

*Key to Creative
Innovation*

KISTEP Issue Weekly

2018-02(통권 제220호)

과학기술기반 미세먼지 대응 전략 점검 : 산업기술 경쟁력 분석

안 상 진

*Key to Creative
Innovation*

KISTEP Issue Weekly

2018-02(통권 제220호)

과학기술기반 미세먼지 대응 전략 점검 : 산업기술 경쟁력 분석

안 상 진

I. 현황 및 쟁점

II. 동향 분석

III. 기술경쟁력 분석

IV. 맺음말

KISTEP

한국과학기술기획평가원
Korea Institute of S&T Evaluation and Planning



요약

미세먼지는 2013년 세계보건기구(WHO) 산하 국제암연구소(IARC)에서 1군 발암물질로 새롭게 지정될 만큼, 인류의 건강에 악영향을 준다고 알려져 있다. 우리나라는 1년 중 미세먼지의 농도가 대기질 기준을 초과하는 날이 23.83일(평균:12.35일)로 경제개발협력기구(OECD) 가입국 중에서 가장 많고, 대기오염에 노출된 인구비율도 47%로 가장 높다. 실제 2013년 이후 미세먼지 주의보 발령 건수도 증가하며, 국민들의 불안이 가중되고 있는 상황이다. 그럼에도 불구하고 우리나라를 포함한 동북아 지역에서 미세먼지의 생성과 대기 중 농도가 증가되는 원인은 아직 명확하게 밝혀지지 않았다.

이러한 한계를 극복하고, 미세먼지 문제에 대한 근본적이고도 혁신적인 해결을 지원하기 위하여 2016년 정부는 「과학기술기반 미세먼지 대응 전략」을 마련하고, 「미세먼지 국가전략프로젝트」를 추진하고 있다. 이 전략은 과학기술력으로 미세먼지가 가져온 위기를 넘어 新산업과 新시장을 창출하기 위한 ①기술개발, ②기술 산업화, ③중장기 투자전략을 포함하고 있다. 그 결과 2023년까지 사업장의 초미세먼지 배출량을 절반으로 감축하면서 미세먼지 대응 신시장도 창출할 수 있을 것으로 기대된다. 이와 함께 미세먼지 문제는 삶의 질을 개선하기 위한 당면한 과제일 뿐만 아니라, 미세먼지 문제를 해결하는 과정에서 기술역량을 축적함으로써 미세먼지로 인해 발생한 위기를 기회로 전환하려는 적극적인 의지가 표출된 것이라 해석할 수 있다. 그럼에도 불구하고 이 전략과 관련하여 우리나라의 산업기술 경쟁력을 객관적인 시각에서 점검한 자료는 찾아보기 어려운 실정이다.

미세먼지 문제는 우리나라만의 문제가 아니라 동북아시아 전체를 아우르고 있다. 중국에서도 그 심각성을 인식하고 관련 조치를 취하기 시작했다. 앞으로 미세먼지 문제를 해결하기 위한 중국 정부의 노력도 우리와 비슷한 맥락에서 이루어질 가능성이 높다. 이는 중국의 경제성장에 따라 우리의 주력 산업이 위협을 받는 것처럼 「과학기술기반 미세먼지 대응 전략」이 시작 단계부터 중국과의 경쟁을 고려해야 한다는 것을 시사한다.

이번 「Issue Weekly」에서는 「과학기술기반 미세먼지 대응 전략」을 기술 산업화의 관점에서 점검하였다. 특히 산업기술 경쟁력에 주안점을 두어 진단하였는데, ①미세먼지 측정과 저감 가운데 저감기술에 주안점을 둔 것의 적절성 여부, ②과거 대비 중국과의 기술격차가 줄어들었음에도 불구하고 신시장(동북아 시장)을 목표로 충분한 경쟁력을 확보했는지의 여부, ③현재 수립된 전략에서 추가로 고려할 사항은 무엇인지에 더욱 관심을 두고 살펴보았다.

이를 위해 미세먼지 관련 시장환경에 대한 문헌을 체계적으로 검토하고 5개국(한국, 미국, 일본, 유럽, 중국)을 중심으로 특허조사를 실시하였다. 분석 결과, 미세먼지 측정과 관련된 시장은 세계적인 과점 상태로 신규 진입이 어려워 국내 기업들에게 전망이 밝지 않은 반면, 미세먼지 저감기술과 관련된 시장은 진입장벽이 낮을 뿐 아니라 일부 역량있는 국내 기업들이 활동하고 있음을 확인할 수 있었다. 중국의 경우 최근 특허활동이 활발하지만, 주로 개인 차원의 발명에 그쳐 의미있는 산업화로 연결되기는 어려운 수준인 것으로 나타났다. 게다가 미세먼지 관련 기술의 순환주기는 매우 길어서 기술 패러다임의 변화가 자주 일어나지 않는 것으로 나타나, 기존 시장에서 활동하는 기업들의 주도권이 상당 기간 유지될 것이라는 사실도 확인하였다.

이러한 조사 결과를 근거로 「과학기술기반 미세먼지 대응 전략」의 기술 산업화와 관련하여, 미세먼지 측정과 저감 중 저감기술에 주안점을 둔 것은 현실성 있는 정책임이 확인되었다. 아울러 과거 대비 중국과의 기술격차가 줄었음에도 불구하고 미세먼지 저감기술이 적용되는 신시장(동북아 시장)을 목표로 국내 기업들이 일정 수준의 경쟁력은 확보하고 있음도 알 수 있었다. 특히 우리의 기술경쟁력으로 시장 주도의 가능성이 엿보이는 분야는 산업 관련 집진기술, 주거 관련 집진기술, 차량용 배기장치, 대기오염 샘플러, 입자계수기로 나타났고, 해당 분야에서는 시장 주도권을 두고 국내 기업과 일본기업간의 경쟁이 나타날 것이 예상되었다. 이것은 일본에서도 우리와 유사하게, 동북아 미세먼지 문제를 신시장 관점에서 접근하는 움직임이 있다는 것을 시사한다. 아울러 산업 관련 집진기술(제철소)과 주거 관련 집진기술(공기청정기 등 생활가전) 분야에서는 중국 계열 기업이 활동을 시작한 것으로 나타났다. 이것은 약 10년 정도의 기술순환주기가 지난 이후에는 중국의 추격이 발생할 가능성을 완전히 배제하기 어렵다는 점을 의미한다.

이러한 분석과 검토를 바탕으로, 「미세먼지 국가전략프로젝트」의 성공적 기술 산업화를 위하여 다음을 제안하였다. 우선 기술뿐만 아니라 시장에서도 국제경쟁력을 확보하기 위해 다양한 제품 및 서비스 포트폴리오를 갖춘 대형 종합환경서비스 업체의 육성이 필요하다. 아울러 「미세먼지 국가전략프로젝트」에서 성과로 도출되는 기술이 M&A를 통해 자금력을 갖춘 중국기업으로 유출되는 상황을 막기 위해서는 국가핵심기술로 지정하는 등의 선제적 조치를 취해야 할 것으로 전망된다.

※ 본 Issue Weekly의 내용은 필자의 개인적인 견해이며, 한국과학기술기획평가원의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

I

현황 및 쟁점

1. 연구배경

■ 우리나라는 미세먼지에 의한 건강 위협이 국제적으로 심각한 수준

- 1년 중 대기질 기준($25\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 초과하는 날을 기준으로 평가할 때, 우리나라는 23.83일로 OECD 국가(평균:12.35일) 중 대기질이 가장 나쁜 상황(OECD, 2015)
- 대기오염에 대한 노출된 인구비율 기준으로 대기질 기준($25\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 초과하는 농도에 노출된 인구비율이 47%로 OECD 국가(평균: 3%) 중 가장 높음(OECD, 2015)

■ 과학을 통한 근본적인 미세먼지 문제해결을 위하여 국가전략프로젝트 사업이 추진됨

- [추진전략] 점증되는 미세먼지 문제를 현안 중심에서 벗어나, 과학기술로 미세먼지 위기를 넘어 新산업·新시장 창출을 위한 ①기술개발, ②기술 산업화, ③중장기 투자전략 포함
- [기술개발] 범부처 연구개발 협업 체계를 통해 삶의 질 개선을 위한 성공적 R&D 모델 창출
 - (발생·유입) 초미세먼지 발생원인과 발생원별 기여도 규명 등 부족한 기반연구 강화
 - (측정·예보) 실시간 농도·성분 측정 원천기술을 확보, 미세먼지 정보를 통합 분석하여 중장기 정밀예보 실시
 - (집진·저감) 고효율 저감기술을 개발, 응축성 미세먼지와 비산먼지 저감기술을 개발
 - (보호·대응) 국민들의 실질적 미세먼지 노출량과 미세먼지 위해성 정보를 제공, 노출저감 기술을 개발, 확산을 지원
- [기술 산업화] 과학기술에 기반을 둔 민·관 협력을 통해 미세먼지 위기를 새로운 기회로 창출
 - 공공 부문의 R&D 성과를 민간에 확산하고 산업화 촉진 지원
 - 부처 간, 민관 간 협업 생태계를 구축·운영하여, 미세먼지 문제해결과 신성장 동력 창출
 - 국내 환경기술의 글로벌 진출과 미세먼지 해결을 위한 국제 연구협력을 활성화

- [중장기 투자] 정부 미세먼지 R&D 투자에 대한 전략성 강화, 기술관리를 통한 성과 극대화
 - ‘미세먼지 대응기술’의 개념 및 기술분류 체계 정립
 - 10개 기술 중분류별 중장기 투자전략 마련

비전	과학기술로 깨끗한 대기환경 실현과 신산업 창출을 동시 지원		
핵심 목표	① 미세먼지 대응을 위한 효과적 근본적·과학적 수단 확보 ② 미세먼지대응 신산업 창출 지원 강화 ③ 정부 R&D의 효율성 제고 및 전략적 투자 강화		
패러 다임 전환	① 관리 용이성(PM ₁₀ , 1차 배출) 중심 ⇨ 위해성(PM _{2.5} , 2차 생성) 중심 ② 환경 vs 산업 ⇨ 환경+산업(미세먼지대응 신산업 육성) ③ 미세먼지대응 R&D 관리체계 미비 ⇨ 철저한 기술관리		
추진 단계	현안대응('17~'19)	적용·실증('20~'21)	성장·도약('22~'23)
	현안해결에 시급한 정보 및 수단 확보 (초미세먼지 생성원인 규명, 한국형 예보모델 개발 등)	핵심 원천기술 확보 및 현장 적용·실증 (초정밀 센서, 사업장 배출저감 기술 등)	기술 확산 및 산업화, 글로벌 진출 성과 창출 (기술기반의 미세먼지 문제 해결, 국내 시장 규모, 해외 수출 확대 등)

부문(3)	핵심 과제(11)
미세먼지대응 중점기술 개발	1. 미세먼지의 발생·유입 규명 2. 신속·정확한 측정·예보 기술 확보 3. 고효율 집진·저감 시스템 개발 4. 국민보호·대응 기술 개발
기술 산업화 및 글로벌 협력 강화	1. 미세먼지대응 기술혁신 촉진 2. 미세먼지대응 협업 생태계 구축 3. 국내 환경기술의 글로벌 진출 지원 4. 미세먼지 국제연구협력 주도
정부 R&D 중장기 투자 효율화	1. 미세먼지대응 기술 개념 및 분류체계 마련 2. 부문별 투자전략 설정 3. 미세먼지대응기술 관리 강화

[자료] 관계부처합동, 「과학기술기반 미세먼지 대응전략」, 2016.

[그림 1] 미세먼지 국가전략 프로젝트 로드맵 및 기대효과

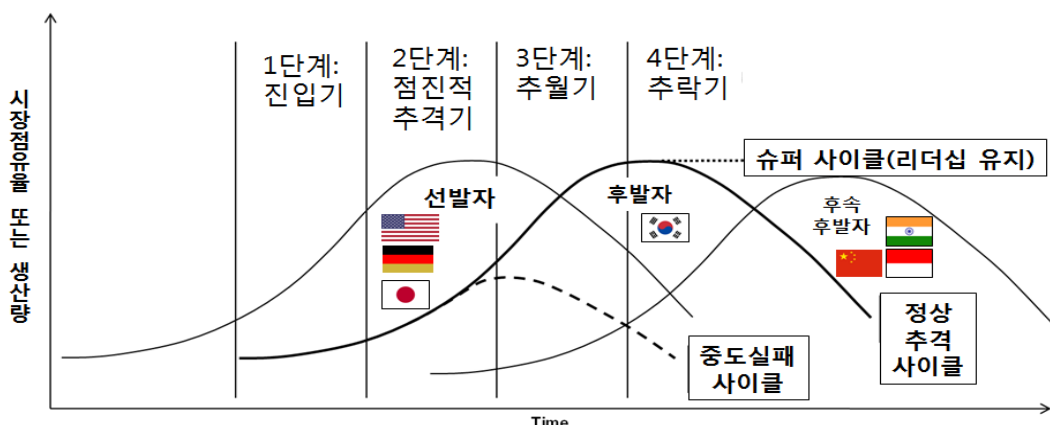
■ [문제제기] 미세먼지 국가전략프로젝트의 기술 산업화 전략에 대한 객관적 점검 필요

- 미세먼지 국가전략프로젝트의 비전 중 과학기술로 깨끗한 대기환경을 실현한다는 것은 통상 공익적인 목적상 정당화될 수 있으나, 신산업 창출에 대한 비전은 관련 산업 분야의 여건에 따라 선택과 집중을 택하는 것이 바람직함
- 우리나라는 미세먼지 대응 기술에 있어서는 후발주자이므로, 미세먼지 국가전략프로젝트에서 주안점을 두는 대상 기술이 선도국과 경쟁을 기대할 수 있는 수준인지에 대한 검토 필요
- 중국에서도 미세먼지 문제를 심각히 인식하며 관련 조치를 취하므로, 미세먼지 국가전략프로젝트의 기술 산업화 전략이 중국과의 경쟁을 고려하였을 때에도 유효할 것인가도 중요 문제

2. 분석의 개념 및 방법

■ 산업주도권의 국가 간 이전은 외생적으로 열리는 기회의 창과 이에 대응하는 국가의 전략 선택에 따른 추격 사이클(Lee & Malerba, 2014)로 설명됨

- 기회의 창은 새로운 기술 및 경제 패러다임의 등장, 시장 수요의 갑작스러운 변화, 정부규제 및 법령을 비롯한 산업정책의 변화로 창출
- 추격 사이클은 진입단계, 점진적 추격기, 추월기, 추락기로 구성되고, 후발국의 추격 전략은 경로 추종형, 단계 생략형, 경로 창출형으로 구별될 수 있음
- 산업의 주도권은 해당 산업 사이클에 처한 경제 주체가 적합한 전략을 선택하는지 여부에 따라 달라지며, 선택의 결과에 따라 추격의 성패가 결정됨



[자료] Ki(2010), Lee and Ki(2014) 재구성

[그림 2] 추격 사이클 4단계

■ 산업주도권의 국가 간 이전의 관점에서 미세먼지 대응 산업(대기오염 관련 산업) 분석방법

- 시장동향 분석: 문헌검토와 전문가 인터뷰로 기회요인, 산업 사이클, 혁신 주체별 전략을 정리
 - 미세먼지 저감장치 시장은 관련 시장을 심층분석한 최신 보고서인 BCC Research의 'Air Pollution Control Equipment: Technologies and Global Markets'(2017년 6월)를 활용
 - 미세먼지 측정장치 시장은 관련 시장을 심층분석한 최신 보고서인 Transparent Market Research의 'Air Quality Monitoring Equipment Market: Global Industry, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2016-2024'(2016년 11월)를 활용
 - 문헌분석을 위한 분석항목으로 트렌드, 시장현황, 시장전망으로 구성
 - ※ 시장현황에는 시장 경쟁구조, 변화 동인, 기회 및 위협요인 등이 포함
 - 중국 시장, 규제, 산업정책은 중국의 환경경제 전문가와 인터뷰를 활용
- 기술동향 및 경쟁력 분석: 특허정보를 활용하여 기회요인, 산업 사이클, 혁신 주체별 활동을 분석
 - 분석 대상: WIPS ON DB의 1996년부터 2017년 10월까지 출원공개 및 등록된 한국, 미국, 일본, 유럽, 중국의 특허
 - 분석 절차: 기술분류 설정 → 키워드 검색 → 노이즈 제거 및 유효특허 선정 → 통계분석
 - 특허동향 분석: 주요 국가별 연도별 기술분류별 특허출원 동향, 주요 출원인, 특허성장단계, 점유율·증가율, 기술순환주기
 - 기술수준 분석: 경쟁구조(허쉬만허핀달 지수), 기술수준(인용도, 특허영향, 기술력, 시장확보)
- 기술추격의 기회와 관련된 지표(한국특허정보원, 2005) : 기술순환주기, 허쉬만허핀달 지수
 - 기술순환주기(TCT)는 인용된 특허들의 발행연도와 인용한 특허의 발행연도와의 차이값들의 중간값(median age)으로 기술발전의 속도, 즉 혁신활동의 속도에 대한 정보를 의미
 - 기술순환주기가 긴 경우, 기술 패러다임 전환에 따른 후발주자의 추격은 성공하기 어려우나 수요조건이나 규제·제도·정책의 변화가 후발주자의 추격을 위한 기회의 창이 될 수 있음(Lee, 2013)
 - 기술순환주기가 짧은 경우, 후발주자의 역량에 따라 추격에 상반된 효과를 줄 수 있음(Lee, 2013)
 - ① 기술역량이 준비된 후발주자에게는 zero-base에서 선도주자를 따라잡을 기회를 제공
 - ② 기술역량이 준비되지 못한 후발주자에게는 잦은 기술변화가 진입장벽으로 작용함

- 허핀달-허쉬만 지수(HHI)는 시장(또는 기술)이 특정 주체에 집중되었는지 판단하는 주요 지표이며, 시장(또는 기술)집중도가 높을수록 신규 진입이나 후발자의 추격을 어렵게 함

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2 \quad [S_i = \frac{(n\text{번째 출원인의 출원수})}{(A\text{기술분야의 전체출원수})}]$$

〈표 1〉 허핀달-허쉬만 지수에 따른 기술집중 수준

분석항목	HHI 범위	경쟁강도	집중 수준 [시장진입 가능성]
집중정도가 낮은 시장	1,000 미만	구매자 우위의 높은 경쟁강도	낮음 [시장진입 용이성 높음]
경쟁적 시장	1,000~1,800 사이	규제당국이 목표로 하는 경쟁강도 범위	보통 [시장진입 용이성 보통]
과점적 시장	1,800~4,000	공급자 우위의 낮은 경쟁강도	중간 ~ 높음 [시장진입 용이성 낮음]
독점적 시장	4,000 이상	독점적 경쟁우위 출현	매우 높음 [시장진입 용이성 매우 낮음]

[자료] 한국특허정보원, 「기술로드맵 작성을 위한 특허분석 방법론」, 2005.

- 기술수준과 관련된 지표(한국특허정보원, 2005) : 인용도 지수, 특허영향지수, 기술력 지수, 시장확보력 지수
 - 인용도 지수(CPP, Cite Per Patent) : CPP 값이 클수록 질적 수준이 높은 핵심특허 또는 원천특허를 많이 보유하고 있을 가능성이 높음
 - 특허영향지수(PII, Patent Impact Index) : 평균적인 기술수준과 대비하여 분석대상의 기술수준을 측정하며, PII가 1이면 해당 국가 또는 기업의 질적 수준이 평균 수준이고, 1이상일 경우는 질적 수준이 평균보다 높음을 의미함
 - 기술력 지수(TS, Technology Strength) : 질적으로 우수하고 많은 특허를 출원한 주체에 대한 기술력을 진단할 수 있으며, 기술력 변화추이를 분석함으로써 기술력이 급성장하고 있는 주체를 식별할 수 있게 함
 - 시장확보지수(PFS, Patent Family Size) : 해당 국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때에만 해외에 특허를 출원하므로 Family patent 수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 추정

〈표 2〉 기술수준과 관련된 분석지표

지표	계산식	지표	계산식
CPP	등록특허의 피인용 횟수 / 등록특허 건수	TS	특허건수 × 영향력지수(PII)
PII	분석대상 주체의 CPP / 전체 CPP	PFS	해당출원인 평균 Patent Family 수 / 전체평균 Patent Family 수

[자료] 한국특허정보원, 「기술로드맵 작성을 위한 특허분석 방법론」, 2005.

■ (분석범위) 대기오염 저감장치(집진기술, 집진 외 기술), 대기오염 측정장치

- 시장전망 기간: 2016년-2021년(대기오염 저감장치), 2016년-2024년(대기오염 측정장치)
- 특허분석 기간: 1996년 1월 1일 - 2017년 10월 (한국, 미국, 일본, EU, 중국 공개·등록)

〈표 3〉 분석범위 및 분류기준

대분류(산업)	중분류(기술)	소분류(적용)	설명(기술범위)
대기오염 저감장치	집진기술	산업 관련 집진기술	건설, 건축, 제조, 에너지 발전 등과 관련된 산업 현장에서 사용되는 집진기 및 집진기술
		반도체 및 의료 관련 집진기술	반도체 및 의료 시설과 같이 고도의 클린 시설로 정밀 제어를 요하는 분야와 관련된 집진기 및 집진기술
		주거 관련 집진기술	주거, 소형 작업장, 실험실, 차량 내부 등 실내와 관련된 집진기 및 집진기술
	집진기술 외 대기오염 방지기술	미스트 제거기	미스트(mist), 오일 미스트 제거장치
		화재·긴급용 가스배출기	화재·긴급용 가스 배출장치
		집연기	연기(smoke), 흠(fume) 포집장치
		차량용 배기장치	차량용 배기장치로, 배기가스 정화 및 저감장치
대기오염 측정장치	대기질 모니터링 기술	대기오염 샘플러	대기오염 샘플러 및 샘플링 관련 장치
		풍속계	풍속/풍량계 및 대기환경 측정장치
		가스분석기 및 검출기	대기환경과 관련된 가스분석기 및 검출기
		입자계수기	대기환경과 관련된 입자계수기

II

동향 분석

1. 시장환경

■ 시장변화 동인 및 제약사항

- (대기오염 저감장치) 시장을 성장시키는 원동력으로는 도시화 및 산업화, 환경규제의 증가, 건강문제 심화, 인식 증대, 경제 신흥국(중국, 인도) 구매력 증대를 들 수 있으나, 대기오염 저감을 위해 장비를 설치해야하는 신흥국 업체의 영세성이 성장의 제약요인으로 작용
 - 신흥국(중국, 인도)의 도시화·산업화로 대기오염물질 배출이 증가함에 따라 각국은 대기질 개선을 위한 배출기준을 설정하였고, 소득이 증가된 소비자를 중심으로 관련 제품에 대한 소비가 증가하는 추세임
 - ※ 대기오염 개선 5개년 계획(중국), Bharat 배출기준 계획(인도), 대기오염 방지조치(홍콩)
 - 대기오염 저감을 위해 장비를 설치해야 하는 신흥국 업체들이 영세하므로, 장비의 설치·운영에 대한 지식이 낮을 뿐 아니라 고가의 장비를 도입하는 것에 미온적임
- (대기오염 측정장치) 시장을 성장시키는 원동력으로는 엄격한 정부규정, 대기오염 심화, 대기오염에 대한 대중의 문제의식 향상을 들 수 있으나, 불규칙한 기상조건, 기술적 한계가 성장의 제약요인으로 작용
 - 대기오염 측정장치의 주요 구매처는 각국의 정부이며, 대기환경 규제 수준이 높고 구매력이 충분한 선진국 정부의 대기질 관측소에서 요구하는 신규 관측장비에 대한 수요가 시장 성장을 견인하고 있음
 - ※ 미국의 Office of Air Quality Planning and Standard에서는 1차 오염원과 2차 오염원과 관련된 대기질 기준을 설정하고, State and Local Air Monitoring Stations, National Air Monitoring Stations, Photochemical Assessment Monitoring Stations 등 미국 전역에 여러 대기질 관측소를 설립하여 과학적으로 신속·정확하게 대기오염 수준을 측정 및 예보하고 있음
 - 대기오염 측정장비는 광학센서를 활용하므로 구름에 의한 산란이나 강도변화, 낮과 밤의 전환, 하루 중 관측하는 시간대에 따라 측정 결과가 영향을 받음
 - 데이터베이스, 데이터 링크 관리, 센서 교체비용과 같은 부대비용과 위성탑재체 기획, 개발, 배치와 관련된 비용 등 대규모 투자를 수반하여 투자 여력이 있는 정부에 국한하여 성장
 - Differential Optical Absorption Spectroscopy와 같은 여러 측정장비의 경우, 크기가 크고 무거워 이동이 제한됨

■ 기회의요인

- (대기오염 저감장치) 신흥국(중국, 인도) 대기오염 증가로 인한 시장성장, 대기오염 저감장치 시장의 기술혁신과 신제품 개발
 - 인도 뉴델리에서는 5개 주요 교통 혼잡 지역에 바람을 활용한 정화장치, 안개분수, 가상굴뚝으로 구성된 대기정화 시스템을 시범적으로 설치하였음
 - 중국 베이징에서는 7미터짜리 공기정화탑을 설치하여, 시간당 3만³의 지역에 있는 PM2.5와 PM10의 75%를 제거하고 있음
 - 중국 허난성 정저우시 당국은 2017년 말까지 유치원과 학교에 공기정화기를 설치할 계획
 - 다목적 기능이 포함된 대기정화장치, 사물인터넷 기술이 접목된 대기정화장치, 양모(wool)를 활용한 새로운 필터기술, 대기질 개선 기능을 탑재한 자전거, 식물의 생육기능을 이용한 공기청정기, 웨어러블 기기와 접목하여 이동성을 향상시킨 공기정화기 등 다양한 신제품 아이디어들이 제안되는 추세
- (대기오염 측정장치) 광범위한 지역을 실시간으로 관측할 수 있는 기술개발, 모바일 애플리케이션을 활용한 서비스 활성화
 - 즉시 사용할 수 있도록 기술적으로 진보된 대기질 관측장비를 선호
 - 적용 범위가 넓은 원격 센서, 광대역 센서와 같은 신기술이 대기질 관측에 도입
 - 대기질을 측정하는 모바일 애플리케이션은 시장 성장 기회를 제공

■ 시장 경쟁 환경

- (대기오염 저감장치) 다양한 기업들이 참여하며 목표시장에 따라 차별화된 전략을 취하고 있으며, 시장에서 입지를 강화하기 위한 인수합병이 활발하게 일어나고 있음
 - (공기정화기 및 필터 제조업체) 주거용 공기정화기 전문기업은 이온필터에 특화하지만, 산업 및 상업용 대기오염 저감장비 전문기업은 더 고급 사양인 다중필터에 특화하는 등 목표하는 시장의 특징에 따라 기업별로 기술 및 제품을 차별화 함
 - (기술력 기반 대기업) 제품 포트폴리오가 다각화되어 있고, 글로벌 시장에서 존재감이 있으며, 고객 기반도 잘 갖추고 있어 인수합병 시장에서 주요 구매자로 활동하고 있음
 - (기타 제조업체) 글로벌 시장에서 브랜드 파워와 자금력을 활용하여 인수합병 시장에서 주요 구매자로 활동하며, 대기오염 저감장치 시장에 새롭게 진입을 시도하고 있음

- (대기오염 측정장치) 상위 4개 업체가 세계시장 45%를 차지하며 공급자가 주도하는 과점시장으로 대체품에 의한 위협도 낮음
 - (높은 공급자 교섭력) 시장이 파편화되어 있고, 원자재 및 부품의 가격이 매우 높아 시장에서 활동하는 제조업자의 수가 적어 특정 회사들이 지배하고 있음
 - (낮은 구매자 교섭력) 제품의 신뢰도가 중요한 구매결정 요인이므로, 대용품의 영향이 극히 제한적이기 때문에 시장에서 구매자 교섭력은 지속적으로 낮게 형성됨
 - (신규 진입 곤란) 선진국이나 개도국 모두 대기오염 측정장치에 특화된 엄격한 품질기준을 요구하고 있어 가격 경쟁력의 영향은 극히 미미한 반면, 초기 투자 장벽이 높고 전문적인 기술을 필요로 하므로 신규 진입자가 시장에 진입하기 위한 유인이 낮은 편
 - (기업 간 큰 격차) Thermo Fisher Scientific Inc.(14.4%), Teledyne Technologies Inc.(13.6%), Siemens AG(11.3%), Horiba Ltd.(8.3%)로 상위 4개 업체가 세계시장에서 강한 주도권을 갖고 있으며, 이들 기업이 작은 기업을 인수하며 시장의 우위를 굳건히 하는 동시에 상위 업체 간의 경쟁이 존재하는 상황

■ 선도 기업 경쟁 전략

- (대기오염 저감장치) M&A, 파트너십, 기술개발, 신흥시장 공략
 - (M&A, 파트너십) 신규 지역으로의 시장 확대, 제품의 다각화, 신산업 진출, 시장에서의 입지강화, 더 진보된 기술을 적용할 때 취하는 전략이며, 최근 업계 리더 중 하나인 Daikin Industry는 자회사인 American Air Filter Co. Inc (AAF)를 통하여 적극적인 M&A에 나서고 있음

〈표 4〉 Daikin Industry사와 자회사(AAF)의 최근 주목할 M&A

인수기업	인수대상	사업영역	논리
AAF International	Aire Filter Products (AFP)	공기필터 서비스	2017년 1월 AAF는 자회사인 Flanders Corp.를 통하여 애리조나 지역의 AFP를 인수하였다고 발표. AFP는 HAVC 공기필터서비스 회사로, 공공기관·상업시설·교육기관을 대상으로 사업을 하는 회사
AAF Europe	Dinair AB	공기필터 제조	2016년 11월 AAF Europe은 Dinair를 인수한다는 의도를 발표. 인수는 AAF와 그 모회사인 Daikin이 북유럽으로 진출하려는 전략의 일환임
Daikin Industries Ltd	Flander Holdings LLC	공기필터 제조	2016년 2월 Daikin은 자회사인 AAF를 통하여 4억 3천만 달러에 Flanders Holdings LLC를 인수하겠다는 의도를 발표. 이 인수로 미국 산업부문 공기정화장비 시장에서 Daikin의 입지를 강화할 계획
AAF	Air Filter Maintenance Co. Inc. (AFM)	공기필터 서비스 및 관리	2015년 8월 AAF는 AFM을 인수하였다고 발표. 이번 인수로 AAF International은 사업영역을 확대하고 대서양 중부 지역에 제공하는 서비스 수준을 높임.

- (기술개발) IoT, 웨어러블, 소형, 모바일, 다기능을 중심으로 제품이 다각화되는 추세
 - ※ 스마트폰 앱을 활용, 탑승자가 차량에 타기 전에 원거리에서 차량 내부에 맑은 공기를 유지하도록 하는 제품(Phillips), 에어컨에 항균, 미세먼지 제거 등 다양한 기능을 포함(인도, Symphony)
- (신흥시장 공략) 중국과 인도를 중심으로 성장하는 시장에서의 점유율 향상
 - ※ 지금까지는 북미와 유럽이 시장을 주도해 왔지만, 신흥국 정부의 대기환경 규제와 소비자의 가치분 소득 증대로 자동차, 주거, 건축 부문에서 지속적으로 성장하며 세계시장의 중심으로 부상하고 있음
- (대기오염 측정장치) 수직계열화, 기술개발을 통한 제품경쟁력 강화 및 시장점유 확대
 - (수직계열화) 다양한 시장요구에 부응하는 제품을 개발하기 위해, 대표적 제품군에 대한 수직계열화로 더 효율적으로 신제품을 개발하며 제품경쟁력을 강화하고 있음
 - (기술개발) 최근 정전식 집진기나 직물 필터를 탑재한 신제품이 높은 성장률을 보이는 등 역동적 수요변화를 만족하기 위한 기술적 진보를 지속, 시장점유를 확대하는 전략을 취함

2. 시장전망

■ 지역별 전망

- 대기오염 저감장치 시장: 높은 성장률을 보이는 아시아태평양 시장으로 시장의 중심이 이동
- 대기오염 측정장치 시장: 성장률은 아시아태평양 시장이 높지만, 시장 중심은 북미 지역임
- 시장규모가 3배 정도 더 크고, 이미 과점상태인 대기오염 측정장비 시장보다 진입이 용이하며, 아시아태평양 지역이 시장의 중심이 되는 대기오염 저감장치 시장이 우리가 처한 미세먼지 문제해결의 연장선상에서 접근하기 쉬운 편임

〈표 5〉 지역별 시장전망

지역(백만 달러, %)		2015	2016	2021	CARG('16-21)
대기오염 저감장치	아시아태평양	4,680	5,070	7,590	8.4
	북미	3,710	4,000	5,760	7.6
	유럽	3,320	3,560	5,090	7.4
	중동	1,060	1,140	1,630	7.4
	남미	490	540	800	8.2
	전체	13,260	14,310	20,870	7.8
대기오염 측정장치	아시아태평양	930.2	995.8	1,582	9.7
	북미	1,670.2	1,747.2	2,489.8	7.3
	유럽	1,268.6	1,339.1	1,995.2	8.3
	기타	349.7	358.9	478.2	5.9
	전체	4,128.7	4,441.5	6,545.2	8.1

[자료] BCC Research(2017), Transparent Market Research(2016) 재구성

■ 제품별 전망

- 대기오염 저감장치 시장: 집진기 시장에 다양한 필터기술 혁신이 적용되며, 고효율 필터가 적용되는 시장을 중심으로 높은 성장률을 나타내며 시장변화를 주도할 것으로 전망됨
 - HEPA 필터 관련시장은 아시아태평양 지역을 중심으로 급속하게 성장하며, 2015년 세계 대기오염 저감장치 시장 점유율 40%에서 2021년 43%로 성장할 것
 - HEPA 필터는 0.3 μ m보다 크기가 작은 오염물질을 제거할 수 없으므로, 활성탄 등과 결합된 다중필터 관련 기술개발에 대한 전망이 밝음
- 대기오염 측정장치 시장: 시장규모는 가스분석기 및 검출기, 시장성장률은 입자계수기가 가장 높을 것으로 전망됨

〈표 6〉 제품별 시장전망

지역(백만 달러, %)		2015	2016	2021	CARG('16-21)
대기오염 저감장치	집진기 및 진공장치	5,870	6,370	9,540	8.4
	미스트 제거기	1,220	1,430	2,100	8.0
	화재용 가스배출기	1,040	1,150	1,680	7.9
	집연기	2,450	2,650	3,890	8.0
	차량용 배기장치	2,120	2,300	3,430	8.3
	기타	560	410	230	-10.9
	전체	13,260	14,310	20,870	7.8
대기오염 측정장치	샘플러	651.9	675.8	914.6	6.2
	풍속계	613.5	636.9	876.6	6.6
	가스분석기 및 검출기	1,487.1	1,574.8	2,381.9	8.6
	입자계수기	862.6	913.8	1,392.4	8.8
	기타	603.6	640.1	979.7	8.9
	전체	4,218.8	4,441.5	6,545.2	8.1

[자료] BCC Research(2017), Transparent Market Research(2016) 재구성

■ 용도별

- 대기오염 저감장치 시장: 주거용, 차량용, 건축용 저감장비를 중심으로 성장
 - 주거용(8.4%), 차량용(8.2%), 건축용(8.1%) 대기오염 저감장비 시장은 시장 평균성장률인 7.8%를 상회하며, 시장 성장을 주도할 것으로 전망
 - 대기오염 저감장비 시장에서의 점유율은 차량용, 건축용, 주거용 순서임
- 대기오염 측정장치 시장: 화학공업(10.0%)과 건축업(9.6%)에서 성장률이 높을 것이며, 현재 시장점유율이 가장 높은 발전 부문의 성장은 둔화되나 가장 높은 점유 수준은 유지될 전망

3. 대기오염 억제를 위한 중국의 동향

■ 중국 정부의 주요 조치사항

- 중국에서 대기환경과 관련된 기본법은 2000년 4월 제정된 「대기오염 방지법」(추장민·葛察忠 외, 2010)이며, 2012년 「중점지역 대기오염예방 및 관리 “12·5”규획」을 마련하여 한 개의 도시만이 아닌 오염이 심한 인접도시를 한 개의 중점지역으로 선정하여 관리(강택구 외, 2013)
- 2013년 중국의 화북·동북 지역을 중심으로 스모그가 발생하며 대기환경 문제가 부각되자 중국 정부는 이를 개선하기 위한 강도 높은 조치를 취하고 있음
- 2013년 스모그로 1989년 시행해 온 환경보호법을 전면 수정, 환경오염 유발 기업들에게 사업장 폐쇄, 압수, 생산제한중단 등 고강도 행정명령으로 즉각적 시정을 유도
- 제12차 5개년 기간에는 환경보호를 위해 직전기간 대비 2배 이상 증가한 약 3조 위안(약 600조 원)에 달하는 금액을 투자하도록 계획하였음
- 2013년 대기오염을 위한 10대 조치로 ①종합적인 통제 강화 및 오염물 배출 감소 ②산업구조 조정 및 최적화 및 경제체제전환 승격 추진 ③기업기술 개조 촉구 및 과학기술 혁신능력 제고 ④에너지구조조정 추진 및 청정에너지 공급 확대 ⑤에너지 절약 환경보호 허가의 엄격한 시행 및 허가기준 상향 ⑥시장 메커니즘을 통한 환경경제정책 개선 ⑦법률법규 체계 완비 및 법에 의한 감독관리 엄격화 ⑧지역협력 메커니즘 건립 및 지역 환경관리 통일적 계획 ⑨검측, 조기예보 체계 건립 및 심각한 오염날씨에 적절한 대책 마련 ⑩정부, 기업과 사회의 명확한 책임 및 전 국민 동원을 통한 환경보호 동참 독려를 발표(강택구 외, 2013)하였음
- 중국 환경보호부는 2014년 1/4분기에 총 83건의 환경보호 관련 법규를 위반한 기업들에 대해 벌금형, 생산금지 조치, 오염 지역 원상회복 조치 등을 취함(中国环境保护部, 2014)
- 2015년부터 제철소 분진 배출기준 상향 조정, 대기오염 방지 관리법 개정(15년 만에 첫 개정)으로 PM2.5 배출량을 줄이기 위한 연료품질 기준을 강화함
- 중국에는 환경설비를 도입, 운영할 수 있는 재정적인 여력이 없거나 부족한 중소기업들이 많아 대기질 개선에 있어서 만족할만한 성과를 얻지는 못함
- 중국 환경보호부에서 발표한 ‘2016 중국 환경상황 공보’에 따르면 2016년 중국의 338개 도시 중 254곳이 대기오염 기준치를 초과한 것으로 나타남

- ‘2017~2018 대기오염 개선작업방안’을 내놓으면서 대기오염 유발업종의 생산 억제, 석탄 보일러 등 노후설비 교체, 석탄에서 천연가스로의 에너지 사용 전환을 유도, 시정조치를 하지 않으면 형사처벌도 가능할 수 있도록 함
- 2017년 환경감찰로 시정명령 7,457건, 벌금 9,449만 위안, 형사처벌 66명이 보고됨
- 대기오염에 대한 단속이 강화되면서 대기오염 저감설비를 생산하는 중국 로컬 업체들과 일본, 한국 업체들은 제조업과 염색, 염료 산업 공장들의 신규 수요 증가에 따른 환경설비 판매 증대를 위해 노력하고 있음

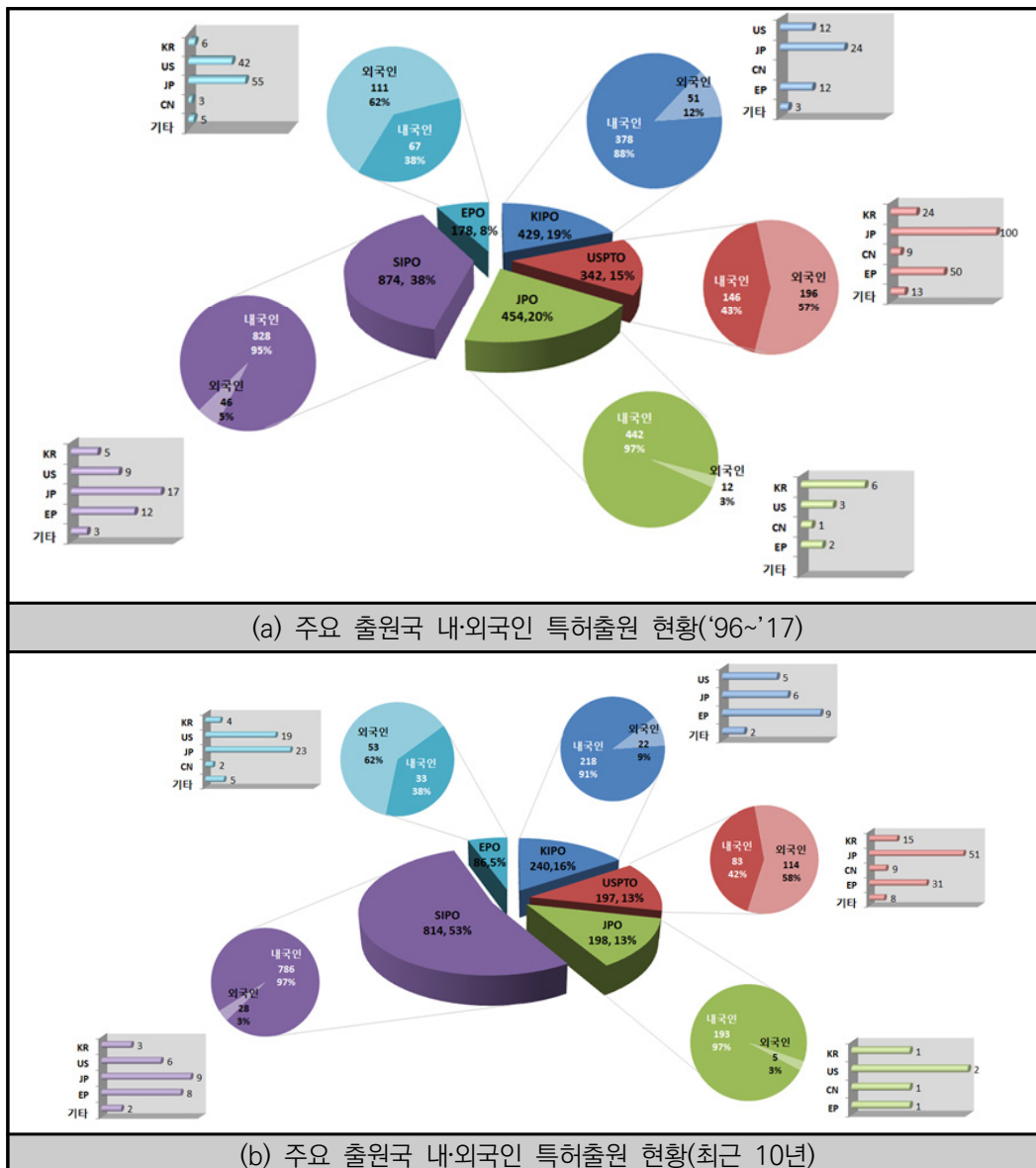
■ 주요 산업지원정책과 산업활동 개요

- 2014년 중국 중앙정부가 선정한 7대 전략 산업에 에너지 절감형 환경기술과 이를 바탕으로 한 환경설비가 포함
- 중국은 2000년대 초반부터 환경설비 산업의 양적 발전을 이루며 분야별 우수 기업들도 나오고 있으나 규모가 작고 연간 수입이 1천만 위안(18억 7,290만 원) 이하에 불과한 환경설비 기업들도 많아 대기환경 관련 산업에 대한 각급 정부의 투자, 금융기관의 대출 등의 재정 지원이 절실히 요구되는 상황
- 2020년까지의 13차 5개년 전략신흥산업 육성을 위해 10조 위안(약 1,700조 원)대에 이르는 5개 산업 중 녹색 저탄소 산업이 포함되며, 대기오염을 온실가스 저감정책의 연장선상에서 다루고 있음
 - 전기차와 같은 신에너지 자동차 기술, 신재생에너지 기술, 에너지 저감설비를 개발하고 확산하는 것을 골자로 함
 - 아울러 스마트공장이나 바이오산업 육성을 환경보호정책의 연장선에서 추진될 수 있도록 계획
- 아직까지 중국 정부에서 대기질 개선 문제를 산업정책 차원에서 적극적으로 개입하고 있지는 않으며, 철강이나 에너지 분야 국영기업에서 대기오염물질 배출 저감을 위한 활동이 나타남
 - 석탄화력발전소를 운영하는 국영기업에서 탈황탈질과 관련된 활동이 존재
 - 중국의 기업 중 환경설비에는 德梅斯特公司 (DEMISTER (SHANGHAI) ENVIRONMENTAL EQUIPMENT), 필터 및 화학 관련 기업에는 江苏新宏大集团(Jiangsu New Hongda)가 대기질 개선과 관련된 산업활동을 진행하고 있음
- 중국의 대기오염 문제를 신시장 차원에서 접근하는 외국 기업의 활동이 나타나기 시작
 - 미국에 본사를 두고 공정기술과 관련된 제품, 오일 미스트 제거기, 열 교환기, 촉매 등을 제조 판매하는 글로벌 기업인 MECS는 중국에서 미스트 제거기를 중심으로 활동을 시작

4. 기술동향

■ 주요국 출원동향

- 중국의 스모그가 심각해지고 중국 정부에서도 관련 대책을 수립함에 따라, 2009년 이후 중국 특허청에서의 대기오염 관련 특허가 급증하며 최근 10년간 세계 특허 중 53%를 차지
※ 중국특허 대다수가 개인 차원의 발명이 주류이므로, 아직은 유의미한 활동이라 판단하기 어려움
- 한국, 중국, 일본 국적을 가진 출원인은 대기오염 관련 산업을 새로운 기회로 인식
※ 한국, 일본, 중국 출원인은 자국(自國) 내 출원을 많이 하고, 미국과 유럽으로도 출원이 활발한 편



[그림 4] 기간별 주요 출원국 내·외국인 특허출원 현황

■ 기술변화의 주기

- 중국의 특허활동을 제외하면, 대기오염 관련 기술과 관련된 혁신활동(특허)은 특별한 증가나 감소 없이 꾸준히 유지되어 왔음
- 대기오염 저감기술의 기술순환주기는 최소 10년에서 29.9년까지의 매우 긴 기술혁신 사이클을 갖는 것으로 나타남
 - 중분류 기준 기술순환주기는 모두 11.5년 이상임
 - 국제특허분류에서 기술순환주기가 긴 상위 3.7%가 11.431년에 해당되는 것을 감안하면, 대기오염 관련 기술은 전반적으로 기술순환주기가 매우 긴 기술에 해당됨
- 기술순환주기가 길 경우, 기술 패러다임 전환에 따른 후발주자의 추격은 성공하기 어려워 (Lee, 2013), 당분간 후발 업체의 기술추격은 기대하기 어려울 수 있음
- 그러므로 기존에 기술역량을 갖춘 업체가 당분간 시장의 주도권을 지속할 가능성이 높음
 - 중국 시장을 목표로 할 경우라도, 중국 업체보다 기술경쟁력을 가진 기존 업체에 주목해야 하며, 시장 선도 업체와 경쟁할 정도로 국내 업체의 역량이 축적되어있는지 여부가 중요한 관건임
- 아직까지 중국에서 대기오염 문제는 산업적 차원보다는 대기질 개선에 주안점을 두고 있음
 - 수요조건의 변화나 제도·산업정책이 후발주자의 추격을 위한 기회창(Lee, 2013)이 될 수 있으나, 중국 정부에서 관련된 움직임이 뚜렷하게 나타나고 있지는 않음
 - 다만, 대다수 중국기업이 규모의 경제를 확보할 수 있는 국영기업이나 공기업인 점을 감안하면, M&A를 활용한 기술추격의 가능성을 배제하기는 어려움

〈표 7〉 기술분류별 기술순환주기

대분류	중분류	소분류	기술순환주기 (년)
대기오염 저감장치	집진기술 (15.1년)	산업 관련 집진기술	15.1
		반도체 및 의료 관련 집진기술	21.2
		주거 관련 집진기술	16.6
	집진기술 외 대기오염 방지기술 (13.2년)	미스트 제거기	16.2
		화재·긴급용 가스배출기	29.9
		집연기	11.5
		차량용 배기장치	10.8
대기오염 측정장치	대기질 모니터링 기술 (11.5년)	대기오염 샘플러	12.4
		풍속계	10.0
		가스분석기 및 검출기	11.0
		입자계수기	11.4

III

기술경쟁력 분석

1. 기술경쟁구조 분석

■ 대기오염 저감장치

- 화재·긴급용 가스배출기와 집연기 분야에서는 특허권과 관련된 기술독과점 현상이 나타남
 - 화재·긴급용 가스배출기의 HHI는 한국 4000, 미국 2653, 일본 1900, 유럽 2500이므로 세계시장의 기술이 특정 업체에 의해 과점된 상태로 추정됨
 - 집연기의 HHI는 유럽에서 2000 정도이므로, 유럽 업체가 기술주도권을 가졌을 것이라 추정됨
- 국내 기업의 기술활동이 의미있게 나타나는 분야인 산업 관련 집진기술, 주거 관련 집진기술, 차량용 배기장치, 대기오염 샘플러, 입자계수기 시장에서는 기술집중도가 높지 않은 편임
 - 주거 관련 집진기술의 허핀달-허쉬만 지수는 일본에서 1600으로 상대적으로 높으므로, 일본 업체가 기술주도권을 가졌을 것으로 추정됨

■ 대기오염 측정장치

- 주요 업체의 지배력이 높아 특허권 확보가 시장 지배력과 연결되기 어려운 편
 - 기술에 대한 집중도는 낮지만, 시장은 주요 4개 업체가 차지하며 지배력을 행사하는 상황
 - 시장을 지배하는 업체에 의하여 특허권이 집중되지 않는 현상은 해당 업체들이 특허권이 아닌 다른 방법(예. 영업기밀)으로 기술보호를 실시하고 있음을 시사함

〈표 8〉 분류별 집중도(HHI)

대분류(산업)	중분류(기술)	소분류(적용)	한국	미국	일본	중국	유럽
대기오염 저감장치	집진기술	산업 관련 집진기술	435	285	231	52	473
		반도체 및 의료 관련 집진기술	1157	1074	473	303	-
		주거 관련 집진기술	696	754	1600	288	1111
	집진기술 외 대기오염 방지기술	미스트 제거기	496	926	799	134	1020
		화재·긴급용 가스배출기	4000	2653	1900	769	2500
		집연기	944	1224	489	208	2000
		차량용 배기장치	981	479	887	133	422
		대기오염 샘플러	509	304	696	187	638
대기오염 측정장치	대기질 모니터링 기술	풍속계	566	473	709	165	1400
		가스분석기 및 검출기	378	575	370	144	268
		입자계수기	917	533	709	268	500

2. 기술수준 분석

■ 국내 기업이 활동하는 기술 분야 도출

- 국내 기업의 활동이 존재하여 지표를 통한 기술수준 분석이 통계적으로 의미있는 분야는 산업 관련 집진기술, 주거 관련 집진기술, 차량용 배기장치, 대기오염 샘플러, 입자계수기임
- 미스트 제거기, 집연기, 풍속계, 가스분석기 및 검출기 분야에는 한국국적 특허권자가 없음
- 반도체 및 의료 관련 집진기술, 화재긴급용 가스배출기는 유효특허 수가 적기 때문에 지표분석에 큰 의미를 부여하기 어려움

■ 산업 관련 집진기술 기술수준과 주요활동

- 한국의 기술수준이 높고, 일본은 시장성 있는 기술을 중심으로 양적 활동이 활발
- 한국은 다른 종류의 2개 이상의 필터를 연속으로 배치하는 다중필터, 사이클론 기술과 필터기술을 혼합하는 기술 등 집진의 효율을 높이는 기술에 대한 출원이 다수 존재
 - 필터 관련 집진기술은 필터의 구조 및 배열 등을 변화시켜 집진기술을 개선하는 것이 중심
 - 필터를 사용하지 않음으로서 유지비용을 절감하고, 필터를 교체하는 공정을 줄임으로써 생산성 향상을 도모할 수 있는 집진기술에 대한 특허활동이 다수 존재
- 일본은 상대적으로 전기집진기에 관련된 특허활동이 많은 편
- 중국은 산업과 관련된 집진기술이 가장 많고, 대부분 화력발전소와 관련되어 탈질, 탈황에 대한 특허활동이 활발
 - 필터기술의 특징은 활성탄 필터, 고정밀 필터, 메쉬 필터 등으로 나타남

〈표 9〉 산업 관련 집진기술 분야 국가별 특허경쟁력 지수 결과

순위	국가	미국 등록특허 수	CPP	PII	TS	PFS
1	미국	21	4.52	0.91	19.21	0.7
2	일본	17	5.71	1.15	19.62	1.65
3	독일	4	3.25	0.66	2.63	1.2
4	한국	3	12	2.43	7.28	1.15
4	타이완	3	6.33	1.28	3.84	0.33
6	중국	2	0.5	0.1	0.2	0.57
6	스위스	2	1	0.2	0.4	0.57

■ 주거 관련 집진기술 기술수준과 주요활동

- 일본의 기술수준이 높고, 시장성이 양호한 특허에 대한 양적 활동도 활발함
- 한국과 일본은 실내용 집진기술에 대한 출원이 많은 편이고, 삼성전자, 엘지전자, PANASONIC과 같은 가전 산업의 대기업에 의해 주도되고 있음
- 중국은 전체 집진기술에 대한 출원수는 많으나, 대부분 산업현장에서의 집진기술이고 상대적으로 실내 및 주거에서 사용되는 집진기술은 적은 편임
 - 최근 들어, 미세먼지로 인해 실내공기 정화에 대한 관심이 높아짐에 따라 관련 기술 출원수가 증가하고 있고, 관련된 필터기술은 주로 HEPA 필터에 집중되는 경향성이 있음

〈표 10〉 주거 관련 집진기술 분야 국가별 특허경쟁력 지수 결과

순위	국가	미국 등록특허 수	CPP	PII	TS	PFS
1	일본	9	17.11	1.51	13.56	0.99
2	한국	4	7.25	0.64	2.55	0.84
3	미국	3	3	0.26	0.79	1.49
4	중국	1	1	0.89	0.09	0.37

■ 차량용 배기장치 관련 집진기술 기술수준과 주요활동

- 기술수준이 높은 상위 출원인은 FORD(미국), TOYOTA(일본), BOSCH(독일), 현대자동차(한국) 등 각국의 자동차 관련 대기업으로 나타나고, 대부분 자동차 배기가스를 정화하기 위한 촉매장치 및 그 촉매, 필터장치 등과 관련된 기술이 주류를 이룸
- 중국에서는 대학교를 중심으로 관련된 특허활동이 감지되나, 유의미한 수준은 아님

〈표 11〉 차량용 배기장치 분야 국가별 특허경쟁력 지수 결과

순위	국가	미국 등록특허 수	CPP	PII	TS	PFS
1	미국	12	19.25	1.94	23.31	0.8
1	일본	12	5.25	0.53	6.36	1.07
3	독일	6	6.5	0.66	3.93	1.15
4	한국	2	1	0.1	0.2	0.96
5	프랑스	1	1	0.1	0.1	0.64
5	영국	1	1	0.1	0.1	1.6

■ 대기오염 샘플러 관련 집진기술 기술수준과 주요활동

- 미국의 기술수준이 높고, 양적 활동도 활발, 일본은 시장성 있는 기술을 보유
- 미국과 일본은 주로 배기가스 샘플링과 관련된 기술 출원이 많은 편으로 분석되는데, 대부분 일본 국적의 출원으로 대표적인 출원인은 환경 및 의학, 과학 응용 분야를 측정하고 분석하는 도구를 제조하는 기업인 HORIBA인 것으로 나타남
- 한국은 대기업과 함께 정부출연연구소, 대학교에서 관련 특허활동이 이루어짐
- 유럽에서도 관련 AVL TEST SYSTEMS을 중심으로 관련 특허활동이 이루어짐
- 중국은 자국 내 특허활동을 중심으로 다양한 Testing 기관 (GUANGDONG HENG DING TESTING TECHNOLOGY, CENTRE TESTING INTERNATIONAL GROUP 등) 및 대학교에서 관련 활동이 진행 중

〈표 12〉 대기오염 샘플러 분야 국가별 특허경쟁력 지수 결과

순위	국가	미국 등록특허 수	CPP	PII	TS	PFS
1	미국	27	6.07	1.23	33.17	0.84
2	일본	6	4.67	0.94	5.66	1.83
3	영국	3	4	0.91	2.43	1.81
4	타이완	2	2	0.4	0.81	0.38
5	한국	1	1	0.2	0.2	0.38
5	프랑스	1	0	0	0	1.13

■ 입자계수기 관련 집진기술 기술수준과 주요활동

- 미국의 기술수준이 높고, 양적 활동도 활발, 일본은 시장성 있는 기술을 보유하고 있음
- 광산란식, 휴대용 입자계수기, 모니터링 장치와 연결된 기술 등 다양한 활동이 관측됨

〈표 13〉 입자계수기 분야 국가별 특허경쟁력 지수 결과

순위	국가	미국 등록특허 수	CPP	PII	TS	PFS
1	미국	17	10.47	1.37	23.3	0.91
2	일본	8	1.63	0.21	1.7	1.72
3	한국	6	10.5	1.37	8.25	0.96
4	독일	1	1	0.13	0.13	0.5

■ 국내 기업이 활동하는 분야의 선도 기업과 중국 출원인 정리

- 산업 관련 집진기술 분야의 선도 기업, 국내 기업, 중국 출원인
 - 선도 기업: PANASONIC, AMANO, SUMITOMO, FURUKAWA INDUSTRIAL MACHINE SYSTEM, JFE, NIPPON STEEL, DAIKIN
 - 국내 기업: POSCO, 대우조선, 우양이엔지, 현대제철, 한성더스트킹
 - 중국 출원인: DEMISTER (SHANGHAI) ENVIRONMENTAL EQUIPMENT, Jiangsu New Hongda, QINGLIU LIANGJIAN ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY DEVELOPMENT, Shanghai Meishan Iron & Steel, HEBEI IRON AND STEEL, Ningbo Yinuo Energy Technology
- 주거 관련 집진기술의 선도 기업, 국내 기업, 중국 출원인
 - 선도 기업: PANASONIC, MITSUBISHI ELECTRIC, DAIKIN, SEKEISUI
 - 국내 기업: 삼성전자, SK하이닉스, 유니셈, LG전자
 - 중국 출원인: WUXI JIAOYANG MACHINERY MANUFACTURING
- 차량용 배기장치의 선도 기업, 국내 기업, 중국 출원인
 - 선도 기업: TOYOTA, NE CHEMCAT, NISSAN MOTORS, HONDA MOTORS, MITSUBISHI MOTORS, FORD, ROBERT BOSCH, Daimler
 - 국내 기업: 현대차, 기아차, 한국기계연구원, 한국에너지기술연구원
 - 중국 출원인: ANHUI TECHNICAL COLLEGE OF MECHANICAL AND ELECTRICAL ENGINEERING
- 대기오염 샘플러의 선도 기업, 국내 기업, 중국 출원인
 - 선도 기업: HORIBA, MITSUBISHI HEAVY, CHUGOKU ELECTRIC POWER
 - 국내 기업: POSCO, 한국전력, 삼성전자, 삼성중공업
 - 중국 출원인: SUZHOU WEIYANG ENVIRONMENTAL PROTECTION SCIENCE & TECHNOLOGY
- 입자계수기의 선도 기업, 국내 기업, 중국 출원인
 - 선도 기업: RION, HORIBA, SHIMADZU
 - 국내 기업: 삼성전자
 - 중국 출원인: JIANGSU SUJING PURIFICATION

IV

맺음말

- 「미세먼지 국가전략프로젝트」의 기술 산업화에 있어서 미세먼지 저감기술에 주안점을 둔 전략은 적절하며, 해당 분야에서 활동하는 국내 기업의 역량은 선도 기업과 경쟁이 가능한 수준임
- 「미세먼지 국가전략프로젝트」에서 미세먼지 저감기술에 주안점을 둔 것은 공익적 효과, 시장규모, 시장구조, 국내 업체의 역량을 복합적으로 고려할 때, 적절한 선택임
 - 대기오염 저감장치와 관련된 기술은 능동적으로 미세먼지 배출을 줄이거나 공기 중의 농도를 낮춤으로써 실질적으로 미세먼지 노출을 막아줄 수 있어 대기오염 측정장치와 관련된 기술에 비하여 대기질을 실질적으로 개선한다는 측면에서도 확보가 필요
 - 대기오염 측정장치 시장은 북미·유럽지역을 중심으로 형성되었고, 규모가 상대적으로 작을 뿐 아니라, 미국, 유럽, 일본의 선도 기업이 지배하는 과점구조를 가지고 있기 때문에 우리나라 기업이 시장에서 성공을 거둘 가능성은 상대적으로 낮은 편
 - 한편, 대기오염 저감장치 시장은 우리나라를 포함하는 아시아 시장을 중심으로 형성되어, 우리나라 미세먼지 해결의 맥락에서 접근이 용이하고, 대기오염 측정장치 시장에 비해 3배 정도로 규모가 크며, 경쟁 상태의 시장으로 국내 업체의 역량도 선도 업체와 경쟁할만한 수준임
 - 미세먼지 저감기술 중 국내 기업들에게 가능성이 높은 분야는 산업 관련 집진기술, 주거 관련 집진기술, 차량용 배기장치이며, 「미세먼지 국가전략프로젝트」는 해당 분야 지원을 계획하고 있음
 - 산업 관련 집진기술과 관련하여 화력발전소, 제철소를 중심으로 탈황탈질응축성 미세먼지를 저감하는 기술과 중소사업장을 대상으로 미세먼지 제거를 위한 초저가 시스템 개발 및 실증을 계획하고 있으며, 기술개발 방향은 시장의 트렌드와 부합함
 - 주거 관련 집진기술과 관련 가정 내 노출 저감기술, 대중교통상업시설지하공간 등의 미세먼지 저감기술, 야외 운동자, 근로자 등을 위한 착용형 정화장치 개발과 같이 다양한 상황에서 효과적으로 작동되는 공기정화기와 관련된 기술개발을 계획하고 있으며, 기술개발 방향은 시장의 트렌드와 부합함

- 차량용 배기장치와 관련 무동력 집진장치 개발 및 차량 시범운행, 지하철 및 터널용 저에너지형 저감시스템 개발, 건설현장 유형별 저감기술개발 및 실증을 계획하고 있으며, 관련 기술개발 방향은 시장의 트렌드와 부합함

■ 현재 중국의 미세먼지 대응 기술력으로는 선도국을 추격하기 어렵지만, 향후 10년 정도의 중기적 관점에서 추적이 진행될 가능성을 배제하기는 어려움

- 중국과의 기술격차가 축소되는 추세이고 중국 정부 차원의 미세먼지 저감대책이 수립됨에도 불구하고, 대기오염과 관련된 기술 분야에서 중국의 추격은 상대적으로 어려움
 - 아직까지 중국 정부에서 대기질 개선 문제를 산업정책 차원에서 적극적으로 개입하고 있지는 않으며, 철강이나 에너지 분야 국영기업에서 대기오염물질 배출저감을 위한 활동이 나타난
 - 대기오염 저감을 위한 중국의 기술혁신활동은 활발하지만, 개인 차원의 발명이 대다수로 유의미한 활동은 제한적이고 아직 우리 기업의 기술경쟁력이 상대적으로 높은 상황임
 - 비록 중국과의 기술격차가 축소되는 추세이지만, 대기오염과 관련된 기술은 수명주기가 길어 후발국의 추적이 어려운 특징을 가짐
- 만약 중국에서 대기질 개선 문제를 산업정책의 차원에서 개입한다면, 산업 관련 집진기술을 중심으로 내수시장에 대한 통제력과 국유기업의 현금동원력을 활용하여 기술력을 보유한 기업들에 대한 M&A를 통한 단계생략형 추격을 시도할 수 있음
 - 환경설비와 관련된 산업은 규제에 의해 창출되는 특징을 갖기 때문에 중국의 내수시장에 대한 정부의 통제권은 높고, 산업 관련 집진기술에서 철강, 에너지, 환경설비와 관련된 중국의 국유기업이 아직은 기술수준이 낮은 편이지만 관련된 혁신활동을 시작하였음
 - 중국의 국유기업이 혁신활동에 착수한 분야는 「미세먼지 국가전략프로젝트」에서 개발하려는 대·중소사업장 대상 저감기술에 해당됨
 - 중국의 기업들은 한국과 대만의 성공적 추격을 교훈삼아, ①병행학습, ②모방과 R&D 공존, ③조기 M&A를 통한 기술추격 전략을 실행하고 있음
 - 산업 관련 집진기술은 단기간에 따라잡기 어렵지만 중국 국유기업의 현금동원력이 높다는 점을 감안할 때, 향후 중국 국유기업들이 추격의 시간을 단축시키고자 기술력과 브랜드 파워를 가진 업체를 M&A하는 전략을 취할 가능성이 높음
 - 실제 레노보의 싱크패드 인수, 상하이차의 쌍용차 인수, BOE의 하이디스(前.현대전자의 LCD사업부) 인수와 같이 단기간 기술추격을 위한 중국기업의 성공적 인수사례는 적지 않음

■ 「미세먼지 국가전략프로젝트」의 성공적 기술 산업화를 위한 제언

- 다양한 제품 및 서비스 포트폴리오를 갖춘 대형 종합환경서비스 업체를 육성할 필요가 있음
 - 공기를 정화해야 하는 상황은 다양하며, 이를 위한 여러 제품들이 시장에 출시되고 있음
 - 선도 업체(예. DAIKIN)들은 시장의 주도권을 확보하기 위해 다양한 제품서비스 포트폴리오를 갖추려 노력하고 있음
 - 관련 산업에 우리나라 대기업(POSCO, 삼성전자, 현대자동차 등)이 활동하고 있으나, 특정 분야의 제품군에만 국한될 뿐 종합적으로 관련된 제품 및 서비스를 제공하고 있지 않음
 - 「미세먼지 국가전략프로젝트」로 확보될 기술력이 시장에서 결실을 맺기 위해서는 선도 업체와의 경쟁에서 생존할 수 있어야 하며, 이를 위해서 규모의 경제와 범위의 경제를 확보하여 시장경쟁력을 갖춘 국내 대형 종합환경서비스 업체의 존재는 필수적임
- 자금력을 갖춘 국외 업체의 M&A를 통한 기술유출에 대한 선제적 대응이 필요함
 - 「미세먼지 국가전략프로젝트」의 추진으로 시장에서 경쟁력을 갖춘 기술이 개발될 수 있지만, 국내 환경전문 업체의 규모가 영세하거나 제품서비스 제공 범위가 좁아 시장에서 의미있는 결실을 맺기 어려울 수 있음
 - 자금력을 갖춘 중국의 국유기업이 혁신활동에 착수한 분야와 「미세먼지 국가전략프로젝트」에서 개발하려는 대중소사업장 대상 저감기술이 겹친다는 점에서, 향후 관련 기술개발 성과를 보유한 국내 기업이 중국기업으로 M&A될 가능성을 배제하기 어려운 상황임
 - 「미세먼지 국가전략프로젝트」에서 성과로 도출되는 기술을 ‘산업기술의 유출방지 및 보호의 법률’상 국가핵심기술로 지정하는 등 관련되는 다양한 보호조치를 마련할 필요가 있음

참 고 문 헌

- 강택구 외 (2013), 「한중 대기오염 저감관리 비교와 협력방안」 대외경제정책연구원.
- 관계부처 합동 (2016), 「과학기술기반 미세먼지 대응전략」.
- 추장민 · 葛察忠 외 (2010), 「중국의 환경문제와 정책에 관한 한중 공동연구」, 경제인문사회 연구회.
- 한국특허정보원 (2005), 「기술로드맵 작성을 위한 특허분석 방법론」.
- BCC Research (2017), 「Air Pollution Control Equipment: Technologies and Global Markets」.
- Ki, Jeehoon (2010), 「Changes in Industrial Leadership and Catch-up by the Latecomers in the World Steel Industry: Windows of Opportunity and Sectorial System of Innovation」, Seoul: Graduate School, Seoul National University.
- Lee, Keun (2013), 「Shumpeterian Analysis of Economic Catch-up: Knowledge, Path Creation, and the Middle-income Trap」, Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Lee, Keun, and Jeehoon Ki (2014), 「Successive Changes in Industrial Leadership and Catch-Up by Latecomers in Steel Industry: The US-Japan-Korea」, Working Paper.
- Lee, Keun, and Franco Malerba (2014), 「Toward a Theory of Catch-up Cycles: Windows of opportunity in the evolution of sectoral systems」, Working Paper.
- OECD (2015), 「How's Life? 2015: Measuring Well-being」, OECD Publishing Paris.
- OECD (2016), 「The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution」, OECD Publishing Paris.
- Transparency Market Research (2016), 「Air Quality Monitoring Equipment Market: Global Industry, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2016-2024」.
- 中国环境保护部 (2014), 「2014年第一季度重点环境案件处理情况」.
- <https://www.wipson.com/service/mai/main.wips>

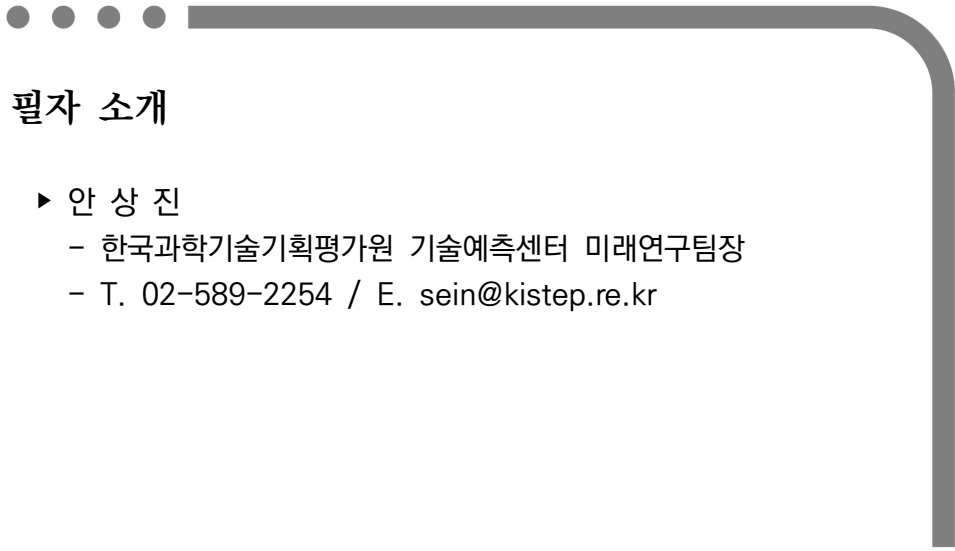
KISTEP Issue Weekly · Issue Paper 발간 현황

발간호	제 목	저자 및 소속
이슈 위클리 2018-01 (통권 제219호)	국내 스마트제조 정책 지원 현황 및 개선방안	구본진·이종선·이미화·손석호 (KISTEP)
2017-12 (통권 제218호)	국가연구개발정보를 활용한 사업화성과의 연계구조 분석	홍슬기 (KISTEP)
2017-11 (통권 제217호)	인공지능 혁신 토대 마련을 위한 책임법제 진단 및 정책 제언	박소영 (KISTEP)
2017-10 (통권 제216호)	4차 산업혁명 대응을 위한 정부 R&D사업의 전략적 투자 포트폴리오 구축 방안	조재혁, 나영식 (KISTEP)
2017-09 (통권 제215호)	지방분권화에 따른 자기주도형 지역 R&D 혁신체제 구축 방안	김성진 (KISTEP)
2017-08 (통권 제214호)	연구성과평가의 새로운 대안 지표 altmetrics : 주요 내용과 활용방안	이현익 (KISTEP)
2017-07 (통권 제213호)	신입 과학기술 인력의 창의성 및 핵심 직무역량 수준 진단과 시사점	김진용 (KISTEP)
2017-06 (통권 제212호)	바이오경제로의 이행을 위한 화이트바이오 산업 육성 정책 제언	유거송 (KISTEP), 박철환 (광운대학교), 박경문 (홍익대학교)
2017-05 (통권 제211호)	자율과 책무를 바탕으로 한 출연연 발전방향 제언	박소희, 안소희, 이재훈, 정의진, 정지훈 (KISTEP)
2017-04 (통권 제210호)	4차 산업혁명 주도기술 기반 국내 스타트업의 현황 및 육성 방안	조길수 (KISTEP)
2017-03 (통권 제209호)	신정부의 기초연구 투자를 위한 정책제언	신애리, 윤수진 (KISTEP)
2017-02 (통권 제208호)	연구자 중심 R&D 제도혁신 방향과 과제	이재훈, 이나래 (KISTEP)
2017-01 (통권 제207호)	문재인 정부 과학기술 혁신정책 목표 달성을 위한 20대 정책과제	KISTEP
이슈 페이퍼 통권 제206호	비즈니스 모델 혁신 관점의 미래성장동력 플래그십 프로젝트 사업 성과 분석	김수연, 임성민(KISTEP), 정욱(동국대학교), 양혜영(KISTI)
통권 제205호	자율주행자동차 활성화를 위한 법제 개선방안 및 입법(안) 제언	강선준(한국과학기술연구원/ 과학기술연합대학원대학교), 김민지(한국기술벤처재단)
통권 제204호	기업이 바라본 미래 과학기술인재상 변화 및 시사점	이정재, 서은영, 이원홍, 황덕규 (KISTEP)

발간호	제 목	저자 및 소속
통권 제203호	핀테크 스타트업 활성화를 위한 중소기업 창업지원 법령 분석 및 제언	이재훈 (KISTEP)
통권 제202호	블록체인 생태계 분석과 시사점	김성준 (㈜씨앤엘컨설팅)
통권 제201호	과학기술혁신 추동을 위한 정부의 산업기술 R&D 투자 효율화 방향 탐색	고윤미 (KISTEP)
통권 제200호	4차 산업혁명 대응을 위한 스마트 공장 R&D 현황 및 시사점	김선재 (KISTEP)
통권 제199호	문재인 정부의 과학기술정책 핵심철학과 과제	이장재 (KISTEP)
통권 제198호	차년도 정부연구개발 투자방향의 기술분야 투자전략 수립 방법 고도화	황기하, 정미진 (KISTEP)
통권 제197호	4차 산업혁명 대응을 위한 주요 과학기술 혁신정책과제	손병호, 최동혁, 김진하 (KISTEP)
통권 제196호	대기오염을 유발하는 전기차의 역설: 전기차 보급 및 전력수급 정책의 고려사항	안상진 (KISTEP)
통권 제195호	4차 산업혁명과 일자리 변화에 대한 국내 산업계의 인식과 전망	이승규 (KISTEP)
통권 제194호	KISTEP이 바라본 지속가능한 발전을 위한 공해·오염 대응 10대 미래 유망기술	박종화 (KISTEP)
통권 제193호	중국 13차 5개년 국가 과학기술혁신 계획 변화와 시사점	서행아 (KISTEP)
통권 제192호	과학기술혁신을 통한 고령사회 대응 정책 방향 - 일본 사례를 중심으로	정의진, 오현환 (KISTEP)
통권 제191호	'고용 있는 성장'을 위한 부품·소재 산업 혁신생태계 활성화 방안	최동혁, 손병호 (KISTEP)
통권 제190호	에너지부문 R&D 투자 변화요인 분석 : 주요국 사례 비교	장한수, 이경재 (KISTEP)
통권 제189호	지속가능한 우주탐사를 위한 연구개발(R&D) 정책 방향	이재민 (KISTEP), 신민수 (한국천문연구원)
통권 제188호	바이오안보(Biosecurity)의 부상과 과학기술 정책방향 - 보건안보와 식량 안보를 중심으로	한성구 (KISTEP), 장승동 (농림수산식품기술기획평가원), 김현철 (한국보건산업진흥원)
통권 제187호	대학 연구자의 행정부담 측정과 정책적 시사점	김이경, 김소라 (KISTEP), 윤이경 (이화여자대학교)
통권 제186호	한국 경제의 지속 성장을 위한 바이오·헬스산업의 진단과 전망	유승준 (한국바이오협회 한국바이오경제연구센터), 문세영 (KISTEP)

발간호	제 목	저자 및 소속
통권 제185호	미국 등록특허 분석을 통한 한국의 기술경쟁력 개선방안	엄익천 (KISTEP), 김봉진 (한국특허정보원)
통권 제184호	제조업 협업 혁신을 위한 메이커스페이스 활성화 방안 - 중국사례를 중심으로	한성호 (인천경제산업정보테크노파크)
통권 제183호	나노융합산업의 육성을 위한 정책 방향	문희성 (LG경제연구원)
통권 제182호	기업 R&D 지원정책의 성과지표 및 성과관리 개선방안 - 중소·중견기업을 중심으로	배경화 (중소기업진흥공단)
통권 제181호	딥러닝(Deep Learning) 기술의 이해와 연구개발 정책과제	최근우 (Queen Mary University of London), 송기선 (NAVER LABS), 강요셉 (KISTEP)
통권 제180호	인공지능 기술의 활용과 발전을 위한 제도 및 정책 이슈	김윤정 (KISTEP), 윤혜선 (한양대학교)
통권 제179호	제4차 산업혁명시대의 ICT 융합형 재난안전 R&D 발전방향	이경미 (KISTEP), 최성록 (한국전자통신연구원)
통권 제178호	국가연구개발사업의 기획과 사전평가를 위한 논리모형의 활용	강현규 (KISTEP)
통권 제177호	국제협력분야 정부 R&D 전략적 투자를 위한 정책제언	신애리, 문관식, 김은정 (KISTEP)
통권 제176호	스마트제조 글로벌 현주소와 표준화 추진방향	백수현 (한국표준협회)
통권 제175호	KISTEP이 바라본 우리사회 삶의 만족과 사회적 신뢰를 향상시켜줄 10대 미래유망기술	이승규, 김상일, 유준우 (KISTEP)
통권 제174호	미래한국을 열어갈 National Initiative 2025	이흥권 외 (KISTEP)
통권 제173호	• 혁신인증 유형별 기업의 활동과 성과영향요인 실증분석 • 한국 제조기업 성장통의 원인 및 극복전략	김대진 (중앙대), 강태원 (서울대)
통권 제172호	미래 산업 대응 소재의 정부 R&D 투자 방향	용태석, 이상남 (KISTEP), 박주현 (KIAT)
통권 제171호	신항안의 부상과 과학기술의 역할	김상배 (서울대)
통권 제170호	한국 산업 생태계의 신진대사 진단과 시사점	이정동 (서울대)
통권 제169호	미래안전사회분야 신직업 발굴	채우철, 강진원, 김진용 (KISTEP)
통권 제168호	혁신주체의 관점에서 본 지역별 혁신특성 분석과 정책적 시사점	한성호 (인천테크노파크)

한국과학기술기획평가원 홈페이지(www.kistep.re.kr)에서 원문을 다운받으실 수 있습니다.



필자 소개

▶ 안 상 진

- 한국과학기술기획평가원 기술예측센터 미래연구팀장
 - T. 02-589-2254 / E. sein@kistep.re.kr
- 

KISTEP Issue Weekly 2018-02 (통권 제220호)

|| 발행일 || 2018년 1월 10일

|| 발행처 || 한국과학기술기획평가원 전략연구실
서울시 서초구 마방로 68 동원산업빌딩 9~12층
T. 02-589-2250 / F. 02-589-2222
<http://www.kistep.re.kr>

|| 인쇄처 || 나모기획(T. 02-503-5454)

KISTEP Issue Weekly