

발 간 등 록 번 호

11-1430000-001895-01

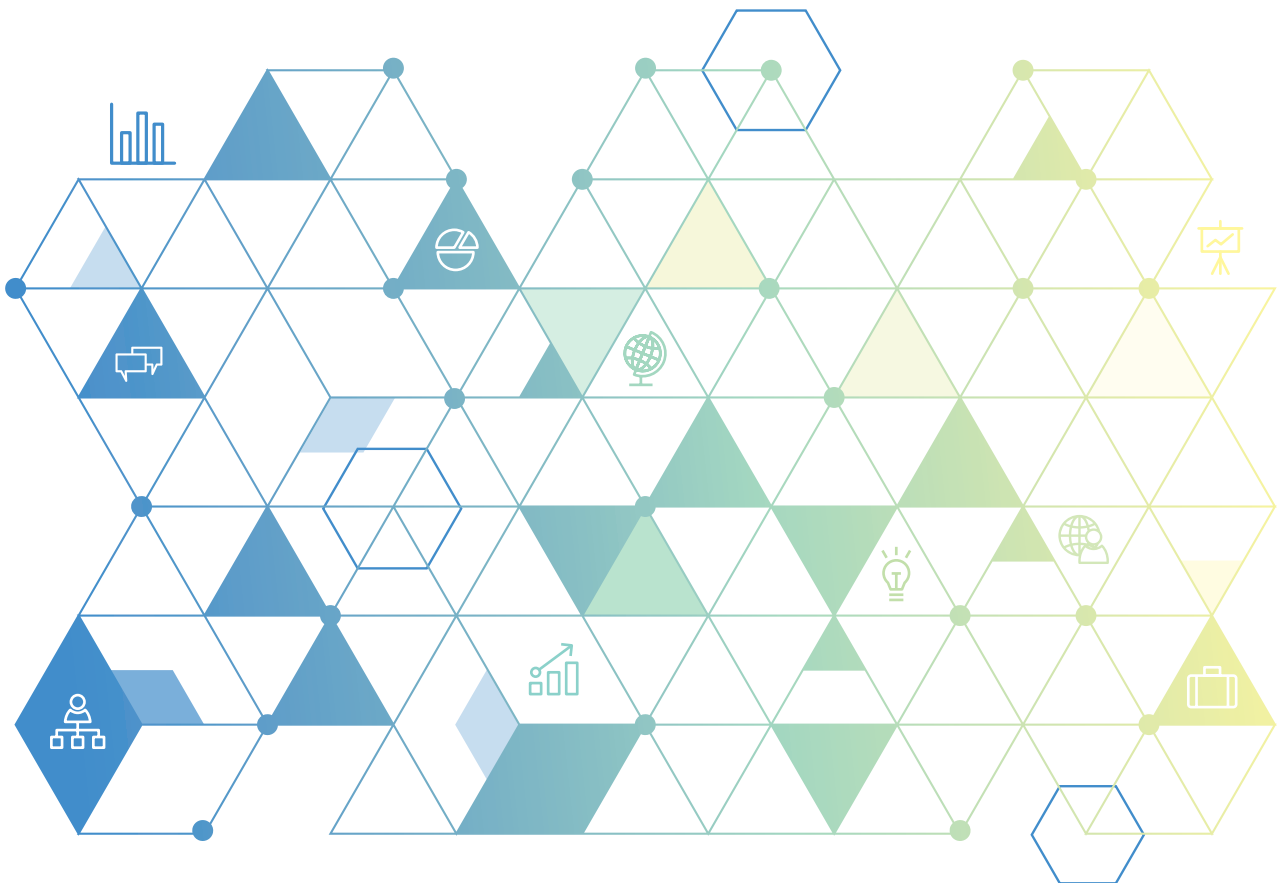
미래전략

미래이슈발굴

산업경제안보와 지식재산

Economic Security and Intellectual Property

2022. 12.



2022년도 기초연구과제 최종보고서

미래전략 연구

산업경제안보와 지식재산

- 기술안보관점을 반영한 핵심기술도출방법론개발 -

Intellectual Property Prospects

Economic Security and Intellectual Property

- Development and Pilot Application of Core Technology Derivation
Methodology Reflecting Technology Security Perspective -

2022. 12.

제 출 문

특허청장 귀하

본 보고서를 “산업경제안보와 지식재산 - 기술안보관점을 반영한 핵심기술도출방법론개발 시범적용 -” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022년 12월 31일

주관연구기관명 : 한국지식재산연구원

연구기간 : 2022년 1월 1일 ~ 2022년 12월 31일

연구책임자 : 곽 현(한국지식재산연구원 전문위원/경영학박사)

참여연구자 : 류태규(한국지식재산연구원 선임연구위원)

김범태(한국지식재산연구원 연구위원)

조상규(한국지식재산연구원 전문위원)

요약

국문

I. 서론

□ 연구 배경 및 필요성

- 무역적자 및 지식재산권을 빌미로 한 미·중 기술패권경쟁과 기술블록화 현상심화
- 주요국들은 국가안보에 있어 기술의 중요성을 강조하며 기술적·경제적 가치가 높거나 관련 산업의 성장잠재력이 높은 기술들에 대한 보호 전략을 강화
- 우리나라도 핵심기술을 선정하여 관리하고 있으나 세부기술단위가 아닌 산업단위와 기술단위가 혼재되어 있으며, 핵심기술에 대해 산업파급력과 기술안보의 관점이 반영되지 못하고 있음
- 이에, 기존의 기술우수성뿐만 아니라 기술의 파급효과와 기술안보의 관점을 반영하여 핵심 기술도출 방법론을 개발할 필요가 있음

□ 연구목적

- 본 연구는 기술우수성, 기술경제성, 기술안보성을 반영한 핵심기술도출을 위한 방법론을 개발하는 것이 목적임
- 이를 위해 핵심기술도출을 위한 개념적 모델 수립으로 각 지표별 세부항목을 구성하고 각 지표에 대한 산출식을 제시하고, 특허정보와 이종정보 연계방안을 제시
- 핵심기술도출방법론을 통한 시범 적용을 통해 적용상의 이슈를 논의

II. 기술안보와 핵심기술

□ 기술안보의 개념

- 기술안보란 과학기술관점에서 산업안보를 어떻게 달성해야 할 것인지에 초점을 맞추어 국가 산업기술 전략의 구사를 위한 법제 및 정보분석 수단 체계 제반을 의미
- 핵심기술은 기술안보를 확보하기 위한 필수불가결한 핵심이 되는 기술로서 우수한 기술력을 바탕으로 외부의 위협에 대해 대응이 가능한 기술을 포괄하는 의미

□ 주요국 핵심기술보호 및 육성방안

- 미국은 자국의 핵심기술을 보호하고 육성하기 위해 최근 미국 기술경쟁력 강화와 대중국 견제를 위한 두 개의 법안, 「미국혁신경쟁법(US Innovation and Competition Act of 2021, USICA)」과 「미국경쟁법(The America COMPETES Act of 2022, ACA)」을 각기 발의
- 중국은 14차 5개년 계획에서 분야별 산업과 기술을 구분하여 기술개발, 인력양성, 시장활성화에 걸쳐 구체적인 계획을 제시함. 5대 주요분야는 선도과학기술분야, 제조업의 경쟁력 강화분야, 신충산업분야, 디지털경제중점산업, 디지털화 응용분야로 구성하였음
- 일본은 경제안보법을 제정하여 경제안보정책의 컨트롤타워로 내각부에 경제안정보장담당실을 설치하는 등 추진체계를 정비함. 이를 바탕으로 수출규제의 강화, 과학기술경제안보보장의 강화, 국내공급망 강화, QUAD 공급망 구축을 경제안보전략으로 제시함

III. 핵심기술을 위한 지표 검토

- 핵심기술도출을 위한 개념을 도출하기 위해 국내외 기술경쟁력 분석지표에 대한 문헌연구, 핵심기술선정 기준에 대한 관련 법제도 조사·분석 글로벌 국가안보 위기 상황에 대한 사례연구를 수행함

□ (특허정보를 활용한 기술경쟁력 지표 검토) OECD의 Patent Quality Index(PQI), 한국발명진흥회의 특허자동평가시스템, 한국특허정보원의 K-PEG, 한국전략개발원의 특허성과지표를 검토

○ OECD의 Patent Quality Index(PQI)

세부지표명	설명	산출방법
특허품질지수 (PQI index)	정규화된 각 지표의 가중치없이 합산한 OECD가 개발한 특허품질지수 산출방법	각 지표는 정규화되며, 가중치는 1로 동일 한국/일본: (Family size+Grant lag+Number of claims) 미국:(Family size+Grant lag+Number of claims+Backward citation+Grant lag)
피인용지수 Forward citations	평가대상 특허보다 늦게 출원된 특허에 의해 인용된 횟수를 이용한 지표로, 일반적으로 기술의 영향력을 나타내며, 논문의 Impact Factor와 유사한 개념으로, 많이 피인용된 특허일수록 특허품질이 높음을 의미	등록년도 및 기술분류별 청구항수, 피인용수, 패밀리특허수 데이터 중 상위 1%의 값과 하위 1%의 값을 제거한 후, 등록년도 및 기술분류별 최대값으로 개별특허의 청구항수, 피인용수, 패밀리 특허수를 각각 나누어 0~1의 값으로 정규화함.
패밀리 특허지수 Family size	평가대상특허와 우선권주장등으로 실질적으로 동일한 기술내용의 특허들이 출원된 국가수를 의미. 특허의 시장성을 반영하는 지표로, 패밀리 특허수가 많을 수록 특허의 시장성이 넓으며 그만큼 좋은 특허로 받아들여짐	
청구항지수 Number of claims	청구항수를 의미하며 기술에 대한 특허보호범위를 나타내며, 청구항수가 많을수록 특허품질이 높음을 의미	
범용성 지수 Generality index	기술의 영향을 미친 기술분야의 수를 의미하는 것으로, 타 분야에 대한 기술확산력을 의미	개별특허를 인용한 특허의 국제특허분류(IPC)를 활용하여 IPC수가 많으면 그만큼 기술의 범용성이 크다고 판단. IPC의 수가 1개일 경우 0, IPC가 많아질 수록 1에 가까워짐
인용지수 Backward citation	평가대상 특허가 출원되기 전에 참고한 특허문헌을 이용한 지표로, 선행특허문헌이 많을 수록 특허의 품질이 높음을 의미	등록년도 및 기술분류별 인용수 중 상위 1%의 값과 하위 1%의 값을 제거한 후, 등록년도 및 기술분류별 최대값으로 개별특허의 인용수를 나누어 0~1의 값으로 정규화함.
특허등록소요기간 Grant lag	특허가 출원되어 등록될 때까지의 기간을 의미하며, 일반적으로 빨리 등록될수록 특허기술이 우수함을 의미	등록년도 및 기술분류별 등록소요기간 중 상위 1%의 값과 하위 1%의 값을 제거한 후, : 1 - (등록소요기간/ 등록소요기간의 최대값)을 의미함.

○ 한국발명진흥회 SMART 3.0

표 평가지표

구분	지표
권리성(40점)	권리범위의 광협(20점), 권리의 충실성(20점), 특허안정성(-20점)
기술성(20점)	기술동향과의 부합성(5점), 기술선도성(5점), 기술의 수명(10점)
상업성(40점)	상용화 가능성(20점), 권리행사가능성(20점)

표 평가요소

No	평가요소	No	평가요소
1	IPC수	17	연차등록회수
2	거절결정불복심판수	18	우선심사청구여부
3	권리자 변동수	19	의견서 제출수
4	금융기관 질권설정수	20	적극적 권리범위 확인심판 인용수
5	도면 수	21	적극적 권리범위 확인심판 기각, 취하, 각하수
6	독립항 길이	22	정보제공 수
7	독립항 수	23	정정심판 수
8	무효심판 기각수	24	조기공개 여부
9	무효심판 인용, 각하수	25	존속기관 연장등록 결정 여부
10	발명의 설명의 길이	26	종속항 수
11	발명자수	27	종속항의 평균길이
12	분할출원 우선권 주장수	28	청구항 계열수
13	선행문헌 중 논문/외국 특허수	29	총 피인용수
14	소극적 권리범위 확인심판 기각수	30	피인용 특허의 인용문헌 중 논문/외국특허수
15	소극적 권리범위 확인심판 인용, 취하, 각하수	31	피인용과 출원일 차이
16	실시권자 수	32	해외패밀리 국가수

○ 한국특허정보원의 K-PEG

구분	대표평가 항목	설명
권리성	권리의 연속성	<ul style="list-style-type: none"> 평가대상 특허에 대한 권리 유지의 연속성을 평가하는 항목 특허권자가 등록료를 지불하면서 매년 특허권을 계속 유지해 오고 있다는 것은 내부적으로 중요한 가치를 가지는 특허라는 것을 간접적으로 반영한다고 할 수 있음
	권리의 영향력	<ul style="list-style-type: none"> 동종특허대비 청구항 내용을 비교분석하여 평가대상 특허가 등록된 이후에 출원되는 특허의 청구항에 얼마나 영향력을 미치고 있는가를 평가하는 항목 대상특허가 등록된 이후에도 이와 관련된 기술적 내용이 기재된 동종 특허가 출원·등록되고 있다는 것은 지속적으로 출원·등록되는 특허에게 영향력을 미치고 있다는 것을 반영하는 자료임

구분	대표평가 항목	설명
	권리의 완성도	<ul style="list-style-type: none"> 독립항과 종속항의 구성을 통해 특허권리적 범위 설정에 대한 완성도를 평가하는 항목 청구범위의 작성에 따른 권리의 완성도를 평가하는 항목으로, 특허명세서의 청구범위가 잘 작성되었다면 그 만큼 권리의 완성도 높다고 할 수 있음
	독립청구항수	<ul style="list-style-type: none"> 독립항수를 통해 권리적 우위성을 평가하는 항목 특허명세서에서 특허발명으로서 보호되는 부분이 청구항이며, 독립 청구항은 특허권자가 권리를 보호하고자 하는 기술적 사상을 기재한 것으로 특허문헌에서 핵심적인 요소임
	청구범위	<ul style="list-style-type: none"> 특허의 권리적 경계(Bound ary)를 평가하는 항목 청구범위란, 당해 특허출원발명이 특허된 경우 특허발명으로서 보호되는 보호범위적 기능 과 발명을 구성하는 구성요건적 기능을 수행하는 부분임 명세서의 청구항을 텍스트마이닝을 이용하여 분석하고 권리적 경계를 파악합니다.권리범위가 넓으면 특허의 권리성이 높다고 할 수 있음
	권리의 변동성	<ul style="list-style-type: none"> 동종 특허대비 권리범위를 출원당시와 비교하여 등록이후에 청구항 변동이 있는지를 평가 하는 항목 특허 출원시 청구항 수가 등록시 감소했다면, 거절사정 혹은 의견제출통지서 등과 같은 보 정을 통해서권리범위를 축소시켰음을 의미하며, 이와 반대로 출원시 청구항 수가 등록시 증 가하였다는 것은 기술적 활용범위가 확대되어 특허권자가 전략적으로 권리범위를 확대시킨 결과임을 반영하는 자료임
기술성	기술의 융합도	<ul style="list-style-type: none"> 대상특허의 기술적 융합정도를 평가하는 항목 IPC의 subclass를 분석하는 항목 (OECD 's Patent scop e) 평가결과가 높을수록 보다 가치있는 특허일 가능성이 높음 (Lerner - 19 9 4, Matutes et al- 19 9 6)
	기술의 협력도	<ul style="list-style-type: none"> 공동연구에 따른 기술적 확장성을 평가하는 요소 출원인(발명자)가 공동연구를 하는 이유는 하이-테크 기술분야 혹은 융합기술 분야로 연구 개발의 효율성을 높이고 기술분야를 확대할 수 있는 긍정적 영향을 가지고 있기 때문임
	국제협력도(연구)	<ul style="list-style-type: none"> 특허기술 연구를 위한 국제적 수준의 협력강도를 평가하는 요소
	기술의 완전성	<ul style="list-style-type: none"> 발명자간 상호협력을 통한 기술적 완성도를 평가하는 항목 최근 기술적 경계가 무너지면서 원천기술 및 융합기술 개발을 위하여 연구 개발자(발명자) 간 네트워크를 형성하고, 전문가들의 공동연구가 진행되고 있음
상업성	지역확장성	<ul style="list-style-type: none"> 대상특허의 지역적 권리범위를 평가하는 항목 동일특허가 여러 국가에서 출원등록되었다면, 해당 국가에서 향후 보유한 특허를 가지고, 사업화 등으로 활용할 가능성이 높음
	특허의 포트폴리오 (Portfolio)	<ul style="list-style-type: none"> 해당 특허권자가 관련기술분야에서 차지하는 특허점유율을 평가하는 항목 특허권자가 해당 기술분야에서 차지하는 특허점유율이 높을수록, 해당 기술분야에서 상대 적으로 상업적 우위가 높음을 의미함
	특허의 활동성	<ul style="list-style-type: none"> 특허의 기술이전 등을 평가하는 항목 특허권이 변경되거나, 이전된다는 것은 그 만큼 특허의 가치가 높다는 것을 의미함
	국제협력도(권리)	<ul style="list-style-type: none"> 대상특허에 대한 국제 공동연구를 통해 상업적 활용 가능성을 평가하는 항목 오늘날 국제협력을 통해 특허를 공동으로 등록(출원)받는 것은 상업적 활용 가능성을 높이고, 향후 발생 할 수 있는 상업적 분쟁소지를 줄이기 위해서 시행되고 있음 즉, 특허권자들은 기술을 향상시키고, 시장 진출시 발생할 수 있는 분쟁을 최소화하기 위해 국제협력을 진행하고 있음

○ 한국전략개발원의 특허성과지표

분석항목		지표명	설명
양적 효율성		① 특허 창출 과제 비율	특허 창출 활동이 다수의 과제에서 고르게 발생하는지 분석
		② 특허생산성	'투입 대비 산출'로, 투자 규모를 고려한 양적 비교
질적 우수성	권리성	③ (표준화된) 특허 청구항 지수	청구항을 통해 발명이 법적으로 보호되는 범위가 결정되므로, 본 지표는 특허의 기술적·경제적 가치와 관련
		④ 신규성 위반 지수	신규성을 위반한 특허의 수를 활용하여, 특허 권리화를 위한 요건으로서의 신규성이 얼마나 충족되었는지를 측정
		⑤ 진보성 위반 지수	진보성 위반 특허 수를 통해, 등록특허 요건으로서의 진보성 충족여부를 측정
	기술성	⑥ (표준화된) 피인용 특허 지수	피인용도를 통해 후속 기술 개발에 대한 영향력을 측정하여, 특허의 기술적·경제적 가치를 나타냄
		⑦ (표준화된) 고평인용 특허 지수	피인용도가 높은 특허의 비율을 측정하여, 기술의 혁신성 및 차별성을 판단
		⑧ (표준화된) 기술 다양성 지수	IPC 수를 활용하여 특허가 적용되는 기술 범위의 다양성을 측정하며, 특허의 기술적·경제적 가치와 연관
		⑨ 융합 특허 지수	WIPO 기술 분류를 기준으로, 이종 기술간 융합을 판단하는 지표
	시장성	⑩ (표준화된) 패밀리 특허 지수	패밀리 국가 수를 통해 특허 보호의 지역적 범위를 측정하는 지표로, 특허의 경제적 가치와 관련
		⑪ 삼극특허 지수	미국·일본·유럽에 모두 출원한 특허(삼극특허) 수를 통해 특허의 해외시장 경쟁력을 측정
		⑫ 특허 이전율	특허의 실제 활용 여부를 측정하는 지표
	복합지표	⑬ 특허 품질 지수(PQI)	권리성(청구항), 기술성(피인용·범용성), 시장성(패밀리특허) 지표를 종합하여, 점수 또는 등급으로 특허의 우수성을 나타낸 지표
		⑭ 온라인 자동평가 (SMART, K-PEG)	SMART(발명진흥회), K-PEG(특허정보원) 등 특허평가시스템을 통해 부여된 점수 또는 등급 평가 결과

□ (국가관리기술 관련법 검토) 국가핵심기술, 국가전략기술, 국가필수전략기술, 국가핵심전략기술 등의 선정기준을 분석

▮ 표 ▮ 산업기술 관련 법률 및 제도에서 정하는 각 기술 선정 고려요소 요약

기술명	설명	고려요소	근거법
국가핵심기술	국내외 시장에서 차지하는 기술적 경제적 사치가 높거나, 관련 산업의 성장잠재력이 높아 해외로 기술이 유출된 경우 국가의 안전보장 및 국민경제의 발전에 중대한 악영향	해당 기술의 국방상 중요성 등 국방 치안에 대한 영향	「산업기술보호법」
		해당기술의 확보난이도, 해당산업이 성장에 미치는 영향, 산업의 대외 경쟁력 등 해당기술분야에 대한 영향	

기술명	설명	고려요소	근거법
	을 줄 우려가 있는 기술	연관산업의 파급효과 등 전체산업에 대한 영향 수출, 고용, 지역경제 등 국민경제 기반 및 경제적 후생에 대한 영향 기타 산업기술보호위원회 및 산업기술보호 전문 위원회에서 중요하다고 인정한 사항	
핵심뿌리기술	국내외 시장에서 차지하는 기술적·경제적 가치가 높거나 국내 주력산업 및 신성장동력 산업에 미치는 파급효과가 높아 국가 산업의 유지·발전을 위해 정부의 지원이 필요한 뿌리기술	주력산업 및 신성장동력산업의 성장에 미치는 파급효과 수출, 고용 등 국민경제 기반에 미치는 영향 관련 제품의 국내외 시장점유율 해당 기술의 확보 난이도 등 해당 분야의 연구동향 해당 뿌리산업 및 연관 산업으로의 기술 확산효과 평가위원회에서 중요하다고 인정한 사항	「뿌리산업 진흥과 첨단화에 관한 법률」
10대 국가필수전략기술	공급망·통상, 국가안보, 신산업 관점에서 '국가흥망'에 영향을 줄 만큼 중요하면서 10년내 선도국을 능가할 기술주도권 확보가 가능한 기술을 우선선별	전략적 중요성 공급망·통상: 공급망 차단시 대체 불가능하고 대외협상가치가 높은기술 국가안보 국방활용도가 높으면서 국가간 통제로 도입이 어려운 기술 신산업육성 신산업 창출 잠재력이 높고 기존산업을 혁신할 가능성이 높은 기술 가능성과 시급성 기술주도권 확보가능성: 국가 역량 집중시 기술 주도권을 확보할 수 있고 민간투자 등 민간 시너지를 창출할 수 있는 기술 지원의 시급성:국가간 기술유출 및 분쟁 발생 가능성이 높아 신속하게 육성이 필요한 기술	'국가 필수전략기술 선정 및 육성보호전략'을 관계부처 합동 발표
핵심전략기술	소재·부품·장비 중 산업 가치 사슬에서 원활한 생산과 투자 활동을 위하여 핵심적 기능을 하는 기술	국가 및 산업활동과 관련한 전략적·안보적 중요성 특히 보유 여부 등 국내 기술수준과 산업화 단계 교역규모 및 국제 분업구조 산업별 생산과 투자에 미치는 영향 시장성장 전망 등 미래 유망성 그 밖에 소재·부품·장비산업의 경쟁력 강화를 위하여 필요하다고 인정하는 사항	「소재부품장비산업법」
국가첨단전략기술	공급망 안전화 등 국가경제안보에 미치는 영향 및 수출 고용 등 국민경제적 효과가 크고 연관산업에 미치는 파급효과가 현저한 기술	해당기술이 산업공급망 및 국가·경제안보에 미치는 영향 해당기술의 성장잠재력과 기술난이도 해당기술이 다른 산업에 미치는 파급효과 해당기술이 가지는 산업적 중요성 해당기술이 수출·고용 등 국민경제에 미치는 영향	「국가첨단전략산업법」

□ (글로벌 국가안보위기 사례연구) 중국의 희토류, 요소수 수출제한 사례, 일본의 반도체 핵심소재에 대한 수출금지사례 등을 분석

사례	현황	정부대응	기술관점의 이슈
중국의 희토류수출제한	<ul style="list-style-type: none"> - 중국의 희토류 수출 제한조치 - 국제 희토류 가격급등 - 전략광물 수급 취약성과 해외의존의 위험성이 노출 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내생산, 대체제 기술 개발 측면에서 대응 - 중국의 대한의존도 축소 - 공급망점검, 역내 공급망 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - 희토류 같은 범용재의 경우 중국 등 특정 국가에 대한 수입 의존 편중 현상을 극복하기 위해 인도를 희토류 대체 수입지로 삼는 등 수입 다변화
일본의 반도체 사례	<ul style="list-style-type: none"> - 반도체 핵심소재 플루오린 폴리이미드(FPI), 포토레지스트(감광액), 에칭가스(고순도 불화가스) 세가지 품목에 대해 포괄적 수출 허가대상에서 제외 - 한국은 수출 규제 품목들에 대해 거의 전적으로 일본 제품에 의존 - 반도체 산업, 디스플레이 산업에 직격타 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 생산 확대(국산화) - 국내 R&D 지원 - 공급망 다변화 (대만, 중국, 미국 등을 통해 불화수소 등 공급선 추가 확보) 	<ul style="list-style-type: none"> - 첨단기술분야에 대해 자국지립력을 키우기 보다는 해당기술을 일본에 의존하면서 발생 - 반도체 기술의 경우 최첨단 기술로 공급망을 다변화하는데 어려움
중국의 요소수 수출규제	<ul style="list-style-type: none"> - 요소를 비롯해 화학 비료 관련 29개 품목에 대해 수출 전 검사 절차를 추가하는 규제 - 우리나라는 요소 수입량의 97%를 중국에 의존 - 산업(특히 물류)에 직격타 	<ul style="list-style-type: none"> - 중국 이외에 공급망을 다변화하여 요소를 확보 - 국내에서 요소를 직접 제조하여 요소수를 생산할 수 있는 설비를 마련 	<ul style="list-style-type: none"> - 비환경적, 기술적 난이도가 낮음 - 요소 생산 자체가 기술 수준이 높지 않은 대신 저렴한 인건비로 경쟁력을 확보하는 중진국-개도국들에게 알맞은 산업 - 공급망 다변화 - 요소 생산은 국내 기업들도 기술은 충분한데 중국산 요소와의 가격 경쟁력에서 밀려서 생산을 중단 - 중장기적으로 요소 대체물질을 개발하여 상용화

IV. 핵심기술도출방법론 개발

□ 문헌연구, 법제도분석, 사례연구를 통해 핵심기술도출 분석을 위한 상위지표로서 **기술우수성, 기술경제성, 기술안보성**의 3가지 지표를 제시함

- 기술우수성은 기술적 난이도, 보유한 기술의 수준과 관련된 속성으로 국내 보유 기술 난이도 수준을 파악하기 위함
 - 특허평가지표인 피인용지수, 영향력지수, 기술력지수, 기술범용성지수로 분석
- 기술경제성은 해당 기술을 개발함에 있어서 해당 기술이 다른 사업에 미치는 파급효과로, 타 산업 파급효과의 정도와 그 중요도를 파악하기 위함
 - 주요국과 우리나라의 국가핵심기술, 핵심전략기술 등에서 공통적으로 다루고 있는 ‘국민경제 파급효과’, ‘다른 산업에 미치는 파급효과’, ‘시장성장 전망’과 관련된 속성에서 도출
 - 시장확보지수, 기술범용성 특허출원비율과 출원증가율 비교 분석, 산업연관분석을 통해 생산유발효과, 부가가치유발효과, 고용유발효과를 분석
- 기술안보성은 해당 기술로 인한 국가 위기 상황과 관련된 속성으로, 해당 기술의 공급에 문제가 발생하였을 때 기업운영 및 국가안보에 치명적인 정도를 의미
 - 주요국의 핵심전략기술, 국가핵심기술, 국가신흥기술, 초크 기술 등의 선정 기준에서 다루고 있는 ‘해당 기술의 확보 난이도’, ‘국가간 통제로 도입이 어려운 기술’, ‘높은 대외의존도’ 등으로부터 도출
 - 특허정보인 발명자수와 해당 기술보유기업수를 통해 잠재적 국내개발가능성을 파악하고 무역수지기여율과 기술핵심성, 대외의존도, 국제협력지를 통해 글로벌 공급망의 대체 가능성을 파악함

정보연계 분석지표	특허정보	특허정보-산업정보	특허정보-산업정보-통상정보
기술우수성	특허건수 피인용지수 영향력지수		
기술경제성	시장확보지수	생산유발효과 부가가치유발효과	
기술안보성	기술력지수 발명자수 및 비율	기술협력도, 기술보안성 기술의존도	

V. 시사점

- 본 연구는 기존의 기술우수성 측면에서 이루어졌던 핵심기술도출 방법을 산업 간의 파급효과 측면과 기술안보 관점을 반영하여 기술경제성과 기술안보성의 개념을 제안하고 이를 위한 하위 지표를 선정한 최초의 연구라는 점에서 그 의미가 큼
- 연구의 결과를 바탕으로 각 지표에 대한 가중치 값을 설정하고 시범적용을 수행하여 핵심기술도출방법을 견고히 할 필요가 있음
- 본 연구의 결과물인 핵심기술도출방법론을 통해 국가주요산업에 대해 핵심기술을 도출함으로써 국가안보차원에서 관리해당기술에 대해 공격전략, 대응전략, 확보전략 등 세밀하고 다각화된 전략을 수립하는 데 기여할 것임

키워드 핵심기술도출방법론, 기술우수성, 기술경제성, 기술안보성, 이중정보연계

요약문	i
제1장 서론	1
제1절 연구의 배경 및 필요성	3
제2절 연구의 목적	5
제2장 기술안보와 핵심기술	7
제1절 기술안보와 핵심기술의 중요성	9
제2절 주요국의 핵심기술 보호 및 육성정책	13
가. 미국	13
나. 중국	17
제3장 핵심기술도출을 위한 지표의 선정	23
제1절 국내·외 기술경쟁력 관련 평가항목	25
가. 특허정보를 활용한 기술경쟁력 분석지표	25
1) OECD의 Patent Quality Index (PQI)	25
2) 한국발명진흥회의 특허자동평가시스템 (System to Measure, Analyze and Rate patent Technology, SMART)	26
3) 한국특허정보원의 K-PEG	27
4) 한국전략개발원의 특허성과지표	29

나. 국가 과학기술경쟁력 분석을 위한 다양한 지표	30
1) 국제협력개발기구의 과학·기술·산업 스코어보드 (Science, Technology, and Industry Scoreboard)	30
2) 한국과학기술기획평가원 연구개발활동조사	33
3) 과학기술정책연구원의 글로벌 혁신스코어보드 (Global Innovation Scoreboard, GIS)	34
4) 한국과학기술기획평가원의 국가과학기술혁신역량지수	35
제2절 국가 주요 핵심기술 선정 평가항목	37
제3절 사례조사를 통한 기술안보관점의 평가항목	44
가. 일본의 對한국 수출규제로 반도체 및 디스플레이 산업 충격	44
1) 문제 상황 개요	44
2) 정부의 대응	45
3) 기술안보 관점에서 이슈	45
나. 중국의 요소수 수출 제한으로 인한 요소수 품귀 사태	46
1) 문제 상황 개요	46
2) 정부의 대응	48
3) 기술안보 관점에서 이슈	49
다. 희토류	50
1) 문제 상황 개요	50
2) 정부의 대응	51
3) 기술안보 관점에서 이슈	52
라. 소결	52
1) 첨단기술의 수준	53
2) 기술의 경제성	53
3) 공급망 탄력성	54
4) 기술자립화	54

제4장	핵심기술도출 방법론 개발	57
	제1절 핵심기술도출 모델 수립	59
	제2절 핵심기술도출 위한 하부지표 개념 및 산출식	62
	가. 기술우수성	62
	나. 기술경제성	64
	다. 기술안보성	67
	제3절 분석 적용의 고려사항	70
제5장	결론 및 시사점	73
	참고문헌	77

표목차

표 1	연차별 연구의 목적	5
표 2	산업경제안보 관련 용어의 개념정리	11
표 3	반도체 및 과학법의 10대 핵심기술 선정 고려사항	14
표 4	미국의 20대 핵심·신흥 기술(critical and emerging technologies)	15
표 5	ECRA에 의한 신흥기술 지정 고려사항	16
표 6	ECRA에 의한 신흥기술 목록(14개 범주)	16
표 7	CFIUS의 대미투자 고려사항(Exon-Florio법)	17
표 8	중국의 차보즈 기술 고려사항	18
표 9	중국의 35대 차보즈기술	18
표 10	중국의 7개 과학기술분야 및 세부내용	19
표 11	중국의 8대 첨단산업분야 세부내용	20
표 12	OECD의 평가지표 및 평가항목	26
표 13	SMART의 지표	27
표 14	SMART의 평가요소	27
표 15	K-PEG의 평가지표 및 평가항목	28
표 16	K-PEG의 평가지표 및 평가항목	29
표 17	OECD Main Science and Technology Indicators	30
표 18	연구개발 활동조사의 지표구성	33
표 19	생태계모델 과학기술혁신 지표체계	34
표 20	과학기술혁신역량지수 지표체계	36
표 21	산업기술관련 법령상의 산업기술 개념	37
표 22	국가핵심기술 선정 기준(산업기술보호법)	38
표 23	산업기술 선정기준	39
표 24	100대 핵심전략품목 주요 분석기준	40
표 25	핵심전략기술 선정기준(소재부품장비산업법)	40
표 26	국가전략기술 선정기준(소재부품장비산업법)	41
표 27	산업기술 관련 법률 및 제도에서 정하는 각 기술 선정 고려요소 요약	42
표 28	일본의 수출규제에 대한 우리 기업과 정부의 대응 정책	45
표 29	핵심기술도출을 위한 분석항목의 구조	60
표 30	핵심기술도출을 위한 분석항목의 하부지표	61
표 31	기술우수성 분석 하위지표	64
표 32	기술경제성 분석 하위지표	67
표 33	기술안보성 분석 하위지표	69
표 34	핵심기술도출을 위한 지표 분석의 순서	86

미래전략 연구
산업경제안보와 지식재산
- 기술안보관점을 반영한 핵심기술도출방법론개발 시범적용 -

제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 필요성

제2절 연구의 목적

제1절

연구의 배경 및 필요성

글로벌 기술패권 경쟁 심화와 첨단산업 분야 기술 경쟁력 확보를 위한 자국 중심주의, 생명안보 위협 등 국가 안보상황에 대응하기 위한 국가 전략적 산업기술의 중요성이 부각되면서 과학기술이 패권을 좌우하는 신안보시대가 본격화되었다. 이러한 글로벌 환경의 변화에 따라 각 국가가 취하는 경제안보정책의 기본 방향성은 국가의 경제적 역량이 해당 국가가 군사적 역량을 확보하기 위한 필수적 전제조건이 되었다. 국가 간의 관계가 경제적 이해관계에 따라서 위협적인 상대국 또는 적국이 될 수도 있는 것이다. 즉 국제관계에서의 전쟁과 갈등은 경제발전 및 경제통합에 의해 위험이 감소될 수 있다는 것으로 ‘안보’보다는 ‘경제’에 더 방점을 두고 있다.

특히 미·중 무역 분쟁으로 산업패권경쟁이 심화되는 과정에서 보호무역주의가 대두되고 이에 주요국들은 기술적·경제적 가치가 높거나 관련 산업의 성장잠재력이 높은 기술들에 대한 보호 전략이 강화되고 있다. 실질적으로 미·중 무역 분쟁은 공정무역을 빙자한 기술패권다툼으로, 이를 계기로 미국 행정부는 전략 기술을 선정하여 무역과 투자를 제한하는 한편, 자국 산업을 육성하기 위해 생산구조와 공급망을 재편성하고 있다. 또한 한·일 무역분쟁의 경우도, 일본은 화이트리스트에서 우리나라를 배제시킴으로써 소재, 부품, 장비의 공급체인에 영향을 주고 자국의 외교 안보는 물론 산업기술 영향력 확대를 시도한 것이다.

미국, 중국, 유럽 등 주요국은 국가안보에 있어 기술의 중요성을 오래전부터 강조하였다. 자국의 과학기술혁신 선도국으로 도약을 기술자립 역량이 핵심적 요소임을 인지하고 이를 계속 강조하였다. 국가 안보와 군·민 수요 충족의 관점에서 지정·관리되어 왔으며, 최근 산업 경쟁력 확보 차원에서 핵심전략기술(critical technology)을 지정하여 관리하고 있다. 이러한 주요국의 자국기술보호주의 환경하에서는 기술로부터 국가경제안보를 보호하기 위해서는 핵심전략기술을 파악하는 것이 가장 중요하다.

기존의 많은 연구들은 핵심기술을 도출함에 있어서 기술의 우수성과 경제성만을 고려하여 도출하였다. 기술의 난이도가 낮거나 경제성이 떨어지면 국내 개발이나 국내 생산보다는 해외에 의존하는 경향이 강하였다. 중국의 요소수나 희토류와 같은 소재에 대한 것이 대표적이라고 할 수 있을 것이다. 즉, 요소 생산 자체가 기술 수준이 높지 않고 경제성이 떨어져서 국내 생산을 하지 않았던 것이다. 그러나 요소수입의 대부분을 중국에 의존하게 되면서, 중국이 요소수 수출 제재를 가하였을 때 바로 국내 산업이 타격을 입게 된 것이다. 또한 일본의 반도체 핵심 소재에 대한 수출 제지의 경우에는 일본의 기술우수성에 기대서 국산화율이 낮고 수입에 전적으로 의존하여

수출 제재가 들어왔을 때 국내 산업이 타격을 입게 된 경우라고 할 수 있다. 이처럼, 이제는 기술에 대해 안보의 개념을 적용할 필요가 있다. 기술로 인한 국가 위기 상황과 관련하여, 해당 기술의 공급에 문제가 발생하였을 때 기업운영 및 국가안보에 치명적인 정도를 파악하여 공급망을 다변화하거나 자국개발이나 국내생산도 고려할 필요가 있는 것이다.

마찬가지로 다수의 연구에서 핵심기술을 도출하는 방법론으로 특허분석방법을 사용하였다. 특허분석방법은 객관적이고 표준적인 기술정보로서, 기술수준과 기술혁신 흐름뿐만 아니라 기술혁신 동향 등을 조망하는 데 유용하다는 장점이 있다. 그러나 특허지표만을 이용한 기술수준 또는 기술경쟁력 분석은 국가, 산업을 대상으로 하는 거시적인 수준의 핵심기술을 도출한다는 점에서 한계가 존재한다. 따라서 특허정보와 다양한 이종정보와의 연계를 통해 좀더 거시적인 관점에서 핵심기술을 도출할 필요가 있다.

제2절

연구의 목적

본 연구의 목적은 기존의 핵심기술도출을 위한 기술경쟁력 분석에 기술안보관점을 반영하여 핵심기술 도출을 위한 방법론을 개발하는 것이다. 이를 위해 문헌연구와 사례연구, 국내외 관련 법제도 분석을 통해 핵심기술도출을 위한 지표를 도출하고 지표의 산출식을 제시하고자 한다. 이와 더불어 핵심기술을 도출함에 있어 특허정보와 산업정보, 통상정보의 연계방안과 연계된 각 지표에 대해 하부지표는 어떻게 구성해야 되는지 제시하였다.

본 연구는 다년차 연구로 올해는 1년차로 핵심기술도출을 위한 개념모델인 방법론을 개발하는 것이고, 순차적으로 시범적용을 통한 방법론 수정보완을 통해 국가핵심전략 10대산업에 대한 하위단위에서의 핵심기술을 도출하는 것이 목표이다.

표 1 | 연차별 연구의 목적

1년차	2년차	3년차
<p>핵심기술도출방법론의 개념적 설계 및 지표개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 안보관점을 반영한 기술지표 개발 • 기술우수성, 기술경제성, 기술안보성의 하위 지표 개발 • 특허와 이중정보연계를 통한 기술 지표 산출식 제시 	<p>핵심기술도출 방법론 보완 및 시범적용</p> <ul style="list-style-type: none"> • 각 지표 값에 대한 가중치 적용방안 마련 • 정성적 분석이 필요한 항목에 대한 추가항목 개발 • 국가안보이슈가 가장 많은 반도체 산업에 대해 핵심기술도출방법론 시범 적용 	<p>10대 국가핵심전략 산업에 대해 핵심기술도출</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10대 국가핵심전략 산업에 대한 핵심기술을 도출 • 각 핵심기술에 대해 공격전략, 대응전략, 확보전략 등 해당 기술에 대한 전략을 제시

미래전략 연구
산업경제안보와 지식재산
- 기술안보관점을 반영한 핵심기술도출방법론개발 시범적용 -

제2장

기술안보와 핵심기술

제1절 기술안보와 핵심기술의 중요성
제2절 주요국의 핵심기술 보호 및 육성정책

제1절

기술안보와 핵심기술의 중요성

일반적으로 안보(安保, security)의 개념은 크게 전통적인 안보와 비전통적인 안보로 구분되었다. 전통적 안보 개념은 외부의 군사적 위협으로부터 국가의 생존을 보전하는 군사력 중심의 국방안보를 의미하는 것으로 그 대응책도 군사적인 방법으로 강구하였다. 비전통적 안보는 군사적 위협을 넘어서 테러, 감염병 유행, 대규모 재난, 사이버 공격 등 새로운 유형과 차원에서 국가와 국민안전을 위협하는 요인들로부터 국가와 국민 안전을 지키는 전통적인 개념보다 더 포괄적 개념이다. 그러나 전통적, 비전통적 안보의 경계는 안보 패러다임의 변화에 따라 구분이 없어졌을 뿐만 아니라 안보와 독립적인 영역으로 머물렀던 경제가 안보 관점에서 다루어지고 안보의 관점에서 경제정책을 결정하는 경제안보의 개념이 대두되었다.

국가안보에 있어 경제적 측면은 상대국의 권력을 약화 또는 강화시킬 수 있는 효과적인 수단으로써 국가의 경제적 자원 확보 역량에 따라 국가의 권력 수준이 평가되기도 하였다.¹⁾ 기존의 군사적 안보에 주로 집중되었던 국가안보의 영역은 점차 경제 영역을 비롯하여 식량, 환경, 사회적 요인 등 새로운 영역으로 확대된 것이다. 이는 마찬가지로 전통적으로 경제학에서 말하는 개인의 소득, 고용, 의료, 사회보장 등에 초점을 맞춘 인간다운 생활을 위한 경제기반을 보장하는 것을 의미하는 경제안보의 의미를 넘어 국가 차원의 경제안보, 즉 외부의 경제적 공세(economic aggression)로부터 자국의 경제를 보호하는 것으로 진화하였다.²⁾

특히 미·중 패권경쟁의 악화, 코로나 19 팬데믹 상황, 러시아의 우크라이나 침범 등 글로벌 리스트의 증대는 경제 안보에 대한 각국의 관심을 더욱 높였다. 각 국가가 취하는 경제안보정책의 기본 방향성은 국가의 경제적 역량이 해당 국가가 군사적 역량을 확보하기 위한 필수적 전제 조건으로 경제적 이해관계에 따라서 위협적인 상대국 또는 적국이 될 수도 있고, 국제관계에서의 전쟁과 갈등은 경제발전 및 경제통합에 의해 위협이 감소될 수 있다는 것으로 ‘안보’보다는 ‘경제’에 더 방점을 두고 있다.

경제안보의 개념에서 살펴본 바와 같이 경제안보는 공급망, 기술, 통상, 투자, 사이버, 국방, 외교 전 분야에 걸쳐 국가안보적 관점에서 상호 긴밀하게 연결되는 지점에서 형성되어 있다. 가

1) 이효영(2022), 경제안보의 개념과 최근 동향 평가, 국립외교원 외교안보연구소.

2) [연원호의 세계경제] 경제안보가 국가안보인 시대, 이투데이, 2021.08.20.).

장 일반적으로 정의되는 것이 경제안보의 개념을 국가와 국민의 생존을 위협하는 (외부의) 경제적 공세로부터 국가 이익을 보호하는 것으로 첨단기술과 공급망, 디지털을 가장 중요한 영역으로 보고 국가와 국민의 생존을 위태롭게 하는 외부의 유무형 경제적 충격에 대한 방어로 정의되고 있다.

산업안보는 경제안보의 한 축으로써 안보의 개념을 산업적 측면에서 들여다 본 것이라고 할 수 있다. 산업안보는 지금까지의 산업보안 활동보다 확장된 국가안보 관점에서의 첨단기술 선점과 산업기술 보호 활동에 대한 포괄적인 접근방법이다. 여러 학자들은 산업보안의 개념을 국가안보 관점에서 접근하고 있다. 그 새로운 접근에는 기존의 산업보안보다 상위의 개념으로서 적극적이고 공격적인 전략을 포함하는 것, 경쟁국이나 외부의 공격으로부터 국가의 산업적 위협을 사전에 탐지하여 방지하고, 향후 발생할 위협으로부터 해방하는 것, 기본적인 경제자산과 산업기술 보호에 있어서 국가 난제 해결을 포함하여 대응하는 것,³⁾ 기존 산업보안의 약점을 보완하여 통합적, 포괄적인 새로운 접근방법으로 활동을 전개하는 것, 마지막으로 첨단·산업기술에서 소재·부품·장비 기술까지 이러한 가치 보호에 두려움이 없는 상태 등에 대한 의미를 포괄하고 있다. 즉, 산업안보는 ‘인간의 모든 경제활동에 있어서 외부의 위협이나 침략으로부터 안전을 지키는 일’로, 넓은 의미에서 ‘인간의 모든 삶에 있어서 제반의 경제활동을 안전하게 지키는 것’으로 경제 전반에 있어서 안보개념을 포함한다고 볼 수 있다. 이러한 맥락으로 이준호, 신승수(2021)는 ‘산업안보’란 객관적 관점에서는 ‘앞으로 획득하거나 기존 경제자산에 대한 외부의 위협으로부터 해방된 상태’를 말하며, 주관적 관점에서는 “모든 경제활동에서 내외부로부터의 산업적 위협과 공격을 방지하고, 자산 가치 보호에 두려움이 없는 상태를 말한다”라고 정의하고 있다.⁴⁾

한 단계 더 들어가 산업기술안보는 과학기술관점에서 산업안보를 어떻게 달성해야 할 것인지에 초점을 맞추어 국가 산업기술 전략의 구사를 위한 법제 및 정보분석 수단 체계를 제반을 의미한다고 할 수 있다.⁵⁾

3) 손승우(2019), 국가 난제 대응을 위한 산업안보 개념의 정립, 한국산업보안연구학회 추계학술대회.

4) 이준호, & 신승수(2021), 산업안보 개념 정립에 따른 국가 핵심기술 확대 필요성 연구, 한국산업보안연구, 11(1), 327-349.

5) STEPI Insight(2020.6., 제 256호), 산업기술안보관점의 국가 전략목적기술(CPT)도입과 정책방향.

표 2 | 산업경제안보 관련 용어의 개념정리

용어	정의 및 개념	출처
경제안보	국가와 국민의 생존을 위태롭게 하는 외부의 유무형 경제적 충격에 대한 방어(김흥중, 대외경제정책연구원) 국가와 국민의 생존을 위협하는 (외부의) 경제적 공세로부터 국가 이익을 보호하는 것으로 첨단기술과 공급망, 디지털이 가장 중요한 영역이다(연원호, 대외경제정책연구원 경제안보TF 위원장).	글로벌 대전환과 경제안보 세미나(2022.1.21) ⁶⁾
	경제안보란 국가의 권력(power)과 부(wealth)를 일정 수준 이상으로 유지하기 위하여 국가적 자원, 재원 및 시장에 충분히 접근하고 활용할 수 있는 것	이효영(2022) ⁷⁾
	경제안보는 미국의 경제적 이익을 보호하거나 발전시키고, 미국이 지향하는 방향으로 국제적 이익을 형성하고, 비경제적 도전을 물리칠 수 있는 물질적 자원을 소유하는 능력	미국 국방부
산업안보	'산업안보'란 객관적 관점에서는 '앞으로 획득하거나 기존 경제자산에 대한 외부의 위협으로부터 해방된 상태'를 말하며, 주관적 관점에서는 "모든 경제활동에서 내외부로부터의 산업적 위협과 공격을 방지하고, 자산 가치 보호에 두려움이 없는 상태"를 말한다.	이준호, 신승수(2021) ⁸⁾
	R&D, M&A, 외교통상, 수출통제, 국제 공조 등 다양한 수단을 종합적으로 운용하여 산업적 위협을 배제하고 산업적 약점을 보완함으로써 경쟁국의 산업 현황을 파악하는 사전 및 사후적 조치	최종화 외(2019) ⁹⁾
	핵심 산업자산의 보호뿐만 아니라 육성 및 개발, 글로벌 경쟁력 확보 등 포괄적·적극적 개념으로 사전 및 사후 국가전략성격을 지닌다.	STEPI
기술안보	과학기술관점에서 산업안보를 어떻게 달성해야 할 것인지에 초점을 맞추어 국가 산업기술 전략의 구사를 위한 법제 및 정보분석 수단 체계 제반을 의미	Insight(2020.6) ¹⁰⁾

* 출처: 보고서, 관련 기사 재정리

기술안보에서 가장 중요한 것은 경제안보에 영향을 미칠 수 있는 핵심전략기술을 파악하는 것에서부터 시작된다. 미·중 패권경쟁이 글로벌 산업지형과 공급망을 흔들고, 그 여파가 국가 간 안보와 동맹 등 국제질서 재편으로 번짐에 따라 선도국들은 기술패권 경쟁에서 우위를 확보하기 위해 총력을 기울이고 있다. 특히 선도국끼리 기술을 공유하고 외부에 통제하는 기술블록화 움직임이 본격화되면서 공유할 첨단기술을 갖지 못한 국가는 기술결속 구도에서 철저히 소외되는 상황에 처해질 수도 있는 상황이 직면했다.

정책적으로 봤을 때 국가안보·핵심산업과 직접적 관련이 없는 제품이나 서비스까지 수입을 대체하려는 방법은 시간과 비용의 낭비로 귀결되므로 전략적인 경제안보는 모든 제품이 아니라 전략적으로 중요한 첨단 사업과 공급망에 필수적인 사업에 한정하는 것이 바람직하다. 이에 주요

6) '발등의 불' 된 경제안보...갈 길 먼데 어디서부터?, KBS NEWS, 2022.1.22.
 7) 이효영(2022), 경제안보의 개념과 최근 동향 평가, 국립외교원 외교안보연구소.
 8) 이준호, & 신승수(2021), 산업안보 개념 정립에 따른 국가 핵심기술 확대 필요성 연구, 한국산업보안연구, 11(1), 327-349.
 9) 최종화 외 13인(2019), 국가 난제 해결을 위한 과학 기술 관점의 경제·사회 시스템 혁신전략 연구, 과학기술정책연구원.
 10) STEPI Insight(2020.6., 제 256호), 산업기술안보관점의 국가 전략목적기술(CPT)도입과 정책방향.

국은 국가 안보와 군·민 수요 충족의 관점에서 지정·관리되어 왔으며, 최근 산업 경쟁력 확보 차원에서 핵심전략기술(critical technology)을 지정하여 관리하고 있다. 특히 G2국가로 부상한 중국의 약진과 미·중 간에 일어나고 있는 기술패권 경쟁 및 보호무역주의의 심화는 미국과 중국에 대한 무역의존도가 높은 우리나라의 경우 핵심전략기술을 선정 관리하지 않으면 추후 중국의 수출 제재와 같은 상황이 또 발생하였을 때 이전과 마찬가지로 우리산업에의 직격타는 피할수 없을 것이다. 따라서 기술패권 경쟁에 연류될 가능성이 높은 산업에 대해 세부 기술 단위에서 핵심 기술을 도출하고 이를 지정 관리할 필요성이 있다.

제2절

주요국의 핵심기술 보호 및 육성정책

가. 미국

미국의 경제안보정책은 백악관 국가안전보장회의(NSC), 국가경제위원회(NEC), 과학기술정책국(OSTP) 등이 중심이 되어 국가·경제·과학기술의 안보종합 컨트롤 타워기능을 수행하고 있다. 여기에 상무부, 무역대표부, 재무부, 국방부 등이 경제안보에 필요한 조치들을 내놓고 집행하는 방식으로 운영되고 있다. 국가안전보장회의는 국가 최상위 안보조직으로 전통 및 신흥안보 관련 의사결정을 진행한다. 클린턴 정부 시절에 설립된 국가경제위원회는 미국의 경제성장에 영향을 주는 국내외 모든 관련 정책에 대해 조정 및 자문 역할을 수행한다. 과학기술정책국은 기후·환경 기술, 에너지 기술, 건강 및 생활과학, 국가안보(양자, NQCO), 과학과 사회, US CTO(인공지능, NAIIO) 6개의 정책팀을 구성하여 과학기술안보와 관련된 정책조정과 자문을 제공한다.

미국은 국가안보에 있어 기술의 중요성을 오래전부터 강조하였다. 레이건 행정부 때부터 미국은 첨단과학 기술을 전략자산으로 인식하고 기술우위를 통해 국방력을 강화할 수 있음을 강조하며 기술이전통제, 군사기술 보호 등의 정책을 강조하였다. 이후 본격화된 미·중 과학기술경쟁에 대응하기 위해 바이든 정부에서는 미국 기술경쟁력 강화와 대중국 견제를 위한 두 개의 법안, 「미국 혁신경쟁법(US Innovation and Competition Act of 2021, USICA)」과 「미국경쟁법(The America COMPETES Act of 2022, ACA)」을 각기 발의했다.

「미국 혁신경쟁법」에서 미국은 경쟁국 중국의 경제적 부상에 따른 패권적 지위의 위협에 대응하기 위한 경제적 통치술(economic statecraft)으로써 기존의 수입규제 및 수출통제 등의 통상 정책수단뿐 아니라 투자규제조치를 비롯하여 공급망 재편과 산업육성정책과 같은 새로운 형태의 경제안보(economic security) 정책을 추진하고 있다.¹¹⁾ 이 법에서는 자국 산업의 글로벌 리더십 재건을 위한 국가 전략으로 인공지능(AI), 양자컴퓨팅, 첨단제조 등 10개 분야에 향후 5년간 총 1,500억 달러 이상의 연방 R&D 투자를 한다는 방침과 함께 반도체, 대용량 배터리, 의약품, 희토류 등 4대 품목의 공급망 전략 등을 제시하고 있다.

이어 발의한 미국경쟁법(America Competes Act, COMPETES Act) 역시 미국의 국제경쟁력 강화 및 중국 견제를 골자로 하고 있으며, 특히 반도체 산업 육성, 미국 제조업 및 공급망 강화, 과학연구·기술발전·혁신 촉진 및 미국의 국제경쟁력 강화 등을 중점으로 다루고 있다.

11) 미국 경쟁법(The America COMPETES Act) 발의와 시사점, 현대경제연구원.

미국혁신경쟁법과 미국법안 간 통합본 도출을 위한 상하원 간 조정·협상이 올해 마무리 예정이었으나, 7 월 말 「반도체 및 과학법(CHIPS and Science Act)」으로 두 법안의 일부조항인 A 조항 반도체법(CHIPS Act)과 B조항 끊임없는 프론티어 법(Endless Frontier Act)을 병합한 버전으로 최종 통과되었다. 이 법은 핵심기술분야 R&D에 대해 대규모 자금 투입을 통해 미국의 기술리더십을 확보·유지하고 국가주도의 과학기술 혁신을 달성하는 것을 목표로 하고 있으며, 국립과학재단(NSF), 상무부(DOC), 국가기술표준원(NIST), 에너지부(DOE) 총 4개 기관이 주도하게 된다. 미국은 「반도체 및 과학법」을 근거로 국가난제 해결을 위한 10대 핵심 기술을 선정하고 국가과학재단에 5년간('23년~'27년) 약 810억 달러를 투입하여 기초과학 및 첨단 기술 연구 개발에 주력하게 된다.

이와 관련된 핵심기술의 영역 선정 및 연구개발은 국가과학재단(NSF) 내 기술혁신협력국(Directorarate for Technology, Innovation, and partnerships, TIP)을 신설하여 담당하게 되었다. 기술혁신협력국은 매년 핵심기술 중점분야를 검토하고 필요시 기술목록을 조정하게 된다. 기술목록을 검토하는 데 있어서는 기술의 영향력과 국가안보 등을 고려하게 된다.

표 3 | 반도체 및 과학법의 10대 핵심기술 선정 고려사항

고려사항
① 국가적 난제해결을 위한 핵심기술의 영향력
② 변화하는 국가의 니즈 및 미국에 대한 위협 등

미국은 내년부터 반도체과학법에 의해 과학기술로 해결해야 하는 미국의 사회적·국가적·지정학적 도전과제를 5가지 이내로 설정하고 집중 투자가 필요한 10대 핵심기술분(key technology focus area)을 설정하여 집중 투자 지원하게 된다. 현재 기술협력국에서 도출한 5가지 도전과제는 ① 국가안보, ② 제조 산업 생산성, ③ 일자리 및 역량격차, ④ 기후변화 및 환경적 지속가능, ⑤ 교육, 기회, 서비스에 대한 접근격차이다. 이러한 도전과제를 해결하기 위한 10대 핵심 기술로 ① 인공지능·머신러닝, ② 고성능 컴퓨터·반도체, ③ 양자정보과학, ④ 로봇·자동화·첨단제조, ⑤ 자연재해 예방, ⑥ 첨단 통신·실감 기술, ⑦ 바이오·의료 기술·유전체학·합성생물학, ⑧ 데이터 저장 및 관리, 분산 원장, 사이버 보안, ⑨ 첨단 에너지(배터리, 원자력 발전), ⑩ 첨단 소재를 선정하였다.

또한 미국 국가안보위원회(National Security Council, NSC)는 경제안보를 위한 공격적 정책으로 ‘핵심·신흥기술개발 국가전략[National Strategy for Critical and Emerging Technologies('20.10)]’을 추진하였다. 정부 부처나 기관에 미국의 안보 우위를 위해 중요한 기술을 제시하도록 핵심·신흥기술(critical and emerging technologies)을 선정¹²⁾하고 세계 시

12) 수출관리개혁법의 기반기술 및 신흥기술과 별도로 기술을 선정한다.

장에서 미국의 우위성을 유지하기 위한 전략을 제시하였다.

표 4 미국의 20대 핵심·신흥 기술(critical and emerging technologies)

구분	내용
(PILLAR 1) 국가안보 기반 강화	<ul style="list-style-type: none"> 미국 경제 번영과 안보에 필수적인 연구 기술, 발명, 혁신의 중요성을 강조하고, 과학·산업·기술을 지원할 국가안보혁신기반(National Security Innovation Base, NSIB) 지원 강조 <ul style="list-style-type: none"> * 국가안보혁신기반(NSIB)은 산학연 협력을 통해 지식을 제품과 서비스로 만드는 지식·인재의 네트워크로, 시장 지향적 접근법을 통한 활동을 촉진 불필요한 규제 완화, 글로벌 기술표준 주도, 적극적인 R&D 예산 투입, 민관협력, 동맹국 우호국 협력, 세계에서의 민주주의적 가치관의 확산 등을 촉진
(PILLAR 2) 기술 우위 확보	<ul style="list-style-type: none"> 20개 '핵심·신흥 기술'을 지정하고 경쟁국에 부당하게 이용되지 않도록 수출규제를 비롯한 글로벌 기술 정보유출 방지 체제를 정비
20대 핵심 신흥기술	<ol style="list-style-type: none"> ① 첨단 컴퓨팅, ② 첨단 재래식 무기 기술, ③ 첨단 엔지니어링소재, ④ 첨단 제조, ⑤ 첨단센서, ⑥ 항공엔진기술, ⑦ 농업기술, ⑧ AI, ⑨ 자율 시스템, ⑩ 생명 공학, ⑪ 화학, 생물 및 방사성 물질 핵 (CBRN)경감 기술, ⑫ 통신 네트워크 기술, ⑬ 데이터 사이언스 및 스토리지, ⑭ 분산형 원장 기술, ⑮ 에너지 기술, ⑯ 휴먼 머신 인터페이스, ⑰ 의료 공공 보건 기술, ⑱ 양자 정보 과학, ⑲ 반도체 및 마이크로일렉트로닉스, ⑳ 우주기술

* 출처: 주요국의 경제안보 정책 현황 및 시사점(22.4.25), 산업기술정책 센터

미국은 핵심기술 육성과 더불어 핵심기술 보호전략으로써 **핵심기술의 유출을 방지하기 위해 수출규제와 대미투자 심사 제도를** 운영하고 있다. 수출통제개혁법(Export Control Reform Act, ECRA)¹³⁾을 통해 국가안보에 필수적인 신흥기술에 대한 상무부 수출통제 근거 마련하였다.

미국의 신흥기술 특정 문제는 2018년 8월 미국의 수출규제 주무국인 상무부 산업안전국(Bureau of Industry and Security)이 수출통제개혁법(ECRA) 제정을 계기로 수출규제의 사각 지대에 있는 신흥기술(emerging technology)과 기반기술(foundational technology)의 수출, 재수출, 국내 이전에 관한 통제시스템을 마련하겠다고 밝힌 데서 비롯되었다. 수출통제개혁법에서는 신흥 및 기반기술에 대해 구체적인 형태로 정의되어 있지는 않지만 이를 구분하고는 있다. 상무부 산업안보국(Bureau of Industry and Security; BIS)에 의하면, 신흥기술(Emerging Technologies)은 미국 수출관리규정(Export Administration Regulations, EAR)에 근거하여 기초연구를 제외하고는 통제 품목의 수출이 규제되는 것은 아니지만 테러 지원 국가 및 제재국가로의 수출이 통제되는 기술이며 다만 국가 간에 상호 협의하에 이를 지정할 수 있다. 한편, 기반기술(foundational technology)은 미국의 국가안보에 핵심적인 기술로서 향후 상무부가 목록을 발표할 것을 예정하고 있다. 신흥 및 기반기술 식별(identify)을 위해 대통령은 국방부, 상무부, 국무부, 에너지부, 기타 관련 연방기관 간 상호 협의절차를 확립하고 운영해 나가고 있으며

13) Export Control Reform Act: 수출통제의 근거법이었던 수출관리법(EAA)이 종료('01년)되고, ECRA를 통해 美 상무부에 영구적인 수출통제 권한 부여('18.8. 발효).

이 같은 지정을 위해 고려해야 할 것은, 미국 내 기술개발에 미치는 영향, 외국의 최신 및 기반기술 발전 수준, 외국으로의 최신기술이나 기반기술의 확산 및 제한의 효과 등을 제시하고 있다.

표 5 | ECRA에 의한 신기술 지정 고려사항

고려사항
① 미국 내 기술개발에 미치는 영향
② 외국의 최신 및 기반기술 발전 수준
③ 외국으로의 최신기술이나 기반기술의 확산 및 제한의 효과

ECRA에 의한 신기술은 바이오, 인공지능, 로봇, 데이터 분석 등 14개 범주에 해당되는 세부 기술로 지정되었다.

표 6 | ECRA에 의한 신기술 목록(14개 범주)

대분류	해당 기술
Biotechnology	Nanobiology, Synthetic biology, Genomic and genetic engineering, Neurotech
AI and machine learning technology	Neural networks and deep learning (e.g., brain modelling time series prediction, classification), Evolution and genetic computation (e.g., genetic algorithms, genetic programming), Reinforcement learning, Computer vision (e.g., object recognition, image understanding), Expert systems (e.g., decision support systems, teaching systems), Speech and audio processing (e.g., speech recognition and production), Natural language processing (e.g., machine translation), Planning (e.g., scheduling, game playing), Audio and video manipulation technologies (e.g., voice cloning, deepfakes), AI cloud technologies, AI chipsets ¹⁸
Position, Navigation, and Timing technology	
Microprocessor technology	Systems-on-Chip (Soc), Stacked Memory on Chip
Advanced computing technology	Memory-centric logic
Data analytics technology	Visualization, Automated analysis algorithms, Context-aware computing
Quantum information and sensing technology	Quantum computing, Quantum encryption, Quantum sensing
Logistics technology	Mobile electric power, Modeling and simulation, Total asset visibility, Distribution-based Logistics system (DBLS)
Additive manufacturing	3D printing
Robotics	Micro-drone and micro-robotic system, Swarming technology, Self-assembling robots, Molecular robotics, Robot compliers, Smart Dust
Brain-computing interfaces	Neural-controlled interfaces, Mind-machine interfaces, Direct neural interfaces, Brain-machine interfaces

대분류	해당 기술
Hypersonics	Flight control algorithms, Propulsion technologies, Thermal protection systems, Specialized materials (for structures sensors etc.)
Advanced Materials	Adaptive camouflage, Functional textiles (e.g., advanced fiber and fabric technology), Biomaterials
Advanced surveillance technology	Faceprint and voiceprint technologies

* 출처: 주요국의 경제안보 정책현황 및 시사점(22.4.25), 산업기술정책센터

미국은 중국의 미국 내 첨단산업에 대한 투자 및 인수합병 방지를 위해 외국인투자 규제 법안을 개정하여 외국인투자위험심사현대화법(Foreign Investment Risk Review Modernization Act of 2018, FIRRM)을 통해 외부 심사기관인 대미외국인투자위원회(CFIUS)의 권한을 확대 강화하였다.

▣ 표 7 ▣ CFIUS의 대미투자 고려사항(Exon-Florio법)

고려사항
① 국방력 확보에 필요한 미국 내 산업생산
② 외국인에 의한 미국 내 산업활동의 통제가 미국안보에 미치는 영향
③ 테러 지지 국가에 대한 군수품, 군사장비, 군사기술 판매 가능성
④ 안보와 관련된 분야에서 미국의 기술적 우위성을 침해할 수 있는 잠재적 영향

이처럼 미국은 경제안보를 강화하기 위해 핵심 신흥기술 개발 국가전략을 수립하고 미국혁신 경쟁법, 미국경쟁법 등을 추진함과 동시에 핵심기술의 유출을 방지하기 위한 수출규제와 대미투자심사제도를 강력하게 운영하고 있다.

나. 중국

중국의 국가안보는 시진핑 정권에 새롭게 신설된 중국공산당 최상위 국가안보 컨트롤타워인 '중앙국가안전위원회(中央國家安全委員會)'가 담당하고 있다. 이전에는 '중앙외사공작영도소조(中央外事工作領導小組)'와 '중앙국가안전영도소조(中央國家安全領導小組)'가 국가안보 컨트롤타워로 기능을 수행하였었다. 국가 안보 영역별로 '중앙대외연락부(中央對外聯絡部)', '중앙대외선전판공실(中央對外宣傳辦公室)', '당중앙군사위원회(黨中央軍事委員會)', '중앙해양권익공작영도소조(中央海洋權益工作領導小組)', '중앙 인터넷 안보와 정보화 영도소조(中央網絡安全和信息化領導小組)' 등이 존재한다.

중국의 지도부도 과학기술혁신 선도국으로 도약을 위해 핵심기술, 전략기술, 프론티어 과학 분야에서의 기술자립 역량이 핵심적 요소임을 인지하고 이를 계속 강조해 오고 있다. 2017년 10월 중국공산당 19대 보고에서 “국가혁신체제 건설과 국가전략 과기역량 강화”를 강조하였으며, 2020년 10월 중국 공산당 19대 오중전회에서 처음으로 전략과학기술 역량의 구체적인 분야와 목표, 전략을 제시하였다. 전략적 과학프로젝트를 통한 산·학·연 협력 활성화, 국가실험실체계 고도화 및 종합혁신센터와 지역혁신기지 건설을 통한 글로벌 과학기술혁신 허브 구축을 그 목표와 전략으로 제시하고 있으며 ① 인공지능, ② 양자정보, ③ IC, ④ 생명건강, ⑤ 뇌과학, ⑥ 생물육종, ⑦ 우주기술, ⑧ 극지심해를 전략과학기술분야로 지정하였다.

이와 더불어 과기일보에서 중국의 ‘차보즈(卡脖子) 기술¹⁴⁾ 리스트’를 공개하였고, 중국 내에서도 공공주도로 주요 핵심기술의 자립화가 지속적으로 추진하고 있다.

표 8 | 중국의 차보즈 기술 고려사항

고려사항
① 기술투입의 강도 및 기술개발 주기, 기술장벽
② 다학제 융복합 기반성
③ 핵심 기술 인재
④ 개방성 및 다양한 생태계 간 상호연관성

이에 중국의 차보즈 기술은 높은 기술투입 강도, 매우 높은 기술 장벽, 긴 연구개발주기, 강한 다학제 융·복합 기반성, 핵심기술인재의 중요성, 개방성 및 다양한 생태계 간의 상호 연관성이 높은 특징을 가지고 있다.

표 9 | 중국의 35대 차보즈기술

기술			
1	노광기	19	고압플린저 펌프
2	반도체 칩	20	항공기설계 SW
3	운영체제	21	감광수지
4	항공엔진의 나셀	22	고압 커먼레일 시스템
5	터치센서	23	투과식 전자현미경
6	진공증착기술	24	굴착기 주 베어링
7	휴대전화 RF부품	25	미소구체(마이크로비드)
8	iCLIP	26	수중 커넥터

14) 차보즈기술: 목을 조르는 기술이란 뜻으로 영문으로는 choke neck technology로 번역

기술			
9	산업용 가스터빈	27	연료전지 핵심 소재
10	라이다(광선레이저)	28	고급용접 전원공급장치
11	감항표준	29	리튬이온전지 분리막
12	고급축전지/저항기	30	의학영상장비 부품
13	핵심산업 SW	31	초정밀 연마공정
14	ITO 타깃 재료	32	에폭시 수지
15	알고리즘	33	고강도 스테인레스강
16	항공강재 산업	34	DB관리시스템
17	밀링커터	35	주사전자현미경(SEM)
18	고급베어링강	36	

이외에도 중국 정부에서는 기술 공백을 뜻하는 ‘단판(短板) 기술’ 등의 용어를 사용하며, 기술 및 산업 생태계의 자립을 강조하고 있다.

중국 정부는 14차 5개년 계획 및 2035 원경 목표를 통해 중국의 과학기술 및 첨단 산업 분야의 중장기 목표와 전략을 제시하고 있다. 14차 5개년 계획 중 과학기술 관련 목표는 ① 연구개발 투자의 연평균 증가율 7%, ② 기초 연구 분야 투자 비중 8%, ③ 1만 명당 고부가가치 특허 12개, ④ GDP 중 신흥 산업의 부가가치 비중 17%, ⑤ GDP 대비 에너지 소모량(13.5%)과 이산화탄소 배출량(18%) 감소 등을 목표로 제시하고 있다. 이를 위한 과학기술혁신 추진 방향으로 국가 전략적 과기역량 강화, 과기혁신 체제와 메커니즘 고도화, 기업의 기술혁신능력 향상, 인재의 혁신역량 제고를 잡았다. 첨단 산업 추진 방향은 제조강국 전략, 전략적 신흥산업 육성, 디지털 중국 건설 추진으로 설정하였다.

이러한 과학기술과 첨단산업분야의 목표 달성을 위해 7대 과학기술 분야 및 8대 첨단산업 분야를 지정하고, 국가 핵심 전략기술 및 신흥기술 분야의 역량 확보를 위한 ‘과기혁신 2030 메가 프로젝트(科技创新 2030-重大项目)’를 추진하였다.

표 10 | 중국의 7개 과학기술분야 및 세부내용

과학기술분야	세부내용
차세대 인공지능	선행 기초이론 돌파, 전용 칩 개발, 딥러닝 프레임 워크 등 오픈소스 알고리즘 플랫폼 구축, 추론과 의사 결정, 그래픽, 음성 영상, 자연어 인식 처리 등 분야별 혁신
양자정보	도시권 간 및 도시 간, 자유공간 양자통신기술 개발, 범용 양자계산 프로토타입 및 실용화 양자 에뮬레이터 연구개발, 양자 정밀측정 기술 돌파
집적회로	집적회로 설계 도구, 중점 장비 및 고순도 타깃 재료 등 핵심 재료 연구개발, 집적회로 선진 공법과 절연 게이트 양극성 트랜지스터(IGBT), 초소형 정밀기계 기술(MEMS) 등 특색 공법 돌파, 첨단 메모리 기술 업그레이드, 탄화규소, 질화갈륨 등 광대역 밴드갭 반도체

과학기술분야	세부내용
뇌과학	뇌 인지 원리 해석, 뇌 메조스코픽 신경 연결 지도 제작, 뇌 중증질환 메커니즘 및 간섭연구, 유아 및 청소년 지력 발달, 뇌 모방 계산 및 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술 개발
유전자 및 바이오	유전체학 연구 응용, 유전세포와 유전육종, 합성생물, 바이오의약 등 기술혁신, 혁신성 백신, 체외진단, 항체약물 등의 연구개발, 농작물, 가축/수산, 농업 미생물 등 중대 신제품 창출, 바이오안전 핵심기술 연구
임상의학 및 건강	암질환과 심뇌혈관, 호흡, 대사성 질환 등의 발병 메커니즘에 관한 기초연구, 능동적 건강간섭기술 연구 개발, 재생의학, 마이크로바이옴, 신형 치료 등 첨단기술 개발, 중대 감염병과 중대 만성 비감염성 질환의 예방치료 핵심기술 연구
우주 극지 심해	우주 기원과 진화, 심층 지각 등 기초과학 연구, 화성 순회, 소행성 순시 등 행성 간 탐사, 차세대 중형 운반 로켓과 재활용 우주운송시스템, 지구 심층 탐사 장비, 심해 운송 보장 및 장비실험선, 극지 입체관측 플랫폼 및 중형 쇄빙선 등 연구개발, 달 탐사 4기 사업, '자오룡(蛟龍)' 심해 탐사 2기 사업, '쉐룽(雪龍)' 극지 탐사 2기 사업 등 추진

*자료: 중국 정부 홈페이지, KOSTEC (2021), STEPI (2021)의 내용 정리

표 11 | 중국의 8대 첨단산업분야 세부내용

과학기술분야	세부내용
첨단 신소재	<ul style="list-style-type: none"> • 희토류 기능소재, 고성능 철강소재, 고성능 합금, 고온합금, 고순도 희유금속 소재, 고성능 세라믹 소재, 전자유리 등 첨단 금속소재 및 비금속 무기재료 분야의 돌파구 마련 • 탄소섬유 등 고성능 섬유와 복합재료, 바이오 의료용 소재 연구개발 및 응용 강화 • 메탈로센(metallocene) 플리에틸렌 등 고성능 수지와 집적회로용 포토레지스트(photoresist) 등 전자 고순도 소재 핵심기술 연구개발
중대기술 장비	<ul style="list-style-type: none"> • CR450 고속등급 중국표준의 고속철, 중국표준의 지하철, 고급 선반장비, 첨단공정장비, 원전 핵심부품, 크루즈, 대형 LNG 선박 및 심해 석유가스 생산플랫폼 등 연구개발 응용 추진 • C919 대형 여객기 시범 운영과 ARJ21 지선 여객기 발전 추진
스마트제조 및 로봇기술	<ul style="list-style-type: none"> • 분산형 제어 시스템, 프로그래밍 가능 논리 제어기(PLC), 데이터 수집 및 영상감시시스템 등 산업 제어 장비를 중점적으로 연구개발 • 선진형 제어기, 고정밀 서보 구동시스템, 고성능 감속기 등 지능형 로봇의 핵심기술 개발, 적층가공 성형 제조 발전
항공엔진 및 가스터빈	<ul style="list-style-type: none"> • 선진형 항공엔진 핵심재료 등의 기술 연구개발 검증 가속화 • 민용 대형 여객기 엔진 CJ1000 제품의 연구개발 추진, 와이드 여객기 엔진 핵심기술 돌파하여 고성능 민용 엔진의 산업화 실현 • 상하이 대형 가스터빈 실험스테이션 구축
베이더우 산업화 응용	<ul style="list-style-type: none"> • 통신 내비게이션 일체화 융합 등 기술 개발, 베이더우 응용 산업 혁신 플랫폼 구축, 통신·금융·에너지·민간 항공 등의 분야 전형 시범 추진 • 베이더우 시스템의 차량용 내비게이션, 스마트폰, 웨어러블 기기 등 소비 응용 시장 규모 확대 • 신에너지 자동차 및 커넥티드카 • 신에너지 차량용 고안전성의 배터리, 고효율의 전자설비, 고성능의 동력시스템 등 핵심기술 돌파
신에너지 자동차 및 커넥티드카	<ul style="list-style-type: none"> • 신에너지 차량용 고안전성의 배터리, 고효율의 전자설비, 고성능의 동력시스템 등 핵심기술 돌파 • 커넥티드카 기반기술 플랫폼 및 소프트웨어 시스템, 라인제어 새시 및 스마트 단말 등 핵심 부품의 연구개발 가속화
첨단의료장비 및 신약	<ul style="list-style-type: none"> • 복강경 수술로봇, 체외막산소공급(ECMO) 설비 등 핵심기술 개발, 첨단영상, 방사선 치료 등 대형 의료장비와 핵심부품의 연구개발 추진 • 뇌 페이스메이커, 분해 가능한 혈관스텐드 등 삽입제품 발전, 재활 보조 기구의 질적 제고 추진 • 중증 감염질환에 필요한 백신 개발, 약성 종양, 심뇌혈관 질환의 치료 특효약 개발 • 중의약 핵심기술 장비의 연구개발 강화

과학기술분야	세부내용
농업기계장비	<ul style="list-style-type: none"> • 스마트형 고출력 트랙터, 정밀 파종기, 분무기, 시비기, 고효율 콤바인, 과일·채소 수확기, 사탕수수 수확기, 채면기 등 첨단 농업기계 연구개발 • 구릉 산지 농업생산 고효율 농업기계 개발, 첨단 양곡 식용유 심층 가공장비의 연구개발 사업화 추진 • 양식, 환경보호, 채집, 오물 이용 등 분야 스마트 환경보호 장비 연구개발

* 자료: 중국 정부 홈페이지, KOSTEC (2021), STEPI (2021)의 내용 정리

중국은 자국 기술의 해외유출을 방지하기 위해 「국가기밀보호법」, 「과학기술진보법」 등을 기반으로 「과학기술기밀보호규정」을 제정하고 과학기술기밀의 범위, 관리 주체, 관리 방안 등을 제시하였다. 「과학기술기밀보호규정」 제9조는 국가 안전 및 이익과 연관성을 지니고, 기밀 유출로 인해 ① 국방 및 치안기능 약화, ② 국가과학기술 국제경쟁력 저하, ③ 국가경제와 사회발전 제약, ④ 국가명성, 권익 및 대외관계 손상과 같은 손해를 야기할 수 있는 기술을 과학기술기밀로 규정하고 있다. 국가과학기술에 대한 보안등급은 중앙국가기관, 성급 기관 그리고 해당 업무를 수행하는 기관에서는 기밀보호 규정의 절차에 따라 지정하게 되는데 중앙 부처·성급 기관은 자체적 권한으로 설정할 수 있으며, 이에 해당하지 않는 기관은 이러한 권한을 보유한 기관에 신청하여야 하며, 개인의 성과는 평가·검토를 거친 후 해당 지역 과학기술 관할기구에 신청할 수 있다.

중국은 2020년 조정된 ‘수출 통제 목록’을 통해 기존의 수출 제한·금지 항목을 일부 삭제하는 동시에 수출 제한 항목에 첨단기술 항목 23개를 새롭게 추가하면서 기존의 150개에서 164개로 확대하였다. 2008년에 발표된 「수출 금지·제한 기술목록」은 금지 항목 33개, 제한 항목 117개로 총 150개였으며, 2020년의 53개 조정 항목에 포함되지 않는 항목은 기존의 조치가 그대로 유지되었다. 새롭게 추가된 23개 항목은 유전자 공학, 3D 프린팅, 항공·우주, 드론, 정보 보안·암호, 인공지능 등 영역의 첨단 기술이 주를 이루고 있으며 이러한 기술 통제 목록의 변화는 ① 기존 전략 분야의 개방(뉴스페이스), ② 기술 자립이 완성된 분야의 보호 조치 강화(3D 프린팅, 농생명 기술, 양자 암호 통신 등), ③ 자국의 토종 혁신 기업에 대한 보호 장치 마련(DJI, 바이트댄스, iFlytek 등)의 의지를 반영하였다.

제3장

핵심기술도출을 위한 지표의 선정

- 제1절 국내·외 기술경쟁력 관련 평가항목
- 제2절 국가 주요 핵심기술 선정 평가항목
- 제3절 사례조사를 통한 기술안보관점의 평가항목

제1절

국내·외 기술경쟁력 관련 평가항목

기술경쟁력을 분석하는 방법에는 델파이법, 특허분석법, 계량모형접근법 등 다양한 분석방법이 존재하나, 기술경쟁력의 장시간 시계열 분석과 객관적인 비교우위분석이 용이한 특허정보 분석법을 사용하기로 한다. 특허분석법은 특허정보의 분석지표를 활용해서 기술경쟁력 측정하는 것으로 논문정보와는 달리 경제적 이익의 확보를 전제하므로 경제적 측면과 연결된 연구개발 활동지표이다. 특허정보에 기인한 특허통계는 기업이나 지역, 국가의 기술혁신활동에 관한 성과를 나타내며 혁신과정의 협력관계나 기술개발과정의 역동성을 이해하는 데 중요한 수단이 되기도 한다. 이처럼 특허는 개별 기업이나 산업, 국가 단위의 기술혁신활동을 측정하는 대리지표로 널리 활용되고 있다(Porter and Stern, 1999; Furman et al., 2002). 이에 본 절에서는 핵심기술을 도출함에 있어 가장 기본이 되는 특허정보를 활용한 특허지표에 대해 검토하고자 한다.

더불어 본 연구는 기술을 안보의 관점에서 바라보고 있다는 점에서 특허정보를 기반으로 이종 정보를 일부 연계할 필요가 있다. 앞 장에서 살펴본 바와 같이 각국의 핵심기술을 선정함에 있어 보유기술의 우수성, 기술의 난이도 등 기술 자체가 가진 경쟁력도 주요 기준으로 작용하지만 그 외에 해당 기술이 다른 산업에 미치는 파급효과, 해당 기술이 수출·고용 등 국민경제에 미치는 영향, 국가 간 통제로 기술도입 가능 여부 등도 기준에 주요부분을 차지하는 것을 확인하였다. 이에, 특허정보를 활용한 기술경쟁력 지표 이외에 국가 차원에서 기술경쟁력을 분석하고 있는 다양한 조사 지표를 함께 살펴보려고 한다.

가. 특허정보를 활용한 기술경쟁력 분석지표

1) OECD의 Patent Quality Index (PQI)

OECD에서 제안한 PQI 지표는 기술혁신의 기술적·경제적 가치를 특허정보로 측정한 지표로, 피인용문헌수, 패밀리 특허수, 청구항수, 기술의 범용성, 인용문헌수, 등록신속성 등의 6개 항목을 산출/정규화시켜 가중치 없이 단순합으로 계산하여 평가한다. 지표의 값이 높을수록 질적 수준이 높음을 의미하며, 원래 미국특허를 대상으로 산정되었던 지수라 한국과 일본의 특허에서 수집할 수 없는 인용정보인 피인용지수, 인용지수, 범용성지수 3가지 포함되어 있어, 한국과 일본의 특허품질지수를 산출하기에는 한계가 있다.

표 12 | OECD의 평가지표 및 평가항목

세부지표명	설명	산출방법
특허품질지수 (PQI index)	정규화된 각 지표의 가중치없이 합산한 OECD가 개발한 특허품질지수 산출방법	각 지표는 정규화되며, 가중치는 1로 동일 한국/일본: (family size+grant lag+number of claims) 미국: (family size+grant lag+number of claims +backward citation+grant lag)
피인용지수 (forward citations)	평가대상 특허보다 늦게 출원된 특허에 의해 인용된 횟수를 이용한 지표로, 일반적으로 기술의 영향력을 나타내며, 논문의 impact factor와 유사한 개념으로, 많이 피인용된 특허일수록 특허품질이 높음을 의미한다.	등록년도 및 기술분류별 청구항수, 피인용수, 패밀리특허수 데이터 중 상위 1%의 값과 하위 1%의 값을 제거한 후, 등록년도 및 기술분류별 최대값으로 개별특허의 청구항수, 피인용수, 패밀리를 각각 나누어 0~1의 값으로 정규화한다.
패밀리 특허지수 (family size)	평가대상특허와 우선권주장 등으로 실질적으로 동일한 기술내용의 특허들이 출원된 국가수를 의미한다. 특허의 시장성을 반영하는 지표로, 패밀리 특허수가 많을수록 특허의 시장성이 넓으며 그만큼 좋은 특허로 받아들여진다.	
청구항지수 (number of claims)	청구항수를 의미하며 기술에 대한 특허보호범위를 나타내며, 청구항수가 많을수록 특허품질이 높음을 의미한다.	
범용성 지수 (generality index)	기술의 영향을 미친 기술분야의 수를 의미하는 것으로, 타 분야에 대한 기술확산력을 의미한다.	개별특허를 인용한 특허의 국제특허분류(IPC)를 활용하여 IPC의 수가 많으면 그만큼 기술의 범용성이 크다고 판단한다. IPC의 수가 1개일 경우 0, IPC가 많아질수록 1에 가까워진다.
인용지수 (backward citation)	평가대상 특허가 출원되기 전에 참고한 특허문헌을 이용한 지표로, 선행특허문헌이 많을수록 특허의 품질이 높음을 의미한다.	등록년도 및 기술분류별 인용수 중 상위 1%의 값과 하위 1%의 값을 제거한 후, 등록년도 및 기술분류별 최대값으로 개별특허의 인용수를 나누어 0~1의 값으로 정규화한다.
특허등록소요기간 (grant lag)	특허가 출원되어 등록될 때까지의 기간을 의미하며, 일반적으로 빨리 등록될수록 특허기술이 우수함을 의미한다.	등록년도 및 기술분류별 등록소요기간 중 상위 1%의 값과 하위 1%의 값을 제거한 후, : 1-(등록소요기간/ 등록소요기간의 최대값)을 의미한다.

2) 한국발명진흥회의 특허자동평가시스템(System to Measure, Analyze and Rate patent Technology, SMART)

한국발명진흥원은 국가별 특허의 우수성 평가를 위해 특허명세서·서지정보·행정정보로부터 추출된 특허정보를 활용하여 특허 수준을 객관적으로 평가하는 온라인 특허 등급 평가 서비스(이하 SMART)를 개발하여 운영하고 있다. SMART는 정량성(수치화하여 측정 가능한지), 객관성(누구나 인정 가능한지), 완전성(모든 평가대상 특허가 보유한 정보인지)을 기준으로 권리성, 기술성, 활용성 점수와 등급을 산출한다.

표 13 | SMART의 지표

구분	지표
권리성(40점)	권리범위의 광협(20점), 권리의 충실성(20점), 특허안정성(-20점)
기술성(20점)	기술동향과의 부합성(5점), 기술선도성(5점), 기술의 수명(10점)
상업성(40점)	상용화 가능성(20점), 권리행사가능성(20점)

각 지표별 평가요소는 내용타당성 및 신뢰도 검증을 통해 확정된 32개의 평가요소를 바탕으로 확정하였다.

표 14 | SMART의 평가요소

No	평가요소	No	평가요소
1	IPC수	17	연차등록회수
2	거절결정불복심판수	18	우선심사청구여부
3	권리자 변동수	19	의견서 제출수
4	금융기관 질권설정수	20	적극적 권리범위 확인심판 인용수
5	도면 수	21	적극적 권리범위 확인심판 기각, 취하, 각하수
6	독립항 길이	22	정보제공 수
7	독립항 수	23	정정심판 수
8	무효심판 기각수	24	조기공개 여부
9	무효심판 인용, 각하수	25	존속기관 연장등록 결정 여부
10	발명의 설명의 길이	26	종속항 수
11	발명자수	27	종속항의 평균길이
12	분할출원 우선권 주장수	28	청구항 계열수
13	선행문헌 중 논문/외국 특허수	29	총피인용수
14	소극적 권리범위 확인심판 기각수	30	피인용 특허의 인용문헌 중 논문/외국특허수
15	소극적 권리범위 확인심판 인용, 취하, 각하수	31	피인용과 출원일 차이
16	실시권자 수	32	해외패밀리 국가수

3) 한국특허정보원의 K-PEG

K-PEG는 특허유지율 관련 평가항목 및 기술 분야별 평가 모델을 통해 특허생존지수(Patent Survival Index, 이하 PSI)와 등급을 부여하는 한국특허정보원의 특허평가시스템이다. PSI는 가치있는 특허를 생존 가능성이 높은 특허로 규정하여 특허의 생존으로 특허권자에게 새로운 부가가치를 창출한다는 가설을 바탕으로 하고 있다.

PSI 및 평가등급은 덤러닝과 데이터마이닝 기법을 적용하여 특허유지율과 관련하여 권리적

강도, 기술 수준, 사업화 가능성을 바탕으로 도출하며, 특허청에서 입수한 특허명세서, 심사처리 정보 등의 자료를 통해 분류별 점수 및 종합등급을 산출한다. 각 값은 단순한 평가요소들의 총합이 아닌 특허생존율에 대한 통계적 확률값을 계산하여 산출되게 된다.

표 15 | K-PEG의 평가지표 및 평가항목

구분	대표평가 항목	설명
권리성	권리의 연속성	<ul style="list-style-type: none"> 평가대상 특허에 대한 권리 유지의 연속성을 평가하는 항목 특허권자가 등록료를 지불하면서 매년 특허권을 계속 유지해 오고 있다는 것은, 내부적으로 중요한 가치를 가지는 특허라는 것을 간접적으로 반영한다고 할 수 있다.
	권리의 영향력	<ul style="list-style-type: none"> 동종특허 대비 청구항 내용을 비교분석하여 평가대상 특허가 등록된 이후에 출원되는 특허의 청구항에 얼마나 영향력을 미치고 있는가를 평가하는 항목 대상특허가 등록된 이후에도 이와 관련된 기술적 내용이 기재된 동종 특허가 출원·등록되고 있다는 것은, 지속적으로 출원·등록되는 특허에 영향력을 미치고 있다는 것을 반영하는 자료이다.
	권리의 완성도	<ul style="list-style-type: none"> 독립항과 종속항의 구성을 통해 특허권리적 범위 설정에 대한 완성도를 평가하는 항목 청구범위의 작성에 따른 권리의 완성도를 평가하는 항목으로, 특허명세서의 청구범위가 잘 작성되었다면 그 만큼 권리의 완성도 높다고 할 수 있다.
	독립청구항수	<ul style="list-style-type: none"> 독립항수를 통해 권리적 우위성을 평가하는 항목 특허명세서에서 특허발명으로서 보호되는 부분이 청구항이며, 독립 청구항은 특허권자가 권리를 보호하고자 하는 기술적 사상을 기재한 것으로 특허문헌에서 핵심적인 요소이다.
	청구범위	<ul style="list-style-type: none"> 특허의 권리적 경계(boundary)를 평가하는 항목 청구범위란, 당해 특허출원발명이 특허된 경우 특허발명으로서 보호되는 보호범위적 기능과 발명을 구성하는 구성요건적 기능을 수행하는 부분이다. 명세서의 청구항을 텍스트마이닝을 이용하여 분석하고 권리적 경계를 파악한다. 권리범위가 넓으면 특허의 권리성이 높다고 할 수 있다.
	권리의 변동성	<ul style="list-style-type: none"> 동종 특허대비 권리범위를 출원당시와 비교하여 등록이후에 청구항 변동이 있는지를 평가하는 항목 특허 출원 시의 청구항 수가 등록 시 감소했다면, 거절사정 혹은 의견제출통지서 등과 같은 보정을 통해서 권리범위를 축소시켰음을 의미하며, 이와 반대로 출원 시의 청구항 수가 등록 시 증가하였다는 것은 기술적 활용범위가 확대되어 특허권자가 전략적으로 권리범위를 확대시킨 결과임을 반영하는 자료이다.
기술성	기술의 융합도	<ul style="list-style-type: none"> 대상특허의 기술적 융합정도를 평가하는 항목 IPC의 subclass를 분석하는 항목(OECD's Patent scope) 평가결과가 높을수록 보다 가치있는 특허일 가능성이 높다(Lerner - 1994, Matutes et al- 1996).
	기술의 협력도	<ul style="list-style-type: none"> 공동연구에 따른 기술적 확장성을 평가하는 요소 출원인(발명자)가 공동연구를 하는 이유는 하이-테크 기술분야 혹은 융합기술 분야로 연구 개발의 효율성을 높이고 기술분야를 확대할 수 있는 긍정적 영향을 가지고 오기 때문이다.
	국제협력도(연구)	<ul style="list-style-type: none"> 특허기술 연구를 위한 국제적 수준의 협력강도를 평가하는 요소
	기술의 완전성	<ul style="list-style-type: none"> 발명자 간 상호협력을 통한 기술적 완성도를 평가하는 항목 최근 기술적 경계가 무너지면서 원천기술 및 융합기술 개발을 위하여 연구 개발자(발명자) 간 네트워크를 형성하고, 전문가들의 공동연구가 진행되고 있다.
상업성	지역확장성	<ul style="list-style-type: none"> 대상특허의 지역적 권리범위를 평가하는 항목 동일특허가 여러 국가에서 출원등록되었다면, 해당 국가에서 향후 보유한 특허를 가지고, 사

구분	대표평가 항목	설명
		업화 등으로 활용할 가능성이 높다.
	특허의 포트폴리오 (portfolio)	<ul style="list-style-type: none"> • 해당 특허권자가 관련기술분야에서 차지하는 특허점유율을 평가하는 항목 • 특허권자가 해당 기술분야에서 차지하는 특허점유율이 높을수록, 해당 기술분야에서 상대적으로 상업적 우위가 높음을 의미한다.
	특허의 활동성	<ul style="list-style-type: none"> • 특허의 기술이전 등을 평가하는 항목 • 특허권이 변경되거나, 이전된다는 것은 그 만큼 특허의 가치가 높다는 것을 의미한다.
	국제협력도(권리)	<ul style="list-style-type: none"> • 대상특허에 대한 국제 공동연구를 통해 상업적 활용 가능성을 평가하는 항목 • 오늘날 국제협력을 통해 특허를 공동으로 등록(출원)받는 것은 상업적 활용 가능성을 높이고, 향후 발생할 수 있는 상업적 분쟁소지를 줄이기 위해서 시행되고 있다. • 즉, 특허권자들은 기술을 향상시키고, 시장 진출 시 발생할 수 있는 분쟁을 최소화하기 위해 국제협력을 진행하고 있다.

4) 한국전략개발원의 특허성과지표

한국전략개발원은 양적 성과지표의 한계를 보완하기 위해 특허성과평가지표 가이드라인을 마련하였다. 특허성과지표는 R&D 부처 및 전문기관이 특허의 양적 측면뿐만 아니라 질적 측면을 평가하고 사업 개선에 활용할 수 있도록 선정하였으며, 양적 효율성과 질적 우수성 측면으로 구분하였다. 양적 효율성 지표는 특허 건수 등 단순한 양적 성과를 측정하는 것이 아닌 사업 효율성 관점에서 접근하였고 질적 우수성 지표는 특허품질을 다각도로 판단할 수 있도록 권리성, 기술성, 시장성에 해당하는 다양한 개별지표와 복합지표로 구성되어 있다.

표 16 | K-PEG의 평가지표 및 평가항목

분석항목	지표명	설명	
양적 효율성	① 특허 창출 과제 비율	특허 창출 활동이 다수의 과제에서 고르게 발생하는지 분석	
	② 특허생산성	'투입 대비 산출'로, 투자 규모를 고려한 양적 비교	
질적 우수성	권리성	③ (표준화된) 특허 청구항 지수	청구항을 통해 발명이 법적으로 보호되는 범위가 결정되므로, 본 지표는 특허의 기술적·경제적 가치와 관련
		④ 신규성 위반 지수	신규성을 위반한 특허의 수를 활용하여, 특허 권리화를 위한 요건으로서의 신규성이 얼마나 충족되었는지를 측정
		⑤ 진보성 위반 지수	진보성 위반 특허 수를 통해, 등록특허 요건으로서의 진보성 충족 여부를 측정
	기술성	⑥ (표준화된) 피인용 특허 지수	피인용도를 통해 후속 기술 개발에 대한 영향력을 측정하여, 특허의 기술적·경제적 가치를 나타낸다.
		⑦ (표준화된) 고평인용 특허 지수	피인용도가 높은 특허의 비율을 측정하여, 기술의 혁신성 및 차별성을 판단
		⑧ (표준화된) 기술 다양성 지수	IPC 수를 활용하여 특허가 적용되는 기술 범위의 다양성을 측정하며, 특허의 기술적·경제적 가치와 연관
		⑨ 융합 특허 지수	WIPO 기술 분류를 기준으로, 이종 기술 간 융합을 판단하는 지표

분석항목		지표명	설명
시장성	⑩ (표준화된) 패밀리 특허 지수	패밀리 국가 수를 통해 특허 보호의 지역적 범위를 측정하는 지표로, 특허의 경제적 가치와 관련	
	⑪ 삼극특허 지수	미국·일본·유럽에 모두 출원한 특허(삼극특허) 수를 통해 특허의 해외시장 경쟁력을 측정	
	⑫ 특허 이전율	특허의 실제 활용 여부를 측정하는 지표	
복합지표	⑬ 특허 품질 지수(PQI)	권리성(청구항), 기술성(피인용·범용성), 시장성(패밀리특허) 지표를 종합하여, 점수 또는 등급으로 특허의 우수성을 나타낸 지표	
	⑭ 온라인 자동평가 (SMART, K-PEG)	SMART(발명진흥회), K-PEG(특허정보원) 등 특허평가시스템을 통해 부여된 점수 또는 등급 평가 결과	

나. 국가 과학기술경쟁력 분석을 위한 다양한 지표

1) 국제협력개발기구의 과학·기술·산업 스코어보드(Science, Technology, and Industry Scoreboard)

경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation and Development, 이하 OECD)에서는 국제적인 과학기술통계·지표 작성에 필요한 표준적인 지침을 제공하고 있으며, 각 국가별로 기초통계 및 지표를 바탕으로 각종 정책적 이슈에 대한 분석보고서를 발간하고 있다. 더불어 OECD 가맹국의 과학기술활동과 구조를 반영하는 지표로 「Main Science and Technology Indicators」를 제시하고 있다. 이 중 특허와 관련된 지표는 삼극특허패밀리수, 삼극특허패밀리 국가비중, EPO에 출원한 ICT 부문의 특허수(우선권 연도), EPO에 출원한 BT 부문의 특허수(우선권 연도)가 포함되어 있었다.

이외에 기술안보와 연관된 분석에 필요한 지표로는 기술무역수지정보가 있었다. 수취, 지불, 총국내연구개발의 지출 대비 지불액을 활용하여 기술무역수지를 도출하고 스코어보드에 반영하고 있다. 이와 더불어 연구개발인력에 대한 지표는 기술로 인해 분쟁이 발생하여 대체 가능성이 낮아진 상황이거나 낮아질 가능성이 높아진 기술에 대한 기술개발잠재력과 연관될 수 있을 것으로 판단된다.

표 17 OECD Main Science and Technology Indicators

분야	세부지표항목
연구개발 지출과 인력	총국내연구개발지출(100만 달러, 현재 PPP 기준)
	GDP 대비 총국내연구개발 지출 %
	총국내연구개발지출(100만 달러, 2000년 PPP 기준)

분야	세부지표항목
	GDP 대비 추정된 민간 국내연구개발지출액(%)
	GDP 대비 기초연구지출액(%)
	총연구자수(전일제)
	1000명당 연구자수
	총연구인력(전일제)
	총고용 1000명당 총연구인력
	GDP 대비 기업이 지출한 R&D 비중(%)
	GDP 대비 정부가 지출한 R&D 비중(%)
	총국내연구개발지출 대비 민간으로부터 조달된 지출 비중(%)
	총국내연구개발지출 대비 정부로부터 조달된 지출 비중(%)
	총국내연구개발지출 대비 다른 출처로부터 조달된 지출 비중(%)
	총국내연구개발지출 대비 민간에서 수행된 비중(%)
	총국내연구개발지출 대비 대학에서 수행된 비중(%)
	총국내연구개발지출 대비 정부에서 수행된 비중(%)
	총국내연구개발지출 대비 민간 비영리 부문에서 수행된 비중(%)
	총연구자수(명)
	총연구자 대비 여성 연구자 비중(%)
	민간 연구개발비 지출(100만 달러, 현재 PPP 기준)
	산업 부가가치 대비 민간기업 연구개발비 지출 비중(%)
	민간 부문의 연구자(전일제)
	총국내연구자 대비 민간 부문의 연구자 비중(%)
	산업 고용 1000명당 민간 부문의 연구자 비중(%)
	총민간기업 연구인력(전일제)
	총국내 연구인력 대비 민간 부문의 연구인력(%)
	산업 고용 1000명당 민간 부문의 연구인력 비중(%)
	민간으로부터 조달된 민간 R&D 지출(100만 달러, 2000년 PPP 기준)
	산업 부가가치 대비 민간연구개발비 지출 비중(%)
	민간으로부터 조달된 민간 R&D 지출 비중(%)
	정부로부터 조달된 민간 R&D 지출 비중(%)
	다른 출처로부터 조달된 민간 R&D 지출 비중(%)
	외국으로부터 조달된 민간 R&D 지출 비중(%)
	항공우주산업에서 수행된 민간 R&D 지출(100만 달러, 현재 PPP 기준)
	전자산업에서 수행된 민간 R&D 지출(100만 달러, 현재 PPP 기준)
	사무기기와 컴퓨터 산업에서 수행된 민간 R&D 지출(100만 달러, 현재 PPP 기준)
	제약산업에서 수행된 민간 R&D 지출(100만 달러, 현재 PPP 기준)
	기기산업에서 수행된 민간 R&D 지출(100만 달러, 현재 PPP 기준)

분야	세부지표항목
	서비스산업에서 수행된 민간 R&D 지출(100만 달러, 현재 PPP 기준)
	대학의 R&D 지출(100만 달러, 현재 PPP 기준)
	GDP 대비 대학 R&D 지출 비중(%)
	대학의 R&D 지출(100만 달러, 현재 2000년 기준)
	민간 부문에서 지출되는 대학의 연구개발비 지출 비중(%)
	대학의 총연구자(전일제)
	정부기관 내 연구개발 지출(100만 달러, 현재 PPP 기준)
	GDP 대비 정부기관 내 연구개발 지출 비중(%)
	정부기관 내 연구개발 지출(100만 달러, 2000년 기준)
	민간 부문에서 지원한 정부기관 내 연구개발 지출 비중(%)
	정부 기관의 총연구자(전일제)
	총국내연구자 대비 정부기관의 연구자 비중(%)
	정부기관의 총연구인력(전일제)
정부 R&D 예산 지출	연구개발에서 정부예산의 총지출(100만 달러, 현재 PPP 기준)
	연구개발에서 정부예산의 총지출 대비 국방연구개발예산 (%)
	연구개발에서 정부예산의 총지출 대비 민간 연구개발 예산 (%)
	사회-경제적 목적을 위한 정부예산 혹은 지출(100만 달러, 현재 PPP 기준)
외국계 기업의 R&D 지출	외국계 기업의 R&D 지출(100만 달러, 현재 PPP 기준)
	기업의 연구개발비지출 대비 외국계 기업의 R&D 지출 비중(%)
특허	삼극특허패밀리수(우선권 연도)
	삼극특허패밀리 국가비중(우선권 연도)
	EPO에 출원한 ICT 부문의 특허수(우선권 연도)
	EPO에 출원한 BT 부문의 특허수(우선권 연도)
기술무역수지	기술무역수지: 수취(100만 달러)
	기술무역수지: 지불(100만 달러)
	기술무역수지: 총국내연구개발지출 대비 지불액
R&D 집약 산업의 국제 무역	무역수지와 수출시장에서 비중: 항공우주산업
	무역수지와 수출시장에서 비중: 전자산업
	무역수지와 수출시장에서 비중: 사무기기와 컴퓨터 산업
	무역수지와 수출시장에서 비중: 제약산업
	무역수지와 수출시장에서 비중: 기기산업

2) 한국과학기술기획평가원 연구개발활동조사

한국과학기술기획평가원 연구개발활동조사는 우리나라의 연구개발활동(연구개발인력 및 연구개발비 등) 현황을 조사하여 국가연구개발정책수립 등에 필요한 기초자료를 제공하고, 각계의 전문가들로 하여금 연구개발계획 등에 참고자료로 제공하고 있다.

연구개발활동조사는 OECD의 “연구개발활동 조사시행지침(Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development, Frascati Manual)”에 따라 연구개발활동조사의 지표는 총연구개발비, 연구개발인력, 연구개발현황종합 기업부문 조사 결과 주요국의 연구개발활동의 투입지표와 산업재산권 기술무역 등 성과측정지표로 구성되어 있다.

연구개발활동조사에는 산업재산권과 관련하여 권리별 산업재산권의 출원 및 등록건수, 부문별 특허출원 및 등록건수, 국적별 특허출원 및 등록건수를 지표로 구성되어 있다. 그 외 기술안보와 관련하여 주목할 만한 지표로는 기술무역지표로 기술무역액 추이, 기술수출현황, 국가별 기술도입대가 지급 현황, 산업별 기술도입대가 지급 현황 등을 지표 값으로 활용하여 분석하고 있다. 연구개발인력과 관련되어서는 연구개발비 및 인력 집중도, 연구개발비 및 연구원 1인당 연구개발비, 지역별 연구개발비 및 인력분포를 활용하고 있다.

표 18 | 연구개발 활동조사의 지표구성

대분류	세분류
총연구개발비	총연구개발비 현황 및 추이 재원별 연구개발비 연구개발주체별 연구개발비 연구개발비의 흐름과 구성 비목별 연구개발비 연구개발단계별 연구개발비 연구개발비의 연구분야별 현황 연구개발비의 기술분류별 현황 연구개발비의 6T 연관 비중 현황
연구개발인력	총연구개발인력의 현황 및 추이 연구개발주체별 연구원 수 학위별 연구원 수 전공별 연구원 수 성별 연구원 수
연구개발현황종합	연구개발비 및 인력 집중도 연구개발비 및 연구원 1인당 연구개발비 지역별 연구개발비 및 인력분포
기업부문 조사 결과	매출액 대비 연구개발비 기업체의 연구개발 집중도 기업유형별 연구개발 현황
주요국의 연구개발활동 통계	미국, 일본, 독일, 프랑스
산업재산권	권리별 산업재산권의 출원 및 등록건수

대분류	세분류
	부문별 특허출원 및 등록건수 국적별 특허출원 및 등록건수
기술무역	기술무역액 추이 기술수출현황 국가별 기술도입대가 지급 현황 산업별 기술도입대가 지급 현황

3) 과학기술정책연구원의 글로벌 혁신스코어보드(Global Innovation Scoreboard, GIS)

글로벌 혁신스코어보드(Global Innovation Scoreboard, 이하 GIS)는 연구개발 지표 중심의 혁신시스템 관점뿐만 아니라 환경 및 상호작용까지 관찰하는 생태계 관점에서 측정하고, 기존 혁신지수와는 다른 시각에서 국가수준의 과학기술혁신역량 평가를 시도하기 위해 과학기술정책 연구원에서 개발한 지표이다.

주체 및 환경과 이들 간 상호작용으로 지표체계로 구성되어 있으며, 생태계 관점을 반영하여 지표를 구성하였다. 주체에는 과학기술혁신을 실질적으로 추진하는 대학, 공공 연구기관, 기업이 있고, 환경에는 과학기술혁신의 기반이 되는 인력과 기술 및 자본을 공급하는 조달환경과 주체가 생산한 혁신제품이 거래되는 공간인 시장환경 그리고 정부의 지원 및 규제를 포함하여 생태계 전체를 제어하는 조정한경이 포함된다.

생태계의 특성을 반영하기 위해 우위성, 다양성, 역동성으로 지표를 구분하였는데, 우위성은 평가하고자 하는 국가의 대학, 공공 연구기관, 기업 및 조달환경, 시장환경, 조정 환경이 얼마나 우위에 있는지를 측정하였다. 다양성은 대학, 공공 연구기관, 기업의 학문분야, 협력국가, 특허 기술분야, 공동출원국가, 산업분야, 상품분야가 얼마나 다양한지를 측정하였으며, 역동성은 대학, 공공 연구기관, 기업이 얼마나 역동적인지를 대학 수 순위변동, 논문 수 순위변동, 공공 연구기관 수 순위 변동, 제품 수입액 순위 변동 등을 측정하였다.

글로벌 혁신스코어코드에서는 특허정보 직접 관련되어서는 주체가 대학일 경우, 다양성 측면에서 IPC 분류별 특허 수 분포, 공동출원국가별 특허 수 분포 지표를 활용하고 있다. 기업주체의 경우에는 특허 수, 특허 가치를 지표로 활용하고 있는 것으로 나타났으며 기술안보연관 지표로 연구원의 수, 산업분류별 기업수 분포 등을 활용하고 있었다.

표 19 | 생태계모델 과학기술혁신 지표체계

구분		우위성(42)	다양성(6)	역동성(6)
주체	대학(9)	대학 수 대학부문 연구원 수 대학부문 R&D 투자 대학 논문 수	학문분야별 논문 수 분포 협력국가별 논문 수 분포	대학 수 순위 변동 산학 공동연구 논문 수 순위 변동

구분	우위성(42)		다양성(6)	역동성(6)	
공공(9)	대학 논문 수준(Q1)				
	공공 연구기관 수 공공부문 연구원 수 공공부문 R&D 투자 공공 연구기관 논문 수 공공 연구기관 논문 수준(Q1)		IPC분류별 특허 수 분포 공동출원국가별 특허 수 분포	공공기관 수 순위 변동 공공기관 연구협력 논문 수 순위 변동	
	기업 수 기업부문 연구원 수 기업부문 R&D 투자 특허 수 특허 가치		산업분류별 기업 수 분포 상품분류별 제품 수입액 분포	초기 기업가 총활동률 제품 수입액 순위 변동	
환경	조달(12)	인력조달 환경	평균 교육 연도 디지털 숙련도 숙련자 채용 용이성 채용 및 해고 관행		
		기술조달 환경	직원 훈련 범위 직업 훈련의 질 국제 공동 발명 이해관계자 협업		
		자금조달 환경	은행의 민간부문 발전 기여 중소기업 금융 벤처 캐피탈 유용성 은행 건전		
	시장(3)	노동시장			
		제품시장			
		금융시장			
	조정(12)	정책 효율성	기업 경쟁력 촉진 경제 변화 적응 정부결정 실행 기업 활동 비저해		
		기업지원 제도 효율성	보조금의 경쟁 왜곡 불공정 경쟁 예방 사업 용이성 창업 지원 정도		
		과학기술 지원제도 효율성	기술개발 지원 환경 자금조달 용이성 법률의 혁신 촉진 재산권 보호		

4) 한국과학기술기획평가원의 국가과학기술혁신역량지수

교육과학기술부는 우리나라 과학기술 수준을 보다 종합적으로 평가하기 위해 국가과학기술혁신역량지수(COMposite Science and Technology Innovation Index, COSTII)를 개발하여

발표하고 있다. 과학기술혁신역량평가는 국가혁신시스템(National Innovation System, NIS)¹⁵⁾의 기본틀에 기초하여, 투입 → 활동 → 성과에 이르는 전주기적 활동을 포괄적으로 점검하고 있으며 과학기술혁신역량평가 모형은 자원투입에서 최종 경제적 성과에 이르는 전 과정을 자원, 활동, 네트워크, 환경, 성과 등 5개 부문으로 구조화하고 있다.

표 20 | 과학기술혁신역량지수 지표체계

부문	항목	영역지표
자원	인적 자원	<ul style="list-style-type: none"> • 총연구원수 • 인구 만 명당 연구원수 • 인구 중 박사 비율
	조직	<ul style="list-style-type: none"> • 미국 특허출원 기관수 • 세계 랭킹 100위 이내 대학수
	지식 자원	<ul style="list-style-type: none"> • 최근 15년간 SCI 논문수(STOCK) • 최근 15년간 특허수(STOCK)
활동	연구개발 투자	<ul style="list-style-type: none"> • 연구개발투자총액 • GDP 대비 연구개발투자총액 비율 • 연구원 1인당 연구개발투자 • 산업부가가치 대비 기업연구 개발투자 비율 • GDP 대비 정부연구개발예산
	창업 활동	<ul style="list-style-type: none"> • 창업활동지수(TEA) • GDP 대비 벤처캐피탈 투자금액 비율
네트워크	산·학·연 협력	<ul style="list-style-type: none"> • 연구원 1인당 산·학·연 공동특허건수 • 정부·대학의 연구개발비 중 기업재원의 비중
	기업간 협력	<ul style="list-style-type: none"> • 기업 간 기술협력
	국제 협력	<ul style="list-style-type: none"> • 연구원 1인당 국제공동특허수 • GDP 대비(해외투자+외국인투자) 비율
환경	지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> • 1-B 지수(연구개발에 대한 조세지원) • 지식재산권 보호 정도
	물적 인프라	<ul style="list-style-type: none"> • 광대역 통신망 속도 • 전체 사회기반시설의 품질*
	문화	<ul style="list-style-type: none"> • 새로운 문화에 대한 태도 • 학교에서 과학교육이 강조되는 정도
성과	경제적 성과	<ul style="list-style-type: none"> • 국민 1인당 산업부가가치 • 하이테크산업의 제조업 수출액 비중 • 기술수출액
	지식 창출	<ul style="list-style-type: none"> • 연간 특허수 • 연간 연구개발 투자 대비 특허건수 • 연구원 1인당 SCI 논문수 및 인용도

15) 국가혁신시스템이란, 특정 국가 내에서 새롭고 경제적으로 유용한 지식의 창출, 확산, 활용을 위하여 상호작용하는 구성요소 및 관계의 집합(Lundvall, 1992)으로 정의된다.

제2절

국가 주요 핵심기술 선정 평가항목

우리나라는 국가경쟁력을 높이고 급격하게 변화하는 글로벌 위기 상황 속에서 국가를 위협하는 요인들을 효과적으로 대비하고 대응하기 위해 관련 법률을 제·개정하고 다양한 제도를 마련하고 운영하고 있다. 국가안보를 위협하는 국내외 다양한 위협에는 군사적 위협과 비군사적 위협이 모두 포함되나, 우리나라의 국가안보에 대한 대비·대응은 대부분 군사적 위협을 중심으로 이루어져 왔고 국가안보를 목적으로 하는 기술도 국방과학기술이 대상이 되는 경우가 다수였다. 그러나 국가안보전략에서 첨단기술 및 산업, 신흥기술 안보 이슈가 증가하고 주요 외교활동에서도 과학기술, 공급망 이슈가 핵심의제가 되는 상황이 지속됨에 따라 우리나라도 최근 국가안보차원에서 기술을 보호육성하기 위한 관련 법을 제·개정하고 정책 및 제도를 강화하고 있다.

현재 우리나라는 크게 국방과 산업관점에서 국가핵심기술을 규정하여 관리하고 있다. 국방과학기술은 방위산업 기술로써 「방위산업기술보호법」에서 관할하고 있으며, 일반산업기술은 국가핵심기술, 산업기술 등으로 「산업기술보호법」에서 관할하고 있다. 「산업기술보호법」에서는 제품 또는 용역의 개발·생산·보급 및 사용에 필요한 제반 방법 내지 기술상의 정보 중에서 행정기관의 장이 산업경쟁력 제고나 유출방지 등을 위하여 지정한 기술인 ‘산업기술’과 국내외 시장에서 차지하는 기술적·경제적 가치가 높거나 관련 산업의 성장잠재력이 높아 해외로 유출될 경우에 국가의 안전보장 및 국민경제의 발전에 중대한 악영향을 줄 우려가 있는 기술인 ‘국가핵심기술’을 대상으로 하고 있다.

표 21 | 산업기술관련 법령상의 산업기술 개념

기술	개념	법령	
국가핵심기술	국내외 시장에서 차지하는 기술적 경제적 가치가 높거나, 관련 산업의 성장잠재력이 높아 해외로 기술이 유출될 경우 국가의 안전보장 및 국민경제의 발전에 중대한 악영향을 줄 우려가 있는 기술	산업기술보호법	
산업기술	방위산업기술	방위산업과 관련된 국방과학기술 중 국가안보 등을 위하여 보호되어야 하는 기술	방위산업기술보호법
	첨단기술	기술집약도가 높고 기술혁신속도가 빠른 기술	산업발전법
	산업신기술	국내에서 최초로 개발된 기술 또는 기존 기술을 혁신적으로 개선·개발한 우수한 기술을 신기술로 인정	산업기술혁신촉진법
	핵심부리기술	국내외 시장에서 차지하는 기술적·경제적 가치가 높거나 국내 주력 산업 및 신성장동력 산업에 미치는 파급효과가 높아 국가 산업의 유지·발전을 위해 정부의 지원이 필요한 부리기술	부리산업 진흥과 첨단화에 관한 법률

기술	개념	법령
보건핵심기술	신기술개발을 촉진하고 그 성과를 널리 보급하기 위하여 우수한 보건의료 기술을 보건신기술로 인증	보건의료기술진흥법
환경신기술	기존의 기술과 비교하여 신규성과 우수성이 있다고 평가하여 인증한 기술	환경기술 및 환경산업 지원법
건설신기술	국내에서 최초로 특정건설기술을 개발하거나 기존건설기술을 개량한 자의 신청을 받아 그 기술을 평가하여 신규성, 진보성 및 현장적용성이 있을 경우, 그 기술	건설기술진흥법

출처: 산업기술 정의(별류 제2조), 산업보안 정보도서관, <https://www.is-portal.net/institution01>(최종 접속: '22.10.9)

산업기술보호법상 국가핵심기술은 “국내외 시장에서 차지하는 기술적 경제적 가치가 높거나 관련 사업의 성장잠재력이 높아 해외로 유출될 경우에 국가의 안전보장 및 국민경제의 발전에 중대한 악영향을 줄 우려가 있는 기술”로 정의하고 있다. 국가핵심기술을 선정할 때에는 ① 국가안보 및 국민경제에 미치는 파급효과 ② 관련제품의 국내외 시장점유율 ③ 해당 분야의 연구동향 및 기술확산과의 조화가 고려사항이다.¹⁶⁾ 이와 관련하여 국가핵심기술 선정 시 고려사항으로 국가안보, 경제안보, 기술수준, 기술의 파급력 등을 기준으로 하고 있다.

▮ 표 22 ▮ 국가핵심기술 선정 기준(산업기술보호법)

선정기준 ¹⁷⁾
① 해당 기술의 국방상 중요성 등 국방·치안 등에 대한 영향
② 해당 기술 확보 난이도, 해당 산업의 성장에 미치는 영향, 산업의 대외경쟁력 등 해당 기술 분야에 대한 영향
③ 연관 산업의 파급효과 등 전체 산업에 대한 영향
④ 수출, 고용, 지역경제 등 국민경제기반 및 경제적 후생에 대한 영향
⑤ 기타 위원회 및 전문위원회에서 중요하다고 인정한 사항

국가안보의 차원에서 국가적으로 그 중요성이 매우 높고 유출되는 경우 중대한 악영향이 우려되는 방위산업기술은 ‘국가안보’를 중요한 요소로 정한 반면, 그 외 산업기술은 기술의 육성이 중요한 기술들로 시장전망을 고려하는 기술획득의 난이도, 기술확산효과를 고려하거나 신기술인증에 관한 산업기술은 기술의 신규성, 경제성, 현장 적용성을 선정 요건으로 정하고 있다.

16) 산업기술보호법 제9조 제2항.

17) 국가핵심기술 지정 등에 관한 고시 제3조.

표 23 | 산업기술 선정기준

산업기술	선정기준
첨단기술	1. 기술집약도가 높고 기술혁신 속도가 빠른 분야 2. 신규수요 및 고부가가치를 창출하는 분야 3. 기술적·경제적 파급효과가 크고 기술·경제적 비교우위 확보가 가능한 분야 4. 기타 자원 및 에너지절약, 생산성향상, 환경보전 효과가 큰 분야
방위산업기술	1. 해당 기술이 국가안보에 미치는 영향 2. 해당분야의 연구동향 등
핵심부리산업	1. 주력산업 및 신성장동력산업의 성장에 미치는 파급효과 2. 수출, 고용 등 국민경제 기반에 미치는 영향 3. 관련 제품의 국내외 시장점유율 4. 해당 기술의 확보 난이도 등 해당 분야의 연구동향 5. 해당 부리산업 및 연관 산업으로의 기술 확산 효과 6. 평가위원회에서 중요하다고 인정한 사항
산업신기술	기술성, 경제성, 경영성 및 상용화 개발자금 지원 필요성, 시제품 성능, 품질경영
보건핵심기술	기술성, 경제성, 환경성, 공익성
환경신기술	신규성, 기술성능, 현장적용성
건설신기술	신규성, 진보성, 경제성, 현장적용성, 보급성

자료: 각 법령 내용 정리

이후 우리나라는 2019년 7월부터 전개된 일본과의 반도체무역마찰을 계기로 인해 ‘소재·부품·장비경쟁력 강화대책’을 발표¹⁸⁾하며 소재부품장비산업의 경쟁력 강화를 위한 법제를 제정하고 제도를 본격적으로 마련하였다. 동 발표에서는 공급안정성 등 국가안보 측면, 시장 규모는 작더라도 주력산업과 차세대 신산업의 공급망에 결정적 영향을 미치는 전략적 핵심품목에 집중하여 ‘100대 핵심전략품목¹⁹⁾’을 선정하여 발표하였다. 핵심전략품목은 일본의 1,194개의 전략물자와 4,708개의 소재·부품·장비 전체 품목을 대상으로 분석 기준을 적용하여 이에 대한 업계 의견과 전문가 검토를 거쳐 선정되었다. 100대 핵심품목선정을 위한 5가지 주요 분석기준을 제시하였는데 안보/산업 측면, 대체 가능성, 기술 수준, 특정국가 의존도, 주력신산업연관성 등을 주요 분석기준으로 설정하였다.

18) 관계부처 합동(2019.8.5), “대외의존형 산업구조 탈피를 위한 「소재·부품·장비 경쟁력 강화대책」.

19) 반도체, 디스플레이, 자동차, 전자전자, 기계금속, 기초화학의 6대 분야 100개 품목 선정

반도체	불산 등 관련 핵심 소재 및 장비 부품 등 13개
디스플레이	공정용 화학 소재, 정밀 결합 소재 및 장비 등 11개
자동차	센서 등 자동차 부품, 경량 소재(차체, 부품) 등 13개
전기전자	배터리 핵심 소재, 광학렌즈, 신소재 전자 부품 등 19개
기계·금속	금속가공장비, 초정밀 합금, 금속제조용 분말 등 39개
기초화학	불화계 화학 소재, 고정밀 접착 소재 등 5개

표 24 | 100대 핵심전략품목 주요 분석기준

구 분	분석기준
① 안보/산업 측면	외부 수급 충격에 따른 국내 산업 생산에 미치는 영향
② 대체 가능성*	국내외 대체생산 기업의 존재 여부
③ 기술 수준	국내기업의 기술수준과 기술력 확보 가능성
④ 특정 국가 의존도	수입 규모와 비중이 높은 품목
⑤ 주력·신산업 연관	반도체, 자동차, 이차전지 등 주력신산업 생산 연관성

우리나라정부는 소재·부품·장비경쟁력 강화대책의 후속조치로써 「소재부품장비경쟁력강화를 위한 특별조치법(이하 소재부품장비산업법)」 제정(2020.4.1. 시행)을 통해 ‘핵심전략기술’을 관리하고 있다. 소재부품장비산업법의 핵심기술은 소재 부품 장비 중 산업가치사슬에서 원활한 생산과 투자 활동을 위하여 핵심적 기능을 하는 기술로서 제12조에 따라 선정된 기술을 말한다. 제 12조에서는 핵심전략기술을 선정함에 있어서 ① 국가 및 산업활동과 관련한 전략적·안보적 중요성, ② 특허 보유 여부 등 국내 기술수준과 산업화 단계, ③ 교역규모 및 국제 분업구조, ④ 산업별 생산과 투자에 미치는 영향, ⑤ 시장성장 전망 등 미래 유망성, ⑥ 그 밖에 소재·부품·장비산업의 경쟁력 강화를 위하여 필요하다고 인정하는 사항을 고려해야 한다고 명시하고 있다.

표 25 | 핵심전략기술 선정기준(소재부품장비산업법)

선정기준
① 국가 및 산업활동과 관련한 전략적·안보적 중요성
② 특허 보유 여부 등 국내 기술수준과 산업화 단계
③ 교역규모 및 국제 분업구조
④ 산업별 생산과 투자에 미치는 영향
⑤ 시장성장 전망 등 미래 유망성

최근 우리 정부는 미·중 무역분쟁, 글로벌 공급망의 재편 등 각 국가의 첨단산업 기술 선점을 위한 경쟁국 간의 기술 확보 노력이 치열해지고, 반도체 등 첨단산업 주도권 경쟁이 심화되는 최근 상황을 고려하여 「국가첨단전략산업 경쟁력 강화 및 보호에 관한 특별조치법(이하 국가첨단전략산업법)」을 제정하고 2022년 8월 시행하였다. ‘국가첨단전략산업’ 및 ‘국가첨단전략기술’을 새로이 정의하고, 관련 산업을 강력히 육성·보호하기 위한 방안을 담고 있다.²⁰⁾

20) 「산업기술보호법」이 ‘산업기술’(제품 또는 용역의 개발·생산·보급 및 사용에 필요한 제반 방법 내지 기술상의 정보 중에서 행정기관의 장이 산업경쟁력 제고나 유출 방지 등을 위하여 지정한 기술)이나 ‘국가핵심기술’(국내외 시장에서 차지하는 기술적·경제적 가치가 높거나 관련 산업의 성장잠재력이 높아 해외로 유출될 경우에 국가의 안전보장 및 국민경제의 발전에 중대한 악영향을 줄 우려가 있는 기술)을 대상으로 하고 있는 반면 국가첨단전략산업법은 전략기술, 즉 ‘공급망 안정화 등 국가·경제 안보에

표 26 | 국가전략기술 선정기준(소재부품장비산업법)

선정기준
① 해당 기술이 산업 공급망 및 국가·경제 안보에 미치는 영향
② 해당 기술의 성장잠재력과 기술난이도
③ 해당 기술이 다른 산업에 미치는 파급효과
④ 해당 기술이 가지는 산업적 중요성
⑤ 해당 기술이 수출·고용 등 국민경제에 미치는 영향
⑥ 그 밖에 대통령령으로 정하는 사항 <ul style="list-style-type: none"> 1. 해당 기술의 국내 수준과 산업화 단계 2. 해당 기술의 교역규모 및 국제 시장 동향

우리나라도 주요국과 마찬가지로 핵심기술에 대한 연구개발뿐만 아니라 대외무역법을 통해 해외로 우리의 우수기술이 유출되는 것을 막고 있다. 우리나라는 대외무역법²¹⁾을 통해 국제수출 통제체제 합의에 따라 국제평화, 국가안보를 위해 수출허가 등 비확산조치가 필요한 기술에 대해 수출을 금하고 있다. 수출금지기술은 4대 체제(바세나르체제, 핵공급국그룹, 미사일기술통제체제, 호주그룹), 3개 비확산조약(화학무기금지협약, 생물무기금지협약, 핵확산금지조약)에서 회원국들이 통제 품목으로 합의하였으며 기술의 난이도보다 군사적 활용성을 고려, 전략물자수출입 고시 이중용도나 군용에 사양을 특정하여 구체적으로 규정하였다. 그 외에도 방산기술보호법²²⁾에 따라 방위산업과 관련한 국방과학기술 중 국가안보 등을 위해 보호되어야 하는 기술에 대해 ① R&D 수행, ② 수출·국내이전, ③ 유출·침해 시 보호대책 및 교육, 비용지원을 명시하고 있다. 현재 방산기술보호법에 의해 보호 받는 기술은 센서, 정보통신, 제어전자, 탄약/에너지, 추진, 화생방, 소재, 플랫폼/구조, 8대 분야 등 45개 분류 123개 기술이 해당된다.

미치는 영향 및 수출·고용 등 국민경제적 효과가 크고 연관산업에 미치는 파급효과가 현저한 기술'을 그 대상으로 하고 있어 적용대상 기술 범위나 지정목적 및 효과에 있어서 차이가 있다.

21) 대외무역법 제19조 제1항, 시행령 제32조의2(수출허가 등의 제한이 필요한 기술) ... 국제수출통제체제에서 정하는 물품의 제조·개발 또는 사용 등에 관한 기술 ...

22) 방산기술보호법 제2조.

표 27 | 산업기술 관련 법률 및 제도에서 정하는 각 기술 선정 고려요소 요약

기술명	설명	고려요소	근거법	
국가 핵심기술 ²³⁾	국내외 시장에서 차지하는 기술적 경제적 사치가 높거나, 관련 산업의 성장잠재력이 높아 해외로 기술이 유출된 경우 국가의 안전보장 및 국민경제의 발전에 중대한 악영향을 줄 우려가 있는 기술	해당 기술의 국방상 중요성 등 국방 치안에 대한 영향	「산업기술보호법」	
		해당 기술의 확보 난이도, 해당 산업이 성장에 미치는 영향, 산업의 대외 경쟁력 등 해당 기술분야에 대한 영향		
		연관 산업의 파급효과 등 전체 산업에 대한 영향		
		수출, 고용, 지역경제 등 국민경제 기반 및 경제적 후생에 대한 영향		
		기타 산업기술보호위원회 및 산업기술보호 전문위원회에서 중요하다고 인정한 사항		
핵심부리기술	국내외 시장에서 차지하는 기술적·경제적 가치가 높거나 국내 주력산업 및 신성장동력 산업에 미치는 파급효과가 높아 국가 산업의 유지·발전을 위해 정부의 지원이 필요한 부리기술	주력산업 및 신성장동력산업의 성장에 미치는 파급효과	「부리산업 진흥과 첨단화에 관한 법률」	
		수출, 고용 등 국민경제 기반에 미치는 영향		
		관련 제품의 국내외 시장점유율		
		해당 기술의 확보 난이도 등 해당 분야의 연구동향		
		해당 부리산업 및 연관 산업으로의 기술 확산 효과 평가위원회에서 중요하다고 인정한 사항		
10대 국가필수전략 기술 ²⁴⁾	공급망·통상, 국가안보, 신산업 관점에서 '국가 흥망'에 영향을 줄 만큼 중요하면서 10년 내 선도국을 능가할 기술주도권 확보가 가능한 기술을 우선선별	전략적 중요성	공급망·통상: 공급망 차단 시 대체 불가능하고 대외 협상가치가 높은 기술	'국가 필수전략기술 선정 및 육성보호전략'을 관계부처 합동 발표
			국가안보 국방활용도가 높으면서 국가 간 통제로 도입이 어려운 기술	
		가능성과 시급성	신산업육성 신산업 창출 잠재력이 높고 기존산업을 혁신할 가능성이 높은 기술	
			기술주도권 확보가능성: 국가 역량 집중 시 기술주도권을 확보할 수 있고 민간투자 등 민간 시너지를 창출할 수 있는 기술	
			지원의 시급성: 국가 간 기술유출 및 분쟁 발생 가능성이 높아 신속하게 육성이 필요한 기술	
핵심전략기술 ²⁵⁾	소재·부품·장비 중 산업 가치사슬에서 원활한 생산과 투자 활동을 위하여 핵심적 기능을 하는 기술	국가 및 산업활동과 관련한 전략적·안보적 중요성	「소재부품장비 산업법」	
		특허 보유 여부 등 국내 기술수준과 산업화 단계		
		교역규모 및 국제 분업구조		
		산업별 생산과 투자에 미치는 영향		
		시장성장 전망 등 미래 유망성 그 밖에 소재·부품·장비산업의 경쟁력 강화를 위하여 필요하다고 인정하는 사항		

23) 「국가핵심기술 지정 등에 관한 고시」 별표에서 열거하고 있다. 반도체(11개), 디스플레이(2개), 전기전자(4개), 자동차·철도(9

기술명	설명	고려요소	근거법
국가첨단전략 기술 ²⁶⁾	공급망 안전화 등 국가경제안보에 미치는 영향 및 수출 고용 등 국민경제적 효과가 크고 연관 산업에 미치는 파급효과가 현저한 기술	해당 기술이 산업공급망 및 국가·경제안보에 미치는 영향	「국가첨단전략 산업법」
		해당 기술의 성장잠재력과 기술난이도	
		해당 기술이 다른 산업에 미치는 파급효과	
		해당 기술이 가지는 산업적 중요성	
		해당 기술이 수출·고용 등 국민경제에 미치는 영향	

개), 철강(9개), 조선(8개), 원자력(5개), 정보통신(7개), 우주(4개), 생명공학(4개), 기계(7개), 로봇(3개) 등 12개 분야의 73개 기술이 지정 및 고시되어 있다('22년 기준).

24) 10대 국가필수전략기술로는 인공지능, 5G·6G, 첨단바이오, 반도체·디스플레이, 이차전지, 수소, 첨단로봇·제조, 양자, 우주·항공, 사이버보안이 선정되었다.

25) (반도체) 17개 (디스플레이) 10개, (자동차) 13개, (기계금속) 38개, (전기전자) 18개, (기초화학) 4개, (백신 및 첨단바이오헬스케어) 4개.

26) '22년 8월 4일 시행.

제3절

사례조사를 통한 기술안보관점의 평가항목

가. 일본의 對한국 수출규제로 반도체 및 디스플레이 산업 충격

1) 문제 상황 개요

일본 경제산업성은 2019년 7월 1일 ‘대한민국 수출관리운용의 재검토’ 발표 및 법률개정을 통해 한국을 화이트국가에서 제외함으로써 외교갈등이 무역 갈등으로 발전하였다. 일본은 2019년 7월 4일부터 플루오린 폴리이미드(FPI), 포토레지스트(감광액), 에칭가스(고순도 불화가스) 세 가지 품목에 대한 포괄적 수출 허가 대상에서 제외하고 개별수출 허가신청으로 개정하였다. 이 품목들은 반도체와 디스플레이 제조에 사용되는 주요 소재로 플루오린 폴리이미드는 스마트폰 디스플레이 등에, 포토레지스트는 반도체 기판 제작 때 쓰는 감광제로, 에칭가스(고순도 불화수소)는 반도체 세정에 사용된다. 이전까지 한국은 포괄적 수출 허가 대상에 있었기 때문에 이들 품목 수입에 아무런 규제를 받지 않았으나, 한국이 이들 품목에 대한 포괄적 수출 허가 대상에서 제외됨에 따라 일본에서 이들 제품을 한국에 수출하려면 90일 가량 걸리는 일본 정부 당국의 승인을 거쳐야 하기 때문에 반도체, 디스플레이 산업이 타격을 받았다.²⁷⁾

한국 기업들은 일본에서 수출은 규제한 품목들에 대해 거의 전적으로 일본 제품에 의존해 왔는데, 한국무역협회에 따르면 국내 기업이 2018년 수입한 리지스트의 93.2%는 일본산이었으며 플루오린 폴리이미드는 84.5%가 일본산이었다. 에칭가스는 국내에서 일본의 시장점유율이 70% 수준이라고 한다.²⁸⁾ 이에 반도체 산업의 비중이 큰 우리나라에 악영향을 미치며, 나아가 우리나라와의 무역에서 오랜 기간 흑자를 기록하던 일본의 기업과 우리나라로부터 반도체를 공급받던 세계 기업들 역시 타격을 받을 것이 예상된다.²⁹⁾

또한 2019년 8월 일본은 우리나라를 안보상 우호국가인 백색국가에서 제외하였다. 일본 수출 업체들은 그동안 한국에 전략물자를 수출할 때 ‘일반 포괄 허가’(3년 단위 1번 허가)를 받으면

27) 일본 수출 규제의 이유와 품목 현황, 결과는 불매운동?, kiwi 금융정보, 2019.7.12., <https://blog.naver.com/kbsavingsbk/2215841835288> (2022.9.6. 최종 접속).

28) 일본 수출 규제의 이유와 품목 현황, 결과는 불매운동?, kiwi 금융정보, 2019.7.12. <https://blog.naver.com/kbsavingsbk/2215841835288>; 일본 수출규제 대처 방법은 러시아 불화수소(에칭 가스) 수입?, kiwi 금융정보, 2019.7.26., <https://blog.naver.com/kbsavingsbk/221596567583> (2022.9.6. 최종 접속).

29) 불화수소(에칭 가스)를 생산하는 일본 회사의 경우 제품의 100%를 한국에 공급하기 때문에, 한국 수출이 막힌다면 일본 회사도 어려움에 직면하게 된다.

됐지만, 이제는 군사 전용 우려가 있을 경우에는 원칙적으로 수출 때마다 허가를 받아야 한다.³⁰⁾

2) 정부의 대응

일본의 우리나라에 대한 수출규제 극복을 위하여 우리 기업과 정부는 일본에 대한 소재, 부품, 장비에 대한 의존에서 벗어나 공급망을 다변화하고 국산화를 모색하는 등의 다음과 같은 적극적 대응정책을 추진하고 있다.

표 28 | 일본의 수출규제에 대한 우리 기업과 정부의 대응 정책

국내 생산 확대 (국산화)	솔브레인, SK머티리얼즈, 램테크놀로지, 이엔에프테크놀로지 등이 국내 기업, 고순도 불화수소 국산화 성공
국내 R&D 지원	(과기부, 국산화 R&D 로드맵) 1단계: 시급성이 높은 기업 수요를 반영한 연구지원 방안, 2단계: 원천 소재 자립화를 위한 중장기적인 R&D 지원 (한국연구재단) 장기적인 국산화 로드맵 구축을 위해 소재 혁신 개발 분야 신규 기획
공급망 다변화	대만, 중국, 미국 등을 통해 불화수소 등 공급선 추가 확보 ※ 러시아 불화수소 수입 검토 → 국내 반도체 업체의 실증테스트에서 모두 탈락, 결국 무산

자료: 관련보도자료 재구성

이와 같이 우리 정부와 산업계가 불화수소 등에 대한 국산화에 공급망 다변화를 추진한 결과로 일본산 ‘불화수소’ 수입액이 17년 만에 1000만 달러 아래로 내려왔다. 산업통상자원부에 따르면 2020년 일본산 불화수소 수입액은 938만 달러로 일본의 수출규제 직전해인 2018년(6686만 달러)보다 86% 줄었다. 50%에 육박하던 불화수소의 일본 의존도를 10%대로 낮췄고, 불화플리미드는 자체 기술 확보에 이어 수출까지 이뤘으며, 국내 산업에서 높은 비중을 차지하는 100대 핵심품목에 대한 일본 의존도를 25%까지 줄였다. 니혼게이자이신문에 따르면 삼성전자에 불화수소를 공급하던 스텔라케미파와 모리타케미칼은 일본 정부의 수출규제 조치 이후 수출에 어려움을 겪으면서 연간 60억 엔(약 612억 원) 수준의 매출 타격을 입었다.³¹⁾

3) 기술안보 관점에서 이슈

일본의 우리나라에 대한 무역제제는 첨단기술분야에 대해 자국자립력을 키우기보다는 해당 기술을 일본에 의존하면서 발생한 것으로 볼 수 있다. 물론 반도체 기술의 경우 최첨단 기술로 공급망을 다변화하는 데 어려움이 있다. 특히 첨단기술의 외부효과(externality)로 인하여 기술

30) 일본, 한국 ‘백색 국가’ 제외 시행, 한겨레, 2019.8.28.자 보도, <https://www.hani.co.kr/arti/international/japan/907429.html> (2022.9.6. 최종 접속).

31) 보복은 커녕 ‘역풍’ 맞은 日…수출규제 2년, 한국이 이겼다, 한국경제 2021.7.2.자 보도, <https://www.hankyung.com/economy/article/202107021759g> (2022.9.6. 최종 접속)

을 선점한 국가들에게 해당 기술의 수입을 의존하게 되면서 국가 간 상호의존성이 더욱 심화되는 측면이 있으며, 이는 국제위기 등 긴급 상황 발생 시 대외의존도가 높은 첨단기술 제품에 대한 수급 교란으로 인한 국가안보 문제를 초래할 수 있다. 선진국들은 대체로 첨단기술에 기반한 군사 시스템을 갖추고 있어 국제정치적 상황의 변화로 인한 위협이 감소되고 있는 측면도 있으나, 시스템을 운영하기 위한 구성 요소들은 해외 생산에 의존하고 있어 통제가 어렵기 때문에 취약성에 대한 우려가 상대적으로 더욱 크다고 할 수 있다.³²⁾

나. 중국의 요소수 수출 제한으로 인한 요소수 품귀 사태

1) 문제 상황 개요

2021년 10월 중국 해관총서(우리나라 관세청)에서 요소를 비롯해 화학 비료 관련 29개 품목에 대해 수출 전 검사 절차를 추가하는 규제를 발표하였다. 주로 농업용, 산업용, 경유(디젤) 차량용으로 쓰이는 요소는 경제성 때문에 2010년대 초부터 중국 내의 석탄으로부터 주로 생산되어 왔다. 그런데 2021년 중국 내 석탄이 부족해지자, 중국 정부가 석탄과 더불어 요소 등 석탄으로부터 만들어지는 물질의 생산과 수출을 통제하게 된 것이다. 이에 세계적으로 요소 부족 현상이 발생했고 특히 요소 수입량의 97%를 중국에 의존하던 우리나라에서는 일시적으로 요소 및 요소수의 품귀 현상이 발생하게 되었다.

2020년 기준으로 한국은 83만 톤의 요소를 수입했는데, 47만 톤이 농업용, 29만 톤이 산업용, 8만 톤이 차량용이다. 농업분야는 요소 그 자체로 원료로 쓰이고, 산업용은 요소함유량 40.8%, 차량용은 요소함유량 32.5%다. 산업용과 차량용 요소수의 함량이 달라서 기계 내부 손상을 막으려면 정제가 완전해야 하는데, 이에 대한 검토가 이뤄지고 있다.³³⁾ 요소수 대란으로 화물운행과 물류가 막혀 산업과 경제가 정지하는 상황에 직면할 수 있었다. 또한, 특정 상품의 조달을 중국에 의존하는 것이 올바른 것인지에 대한 회의론과 함께 공급망의 다변화 필요성이 증가되었으며, 일반 소비자들에게도 디젤차의 인기가 급감하여, 한국에서 디젤차 퇴출의 가속화와 함께 친환경차 전환의 시발점이 되었다.

이러한 요소수 부족 사태에는 주요한 몇 가지 원인이 있었다. 첫째, 요소의 수요 증가에 있다. 2008년, 유럽 배출가스 기준의 유로4 등급부터 일부 대형 화물차 등 고출력 디젤 엔진에 SCR이

32) 이효영(2022.3.), 경제안보의 개념과 최근 동향 평가, IFANS 주요국제문제분석, 국립외교원 외교안보연구소, 2022(8), 10-11.

33) [요소수 대란] 농업용·산업용 요소, 차량용 전환 왜 어렵나, 뉴스핌, 2021.11.4.자 보도, <https://m.newspim.com/news/view/20211104000578> (2022.9.6. 최종 접속).

적용되면서 요소수가 요구되기 시작하여,³⁴⁾ 점진적으로 강화되는 환경 규제에 따라 중·소형 화물차에까지 확대되어 적용되었기 때문에 사실상 현재 출고되는 대부분의 경유(디젤)차에 있어서 필수화(의무화)되었다. 요소수는 요소와 정제수의 혼합이며, 이는 만들기 쉽고 한국도 생산설비가 있으나, 문제는 요소다. 요소는 이산화 탄소와 암모니아의 화합물이며, 암모니아는 수소와 질소의 화합물이다. 이산화 탄소는 세계 모든 분야에서 나오므로 포집만 해서 쓰면 되고, 질소는 공기를 활성탄에 붙여주면 생산되는데 활성탄의 재료는 무궁무진하다. 따라서, 문제는 수소 생산의 경제성이다.

둘째, 중국의 수소 생산에 대한 의존의 심화였다. 전기분해로 친환경적으로 수소를 생산하는 방법을 그린 수소라고 부르며, 석탄 등의 화석연료로 수소를 생산하는 방법을 그레이 수소라고 부른다.³⁵⁾ 현재는 그레이 수소가 전체 생산량의 99%에 달하여 수소경제가 비환경적이라는 비판을 받고 있는 것이다. 중국이 세계 절반의 석탄을 생산하고 있고 수소생산이 저렴하여 전 세계에 중국에 의존하게 된 것이다. 그러나 중국은 ‘푸른 하늘 계획(청천계획)’ 등을 시작하여 자국 내 석탄 생산량을 지속적으로 감축시키는 정책을 발표하였다.³⁶⁾ 유엔 총회에서 시진핑 주석이 2030년까지 탄소배출 감소세 전환, 2060년 탄소 중립을 약속하고 각 성마다 수천만 톤의 생산량을 줄이게 된다.³⁷⁾ 더불어 전 세계가 위드 코로나로 넘어감에 따라 제조업 전력이 많이 필요해지고, 지구 온난화로 냉방 전력도 많이 필요해져 예상보다 석탄을 많이 사용하게 되었다.³⁸⁾ 그러나 중국의 석탄 수입 차선택이었던 아프리카 기니에서 쿠데타가 발생하여 중국 내 석탄 공급이 어려워지며, 산서성 대홍수로 중국 내의 석탄 채굴장들이 침수되어 제 역할을 수행하지 못하게 되었다.³⁹⁾ 이러한 중국 내의 석탄 부족으로 전기 생산과 화학산업에 차질이 생기게 되었다.

이러한 상황 속에서 중국 정부는 수출인 통관 업무를 총괄하는 해관총서를 통해 요소를 포함

34) SCR은 selective catalytic reduction의 약자로, 산소와 반응을 하는 일반적인 자동차용 촉매저감장치와는 달리 배기가스 내의 질소산화물(NOx)만을 선택적으로 저감하는 촉매장치이다. 제철소등의 일반산업체에서 질소산화물 저감에 이미 안정적으로 사용되어 온 기술이며, 대형디젤엔진의 연비손실을 최소화하는 질소산화물 저감기술로 자리 잡아가고 있다. 최근에는 북미의 강화된 자동차 배출가스 규제에 대응하기 위해, 북미 시장진입을 노리는 디젤 승용 및 경화물차에 채택되어 개발이 활발히 진행 중이다(클린 디젤의 필수장치 선택환원촉매(SCR)의 모든 것, Global Auto News, 2008.2.1.자 보도, http://global-autonews.com/bbs/board.php?bo_table=bd_009&wr_id=399 (2022.9.6. 최종 접속).

35) 수소에너지에도 종류가 있다. 그레이수소, 블루수소, 그린수소란?, 현대자동차그룹(2021.8.18.), <https://www.hyundai.co.kr/story/CONT0000000000001839> (2022.9.6. 최종 접속).

36) 中 정부, 2022년 베이징동계올림픽 앞두고 대기질 개선 조치 착수, 서울경제 2018.7.4.자 보도, <https://www.sedaily.com/NewsVlew/1S1YD1CX58> (2022.9.6. 최종 접속).

37) 시진핑 “中, 2060년까지 탄소 중립 달성”, 서울경제 2020.9.23.자 보도, <https://www.sedaily.com/NewsVlew/1Z7YT2D732> (2022.9.6. 최종 접속).

38) 박민숙(2021.10.19.), [동향세미나] 중국, 전력난 발생 원인과 전망, CSF 중국전문가포럼, https://www.emerics.org:446/issueInfoView.es?article_id=43790&mid=a20100000000&board_id=21&search_option=&search_keyword=&search_year=&search_month=¤tPage=1&pageCnt=10 (2022.9.6. 최종 접속).

39) 하필 석탄 광산 지역에 홍수가…‘전력난’ 中 옆친 데 뚫렸다, 머니투데이, 2021.10.11.자 보도, <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2021101112022888304> (2022.9.6. 최종 접속).

하여 29개 화학 비료 관련 원료 품목들에 대해 검사 절차를 추가하는 규제를 신설하였으며, 2021년 10월 15일부터 수출을 통제하기 시작했다.⁴⁰⁾

2) 정부의 대응

우리나라에서는 산업분야에서 요소수 부족 현상이 먼저 나타났지만, 전 세계 요소 부족 대란은 유럽에서 비료 생산용 요소 부족 문제로 먼저 나타났다. 요소수 부족은 국지적으로 나타나지만, 비료용 요소 부족은 식량난과 연계되어 전 세계적인 문제로 나타났다.⁴¹⁾ 또한 산업용 요소수 부족으로 전력망이 닿지 않는 도서산간 지방에는 아직도 디젤발전기를 돌리는데, 여기에도 산업용 요소수가 사용되므로 이들이 전기의 혜택을 잃을 수 있다. 또한 산업 및 건물의 비상용 발전기들도 대부분 디젤발전기여서 만에 하나 요소수가 없는 상태에서 정전 사태를 맞으면 공장이 셧다운되거나 컴퓨터의 정보를 유실할 위험이 있다. 상선(어선, 여객선, 화물선)에도 경유 엔진이 주로 사용되고 산업용 요소수를 사용한다. 요소수 없는 운행을 허용하지 않으면 섬과 내륙을 오가는 여객과 화물 그리고 어업에 타격이 올 수 있다.

요소수 부족으로 인한 문제는 경유(디젤) 엔진 차량 운행과도 직결되었다. 국내 자동차 2천 2백만 대 가운데 950만 대가 경유 차량이다.⁴²⁾ 요소수 품귀 현상이 시작되면서 경유차 가격 상승과 물량 부족으로 이어졌다. 디젤 화물차의 운행 중단으로 인한 물류대란, 버스운행 중단으로 인한 여객운송 차질도 발생하였다.⁴³⁾ 요소수를 필요로 하는 굴착기, 크레인 등 건설기계들이 멈추면 전국의 건설 현장들이 멈추며 건설 사업자들이 막대한 손실을 볼 수 있으며, 그 외 ‘덤프트럭’, ‘레미콘트럭’ 등 역시 모두 요소수를 필요로 한다.⁴⁴⁾

살펴본 바와 같이 요소수의 부족이 미치는 영향은 식량안보, 물류 및 교통대란, 국가 기본안정, 국민의 일상생활 등 전 영역에 걸쳐 방대하다. 그러나 요소의 생산은 기술적 난이도가 매우 낮아 전 세계 개발도상국 곳곳에서 생산되므로 단기 수급이 문제일 뿐 장기적으로 수급 문제

40) [요소수 대란] 미중 무역전 불똥, 원료 석탄부족 비료공급 차질 우려, 中 요소수출 전격 규제, note 뉴스, 2021.11.4.자 보도, <https://news.nate.com/view/20211104n27967> (2022.9.6. 최종 접속); 중국 해관총서고시, 海矣总署公告2021年第81号 (关于调整必须实施检验的进出口商品目录的公告), <http://www.customs.gov.cn/customs/302249/2480148/3946909/index.html> (2022.9.6. 최종 접속).

41) 요소 등 가격 급등…“비료 1톤이 쌀 1톤보다 비싸” 식량난 우려, 한겨레, 2021.11.8자 보도, https://www.hani.co.kr/arti/international/international_general/1018388.html (2022.9.6. 최종 접속).

42) ‘클린디젤 정책’ 10년 만에 폐기…“경유차 늘릴 땐 연제고”, KBS NEWS, 2018.11.8.자 보도, <https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=4069731> (2022.9.6. 최종 접속).

43) 중대형 트럭 ‘요소수 대란’…한달 뒤 ‘물류 올스톱’, 상용차신문, 2021.11.3.자 보도, <https://www.cvinfo.com/news/articleView.html?idxno=22585> (2022.9.6. 최종 접속).

44) 요소수 품귀에 건설기계업계도 비상…친환경 장비 출시 속도낸다, 한국경제, 2021.11.7.자 보도, <https://www.hankyung.com/economy/article/202111071075Y> (2022.9.6. 최종 접속).

를 일으킬 가능성은 희박하며, 요소수 부족의 문제는 단기간에 해결되고 있다.⁴⁵⁾ 국내 요소수 생산 업체인 롯데정밀화학, KG케미칼, 휴켄스 그리고 요소비료 생산 업체인 남해화학의 주식이 급등하기도 하였으나,⁴⁶⁾ 이들도 요소를 수입해 와서 요소수와 요소비료를 만드는 공장을 가지고 있을 뿐이라 생산에 차질이 발생한다.⁴⁷⁾ 따라서 요소의 확보가 중요한데 우리나라는 2010년 화순탄광을 마지막으로 한국 내에 석탄 원광을 채취하는 광산이 모두 문을 닫아 자체적인 요소 생산이 불가능한 상태이다.⁴⁸⁾

이에 정부에서는 중국 이외에 공급망을 다변화하여 요소를 확보하고,⁴⁹⁾ 국내에서 요소를 직접 제조하여 요소수를 생산할 수 있는 설비를 마련하는 방안을 모색하고 있다.⁵⁰⁾ 중장기적으로 요소 대체물질 개발을 추진하고 있으나,⁵¹⁾ 궁극적으로는 요소수가 필요없는 친환경 차량 보급을 보편화하는 방안을 모색하고 있다.

3) 기술안보 관점에서 이슈

일본 정부의 수출규제는 근본적으로 한국 대법원의 강제징용 손해배상 판결에 항의하는 조치였지만, 요소수 부족 사태는 중국이 한국을 특정하여 수출규제나 보복조치를 한 것이 아니라 호주와의 무역분쟁 등으로 인해 중국 내에 석탄이 부족해지는 중국 내부의 문제로 발생되었다는 것에 차이가 있다.

또한 일본의 수출규제 품목들은 애초에 다른 나라에는 생산기술 자체가 없거나 품질을 보장할 수 없기 때문에 공급망 다변화의 시도가 어려워, 정부 주도로 국산품의 기술경쟁력을 높이기 위한 투자가 이루어진 반면, 요소 생산은 국내 기업들도 기술은 충분한데 중국산 요소와의 가격 경쟁력에서 밀려서 생산을 중단하게 되어 생겨난 문제이다.

일본의 수출규제 사례에서는 소부장 사업에 있어서 공급망 다변화와 국산화의 성과를 보였지만, 유사시 전략물자로 분류될 수 있는 요소수 대란에서는 공급망 다변화나 국산화, 사전 비축

45) 정부 “차량용 요소수 보유 물량 5.3개월치로 늘어나”, 연합뉴스, 2021.11.12.자 보도, <https://n.news.naver.com/mnews/article/001/0012789445> (2022.9.6. 최종 접속).

46) [특징주] 남해화학, ‘요소비료’ 품귀 우려에 수혜주 부각, MoneyS, 2021.11.3.자 보도, <https://moneys.mt.co.kr/news/mwView.php?no=2021110314338028604> (2022.9.6. 최종 접속).

47) 택배차 1주일, 탱크로리 한달내 요소수 바닥…‘물류 마비’ 초읽기, 한국경제, 2021.11.4.자 보도, <https://www.hankyung.com/economy/article/2021110474971> (2022.9.6. 최종 접속).

48) 요소를 대량으로 생산하는 방법은 석탄 원석을 채취해 바로 정제하면서 불순물을 제거할 때 나오는 불순물 중 요소를 채취하는 것인데, 한국은 이러한 과정을 진행할 수 있는 광산이 없으며, 호주나 칠레에서 정제가 완료된 역청탄(코크스)을 수입한다.

49) 국내 요소생산 全無…업계, 중국 대체할 수입처 찾아 삼만리, 매일경제, 2021.10.27.자 보도, <https://www.mk.co.kr/news/economy/view/2021/10/1018719/> (2022.9.6. 최종 접속).

50) 요소수 사태 재발 막는다…정부, 국내 요소생산 가능성 타진, 매일경제, 2021.11.21.자 보도, <https://www.mk.co.kr/news/politics/view/2021/11/1086466/> (2022.9.6. 최종 접속).

51) [단독] 화학연, 요소수 대체 촉매제 엔진시험 곧 마무리…상용화 눈앞, 뉴스핌, 2021.11.3.자 보도, <https://m.newspim.com/news/view/20211103000422> (2022.9.6. 최종 접속).

등의 사전대비를 하지 못했다는 비판도 있다. 그러나 당장 10여 년 안에 내연기관 차량의 판매가 금지되므로 요소 생산은 국내 기업들에게 결코 매력적인 투자처가 되지 못한다.⁵²⁾ 요소는 내연기관 이외에도 농업용, 산업용으로 계속해서 필요한 물질이긴 하나, **요소 생산 자체가 기술 수준이 높지 않은 대신 저렴한 인건비로 경쟁력을 확보하는 중진국-개도국들에게 알맞은 산업이다.** 중국 측에서 요소 생산과 수출을 정상화시키면 국산 요소는 소비자들에게 다시 외면받을 위험이 있어 국내 생산시설을 무작정 증설하기는 쉽지 않은 상황이다.

다. 희토류

1) 문제 상황 개요

지난 2010년 센카쿠 열도(중국명 댜오위다오) 분쟁 이후 중국의 희토류 수출 제한조치와 이로 인한 국제 희토류 가격의 급등은 전략광물 공급의 취약성과 해외의존의 위험성에 대한 각국의 경각심을 일깨우는 계기가 되었다. 이후 미국, EU, 일본 등은 중국에 대한 의존도를 줄이고 희토류를 안정적으로 조달하기 위한 역내 공급망 구축에 사활을 걸고 있다. 특히 미국 바이든 행정부는 지난 2021년 2월 희토류와 반도체, 배터리, 의약품 등 4대 핵심산업의 공급망을 점검하라는 행정명령을 통해 공급망 리스크에 대한 전면적인 검토와 대응에 나섰다.

희토류 공급의 주요 이슈는 크게 3가지 정도이다. 첫째, 추출 과정의 어려움이다. 희토류 원광 안에는 여러 희토 원소가 낮은 농도로 혼재되어 있고 화학적 성질이 유사하여 분리 및 농축 과정이 까다롭다. 무엇보다도 원소별 분리·농축을 위해서는 황산, 암모니아, 불소 등을 이용한 복잡한 화학적 처리공정을 거쳐야 하며, 그 과정에서 다량의 폐수, 가스 및 방사능 물질(토륨 등)이 배출되게 된다. 이러한 상황으로 인하여 희토류 생산은 개발도상국에서 주력하고 있으며, 중국, 브라질, 러시아, 콩고민주공화국, 베트남, 인도 등이 대표적인 희토류 생산국이다. 현재의 기술력으로는 희토류의 채굴 및 가공 과정에서 심각한 환경오염과 산업재해를 야기하기에, 정화 비용이나 노동자에 대한 복지나 보상 등을 선진국 수준으로 지출할 경우 채산성이 맞지 않는다. 반대로 미국이나 다른 선진국이 희토류를 직접 생산하지 않는 것도 매장량이 없어서가 아니라 개발도상국에서 수입해 오는 것이 더 경제적이기 때문이다. 환경오염으로 인한 기후변화에 대응하기 위해 전 세계 각국이 탄소중립화 노력을 하고 있는데, 이에 쓰이는 태양광 패널, 풍력 발전기 터빈, 전기자동차 배터리 등에도 희토류가 사용된다. 그러나 전술한 바와 같이 희토류를 채굴하는

52) EU, 내연기관 자동차 2035년부터 판매 금지 합의, 글로벌이코노믹, 2022.6.30.자 보도, https://news.g-enews.com/article/Global-Biz/2022/06/202206300518077886b5d048c6f3_1?md=20220630060500_U (2022.9.7. 최종 접속); '2035년 내연기관차 등록 금지'...윤 당선자 공약 현실화될까, 한겨레, 2022.3.11.자 보도, <https://www.hani.co.kr/arti/economy/car/1034419.html> (2022.9.7. 최종 접속).

과정은 대단히 환경파괴적으로, 환경을 보호하기 위해 도입되는 기술들을 위해 환경을 파괴하는 역설적 상황이 발생하고 있는 것이다.

둘째, 희토류는 원소별로 따로 생산되지 않고 여러 가지 희토류가 함께 생산되는 반면, 원소별 수요는 기술과 산업의 발전에 따라 빠르게 변화하고 있어 수요와 공급이 일치하지 않는 밸런스 문제가 발생한다는 점이다.

셋째, 중국의 영향력이 점점 확대되고 있다는 점이다. 2000년대 이후 중국이 자국 내 자원보호 및 환경오염 등의 이유로 희토류의 생산 및 수출을 통제하면서 국제사회의 위기의식이 고조되고 있다는 점이다. 2010년 중국이 일본과의 센카쿠 열도 분쟁⁵³⁾으로 희토류 수출을 통제하자 국제 거래 가격이 10배 이상 상승하는 등 희토류의 자원 무기화 가능성이 현실화되었다. 중국은 전 세계 희토류 생산의 70~90%를 차지하고 있을 뿐만 아니라 생산 및 수출 제한, 기업 통폐합 등을 통해 세계 희토류 공급량을 좌우하면서 가격 불안의 원인을 제공하고 있다. 이에 따라 희토류의 수입을 중국에 의존해 오던 미국, 유럽, 일본 등은 자급능력 향상 및 공급망안정화를 위한 대책 마련에 주력하고 있다. 희토류는 기능성 및 경제성 측면에서 타 물질로 완전히 대체하기 어렵고, 생산 지역의 편중에 따른 공급의 불안정성과 수요의 지속적인 증가로 많은 나라에서 희토류 저감 및 대체 기술 개발을 위해 노력하고 있다.

2) 정부의 대응

희토류 부족 사태에 대해 정부는 크게 국내 생산, 대체제 기술 개발 측면에서 대응하고 있다. 미국은 80년대까지 세계 최대의 희토류 생산국이었으나 오염 문제 때문에 수입에 의존하고 있는데, 중국의 희토류 자원의 무기화에 맞서 다시 자국의 희토류를 채굴하며 대항하려 하고 있다.⁵⁴⁾ 그러나 살펴본 바와 같이 희토류 채굴은 인건비가 저렴해야 하고 극심한 환경파괴를 동반하므로, 획기적인 신기술이 개발되지 않는 한 미국에서 희토류를 지속적으로 생산하는 것은 어려운 것으로 전망되고 있다.

우리나라에서도 말레이시아에 희토류 공장을 운영하고 있는 호주 광산기업 ASM으로부터 300억 원 투자를 받아 2022년 5월 국내 유일의 희토류 생산기업인 KSM메탈스가 충북 청주 오창에서 공장 준공식을 가졌다.⁵⁵⁾ 해당 공장이 희토류를 생산하는 과정에서 충분한 정화 시설을

53) 센카쿠 열도 분쟁: 2010.9.7. 센카쿠열도(중국명 다오위다오) 인근 해상에서 중국 어선이 일본 순시선과 충돌하고 정선 요구에 불응하자 일본 해상보안청은 중국 어선을 나포하고 선장 및 선원을 체포했다. 중국이 강력 반발하며 희토류의 대일 수출을 중단하는 등 경제 보복에 나서자 일본이 17일 만에 선장을 석방하며 일단락되었다.

54) 중국 '희토류 무기화' 압박에...미국 "직접 캐기", 머니투데이, 2019.6.5.자 보도, <https://n.news.naver.com/mnews/article/008/0004229026?sid=104> (2022.9.7. 최종 접속).

55) 국내 유일 희토류 생산기업 청주 오창에 동지, 한국경제, 2022.5.12.자 보도, <https://www.hankyung.com/economy/article/202205120806Y> (2022.9.7. 최종 접속).

갖추고 운영되는지, 환경오염을 유발할 우려는 없는지 지속적인 모니터링이 반드시 필요한 상황이다.

이러한 국내생산과 더불어 기업들은 대체 소재 연구에 들어갔다. 2011년 중국이 희토류 수출량을 1/3로 감축하자, 희토류 가격이 2년간 평균 10배 이상 폭등했다. 당시 희토류 가격 폭등 사태로 인하여 희토류 매장량과 정제술 연구가 많이 진행되었는데, 연구에 따르면 지금 같은 추세로 희토류를 소비해도 적어도 고갈될 때까지 100년 이상 걸릴 것이라는 결과가 나왔다. 이에 기업들은 대체 소재 연구에 들어갔고 가시적인 성과도 보이고 있다. 예를 들어 전기차 한 대를 생산하는 데 1.5kg의 희토류가 소요되는데, 토요타는 희토류 사용을 절반으로 줄인 신형 자석을 개발하여 전기 배터리 생산비용을 줄이고, 희토류 시장을 점령하고 있는 중국에 대한 의존도를 낮추는 노력을 하고 있다.⁵⁶⁾ 미국 항공우주국(NASA)에서는 “금세기 안에 달 표면에서 희토류 채굴이 가능할 것”이라고 발표하기도 하였다.

3) 기술안보 관점에서 이슈

희토류 부족 사태는 요소수 사태와 유사하게 광물 소재에 대한 중국의 높은 의존도에서 비롯되었다. 희토류 사태로 우리정부는 미국 주도로 창설된 ‘핵심광물안보파트너십(Mineral Security Partnership, MSP)’에 동참 계획을 통해 공급망 다변화에 힘쓰고 있다. 핵심광물안보파트너십 참가국들은 또한 핵심 광물 채굴, 제련, 재활용에서 MSP를 통해 환경·사회·거버넌스(ESG)의 높은 기준에 부합하는 방향으로 정부와 민간의 투자를 이끌어 나가며 핵심 광물 공급망 다변화를 위해 지속적으로 협력할 계획이다. 요소수와 희토류 같은 범용재의 경우 중국 등 특정 국가에 대한 수입 의존 편중 현상을 극복하기 위해 인도를 희토류 대체 수입지로 삼는 등 수입 다변화가 꼭 필요하다. 모든 품목에 대해 국내 생산이나 수입 다변화를 하면 막대한 비용이 발생하기 때문에 가장 취약한 산업과 품목에 따라 대응 전략을 모색해야 한다.

라. 소결

일본의 對한국 수출규제, 중국의 요소수와 희토류 수출 제한 사례를 통해 기술안보 관점에서 우리가 도출해야 할 핵심적인 개념을 정리하면 다음과 같다.

56) “중에 의존 인해”...도요타, 희토류 사용 줄인 전기차 자석 개발, 매일경제, 2018.2.21.자 보도, <https://www.mk.co.kr/new/s/world/view/2018/02/120441/> (2022.9.7. 최종 접속).

1) 첨단기술의 수준

첨단기술은 미래 산업 분야의 경쟁우위를 확보하고 군사적 분야에서의 혁신 역량과도 밀접한 관계가 있어 경제-안보 연계의 중요한 역할을 하며, 오늘날 미-중 전략적 경쟁의 심화와 확산의 주요 요인으로 작용하고 있다. 기술 변화에 대한 민첩한 대응과 전략적 접근을 통해 첨단기술력을 확보한 국가의 경우에는 국제관계에서의 리더십 장악 및 유지가 가능한 반면, 기술 경쟁력을 상실한 경우에는 기술추격에 성공한 국가들의 부상을 제지하기 어렵다. 지속적인 기술발전 여부에 따라 국가의 경쟁력이 영향을 받게 되는 상황에서 첨단기술은 불안정성의 요인으로 작용할 수 있으며, 국가안보 차원에서 첨단기술 역량이 부재할 경우 경제·정치·군사 등 전 부문에서의 기존 시스템에 부정적 영향을 미칠 수 있다.⁵⁷⁾

첨단기술의 외부효과(externality)로 인하여 기술을 선점한 국가들에게 해당 기술의 수입을 의존하게 되면서 국가 간 상호의존성이 더욱 심화되는 측면이 있으며, 이는 국제위기 등 긴급 상황 발생 시 대외의존도가 높은 첨단기술 제품에 대한 수급 교란으로 인한 국가안보 문제를 초래할 수 있다. 선진국들은 대체로 첨단기술에 기반한 군사 시스템을 갖추고 있어 국제정치적 상황의 변화로 인한 위협이 감소되고 있는 측면도 있으나, 시스템을 운영하기 위한 구성요소들은 해외생산에 의존하고 있어 통제가 어렵기 때문에 취약성에 대한 우려가 상대적으로 더욱 크다고 할 수 있다.⁵⁸⁾

앞서 살펴본 일본의 수출규제 사례에서 폴리이미드, 리지스트, 에칭가스 세 가지 품목은 스마트폰 디스플레이, 반도체 제조 등에 사용되어 **첨단기술의 구성요소**를 해외 생산에 의존하여 어려움을 겪은 사례에 해당한다.

2) 기술의 경제성

기술수준이 낮아 국내 생산이 기술적으로는 충분히 가능하지만 채산성, 환경오염 등의 문제로 국내 생산이 더 이상 이루어지지 않아 해외 생산에 의존하는 경우도 많다. 앞서 살펴본 요소수, 희토류 등의 사례가 그러한 사례로 볼 수 있는데, 현재 해당 물질은 주로 개발도상국 중심으로 생산되고 있다. 요소수는 국내에서 더 이상 석탄을 채취하는 탄광이 존재하지 않아서 국내 생산이 어려우며, 희토류는 추출과정에서 발생하는 심각한 환경오염과 노동력 등으로 **경제성이 맞지 않아 국내 생산이 이루어지지 않았다**. 이러한 경우에도 수입에 의존하던 해당 물자의 부족이 국민 생활 전반에 걸쳐 영향을 미치며, 국가 기본안전망을 뒤흔들게 되는 경우 국가안보에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 반도체와 같은 고기술 품목들은 애초에 다른 나라에는 생산기술 자체가 없

57) 이효영(2022. 3.), 경제안보의 개념과 최근 동향 평가, IFANS 주요국제문제분석, 국립외교원 외교안보연구소, 2022(8), 9-10.

58) 이효영(2022. 3.), 경제안보의 개념과 최근 동향 평가, IFANS 주요국제문제분석, 국립외교원 외교안보연구소, 2022(8), 10-11.

거나 품질을 보장할 수 없기 때문에 공급망 다변화의 시도가 어려워, 정부 주도로 국산품의 기술 경쟁력을 높이기 위한 투자가 이루어진 반면, 요소 생산은 국내 기업들도 기술은 충분한데 중국 산 요소와의 가격 경쟁력에서 밀려서 생산을 중단하게 되어 생겨난 문제이다. 요소수와 희토류 같은 범용재의 경우 중국 등 특정 국가에 대한 수입 의존 편중 현상을 극복하기 위해 인도를 희토류 대체 수입지로 삼는 등 수입 다변화가 꼭 필요하다. 모든 품목에 대해 국내 생산이나 수입 다변화를 하면 막대한 비용이 발생하기 때문에 가장 취약한 산업과 품목에 따라 대응 전략을 모색해야 한다.

3) 공급망 탄력성

특정 국가에 대한 수입의존도가 큰 물자에 대해서는 해당 국가에서 이를 무기화하여 수출규제를 하거나, 해당 국가의 내부 생산 여건이 악화되는 경우 언제든지 우리나라에 큰 타격을 줄 수 있다. 앞서 살펴본 에칭가스, 요소수, 희토류 사례 등의 경우에도 모두 **일본, 중국 등에 수입으로 과도하게 의존하고 있는 상황**이었다.

코로나19 팬데믹으로 인하여 글로벌 공급망의 구조적 취약성이 드러나면서 특히 주요 제조업 분야의 필수 소재인 반도체, 주요 광물 등에 대한 공급 교란 문제는 국가 안보와 경제안보를 침해하는 요인으로 지목되고 있다.

이에 효율성과 저비용만을 강조해 온 기존의 생산전략에서 벗어나 **주요 물자 및 자원의 안정적 공급, 지속가능한 생산, 공급 교란에 대한 탄력적 회복** 등을 중시하는 방향으로 우리나라를 비롯하여 미국 등 주요 선진국의 정책이 전환되고 있는 것이다.

국가의 산업기반은 국가안보를 뒷받침하는 필수적인 경제 인프라로서, 과도한 수입과 대외의존은 국가의 자체적인 생산능력뿐 아니라 혁신기술의 발전 및 고위기술력을 보유한 국내 인력의 양성 및 유지 측면에서도 모두 중대한 안보 문제를 초래할 수 있다. 국내 산업기반의 탄력성은 국내 제조업 및 혁신 역량을 뒷받침하는 중요한 요소로서 제조업의 해외 이전은 국내 혁신역량의 이탈을 의미하므로 국가의 재정 투입을 통한 국내 핵심 제조업의 육성과 혁신기반의 조성은 경제안보와 직결된다. 중국을 비롯한 주요 경쟁국들의 전략적인 산업정책은 제조업 경쟁력 제고에 크게 기여한 것으로 인식되고 있으며, 국가재정투입 및 연구개발 지원, 국내 수요 진작을 위한 인센티브 제공, 전략적인 국제협력 및 공조를 통해 대응할 필요성이 주목되고 있다.

4) 기술자립화

다양한 산업 부분, 농업, 국가 안보 등에 필수적으로 사용되는 주요 물질이 국내에서 생산이 되고 있지 않고, 특정 국가에 대한 의존도가 높은 경우 이러한 물질을 생산하고 있는 국가는 이를 자원무기화하여 전 세계 또는 일부 국가의 안보를 위협할 수 있다. 그러나 이러한 자원을 대

체할 수 있는 기술이나 물질이 존재한다면(애초에 자원무기화 자체도 작동하기 어렵겠지만), 이를 효율적으로 방어할 수 있을 것이다.

중국의 희토류 자원 무기화에 대응하여 희토류를 대체할 기술 및 신물질 개발 등과 관련하여 각국 정부와 기업에서는 관련 대책을 추진하고 있으며, 대학 등 연구계에서도 희토류 대체기술 개발에 관한 연구에 적극적으로 나서고 있다.⁵⁹⁾

59) 지구촌, 희토류 대체기술 연구 '주목', 전기신문, 2012.9.14.자 보도, <https://www.electimes.com/news/articleView.html?idxno=97506> (2022.9.8. 최종 접속)

미래전략 연구
산업경제안보와 지식재산
- 기술안보관점을 반영한 핵심기술도출방법론개발 시범적용 -

제4장

핵심기술도출 방법론 개발

제1절 핵심기술도출 모델 수립
제2절 핵심기술도출 위한 하부지표 개념 및 산출식

제1절

핵심기술도출 모델 수립

본 절에서는 핵심기술도출을 위한 개념적 접근방식을 통해 모델의 틀을 설계하였다. 모델의 기본틀은 분석지표와 분석정보의 연계 수준으로 구성되어 있다. 분석지표는 핵심기술도출을 위한 방법론 개발을 위해 앞에서 조사·분석되었던 지표를 바탕으로 기술우수성, 기술경제성, 기술안보성 3가지 개념으로 구성하였다. 정보분석의 연계수준은 해당 기술에 대해 특허정보를 통한 분석, 특허정보와 산업정보를 연계한 분석, 특허정보와 산업정보 그리고 통상정보가 연계된 3단계의 정보연계모델을 수립하였다.

구분	개념	출처
기술우수성	해당 기술의 기술적 난이도, 보유한 기술의 수준과 관련된 것으로 해당 기술이 얼마나 우수한지를 의미	특허평가지표
기술경제성	산업 파급효과의 정도와 그 중요도를 의미	주요국과 우리나라의 국가핵심기술, 핵심전략기술 등에서 공통적으로 다루고 있는 '국민경제 파급효과', '다른 산업에 미치는 파급효과', '시장성장 전망'과 관련된 속성
기술안보성	해당 기술의 공급에 문제가 발생하였을 때 기업운영 및 국가안보에 치명적인 정도를 의미	글로벌 국가안보 위기 상황 사례 분석과 주요국의 핵심전략기술, 국가핵심기술, 국가신흥기술, 초크 기술 등의 선정 기준

먼저 분석지표인 기술우수성은 기술적 난이도, 보유한 기술의 수준과 관련된 속성으로 특허평가지표로 논의되고 있는 특허정보지표를 바탕으로 구성하였다. 기술경제성은 기술을 개발함에 있어서 주요국과 우리나라의 국가핵심기술, 핵심전략기술 등에서 공통적으로 다루고 있는 '국민경제 파급효과', '다른 산업에 미치는 파급효과', '시장성장 전망'과 관련된 속성으로 산업 파급효과의 정도와 그 중요도를 의미한다. 마지막으로 기술안보성은 기술로 인한 국가 위기 상황과 관련된 속성으로, 해당 기술의 공급에 문제가 발생하였을 때 기업운영 및 국가안보에 치명적인 정도를 의미한다. 기술안보성은 글로벌 국가안보 위기 상황 사례 분석과 주요국의 핵심전략기술, 국가핵심기술, 국가신흥기술, 초크 기술등의 선정 기준에서 다루고 있는 '해당 기술의 확보 난이도', '국가 간 통제로 도입이 어려운 기술', '높은 대외 의존도' 등으로부터 도출하였다.

기술우수성, 기술경제성, 기술안보성의 개념은 점차 넓은 범위의 이종정보와 연계가 되어 분석하게 된다. 기술우수성은 기술수준 자체에 대한 분석이므로 해당 기술의 특허정보로 가지고 분

석하게 되며, 기술경제성은 해당 기술이 다른 사업에의 파급력과 국민 경제에 대한 파급력 등에 대한 분석 내용을 포함하고 있으므로 해당 기술의 특허정보와 산업정보가 연계된 데이터를 활용하게 된다. 기술안보성의 경우는 자국 기술에 대한 보호 및 육성, 국가 간 기술협력 등 국가안보와 관련된 내용으로 해당 기술의 특허정보-산업정보-통상정보까지 연계되어 분석하게 된다.

이상에서 언급된 내용을 바탕으로 핵심기술 도출을 위한 분석 항목의 구조는 다음과 같다.

표 29 | 핵심기술도출을 위한 분석항목의 구조

분석지표	정보연계	특허정보	특허정보-산업정보	특허정보-산업정보-통상정보
기술우수성		기술수준정도		
기술경제성		시장성확보정도	산업파급력	
기술안보성		국내개발가능성	기술편중도	공급망탄력성 (대체가능성)

기술우수성은 특허정보를 활용한 수준에서 분석이 이루어지게 되며 보유기술의 기술력 수준을 분석하기 위함이다. 이를 위해 특허평가지표인 피인용지수, 영향력지수, 기술력지수, 시장확보지수 등의 분석을 통해 기술의 수준을 파악한다.

기술경제성은 특허정보의 시장확보지수를 통해 시장확보 가능성을 분석한다. 더불어 특허정보와 산업정보가 연계된 데이터를 통해 국내 산업의 파급정도를 분석하게 되는데 산업연관표를 통해 생산유발계수, 부가가치유발계수, 고용유발계수를 분석함으로써 해당 기술이 다른 사업에 미치는 파급효과를 파악하기 위함이다.

마지막으로 기술안보성은 특허정보인 발명자수와 해당기술보유기업수를 통해 잠재적 국내개발가능성을 파악하고 특허정보와 산업정보연계를 통해 해당 기술에 대해 대체할 만한 기술이 있는지를 분석하게 된다. 또한 통상정보까지 확대하여 해당 기술에 대한 무역수지와 국제협력도 파악을 통해 공급망 다각화 가능성 정도를 분석하게 된다.

표 30 | 핵심기술도출을 위한 분석항목의 하부지표

분석지표	정보연계	특허정보	특허정보-산업정보	특허정보-산업정보-통상정보
기술우수성		피인용지수 영향력지수 기술력지수 기술다양성지수		
기술경제성		시장성지수 특허활동도	생산유발효과 부가가치유발효과 고용유발효과	
기술안보성		발명자수증가율 기술보유기업비율	무역수지기여율 기술핵심성	대외의존도 국제협력지수

제2절

핵심기술도출 위한 하부지표 개념 및 산출식

가. 기술우수성

기술우수성은 기술적 난이도에 관련된 속성으로 특허평가지표로 논의되고 있는 특허정보지표를 바탕으로 구성하였다. 가장 많이 사용되는 3개의 항목을 정리하였다.

피인용도지수(Cites Per Patent, CPP)는 통상 미국 등록특허를 대상으로 분석하며, 특정 주체(출원인 국적 등)의 등록특허가 후속특허에 인용된 횟수를 해당 주체의 등록특허 수로 나눈 값으로 정의된다. 여기서 인용이라 함은 출원인이 인용한 것과 심사관이 인용한 것을 모두 포함한다. 특정 주체라 함은 특허 분석을 통한 평가 대상을 의미하며 통상적으로 국가 간의 기술력을 비교하기 위하여 출원인 국적별로 분석하지만, 필요에 따라서는 출원인 간의 기술력을 비교하기 위하여 출원인별로 분석할 수도 있다. 피인용도지수는 forward citation으로, 즉 당해 특허가 후속 특허에 인용된 횟수(피인용 횟수)를 사용하는 지수로 대상특허보다 늦게 출원된 특허가 대상 특허를 어느 정도 인용하였는지를 파악하여 특허의 질과 기술적 영향력을 알 수 있으며 CPP 값이 높을수록 해당 국가(출원인 국적)가 기술개발의 측면에서 파급력이 높은 주요특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있음을 의미한다. 참고로, 피인용과 대비되는 개념으로는 인용(backward citation)이 있는데, 이는 당해 특허가 선행특허를 인용한 것을 의미하며, 어떤 특허의 인용 횟수가 많다면 당해 특허는 성숙 단계의 기술분야에서의 개량기술인 것으로 해석되며, 인용 횟수가 적다면 당해 특허는 초기 단계의 기술분야의 기술인 것으로 해석된다.

CPP는 다음과 같이 산출된다.

CPP=특정 주체의 등록특허의 피인용 횟수/해당 주체의 등록특허 수

CPP는 특정 국가의 특허기술의 평균적인 질적수준이 어느 정도인가를 보여준다. 그러나 양적인 측면을 포함하고 있지 않으므로 양적으로 특허가 많다고 하여 CPP 값이 꼭 높은 것은 아니며 CPP가 높다는 것은 해당 특허가 후속특허에 얼마나 많이 인용되었는지를 나타내는 지표이므로 등록특허 건수가 적더라도 CPP 값은 상당히 높을 수 있다. 따라서, CPP 분석 결과를 해석할 때는 CPP가 어디까지나 특정 주체의 평균적인 기술력에 대한 분석이며, 양적 정보(즉, 특허 건수)가 고려되지 않은 분석이다. 또한, CPP의 해석에 있어서 특허의 공개 일자를 고려해야 한다

는 점에 주의할 필요가 있다. 어떤 특허가 공개된 후 이를 이용한 개량 발명이 이루어지고 개량 발명의 특허가 출원되기까지는 상당한 시간이 걸리며, 또한 시간이 지날수록 당해 특허를 인용하는 특허 건수가 증가할 수 있기 때문이다. 따라서, 단순히 CPP 값이 낮은 특허라고 해서 당해 특허의 질과 기술적 영향력이 낮다고 단정 지을 수는 없으며 당해 특허가 공개된 후 충분한 시간이 경과하였는지를 고려하여 해석해야 한다.

다음으로 영향력 지수는 영향력지수(patent impact index, PII)는 특정 주체(출원인 국적 등)의 피인용도지수(CPP)를 전체 등록특허의 피인용도로 나눈 값으로 정의된다.

PII=특정 주체의 등록특허의 피인용도[CPP]/전체 등록특허의 피인용도

한 시점을 기준으로 삼아 과거의 기술적 활동을 반영하는 지수로서, 특정 국가(출원인 국적)가 소유한 기술의 질적 수준을 측정하는 지수이며, PII가 1이면 평균 인용빈도임을 나타내고, 2이면 평균보다 2배 많은 빈도로 인용됨을 나타낸다. PII가 1인 경우 해당 연구개발주체가 해당 기술분야에서 평균적인 수준임을 의미하며, 1 이상일 경우에는 질적 수준의 우위를, 1 이하일 경우에는 질적 수준의 열위를 의미한다. PII도 CPP와 마찬가지로, 질적 정보는 포함하나 양적 정보는 포함하지 않는다. CPP는 단순한 평균피인용수인 반면, PII는 다른 경쟁주체의 기술수준이 고려된 특정한 주체의 '상대적인' 기술적 중요도 또는 혁신성과의 가치 정보가 포함된 기술수준이라는 점에서 차이가 있다. 즉, PII는 특허의 피인용 횟수를 특정 기술분야 내에서의 상대적인 값으로 전환시킨 지수이다. 기술 분야에 따라서, 어떤 기술분야는 특허가 많이 출원되고 어떤 기술분야는 특허가 상대적으로 적게 출원될 수 있기 때문에, 이러한 부분에 대하여 고려하지 않고 단순히 CPP만을 서로 비교한다면 여러 기술 분야의 특허들 간의 비교에 있어서 공정한 비교가 불가능하다. 영향력지수(PII)는 이러한 CPP의 단점을 보완하는 지수로서, 특정 기술분야의 등록 특허의 평균 피인용도에 대한 특정 주체의 등록특허의 피인용도의 비율을 계산한 것이다.

기술력지수(Technology Strength, TS)는 특정 주체(출원인 국적 등)의 기술적 역량을 조사하기 위해 사용되는 지표이다. 기술력지수(TS)는 피인용도지수(CPP)에 특허건수를 곱한 값으로 정의되기도 하지만, 통상적으로는 기술분야별 특수성을 고려하여 기술력을 분석하기 위해서 영향력지수(PII)에 특허건수를 곱한 값으로 정의된다.

TS=특정 주체의 영향력지수[PII]×해당 주체의 등록특허건수

특허건수와 피인용도지수는 음의 상관관계를 갖는 경향이 있다. 즉, 피인용도가 높은 특허의

수는 상대적으로 적고 피인용도가 낮은 특허의 수는 상대적으로 많으며, 특허를 많이 보유할수록 피인용도가 낮은 특허의 비율이 높아지는 경향을 보인다. 그러나, 특허를 얼마나 많이 보유하고 있는지도 특정 주체의 기술력 평가 시 고려될 필요가 있다. 이러한 필요에 의해 TS 분석을 수행하며, TS는 연구 생산성을 나타내는 특허의 수와 연구의 질을 나타내는 피인용도를 곱한 것으로서, 기술력의 종합 수준을 평가하기 위하여 사용된다.

기술다양성은 특허에 부여된 IPC의 수를 활용하여 특허가 적용되는 기술범위를 측정하는 지표다.

기술다양성=특정기술의 IPC합/특정기술의 출원건수

즉, IPC의 수가 많을수록 다양한 기술에 적용 가능하며 기술범용성이 높음을 의미한다. 즉, 출원된 특허가 보다 많은 기술 분야에 포함되어 있을수록 해당특허가 적용될 수 있는 기술범위가 넓음을 의미한다고 볼 수 있다.

표 31 | 기술우수성 분석 하위지표

지표	의미	산출방법	정보연계
피인용지수 (CPP)	피인용도지수는 forward citation, 즉 당해 특허가 후속 특허에 인용된 횟수(피인용 횟수)를 사용하는 지수로 특허의 질과 기술적 영향력을 알 수 있으며 cpp 값이 높을수록 해당 국가(출원인 국적)가 기술개발의 측면에서 파급력이 높은 주요특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있음을 의미	CPP=특정 주체의 등록특허의 피인용 횟수/해당 주체의 등록 특허건수	특허 정보
영향력지수 (PII)	한 시점을 기준으로 삼아 과거의 기술적 활동을 반영하는 지수로서, 특정 국가(출원인 국적)가 소유한 기술의 질적 수준을 측정하는 지수로, 1 이상일 경우에는 질적 수준의 우위를, 1 이하일 경우에는 질적 수준의 열위를 의미	PII=특정 주체의 등록특허의 피인용도(CPP)/전체 등록특허의 피인용도	
기술력지수 (TS)	TS는 연구 생산성을 나타내는 특허의 수와 연구의 질을 나타내는 피인용도를 곱한 것으로서, 기술력의 종합 수준을 평가하기 위하여 사용	TS=특정 주체의 영향력지수(PII) × 해당 주체의 등록특허 건수	
기술다양성	특허에 부여된 IPC의 수를 활용하여 특허가 적용되는 기술범위를 측정	기술다양성=특정기술의 IPC합 /특정기술의 출원건수	

나. 기술경제성

기술경제성은 기술을 개발함에 있어서 주요국과 우리나라의 국가핵심기술, 핵심전략기술 등

에서 공통적으로 다루고 있는 ‘국민경제 파급효과’, ‘다른 산업에 미치는 파급효과’, ‘시장성장 전망’과 관련된 속성으로 산업 파급효과의 정도와 그 중요도를 나타낸다. 기술경제성을 분석하는 방법에는 특허정보를 활용한 분석과 특허정보와 산업정보가 연계된 데이터를 활용하는 방법이 있다.

먼저, 특허정보를 통한 기술경제성 분석 지표는 시장확보지수를 통해 분석 가능하다. 시장확보지수(patent family size, PFS)는 특정주체의 평균패밀리 국가 수를 전체 평균 패밀리 국가 수로 나눈 값으로 정의된다.

시장확장성=특정 주체의 평균 패밀리 국가 수/전체 평균 패밀리 국가 수

특허는 속지주의 원칙을 따르므로, 특정 국가에서 등록된 특허의 권리 범위는 해당 국가에서만 유효하며, 발명에 대한 권리를 여러 국가에서 보호받기 위해서는 각각의 국가에 모두 별도의 특허를 출원하여 등록받아야 한다. 이렇게 하나의 발명에 대하여 여러 국가에 출원된 특허들을 패밀리 특허라고 하는데, 특정 주체의 패밀리 특허 수가 많을수록(즉, 패밀리 특허가 출원된 국가의 수가 많을수록) 여러 국가에서의 지적재산권을 확보하였음을(즉, 시장확보력이 높음을) 의미한다.

현실적으로는 패밀리 특허가 모두 등록되는 것은 아니며 등록된 특허라 할지라도 연차료 불납 또는 특허권 만료 등의 이유로 더 이상 특허권이 유효하지 않을 수도 있으므로 패밀리 특허가 존재하는 모든 국가에서 해당 주체가 해당 기술에 대한 권리를 확보하고 있다고 볼 수는 없다는 점에 주의하여야 한다. 그럼에도 불구하고, PFS 분석은 특정 주체가 특정 기술분야에서 소수의 특정 국가에서만 시장확보를 하고자 하는지 아니면 다수의 세계 주요 국가들에서 시장확보를 하고자 하는지에 대한 분석이라는 점에서 중요한 의미가 있다. 다수의 국가에 특허를 출원할 경우, 특허 출원 시뿐만 아니라 심사관의 특허 거절 이유 통지(office action, OA)에 대한 대응, 특허 등록 및 등록된 특허의 유지 등 단계별로 매우 많은 비용이 소요되기 때문에, 기업들은 통상 상업적 이익 또는 기술경쟁 관계 등에 의하여 특허권의 확보가 필요하다고 판단되는 국가들에서만 특허를 출원하고자 하는 경향을 보인다. 따라서, PFS가 높은 특허는 그만큼 상업적 가치가 큰 기술에 대한 특허인 것으로 해석될 수 있으며, PFS가 높은 출원인은 세계 여러 국가에서 사업을 하고 있는 출원인인 것으로 해석될 수 있다.

특허증가율과 특허점유율분석은 특정 기술분야 또는 특정 주체의 특허 출원 건수의 증가율(특허증가율)과 해당 기술분야 또는 해당 주체의 특허 출원 건수가 전체 특허 출원 건수 중에서 차지하는 비율(특허점유율)을 비교하여 분석하는 것이다.

특허증가율=전년대비 특허건수 증가율

특허점유율=해당주체의 특허출원건수/전체출원건수

기술분야별로 보았을 때, 특허증가율이 높은 기술분야는 최근 주목받고 있는 기술분야이며 특허점유율이 높은 기술분야는 이미 오랫동안 기술개발이 이루어져 온 기술분야인 것으로 해석된다. 출원인별로 보았을 때에는, 특허증가율이 높은 출원인은 최근 해당 기술분야에서 기술개발을 활발히 진행하고 있는 출원인이며 특허점유율이 높은 출원인은 이미 오랫동안 해당 기술분야에서의 기술개발을 진행해 온 출원인인 것으로 해석된다.

특허증가율-특허점유율 분석은 여러 기술분야 중에서 어떤 기술분야가 유망한 기술분야인지, 또는 어떤 출원인이 향후 주목해야 할 경쟁자인지 등에 대한 정보를 제공한다는 점에서 중요한 의미가 있다.

특허정보와 산업정보의 연계를 통한 기술경제성은 산업연관분석을 통해 생산유발효과, 부가가치유발효과, 고용유발효과를 분석한다. 산업연관분석이란 한 나라 또는 지역의 경제에서는 재화와 서비스가 생산되고 그 생산 과정에서 각 산업은 원재료의 거래관계를 토대로 직접·간접으로 연관을 맺게 되는데, 이처럼 생산 활동을 통하여 이루어지는 산업 간의 상호연관관계를 수량적으로 파악하는 분석방법이다. 산업연관분석모형을 적용하기 위해서는 일정기간(보통 1년) 동안 한 나라에서 생산되는 모든 재화와 서비스의 산업 간 거래관계를 일정한 원칙과 형식에 따라 체계적으로 기록한 종합적인 통계표인 산업연관표를 통해 구하게 된다.

생산유발효과는 해당 산업별 재화에 대한 최종수요의 변화가 지역 및 전국의 각 산업에 미치는 직·간접 파급효과를 말한다. 부가가치 유발효과란 각 산업제품에 대한 최종수요의 변화가 지역 및 국민경제의 부가가치액에 미치는 효과를 말한다. 고용효과란 각 산업제품에 대한 최종수요의 변화가 지역 및 국민경제의 고용에 미치는 효과를 의미한다.

분석을 함에 있어서 기술의 산업적 파급효과를 분석하기 위해서는 기존의 산업연관분석 방법론을 이용해야 하나 산업연관분석의 기본이 되는 산업분류는 기존의 한국표준산업분류와도 다소 차이가 있으며 본 연구에서 중심이 되는 특허분류체계와도 차이가 있다. 결국 「특허-산업」으로 연계되는 분류 간 매칭작업이 선행되어야 한다. 먼저 기술-특허의 연계는 특정기술의 세부기술별로 기존에 알려져 있는 특허검색식을 활용하여 특허를 추출하는 방식을 이용한다. 다음으로 추출된 특허의 IPC 분류와 한국표준산업분류(KSIC)와의 연계를 해야 한다. 해당 IPC가 한국표준산업분류의 어느 산업에 해당되며 연계되는 데 있어서 연계확률로 도출된 값을 산출하여 최종적으로 특허정보인 IPC와 KSIC를 연계하여야 한다.

다음으로 KSIC 정보와 산업연관표 연계 시에는 분석대상 기술분야의 세부기술별로 연계된 IO분류별 기여도를 산출하여야 한다. 특정 IO 분류, 예를 들어 반도체 250. 개별소자의 경우 15 개의 4digit IPC 분류가 연계되어 있다. 즉 다양한 분야의 많은 기술이 해당 분야에 영향을 미치고 있으며 본 분석의 대상이 되는 세부기술 해당 특허의 IPC가 그 IPC 분류에 포함되는 전체 특허를 대표할 수 없기에 분류가 연계되는 단계별로 연계확률 및 기여율을 고려하여야 다양한 산업적 파급효과를 산출해 낼 수 있다.

표 32 | 기술경제성 분석 하위지표

지표	의미	산출방법	정보연계
시장확보지수	특정 주체의 패밀리 특허 수가 많을수록 여러 국가에서의 독점권리를 확보하였음을(즉, 시장확보력이 높음을) 의미	특정 주체의 평균 패밀리 국가 수/ 전체 평균 패밀리 국가 수	
특허증가율과 특허점유율	특정 기술분야 또는 특정 주체의 특허 출원 건수의 증가율(특허증가율)과 해당 기술분야 또는 해당 주체의 특허 출원 건수가 전체 특허 출원 건수 중에서 차지하는 비율(특허점유율)을 분석	특허증가율=전년대비 특허건수 증가율 특허점유율=해당주체의 특허출원건수/전체출원건수	특허정보
생산유발효과	해당 산업별 재화에 대한 최종수요의 변화가 지역 및 전국의 각 산업에 미치는 직·간접 파급효과	해당 IPC-KSIC 연계확률로 연계, KSIC와 I/O테이블연계 후 생산유발계수 산출	
부가가치유발효과	각 산업제품에 대한 최종수요의 변화가 지역 및 국민경제의 부가가치액에 미치는 효과	해당PC-KSIC 연계확률로 연계, KSIC와 I/O테이블연계 후 고용유발계수 산출	특허정보-산업정보
고용유발효과	각 산업제품에 대한 최종수요의 변화가 지역 및 국민경제의 고용에 미치는 효과	해당PC-KSIC 연계확률로 연계, KSIC와 I/O테이블연계 후 고용유발계수 산출	

다. 기술안보성

기술안보성은 글로벌 국가안보 위기 상황 사례 분석과 주요국의 핵심전략기술, 국가핵심기술, 국가신흥기술, 초크 기술 등의 선정 기준에서 도출하였다. 기술안보성은 기술로 인한 국가 위기 상황과 관련된 속성으로, 해당 기술의 공급에 문제가 발생하였을 때 기업운영 및 국가안보에 치명적인 정도를 의미한다.

기술안보성은 국내개발 가능성, 공급망의 대체 가능성으로도 판단할 수 있다. 대외 의존성이 높은(또는 낮은) 기술이나 전략 물자가 공급망의 대체 가능성과 대체 기술의 개발 가능성이 높을수록 기술안보에 미치는 공급망 안정성이 낮고, 따라서 기술안보에 미치는 영향의 정도는 크다고 판단하려는 논리성을 가지고 있다.

먼저 국내개발 가능성은 해당 기술에 대한 국내 연구역량으로 분석할 수 있다. 국내 연구역량은 크게 연구인력과 해당 기술 보유 기업의 비율과 증가율로 분석이 가능하다. 연구 역량은 연구자 대비 발명자의 비율, 연구자 대비 발명자의 증가율로 설명될 수 있다. 이는 기술우수성과 유사한 논리구조로서, 연구자 중에서 특허발명에 참여하는 연구자의 얼마나 있으며, 이들의 증가율은 어느 수준인지에 따라 해당 기술분야의 연구역량을 측정할 수 있다는 논리이다. 발명자 비율은 경쟁 대상국 대비 세부기술분야의 연구자들 중 얼마나 많은 연구자가 발명에 이르는 수준의 기술을 개발을 하고 있는가를 나타내는 지표로 이 비율이 높을수록 연구자의 평균적인 연구역량이 높다는 것을 의미한다. 마찬가지로 발명자 증가율은 세부기술분야의 연구자 수 증가보다 발명자 수의 증가가 높다면 연구역량의 증가 속도가 높아 빠르게 연구역량이 증가함을 의미하는 지표로, 최근 5년간 주요 경쟁대상 국가 대비 연구자 수 대비 발명자 수의 증가율로 측정될 수 있다. 연구인력과 마찬가지로 해당 기술을 보유한 기업의 비율과 증가율로 국내개발 가능성을 설명할 수 있다.

무역수지 기여분은 앞에서 언급한 내용과 동일한 방식으로 해당 세부기술별 기여율을 산출하되 산업연관표상의 IO 분류가 아닌 한국표준산업분류와의 연계(기술-특허(IPC)-산업(KSIC))를 통해 기여율을 산출하여야 한다. 다만 지식재산무역수지를 기본으로 하되 필요시 기술무역수지의 값을 이용할 수도 있다. 기술의 핵심성은 분석대상 기술군 내 세부 기술별로 국가 전략기술의 해당 여부로서 평가한다.

대외 의존성이 높은(또는 낮은) 기술이나 전략 물자가 공급망의 대체 가능성과 대체 기술의 개발 가능성이 높을수록 경제안보에 미치는 공급망 안정성이 낮고, 따라서 경제안보에 미치는 영향도는 크다고 판단하려는 논리성을 가지고 있다. 먼저 대외 의존성은 분석대상 기술군의 세부기술별 대외 기술 의존도의 상대적인 수준을 의미하며, 세부기술의 '산업별 환산 GDP 기여율과 기술기여도'⁶⁰⁾의 곱의 값 대비 기술(기술에서 추출된 특허)의 무역수지 값의 상대적 수준으로 측정할 수 있다.

국제협력지수는 해당 기술분야나 산업분야의 경제협력체에 우리나라의 가입 여부로 판단하게 된다. 해당협력체 가입되어 있다면 공급망이 재편될 때 갑작스러운 수입의 어려움을 겪지 않게 되고, 그럴 경우 협력체 내의 국가로부터 공급할 수 있는 확률이 높을 것이다.

60) 기술의 기여도는 산업분류별 평균적인 기술의 기여도를 의미하며, 기술가치평가의 기술기여도 산출 시 활용되는 산업별로 이미 산출되어 있는 값을 여기서 이용할 수 있다.

표 33 | 기술안보성 분석 하위지표

지표	의미	산출방법	정보연계
발명자비율	발명자 비율은 경쟁 대상국 대비 세부기술분야의 연구자들 중 얼마나 많은 연구자가 발명에 이르는 수준의 기술을 개발을 하고 있는가를 나타내는 지표이다.	=특정기술 해당특허의 발명자수의 합/특정기술분야의 연구자수	특허정보
기술보유기업비율	기술보유기업비율은 경쟁대상국 대비 해당 기술이 속한 산업분야의 기업들 중에서 해당 기술을 보유한 기업의 비율을 나타내는 것으로 해당기업의 비율이 높을수록 자국개발 가능성은 높다고 할 수 있다.	=해당기술보유기업의수/해당 기술이 속한 산업군의 기업수	
기술핵심성	해당 기술이 관련기술을 보유한 국가의 국방전략물자 품목 및 국가핵심기술에 포함되는지 여부로, 해당될 경우 수입이 어렵다.	국가관리품목 포함여부	특허정보- 산업정보
무역수지기여분	특정기술 또는 산업분야와 관련된 지식재산권 관련하여 발생하는 무역수지이다.	특허(IPC)-표준산업분류연계 확률표를 이용해 도출	
대외의존도	해당 기술 관련 산업 또는 기술의 대외기술의존도의 상대적인 수준이다.	“산업별 환산 GDP 기여율*기술 기여도” 값의 대비 기술 IP 무역수지의 비율이 상대적으로 높은 정도	특허정보- 산업정보- 통상정보
국가협력지수	해당 산업 또는 해당 기술의 주요국과 경제협력을 맺었거나 동맹 유무로 동맹을 맺었을 경우 공급망 형성이 용이하다.	관련 기술 국제협력 여부	

제3절

시범분석 적용의 고려사항

이번 절은 시범분석을 통해 핵심기술도출지표를 활용하여 핵심기술도출을 도출하는 방법의 유의점에 대해 설명하고자 한다. 먼저, 본 연구에서 제시하는 핵심기술도출방법론을 적용함에 있어서 몇 가지 유의 사항이 있다. 먼저 핵심기술도출을 위한 기술수준을 정할 때 그 깊이와 범위를 설정함에 있어 이종정보와의 연계가 많을수록 기술의 깊이는 중분류 수준에서 분석이 이루어져야 한다. 특허분석만 하는 경우 세세분류수준의 기술깊이에서도 분석이 가능하나 산업정보나 통상정보의 경우 세세기술 수준에서 데이터가 제공되고 있지 않거나 데이터 접근성이 떨어지기 때문에 분석결과의 정확도가 떨어지는 면이 있다. 이차전지 기술을 예로 들면, 전고체 배터리 기술을 살펴보면 이에 대한 기술의 깊이는 ‘전지-이차전지-차세대전지-전고체배터리’와 같은 수준으로 구분이 된다. 차세대배터리수준에서 분석을 하면 차세대배터리, 리튬이온배터리 등 국내 특허-산업정보와 국가 간 산업정보, 각 국가에서 관리하는 핵심기술 여부에 대한 데이터접근이 가능하나, 전고체배터리 수준인 세세부류기준으로 가면 리튬 전고체배터리, 리튬황배터리, LFP 배터리와 같은 기술의 깊이에 산업정보에 대한 접근성이 떨어지거나 세세분류기준에서의 무역수지 정보는 제공되지 않아 세세분류기술의 안보값 도출이 어렵거나 동일한 값으로 산출되는 문제가 발생한다.

또한 기술의 범위를 정함에 있어, 해당 기술에 대한 특허정보 추출을 위해 IPC 분류체계만 이용할 경우 다수의 특허와 비교적 연관성이 적은 특허가 추출되므로 특허추출은 IPC 분류체계와 키워드를 조합하여 분석하여야 정확한 핵심기술 도출이 이루어진다.

해당 기술 또는 해당 산업을 선정하고 핵심기술을 도출하는 데 있어서 분석 순서는, 정보연계 수준은 특허정보를 통한 분석에서 시작하여 특허정보와 통상정보가 연계된 곳으로 진행하고, 분석지표에 있어서도 기술우수성에서 시작하여 기술안보성의 방향으로 확장해 분석을 선행하는 것을 추천한다.

표 34 | 핵심기술도출을 위한 지표 분석의 순서

정보연계 분석지표	특허정보	특허정보-산업정보	특허정보-산업정보-통상정보
기술우수성	피인용지수 영향력지수 기술력지수		➔
기술경제성	장성확보정도 특허증가율	생산유발효과 부가가치유발효과 고용유발효과	
기술안보성	발명자수증가율 기술보유기업비율	무역수지기여율 기술핵심성	대외의존도 국제협력지수

미래전략 연구
산업경제안보와 지식재산
- 기술안보관점을 반영한 핵심기술도출방법론개발 시범적용 -

제5장
결론 및 시사점

본 연구는 기술안보관점을 반영한 핵심기술도출 방법론을 개발하고 이를 국가산업에 적용하여 핵심기술을 도출하는 것을 목표로 하는 다년도차 과제 중 1년차 과제로 핵심기술도출을 위한 개념적 모델을 수립하고 핵심기술분석을 위한 하위지표를 구성하며 산출식을 제시하였다. 핵심기술도출을 위한 관련지표 도출을 위해 기술경쟁력에 관한 기존의 논문, 국내외 보고서의 문헌연구를 진행하였고, 또한 각국의 핵심기술선정의 고려사항 및 선정근거에 대한 자료 조사를 수행하였다. 그리고 새로운 영역인 기술안보관점의 지표 도출을 위해 국가글로벌 위기 상황에 대한 사례연구를 통해 기술안보와 관련된 이슈를 뽑고 이를 바탕으로 기술안보지표 개념을 도출하였다. 이러한 과정을 통해 핵심기술도출을 위한 개념으로 기술난이도 수준 파악을 위한 기술우수성, 타산업에의 파급효과를 분석하기 위한 기술경제성, 해당 기술로 인한 국가안보의 치명적인 정도 파악을 위한 기술안보성의 3가지 개념을 도출하였다.

기술우수성은 기술적 난이도, 보유한 기술의 수준과 관련된 속성으로 특허평가지표로 논의되고 있는 특허정보지표를 바탕으로 구성하였다. 이를 위해 특허평가지표인 피인용지수, 영향력지수, 기술력지수, 기술다양성지수의 분석을 통해 국내 보유 기술 난이도 수준을 파악할 수 있게 하였다.

기술경제성은 기술을 개발함에 있어서 주요국과 우리나라의 국가핵심기술, 핵심전략기술 등에서 공통적으로 다루고 있는 ‘국민경제 파급효과’, ‘다른 산업에 미치는 파급효과’, ‘시장성장 전망’과 관련된 속성으로 산업 파급효과의 정도와 그 중요도를 의미한다. 특허정보에서 시장확보지수, 특허출원비율과 출원증가율을 분석하고, 특허정보-산업정보연계 데이터로 산업연관분석을 통해 생산유발계수, 부가가치유발계수, 고용유발계수를 분석함으로써 해당 기술이 다른 사업에 미치는 파급효과를 파악하도록 하였다.

마지막으로 기술안보성은 해당 기술로 인한 국가 위기 상황과 관련된 속성으로, 해당 기술의 공급에 문제가 발생하였을 때 기업운영 및 국가안보에 치명적인 정도를 의미한다. 주요국의 핵심전략기술, 국가핵심기술, 국가신흥기술, 초크 기술 등의 선정 기준에서 다루고 있는 ‘해당 기술의 확보 난이도’, ‘국가 간 통제로 도입이 어려운 기술’, ‘높은 대외의존도’ 등으로부터 도출하였다. 특허정보인 발명자수와 해당기술보유기업수를 통해 잠재적 국내개발 가능성을 파악하고 특허정보와 산업정보연계를 통해 해당 기술에 대해 대체할 만한 기술이 있는지를 분석할 수 있게 하였다. 또한 통상정보까지 확대하여 해당 기술에 대한 무역수지와 국제협력도 파악을 통해 공급망 다각화 가능성 정도를 분석할 수 있게 구성하였다.

각 하위지표에 대한 설명과 더불어 하위 지표에 대해 각 특허정보와 이종정보의 연계방법과 각 하위지표의 산출식을 제시하였다. 이러한 핵심기술도출방법론을 바탕으로 차세대배터리에 대한 시범 분석을 통해 핵심기술도출방법론을 적용함에 있어서의 고려사항과 보다 정교화할 필요성이 도출되었다. 첫째, 너무 세부적인 기술분야를 분석의 대상으로 할 경우 연계매칭의 불확실

성이 높고, 무역수지 등의 데이터를 통한 분석결과의 차별값을 가져오기 어렵다는 점이다. 둘째, 기술 군집에 적용할 수 있는 평균적인 개념의 대체 가능성과 개발 가능성을 분석할 수 있는 정량 지표의 추가 개발할 필요가 있다.

본 연구는 기존의 기술우수성 측면에서 이루어졌던 핵심기술도출 방법을 산업 간의 파급효과 측면과 기술안보 관점을 반영하여 기술경제성과 기술안보성의 개념을 제안하고 이를 위한 하위 지표를 선정한 최초의 연구라는 점에서 그 의미가 있다고 할 수 있다. 본 연구의 결과를 바탕으로 차년도에는 각 지표에 대한 가중치 값을 설정하고 시범적용을 수행하여 핵심기술도출방법론을 보완할 계획이다.

참고문헌

〈논문 및 보고서〉

- 박민숙(2021.10.19.), [동향세미나] 중국, 전력난 발생 원인과 전망, CSF 중국전문가포럼.
- 손승우(2019), 국가 난제 대응을 위한 산업안보 개념의 정립, 한국산업보안연구학회 추계학술대회.
- 이준호·신승수(2021), 산업안보 개념 정립에 따른 국가 핵심기술 확대 필요성 연구, 한국산업보안연구, 11(1), 327-349.
- 이효영(2022), 경제안보의 개념과 최근 동향 평가, IFANS 주요국제문제분석, 국립외교원 외교안보연구소, 2022(8).
- 최종화 외 13인(2019), 국가 난제 해결을 위한 과학 기술 관점의 경제·사회 시스템 혁신전략 연구, 과학기술정책연구원.
- 미국 경쟁법(The America COMPETES Act) 발의와 시사점, 현대경제연구원.
- 관계부처 합동(2019.8.5), 대외의존형 산업구조 탈피를 위한 「소재·부품·장비 경쟁력 강화대책」.
- STEPI Insight(2020.6., 제 256호), 산업기술안보관점의 국가 전략목적기술(CPT)도입과 정책방향.
- 특허청(2020), 정부R&D 특허성과분석을 위한 지표활용가이드북.

〈법령〉

- 「산업기술보호법」
「뿌리산업 진흥과 첨단화에 관한 법률」
「소재부품장비산업법」
「국가첨단전략산업법」
「대외무역법」

〈기사〉

- 산업기술 정의(별류 제 2조), 산업보안 정보도서관,
<https://www.is-portal.net/institution01>(최종 접속: 2022.10.9.).
- KBS NEWS(2022.1.22.), '발등의 불' 된 경제안보...갈 길 먼데 어디서부터?.
- 일본 수출 규제의 이유와 품목 현황, 결과는 불매운동?, kiwi 금융정보, 2019.7.12.,
<https://blog.naver.com/kbsavingsbk/2215841835288> (2022.9.6. 최종 접속).
- 일본 수출 규제의 이유와 품목 현황, 결과는 불매운동?, kiwi 금융정보, 2019.7.12.,
<https://blog.naver.com/kbsavingsbk/2215841835288>; 일본 수출규제 대처 방법은 러시아 불화수소(에칭 가스) 수입?, kiwi 금융정보, 2019.7.26.,

<https://blog.naver.com/kbsavingsbk/221596567583> (2022.9.6. 최종 접속).
 일본, 한국 ‘백색 국가’ 제외 시행, 한겨레, 2019.8.28.자 보도,
<https://www.hani.co.kr/arti/international/japan/907429.html> (2022.9.6. 최종 접속).
 보복은 커녕 ‘역풍’ 맞은 日…수출규제 2년, 한국이 이겼다, 한국경제, 2021.7.2.자 보도,
<https://www.hankyung.com/economy/article/202107021759g> (2022.9.6. 최종 접속).
 [요소수 대란] 농업용·산업용 요소, 차량용 전환 왜 어렵나, 뉴스핌, 2021.11.4.자 보도,
<https://m.newspim.com/news/view/20211104000578> (2022.9.6. 최종 접속).
 수소에너지에도 종류가 있다. 그레이수소, 블루수소, 그린수소란?, 현대자동차그룹 (2021.8.18.),
<https://www.hyundai.co.kr/story/CONT0000000000001839> (2022.9.6. 최종 접속).
 ‘클린디젤 정책’ 10년 만에 폐기…“경유차 늘릴 땐 언제고”, KBS NEWS, 2018.11.8.자 보도,
<https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=4069731> (2022.9.6. 최종 접속).
 정부 “차량용 요소수 보유 물량 5.3개월치로 늘어나”(종합), 연합뉴스, 2021.11.12.자 보도,
<https://n.news.naver.com/mnews/article/001/0012789445> (2022.9.6. 최종 접속).
 국내 요소생산 全無…업계, 중국 대체할 수입처 찾아 삼만리, 매일경제, 2021.10.27.자 보도,
<https://www.mk.co.kr/news/economy/view/2021/10/1018719/> (2022.9.6. 최종 접속).
 EU, 내연기관 자동차 2035년부터 판매 금지 합의, 글로벌이코노믹, 2022.6.30.자 보도,
https://news.g-enews.com/article/Global-Biz/2022/06/202206300518077886b5d048c6f3_1?md=20220630060500_U (2022.9.7. 최종 접속).
 “中에 의존 안해”…도요타, 희토류 사용 줄인 전기차 자석 개발, 매일경제, 2018.2.21.자 보도,
<https://www.mk.co.kr/news/world/view/2018/02/120441/> (2022.9.7. 최종 접속).
 지구촌, 희토류 대체기술 연구 ‘주목’, 전기신문, 2012.9.14.자 보도,
<https://www.electimes.com/news/articleView.html?idxno=97506> (2022.9.8. 최종 접속),

미래전략 연구

산업경제안보와 지식재산

- 기술안보관점을 반영한 핵심기술도출방법론개발 시범적용 -

발행일 2022년 12월
발행처 한국지식재산연구원
발행인 손승우
주소 서울시 강남구 테헤란로 131 한국지식재산센터 3, 9층
한국지식재산연구원
전화 02-2189-2600
홈페이지 www.kiip.re.kr
디자인/인쇄 (주)케이에스센세이션 02-761-0031

미래전략

미래이슈발굴
산업경제안보와 지식재산



대전 서구 청사로 189
Tel : 1544-8080 Fax : 042)489-0194
<http://www.kipo.go.kr>



서울 강남구 테헤란로 131
Tel : 02)2189-2600 Fax : 02)2189-2694
<http://www.kiip.re.kr>

ISBN : 979-11-6884-072-0
DOI : 10.8080/P9791168840720