량적 분석 결과와 정성적 분석 결과의 통합, 평가의 일관성과 사업의 특수성을 동시에 반영해야 하는 점, 평가에 참여하는 여러 사람의 의견을 통합에 있어서의 어려움이 존재함
- 따라서 다수의 속성(multi-attributes)들을 고려하고 다수의 목적(multi-objectives)들을 포함하는 의사결정을 최적화하는 대표적인 기법으로 분석적 계층화법(AHP, Analytic Hierarchy Process)을 활용¹⁾하여 타당성 여부를 판단함

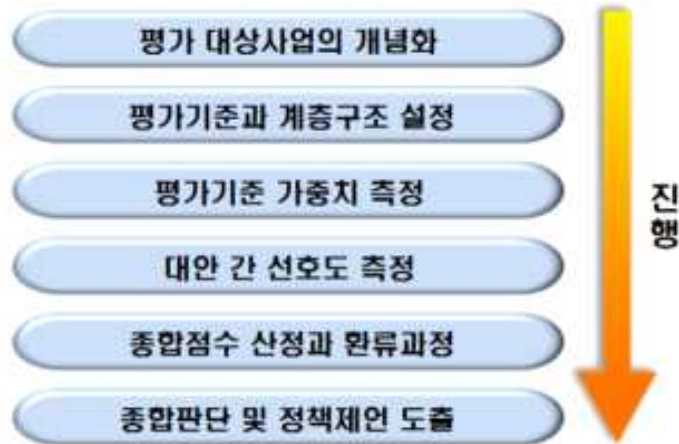
나. AHP 기법의 개요

- AHP는 의사결정 목표 및 평가기준이 다수이며, 개별 평가기준에 대해 서로 다른 선호도를 가진 대안들을 체계적으로 평가할 수 있도록 지원하는 의사결정기법임
- 문제를 구성하는 다양한 평가요소들을 주요 요소와 세부 요소들로 나누어 계층화하고, 계층별 요소들에 대한 쌍대비교(pairwise comparison)를 통해 요소들의 상대적 중요도를 도출함
- 인간의 사고와 유사한 방법으로 문제를 분해하고 구조화하고, 평가요소 간의 상대적 중요도와 대안들의 선호도를 비율척도로 측정하여 정량적 형태로 결과를 도출함
- 척도 선정, 가중치 산정절차, 민감도 분석 등에 사용되는 각종 기법이 실증분석과

1) 과학기술정보통신부, 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 총괄지침」

엄밀한 수리적 검증과정을 거쳐 채택된 방법들을 활용함

- 예비타당성조사에서 사용되는 AHP의 절차는 평가대상사업의 개념화, 평가기준과 계층구조의 설정, 평가기준 가중치 측정, 대안 간 선호도 측정, 종합점수 산정, 환류 과정 등으로 이루어짐



[그림 6-1] 분석적 계층화법(AHP)을 이용한 평가절차

출처 : 한국과학기술기획평가원(2020)

2. 종합평가 결과

가. 조사 대상 집단

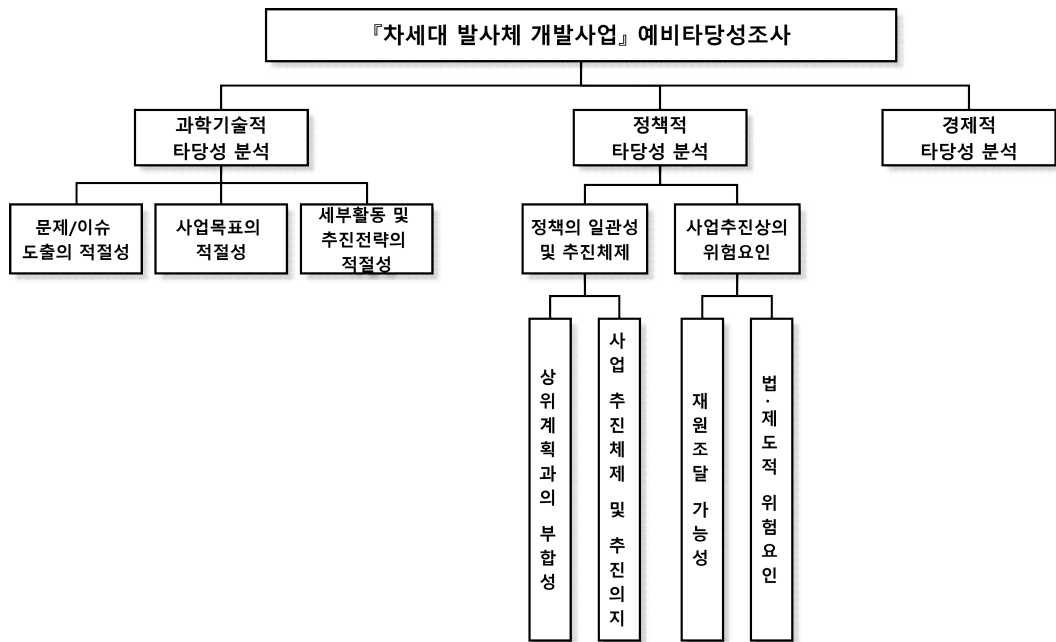
- 「국가연구개발사업 예비타당성조사 운용지침」에 따라²⁾ 국가연구개발사업평가 총괄위원회가 구성한 동 사업의 종합평가위원회 평가자 12인을 대상으로 AHP를 실시함
- 국가연구개발사업평가 총괄위원회는 사업 특성을 고려하여 분과위원회에 사업을 배정하며, 해당 분과위원회의 분과위원장과 분과부위원장, 분과위원장이 위촉한 분과위원 및 PM을 포함한 예비타당성조사 연구진 등으로 종합평가위원회가 구성됨
- AHP에 참여한 12인의 평가자 중 종합점수 기준으로 최댓값 및 최솟값 평가자를 제외한 총 10인의 항목별 평가점수를 종합하여 평가결과를 도출함

2) [시행 2020. 8. 3.] [과학기술정보통신부훈령 제123호, 2020. 8. 3., 일부개정]

- 최댓값과 최솟값을 제외함으로써 평가자의 개인별 선호를 가능한 한 배제하고 객관성을 유지하고자 하였으며, 전체 평가자의 개별 응답을 검토한 결과 모두 일관성³⁾을 지닌 것으로 확인됨

나. AHP 구조 및 평가항목

- 의사결정을 위한 AHP 계층구조는 크게 과학기술적, 정책적, 경제적 타당성 분석의 세 개의 대항목으로 분류되며, 그 하위에 2계층, 3계층 평가항목으로 구성됨
- 동 사업의 의사결정 계층구조는 [그림 6-2]와 같고, 평가항목별 세부 평가내용 및 평가기준은 <표 6-1>과 같음



[그림 6-2] 차세대발사체 개발사업의 예비타당성조사 의사결정 계층구조

3) 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 총괄지침」은 비일관성 비율의 최대 허용치를 0.15로 설정하고 있으며, 비일관성 비율이 0.15를 초과하는 응답자에 대해서는 환류과정(feedback)을 거칠 수 있다고 명시하고 있음. 동 사업의 비일관성 비율은 0.15 이하로 확인되었음

<표 6-1> 「차세대발사체 개발사업」 예비타당성조사 AHP 평가항목

평가항목 (1계층)	평가항목 (2계층)	평가항목 (3계층)	평가내용	비고
과학 기술적 타당성 분석	문제/ 이슈 도출의 적 절성	-	<ul style="list-style-type: none"> 문제/이슈의 식별 과정·결과의 적절성 	<ul style="list-style-type: none"> 식별과정이 합리적이고, 도출된 문제/이슈가 국가적 차원에서 대응이 시급하고 필요성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
	사업 목표의 적절성	-	<ul style="list-style-type: none"> 목표 설정의 적절성 	<ul style="list-style-type: none"> 설정된 목표가 식별된 문제/이슈의 해결과 연관성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
	세부활동 및 추진 전략의 적절성	-	<ul style="list-style-type: none"> 세부활동 구성 및 내용의 구체성과 연계성 추진체계 및 추진전략을 통한 세부활동 간의 연계성을 구체화 정도 	<ul style="list-style-type: none"> 세부활동이 사업목표와 연계성이 높고, 추진체계 및 전략을 통해 세부활동의 유기적 관계를 구체화할수록 사업 시행 점수가 높음
정책적 타당성 분석	정책의 일관성 및 추진체계	상위계획과 의 부합성	<ul style="list-style-type: none"> 정부에서 공식적으로 발표한 중장기계획과의 부합 정도 	<ul style="list-style-type: none"> 정부 계획과의 부합성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
		사업 추진 체계 및 추진의지	<ul style="list-style-type: none"> 선택군 계획과 관련된 사업들 간의 차별성 및 연계 방안 사업 거버넌스 	<ul style="list-style-type: none"> 사업의 임무·역할이 분명히 차별화되어 있으며, 관련 사업들과의 연계방안이 구체적일수록 사업 시행 점수가 높음 사업 거버넌스 구축방안이 적절할수록 사업 시행 점수가 높음
	사업 추진상의 위험요인	재원조달 가능성	<ul style="list-style-type: none"> 사업의 원활한 추진을 위한 재원 부담주체의 재원 조달 가능성 여부 	<ul style="list-style-type: none"> 재원조달 가능성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음(시행과 미시행의 중립이 최대 평점)
		법·제도적 위험요인	<ul style="list-style-type: none"> 사업 추진을 위한 법·제도적 제한 여부 WTO 보조금협정 차원에서 통상 분쟁의 가능성 및 대응 방안 	<ul style="list-style-type: none"> 법·제도적 위험 정도가 낮고 구체적인 대응방안이 마련될 경우 사업 시행 점수가 높음(시행과 미시행의 중립이 최대 평점)
경제적 타당성 분석	경제성	-	<ul style="list-style-type: none"> 사업비 및 비용 추정 편익 추정 비용편익 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 연차별 투입계획 및 총사업비 규모 추정이 구체적이고, 비용편익(B/C) 비율이 높을수록 사업 시행 점수가 높음

다. AHP 항목별 가중치 산정

- 연구개발부문 예비타당성조사는 AHP 평가항목별로 가중치를 설정하는데, 가중치는 평가항목간 상대적 중요도 또는 선호도를 나타내는 쌍대비교를 수행해 설정함
 - 최상위 계층인 과학기술적·정책적·경제적 타당성 항목의 가중치는 평가자가 직접 비중을 부여하며, 하위 항목의 가중치는 쌍대비교를 통해 설정됨
 - 쌍대비교 질의시의 척도(Scale)로는 Saaty가 제안한 9점 척도를 적용함
- 평가항목의 1계층인 과학기술적·정책적·경제적 타당성의 가중치는 각각 0.420, 0.475, 0.105로 계산되어 평가자들은 과학기술적 타당성 항목을 상대적으로 가장 중요한 것으로 판단하고 있음을 알 수 있음
 - 이어서 정책적 타당성, 경제적 타당성의 가중치 순으로 나타났으며, 이들 가중치의 총 합은 1이 됨을 확인함
 - 과학기술적 타당성 항목의 2계층인 ‘문제/이슈 도출의 적절성’, ‘사업목표의 적절성’, ‘세부활동 및 추진전략의 적절성’의 가중치는 각각 0.095, 0.142, 0.183로 나타남
 - ‘세부활동 및 추진전략의 적절성’항목의 중요성이 가장 높게 문제/이슈 도출의 적절성이나 사업목표의 적절성보다 중요한 판단요소로 생각하고 있음을 알 수 있음
 - 또한 ‘문제/이슈 도출의 적절성’항목보다 ‘사업목표의 적절성’에 대해서 중요성을 높게 인식하고 있었는데, 사업목표의 적절성과 문제/이슈 도출의 적절성의 중요도는 0.047의 차이가 나는 수준이었음
 - 정책적 타당성 항목의 2계층인 ‘정책의 일관성 및 추진체제’, ‘사업추진상의 위험요인’ 항목은 각각 0.373, 0.102로 조사되어 ‘정책의 일관성 및 추진체제’의 중요성이 ‘사업추진상의 위험요인’ 보다 높은 것으로 나타남
 - 평가항목의 3계층인 ‘상위계획과의 부합성’, ‘사업 추진체제 및 추진의지’ 항목은 각각 0.219, 0.154으로 나타나 평가자들이 사업 추진체제 및 추진의지를 상위계획과의 부합성보다 중요하게 인식하는 것을 알 수 있음
 - ‘재원조달 가능성’, ‘법·제도적 위험요인’ 항목은 각각 0.062, 0.040로 나타나 평가자들은 ‘재원조달 가능성’과 ‘법·제도적 위험요인’의 중요도는 다소 차이가 나는 수준이었음

<표 6-2> 「차세대발사체 개발사업」 예비타당성조사 AHP 평가항목별 가중치

평가항목		세부 종합	평가자										종합
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
과학 기술적 타당성	문제/이슈 도출의 적절성	0.095	0.045	0.150	0.045	0.103	0.111	0.133	0.031	0.240	0.048	0.057	0.420
	사업목표의 적절성	0.142	0.270	0.150	0.045	0.256	0.036	0.133	0.272	0.040	0.128	0.171	
	세부활동 및 추진 전략의 적절성	0.183	0.135	0.150	0.360	0.041	0.253	0.133	0.146	0.120	0.224	0.171	
정책적 타당성	정책의 일관성 및 추진체제	0.373	0.338	0.300	0.386	0.417	0.400	0.375	0.338	0.417	0.375	0.375	0.475
	상위계획과의 부합성	0.219	0.169	0.100	0.043	0.312	0.200	0.188	0.281	0.333	0.281	0.281	
	사업 추진체제 및 추진의지	0.154	0.169	0.200	0.343	0.104	0.200	0.188	0.056	0.083	0.094	0.094	
	사업 추진상의 위험요인	0.102	0.113	0.100	0.064	0.083	0.100	0.125	0.113	0.083	0.125	0.125	
	채원조달 가능성	0.062	0.056	0.050	0.032	0.056	0.050	0.063	0.101	0.067	0.063	0.063	
	법·제도적 위험요인	0.040	0.056	0.050	0.032	0.028	0.050	0.063	0.011	0.017	0.063	0.063	
경제적 타당성	경제성	0.105	0.100	0.150	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.105

* I Make It 기준 AHP 평가항목별 가중치 분석 결과임

라. 사업계획 대안에 대한 AHP 평가 결과

- 동 사업 계획 대안에 대한 시행·미시행 점수를 예비타당성조사 평가항목별로 분석한 결과, AHP 종합평점은 ‘사업 시행’이 0.726, ‘사업 미시행’이 0.274로 도출되어 사업 시행에 대한 선호도가 높게 나타남
- 평가자별 동 사업의 시행 또는 미시행에 대한 종합결론을 분석한 결과, 과학기술적·정책적·경제적 타당성 측면에서 ‘시행’으로 평가한 의견이 다수를 차지하였음
 - 과학기술적 타당성은 사업 시행에 대한 종합평점이 0.757로, 평가자 10명 중 1명이 미시행, 9명이 시행에 대한 선호도가 높은 것으로 나타났음
 - 정책적 타당성은 사업 시행에 대한 종합평점이 0.695로, 평가자 10명 모두 시행에 대한 선호도가 높은 것으로 나타났음
 - 경제적 타당성은 사업 시행에 대한 종합평점이 0.748로, 평가자 10명 모두 시행에 대한 선호도가 높은 것으로 나타났음

- 과학기술적·정책적·경제적 항목을 종합한 결과, 동 사업은 AHP 평점이 '시행 기준' 0.726로 나타나 최종적으로 '시행'에 대한 선호도가 높은 것으로 도출됨

<표 6-3> 「차세대발사체 개발사업」 예비타당성조사 AHP 평가결과

평가자	종합		과학기술적 타당성		정책적 타당성		경제적 타당성	
	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행
1	0.826	0.174	0.900	0.100	0.750	0.250	0.900	0.100
2	0.705	0.295	0.720	0.280	0.703	0.297	0.667	0.333
3	0.782	0.218	0.787	0.213	0.784	0.216	0.750	0.250
4	0.762	0.238	0.767	0.233	0.751	0.249	0.800	0.200
5	0.767	0.233	0.768	0.232	0.761	0.239	0.800	0.200
6	0.680	0.320	0.720	0.280	0.640	0.360	0.750	0.250
7	0.572	0.428	0.430	0.570	0.650	0.350	0.875	0.125
8	0.650	0.350	0.750	0.250	0.617	0.383	0.500	0.500
9	0.702	0.298	0.739	0.261	0.667	0.333	0.750	0.250
10	0.680	0.320	0.792	0.208	0.653	0.347	0.500	0.500
종합평점	0.726	0.274	0.757	0.243	0.695	0.305	0.748	0.252
평가자 수	10	0	9	1	10	0	10	0

* I Make It 기준 AHP 분석 결과임

제 2 절 결론 및 정책제언

1. 조사결과

가. 사업계획 원안에 대한 조사결과

- 우주발사체는 정부 지원이 필요한 영역으로 판단되나, 동 사업 R&D활동과 직접적인 연관성이 낮거나 해결되기 어려운 문제/이슈가⁴⁾ 포함됨
 - 우주산업 선점 및 상업적 우주활동 등의 해당 이슈는 미국 민간기업처럼 보유기술을 통해 상업적 이익을 거둘 수 있다는 의미
 - 해당 이슈와 관련하여 우리의 역량과 추후 확보하고자 하는 영역과 범위 및 수요에 관한 내용과 발사체 개발을 통해 진입하고자 하는 대상시장 등이 미제시
 - 위성수요와 관련하여 주관부처는 2032년부터 2톤 이상의 다목적 위성에 차세대발사체를 활용할 예정이라고 제시함
 - 다만, 정지궤도 위성의 경우 동 사업 외 차세대발사체의 확장형이 개발되거나 동향발사가 가능한 추가적인 발사장이 확보되어야 수요대응 가능
 - 발사체 성능 향상에 대한 이슈는 현재 누리호 개량을 통해서도 극복이 어려운 상황으로 발사체 성능 향상 필요성이 있는 것으로 판단
 - 민간 개발역량 확보가 필요하다는 이슈에 대해서는 발사체 관련 기업들은 항우연 관계자의 연구 책임하에 공동 기술개발하는 것을 선호하며, 기술 의존성이 있는 것으로 파악되어 타당성이 있는 것으로 판단
- 동 사업의 목표는 제시된 문제/이슈와 일부 연관되어 있으나 모든 문제/이슈를 포괄적으로 제시하고 있다고 보기는 어려우며 구체성이 낮은 문제점이 있음
 - 차세대 발사체 개발에 대한 목표는 동 사업 이슈 및 연구활동과 연관성이 높음
 - 사업목표 중 “민간의 발사체 개발역량 확보를 통한 상업적 우주활동 기반 마련”에 대해 민간 개발역량 확보에 대한 이슈와 목표 연관성은 적절

4) ①세계 각국 정부의 우주산업 선점 및 우주자원 확보를 위한 경쟁체제에 돌입, ②New-Space 시대의 도래로 민간기업의 다양한 상업적 우주활동이 빠르게 확대, ③ 국가우주개발계획 단계적 목표 달성을 위한 기존 발사체 성능 및 기능의 한계, ④ 공공부문 중심의 연구개발로 인한 민간 개발역량 확보가 필요

- 다만, 민간 개발역량과 상업적 우주 활동과의 구체적인 인과관계 및 상업적 우주 활동 계획 등이 구체적으로 제시되지 않아 상업적 기반 마련은 연관성 부족
 - 민간역량 확보 필요성과 사업목표의 연관성은 존재하지만, 추상적이고 정성적인 목표로서 이에 관한 측정방법과 달성 수준에 관한 내용은 확인 및 판단 불가
 - 우주강국 진입 기반 마련을 위한 발사체 선행기술 연구개발은 해당 이슈에 관한 구체적인 해소 목표가 제시되지 못하고 발사체 및 선행기술 개발이 해당 이슈를 직접적으로 해소할 수 있다는 근거 부족
- 임무설계에 있어 제시된 달착륙선 외 다목적 실용위성과 정지궤도 위성에 대한 임무 요구조건 달성 및 수행에는 불확실성이 높음
- 국가 우주개발계획 달성, 자주적 우주탐사 역량 측면에서 측정 가능한 목표는 2031년 달착륙선 발사로 판단
 - 차세대 발사체를 활용 달착륙선 미션을 완료한다고 가정할때 목표의 달성여부 측정 및 시간제약에 대한 요건은 충족
 - 다만, 달착륙선 발사의 경우 국가 정책적으로 결정된 해당 임무요건이 변화하지 않는다는 조건하에서만 차세대발사체의 임무 요건 타당성 확보 가능
 - 위성 발사와 우주탐사에 활용한다는 목표는 확정된 수요가 변동 가능하여 구체성이 낮으며 달성 여부에 대한 측정대상이 불분명
 - 다목적 실용위성의 경우 해외 부품 사용 등으로 인해 국내 발사체를 활용하지 못하고 있는 상황으로 위성개발에 대한 국산화 전략이 선행될 필요가 있음
 - 정지궤도 위성의 경우 추가 발사장 구축 또는 확장형을 통한 성능개량이 수반되지 않을 경우 임무 요건으로 포함되기 어려움⁵⁾
- 요소기술별 제시된 기술성숙도(TRL)는 동 사업의 차세대 발사체 개발에 대한 객관적인 평가가 수행되지 않아 지표설정 및 사업기획의 절차상 문제가 있음
- 주관부처는 TRL의 측정 절차와 검증방법 등은 알고 있으나 관련근거 제출 자료는 21년도 한국형발사체개발사업의 기술성숙도평가 보고서임
 - 유사한 기술이라 하더라도 사업의 목표성능에 따라 TRL은 달라지고 사업 수행 기간과의 밀접한 연관성이 있는 지표임

5) 동 사업에는 추가발사장 구축 및 확장형 발사체 개발계획은 포함되지 않음

- 이에 TRL을 재분석하여 TRL 목표 미달성 시 대응방안과 달성시기 재검토 필요
- 발사체 개발에 필요한 핵심기술(CTE)에 대한 선정 및 평가도 사전에 수행되지 않아 신뢰성이 낮아 사업 추진전략 수립과 기술 확보계획을 위한 재검토 필요
- 차세대발사체 개발이후 성능 확장 등 개량을 위한 선행기술 개발계획을 제시하고 있으나, 동 사업 내에서 추진되어야 할 사유 불분명
 - 미래를 대비하는 선행기술의 개발 취지는 인정되나, 발사체 선행기술에 대한 연구 개발 적용계획은 동 사업에 포함되어 있지 않음
 - 해당기술을 활용한 정책수요 대응의 활용계획과 선행기술 개발에서의 미션과 목표가 불분명
 - 차세대 발사체에 적용하기 위해서는 동 사업 외 추가적인 사업을 통해서만 상용화 단계까지 개발이 완료되고 적용될 수 있는 구조
 - 유관사업인 '스페이스챌린지' 사업('20~'28)의 경우 2030년 이후 발사체 적용을 위한 미래기술 확보를 목적으로 추진되고 있어 유사성이 높음
- 시험발사에 대한 계획이 현재는 구체적이지 않아 2회 발사시에 달착륙선을 탑재하는 것에 대한 실패율과 위험도가 높을 것으로 예상
 - 동 사업에 포함된 발사 횟수는 2회로 제시되어 있는 상황으로 1회 시험발사 후 2회 발사 시 달착륙선을 발사하는 것으로 기획
 - 한국형발사체 개발사업에서 분석된 실패율에 대한 분석결과⁶⁾를 살펴보면 초기 2회 발사에서 실패율이 높게 나타나고 신뢰성 확보를 위하여 통계적으로 유의미한 결과를 얻기 위한 시험 발사회수 확보가 필요하다는 것을 지적하고 있으며, 이에 성공률을 높이기 위한 실패 대응 계획이 필요한 것으로 판단
- 「제4차 우주개발진흥기본계획」이 수립 중이므로 추후 검토 필요
 - 현 「제3차 우주개발진흥기본계획」계획에는 달 착륙선 발사에 한국형발사체를 이용하는 것으로 제시되어 동 사업의 차세대 발사체는 포함되지 않으나,
 - 주관부처는 한국형 발사체 대비 성능이 향상된 차세대발사체 확보에 대한 내용을 「제4차 우주개발진흥기본계획」 내에 포함할 예정(당초 계획의 수정)으로 제시

6) S.D. Guikema & M. E. Pate-Cornell, Reliability Engineering & System Safety Vol. 87, 303-304 (2005).

- 다만, 현재 논의 단계에 있는 「제4차 우주개발진흥기본계획」은 '22.下 발표 예정으로 현 조사시점에서는 확인이 어려움
- 사업기획을 위한 민간 의견수렴이 부족하고 민간주도로의 전환을 위해 제시된 사업 추진 방식은 한국형발사체(누리호) 사업과 차별성이 낮음
 - 기술기획위원회는 외부전문가 5인(총괄위원회겸임) 및 항우연의 발사체 분야별 내부 전문가 19인 등 총 24인으로 항우연 주도의 공급자 중심기획으로 파악
 - 산업계 전문가의 참여는 매우 제한적이며, 동 사업이 민간주도로의 전환을 위한 산업계 참여를 높이겠다는 취지와 기획위원회의 구성이 상반됨
 - 동 사업은 시스템설계까지의 설계는 항우연이 주도적으로 수행, 체계종합기업은 참여로만 되어 있고 기본설계 개발시험부터 항우연과 체계종합기업이 공동 수행하는 것으로 제시
 - 한국형 발사체 개발사업의 추진계획을 살펴본 결과 항공우주연구원이 주관기관으로서 개발 초기단계에서 개념설계와 시스템설계를 우선 수행하고
 - 이후 산업체는 기본설계부터 참여하여 주관기관과 협동으로 설계 업무를 수행한다는 계획이 제시된 바 있어 동 사업 추진계획과 차별성이 분명하지 않음
- 동 사업의 선행기술 연구개발을 위한 민간부담금 확보에는 위험요인이 존재
 - 체계종합 후보기업의 경우 참여의향서를 제출하여 참여의지가 확인되나, 일반 민간 참여 후보기업의 경우 별도의 참여의향서는 확인되지 않음
 - 체계종합기업 외 기업의 사업 참여의향은 설문조사를 통해 의향을 수집하였으나, 해당 조사는 기술수요조사에 포함된 것으로 개별 연구자의 의견에 한정된 것으로 판단되어 대표성은 낮음
 - 또한, 주관부처가 제시한 자료에는 민간 부담의향이 없다고 응답하는 경우가 다수 확인되며 조사진과 기업의 간담회에서도 불확실한 사업에 투자비용을 부담하는 것은 어렵다고 응답
- 동 사업의 발사체 개발비용의 정보가 부족하여 예산산정의 적정성 검토에 한계가 있으며, 세부예산에 대한 비용관리를 위한 체계적인 관리체계 도입이 필요
 - 주관부처는 총 사업비 규모의 적절성을 검증하기 위해 2가지 비용모델을 활용하여 모수를 추정하였으며, 공학적으로 추정된 동 사업의 예산이 과도하지 않은 것으로 제시함

- 정보 획득이 가능한 비용모델(SEER모델) 적용에 대한 검토 결과 예산추정을 위한 일부 변수 적용이 부적절한 것으로 조사됨
 - 공학적 추정에서는 전체 요소기술개발에 대한 상세 비목들의 비교자료가 면밀히 제시되지 않아 유사사례인 한국형 발사체 사업과 비교는 불가
 - 주관부처는 비용 산정을 위한 근거로 한국형발사체 개발사업의 비용 내역을 제시하고 있으나, 참여인력의 수준, 인건비 책정 기준, 참여율 등이 불확실
 - 제작비에 대한 재료비, 설비 등은 실 견적이 아닌 추정치로 상세비용 검증이 불가하며, 개발비용 증감에 대한 비율 등에 대해서는 배수를 적용한 근거가 불분명하고 기획보고서에 제시된 연차별 연구계획과 예산 소요계획이 불확실
 - 원가계산서가 구체적인 경우에 예정가격은 산출식에 따라 계산될 수 있으나, 원가계산서가 구체적이지 않은 경우 원칙적으로 비용을 추정할 수 없음
 - 동 사업은 향후 기초 개념설계, 상세설계, 기술개발계획 단계별 과정에서 비용추정과 검증이 가능할 것으로 판단됨
 - 이에 사업비 관리를 위해 단계별 연도별 시스템별 구체적인 근거에 의해 상세비용을 제시하고 검증되어야 하며 이를 위한 사업비용통합관리 등의 관리계획도입이 필요한 것으로 판단
- 주관부처가 편익 산출에 사용된 시장추정 및 점유율에 대한 대상시장의 타당성이 부족하고, 총비용 산정, 사업기여율 등 적용 변수의 수정·보완 등이 필요
- 주관부처가 편익 산출을 위해 제시한 미래시장은 세계 발사체 시장을 타겟으로 하고 있어 동 사업 결과물과 관련한 시장 범주에는 포함됨
 - 다만, 사업의 목표가 세계시장 진출 또는 점유율 확대일 경우에 한해서만 세계 시장이 해당될 수 있음
 - 총비용은 사업기간 및 편익발생 기간동안 소요되는 모든 비용으로서 장비 재투자비, 시설 운영비 등 추가 발생 비용을 모두 고려하여 총비용에 반영 필요
 - 주관부처의 사업기여율에는 유사 사업(과제)의 정부투자 비용만이 고려되었으나, 민간투자의 기여분에 대한 고려도 필요함

7) 주관부처는 WBS 기준 품목별 명확한 개발 규격이 현 시점에서는 확정되지 않아 업체의 정확한 원가추산서 수준의 상세견적을 받기 어려운 상황임을 설명함

- 주관부처가 제시하고 있는 R&D사업화 성공률은 최근 공식적으로 발표된 자료⁸⁾를 활용하여 적용하는 것이 필요
- 편익발생기간의 경우 동 사업의 개발기술을 고려한 특허분석을 통해 기술수명주기 (TCT, Technology Cycle Time)를 적용하는 것이 필요
- 비용추정을 위한 기준년도가 2022년으로 설정되었으나, 예비타당성조사에서는 조사 시점의 전년도 말을 기준으로 하므로 2021년을 기준을 적용 필요
- 주관부처가 제시한 비용효과 분석은 대안에 대한 비교가 고려되지 않았으며, 제시된 발사비용의 효과성에 대한 분석은 적절하지 않음
 - 비용효과분석은 어떤 특정한 목표를 달성하기 위해 고려되는 여러 가지 대안들의 비용들과 그들의 효과들을 비교하는 방법으로 정의됨
 - 주관부처는 동 사업의 편익에 대한 경제성이 낮은 것으로 도출되어 비용효과 분석을 통해 동 사업의 비용효과성을 피력하고자 하나, 대안의 비교는 고려되지 않음⁹⁾
 - 효과성을 설명하기 위해 제시된 발사비용은 발사라는 행위에 대하여 효과적이어야 하나, 해외 발사비용보다 국내 발사비용이 높아 효과적으로 보기 어려움
 - 해외로 유출되는 발사비용이 국내에서 소비된다는 설명은 국부유출 측면에서 유리할 수 있지만 위성발사에 따른 절대적 비용 측면에서 효과적으로 보기 어려움¹⁰⁾

8) 공공기술이전 사업화 실태조사 보고서(2020~2021)에서 분석된 이전기술의 사업화 성공률 평균은 25.6%

9) 동일한 조건에서 대안이 존재하지 않는 경우 해당 대안이 최적의 수단이라는 정보를 도출할 수 없고, 사업 효과의 분석범위가 정량적인 파급효과에 한정될 가능성이 높으므로 정책적 타당성의 영역에 해당한다. (예비타당성조사 수행 세부지침, 2020)

10) 기획보고서와 비용효과분석에 제시된 해외발사체 발사비용과 차세대발사체를 활용한 발사비용을 비교한 결과 차세대발사체의 단위무게당 발사비용(GTO)은 최소 2,221만원 최대 1억 2,540만원으로 해외 발사비용보다 높은 것으로 추정됨

나. 주관부처 소명자료에 대한 검토 결과

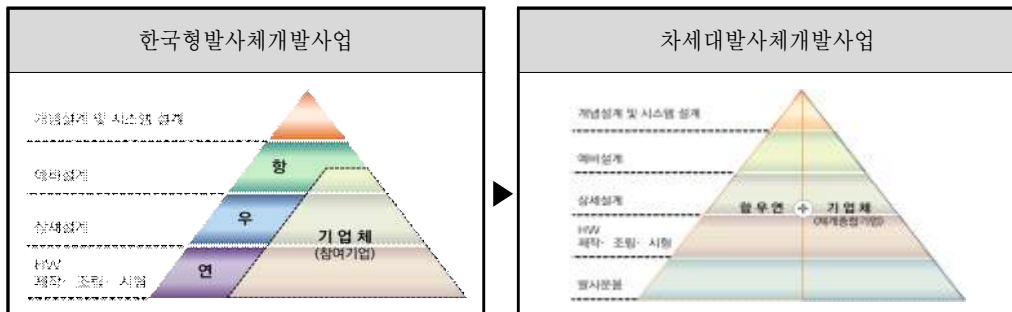
(1) 차세대발사체개발사업 TRL 재평가 및 관리 계획

- 주관부처는 기술수준에 대한 재분석을 통해 평가결과에 대한 신뢰성을 일부 확보 하였으나, 핵심기술에 대한 기술수준이 낮은 상황으로 기술개발 성공 위험성은 존재
 - 한국형발사체에서 수행한 방식대로 차세대발사체의 구성품 목표규격(안)을 기준으로 1단계 항우연 자체분석, 2단계 외부 전문가 검토 과정(서면 평가)을 통하여 TRL 분석 및 CTE(핵심중점기술) 선정하여 일정부분 신뢰성을 확보한 것으로 판단
 - 주관부처는 항우연 자체 분석을 통해 차세대발사체 개발 방향 및 시스템설계 베이스라인을 토대로 수립된 차세대발사체 구성품 목표규격(안)을 기준으로 TRL 분석 및 CTE를 선정함
 - 이후 차세대발사체 핵심기술별 상세내용과 항우연의 자체 분석 결과에 대해 외부 전문가에 TRL 수준 및 CTE 선정 평가를 요청하여 분석결과를 추가하여 제시함
 - 다만, 평가대상 전체기술이 모두 TRL 3 이하로 분석되어 핵심기술 개발과 체계개발이 동시에 진행되는 동 사업의 특성상 사업의 목표(성능, 일정 등)를 달성하는데 상당한 어려움과 위험성이 있을 것으로 판단됨
 - 전체 평가 기술(55개) 중 21개가 TRL 2(실용 목적의 아이디어, 특허 등 개념을 정립 하는 수준)으로 사업을 원활히 수행함에 하는데 위험요인으로 작용 될 가능성 존재
 - CTE라는 것은 사업의 완수를 위하여 기술적으로 가장 중요한 기술을 의미하는데 CTE 미포함 기술 중 TRL 2로 평가된 기술이 8개 존재하는 상황
 - 주관부처는 차세대발사체 핵심기술을 상당 부분 기술을 확보하고 있으나, 동일 기술 및 제품을 사용하더라도 성능, 요구규격, 형상에 변화가 있다면 평가기준이 다르게 표현될 수 있어 위험수준은 낮은 것으로 소명함
 - 현재 TRL 3 수준 이하 핵심기술이 대부분 신규로 확보 해야하는 엔진 분야 기술로 아직은 선행연구가 진행중¹¹⁾이므로 계획된 기한 내 적용가능한 수준의 기술확보를 위해서는 상당한 노력이 요구될 것으로 판단됨

11) 한국항공우주연구원 연구운영비 중 다단엔진 관련 액체엔진 고성능화 선행기술 연구 추진 중(17.1~24.12)

(2) 발사체 개발사업의 민간주도 추진 계획

- 한국형발사체개발사업의 경험을 기반으로 기술개발 측면의 민간주도 추진계획 개선안은 적절하게 제시하고 있으나, 발사체 시장에서 민간기업의 자발적 주도를 유도, 전환하기에는 한계가 있는 것으로 판단됨
- 발사체 개발사업의 민간주도 추진계획의 핵심은 체계종합기업의 체계적이고 적극적인 육성에 달려 있으며, 이런 측면에서 체계종합기업의 역할, 권한, 책임을 적절하게 제시함
 - 주관부처가 제시한 민간주도 추진전략에는 국내 산업체(체계종합기업)와 발사체 공동개발을 추진하는 방식으로 발사체 개발 전주기에 체계종합기업이 공동으로 참여하는 것으로 보완하여 제시함
 - 체계종합기업은 개념설계 단계부터 공동 설계를 수행하는 것으로 한국형발사체 개발사업의 추진전략과 차별성을 제시하고 있음



[그림 6-3] 차세대발사체 개발사업의 민간주도 추진 계획

- 기존 한국형발사체개발사업에서 운영된 IPT(Integrated Product/Process Team) 조직체계를 구성¹²⁾하되 발사체 주요 서브시스템을 포함하여 발사체 개발 전과정에 선정된 체계종합기업(주관기업)이 참여하도록 개선된 운영계획을 제시
- 다만, 국내 체계종합기업의 역량이 발사체 개발 전주기(모든 개발품목 등)에 공동으로 참여할 만한 수준인지에 대해서는 불분명한 측면이 있으며,

12) 기존 체계에서는 설계 등 실제 의사결정에는 한국항공우주연구원 구성원만 참여하는 방식이고 산업체는 항우연 해당 구성품 담당팀과 working group 형태로만 참여하였으나 동 사업에서는 직접 참여 체계로 변경

- 발사체 개발 전주기 과정을 항우연과 공동개발하여 민간의 발사체 기술역량을 대폭 향상시키는 계획 대비, 발사체의 활용 측면과 상업적 이익 등 민간 수요에 대한 경제성 등을 확보하기 위한 전략은 부족하여 민간기업의 자발적 참여 유도에는 한계가 있을 것으로 판단

(3) 선행기술 연구개발 필요성

- 세부 기술별 연구개발 적용계획 등이 불확실하며, 본 사업에서 선행기술 연구개발을 함께 추진해야 할 필요성은 낮은 것으로 판단됨
- 주관부처가 제시한 선행기술을 통한 미래 발사체 성능개선 및 필요성에 대해서는 충분히 공감되나, 적용 시점, 활용계획 및 미션 등에 대한 불확실성은 잔존
- 발사체의 고비용 문제, 정지궤도 위성 발사를 위한 성능개선이 필수적인 상황임을 감안할 때 본 사업의 선행기술 개발은 중요하나, 예산과 계획 등을 보다 구체화하여 추진할 필요가 있음

(4) 차세대발사체개발사업 관리 계획 : 일정/비용관리

- 한국형발사체 개발사업 경험을 바탕으로 구성된 차세대발사체 개발사업 비용관리 및 일정관리 계획은 적절하게 제시됨
- 주관부처는 대규모 사업추진에 따른 사업계획 관리를 위해 차세대발사체 사업의 전주기에 걸쳐 PM(Project Management)/SE(Systems Engineering) 기반의 관리 계획을 수립하여 적용할 계획을 제시함¹³⁾
 - 이를 위해 사업의 ①범위, ②일정, ③비용, ④요구조건, ⑤위험, ⑥제품보증, ⑦정보 및 정보보안, ⑧의사소통, ⑨조달, ⑩변경에 관한 사항을 관리하기 위한 사업관리 (PM) 표준모델을 제시
 - 관리체계 운영 및 점검을 위해 항우연 내 사업관리 전담조직을 운영하고 별도의 사업관리 전담점검단을 구성하여 정기적인(반기 또는 연차) 검토 추진계획을 제시

13) 기존 한국형발사체개발사업의 관리를 위해 항우연에서는 프로젝트관리의 일반적인 모범사례를 제시하는 PMI PMBoK, NASA MFSC(Marshall Space Flight Center) 등 발사체 관련 분야의 관리 핸드북, 개발 사례 등을 검토하여, 사업에 맞도록 실제적으로 적용하고 단계적인 성숙도 개선을 추진 중

(5) 차세대발사체 발사실패 리스크 대응 계획

- 차세대발사체의 개발난이도 등을 고려할 때, 발사 횟수를 늘리고 달착륙선 발사 일정을 조정하는 계획은 적절한 것으로 판단됨
- 차세대발사체의 발사 계획은 당초 2회로 계획되었으나, 실패 위험에 대한 쟁점을 해소하기 위해 우주개발실무진흥위원회¹⁴⁾를 통해 발사 위험도 완화를 위한 발사 횟수를 3회로 조정하여 제시함
 - 차세대발사체의 신뢰성 확보를 위해 시험발사 횟수를 1회 증가(달착륙선 PFM* 모델 발사 추가)시키고 기존 달착륙선 발사 계획은 '31년 → '32년으로 조정

<표 6-4> 차세대발사체 발사 횟수 변경 계획(안)

	1차 발사('30)	2차 발사('31)	3차 발사('32)
기존	달궤도투입 성능검증위성	달착륙선 최종모델	-
변경	달궤도투입 성능검증위성	달착륙선 (PFM)	달착륙선 최종모델

※ 달착륙선 PFM : 달 착륙선 최종모델의 고난이도 기술개발 위험 완화를 위한 예비모델(Proto-Flight Model)로, 최종모델과 함께 동시 개발예정

- 추가발사와 사업기간 1년 연장에 따른 추가 사업비를 원안대비 1,981억 원 증가한 2조 1,311을 제시함

14) 한국형 발사체 반복 발사계획 및 차세대발사체 개발계획(안)(2022.10.07.)

<표 6-5> 차세대발사체 발사 횟수 변경에 따른 예산 소요(안)

구분		기존(안) (2회 발사 기준)	조정(안) (3회 발사 기준)	증감 (‘32년도 예산)
H/W비	KSLV-III 제작/조립	2,338.0	3,507.0	1,169.0
	KSLV-III 발사	170.0	255.0	85.0
	KSLV-III 개발	6,979.6	6,979.6	0.0
	시설 운용 및 관리	986.0	1,166.2	180.2
	설비 개조	2,469.5	2,469.5	0.0
	발사대 (구축 및 일상운용)	2,500.0	2,544.5	44.5
	소계	15,443.1	16,921.8	1,478.7
S/W비	인건비 (이관인건비 제외)	1,235.6	1,451.8	216.2
	연구활동비	454.6	544.5	89.9
	연구수당	482.7	565.4	82.7
	위탁연구비	740.0	750.0	10.0
	간접비	974.1	1,077.4	103.3
	소계	3,887.0	4,389.1	502.1
합계		19,330.1	21,310.9	1,980.8

- 증가된 하드웨어 예산에는 개발비는 미반영하고, 발사비용 1,254억 원을 추가하고 발사 준비를 위한 시설관리 및 발사대 운용비를 적용한 것은 적절한 것으로 판단
- 경상경비 및 사업추진비는 인건비와 연동하여 산정하였으나, 호봉상승률을 일괄 적용하고 있어 평균 임금을 고려하여 산정하는 것이 필요함
- 다만, 신뢰성이 확보되지 않은 상태에서 2차 발사시에 달착륙선을 발사하는 것은 실패 위험을 내포할 수 있기에 발사체의 발사 횟수를 증가하여 신뢰성을 확보한다는 계획은 타당성이 있음
- 그 외 추가적으로 발사실패로 이어질 수 있는 여러 위험요인들 (민간업체로부터 발생할 수 있는 위기, 해외 협력업체로부터 발생할 수 있는 위기, 적기 기술확보 실패 등)을 발굴하고 대응방안을 사전에 준비하는 것도 필요한 것으로 판단

(6) 조건부 가치측정법을 통한 경제성 분석결과

- 주관부처는 조건부가치측정법을 통해 시장적 접근법으로 측정하기 어려운 동 사업의 비용가치에 대한 편익을 산출하였으나 분석에 필요한 총비용에 운영비가 누락되어 반영하여 산정할 필요가 있음

- 우주개발 발사체 관련 민간 시장은 충분히 형성되지 않아 일반적인 편익분석법을 통한 시장가치(이용가치) 추정에 어려움이 존재하고, 우주개발을 위한 발사체 R&D를 통해 얻을 수 있는 편익으로는 시장가치 외에도 비시장재·공공재 측면의 가치도 고려할 필요가 있는 것으로 판단
- 이에 주관부처는 발사체 개발을 통한 달 탐사를 비롯한 우주탐사 경쟁 참여, 국제적 위상 증진 및 국민 자긍심 제고, 국가 위성 자력 발사에 대한 안보적인 안정성 확대와 같은 비이용가치를 측정하기 위한 조건부가치측정법을 수행함
- 수행방식은 KDI의 조건부가치측정법 분석지침¹⁵⁾에 따라 수행되었으며, 동 사업의 경제적 편익의 총 현재가치는 6,946억 원, 비용편익 비율은 0.428로 제시함
- 다만, 주관부처의 분석에서 총사업비 외 편익기간동안 발생하는 비용을 추가하여 총비용이 모수로 분석되어야 하고, 편익기간은 기술수명주기 분석결과에 따라 산정되어야 하며, 이를 고려할 때 동 사업의 비용편익 비율은 0.410으로 산출됨

다. 예비타당성조사 대안의 도출

- 동 사업은 국가 정책적으로 결정된 해당 임무요건(달착륙선 발사)이 변화하지 않는다는 조건하에 해당 목표달성을 위한 기존발사체 성능 및 기능의 확보가 필요하며, 목표를 이루기까지의 기술개발 성공에 대한 위험요인이 잔존하나 선진국과의 기술 격차 완화가 요구되고, 민간의 실패위험과 시장 진입장벽이 높은 영역임을 감안 정부 지원을 통한 추진 필요성이 존재함
- 국가 우주개발계획 수립과 이행(향후 예정된 달착륙선의 성공적인 발사)을 위해 기존 한국형발사체(누리호) 대비 성능이 대폭 고도화된 발사체 개발이 필요하며, 발사체 분야에 대한 민간기업의 역량을 강화하고 연구인력의 기술축적과 관련시설들의 연속적 유지, 활용, 개선 측면을 고려할 때 사업의 필요성이 존재
- 다만, 사업추진을 위한 실패위험 관리를 위해 제시된 계획들(기술수준 달성, 비용 및 일정 관리, 발사실패 위험 대응 등)은 아직 작동되지 않은 사항으로 상세기획 단계에서 보완, 검증하고 사업추진 중 지속적이고 객관적인 평가가 수행된다는 전제하에 차세대발사체 개발을 위한 대안을 구성할 수 있을 것으로 판단

15) 예비타당성조사를 위한 조건부가치측정법 분석지침 개선 연구(KDI, 2012)

- 예비타당성조사 대안¹⁶⁾은 예정된 달착륙선 발사라는 정책목표 달성을 위해 차세대 발사체를 확보하는 것을 우선으로 할 필요가 있다고 판단하여, 이를 위해 차세대발사체 개발 및 관련 시설, 장비구축비를 반영하되 기술개발 적용 시기와 활용계획 등이 부족한 발사체 선행기술 개발 부분은 동 사업 추진범위에서 제외함
- 예비타당성조사 대안의 사업기간은 원안의 사업기간 9년('23~'31)에서 차세대 발사체의 3회 발사가 이루어지는 기간인 10년('23~'32)으로 적용
- 원안의 발사체 선행기술개발 내역은 동 사업 대안의 추진범위에서 제외
- 원안의 경상경비, 사업추진비 중 인건비, 연구활동비, 연구수당에 대해서 인건비는 공시된 항우연의 기관 평균 인건비 단가를 반영하고 그 외 비용은 관련된 규정과 사업비 활용 현황을 고려하여 제시된 비율을 준용하여 산정
- 위탁연구비는 별도의 추가자료를 통해 추진계획이 제시된 수중소음 및 어업생산성 변화조사(1억 원/년)와 발사체 분야 기술동향 분석(0.5억 원/년)을 주관부처가 요구한 '28~'31년까지 반영
- 예비타당성조사 대안의 총사업비와 총비용을 산출하여 비용편익 비율을 재산정
- 예비타당성조사 대안의 사업비 규모는 2조 132억 원(국고 100%)이며 하드웨어 개발비 1조 6,770억 원, 경상경비 및 사업추진비 3,362억 원으로 구성되며, 대안에 대한 비용편익 비율(B/C ratio)은 0.429로 도출

16) 「제4차 우주개발진흥기본계획」이 수립중이며, 달착륙선 발사계획은 우주개발진흥실무위원회에서 의결(2022.10.07.)

<표 6-6> 예비타당성조사 대안의 예산규모 검토 결과

(단위 : 억 원)

구분		사업계획	변경안	대안 ¹⁷⁾	사업계획 대비 변경사항	
① 차세대발사체 개발	하드웨어 개발비	차세대발사체 개발 (장비/시설 외)	14,374	15,853	15,852.6	시험발사 1회 증가 및 개발비 규모 준수
		시설구축	636	636	583.9	비용 검토 결과 반영
		장비구축	433	433	333.5	비용 검토 결과 반영
	경상경비, 사업추진비	인건비	1,236	1,452	1,194.4	기관 평균 인건비 반영
		연구활동비	454	545	454.1	사업 인건비 38% 반영
		연구수당	483	565	653.2	총 인건비의 23% 반영
		위탁연구비	40	50	6	계획 제시된 연구비 반영
		간접비	974	1077	1,054.7	대안 기준 재산정(5.53%)
	소계		18,630	20,611	20,132.4	발사 1회 및 사업 기간 증가
	②발사체 선행기술 연구개발		700.0	700	0	추진범위에서 제외
총 사업비 (①+②)		19,330	21,311	20,132.4	대안의 총사업비 산정결과	
B/C		0.442	0.410	0.429	총비용을 고려한 산정결과	

<표 6-7> 예비타당성조사 대안의 연차별 투자규모

(단위 : 억 원)

구분		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	합계
하드웨어 개발비	차세대발사체 개발	907.6	1,445.4	1,879.6	2,393.0	2,296.0	1,710.0	1,734.0	1,463.3	545.0	1,478.7	15,852.6
	시설·장비	214.2	306.1	325.9	66.5	-	-	-	4.7	-	-	917.4
경상경비, 사업추진비		174.3	276.9	338.7	344.2	331.1	394.3	399.6	389.4	334.1	379.7	3362.4
총 사업비		1296.1	2028.3	2544.2	2803.7	2627.1	2104.3	2133.6	1857.4	879.1	1858.4	20132.4

<표 6-8> 대안의 비용편익 분석 결과

비용(현재가치, 억 원)	편익(현재가치, 억 원) ¹⁸⁾	B/C Ratio	NPV(순현재가치)
16,175	6,946	0.429	-9,229

17) 차세대발사체 1회 추가발사 및 사업기간 연장은 우주개발진흥실무위원회(2022.10.07.)의 의결사항 적용

18) 주관부처에서 수행한 조건부가치측정법의 편익 결과값을 적용

2. 결론

□ 예비타당성조사 대안 구성결과 사업비 규모는 2조 132억 원(국고 100%)이며 하드웨어 개발비 1조 6,770억 원, 경상경비 및 사업추진비 3,362억 원으로 구성되며, 대안에 대한 비용편익 비율(B/C ratio)은 0.429로 도출

<표 6-9> 예비타당성조사 대안의 예산규모 검토 결과

(단위 : 억 원)

구분		사업계획	변경안	대안 ¹⁹⁾	사업계획 대비 변경사항	
① 차세대발사체 개발	하드웨어 개발비	차세대발사체 개발 (장비/시설 외)	14,374	15,853	15,852.6	• 시험발사 1회 증가 및 개발비 규모 준수
		시설구축	636	636	583.9	• 비용 검토 결과 반영
		장비구축	433	433	333.5	• 비용 검토 결과 반영
	경상경비, 사업추진비	인건비	1,236	1,452	1,194.4	• 기관 평균 인건비 반영
		연구활동비	454	545	454.1	• 사업 인건비 38% 반영
		연구수당	483	565	653.2	• 총 인건비의 23% 반영
		위탁연구비	40	50	6	• 계획 제시된 연구비 반영
		간접비	974	1077	1,054.7	• 대안 기준 재산정(5.53%)
	소계		18,630	20,611	20,132.4	• 발사 1회 및 사업 기간 증가
	②발사체 선행기술 연구개발		700.0	700	0	• 추진범위에서 제외
총 사업비 (①+②)		19,330	21,311	20,132.4	• 대안의 총사업비 산정결과	
B/C		0.442	0.410	0.429	• 총비용을 고려한 산정결과	

<표 6-10> 예비타당성조사 대안의 연차별 투자규모

(단위 : 억 원)

구분		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	합계
하드웨어 개발비	차세대발사체개발	907.6	1,445.4	1,879.6	2,393.0	2,296.0	1,710.0	1,734.0	1,463.3	545.0	1,478.7	15,852.6
	시설·장비	214.2	306.1	325.9	66.5	-	-	-	4.7	-	-	917.4
경상경비, 사업추진비		174.3	276.9	338.7	344.2	331.1	394.3	399.6	389.4	334.1	379.7	3362.4
총 사업비		1296.1	2028.3	2544.2	2803.7	2627.1	2104.3	2133.6	1857.4	879.1	1858.4	20132.4

□ 동 사업 예비타당성조사 대안에 대한 AHP 평가 결과, 평가자 총 10명 모두 사업 '시행'에 대한 선호도가 높은 것으로 나타나 '시행'을 최종 결론으로 도출하였음

19) 차세대발사체 1회 추가발사 및 사업기간 연장은 우주개발진흥실무위원회(2022.10.07.)의 의결사항 적용

<표 6-11> 한국형발사체 고도화 사업 대안에 대한 AHP 결과

항목	종합		과학기술적 타당성		정책적 타당성		경제적 타당성*	
	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행
종합평점	0.726	0.274	0.757	0.243	0.695	0.305	0.748	0.252
평가자수	10	0	9	1	10	0	10	0
가중치	1		0.420		0.475		0.105	

* I Make It 기준 AHP 분석 결과임

3. 정책제언

- 발사체 관련 개별 기술별로 사업 완료 후의 격차 수준, 사용 가능성 정도를 보다 면밀히 측정·예측하여 발사체 기술격차를 효과적으로 축소하고 기술활용의 시기를 앞당길 수 있도록 대상기술을 전략적으로 선택 및 지원할 필요
- 해외발사체 수준을 고려한 거시적 관점에서 기술격차를 축소하고, 기존 발사체 및 미래 발사체에 대한 경제성과 정책적인 측면을 최대한 충족시킬 수 있는 선행기술이 개발될 필요
- 차세대발사체의 활용수요(정부 및 민간)를 추가 발굴하여 명확한 시행계획을 수립할 필요가 있으며, 수요에 기반한 적극적인 산업체의 투자 및 참여 유인방안을 구체화하여 추진될 필요가 있음
- 산업체 역량강화를 위해서는 단순한 공동개발에 그치지 말고 산업체의 역할과 책임을 명확히 정의하여 항우연과 기업들간의 역할, 지적재산권 등 보다 세부적인 사항이 고려된 계약과 협약 방안이 요구됨
- 민간주도의 시장을 지향하고 있으므로 향후 발사체 관련 국가연구개발사업 추진시 적절 규모의 민자 매칭이 이루어질 수 있는 기반을 조성할 필요가 있음
- 발사체 기술을 개발하는 과정에서 발생하는 지식과 기술, 인적 자원을 관리하고 육성하는 중장기계획을 통해 관련 인력의 숙련도와 지식수준을 지속적으로 향상시키고 산학연 협력체계를 통해 민간기업에 숙련된 인력이 유입될 수 있는 노력 필요

- 향후 우주탐사 위성의 활용 증대가 예상되나 국제 공동탐재체 개발 등은 매우 어려운 상황으로 과학 임무 목적 공동개발의 경우 국내 발사체 활용이 가능하도록 외교적 노력이 필요
- 발사체의 신뢰도 확보를 위한 시험평가, 시험발사 횟수 등에 있어 충분한 기간과 예산 지원은 필요하나 개발단계별 엄격하고 객관적인 검증과 관리가 요구되며, 발생할 수 있는 위험요소를 지속적으로 제거해 나가는 노력이 필요
- 과도한 기간 지연 또는 예산변경이 수반되는 상황이 발생하는 경우 정부연구개발 관리규정 등에 따른 별도의 평가가 필요

참 고 문 헌

- 관계부처 합동, 「대한민국 우주산업전략」, 2018.12
- 관계부처 합동, 「제4차 과학기술기본계획(2018~2022)」, 2018.2
- 과학기술정보통신부, 「국가연구개발혁신법」, 2022.
- 과학기술정보통신부, 「국가연구개발혁신법 시행령」, 2022.
- 과학기술정보통신부, 「2020년 우주산업실태조사」, 2020.
- 과학기술정보통신부, 「국가 중점우주기술 개발 로드맵 2.0」, 2020.
- 과학기술정보통신부 외, 「보도자료_한미우주협력협정 공식 발효」, 2016.
- 과학기술정책연구원, 「우주항공 기술강국을 향한 전략과제」, 2018.
- 국가우주위원회, 「제2차 위성정보 활용 종합계획('19~'23)」, 2018.
- 국가우주위원회, 「제3차 우주개발 진흥 기본계획('18~'22)」, 2018.
- 국가우주위원회, 「제3차 우주개발 진흥 기본계획 수정(안)」, 2021.
- 미래에셋증권, 「Global Convergence Report」, 2021.
- 외교부, 「우리나라 우주협력협정 체결현황」, 2021.
- 정승민 외, “전기펄프사이클 엔진 등 민간분야 우주발사체 신기술고찰”, 한국항공우주학회지 제44권 제2호, 2016.
- 한국과학기술기획평가원, 「기술동향브리프-우주발사체」, 2018.
- 한국과학기술기획평가원, 「한국형 발사체 고도화 사업」, 2020.
- 한국과학기술기획평가원, 「2020년 기술수준평가 보고서」, 2021.
- 한국연구재단, 「한국형발사체 활용 활성화를 위한 향후 발사체 개발 전략 기획 연구」, 2018.
- 한국항공우주연구원, 「발사체 정책연구 최종보고서」, 2011.
- 한국항공우주연구원, 「항공우주산업기술동향 18권2호」, 2020.
- NASA. 「Evolvability」, 2021.
- Morgan Stanley, 「Space : investing in the Final Frontier」, 2020

동아사이언스, “우주쓰레기 청소 사업에 나선 기업들”, 2021.

머니투데이, “스타트업은 ‘K로켓’ 쏘는데.. 우주산업 예산, 美 100분의 1수준”, 2021

연합뉴스, “‘재활용로켓’ 역사적 첫 비행.. 스페이스X, 발사후 회수까지 성공”, 2017.

조선비즈, “우주관광의 꿈, 내년엔 정말 이뤄질까”, 2021.

과학기술정책통합지원서비스(<http://www.k2base.re.kr>)

국가과학기술지식정보서비스(<http://www.ntis.go.kr>)

한국항공우주연구원(<https://www.kari.re.kr>)

부 록

종합평가를 위한 AHP 설문지

부록. 종합평가를 위한 AHP 설문지

「차세대 발사체 개발사업」의 AHP 평가를 위한 전문가 설문

[전문가 설문 개요]

본 설문은 「차세대 발사체 개발사업」의 타당성을 종합적으로 평가하기 위한 것입니다. 설문은 평가항목 간 상대적 중요도를 결정하는 것과 평가항목별로 사업시행의 타당성 정도(사업 추진, 사업 미추진)를 결정하는 것으로 구성되어 있습니다. 응답의 일관성이 낮은 경우 환류과정을 거치게 되오니 전문가의 관점에서 공정하고, 신중하게 응답하여 주시기 바랍니다.

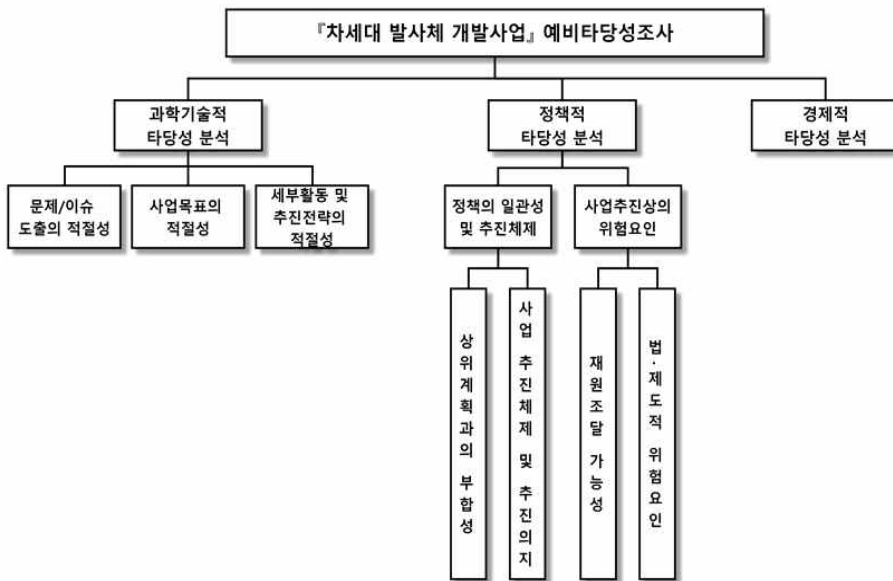
※ AHP(Analytic Hierarchy Process : 계층화 분석법)는 의사결정시 고려할 평가 항목들을 계층화하여 의사결정 기준이 되는 항목의 중요성과 의사결정 대상이 되는 대안 간 비교를 종합적으로 수행하는 의사결정 기법입니다.

□ 응답자 정보

성명	(서명)	연락처	
소속		전화	
직위		E-mail	

□ **설문지 작성안내**

- 「차세대 발사체 개발사업」의 타당성 평가를 위한 의사결정 계층구조와 평가항목별 평가내용, 평가기준은 각각 [그림 1], <표 1>과 같습니다.
- 「차세대 발사체 개발사업」의 과학기술적, 정책적, 경제적 측면에서의 타당성조사 세부내용은 회의자료를 참고하시기 바랍니다.



[그림 1] 「차세대 발사체 개발사업」의 예비타당성조사 의사결정 계층구조

<표 1> 「차세대 발사체 개발사업」의 AHP 평가항목

평가항목 (1계층)	평가항목 (2계층)	평가항목 (3계층)	평가내용	비고
과학기술적 타당성 분석	문제/이슈 도출의 적절성	-	• 문제/이슈의 식별 과정·결과의 적절성	식별과정이 합리적이고, 도출된 문제/이슈가 국가적 차원에서 대응이 시급하고 필요성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
	사업목표의 적절성	-	• 목표 설정의 적절성	설정된 목표가 식별된 문제/이슈의 해결과 연관성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
	세부활동 및 추진전략 의 적절성	-	• 세부활동 구성 및 내용의 구체성과 연계성 • 추진체계 및 추진전략을 통한 세부활동 간의 연계성을 구체화 정도	세부활동이 사업목표와 연계성이 높고, 추진체계 및 전략을 통해 세부활동의 유기적 관계를 구체화할수록 사업 시행 점수가 높음
정책적 타당성 분석	정책의 일관성 및 추진체제	상위계획과의 부합성	• 정부에서 공식적으로 발표한 중장기계획과의 부합 정도	정부 계획과의 부합성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
		사업 추진체제 및 추진의지	• 선택군 계획과 관련된 사업들 간의 차별성 및 연계방안 • 사업 거버넌스	사업의 임무·역할이 분명히 차별화되어 있으며, 관련 사업들과의 연계방안이 구체적일수록 사업 시행 점수가 높음. 사업 거버넌스 구축방안이 적절할수록 사업 시행 점수가 높음
	사업 추진상의 위험요인	재원조달 가능성	• 사업의 원활한 추진을 위한 재원 부담주체의 재원조달 가능성 여부	재원조달 가능성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음 (시행과 미시행의 동등이 최대 평점)
		법·제도적 위험요인	• 사업 추진을 위한 법·제도적 제한 여부 • WTO 보조금협정 상의 위험요인 및 대응 방안	법·제도적 위험 정도가 낮고 구체적인 대응방안이 마련될 경우 사업 시행 점수가 높음 (시행과 미시행의 동등이 최대 평점)
경제적 타당성 분석	경제성	-	• 사업비 및 비용 추정 • 비용편익 분석 / 비용효과 분석	연차별 투입계획 및 총사업비 규모 추정이 구체적이고, 비용편익(B/C) 비율이 높을수록 사업 시행 점수가 높음. 비용 대비 효과의 값이 비교 대안에 비해 클수록 사업 시행 점수가 높음

□ 설문지 작성 및 유의사항

1. 설문지 작성 예

- 예를 들어, 두 가지 평가요소 '항목 A'와 '항목 B'를 비교할 때, '항목 B'가 '항목 A'에 비해 매우 중요하다고 판단하시는 경우 아래 표에서 보시는 바와 같이 척도 '7' 란에 V 표시를 하시면 됩니다.

평가 항목	절대 중요 (9)	(8)	매우 중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간 중요 (3)	(2)	중등 (1)	(2)	약간 중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우 중요 (7)	(8)	절대 중요 (9)	평가 항목
항목 A															V			항목 B

<설문에서 사용되는 상대적 중요도에 대한 평가척도>

척도	1	3	5	7	9
용어	'동등'	'약간 중요'	'중요'	'매우 중요'	'절대 중요'
설명	동등하게 중요 (equal)	약간 더 중요 (weak)	더욱 더 중요 (strong)	대단히 더 중요 (very strong)	절대적으로 중요 (absolute)

(주) 2, 4, 6, 8은 근접해 있는 두개의 척도들 사이의 중간점도의 중요도를 나타냄

2. 응답 일관도

- AHP 분석에서는 분석의 자료로 비일관성지수가 생성되며 응답결과의 신뢰성 판단에 대한 기준으로 적용됩니다. 비일관성 지수가 0.15이상일 경우에 응답결과를 신뢰할 수 없다고 판단하므로 재설문을 수행하게 됩니다.
- 평가항목이 3개 이상인 경우, 아래와 같은 일관성 결여가 발생하면 비일관성 지수가 높게 나오므로 설문시 유의하시기 바랍니다.
 1. 우선순위 일관성 결여
 - A가 B보다 중요하고 C가 A보다 중요하다고 응답하였으나, B가 C보다 중요하다고 응답하였을 경우
 - ※ A > B 이고 C > A 라고 한다면, C > B라고 응답하여야 함
 2. 쌍대비교 일관성 결여
 - A가 B보다 2배 중요하고 C가 A보다 4배 중요하다고 응답하였을 경우, C가 B보다 8 배 중요함을 의미함. 그럼에도 불구하고 2배 중요하다고 응답하였을 경우

[설문 1] 평가항목 간 상대적 중요도 설정

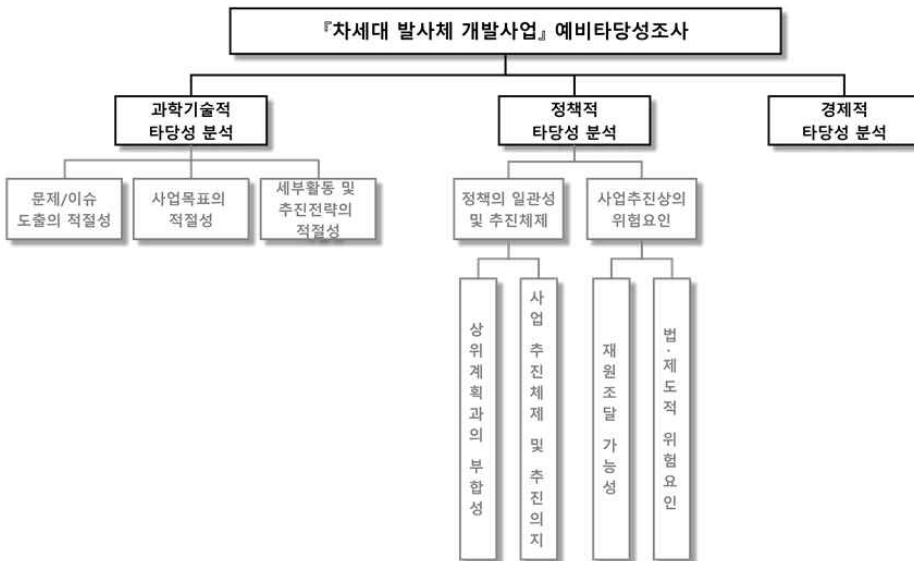
[설문 1.1과 1.2]는 「중견·중소기업 상생형 혁신도약사업」의 타당성을 평가하는데 있어 과학기술적, 정책적, 경제적 타당성 분석의 상대적 중요도와 평가항목별 상대적 중요도를 판단하기 위한 것입니다. 「중견·중소기업 상생형 혁신도약사업」의 경우, 어느 평가항목이 상대적으로 얼마만큼 더 중요하다고 생각하시는지 신중히 판단하여 응답해 주십시오.

1.1 사업에 대한 의사결정에 있어서 과학기술적 타당성 분석, 정책적 타당성 분석, 경제적 타당성 분석 간의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까?

※ 100점 만점으로 응답하여 주십시오. 사업유형별로 각 항목별 가중치 제시범위는 아래와 같습니다.

- 도전·혁신형(과학기술성 : 정책성 : 경제성 = 55~65% : 20~40% : 5% 이하)
- 성장형(과학기술성 : 정책성 : 경제성 = 40~50% : 20~40% : 10~40%)
- 기반조성형(과학기술성 : 정책성 : 경제성 = 40~50% : 30~50% : 10~20%)

과학기술적 : 정책적 : 경제적 타당성 = () : () : ()

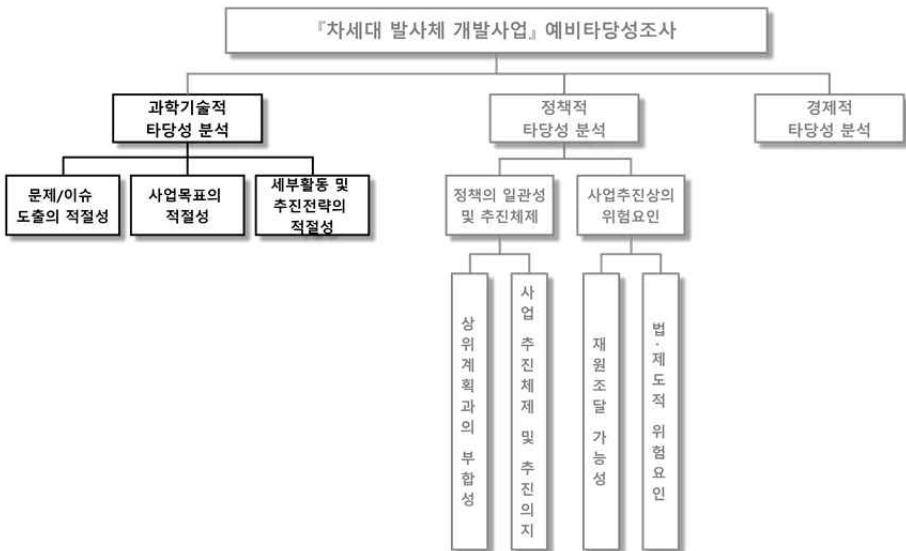


[그림 2] 제1계층 중요도 평가

1.2 과학기술적 타당성 분석, 정책적 타당성 분석, 그리고 경제적 타당성 분석의 세부 평가항목별로 좌측에 기재된 평가항목이 우측에 기재된 평가항목에 비해 상대적으로 얼마나 중요한지를 해당하는 숫자에 V표 하십시오.

1.2.1 과학기술적 타당성 분석의 제2계층

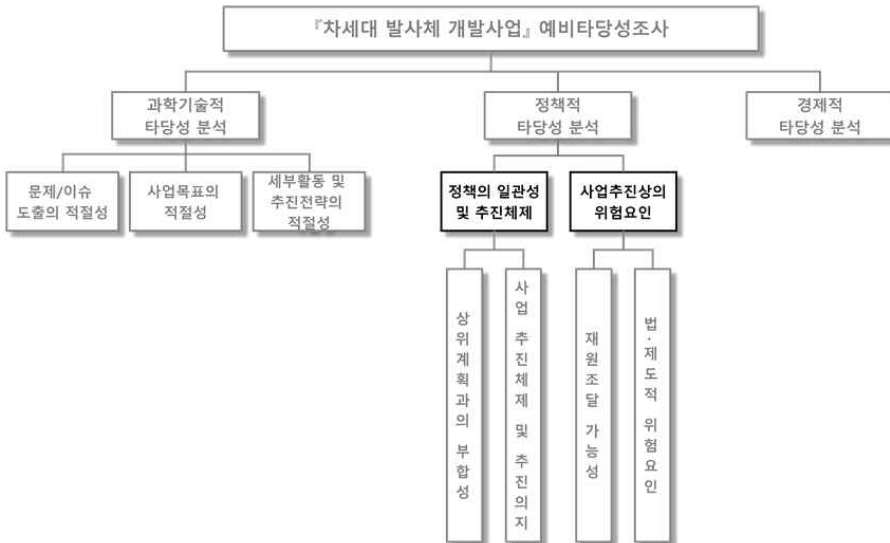
세부 평가항목	절대중요		매우중요		중요		약간중요		중요		매우중요		절대중요	세부 평가항목		
	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	(2)	(3)	(4)			(5)	(6)
문제/이슈 도출의 적절성														사업목표의 적절성		
문제/이슈 도출의 적절성														세부활동 및 추진전략의 적절성		
사업목표의 적절성														세부활동 및 추진전략의 적절성		



[그림 3] 과학기술적 타당성 제2계층 중요도 평가

1.2.2 정책적 타당성 분석의 제2계층

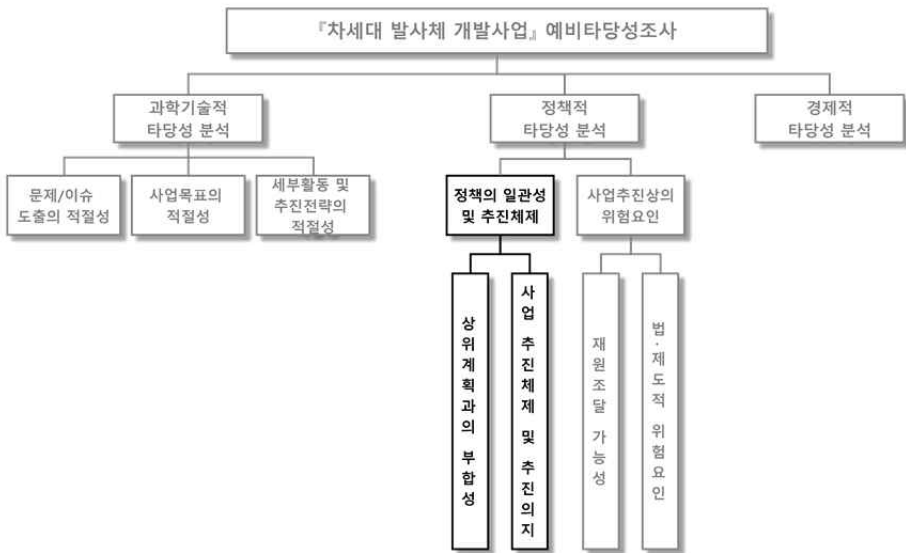
세부 평가항목	절대중요		매우중요		중요		약간중요		중요		매우중요		절대중요	세부 평가항목		
	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	(2)	(3)	(4)			(5)	(6)
정책의 일관성 및 추진체제														사업추진상의 위험요인		



[그림 4] 정책적 타당성 제2계층 중요도 평가

1.2.3 정책적 타당성 분석의 제3계층 : 정책의 일관성 및 추진체제 하위항목

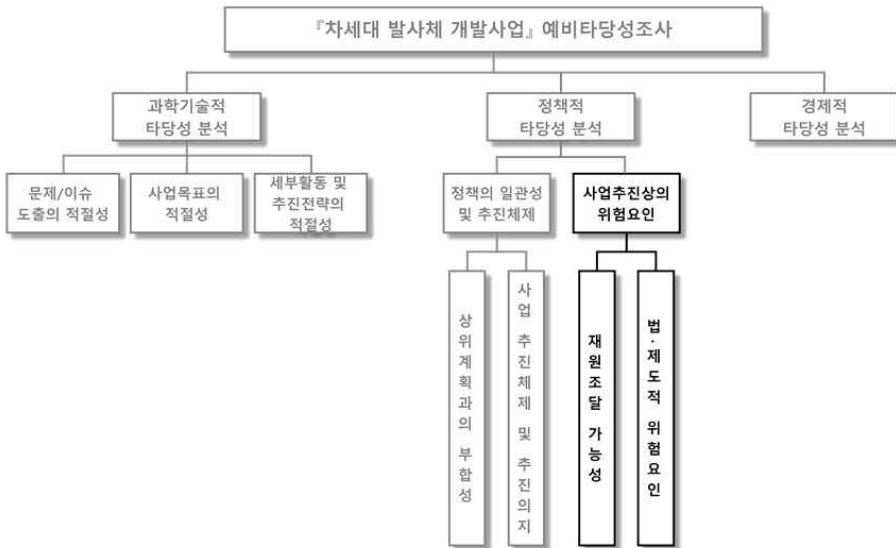
세부 평가항목	절대중요		매우중요		중요		약간중요		중요		매우중요	절대중요	세부 평가항목				
	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	(2)	(3)	(4)		(5)	(6)	(7)	(8)
상위 계획과의 부합성																	사업 추진체제 및 추진의지



[그림 5] 정책적 타당성 제3계층의 중요도 평가 : 정책의 일관성 및 추진체제 하위 항목

1.2.4 정책적 타당성 분석의 제3계층 : 사업 추진상의 위험요인 하위 항목

세부 평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	중요	약간중요	중요	매우중요	절대중요	세부 평가항목
	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	
재원조달 가능성										법·제도적 위험요인



[그림 6] 정책적 타당성 제3계층의 중요도 평가 : 사업 추진상의 위험요인 하위 항목

[설문 2] 평가항목별 시행/미시행 대안의 평점 부여

[설문 2]는 「차세대 발사체 개발사업」의 시행과 미시행 여부를 판단하기 위한 것입니다. 조사 결과를 참고하시어 사업을 시행하는 대안(사업 시행)과 시행하지 않는 대안(사업 미시행) 중 어느 대안이 상대적으로 더 적절하다고 생각하시는지 평가항목을 기준으로 해당하는 숫자에 V표 하십시오.

평가항목	대안	←										→										대안
		절대적절 (9)	(8)	매우적절 (7)	(6)	적절 (5)	(4)	약간적절 (3)	(2)	중립 (1)	(2)	약간적절 (3)	(4)	적절 (5)	(6)	매우적절 (7)	(8)	절대적절 (9)				
문제/이슈 도출의 적절성	사업 시행																			사업 미시행		
사업목표의 적절성	사업 시행																			사업 미시행		
세부활동 및 추진전략의 적절성	사업 시행																			사업 미시행		
상위계획과의 부합성	사업 시행																			사업 미시행		
사업 추진체제 및 추진의지	사업 시행																			사업 미시행		
재원조달 가능성	사업 시행	위험요인이 없을 경우 동등, 문제가 있을 경우는 미시행 방향으로 평점 부여																		사업 미시행		
법·제도적 위험요인	사업 시행																					
경제성	사업 시행																			사업 미시행		

- 감사합니다 -