2023년 7월

과학과 기술의 미래 클러스터

1차연도 결과보고서

연구책임자: 이정동

공동연구원: 구양미, 박상욱, 이종수, 이준환

서울대학교 국가미래전략원

Institute for Future Strategy, Seoul National University

서울대학교 국가미래전략원 과학과 기술의 미래 클러스터 소개

과학과 기술의 발전속도가 유례없이 빨라지고 있다. 이와 함께 과학기술의 변화가 경제, 사회의 각 부문에 미치는 영향도 날로 커지고 있다. 글로벌 가치사슬이 재조합되고, 국가간 경쟁의 구도 또한 급변하고 있다. 다른 한편으로 과학기술이 인간의 정체성과 사회구조에 이르기까지 전례없는 도전적 질문을 던지고 있다.

과학과 기술의 미래 클러스터는 이처럼 가속하는 과학과 기술의 미래를 전망하고, 그 새로운 혁신기술의 패러다임이 국가와 사회 전반에 미치는 영향을 가늠하는데 일차적인 목표가 있다. 이에 기반하여 한국이 당면하게 될 중요한 키워드를 선제적으로 식별하고, 그 대안을 모색하기 위한 담론의 장을 만들고자 한다.

과학과 기술의 미래 클러스터는 세부적으로 (1) 협력적 기술주권 전략, (2) 과학기술의 그랜드 퀘스트, 그리고 (3) 미래세대가 던지는 질문이라는 3가지 과제를 중심으로 과학기술과 한국의 미래를 전망하고자 한다.

목차

서언 1

요약 3

사업의 배경과 목표

I. 사업의 배경 6

II. 사업의 목표 7

1차연도 사업성과

I. 현실 진단과 평가 8

II. 연구 결과 15

III. 정책 제안 50

IV. 행사 및 소통 52

향후 연구계획

I. 2차연도 연구계획 62

II. 3차연도 연구계획 63

첨부

1. 발표문

2. 웹사이트

3. 포스터와 사진

4. 동영상

서언

과학기술이 현대문명의 근간이자, 경제성장의 근본적 동력이라는데 대해 더이상 의문을 제기하는 사람들은 없다. 최근들어 과학기술의 발전이 더 가속화되면서 과학기술의 리더십을 확보하지 못하면 국제경쟁에서 뒤쳐지게 될 것이라는 공감대가 더욱 확고하게 자리잡게 되었다. 이 때문에 많은 국가들이 과학기술의 경쟁력을 높이기 위한 국가적 노력을 경주하고 있다.

특히 최근 미중 패권경쟁이 격화되는 와중에 과학기술의 글로벌 선도력을 누가 장악하느냐가 핵심 아젠다로 등장하고 있다. 연관하여 각 국에서는 경제안보와 기술주권에 대한 논의가 활발히 진행되고 있다. 이들 논의에서도 결국 과학기술의 여러 핵심분야에서 경쟁력을 가지고 있는지가 가장 중요한 잣대로 부상하고 있다.

한국은 70년대 이후 놀라운 추격의 속도로 마침내 선진국의 대열에 들어서게 된 유일한 국가다. 그 이면에 과학과 기술의 발전이 뒷받침되었음은 말할 필요도 없다. 그러나 선진국과 같은 눈높이에서 볼 때 글로벌 기술경쟁의 파도를 해쳐나갈 우리만의 고유한 과학기술 역량을 보유하고 있는지는 의문이다. 지금까지 기술선진국의 모범사례를 교과서 삼아 그들과 같은 수준에 이르기 위해 노력해온 추격형 모델의 한계를 벗어나지 못하고 있다는 지적이 많다. 이제 한국도 선진국의 지위에 걸맞게 다른 나라가 보유하지 못한 핵심기술 경쟁력을 키우고, 다른 선진국들과 건강한 경쟁과 협력의 관계를 형성해나가야 하는 단계에 이르렀다.

문제는 과학기술의 어떤 분야에서 어떤 도전을 해야 하는지 그 방향을 찾는 일이다. 이는 그동안의 관성을 벗어나 선발자의 길이 없는 곳에서 스스로 첫발을 떼어놓는 과감한 도전에서 시작해야 한다.

과학기술은 성장의 동력이기도 하지만, 다른 한편 우리 사회 곳곳에 예상치 못한 파급효과를 불어오고 있다. 기후변화를 포함한 환경문제, 세계화에 따른 팬데믹사태, 극심해지는 양극화 문제 등이 과학기술의 발전과 직간접적으로 연관되어 있다. 그러나 과학기술은 문제의 원인이기도 하지만, 문제를 해결하는 가장 중요한 도구이기도 하다. 과학기술의 발전이 현재 인류와 한국이 당면한 거대 문제를 해결하고, 우리 사회를 더 지속가능한 사회로 만들기 위한 긍정적 역할을 하도록 조율하는 것은 사회 구성원들이 어떤 미래를 상상하는가에 달려있다. 과학기술이 변화시킬 미래사회를 전망하고, 보다 바람직한 과학기술의 발전방향에 대해 공감대를 만드는 일은 기술발전의 속도가 가속화되는 이 시점에서 더 이상 미룰 수 없는 일이다.

본 보고서는 국가미래전략원의 '과학과 기술의 미래' 클러스터의 고민과 활동내용을 크게 세 가지 분야로 나누어 담은 것이다. 첫째, '협력적 기술주권 전략' 파트에서는 최근 글로벌 기술경쟁의 와중에 관심이 높아지고 있는 기술주권에 대해 살펴보고, 협력적 기술주권의 개념과 전략을 제시한다. 둘째, '그랜드 퀘스트' 파트에서는 핵심적인 과학기술 분야에서 한국이 도전해야 할 난제를 도출하고자 한다. 셋째,

‘미래세대가 바라보는 세상’ 파트에서는 한국의 내일을 살아갈 미래세대가 인공지능이 일반화될 디지털 세계에서 어떤 새로운 키워드를 염두에 두어야 하는지를 제시하고자 한다. 이번 보고서에 담긴 위 세 가지 분야는 완결이 아니라 앞으로 본 클러스터가 추구해야 할 방향으로서 의미를 갖는다. 따라서 보고서의 내용은 앞으로 본격적으로 추진될 세 가지 주제들의 준비과정이자 파일럿 테스트의 요약이라고 할 수 있다.

‘과학과 기술의 미래’ 클러스터의 여러 고민들과 제시하는 키워드들이 선진국 리그에 들어선 한국의 입장에서 반드시 살펴보아야 할 과제로 인식되기를 기대한다. 나아가 특히 미래세대가 과학기술의 난제들과 디지털 세계의 키워드들을 바탕으로 더 과감한 도전을 할 수 있게 되기를 기대한다.

요약

과학과 기술이 국가발전의 핵심엔진이라는 점에 대해서는 더이상 의심의 여지가 없다. 특히 최근 인공지능을 위시하여 과학기술 각분야의 발전이 가속화되고 복잡성이 빠르게 높아지면서 그 발전의 추세를 주도하는가 뒤쳐지는가에 따라 국가경쟁력의 순위가 급변하고 있다.

미중 패권분쟁의 핵심고리도 과학기술의 패권이라는 점은 의심의 여지가 없다. 패권분쟁의 와중에 부상하고 있는 경제안보 이슈 역시 과학기술 역량이 핵심이다. 미국과 중국 외 다른 선진국들도 기술주권의 개념하에 국민의 삶을 보호하고 성장을 도모하기 위한 전략을 마련하는데 부심하고 있다.

한국은 일인당 국민소득 100불에 미치지 못하던 가난한 농업국가에서 치열한 추격의 노력을 다한 끝에 선진국의 대열에 들어섰다. 그러나 우리 앞에 놓은 과제는 적지 않다. 특히 과학기술의 관점에서 기술선진국들과 어깨를 나란히 할 수 있는 역량을 갖추어야 한다는 절박함이 대두대고 있다.

기술선진국이라고 불리울 수 있다면 기술주권을 갖추어야 한다. 기술주권은 국민과 국가가 필요로 하는 핵심기술(critical technology)을 보유하거나 확보할 수 있는 역량을 의미한다. 그러나 기술주권이 자칫 잘못 해석되면 핵심기술의 모든 요소를 우리 국경내에서 보유하고 있어야 한다는 기술자립(technology autarky)이나 기술쇄국(technology seclusion)으로 오도될 우려가 있다. 오늘날의 기술은 그 어떤 국가도 모든 요소를 자국내에서 보유할 수 없을 만큼 복잡하다. 글로벌 팬데믹에서 구원자로 등장한 COVID 백신의 경우에도 미국 뿐 아니라 동유럽과 인도에 이르기까지 여러 기술요소들이 결합하여 탄생한 것이다. 따라서 우리가 모든 기술을 보유하고 있어야 한다는 가술자립의 좁은 사고방식에 갇힐 경우 수준이 낮은 이류기술들이 살아남아 궁극적으로 한국의 기술경쟁력이 낮아질 수 밖에 없는 상황에 처할 것이다.

이를 감안한다면, 기술주권 논의에서는 글로벌 혁신생태계 내에서 협력적 방식으로 국가핵심기술의 역량을 확보할 수 있는 전략이 우선적으로 고려되어야 한다. 이를 '협력적 기술주권(cooperative technology sovereinty)'라고 할 수 있다. 협력적 기술주권은 한국의 혁신생태계가 글로벌 프론티어에서 뒤쳐지지 않게 하는 중요한 지향점이다. 뿐만 아니라 협력에서 벗어날 경우 서로 손해를 볼 수 밖에 없는 협력적 게임의 균형상태를 지향하기 때문에 이인삼각 경주에서 처럼 서로의 기술주권을 보완적으로 뒷받침해줄 수 있는 바람직한 결과를 얻을 수 있다.

선진 각국에서 기술주권 논의가 활발하게 논의되고 있는 현시점에서 한국이 선제적으로 국제사회를 향해 기술자립이나 기술쇄국이 아니라 협력적 기술주권이 필요하다는 개념을 주창할 필요가 있다. 이를 통해 더 개방적이고, 글로벌 발전을 지향하는 기술선진국으로서 한국의 품격을 높일 수도 있다.

협력적 기술주권을 실천하기 위해서는 첫째, 기술주권의 관점에서 한국의 핵심기술들을 식별하고, 현재의 수준과 변화추세를 정확히 모니터링하는 테크인텔리전스(tech intelligence) 역량을 키워야 한다. 이를 위해서 전문가의 직관과 공감대에 의존하는 정성적 방법 외에 최근의 발달된 인공지능 기법을 바탕으로 데이터기반의 핵심기술 식별 및 수준 모니터링을 위한 국가적 시스템을 갖추어야 한다. 둘째, 협력적 기술주권을 실천하기 위해 핵심기술 분야별로 협력의 세부분야와 최적의 협력 파트너를 찾기 위한 노력을 기울여야 한다. 이때도 역시 데이터기반의 분석기법들이 크게 도움이 될 것이다.

한국이 기술선진국으로서의 위상을 갖는다는 것은 과학기술의 각 분야에서 기존의 교과서와 로드맵을 벗어나 새로운 경로의 기술을 창출함으로서 다른 국가가 따라오도록 선도하는 일이다. 이는 지금까지 기술선진국들이 만들어놓은 벤치마크 사례와 로드맵을 충실히 받아들이고, 더 성실히 '실행'하는 추격국가에서 새로운 개념에 도전하면서 '설계'하는 선도국가로 전환하는 시대적 과제라 할 수 있다.

이 전환의 과제를 실행하기 위해서는 무엇보다 과학기술 각 분야에서 새로운 로드맵을 창출하겠다는 의지를 담은 도전적 질문을 던지는 일이다. 과학과 기술의 미래 클러스터에서는 파일럿 프로젝트로 10개의 첨단분야를 선정하고, 각 분야별로 가장 도전적인 난제를 그랜드 퀘스트(Grand Quest)로 제시하는 작업을 진행하고 있다.

10개의 선정된 분야는 양자정보과학, 수소생성 및 활용, 신뢰기반 인공지능, 진화적 인공지능, 차세대 반도체, 차세대 항체기술, 차세대 이차전지, 소프트로봇, 차세대 암호기술이다. 각 분야별로 관점이 조금 다른 각 2인의 전문가가 도전적이면서도 융합적인 문제를 도출하기 위한 노력을 기울이고 있다. 이렇게 출제되는 문제는 정의상 아직까지 뚜렷한 해법이 없으나 만약 해법이 도출된다면 새로운 과학기술의 분야가 탄생할 것으로 기대되는 문제들이다.

이 10개의 그랜드 퀘스트들은 한국의 과학기술계에 로드맵을 따라가는 것이 아니라 로드맵을 디자인할 때가 되었다는 시대적 선언이 될 것으로 기대한다. 뿐만 아니라 그랜드 퀘스트들을 접한 후속세대가 과학기술에 더 큰 흥미를 갖고 도전하는 계기가 될 것으로 기대한다.

기술은 현대 문명의 근간이자 성장의 엔진이지만, 다른 한편으로 많은 사회적, 국가적 문제의 원인이 되기도 한다. 심각해지는 소득의 양극화나, 기술실업문제, 시급한 대응을 요하는 기후변화위기의 원인으로 꼽히고 있고, 나아가 인공지능 기술의 발달이 사회적 분열과 인간성의 상실에 영향을 미치는 것으로 이야기되고 있다. 그러나 다른 한편으로 기술은 여러 사회적, 국가적 문제에 대응하는 핵심적인 해법을 제공해줄 것으로도 기대되고 있다. 기술이 문제의 원인이 될지 해법이 될지는 우리 사회가 기술 발전의 방향을 어떻게 설정하고 조율해나가는지에 달려있다.

과학과 기술의 미래를 논함에 있어 수동적으로 어떻게 발전할 것인지를 예측하는 것을 넘어 과학기술이 어떤 지향을 가지고 나아가야 할지에 대해 능동적인 방향설

정을 하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 과학기술 분야의 전문성 만큼이나 인문사회 관점에서의 통찰이 필요하다. 특히 현재 세대가 아니라 변화된 세계를 주도적으로 살아갈 미래세대가 그리는 미래사회의 모습을 상상하는 것이 중요하다. 앞으로의 기술발전의 방향과 속도는 미래세대가 원하고 상상하는 만큼 발전할 것이기 때문이다.

과학과 기술의 미래 클러스터에서는 미래세대를 대상으로 급속히 발전하고 있는 디지털 기술이 공기처럼 우리 삶을 둘러싸는 미래세상이 펼쳐질 때 한국사회, 나아가 인류가 던져야 할 핵심적인 질문이 무엇일지를 탐색하는 토론회를 개최하였다. 20명의 학부 및 석사 학생들이 2박3일 집중 토의를 통해 도출한 카워드들은 현재 세대의 상상을 뛰어넘는 발상을 담고 있었다. 그룹토의를 통해 도출된 5개의 키워드들은 '주의소유권', '비인간관계', '디지털휴이넘(Houyhnhnms)', '호모 바니타스(Vanitas)', '디미그레이션(Dimmigration)'이었다. 토론회에 참가한 미래세대 패널들은 공통적으로 디지털 기술이 우리 삶속으로 깊숙이 들어온 세계에서는 인간의 정체성과 인간간의 관계에 새로운 정의가 마땅히 필요할 것이라고 보았다. 디지털 기술에 맞서 인간의 고유함을 보수적으로 지키려하기 보다, 변화된 디지털 세상에 걸맞는 새로운 정의를 기꺼이 포괄해야 한다는 적극성을 보여주었다는 측면에서 흥미로운 세대인식을 보여주었다.

미래세대의 토의 과정에서 과학기술과 인문사회 전공자들이 섞여 오랜 시간 토의하면서, 공통의 키워드를 도출했다. 그 과정 자체는은 과학과 인문의 두 날개로 날 수 있을때 비로소 세상에 의미있는 변화를 주는 과학기술이 탄생할 수 있을 것임을 잘 보여주었다.

과학과 기술의 미래 클러스터에서 탐구하고 있는 '협력적 기술주권', '그랜드 퀘스트', '미래세대 토론'은 모두 한국사회가 추격에서 선도로 전환해야 한다는 문제의식에서 기반하고 있다. 이 작업을 통해 도출되는 키워드들이 과학기술계, 나아가 한국사회 전반에 전환의 기폭제가 되기를 기대한다.

사업의 배경과 목표

I. 사업의 배경

현대 사회의 과학기술은 패러다임의 전환과 함께 발전속도가 가속화되면서 사회, 경제 등에 미치는 영향력이 갈수록 커지고 있다. 과학기술이 가진 큰 영향력으로 인해 글로벌 가치사슬을 변화시키는 등 국가 경제구조가 변화되고 있으며, 인권 및 직업구조 등 다양한 사회적 이슈들이 발생하고 있다. 또한 국방, 외교 등 국가 간 관계에서도 큰 영향을 미치며 기후변화에 따른 환경문제, 세계화에 따른 팬데믹 사태 등 범국가적인 문제점을 야기하면서 많은 국가들의 주목을 받고 있다. 각 국가들은 과학기술이 한 국가의 성장을 위한 근본적 동력이라는 공통된 이해를 바탕으로 과학기술의 리더십을 확보함으로써 국제 경쟁으로부터 우위를 차지하려는 노력을 강조하고 있다. 최근 미국과 중국의 패권경쟁이 과학기술의 글로벌 선도력을 장악하기 위한 갈등으로 이어지면서, 각 국에서는 경제안보와 기술주권에 대한 활발한 논의를 통해 자국의 과학기술 경쟁력을 높이기 위한 국가적 노력을 집중하고 있다. 한국 역시 빠르게 변화하는 과학기술으로 인해 발생하는 사회 다양한 분야의 변화에 대응하고, 국가간 기술경쟁 안에서 한국이 강한 경쟁력을 확보하기 위해 과학기술 역량의 보유가 시급하다. 특히 한국은 반도체, IT 및 소프트웨어, 로봇 제조기술 등의 우수한 기술력을 가진 선진국으로서 전례없는 도전적 질문에 직접적으로 직면하고 있다. 지금까지는 기존의 다른 기술선진국의 모범사례를 학습하여 수준을 따라가거나 추월하려는 추격형 모델에 익숙했지만, 이제는 선진국의 위치에서 패권경쟁 아래 살아남기 위해, 추격형 모델의 한계를 벗어나, 이전에 선발자의 길이 없는 곳에서 첫발을 내딛는 과감한 시도를 통해 다른 나라가 가지지 못한 핵심기술 경쟁력을 갖춰야 한다. 그러나 문제는 과학기술의 어떤 분야에서 어떤 새로운 도전을 할지에 대한 방향성을 설정하는 것에 대한 경험이 부족하다는 것이다.

과학기술이 국가 성장의 동력으로서, 그리고 인류와 한국이 마주한 거대한 문제를 해결하고 지속가능한 사회로 나아가기 위한 도구로서 사용되기 위해서는 사회 구성원들이 어떤 미래를 상상하고 공감하는가에 달려있다. 특히 기존의 과학기술자 중심의 미래기술 전망, 혹은 비즈니스 중심의 전망에서 벗어나, 사회과학적인 문제에 대해 과학기술과 인문사회학적 관점이 융합된 전반적인 전망을 바탕으로 지속가능한 사회를 만들어 나아갈 질문을 제시해야 한다. 이 연구는 한국 과학기술의 미래와 그것이 변화시킬 미래사회를 폭 넓은 시야를 통해 전망하면서, 보다 바람직한 과학기술의 발전방향에 대해 사회구성원 모두가 공감할 수 있는 질문을 던짐으로써, 국가가 도전해야 할 새로운 방향을 설정하는데 중요한 시작점이 될 것이다.

II. 사업의 목표

본 과제는 국가 핵심기술을 도출하고 전략방향을 제시할 수 있는 데이터 중심의 이론적 프레임워크 구축함으로써 한국의 특수성을 고려한 기술전략을 제시한다. 그리고 미래 사회변화 전망을 반영한 국가 과학기술 난제를 발굴하고 이를 해결하기 위한 연구 아젠다를 설정하며, 연구과제로 구체화하여 제안한다.

1) 기존 전략기술 및 미래유망기술 선정 논의를 벤치마킹하되, 한국의 미래·사회 이슈와의 연결가능성을 고려하여 한국의 전략기술 도출을 위한 이론적 프레임워크의 방향성을 검토한다. 특히, 기존의 정성적 접근방법을 보완할 수 있는 정량적 접근방법의 프레임워크를 제안한다.

2) 연구의 효율성 강화 및 연구 결과의 현실 정합성 확보를 위해 미래 사회와 관련된 중요 주제를 선정하고, 기술적 질문을 도출하며, 해결가능성을 고려한 과학기술의 난제를 발굴한다. 과학기술의 난제를 해결하기 위한 연구 아젠다를 설정함으로써 기초적 수준의 연구과제를 제안한다.

1차년도 사업성과

I. 현실진단과 평가

국가핵심기술을 선정하고 개발하기 위한 방법은 다양한 국가에서 관심을 가지는 중요한 연구주제이다. 인류 사회 전반에 대한 기술의 영향력이 커지면서, 실제로 미국과 중국 등 세계 강대국을 중심으로 국제 사회는 각자 국가핵심기술을 선정하기 위한 노력을 기울이고 있다. 이와 더불어, 기술발전이 국가의 주권적 개념에 대한 여러 위협이 될 수 있음을 느끼고[1][2][3] 핵심적인 전략기술 확보를 통해 기술주권을 확립해야한다는 목소리가 커지고 있다.[4] 결과적으로, 국가핵심기술 확보와 기술주권 수립을 위한 노력이 개별국가의 수준에서 그치지 않고 있다. 영미권 국가와 일본 등을 중심으로 하는 Five Eyes, AUKUS 등의 국가 연합체계에서도 국방 및 일반 안보적 차원의 이슈뿐만 아니라 경제, 기술 등의 영역에서도 국익을 추구하기 위한 관심이 높아지고 있다.

핵심기술에 대해서는 연구마다 저마다 다양한 정의를 가지고 있다. 그러나 국가별 보고서와 이전 연구를 종합하면, 핵심기술에 대한 다음과 같은 공통된 합의점을 확인할 수 있다. 먼저, 국가적 관점에서 핵심기술을 식별하고 개발하는 것을 통해 추구하고자 하는 중요한 가치는 국방 또는 안보적 이익, 경제적 이익, 사회적 이익, 과학 및 기술 발전으로 분류할 수 있다. 그리고, 각 국가는 우선순위에 따라 핵심가치를 정한다. 예를 들어 미국은 국가 안보를 중시하는 반면, 유럽과 일본은 기술의 사회적 영향을 다방면으로 평가하여 시민 사회에 대한 사회적 가치를 강조한다. 마지막으로, 각 국가는 후보 기술의 중요도를 정의할 때, 현재 상황과 미래 전망을 동시에 고려한다. 예를 들어, 한국의 경우 반도체와 디스플레이 기술이 현재 중요 분야인 반면, 양자 기술은 미래 중요 분야로 간주하고 있는 것과 같다.

그러나 연구주제로서 국가핵심기술은 대한 기존 논의는 몇가지 쟁점을 가지고 있다. 기존에 발표된 핵심기술에 대한 국가 보고서들은 다소 정치적인 맥락에서 작성되었거나, 데이터 조작이 가능한 엄밀한 개념을 가지고 표현되기 보다 선언적으로 표현되기 때문에 방법론적 수준에서 핵심기술과 비핵심기술을 구분하는 것이 매

1) Edler, Jakob, et al. *Technology sovereignty: From demand to concept [technologiesouveränität: Von der forderung zum konzept].* No. 02/2020. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI), 2020.
2) Edler, Jakob, et al. "Technology sovereignty as an emerging frame for innovation policy. Defining rationales, ends and means." *Research Policy* 52.6 (2023): 104765.
3) March, Christoph, and Ina Schieferdecker. "Technological sovereignty as ability, not autarky." *International Studies Review* 25.2 (2023): viad012.
4) 상동.

우 어렵다. 게다가 앞서 언급한대로 국가마다 핵심기술에 기대하는 가치의 우선순위는 다르지만, 최근 몇 년간 발표된 국가핵심기술의 목록은 놀라울 정도로 유사한 결과를 가지고 있다. 다시 말해, 이러한 결과는 핵심기술의 기존 개념이 실제 정책을 설계하는데 있어 적용이 어렵거나, 이론적인 배경이 부족하기 때문일 수 있다.

국가핵심기술을 선정하기 위한 기존 방법론은 전문가 집단과 설문을 통해 수요조사를 실시한 후, 조사결과를 기반으로 정성적 분석 및 평가를 실시하는 것이 일반적이다. 특히 전략기술 및 미래유망기술을 선정하기 위해 국내에서는 정부 주도 하에 필수전략기술을 선정하거나, 한국과학기술기획평가원(KISTEP)에서 10대 미래유망기술을 선정, 한국과학기술정보연구원(KISTI)에서 10대 미래유망기술 보고서를 작성하는 등 다양한 노력을 기울여왔다. 대표적으로, KISTEP은 문헌조사 및 전문가 의견 수렴을 통해 미래이슈 후보군을 발굴하고, 설문조사등을 통해 확정한 후 미래이슈와 관련한 유망기술 발굴하기 위한 '발굴위원회'를 구성 및 운영함으로써 후보기술을 도출하고, 설문조사·간담회·특허조사 등을 통해 10대 유망기술을 최종선정했다.

〈표 1-2〉 연구절차

구분	세부 내용	방법
(1) 미래이슈 선정	미래이슈 후보 발굴	• 미래예측 보고서를 중심으로 미래이슈 관련 DB 구축 ※ 과학기술 예측조사, 세계 미래보고서, Challenges & Choices for Europe, WEF Global Issue 등
	미래이슈 우선순위 평가	• 국가과학기술자문회의 기술분야별 전문위원 및 미래예측 전문가를 대상으로 우선순위 평가 • KISTEP 정책 관심고객 및 내부 직원을 대상으로 우선순위 평가
(2) 미래유망 후보기술 발굴	미래수요에 대응 가능한 미래유망기술 후보기술 발굴	• 언론보도 키워드 검색을 통해 유망기술 DB 구축(빅카인즈, 2019.8~2020.4) • 미래예측보고서 및 타 연구기관 발표자료 등 문헌조사를 통해 DB 추가 • 미래예측 및 기술 전문가로 구성된 '미래유망기술 발굴위원회'를 운영하여 후보기술군을 조정하고 미래이슈와의 부합성 평가
(3) 미래유망기술 선정	후보기술 평가	• 일반시민 대상 및 KISTEP 정책관심 고객을 대상으로 미래유망 1차 후보기술에 대한 우선순위 평가 • 미래유망기술 후보별 기업 담당자 간담회를 통해 기술의 실현시점 및 현주소 파악 • 설문조사 및 간담회를 통해 미래유망 2차 후보기술 14개 선정
	미래유망기술 선정	• 특허분석 및 내부연구진 토의를 통해 최종 10개 유망기술 선정
(4) 미래유망기술 심층 분석	기술별 심층 분석	• 기술 개요, 국내외 동향, 2030년 미래 활용 모습, 연구개발 저해요인, 시사점 등

[그림 1] KISTEP 미래유망기술 선정 절차 (박노언 외., 2020)

미국, 독일을 비롯한 해외에서도 정부, Gartner, IBM등의 민간기업, MIT, 연구기관 등 관련 보고서를 작성하며 꾸준히 미래 전략기술 도출을 위해 노력 중이다.

대표적으로 MIT의 경우 2001년부터 분야별 전문가 식견을 통해 사회경제적 파급효과가 크고 향후 10년 내 실현가능한 유망기술(breakthrough technologies)를 10개씩 선정하여 발표하고 있다.

[표 1] MIT 선정 2022년 유망기술

번호	기 술	예상 구현 시점
1	비밀번호 대체 인증기술(The end of passwords)	현재 구현 가능
2	코로나 변이 추적(Covid variant tracking)	현재 구현 가능
3	장시간 지속 그리드 배터리 (Long-lasting grid battery)	현재 구현 가능
4	단백질 구조 예측 AI(AI for protein folding)	현재 구현 가능
5	말라리아 백신(Mararia vaccine)	일부 구현 가능
6	지분 증명(Proof of stake)	2022년
7	경구용 코로나-19 치료제(Pill for Covid)	현재 구현 가능
8	실용적 핵 융합로(Practical fusion reactor)	10년 내
9	AI를 위한 합성 데이터(Synthetic data for AI)	현재 구현 가능
10	탄소 제거 공장(Carbon removal factory)	현재 구현 가능

최근 학계에서는 기존의 질적 연구 중심의 방법론에서 벗어나, 기술과 연관된 데이터를 기초로 정량적 방법론을 적용한 핵심기술 식별방법이 점차 시도되고 있다. 인공지능, 머신러닝 기술이 발전하면서 대규모의 데이터셋을 기초로, 빠른 연산속도를 통해 데이터의 수집과 분석이 용이해지고 있으며, 이를 통해 핵심기술 식별에 필요한 다양한 정보를 빠르게 수집하고 분석할 수 있다. 또한 데이터 중심으로 분석하면서 개인, 혹은 특정 집단이 가지는 주관적 해석의 편향을 최소화할 수 있으며, 객관적인 결과 도출이 가능해졌고, 새로운 기술의 식별과 패턴을 탐지하고 예측할 수 있게 되었다. 그 결과를 기반으로 기술의 개발과 전략수립에 매우 용이해졌다. 더하여 하나의 플랫폼이 아닌 다양한 소스에서 데이터를 수집할 수 있기 때문에 데이터를 통합적으로 분석함으로써 포괄적인 핵심기술 식별이 가능하며, 다양한 분야에 적용가능한 프레임워크를 제안할 수 있다.

특히 본 연구는 글로벌 생태계 안에서 협력관계의 필수성을 강조함으로써, 현대사회 기술주권을 위한 핵심기술의 모든 요소가 우리 국경 내에서만 보유되어야 한다는 기술자립(technology autarky) 혹은 기술쇄국(technology seclusion)에 관한 주장을 경계하고, 글로벌 혁신생태계안에서 협력적 기술주권 개념을 제안하고자 한다. 오늘날의 기술은 매우 복잡하여, 어떤 국가가 기술의 모든 요소를 자국 내에서 보유하는 것은 현실적으로 어렵기 때문에, 협력과 국제적 연결이 필수적이다. 더 나아가 누구와 어떤 분야를 협력하는 것이 좋은지에 대한 전략을 제공하고 근거를 뒷받

침할 수 있는 방법론이 필요하다.

두 번째로, 미래사회를 바라보는 우리가 나아가야 할 방향성을 구체적으로 제공하기 위해, 과학기술로 인해 발생할 미래사회의 난제에 대한 발굴 노력이 필요하다. 이와 관련한 연구는 전세계적으로 공통된 관심을 가지고 이뤄지고 있다. UN은 지속가능한 발전을 위해 2017년에 국제적으로 공통된 난제를 도출하고 그것을 해결하기 위해서 SDGs(Sustainable Development Goals)를 제시함으로써 2030년까지 달성해야할 목표를 제시했다. 이를 기초로 자국의 정책과 목표를 수립하고 추진하도록 지원할 뿐 아니라 국가간 교류와 협력을 장려하고 있다. 이 뿐만 아니라 영국은 2017년에 정부 주도로 국가적 문제를 해결하고 글로벌 경쟁력을 강화하기 위한 Grand Challenge를 제시함으로써 사회, 경제, 환경적 도전 등에 관하여 정부를 중심으로 산업, 학계, 연구기관 등의 혁신과 연구 역량을 집중할 것을 제안했다. 이러한 동향 아래 한국 역시 적극적으로 난제를 도출하고 역량을 집중하기 위해 노력하고 있다. STEPI는 문헌, 설문조사를 통한 난제 후보풀을 구성하고 전문가와 인터뷰를 통한 분야별 난제 이슈를 제안. 지속성, 복합성, 높은 난이도의 난제와 공공성, 파급성이 높은 국가 난제를 도출하고 있다. 서울대학교 역시 2020년 거대난제 발굴을 위한 시민참여 워크숍을 추진함으로써 국가연구개발사업으로 추진하기 위해 시도하고 있다. 이처럼 기술 중심의 난제를 발굴하기 위한 노력은 과학기술이 사회변화에 미칠 거대한 영향력을 고려할 때 역량을 집중해야 할 중요한 연구대상이다.

이러한 연구는 기존의 방식처럼 과학기술자 중심, 혹은 비즈니스 중심의 연구에서 벗어나 미래 기술이 변화시킬 사회상에 대해 과학기술 및 인문사회학 관점이 융합된 전망이 필요하며, 예측이 어려운 미래환경 속에서 젊은 세대들의 미래 전망에 관한 참신한 시선과 전문가들의 구체적인 기술적 문제로의 전환과정이 요구된다. 이를 통해 실질적인 문제를 해결할 수 있는 연구개발사업화로 연결지음으로써 구체적인 전략방향을 제시할 수 있다.

[그림 2] UN-SDGs(Sustainable Development Goals, 좌)의 내용과 서울대학교에서 주최한 시민참여 워크숍 포스터(우)

II. 연구 결과

1. 협력적 기술주권의 개념과 전략

시대적으로 교통·통신 기술의 발달로 인해 기술의 파급효과가 점점 커진데다, 컴퓨팅 기술과 하드웨어의 발달로 빅데이터의 분석이 가능해지면서 기술의 발달속도도 급격하게 빨라졌다. 이에 따라, 첨단기술, 특히 인공지능이나 데이터 등과 같은 기술이 인류 사회에 미치는 영향력은 매우 거대해졌고, 양자 기술과 같이 아직 구현되지 않았지만 향후 구현된다면 앞선 첨단 기술들과 같이 큰 영향력을 가지게 될 기술들이 각국의 관심사로 떠올랐다. 기술이 주는 영향력은 굉장히 중립적이기 때문에, 사용자의 의도에 따라 국제 사회 전반에 긍정적일수도, 부정적일수도 있다. 국제사회에 부정적인 영향력이 있을 수 있다는 점에 있어서, 국가 안보적 차원에서 위협을 느끼는 강대국들은 자국을 보호하거나 경쟁 국가를 배제하기 위해 이러한 핵심기술들을 선점하고, 나아가 독점적인 권한을 얻고자 애쓰고 있다. 이런 맥락 가운데, 확보 여부에 따라 자기 주권에 이득이 되거나 위협을 될 수 있는 각종 핵심기술에 대한 개발 및 이용 능력에 대한 역량으로서 기술주권(Technology Sovereignty)이라는 개념이 등장했다.

이에 반해 주권(Sovereignty)이라는 개념은 중세시대부터 제시되었고, 19세기 말에 들어서 구체화되었다. 따라서 주권이라는 개념에 대한 논의가 오랜 역사를 가진 것과 달리, 기술주권이라는 개념은 굉장히 최근에 등장한 개념이라고 볼 수 있다. 그러나 기술주권이 주권으로부터 파생된 이상 주권의 개념을 무시하고 기술주권을 논할 수 없다. 연구자에 따라 주권에 대한 다양한 정의를 하고 있지만, 대체로 정치적(Political), 경제적(Economic) 주권, 그리고 대중 개개인이 갖는 대중주권(Public 또는 Individual Sovereignty)로 나누어 볼 수 있다. 그러나, 국가적 관점에서 논하는 주권은 대중주권에 대한 개념보다는 정치적, 경제적 주권을 통해 국가의 안보를 지키려는 논의라고 볼 수 있다. Kasner (2007)[5]에 따르면, “정치적 주체가 합법적이고 효과적인 의사결정 구조에 따라 최종적인 권한을 가지며, 해당 권력구조가 외부의 통제 및 간섭으로부터 독립적”인 경우 주권을 가지고 있다고 말할 수 있다고 정의한다. 이 정의에서 표현된 “정치적 주체”를 “국가 또는 정부기관”이라고 해석할 때, 주권은 법적이거나 선언적인 조항으로서 어떤 의미를 가지고 있다기보다, 국가가 효과적인 의사결정을 내릴 수 있는지 그 능력에 대한 여부라고 볼 수 있다. 다시 말해, 주권이란 국가가 외부로부터 독립적인 의사결정 구조를 통해 합법적인 절차를 통해 자기의 구성원에게 가장 효과적인 결과물을 실제로 제공할 수 있는 능력(factual ability)에 대한 실증적인 개념이라고 볼 수 있다.[6]

---

5) Krasner, Stephen D. “Sovereignty.” In *The Blackwell Encyclopedia of Sociology*, edited by George Ritzer, 1-4. (2007). New York: Wiley

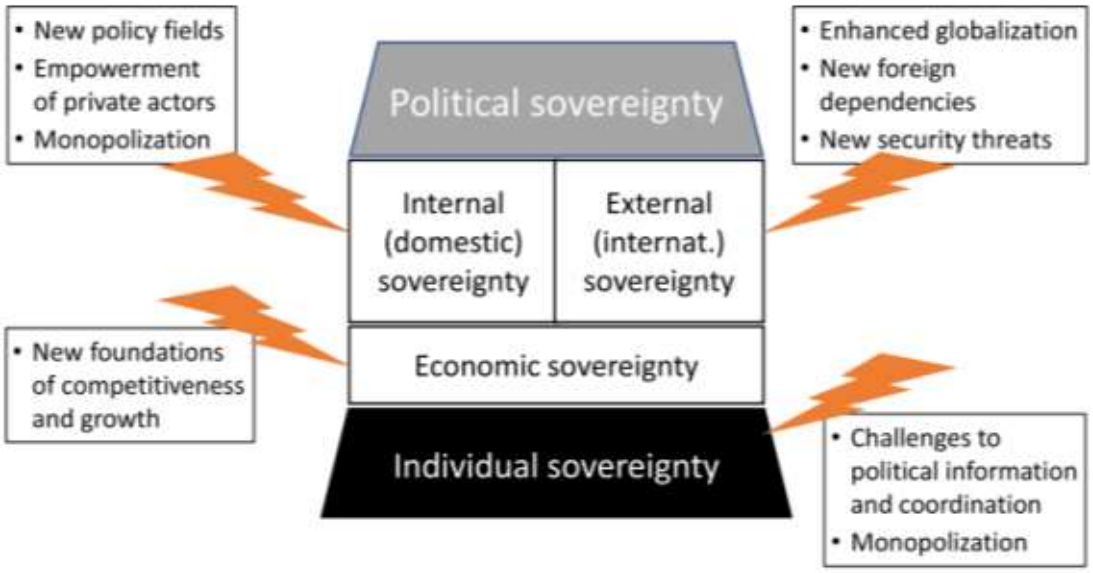
6) March, Christoph, and Ina Schieferdecker. "Technological sovereignty as ability, not autarky." *International Studies Review* 25.2 (2023): viad012.

최근 기술의 발달로 인해 기술이 국가 주권에 이득이 되거나 위협이 될 수 있는 이유는 총 네 가지로 정리할 수 있다.[7] 먼저, 경제학 분야의 연구에서는 기술변화가 경제발전을 주도하고 있음을 알리고 있다.[8][9] 이에 따르면, 경제적인 주권을 유지하거나 강화하기 위해서는 기존 핵심기술에 대한 국가적 역량을 숙달하고 발전시켜나가야 할 뿐만 아니라, 새롭게 등장한 핵심기술을 발굴하고 개발할 필요가 있다. 둘째로, 핵심기술은 새로운 형태의 안보 위협을 야기할 수 있다. 최근의 정보통신기술이 가져다 줄 수 있는 위협과 그로 인한 미·중간의 갈등뿐만 아니라, 각종 첩보전을 벌여온 냉전시대 경쟁도 이런 안보 위협의 대표적인 사례라고 볼 수 있다. 셋째로, 새로운 핵심기술은 사회적 파급효과로 인해 새로운 정책영역을 파생시킨다. 1920년대 에너지 정책, 1970년대 데이터 정책, 20세기 초의 통신정책, 20세기 말의 인터넷 정책, 그리고 오늘날의 인공지능 정책 등이 새로운 정책영역의 등장에 대한 대표사례라고 할 수 있다. 핵심기술의 이러한 효과가 국가 주권에 중요한 이유는 정부가 새로운 기술에 대해 효과적으로 관련 규제 및 인프라를 제공하기 위해서는 해당 기술에 대한 충분한 이해력, 적응력, 사용능력 등 국가 역량이 필요하기 때문이다. 마지막으로, 일반적으로 핵심기술, 그 중에서도 특별히 디지털 기술은 강한 네트워크 효과로 인해 승자 독식의 형태를 보이기 쉽다. 게다가 이러한 핵심기술의 네트워크 효과로 인해 해당 기술의 보유 여부에 따라 국가의 대외의존 구조도 변화 할 수 있다. 인공지능이나 데이터 기술의 위상이 높아짐에 따라 이를 뒷받침하기 위한 통신 및 반도체 등 기반기술의 위상도 동시에 높아지고 있는데, 이런 기술들의 등장으로 국제사회에서 중국의 위상이나 대만, 우리나라의 위상이 변화하는 것도 이와 같은 핵심기술의 효과라고 볼 수 있다. 따라서 각국은 이러한 효과를 누리기 위해 핵심기술을 선점하기 위한 노력을 기울이고 있다. March 와 Schieferdecker (2023)에서는 이러한 핵심기술의 주권에 대한 영향력을 [그림 3]와 같이 도식화하였으며, 이러한 기술적 영향에 대해 자기결정적으로(self-determinedly) 대응하고 관련 핵심기술을 개발하고 이용할 수 있는 역량이 기술주권이라고 정의하고 있다.

핵심기술이 국가주권에 미칠 수 있는 영향력이나, 세계 각국의 반응을 살펴보면 기술주권을 확보하는 데 있어서 핵심기술에 대한 사후적 조치는 불충분하다. 핵심기술 자체가 가진 파급효과는 단순히 사업화가 뛰어난지 여부의 수준을 벗어나 있기 때문이다. 핵심기술은 국가의 규범(nrom) 및 가치(value) 체계 전반에 대한 영향력을 가지고 있어, 설계와 개발부터 활용에 이르기까지 경제적, 정치적, 안보적, 심지어 도덕적 결과를 야기한다. 인공지능에 대한 다양한 활용방안과 논의가 핵심기술의 이러한 특징에 가장 적합한 사례라고 볼 수 있다. 그러므로 핵심기술을 선점하기 위한 모든 노력이 기술주권을 확보하기 위한 노력이라고 볼 수 있다.

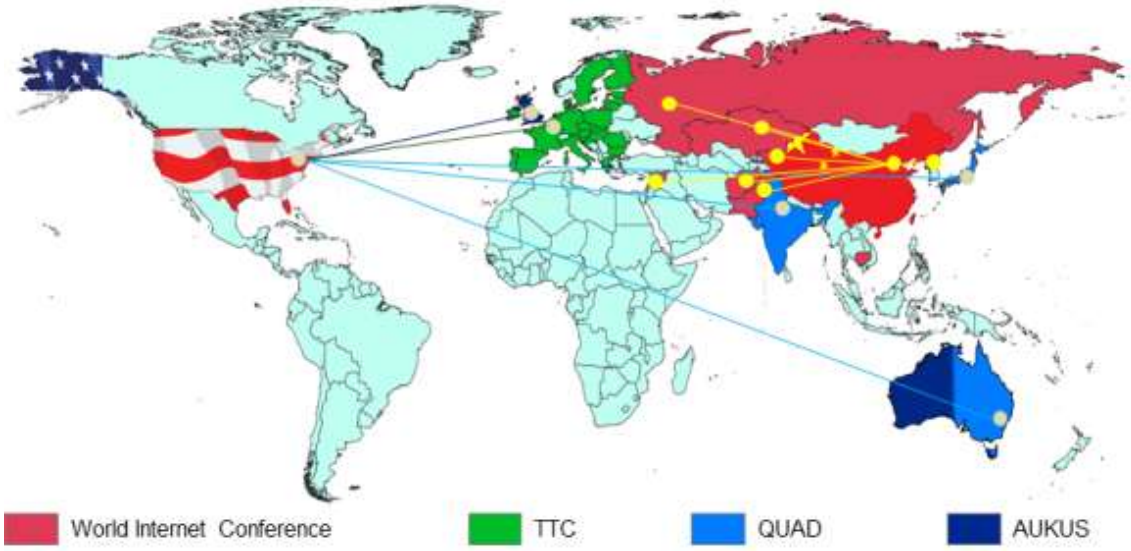
---

7) 상동.
8) Acemoglu, Daron. *Introduction to modern economic growth*. Princeton university press, 2008.
9) Jones, Charles I. "Paul Romer: Ideas, nonrivalry, and endogenous growth." *The Scandinavian Journal of Economics* 121.3 (2019): 859-883.



[그림 3] 기술이 주권에 미치는 영향 (March and Schieferdecker, 2023)

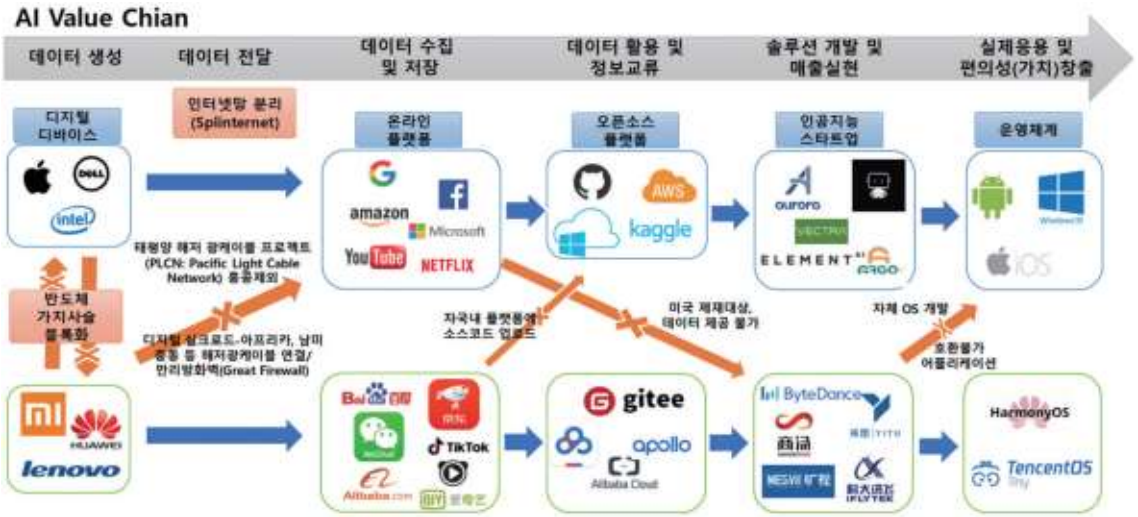
본 연구에서는 핵심기술을 확보하기 위해 협력적 기술주권이 필요함을 주장한다. 협력적 기술주권이란, 앞서 논의했던 기술주권에 대해, 자국 중심적인 좁은 시각을 갖는 것이 아니라, 글로벌 혁신생태계를 고려하여 협력적 방식으로 국가핵심기술의 역량을 확보할 수 있는 전략을 우선적으로 고려하는 개념이다.



[그림 4] 미국과 중국을 중심으로 한 주요 기술 및 경제 연합(Alliance)

기술주권이 자칫 잘못 해석될 경우, 한 국가내에서 핵심기술의 모든 세부적인 요소에 이르기까지 자국이 보유하고 있어야 한다는 기술자립(technology autarky)이나

기술쇄국(technology seclusion)으로 오도될 수 있다. 실제로 국제사회는 그런 경향으로 흘러가는 추세에 있다. 특히, 미국과 중국의 패권경쟁이 기술개발과 활용의 구도에서도 강화됨에 따라, 전 세계는 [그림 4]와 같이 두 진영으로 갈라지는 것 같아 보이기까지 한다. 미국은 QUAD, AUKUS 등 '뜻이 통하는(like-minded)' 국가와의 연합을 꾸준히 천명해오고 있으며, 중국도 이에 대응하여 자체적인 경제 및 기술블록을 형성하기 위해 노력하고 있다. [그림 5] 은 미중 분쟁이 인공지능 분야에서 기술 및 산업 내 가치 사슬의 블록화를 불러오고 있는 사례를 도식화한 모습이다. 유럽의 경우, 이런 혼란스러운 정세에서 국제적 위상을 놓치지 않기 위해 다양한 전략을 발표하고 기술 개발에 지원 역량을 총동원하려는 움직임을 보이고 있다. 실제로 2020년대에 들어서 반도체 분야에 미국, 중국, 유럽이 투입하겠다고 밝힌 지원금액은 약 2,900억 달러의 규모이며, 인공지능 분야에는 약 6,000억 달러 규모의 지원계획을 공표하였다.

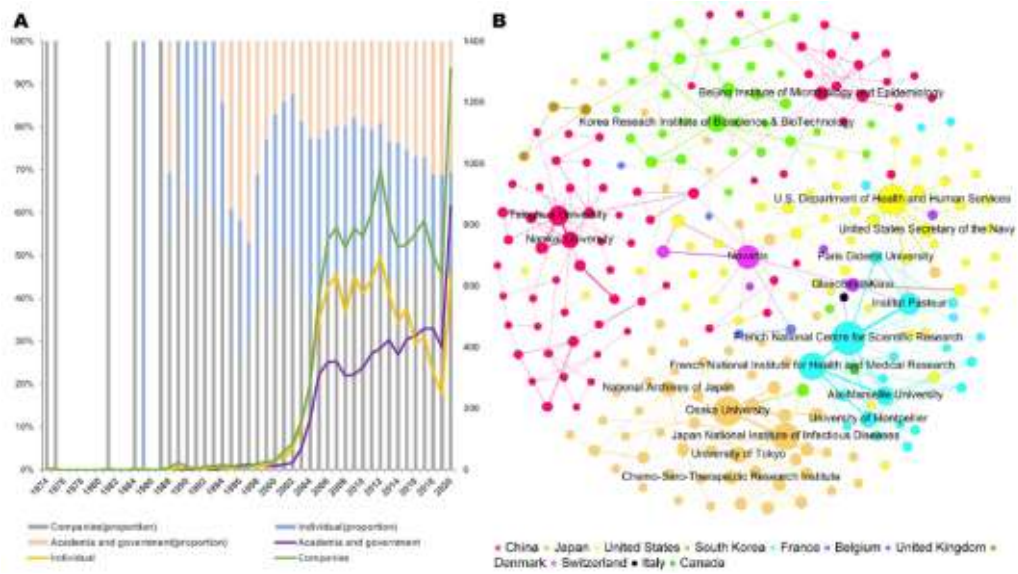


[그림 5] 미·중 인공지능 가치사슬별 블록화 추세 (조은교, 2022. 조은교 외, 2021 재인용.)

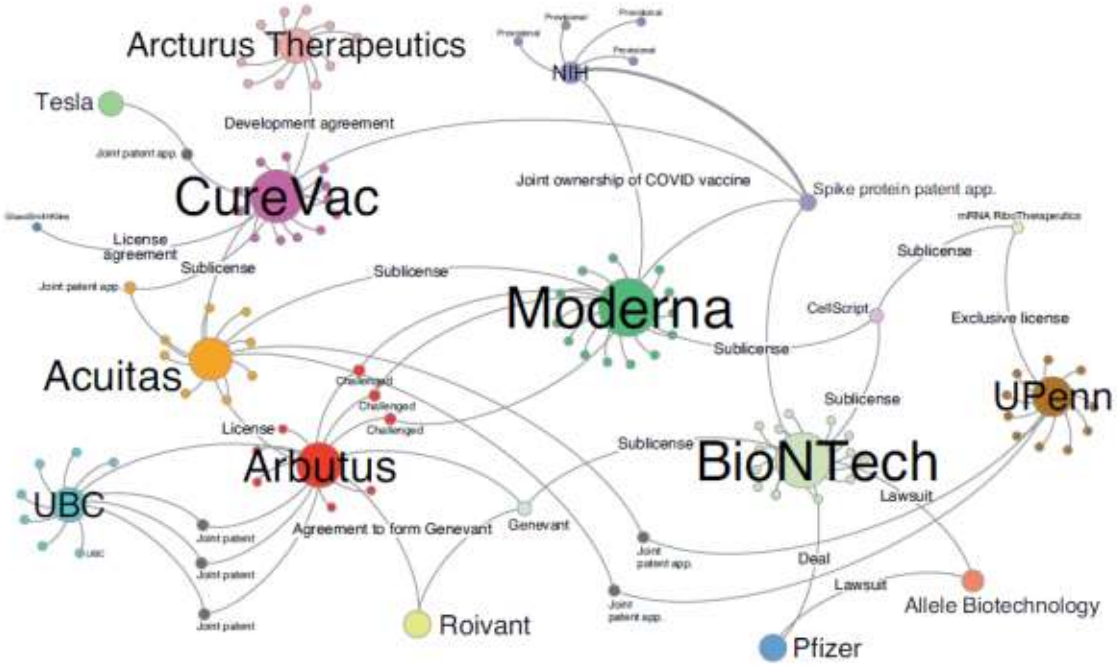
이와 같이 기술주권의 개념을 잘못 이해하는 경우, 정책적으로 기술 쇄국을 추진하게 되어 국제 혁신 네트워크의 긍정적 효과를 단절시키는 결과를 초래할 수 있다. 여태까지 인류 역사에 있어서 주요한 발전들은 국제적 네트워크를 통해 개발이 촉진되어 왔다. 예를 들어, 인터넷이라는 통신 기술과 구조가 오늘날까지 발달할 수 있었던 이유는 1960년대부터 2000년대에 이르기까지 국경을 뛰어넘어 다양한 하드웨어와 기술의 개발과 조합으로 인해 탄생한 결과물이었다. 또한 최근 전 세계가 겪은 코로나 바이러스(COVID-19)에 대한 백신 개발도 국제 혁신 네트워크에 의한 결과물이었다.[10] 심지어 코로나 바이러스 mRNA 백신의 개발과정을 연구한 결과에

10) Li, Mengyao, et al. "The global mRNA vaccine patent landscape." *Human Vaccines & Immunotherapeutics* 18.6 (2022): 2095837.

따르면, mRNA 백신은 특정 영역 내에서만 연계 협력한 결과가 아니라 다양한 분야의 상호작용 가운데서 탄생시킨 혁신이었다.[11][12]



[그림 6] 코로나바이러스 특허의 협업 네트워크 (Liu 외, 2021)



[그림 7] COVID-19에 대한 mRNA 기반 백신 후보의 네트워크(Gaviria, Kilic, 2021)

11) Liu, K., Gu, Z., Islam, M. S., Scherngell, T., Kong, X., Zhao, J., ... & Hu, Y. (2021). Global landscape of patents related to human coronaviruses. *International journal of biological sciences*, 17(6), 1588.

12) Gaviria, Mario, and Burcu Kilic. "A network analysis of COVID-19 mRNA vaccine patents." *Nature Biotechnology* 39.5 (2021): 546-548.

나아가 기술발전은 기존 기술들의 복잡한 조합과 연계에 의해 발생하는 예측이 불가능한 수준의 결과물이기 때문에[13] 근본적으로 한 국가가 모든 기술을 전부 보유하는 것은 불가능하다. 만약 인터넷이나 mRNA 사례에서 볼 수 있듯이 핵심기술을 확보하고 이용하기 위해 기술자립이나 기술쇄국의 방향을 따라가면, 개발 자체를 실패하거나 전 세계에 수준이 낮은 이류기술들이 살아남아 기술경쟁력이 낮아질 수 밖에 없는 상황에 처할 수밖에 없다. 역설적이게도 이는 결과적으로 자국의 기술주권을 위협하게 될 것이며, 이러한 논리구조를 감안한다면 기술주권에 대한 정책적 방향성이 협력에 기반할 필요가 있다. 대외의존도가 높은 한국의 입장에서도 협력적 기술주권은 자국 혁신생태계가 글로벌 프론티어에서 뒤쳐지지 않게 하는 중요한 지향점이 된다.

'개방형 혁신(Open Innovation)'에 대한 논의[14]에서 볼 수 있듯이 증가된 조직의 내외부 상호작용으로 인해 더 빠르고 효과적인 혁신이 가능하다는 협력의 효과에 대한 시사점을 제공하고 있다. 나아가, 게임이론(Game Theory)에서 내쉬 균형에 대해 계산적(Computational)으로 증명한 반복된 죄수의 딜레마(Iterated Prisoner's Dilemma) 게임의 사례를 보면 알 수 있듯이[15], 협력은 다양한 전략구조를 가진 이해관계자들 가운데 최적의 전략이며, 또한 협력을 벗어나 자기 이익만을 주장하는 전략은 서로 손해를 볼 수 밖에 없다. 이처럼 이인삼각 경주보다도 복잡하게 얽혀 있는 현재의 글로벌 혁신 환경에서는, 협력적 게임의 균형 상태를 지향할 때에만 서로의 기술주권을 보완적으로 뒷받침해줄 수 있는 바람직한 결과를 얻을 수 있다.

이와 같이 글로벌 기술경쟁의 시대에 한국의 혁신생태계가 뒤처지지 않게 하는 중요한 지향점으로써, 그리고 한국의 기술주권 및 기술경쟁력을 갖추기 위한 보다 바람직하고 효과적인 수단으로써, 협력적 기술주권을 실천하기 위한 구체적인 전략과 향후 본 연구에서 지향하고 있는 바를 다음과 같이 두 가지로 꼽을 수 있다.

첫째, 기술주권 관점에서 한국의 핵심기술들을 식별하고, 현재의 수준과 변화추세를 정확하게 모니터링할 수 있는 테크인텔리전스(tech intelligence) 역량을 키워야 한다. 테크인텔리전스는 조직에 기술 위협 및 기회에 대한 인식을 개발하기 위해 기술에 대한 정보를 수집하고 제공할 수 있는 기능을 제공함으로써 전략적 계획 및 의사결정에 도움을 줄 수 있다.[16] 이는 단순한 기술 관련 정보를 수집하는 것을 넘어서 수집된 기술정보를 분석하고 평가하고 이를 적극적으로 활용할 수 있는 역량을 의미한다. 오늘날 과학기술 각 분야의 발전이 가속화되고 복잡성이 높아지면서

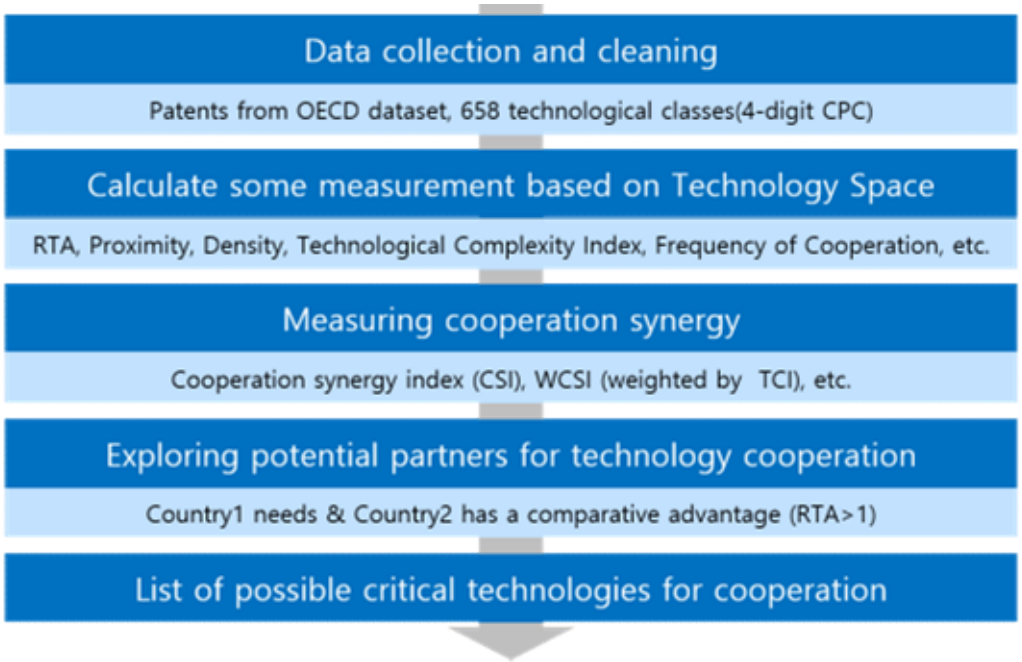
13) Arthur, W. Brian. *The nature of technology: What it is and how it evolves*. Simon and Schuster, 2009.
14) Chesbrough, Henry William. *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business Press, 2003.
15) Axelrod, Robert. *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*. Princeton university press, 1997.
16) Kerr, Clive IV, et al. "A conceptual model for technology intelligence." *International Journal of Technology Intelligence and Planning* 2.1 (2006): 73-93.

테크인텔리전스 역량이 점점 더 중요해지고 있는 가운데, 이미 다양한 민간부문에서는 데이터 기반의 테크인텔리전스 역량을 확보하기 위해 노력하고 기업 전략 수립과 의사결정에 이를 적극적으로 활용하고 있다. 대표적으로 IBM research의 Global Technology Outlook (GTO)는 전문가 의견과 더불어 데이터 기반 접근 방식을 활용하여 연례 보고서를 통해 비즈니스와 사회에 큰 영향을 미칠 수 있는 새로운 기술과 트렌드에 대한 인사이트를 제공하고 있다. 또한, Shell의 Sky Scenarios는 저탄소 에너지 시스템으로 전환하는 과정에서 기술적으로나 경제적으로 실현 가능한 경로를 탐색하는 포괄적이고 엄격한 정량적 분석의 주목할만한 사례이다. 이러한 데이터 기반의 테크인텔리전스를 국가 차원의 핵심기술을 선정하고 육성하기 위해, 그리고 특히 본 연구에서 제안하는 협력적 기술주권 실천하기 위해 적극적으로 활용할 필요가 있다. 또한, 다양한 대규모 데이터를 기반으로 최근 눈부시게 발전하고 있는 데이터 분석 기법, 특히 인공지능, 머신러닝 기술을 접목하는 테크인텔리전스는 기존의 전문가의 직관과 국민적 공감대에 의존하는 정성적 방법의 한계를 보완할 수 있으며 한국의 핵심기술들을 객관적으로 식별하고, 현재의 수준과 변화추세를 정확히 모니터링할 수 있을 것으로 기대된다. 이와 같은 데이터 기반 테크인텔리전스 역량을 국가적 차원에서 적극적으로 육성하고 시스템화하는 것은 궁극적으로 한 국가가 과학기술영역에 있어서 독립적이고 효과적인 의사결정 구조를 갖게함으로써 진정한 기술주권을 추구하기 위한 시발점이며 선제적으로 확보해야할 필수 역량이라고 볼 수 있다.

둘째, 협력적 기술주권을 실천하기 위한 보다 구체적인 전략으로써 핵심기술 분야별로 협력의 세부 분야와 최적의 협력 파트너를 찾기 위한 노력을 기울여야 한다. 각 국가들이 서로 유사한 국가핵심기술을 선정하고 이를 확보하기 위해 수많은 예산을 투입하고 있는 가운데, 단순히 과학기술에 대한 중복투자로 인한 비효율을 넘어 기술자립이나 기술쇄국의 방향으로 오도될 우려가 있다. 또한, 강대국들의 정치적, 안보적 관점의 논리에 기반한 핵심기술 선정, 협력 분야 및 파트너 선정은 글로벌 빅테크 및 강대국에 종속되거나 국제적 기술경쟁력이 낮은 이류기술들을 양산하게 됨으로써 자국의 기술주권을 해칠 수 있다. 현대사회의 복잡한 기술들은 서로 긴밀하게 연관되어 있으며, 어느 한 기업, 한 국가도 홀로 모든 분야에 대해 독보적인 기술경쟁력을 갖출 수 없다. 따라서, 본 연구에서 제안하는 협력적 기술주권을 확보하기 위해서는 서로의 기술주권을 보완적으로 뒷받침할 수 있는 협력의 세부 분야와 최적 협력 파트너를 찾을 필요가 있다. 이를 위해 데이터 기반의 분석 기법들이 하나의 돌파구가 될 수 있는데, 대표적으로 Balland & Boshma (2021)[17]의 유럽 지역에 대한 스마트 전문화 전략(Smart Specialization Strategy)에 대한 연구는 좋은 예시가 될 수 있다. 기본적으로 무역 데이터에서 많이 활용해온 지표들인 현시비교우위(Revealed Comparative Advantage)[18], 제품 간 근접성(Proximity)[19], 특

17) Balland, Pierre-Alexandre, and Ron Boschma. "Complementary interregional linkages and Smart Specialisation: An empirical study on European regions." *Regional Studies* 55.6 (2021): 1059-1070.

정 제품(기술) 주변에 얼마나 가까운 제품(기술) 포트폴리오를 갖고 있는지를 나타내는 밀도(Density), 보편성과 다양성을 활용하여 계산되는 경제적 복잡성(Economic Complexity)[20] 등을 특허 데이터에 접목하여 각 국가의 각 분야별 기술 및 지식의 수준과 추세를 파악하고 더 나아가 협력의 세부 분야와 최적 협력 파트너를 찾을 수 있다. 하나의 예시로써, 아래의 [그림 9]와 같이 데이터 기반으로 협력적 기술주권을 위한 핵심기술 식별을 위한 방법(프로세스)를 제안할 수 있으며, 향후 이와 같은 이론적, 방법론적 프레임워크를 보다 정교하게 발전시켜나갈 필요가 있다.



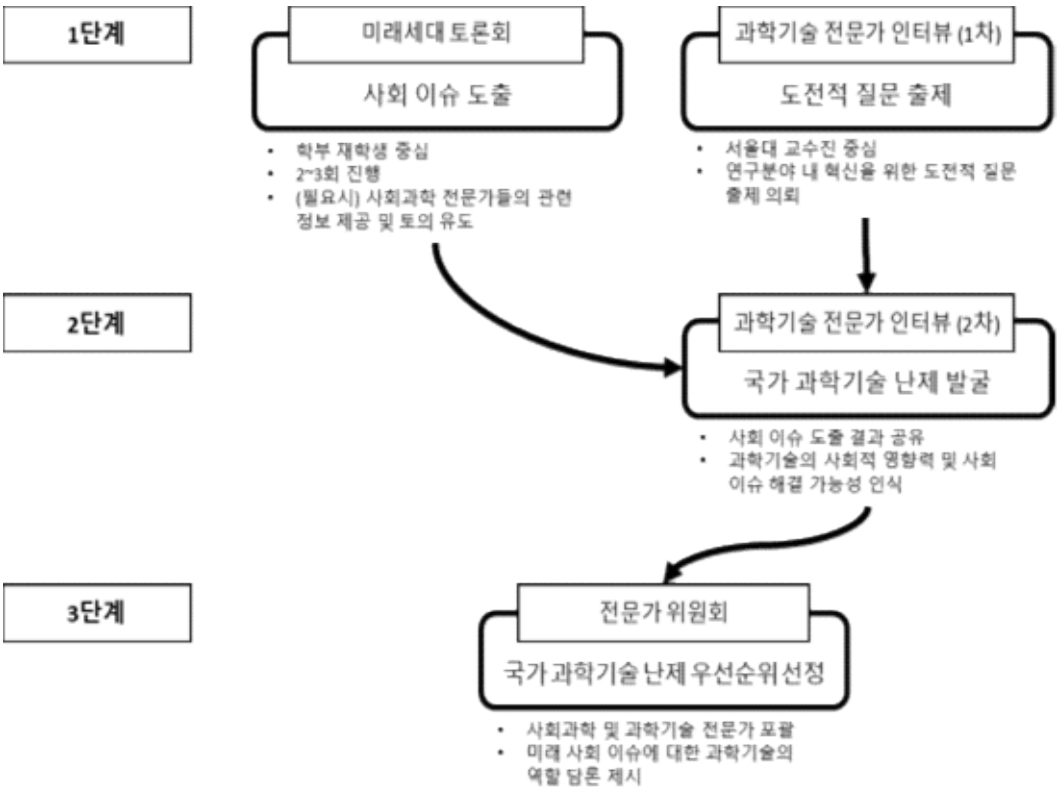
[그림 8] 데이터 기반 협력적 기술주권을 위한 핵심기술 식별 프로세스(예시)

2. 과학기술의 그랜드퀘스트

대한민국의 과학기술은 현재 추격을 넘어 선도로 넘어가는 전환기를 맞이하고 있다. 기술선진국들이 앞서간 길을 충실히 따르며 괄목할 성과를 지금까지 거두어 왔지만, 이제는 그들의 길을 따르기만 하던 관성에서 벗어날 때가 되었다. 이를 위해서는 아직까지 해답이 없는 문제를 고민하고, 희미하지만 여러 해법을 시도해보고, 시행착오를 쌓아가는 길로 나아가야만 한다. 한국이 기술선도국으로 앞서나가기 위한 첫걸음은 도전적인 문제를 찾아 그에 대한 고민을 시작하는 일이다.

18) Balassa, Bela. "Trade liberalisation and "revealed" comparative advantage." *The manchester school* 33.2 (1965): 99-123.
19) Hausmann, Ricardo, and Bailey Klinger. "Structural transformation and patterns of comparative advantage in the product space." (2006).
20) Hidalgo, César A., and Ricardo Hausmann. "The building blocks of economic complexity." *Proceedings of the national academy of sciences* 106.26 (2009): 10570-10575.

이러한 배경 아래, 미래세대의 사회변화 전망을 반영한 국가 과학기술 난제를 발견하는데 목적을 두고 진행한 '그랜드퀘스트'는 과학기술의 변화로 인해 미래세대에 미치는 사회변화를 토의를 통해 전망함으로써 미래의 주요 사회 이슈를 도출해내며, 이슈를 바탕으로 전문가들과 과학기술 관련한 도전적 질문을 출제하고, 이를 해결하기 위한 난제를 발굴하며, 과학기술 난제의 우선순위를 설정하고 이를 과제화함으로써 미래사회를 위한 연구의 방향성을 제시하고 기틀을 마련하는데 중점을 두고 있다.



[그림 9] 그랜드퀘스트 - 미래세대토론회 추진 계획

그랜드 퀘스트의 정의는 다음과 같다. 먼저 많은 연구자들이 관심을 가져왔으나 아직까지 뚜렷한 해법이 없는 문제를 말한다. 또한 여러 대안적 시도가 이루어지고 있으나 명확한 발전방향이 설정되지 않은 문제로 정의된다. 더불어 가까운 미래에 해법을 찾을 수 있다면 새로운 과학기술의 분야가 탄생하거나 많은 후속연구가 이루어질 것으로 기대되는 문제로써, 한국 혁신생태계의 현실과 당면과제에 비추어 도전해봄직한 문제를 말한다. 다만 순수 기초과학 관점에서의 근본적인 문제와 조기 상용화가 예상되는 단기적인 문제는 그랜드 퀘스트에서 배제된다.

그랜드 퀘스트는 분야별 저명한 연구자들이 가지고 있는 도전적인 문제를 찾아 미래세대를 향해 문제해결의 도전의식을 불러일으키기 위한 질문을 던짐으로써 대한민국이 세계 기술혁신의 선두이자 중심이 되는 시작점을 제공하고자 한다. 이를

위해 올해는 그랜드퀘스트에 해당하는 난제를 발굴하는데 초점을 두었으며, 이공계 각 분야별 많은 연구자들이 수년 간 고심하고 있으나 아직 해결되지 않고 있는 난제, 하지만 해결의 단초를 얻을 수 있다면 학문적 혹은 산업적으로 획기적인 변화가 기대되는 난제를 제시하기 위해 노력했다.

이상 그랜드 퀘스트가 제시하는 난제는 다른 연구들과의 차별점을 가진다. 먼저 일반 대중을 대상으로 하기보다, 학부 3학년 정도의 관련 지식을 가진 미래 연구자를 기준으로 질문을 제시하고자 노력함으로써 전문가들의 지식과 미래세대들의 이해를 적절하게 융합하기 위해 시도했다. 두 번째로 그랜드 퀘스트의 난제들은 미래유망기술을 식별하는 것이 목적이 아니며, 해결된다면 기술변화를 이끌 것으로 생각되는 난제가 무엇인가에 주목한다는 점에서 다른 기관들이 식별한 미래유망기술과는 차별성을 갖는다. 이는 MIT, KAIST 등 국내·외 대학들뿐만 아니라 연구소들이 미래유망기술을 선정하려는 다양한 노력들 안에서 또 하나의 새로운 시도로 볼 수 있다. 또한 최근에 이미 출현한 기술 혹은 가까운 미래에 떠올라 세간의 주목을 받을 것으로 예상되는 기술이 아니라 기술변화를 이끌기 위해 필요하지만 연구자들이 쉽게 해결하지 못하고 있는 영역에 주목함으로써, 다른 기관의 결과물과는 달리 미래지향적이며 도전적인 학문적 질문들이다.

[그림 10] 그랜드 퀘스트 소개자료

그랜드퀘스트의 과정은 다음과 같이 진행된다. 총괄위원회를 중심으로 10개 주제를 선정하며, 각 분과위원을 2명씩 선정한다. 2명의 분과위원은 각자의 간담회를 통해 분과별 난제를 도출한다. 이후 선정한 난제를 제시하고 토론하는 오픈 포럼을 개최하며, 최종 결과물은 책자로 발행하게 된다. 그리고 프로젝트 수행 방안을 논의하는 총괄위원회의 첫 번째 회의를 2023년 4월 20일(목) 서울대학교 호암교수회관에서 진행했다.

총괄위원회 1차 회의에서는 미래전략원 및 2023년 과학기술 클러스터 사업 소개, 그랜드 퀘스트 일정 및 향후 계획, 분과위원회 분야 추천, 그랜드 퀘스트의 결과물 형태 등에 대해 논의했다. 특히 2023년 그랜드 퀘스트를 제시할 분과를 선정하기 위해 총괄위원회가 14가지 분과 후보와 서울대학교 교수들로 구성된 해당 분과별 예비 위원들을 추천했다. 총괄위원회의 1차 회의를 통해 예비로 추천된 분과는 아래 [표 2]의 좌측와 같으며, 14개 분과를 10개로 압축하는 회의를 1차 회의 이후 4월 말까지 진행해왔으며 이후 총괄위원회의 1차 예비 추천을 바탕으로 압축한 9개 분과는 [표 2]의 우측과 같이 정리되었다. 1개 분과는 추가 발굴할 예정이다.

[표 2] 14개 후보 분과 중 총괄위원회의 추천을 바탕으로 압축한 10개 분과

구 분	추천분과명
1	양자과학기술
2	신개념 에너지원
3	신개념 배터리
4	인공장기
5	바이오 난제기술
6	해수 수소생산
7	인공시냅스: 신경회로-기계연결
8	항공우주
9	Topological Data Analysis
10	사회현상, 군집이론
11	딥러닝, 최적화
12	동형암호
13	항노화 기술 개발
14	신경과학으로 해석한 인간성의 근원

→

구 분	추천분과명
1	양자정보과학
2	신뢰기반 인공지능
3	진화적 인공지능
4	차세대 암호기술
5	차세대 항체기술
6	차세대 에너지기술
7	차세대 배터리
8	차세대 로봇
9	차세대 반도체
10	* 추후 총괄위원회를 통해 결정

[그림 11] 그랜드 퀘스트 향후 추진계획(좌)과 예상 결과물(우)

3. 미래세대가 바라보는 세상 : 미래세대 토론회

미래세대 토론회는 정확한 미래를 예측하기 위함보다, 미래를 만들어나가기 위한 비전을 제시하는 목표를 가지고 시작되었으며, 특히 변화할 미래사회를 살아갈 주역인 젊은 청년을 중심으로 논의함으로써 미래를 전망할 중요한 키워드와 청년들이 기대하는 미래상을 제시하는데 목적이 있다. 미래상을 그리기 위해 단순히 기술혁신의 가속화에 따른 과학기술의 변화만을 고려하기보다, 인문사회의 융합적 사고가 통합된 기술의 미래를 예측하기 위해서 다양한 분야에서 미래사회에 관심을 두고 주도적으로 비전을 확립하고자 하는 다양한 학생들을 선발했으며, 토론회를 기점으로 과학기술의 미래에 대한 지배적 담론을 생성하고자 한다.

토론회의 목적이 젊은 청년들이 기대하는 미래상과 그들의 중심 키워드를 도출하는 것이므로, 학생들이 주도적으로 끌고 갈 수 있도록 연구 교수진으로 대표되는 멘토들의 지원 하에 학생들의 의견이 중심이 되어 운영되었다. 학생들은 디지털 사회라는 커다란 틀 안에서 자신들의 비전을 제시하기 위해 각 조별로 주제선정부터 결과물의 형식, 토론의 진행까지 주도적으로 진행했으며, 패널들로서 자신들의 주제에 대해 주도적으로 응답을 진행했다. 멘토(교수진)들은 토론이 주제로부터 벗어나지 않도록 중재하며, 학생들의 질문에 대해 답해주되 멘토들의 주관과 판단이 포함되지 않도록 지원함으로써, 청년들의 고유한 생각 아래 중심 키워드가 도출되도록 진행되었다.

2022년 미래세대 토론회는 다음과 같이 진행되었다. 올해 미래세대 토론회는 국가미래전략원이 한국고등교육재단의 지원 아래 진행되었으며, 5~6월까지 국가미래전략원과 한국고등교육재단을 통해 지원자를 모집하고 면접을 거쳐 최종 20명을 선발했다. 지원자의 세부현황은 학교별로 서울대학교 16명, 고려대학교 2명, 연세대학교 2명이었으며, 학위과정별로 학부생 14명과 대학원생 6명, 전공별로 인문학 13명, 공대 및 자연대 7명으로 다양성을 갖춰 선발되었다.

토론회를 시작하기 전에 8월 11일 서울대학교 공과대학 37동에서 사전워크샵을 진행하여 멘토들을 중심으로 토론회의 취지 및 설명 그리고 미래사회에 대한 참가자들의 질문에 대한 토론 시간을 제공했으며, 미리 조를 편성하여 사전에 네트워크를 형성하고 의견을 교환할 수 있도록 지원했다. 또한 임시 홈페이지를 개설함으로써 토론회 참석 학생들에게 미래사회와 관련된 영상자료, 책자 등을 공유하는 등 토론회 시작 전까지 꾸준히 소통하기 위해 노력했다. 사전워크샵의 세부적인 일정은 [표 3]과 같다.

[표 3] 미래세대 토론회 예비모임 일정

구 분	시간	내 용	비고
1 Session	14:00 ~ 14:30	참가자 안내	
2 Session	14:30 ~ 15:30	토론회 안내	이정동 멘토
3 Session	15:30 ~ 16:30	특강	김홍기 멘토
4 Session	16:30 ~ 16:45	토론의 형식	박상욱 멘토
Wrap-up	16:45 ~ 17:00	질의응답	

본 토론회는 2022년 8월 25일(목)부터 27일(토)까지 2박 3일로 서울 워커힐호텔 부지 내의 SK아카디아에서 진행되었으며, 장소를 전일 대관하고 숙식을 지원함으로써 시간의 제약 없이 자유롭게 토론할 수 있도록 분위기를 제공했다. 멘토들로 교수진을 초청하여 그들의 질문에 문답하는 형식으로, 의견을 보다 구체화하기 위한 활동을 지원했으며 패널들이 다른 조와 의견을 적극적으로 교환하고 네트워크를 확장할 수 있도록, 하루에 한번씩 전체토론을 진행하여 상호 코멘트를 받았으며, 식사시간에는 조를 적절하게 혼합(Mix and Match)함으로써 식사 시에 보다 자유롭게 대화를 나누고 의견을 교환할 수 있도록 환경을 조성했다. 세부적인 일정은 [표 4]와 같다.

[표 4] 미래세대 토론회 일정

구 분	시 간	내 용	비고
1일차	12:00 ~ 13:00	• 체크인 및 식사	
	13:00 ~ 13:30	• 안 내	
	13:30 ~ 14:30	• 특 강	장병탁 교수
	14:30 ~ 14:45	• 휴 식	
	14:45 ~ 16:30	• 전체토의 - 토의의 지향점 - 결과물의 형식	
	16:30 ~ 21:00	• 분임토의 - 저녁식사(18:00 ~ 19:00)	
2일차	09:00 ~ 10:00	• 특 강	이준환 교수
	10:00 ~ 10:20	• 휴 식	
	10:20 ~ 12:00	• 전체토의 - 토의 중간결과 공유	
	12:00 ~ 13:00	• 식 사	Mix and Match
	13:00 ~ 15:00	• 전체토의 - 토의의 지향점 - 결과물의 형식	
	15:00 ~ 21:00	• 분임토의 - 저녁식사(18:00 ~ 19:00)	Mix and Match
3일차	09:30 ~ 12:30	• 전체토의 - 토의 최종결과 공유 - 최종결과물 형식 토의 - Wrap-up	
	12:30 ~ 13:30	• 식 사	

올해 미래세대 토론회는 '디지털 기술이 미래사회에 미칠 영향'에 관해 주제를 한정하여 토론을 개최했다. 그 결과 총 5개의 주요 키워드와 그 내용에 관한 결과물을 제시했다. 5개의 주요 키워드는 다음과 같다.

- 주의소유권
- 디지털 휴이넘
- 디미그레이션(Dimmigration)
- 비인간관계
- Homo Vanitas

결과물은 각각의 주요 키워드에 관한 내용을 설명하기 위해 그것을 잘 나타내는 핵심 단어와 요약문, 그리고 본문으로 구성된 원고로 제출되었다. 먼저 핵심 단어와 요약문은 누구라도 쉽게 읽고 흥미를 일으킬 수 있도록 내용을 간략하고 핵심적으로 제시되었다. 이후 자세한 내용을 조별 원고과 개인별 원고로 구분하여 작성했다. 본 보고서에는 각 조별 핵심 단어 및 요약문만을 발췌하여 제시한다.

i. 주의소유권

- 핵심 단어 : 주의소유권, 디지털 플랫폼, 주의소진
- 요약문

> - 디지털 플랫폼은 현대인에게 주의소진(주의마비, 주의강탈)을 메커니즘&알고리즘을 만들어 이윤추구라는 자기 목적을 최대화한다.
> - 주의소유권이란 우리가 어떤 자극을 받을 것인지 숙고하고 결정할 수 있는 권리를 말한다.
> - 현대인에게 적극적 자유를 위한 권리로서 주의소유권이 요구되며 이는 현대인의 주의에 대한 성역화가 아닌 기업의 이윤추구 및 서비스에 대한 적절한 사용과의 양립을 추구한다.

ii. 비인간관계

- 핵심 단어 : 비인간관계, 진정성, 상호성
- 요약문

> - 급변하는 디지털 시대 속 불변하는 가치가 지향점이 되며 그 지향점 으로서 진정성 있는 관계를 생각해볼 수 있다.
> - 진정성은 "반응에 따른 정서적 만족감", "지속성에 대한 믿음", "상대방을 존중하는 마음"을 필요조건으로 하며 이들은 비인간(로봇, 기계, 인공지능)과의 관계에서도 성립가능하다.
> - 디지털 사회에서는 비인간관계가 증폭될 것이며 이 비인간관계에서 우리는 진정성의 가능성을 찾아볼 수 있다.

iii. 디지털휴이넘

- 핵심 단어 : 디지털휴이넘, 탈(脫)인간중심사회
- 요약문

> - 디지털 휴이넘이란 인간의 지위가 기계에 의해서 대체되고 이 둘의 지위가 역전되는 세계를 말한다.
> - 디지털 휴이넘은 차용된 개념인 휴이넘과 같이 불쾌감을 불러일으키기에 충분한데, 이는 인간중심주의의 근본 믿음인 인간 능력에 대한 독단과 그에 따른 오만을 지적하기 때문이다.
> - 그러나 이러한 인간중심주의적 사고에서 벗어날 경우 디지털 휴이넘의 도래는 인간의 새로운 존재의의를 만들고 새로운 주체성을 만들어낼 수 있다.

iv. Homo Vanitas

- 핵심 단어 : Homo Vanitas(공백 인간), 디지털 공백, 국가의 진공상태
- 요약문

> - Homo Vanitas는 공백인간을 의미하며 디지털 사회에서 발생한 공백에서 태어나 그 공백을 해결하고 다시 사라지는 존재를 말한다.
> - Homo Vanitas는 디지털 사회에서의 기술발전에 따라 발생한 국가의 통제력 부재, 즉 국가의 진공상태 및 공백으로부터 발생이 촉진된다.
> - 이들을 설명함에 있어 기존의 관계, 정체성과는 달리 유동성, 임시성, 그리고 문제 해결을 위한 네트워크의 활성화와 이용의 개념이 필요하다.

v. 디미그레이션

- 핵심 단어 : 디미그레이션(Dimmigration), 희소성, 새로움과 가치
- 요약문

> - Dimmigration은 아날로그의 세계로부터 디지털 세계로의 이민을 말한다. 이러한 디미그레이션은 최근에 논의되는 메타버스의 연장선이다. 작중에도 언급된 바와 같이 고도화된 기술의 집약이 이루어진 것이다. 그러나, 디미그레이션은 더 나아가 죽음의 죽음에 대한 의도까지 나아간다.
> - 그런데 이러한 Dimmigration을 통해 죽음의 죽음이 이루어진 세상, 즉 무한함이 있는 세상에서 인간은 어떤 삶을 살게될 것인가? 그리고 어떤 가치를 다룰 것인가? 본 기획에서는 그에 대해서 논하고자 한다.

III. 정책 제안

1. 협력적 기술주권 확보전략 필요

본 연구에서 제안하고자 하는 협력적 기술주권을 확보하기 위한 선제적 조건으로써 국가적 차원의 테크인텔리전스 역량을 구축하는 것이 필수적이다. 주요국들의 핵심기술 선정 및 육성 전략에 대한 모니터링과 분석을 강화할 필요가 있으며, 이를 통해 한국의 대응 전략을 수정, 보완하는데 지속적으로 활용해야 한다. 특히, 데이터 기반의 핵심기술 식별 및 수준 모니터링은 보다 정확하고 빠르게, 그리고 효율적으로 의사결정자들에게 유용한 통찰력을 제공할 수 있다. 데이터 기반의 테크인텔리전스 역량은 개인, 혹은 특정 집단이 가지는 주관적 해석의 편향을 최소화할 수 있으며, 최근 급격히 발전하고 있는 인공지능, 머신러닝을 접목하면 새로운 기술의 식별과 패턴을 탐지하고 예측할 수 있다. 협력적 기술주권을 실천하기 위해서는 강대국의 핵심기술을 따라가거나 뒤늦게 중요한 기술로 떠오르는 분야를 쫓아가는 것이 아니라, 한국이 선제적이고 독립적으로 체계적인 기술전략을 수립하고 수행할 수 있는 고유한 테크인텔리전스 역량을 갖출 필요가 있다.

또한, 협력적 기술주권을 실천하기 위해 핵심기술 분야별로 협력의 세부분야와 최적의 협력 파트너를 찾기 위한 노력을 기울여야 한다. 어떤 분야에서 누구와 협력하는 것이 한국의 기술주권을 위해 가장 효과적이고 유익한지 식별하는 일은 보다 적극적으로 협력적 기술주권을 확보하기 위한 첫 걸음이 될 수 있다. 여기서도 역시 데이터 기반의 정량적 분석은 보다 객관적이고 포괄적인 시각으로 한국에게 협력이 필요한 기술 분야와 협력 파트너를 찾는데 아주 유용할 것으로 기대된다.

이렇게 도출된 세부 분야와 협력 파트너를 중심으로 협력적 기술주권 관점의 신산업/신기술 정책을 추진할 수 있다. 과거 역대 정부의 유망기술 및 신산업육성정책은 주로 산업 경쟁력 강화 및 경제성장에 초점이 맞춰져 있었지만, 최근 초격차와 기술주권 차원의 성격이 추가됨에 따라 국제협력의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 기술 디커플링으로 대변되는 기술패권 경쟁에 중심국가들과는 다른 정책 개념과 목표 및 우선순위 설정이 필요하며, 협력의 세부 분야와 명확한 협력 파트너를 식별하는 것은 보다 구체적이고 실효성있는 정책을 수립하고 추진하는데 큰 도움이 될 것이다. 또한, 모든 주요국가가 핵심기술 영역에 있어서 대부분 중복되는 경향이 있지만, 세부 분야에 대해서는 차이를 보일 수 있으며 각 세부 분야별 현재 보유하고 있는 역량 또한 국가별로 상이하기 때문에, 협력적 기술주권을 실천하기 위한 정책에는 분야 및 파트너에 대한 구체성은 물론 이에 따른 차별화가 필수적이다.

2. 한국이 직면한 국가 난제에 관해 심도 있는 전문가집단 간의 합의가 필요

현대사회는 과학기술의 발전에 의해 여러 문제들이 해결되고 있지만, 동시에 사회를 구성하고 있는 시스템과 네트워크는 보다 복잡해지고 있으며, 이해당사자들이

보다 다양해지면서 이전과 다른 다양한 문제들이 새롭게 제시되고 있다. 이렇게 나타나는 문제들은 개인 혹은 특정 단체만의 단순한 합의만으로 해결하기 어려우며 객관성과 전문성에 기초하여 다수의 사회적 합의를 얻어내기 위한 노력이 반드시 병행되어야 한다. 더하여 현재의 문제만을 식별하고 대응하는 단기적 시각보다 미래세대가 마주할, 발전된 과학기술이 가져올 다양한 난제에 관해 지금부터 적극적으로 해결하기 위한 준비가 필요하다. 이 연구는 국가가 반드시 주목해야 할 난제를 도출하고 제시하기 위해 다양한 전문가집단 간의 합의가 필요함을 강조한다. 각 분야의 전문가들이 난제 해결을 위해 각자의 전문적 식견을 바탕으로 논의를 통해 합의함으로써, 다양한 분야의 시각이 융합적으로 결합된 입체적인 시각을 기반으로 난제가 제시되며, 해결방안을 위한 방향성을 제공할 수 있다. 그리고 논의의 대상을 보다 확대하여 시민들과의 소통의 장을 조성함으로써 보다 다양한 의견을 모으고 사회적 합의를 이끌어내는 시작점을 마련할 수 있을 것이다.

논의의 결과가 실질적으로 맺어지기 위해 난제의 설정과 해결방안의 모색 등 전 과정에서 정부, 산학연의 과학기술 전문가들이 자신의 의견을 자유롭게 개진하며 끊임없이 토론할 수 있는 대화의 장이 마련되어야 할 것이다. 그리고 이러한 논의의 결과는 국가 차원의 난제인 만큼 많은 노력이 요구될 것이기 때문에 실제 정부의 구체적인 개입과 노력을 제시할 수 있는 구체적인 방안이 다뤄져야 한다.

마지막으로, 논의가 보다 확대되고 구체화되기 위해 다양한 전문가 집단이 적극적으로 교류할 수 있는 정기적인 기회가 제공되어야 한다. 그랜드퀘스트는 전문가 집단의 적극적 교류를 위한 플랫폼으로 활용될 것이며 다양한 분야에서 적극적인 노력을 통해 플랫폼의 범위를 확대시켜야 할 것이다.

3. 미래세대 중심의 토론 주제 확대 및 구체적 실현을 위한 지원 필요

젊은 세대들은 새로운 기술과 산업을 창출하고, 이를 통해 미래사회를 이끌어 나갈 책임이 있다. 이들은 다양한 분야에서 창의적인 아이디어와 시각을 제시하며, 이를 토대로 새로운 기술과 산업을 창출하고자 노력하고 있다. 뿐만 아니라, 미래시대에 나타날 문제점을 보다 적극적으로 대처하기 위해서 다양한 분야에 관심을 가지고 있는 보다 많은 젊은 세대들이 모여 미래시대를 예측하는 일에 동참하도록 유도하는 노력이 필요하다. 그리고 미래세대 토론회는 특정 주제에만 국한되어 다뤄지는 것이 아니라, 꾸준하게 진행되는 가운데 주제의 범위를 넓힘으로써 다양하게 다뤄져야 한다. 또한 논의의 과정을 통해 만들어지는 주제는 단순히 결과물을 만들고 공유하는 것에 그치는 것이 아니라 기업전략이나 국가사회의 전략 수립과정에 반영이 될 수 있도록 보다 중요하고 세밀하게 다뤄져야 한다. 그리고 그들이 제시한 주제가 보다 구체적으로 드러나며, 현실적인 해결방안이 제시될 수 있도록 전문가들의 책임의식 가운데 중점적으로 논의해야 할 필요가 있으며 이러한 논의가 사회에 적극적으로 전파되어 시민들의 동의를 얻음으로써 미래세대가 맞이할 미래사회를 만드는데 사회가 적극적으로 동참할 수 있도록 지원해야 할 것이다.

IV. 행사 및 소통

1. 한국의 전략기술 도출을 위한 이론적 프레임 워크 구축

i. 국제포럼

- 행사명 : International forum on Critical Technologies and Technology Sovereignty
- 주최 : 서울대학교 국가미래전략원, 한국고등교육재단, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research
- 배경과 목적

  미국과 중국 사이 기술적 지배권 경쟁이 심화되면서 기술 주권에 관한 국제적 관심이 향상되고 있는 상황에서, 한국은 기술적으로 선진국에 둘러싸여 있으며 세계 가치사슬 및 경제적으로 밀접한 연결을 가지고 있는 상황이다. 한국의 기술주권 확보전략이 무엇보다 중요한 지금 시점에서 본 포럼은 기술 주권에 대한 국제적 논의를 종합하며, 한국과 독일간 전략적 방향성에 대한 합의를 이끌어내고 미 전문가들을 포함하여 핵심기술에 관한 통찰을 공유하는데 목적을 두고 있다.
- 일정 및 장소 : 10월 5일 09:00 ~ 18:00, 국가미래전략원 컨퍼런스홀
- 진행방법 : 총 3개 Session으로 진행 / 연사발표 후 대담 및 질의응답

  *** 각 세션별 발표 내용 전문 및 관련 사진은 첨부문서 참조**
- 행사 일정
  - 09:00 AM ~ 09:30 AM : Registration
  - 09:30 AM ~ 10:00 AM : Opening Ceremony

    Welcome Greetings:

    ⊙ Moderator: Jeong-Dong Lee
    (Professor of Technology Management, Economics and Policy Program at Seoul National University)

    ⊙ Ki Moon Ban
    (Honorary Director, SNU Institute of Future Strategy, Former Secretary General of the United Nations)

    ⊙ Byung-Yeon Kim
    (Director, SNU Institute of Future Strategy, Professor of Department of Economics at Seoul National University

    ⊙ Byung-il Choi
    (President of Korea Foundation for Advanced Studies, Professor of Graduate School of International Studies at Ewha Womans University)

⊙ Jakob Edler
(Executive Director of Fraunhofer ISI, Professor at The University of Manchester)

- 10:00 ~ 12:00 : Session 1

Session 1. US-China Conflict and Restructuring the Global Value Chain

■ Background:
The competition for technological hegemony between the US and China is getting sharper over time, and the global supply chain is rapidly restructuring accordingly. Many experts agree that it is difficult to expect a return to the same worldwide production and technology collaboration system as in the past. Now is a time of rapid change to find a new balance. Therefore, experts' opinions on how the US-China competition and restructuring of the global supply chain will unfold are more crucial than ever. In particular, the position of Korea, which has grown through trade while maintaining an open economic system, is a matter of great interest to many countries. This session aims to address the following questions:
What are the causes and prospects of the US-China technological hegemony competition and global supply chain reorganization?
What effects of US-China competition and global supply chain reorganization on Korea?
What is Korea's policy position in response to the US-China competition and global supply chain restructuring?
⊙ Moderator: InJoo Sohn
(Professor of Department of Political Science and International Relations at Seoul National University)

● Speaker: William B. Bonvillian
(Senior Director at Office of Digital Learning of Massachusetts Institute of Technology)

Title of Talk:
Emerging Industrial Innovation Policy Approaches in the U.S.
Short Abstract of Talk:
U.S. non-defense governmental technology policy, starting in the post-World War II period, was organized around a commitment to early-stage research. By the 1980s, the limitations of that approach in undertaking technology

implementation became increasingly clear. Correspondingly, U.S. technology policy has moved through a series of stages of more "connected" approaches to technology policy, including in the post-Sputnik period, the 1980s competitiveness period, and the energy and advanced manufacturing challenges of the post-2010 period. In the past two years, with the increased with technology competition with China, with the need for new energy technology advances due to climate change, and with the coronavirus pandemic, a series of new industrial innovation policy approaches have evolved. These include major legislation to support new semiconductor foundries and research, new energy technology demonstration programs, restoration of more resilient supply chains in critical technology fields, a major program to speed up vaccine development and production for the pandemic, and new support for applied science in critical technology areas. For these programs to be successful, particularly compared to comparable Chinese efforts, arguably a new infrastructure will be required to fill gaps in the current U.S. innovation system in such areas as technology scale-up financing, cross-agency collaboration mechanisms, and implementing advanced manufacturing.

● Speaker: Byung-il Choi
(President of Korea Foundation for Advanced Studies, Professor of Graduate School of International Studies at Ewha Womans University)

Title of Talk:
US-China Tech Hegemonic Competition: A Korean Perspective
Short Abstract of Talk:
As China markedly turns away from the path imagined by the US and the West - convergence to the liberal market economy and the soft authoritarian regime, and China pursues and exports its own digital authoritarian regime as an alternative to the Western model, the power competition between the US and China becomes inevitable. While the US and China confront in various sectors, technology rivalry is a defining aspect of the US-China hegemonic competition. Dual aspect of technology - an industry sector in its own and its implication in defense and security - and the intensifying tech rivalry between the two superpower implies that the security aspect is at the driver seat, while the economic aspect takes a back seat. Such a sea change in technology landscape throws into disarray the existing global supply chain,

which has been evolved during the past three decades of hyper-globalization. The US under the Biden administration intends to reconfigure the global supply chain of some key products, including semiconductor, battery, mineral resources and bio medicals. New emerging supply chain, if any, will not be efficient, compared to pre-pandemic and pre-new Cold War global supply chain. Without doubt, it would be costly and less effective for the time being. Nevertheless, the new supply chain, to the mindset of policy makers, would be more under control of the state and thereby more stable. Korea is a player in this reconfiguration of the global supply chain. Often, the challenge is framed as the question of choosing a side. Realities are far from such over simplification. The pressing question is how to stay competitive in this new geopolitical and geoeconomic competition. Creating and maintaining an irreplaceable edge is imperative.

● Speaker: Jeong Dae-jin
(Deputy Minister for Trade at Ministry of Trade, Industry and Energy)

Title of Talk:
Industry·Trade Policies for Strengthening Global Supply Chains
Short Abstract of Talk:
Global supply-chain sruptions as a result of US-China competition, the Russia-Ukraine war, the on-going pandemic and spreading protectionism are continuing to occur. Although connecting every corner of the world in an efficiently manner with globalization, global supply chains are emerging as a threat to many countries paradoxically. Against this backdrop, the industry·energy-linked trade strategies are of the utmost importance to ensure the stability of supply chains and respond to changing industrial structure, as well as trade policies for market liberalization and trade expansion. While swiftly addressing short-term disruptions based on cooperation between countries, we should establish a stable cooperative system for technology, industry and materials·parts in the process of reshuffling the global industrial structure. Above all, active participation of the private sector is necessary while its autonomy is guaranteed.
⊙ Designated Discussant: Chung Chul
(Senior Research Fellow, Korea Institute for International Economic Policy)

■ Open discussion with speakers, discussant, and floor participants

- 13:20 ~ 15:20 : Session 2

Session 2. Technology Sovereignty and technology/innovation policy

■ Background:
With the US-China competition and restructuring of global supply chains, interest in technology sovereignty is growing in many countries. The concept of technology sovereignty is easy to be interpreted as having to possess core technology in the country. However, technology and production are already too internationally divided for one country to have everything. In such a situation, it is more important than ever to establish a realistic concept of feasible technological sovereignty and to prepare a plan to secure technology sovereignty considering the country's context. This session aims to address the following questions:

What are Europe's perspectives on technology sovereignty's definition and policy prescription?
What are the US perspectives on technology sovereignty's definition and policy prescription?
What are Korea's perspectives on technology sovereignty's definition and policy prescription?
⊙ Moderator: Keun Lee
(Professor of Department of Economics at Seoul National University)
● Speaker: Jakob Edler
(Executive Director of Fraunhofer ISI, Professor at The University of Manchester)

Title of Talk:
Technology Souvereignty and new demands for Innovation Policy
Short Abstract of Talk:
In the last five to seven years, there have been a number of geo-political developments that have severe implications for the development and deployment of innovation across national borders. Trust in international trade trust has suffered or is reduced to a more limited number of like-minded countries, while protectionism is on the rise. More and more countries and supranational organizations have realized that the exchange of knowledge and the ingredients for technological innovations is increasingly being hampered. Even more, the flow of knowledge and intermediate goods for technological

innovations has become an instrument in geo-political and trade conflicts. Against this background, it is important for individual states of associations of like-minded states to reflect on their ability to develop the technologies they need, i.e. to establish their technology sovereignty. This talk will present a concept to define and operationalize technology souvereignty, and reflect on what the application of a technology sovereignty strategy means in the broader context of innovation policy and its governance.

● Speaker: Nicholas Vonortas
(Professor of Economics and International Affairs at George Washington University)

Title of Talk:
Technology Sovereignty: Old wine in new bottles?
Short Abstract of Talk:
Talk is in the air about a "new" political economy of innovation strategies in the post-pandemic world that pits liberal capitalist development principles of expanding free markets against social self-protection principles that keep check of it. The world may be entering a new era of geopolitics pitying the "old" superpower against a "new" accenting contender. The thinly veiled interventionist technology and industrial policies on both sides are obvious reflections of an uncomfortable situation of geopolitical competition. Europe has been an enthusiastic supporter, even inventing new terms to describe it such as "technological sovereignty" and "mission-oriented policies". Is this trend something new, or is it a recurring situation, more like a pendulum which swings towards economic liberalism and openness when the occasional superpower feels relatively safe and towards interventionist policies when it does not? A pendulum that swings towards interventionist policies as the laggard country tries to catch up and towards economic liberalism when it has been more or less successful in closing the gap? This presentation will reflect on lessons from times past and basic economic principles to underline the dangers lurking behind the current talk on technology sovereignty and delineate the limitations of such an approach.

● Speaker: Sangook Park
(Professor of Department of Science Studies at Seoul National University)

Title of Talk:
Technology Sovereignty and the mission-oriented innovation policy in Korea: lessons from the Korea-Japan trade dispute
Short Abstract of Talk:
Korea used to be locked in the dependence of essential chemicals for microelectronics on imports from Japan. It had been thought as a win-win trade like division of labour between developed economies within the region. But Japan's export restriction of hydrogen fluoride, fluorinated polyamides and photoresists not only harmed the long-run collaboration of two countries, but also alarmed Korea that even friendly countries can weaponize tech trade. As Korean firms and government became aware of the vulnerability of supply chains, they set a shared mission to lower the dependence of chemicals and materials from abroad, and they implemented a comprehensive policy mix to deal with the mission. In this talk, Korea's reaction to Japan's export restriction is claimed as a case of the MOIP for technology sovereignty. In addition, its impact on Korea's tech sovereignty concerns in the era of tech cold war is also addressed.
⊙ Designated Discussant: Ji-ho Hwang
(Director general, Korea Institute of S&T Evaluation and Planning)

■ Open discussion with speakers, discussant, and floor participants

- 15:40 ~ 17:40 : Session 3

Session 3. Current Trends and Future Strategy for Critical Technology

■ Background:
Each country is trying to secure critical technologies to survive the US-China competition and the global supply chain restructuring. However, there is no agreed definition of strategic technology, and it is difficult to find an agreed methodology and consensus on which technologies are critical. The policy for securing critical technology is also in a state where industrial, technology, and science policies are mixed. Most importantly, no country can have all the technologies, so it inevitably has to be selective. There is also a concern that if each country insists on a similar set of critical technologies and duplicates investments, global technological development will inevitably slow down. Therefore, experts' advice is more urgent than ever to create a

consensus on the definition of critical technologies and make a consensus on technological innovation for the shared prosperity of humankind. This session aims to address the following questions:

What are the international trends for the definition and lists of critical technologies?
What are Europe's definition and policy prescriptions for critical technologies?
What are Korea's definition and policy prescriptions for critical technologies?
⊙ Moderator: Sungcheon Kang
(Fellow at Center for Science, Technology and Future Research at SNU, Former Vice Minister at Ministry of SMEs and Startups)

● Speaker: Jeong-Dong Lee
(Professor of Technology Management, Economics and Policy Program at Seoul National University)

Title of Talk:
The dilemma of critical technology for technology sovereignty: Escaping theatrical effect via international collaboration
Short Abstract of Talk:
As the technology competition between the US and China intensifies and the global value chain is rapidly restructuring, interest in technological sovereignty and critical technology from various countries is increasing. Accordingly, each country has developed policies to select, protect, and promote critical technologies. Nevertheless, there is no consensus as to which technology is a critical technology and what process it is appropriate to derive. Countries publish different lists according to their logic and procedures and each country's unique contexts. Therefore, it is a timely issue to compare and analyze the commonalities and differences in critical technology by comparing the methods for deriving the critical technology and the published technology list by each country. In this talk, we intend to examine the international practices regarding critical technologies and present their policy implications. In particular, we will discuss the possibility of international cooperation on critical technologies to solve global and common problems under cooperation rather than the current exclusive competition between countries.

● Speaker: Henning Kroll
(Coordinator at Business Unit Innovation Trends and Science Studies of Fraunhofer ISI, Adjunct Professor at Leibniz University Hannover)

Title of Talk:
Key enabling technologies to safeguard future competitiveness and well-being Challenges, Opportunities and Strategies in Europe and Germany
Short Abstract of Talk:
For more than a decade, the identification of key enabling technologies has occupied center stage in various national and international development strategies. Expanding on the obvious multi-purpose role of digital communication, policy makers have promoted various enabling technologies since the early 2000s. Around 2010, most European countries agreed on promoting a canonical list of six key technologies, including biotechnology, nanotechnology and advanced manufacturing. Ten years later, these nations are facing the double challenge of having lost ground in an ever more paramount digital domain while at the same having to support sustainability transitions for which new technological solutions will be required. While the generic technological fundament needed may overall still be the same, both specific drivers and the motivating framework have substantially shifted. This talk will elaborate on which key enabling technologies appear critical for Germany and Europe today and how newly emerging challenges have been framed at either policy level.

● Speaker : Yongrae Cho
(Research Fellow at Science and Technology Policy Institute)

Title of Talk:
Innovation of National R&D System for Global Leadership in CET (Critical and Emerging Technologies)

Short Abstract of Talk:
With the geopolitical competition getting fiercer, global competition for emerging technologies has become an irreversible trend to ensure national security. We will concentrate our national capacity for technological innovation, with the selection of 10+a critical and emerging technologies. The criteria for selecting such technologies include commercial value, relevance to

national security, urgency about support for development at the national level, etc. To promote and protect Korea's critical and emerging technologies, support measures on all fronts will be adopted, including policies for mission-oriented R&D, STEM education, research integrity and international cooperation.

⊙ Designated Discussant: Hyunsook Lee
(Professor of School of Biological Sciences at Seoul National University)

■ Open discussion with speakers, discussant, and floor participants

- 17:40 ~ 18:00 : Closing Ceremony

ii. Fraunhofer ISI와의 협력적 관계(MOU) 구축

- MOU 주최 : 서울대학교 국가미래전략원 x Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research
- 일시 / 장소 : 10월 6일 / 서울대학교 우석경제관
- 참가대상 : 국가미래전략원 김병연 원장, Jakob Edler(Executive Director of the Fraunhofer ISI) 등 7명
- 목적 : 핵심기술과 기술주권에 관한 국제적 논의 및 한국-독일 양국의 혁신정책의 미래에 관한 논의 및 전략적 방향성을 지원하기 위한 공통의 이해를 형성
- 주요 내용
  - 목적 달성을 위한 공동 연구 활동을 수행 여건을 조성
  - 한국과 독일을 번갈아가며 Open seminar를 개최
  - 방문 교수진은 수용 당사자의 현장에서 사무실 공간 이용 가능
  - 한국-독일 연구분야 관련 학술 및 이해관계자 네트워크 접근 지원
- 관련 사진 : 첨부문서 참조

2. 미래세대 토론회: 연구결과 및 첨부문서 참조

향후 연구계획

I. 2차년도 연구계획

<표 2> 연구 추진 계획

연구내용			4	5	6	7	8	9	10	11	12
연구 주제 1	국내외 논의 정리			■	■	■	■	■	■		
	결과 도출								■	■	■
연구 주제 2	선행연구 정리		■	■							
	1 단계	토론회 준비 (모집, 자료구성 등)	■	■	■						
		토론회 진행				■	■	■			
		토론 결과 정리							■	■	■
	2 단계	포럼 준비 및 참석 (독일)	■	■							
		포럼 결과 정리			■	■					
	3 단계	그랜드퀘스트 준비	■	■	■	■	■				
		그랜드퀘스트 실행						■	■		
		논의 결과 정리								■	■
	4 단계	위원회 운영 및 연구 아젠다 제시								■	■
최종 결과물 (연간 보고서, 발표회 등)									■	■	■

II. 3차년도 연구계획

<표 2> 연구 추진 계획

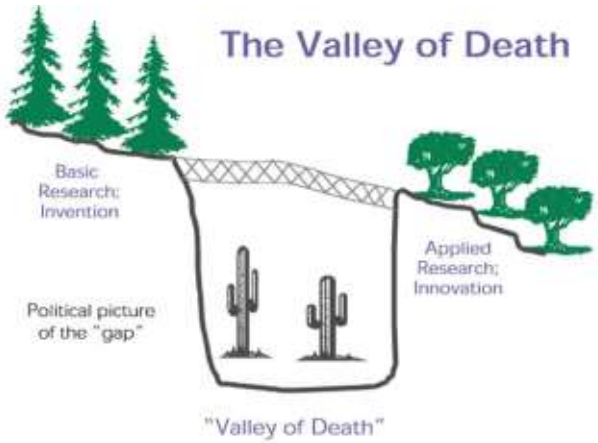
연구내용			4	5	6	7	8	9	10	11	12
연구 주제 1	국내외 논의 정리		■	■	■	■	■	■			
	국제 워크샵 (준비 및 행사)						■	■	■		
	결과 도출								■	■	■
연구 주제 2	선행연구 정리		■								
	1 단계	토론회 준비 (모집, 자료구성 등)	■								
		토론회 진행		■		■					
		토론 결과 정리					■	■			
	2 단계	포럼 준비 (초청)					■	■			
		포럼 진행						■			
		포럼 결과 정리						■	■		
	3 단계	인터뷰 준비 (섭외)						■	■		
		인터뷰 진행							■	■	
		인터뷰 결과 정리							■	■	
	4 단계	위원회 운영 및 연구 아젠다 제시								■	■
최종 결과물 (연간 보고서, 발표회 등)											■

첨 부

1. 발표문

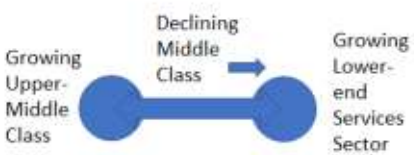
i. 국제포럼 발표자료

---> Bush's model institutionalizes the "Valley of Death" between research and later stage development



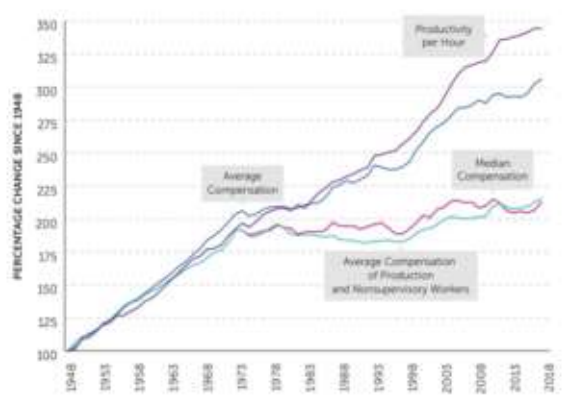
Manufacturing decline created major social disruption in the U.S.:

- We have increasing inequality, not economic convergence – a festering problem for 15 years.



- Above: the "Barbell" problem identified by economist David Autor
- The U.S. has famous IT companies (Google, Apple, etc.) but quite limited employment in the U.S.

The Wage Gap: for Median Income and Non-Supervisory and Production Workers:



What has evolved since this decline?

→ Models reaching further down the pipeline, requiring connections between R&D and implementation

- [See: W.B. Bonvillian, Encompassing the Innovation Panoply, *Issues in Science and Technology*, Winter 2022]

How far down the innovation pipeline does the Federal Government role go? ...The DOD parallel universe

THE INNOVATION PIPELINE:
Research->Dev->Prototype->Demo->Testbed->Production->Market

NSF, DOE OS, NIH, etc.:

DOD:

DOD has a "Connected System"

US has had Five Periods where it has tried to better connect science and technology:

- **Period 1 – Postwar** - Moved from "connected" innovation system in WW2 to "disconnected" system with federal research role paramount
- **Period 2 – Sputnik** – DOD reconnected its innovation system – DARPA model (also NASA):
  - "right-left", use basic research capability to enable upfront" research visioning"
  - Take advantage of launching innovations into Defense innovation system-joins Risk/Innovation - Connected – DOD is a parallel universe to disconnected civilian science
- **Period 3 – 80s Competitiveness**
  - Series of models to better connect R&D to "back-end" – MEP, SBIR, Bayh-Dole, ATP, Sematech, R&D Tax Credit
- **Period 4 – Energy Challenge** –
  - ARPA-E model - DARPA Plus approach – deeper into implementation
  - Expanded EERE, EFRCs, HUBs, Adv'd Mfg. Office, Tech Trans. Off., Cyclotron Rd., Loan Office
- **Period 5? – Advanced Manufacturing**
  - 16 Manufacturing Institutes – industry/univ./gov't collaboration – testbeds around adv'd mfg. technologies plus workforce ed

Defining Industrial Policy in terms of the stages of innovation advance:

- Industrial *innovation* policy - define in terms of the well-known stages through which a technology must advance:
  - research, development, technology prototyping, testing, demonstration, product development, production financing, market entry, and expanded market creation.
  - Industrial innovation policy, then, *entails government intervention in one or more of these stages* in order to *further a technological advance.*

Emerging Industrial Innovation Policy Approaches

- US has long had *industrial* ***economic*** *policy* elements – ex's: agriculture (price controls, irrigation systems, land grants, extension agents), energy (hydropower, nuclear, fossil and renewable subsidies, power regulation), health (Medicare, Medicaid) – but limited in the *industrial* ***innovation*** *policy* area
- Industrial Innovation policy –
  - Definition: focus on post R&D stages: late stage development, prototyping, testing and demonstration, production prototype, production, initial market creation
  - *the US has long avoided it*
  - ***Economists oppose it as gov't interference in markets***
- But three new drivers:
  - *Technology competition with China*
  - *Climate change – new energy technologies required*
  - *Pandemic*
  - But barriers: Vannevar Bush organized US civilian science in the pipeline model for basic research only
  - Although in parallel: Defense research, alternative system, reaches all stages through market creation

The New Geopolitical Driver

- Moving into a new International system, with consequences for innovation policy – de-globalization is underway
  - Covid lessons for-domestication of supply chain, national supplier systems -- Heightened by growing int'l conflict
  - Old ideas on organizing industry - just in time inventory, core competency - are being replaced by resiliency, more vertically integrated firms
- Now: another period where democratic governments appear to be challenged by autocratic governments
  - Reality: the Ukraine War, China' support for Russia in that war, and ongoing potential threats to Taiwan
- Unstable situation – underscored view in the U.S. about need to reestablish supply chains and manufacturing leadership.
- Technology leadership drives national security leadership.
- Manufacturing is the crossroads between national security and economic security and the three are interdependent.

2020-22: Six major US industrial innovation policies:

- ***Operation Warp Speed: Most important of all*** – massive intervention into vaccine development – guaranteed production contracts to industry, portfolio approach for range of vaccine technologies, technology certifications (EUAs), integration of federal officials into companies to speed development, control of distribution systems
- ***The CHIPS Act*** – restore US semiconductor leadership – US SC firms falling behind – Intel behind TSMC, Samsung – new funding for US fabs and foundries, advanced R&D, funding for mfg. and packaging technologies, SC workforce ed - $52B billion
- ***Infrastructure bill in 2021: Energy tech demonstration centers*** for carbon capture and sequestration, hydrogen, adv'd nuclear, critical minerals, renewables - $20 billion – new Technology Demonstration Office
- ***Assuring Domestic Supply Chains*** – June '21 WH plan, updated Feb. '22 – for pharmaceuticals and ingredients, advanced batteries, critical minerals, semiconductors – financing and supply chain rebuilding
- ***Inflation Reduction Act of 2022*** - $375B for new energy/climate challenges – tax and consumer incentives for implementation of efficient technologies, new lending to co's
- ***Endless Frontier/CHIPS and Science Act*** – funding for semiconductors, new authorization for applied science programs at NSF

Case Study: Operation Warp Speed

- Picked winners – OWS selected 2 co's leading in 4 vaccine technologies
- Guaranteed Contracts – start production while vaccines being developed
- Technology Certification – FDA's "Emergency Use Approval" assured immediate market entry
- Flexible contracting
  - Defense Production Act– compel supplies for emergency needs
  - Other Transactions Authority – fast contracting outside of normal procurement regs
- Mapped supply chains
- Supported production scale up at factories
- Integrated federal personnel into co's to speed regulatory compliance
- Undertook national distribution to states and localities
- Classic example of industrial innovation policy (took advantage of prior R&D)
- Saved millions of lives

Case Study: Where did Tesla Come From?

Market value in 2021 of 1.06 trillion – larger than the top 5 auto manufacturers combined, and $53 billion in profit in 2021

Policy: Gov't wanted EV's – gov't role:

- Gov't R&D for developing and improving Li-Ion batteries
- $7500 tax incentives to consumers for purchasing EVs - market creation
- $465 million loan saved Tesla from bankruptcy - approved 2009, repaid 2013
- Charging station support - $7.5B in 2021 Infrastructure bill
- State of California clean air regs pushed EV's – Calif. law protected by EPA
- Covid hit auto sector in 2020 but California "zero emissions credits" sent $428m from other auto co.'s to Tesla keeping it in the black and scaling up
- State gov't support so far: $2.4B– includes $1.3B for Nevada Gigafactory, $750m in NY solar panel factory, etc.
- On the way: advanced battery support, gov't support on EV supply chain, etc.

Different models for industrial innovation policy:

- ***Top Down*** - Operation Warp Speed – gov't selected portfolio of winning co's, and supported them
  - Outcome: saved millions of lives
- ***Bottom Up*** – Electric Vehicle support - Tesla – gov't supported a network of incentives to scale electric vehicles
  - Up to companies to take advantage of them; Tesla saw the opportunity
  - Outcome; Telsa has driven all of the major world car co's to shift from internal combustion fossil fuel engines to electric vehicles

Case Study:
The "Endless Frontier"/"CHIPS & Science" Act ---

- Bipartisan cosponsors - $200 billion authorized (current & new programs)
- *Core Idea*: U.S. technology history is littered with technologies innovated *here* in the U.S., that did not scale-up here, and were produced *there*.
- A core goal of this bill is to get the new critical technologies into industry acceptance in the U.S. The new technologies require de-risking to get into the scope of risk and corresponding costs so industry can absorb and implement them.
- Intense competition for critical tech leadership with China –
  - Will pass the US in gov't R&D support soon
  - Has industrial subsidies and Guidance Funds – over $400 billion/year (2022 CSIS)
- Who will lead on AI, quantum, new high performance computing, robotics, biotechnology, cybersecurity, advanced materials, energy tech - top technologies in bill
- Full $52 billion funding for the CHIPS Act included in the bill – R&D and implementation (fabs/foundries)

Endless Frontier/Chips and Science Act – science provisions - has *many* of the follow-on stages to research:

New applied Technology Directorate at NSF, the broad-based US basic science agency – new agency within an agency - Must move through: research, development, prototype, testing, demonstration, scale-up/piloting, initial market, full production.

- ***R&D in 10 critical technology areas*** –"translational" research to be supported at the **new Directorate for Technology, Innovaton and Partnerships** - $20 billion over 5 years "Societal, National, Geopolitical" goals
- ***Societal goals*** added – Directorate to aid underperforming regions, broadening innovation. etc.
- ***Development and prototyping*** – at ***Translation Accelerators*** run by industry-university consortia
- ***Testing and demonstration*** – **test beds** to prove and demonstrate the new technology so they can get into the risk range that industry and other kinds of capital can work with.
- **Regional Innovation Engines/Hubs** – NSF already undertaking for spreading innovation capability (has no background in regional innovation)
- ***Scale-up*** Funding for Semiconductor Fabs but broad financing provision - ***dropped***

Gaps in the 6 new initiatives:

- **Scale Up Financing**
  - Venture Capital does not support scale up outside software and biotech – hardtech takes too long (10/15 years to scale) and too risky
  - Still scattershot: funding in CHIPS Act and expanded Energy Dept. Loan Programs Office ($40B) in Inflation Reduction Act – missing in other initiatives
- **Support for Manufacturing stage**
  - Technologies to scale must be manufactured – US not adopting adv'd mfg.
  - Manufacturing Institute Program is not operating at sufficient scale
- **Cross Agency Collaboration**
  - Combined, cross-agency effort needed for many of the new technologies, but these are hard to established in the decentralized US R&D system
  - "Interagency collaboration is a contradiction in terms"

Is a New US Era of Industrial innovation Policy beginning?

- Defense Dept. has always done industrial policy – but now reaching into other critical areas of the economy
- Driven by Climate Change demands and China's technology acceleration challenge
- Bipartisan support for some of this
- Requires completely new thinking by scientists/engineers –
  - They have to learn the new system, from science through production

Industrial Innovation Policy Factors:

Need to build a new infrastructure for industrial innovation policy:

- Change agents
- Connections across Research institutions
- Rebuild Manufacturing foundations
- Mapping Supply Chains – and filling supply chain gaps
- Technology Testing and Demonstration
- Integration between agencies, industry and universities – committed firms
- Technology certification and validation
- Flexible contracting mechanisms – Def. Prod. Act, Other Trans. Authority
- Apply gov't procurement programs to scale up new technologies
- Technology scale-up financing

Underlying issues:

- U.S. National Security is *deeply* tied to rebuilding U.S. manufacturing – U.S. now willing to pursue Industrial Innovation Policy to get there
- To reiterate,
  - Technology leadership drives national security leadership.
  - Manufacturing is the crossroads between national security and economic security and the three are interdependent.
- Concern in Korea that U.S. industrial policy will damage Korea
- Example: $7500 buyer credit for electric vehicles in recent Inflation Reduction Act for EVs assembled in the U.S. –
  - EU: GATT violative
  - Practical questions – not available to 70% of EVs in U.S. market; 40% don't meet battery sourcing requirements
- US mfg. is not large enough for U.S. or world markets in a number of categories – SC's, batteries, etc. – may drive the U.S. to technology alliances with clusters of allied nations

US-China Tech Hegemonic Competition
Korean Perspective

CHOI Byung-il
Korea Foundation for Advanced Studies

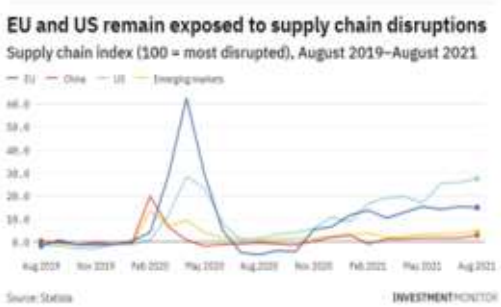
THE WALL STREET JOURNAL.

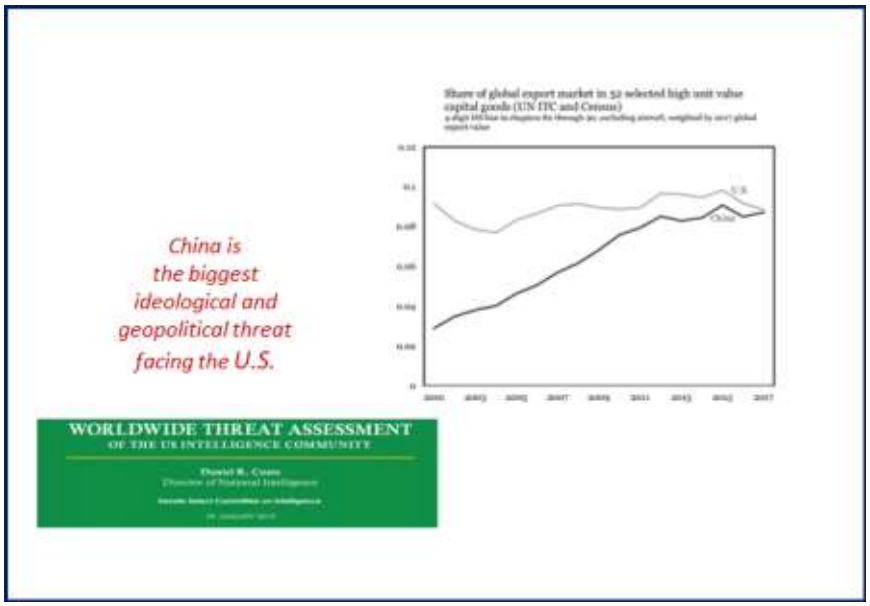
Biden Orders Broad Supply-Chain Review Amid Chip Shortages

BUILDING RESILIENT SUPPLY CHAINS, REVITALIZING AMERICAN MANUFACTURING, AND FOSTERING BROAD-BASED GROWTH

100-Day Reviews under Executive Order 14017

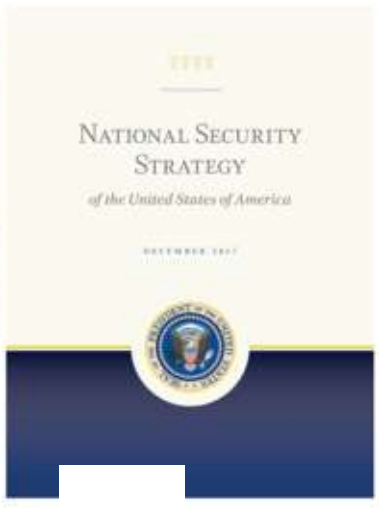
June 2021




China is the biggest ideological and geopolitical threat facing the U.S.
Share of global export market in 32 selected high unit value capital goods (UN ITC and Comtrac)
U.S.
China
WORLDWIDE THREAT ASSESSMENT
OF THE US INTELLIGENCE COMMUNITY

SenseFace
Male
Male
Male

The Economist
The battle for digital supremacy


NATIONAL SECURITY STRATEGY
of the United States of America

MIT Technology Review
CHINA RULES
Genes, chips, qubits, rockets, reactors, surveillance, and sand — the tools of a rising superpower

AVOIDING GREAT POWER WAR PROJECT
The Great Tech Rivalry: China vs the U.S.
Graham Allison
Kevin Klyman
Karina Barbesino
Hugo Yen
MADE IN CHINA
BELFER CENTER

Meng Wanzhou returns to motherland after 3 years of detention in Canada

Counteracting Overdependence on China

- Reshoring
- Nearshoring
  placing your supply chains with geographically near neighbors
- Friendshoring
  shifting your supply chains from hostile countries to friendly ones

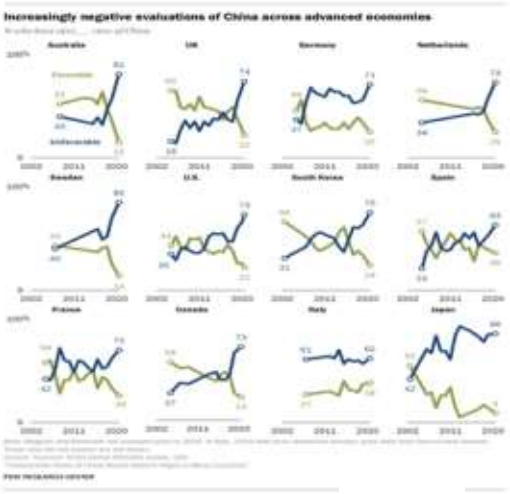
The New Normal
Economic Security

• Old Normal	• Emerging
Firewall b/w trade - security	• Trade-security nexus
Seamless GVC *Just-in-time*	• Fragmented GVC *Just-in-case*
Efficiency	• Resilience/Stability

CHINA counters

- From *World Factory* to *World Consumer*
- *Divide and Rule*
  - ✓ *EU-China Comprehensive Agreement on Investment (CAI)* December 30, 2020
  - ✓ *16 + 1*
  - ✓ *CPTPP*
- International Standard
- Trade Sanction

Unfavorable Views of China Reach Historic Highs in Many Countries



Can the US lead again?

- *Coalition with Value-sharing Allies*
  - *US-EU Trade & Technology Council*
  - *Indo-Pacific Economic Framework*

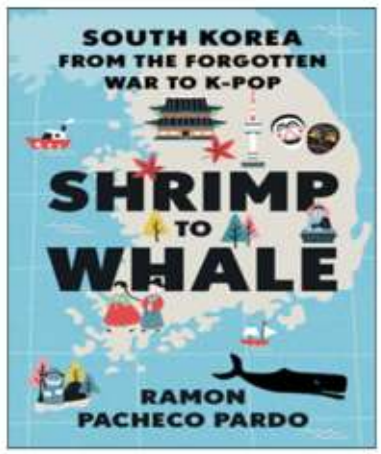
✓ *Human Right, Labor Standard*
✓ *Writing Rule for Digital Trade*
✓ *"Taiwan"*

10

The Korean Conundrum

- *China Risk*
- *America Risk*

- **Choosing a side?**
- **Navigating the turbulence?**



Player in the game
- ***A seat at the bargaining table***
- ***Coalition of middle powers***

Korea's Industry-Trade Policy in response to global supply chain restructuring

Jeong, Dae-Jin

〈 Table of Contents 〉

I. Global movement toward supply chain restructuring
1. Strategic US-China Competition
2. Spread of protectionism
3. Global pandemic and geopolitical risks

II. Korea's response measures
1. Secure irreplaceable industrial competitiveness
2. Improve industrial fundamentals for enhancing supply chains
3. Enhance global supply chain cooperation

Ⅰ. Global movement toward supply chain restructuring

1. Strategic US-China Competition

◈ US efforts to maintain global leadership, China' ambition to challenge the US

□ (China) China is pursuing a foreign policy called 'You Sou Zou Wei (有所作爲)', which means prioritizing national interests by actively engaging and intervening in the international community.

- This is the result of promoting growth under 'Tao Guang Yang Hui (韜光養晦)', which means waiting for the right time while building strength. China's GDP now surpasses 70% of the US.

  * Accession to the WTO in 2003 → Largest trading country in 2013 → Expected to surpass the US in GDP in 2028

□ (US) China is not a partner, but a competitor thre al security.

- The US prioritizes creating a level-playing field with China since it believes the China carries out unfair practices such as industrial subsidies and forced technology transfer.

◈ The US-China competition is expanding from Trade to Technology · Industry to Human rights · System to Territory

□ (Trade) Pressure China through the implementation of the Phase One Trade Deal, and apply Section 301 of the Trade Act to resolve China's unfair trade practices

□ (Technology · Industry) Impose export controls, review foreign investment and enact laws to hold China in check to prevent China's technological challenge
(e.g. sanctions on Huawei(3 times since May 2019), the CHIPs·Science Act and the IRA)

Geo-economical

Geo-political

□ (Human-rights · System) Passed the Uyghur Forced Labor Prevention Act(December 2021), diplomatic boycott of the Beijing Winter Olympics

□ (Territory) Escalating tensions surrounding Taiwan (geopolitical conflict zone as well as strategic location in East Asia) and Hong-Kong (free market)

◈ Is the US damaging China?

□ (Policy direction) Transform its economic structure via a "Dual-circulation strategy" into the domestic-demand driven economy.

→ Expected to wait until a favorable environment is created for China

* "The world is in a turbulent time that is unprecedented in the past century, but time and momentum are on China's side" (Xi Jinping, January 2021).

▸ (Technological independence) Foster science/manufacturing/digital technologies under the spirit of "Shi Nian Mo Yi Jian", which means taking ten years to sharpen a sword, and develop "Chokehold technology" which is subject to West sanctions.

▸ (Expanding the domestic economy) Establish its own virtuous cycle economic system based on industrial advancements via technological independence (reforming supply) and the consumption of the domestic market (expanding demand).

▸ (Linking with external economies) Strengthen China's control over the global market by attracting FDIs and international cooperation through its massive domestic market.

□ (Relations with the US) Take similar measures to the US using tactics called Tui Bulpa (**鬪而不破**), which means fighting but not spoiling relations, and Wijum Tawo (**圍點打援**), which means attacking backup forces after besieging a critical post.

2. Spread of Protectionism

□ (US) Promote industrial policies to hold China in check, establish supply chains and foster cutting-edge technologies, and create jobs

* (Supply chains) Administrative order to review four items/six industries' supply chains (February 2021), and 100-days Reviews (June 2021)
* (Industry) CHIPsScience Act: IRA (August 2022), and National Biotechnology and Biomanufacturing Initiative (September 2022)

□ (China) Respond to US-led western sanctions against China, advance its domestic industrial structure and pursue technological independence

* (Supply chains) Establishing Red supply chain and promoting the Belt and Road Initiative (BRI)
* (Industry) Made in China 2025 and the 14th Five-year plan to foster 9 strategic new industries

□ (Japan) Strengthen economic security to protect key technology (semiconductor·future cars) and develop industries

* (Supply chains) Act on the promotion of national security through integrated economic measures(April 2022)
* (Industry) revised the Act to support semiconductor production (December 2021, provide subsidies)

□ (EU) Stabilize supply chains and support cutting-edge industries through the integration of regional markets and complying with labor·environment values

* (Supply chains) Directive on supply chain due diligence, and the CBAM
* (Industry) Proposed the European CHIPs Act (February 2022, for supporting subsidies·funds and requiring information)

3. Global pandemic and geopolitical risks

□ (Spread of the pandemic) Worsening global supply chain disruptions due to supply-demand discrepancies and restricted flows of goods/services/personnel

▸ (Declining supply) factory shutdowns and restrictions on trade in goods·services

* e.g. Shortage of wiring harness (February 2020), Urea crisis (September 2021), Shutdown of the Samsung plant in Xian (December 2021) and China lockdowns (first half of 2022~)

▸ (Rising demand) unexpected demand due to online economy as well as compensation mentality

* e.g. Automotive semiconductor supply crisis and logistics crisis (Port of Long Beach in the US)

□ (Geopolitical risks) Tensions between the West and Russia·China are aggravating the supply chain crisis across overall areas including energy, foods and logistics amidst the ongoing the Russian-Ukraine war

▸ Energy cut-off by Russia resulting in the global e global food crisis as well as supply restrictions on critical raw materials·items

Ⅱ. Korea's response measures

◈ Secure industrial competitiveness and strengthen supply chains to prove that my-country-first policy and external risk factors bring about more losses than gains(**得不相失**).

1. Secure irreplaceable industrial competitiveness

▸ (Key technology) Secure key technologies at an early stage to facilitate industrial innovation, lead digital·green transition and reduce Korea's dependence on the US·Chinese technologies·markets

* Established the Industrial R&D Innovation Strategy (June 2022), Implemented the Industrial Technology Innovation Promotion Act (July 2022) etc.

▸ (Strategic industries) Emerge as a key player in the global supply chain for future growth industries such as semiconductors/batteries/bio

* Established a strategy to become a semiconductor powerhouse (July 2022), Implemented the Act on high technology (August 2022) etc.

▸ (Industrial ecosystem) Improve industrial production and vitality by fostering manpower, facilitating investment and easing regulations

* Explore investment projects worth 337 trillion won and resolve investment difficulties such as regulations (June 2022)

2. Improve industrial fundamentals for enhancing supply chains

- (Sensing · Analysis) Establish an early warning system; and operate a global supply chain analysis center
  - Cooperation network with diplomatic offices, trade centers, importers and Korean companies engaged in business activities overseas
  - Analyze prices and supply/demand, policy trends and impact on industry, and share/cooperate with the private/public sectors

- (Diversification) Diversify import sources for some items which are highly dependent on certain countries

- (Production · Stockpiling) Through the FDI of key companies in supply chains as well as their strategic reshoring, promote a transition toward domestic production and expand the stockpiling of critical law materials/items

- (Logistics · Imports) Support logistic costs, expand trade finance/insurance and explore new importing markets

3. Enhance global supply chain cooperation

- (Bilateral cooperation) Strengthen supply chain cooperation partnerships
  - Customized cooperation for GVC positioning (raw material abundant countries, technological powerhouses etc.)
  - Refrain from trade restriction measures, first supply to cooperation partners, carry out joint research and investment etc.

  * MOU : Viet Nam (December 2021, urea cooperation), Indonesia (December 2021, urea cooperation; February 2022, criticaXl minerals), Australia (December 2021, critical minerals), the UK (February 2022, overall supply chains), Canada (September 2022, cooperation between companies)

  * Channels : the US (May 2022, Supply chain-Industry Dialogue; December 2021 Semi-conductor Partnership)

- (Multilateral cooperation) Secure regional supply chain resilience/stabilization between plurilateral countries
  - Share information between participants jointly respond to crises

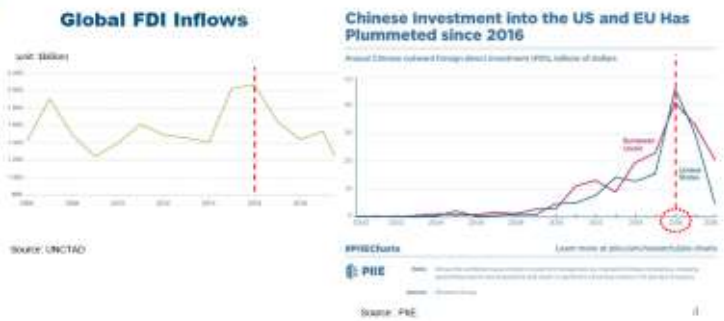
Thank you

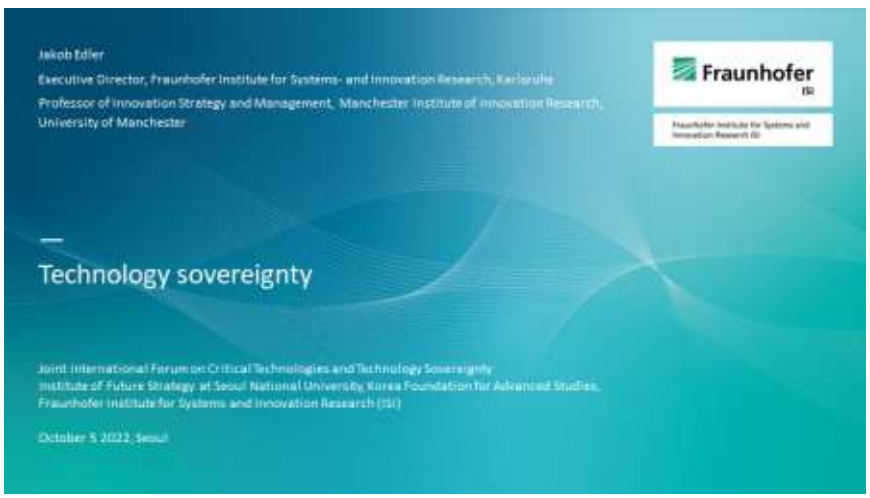
Caution on China's becoming a superpower in technology through M&A

➢ **Cross-border M&A**

	World (numbers)	China (numbers)	World (value)	China (value)
2013-2017	7.8%	22.2%	13.1%	25.1%
2017-2019	-5.5%	-23.2%	-6.6%	-49.6%

Global FDI downturn since 2016 and China!!




Jakob Edler
Executive Director, Fraunhofer Institute for Systems- and Innovation Research, Karlsruhe
Professor of Innovation Strategy and Management, Manchester Institute of Innovation Research, University of Manchester
Fraunhofer ISI
Technology sovereignty
Joint International Forum on Critical Technologies and Technology Sovereignty
Institute of Future Strategy at Seoul National University, Korea Foundation for Advanced Studies,
Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI)
October 5, 2022, Seoul

Agenda
1. Motivation
2. Definition
3. Analytical steps
4. Analytical methods
5. Strategies
6. What might it mean for developing and catching up countries?
7. Conclusions
Fraunhofer

1) Motivation
Calls for technology sovereignty (TS) in Europe are getting louder
• Growing geopolitical uncertainties
• Threat of global trade conflicts
• Since March 2020: COVID 19-crisis
• Ukraine War: energy autonomy
➔ Increasing conflict between technology sovereignty and the dominant economic model
Consideration of TS carefully and differentiated:
• TS in the context of economic and innovation sovereignty
• Functional context of technologies in sovereign tasks, society and economy
• Criteria to determine the necessity and degree of TS
➔ Recommendations to avoid one-sided dependencies and to strengthen resilience
Fraunhofer

Technology sovereignty (TS)
the new Normative ...and lots of confusion !
TS * embedded in macro discourses at EU level
• Strategic autonomy debate:
◦ ability to act and to choose one's one priority, make decision, implement them
◦ triggered after Trump election, autonomy vis-à-vis the US
• Strategic sovereignty (President Macron, 2017), as above, plus:
◦ common political authority (in Europe) – EU states together can jointly exercise necessary power
◦ protecting EU member states and asserting common European interests
◦ range of policy areas: military, trade, financial market policy, energy, technology, digitalisation
* https://www.swp-berlin.org/en/publication/rethinking-strategic-sovereignty
Fraunhofer

Technology sovereignty (TS)
the new Normative ...and lots of confusion II

- Thierry Breton, EU Commission home page: "technology war" (digital sovereignty) 2020
- European Parliament (2021): Key enabling technologies for Europe's technological sovereignty
- French EU Presidency ("Europe needs a new model for economic growth based on technology sovereignty", Macron, Dec 2021)
- World Bank 2022: what does it mean for developing countries?
- OECD: open liberal model – resilience?
- German Government:
  - Council for Technology Sovereignty 2021
  - Science Summit 2021
  - Special report for the German Government (Expert Commission) 2022, Battery study....
- Austrian Council for Research and Technological Development 2021: EU level and small state
- Korean debate (academic, public): lost between blocs?

Source: Edler et. al (2020)

2.) Definition
What is technology sovereignty?

Ability

of a state or a federation of states

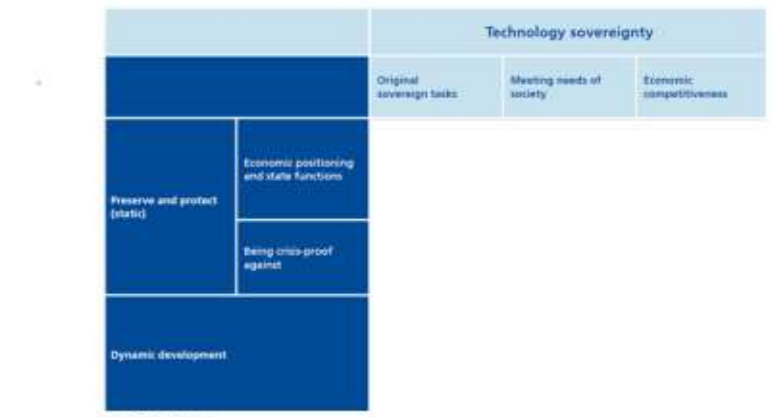
to develop technologies it deems critical

for its welfare, competitiveness, and ability to act

or source these from other economic areas without one-sided structural dependency

3.) Analytical questions I

1. Criticality: is a technology currently or in future indispensable?
   To what extent could access to it be threatened by external shocks?
2. For what spatial-political space is TS to be defined?
3. What is the time scale?
4. In which functional context is a technology critical?
   - contribution to economic competitiveness
   - contribution to meeting key societal needs
   - contribution to sovereign tasks?



3) Analytical questions II

Determining the degree of TS:

- Do own competencies and resources already exist?
  Is there a possibility to develop the necessary competencies and resources ourselves if needed?
  - Does access exist to resources, competencies, and upstream services of third parties?
  - Are technological alternatives (substitutes) available?

Constraints on technology sovereignty are to be feared if all of the above have to be negated

4.) Methods for analysing TS

a) Own competencies and resources

- Patent analysis and derived indicators such as patent shares and specialization
- Bibliometric analysis and derived indicators such as publication shares and specialization
- Analysis of the contribution of individual countries to global or – leading – national standards, possibly in the context of their own patent portfolio
- Analysis of technology- and resource-specific production statistics
- Analysis of technology-specific export shares

4.) Methods for analysing TS

b) Dependence and access to competencies and resources

- Analysis of international standards, patent pools and Open Source repositories
- Analysis of trade balances grouped and analysed by technology
- Complexity indices
- Analysis of international trade behaviour, such as WTO compliance
- Analysis of the World Bank's World Governance Index, various corruption indices and indices on the form of governance

5.) Strategies
for dealing with challenges related to TS

- Strategic Intelligence
  - Exact analysis of criticality (what/ when) and of structural dependencies
  - Providing the competencies for the complex analysis to determine the necessity of technology sovereignty and to develop the necessary methods

- TS Strategies
  - Investments in research and development
  - International research cooperation and technology partnerships
  - Actively influencing standards
  - Creating regulatory framework conditions in critical technology fields
  - Promoting innovation-oriented procurement
  - Strengthening international organizations such as the WTO

6.) What might it mean for small, developing and/ or catching-up countries?

- Reflection on what are "critical" technologies: for economic and other reasons!
- Understanding position in value chains and specific "value" for that chain (capacities, assets, markets)
- Positioning, if and as necessary, within the geo-political tensions
- Investing in technological capabilities
- Complement innovation and industrial policy: support of national firms and capacities to support value chain position or specific USP
- Be proactive and very explicit in developing mutually trustful relationships (including good governance)

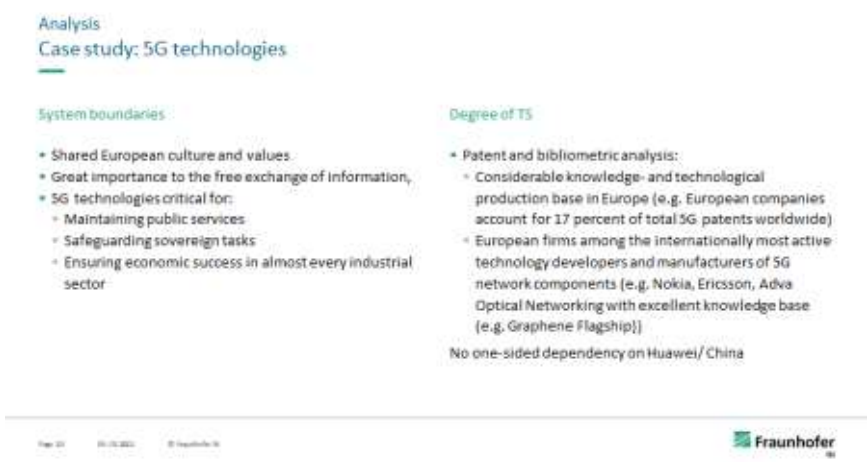
7.) Conclusion
-Baby and the bathwater-

- Technological developments and geo-politics: a new relationship
- TS as national "self-protection" (Polyani, cited in Penna 2022) may not lead to abandoning basic idea of liberal world trade and division of labour
- Opportunity: to develop
  - trustful interdependencies and more awareness about value chain positions and capacity for catching up
  - regional inter-national networks of developing/emerging countries to reduce dependencies and to become more attractive as partners
- Threat:
  - if taken too far in developed world might drive developing countries out of value chains
  - countries forced to "decide" between economic blocks (?)

Fraunhofer
Technology sovereignty
Fraunhofer
Technology Sovereignty
as an Emerging Frame for Innovation Policy –
Defining Rationales, Ends and Means
See also
Structured Conversations III: Technological Innovation and the Digital Economy (CEBRI) (2021). https://www.cebri.org/en/doc/240/structured-conversations-iii-technological-innovation-and-the-digital-economy
From a Brazilian Perspective: Caetano Penna (2022): Technological innovation and the digital economy. A "New" Political Economy of Technological Innovation Strategies in the Post-Pandemic World? (CEBRI/Konrad Adenauer Stiftung)
Fraunhofer

Fraunhofer
ISI
Many Thanks!
Prof. Dr. Jakob Edler
Executive Director
Fraunhofer-Institute for
Systems- and Innovation Research ISI
Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe, DE
www.isi.fraunhofer.de
jakob.edler@isi.fraunhofer.de
Prof. of Innovation Policy and Strategy
Manchester Institute of Innovation Research
University of Manchester, UK

German and EU Perspective
Case study: 5G technologies
Status Quo
• Focus on dependency on Huawei and China
• Several national strategies instead of one European strategy
ISI-concept broadens scope and options
• Re-evaluation of
• System boundaries
• Degree of TS
• Supply risk
• Possible substitutes
Fraunhofer


Analysis
Case study: 5G technologies
System boundaries
• Shared European culture and values
• Great importance to the free exchange of information,
• 5G technologies critical for:
◦ Maintaining public services
◦ Safeguarding sovereign tasks
◦ Ensuring economic success in almost every industrial sector
Degree of TS
• Patent and bibliometric analysis:
◦ Considerable knowledge- and technological production base in Europe (e.g. European companies account for 17 percent of total 5G patents worldwide)
◦ European firms among the internationally most active technology developers and manufacturers of 5G network components (e.g. Nokia, Ericsson, Adva Optical Networking with excellent knowledge base (e.g. Graphene Flagship))
No one-sided dependency on Huawei/ China
Fraunhofer

Analysis

Case study: 5G technologies

Supply risk

- Analysis of patents, compliance- and trade data:
  - Both in Europe and other global regions (South Korea, USA) are several potential producers and suppliers
  - E.g. Samsung and LG Electronics (South Korea) rank among the top five companies worldwide

A differentiated view of the supply risk is therefore required

Substitution possibilities?

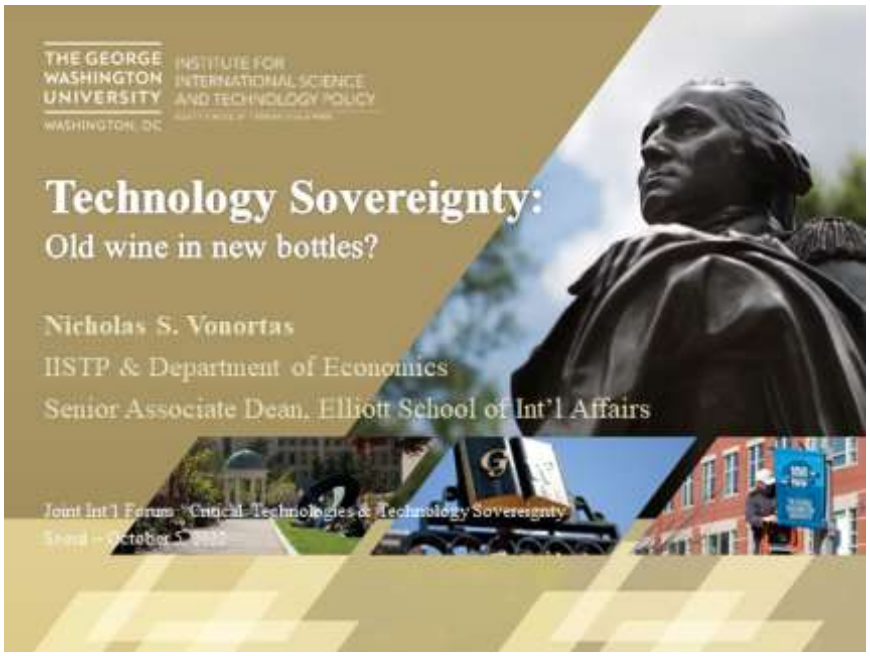
- Patent- and bibliometric analysis, analysis of international standards
  - Europe is one of the leading innovation regions in the field of 5G- materials

Europe has potential to develop substitution technologies

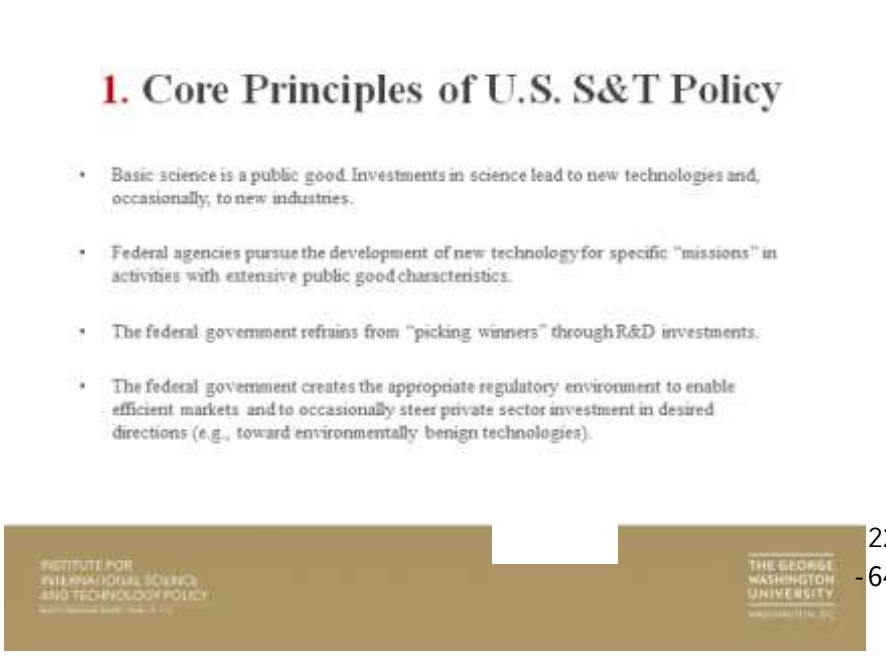
Case study: 5G technologies

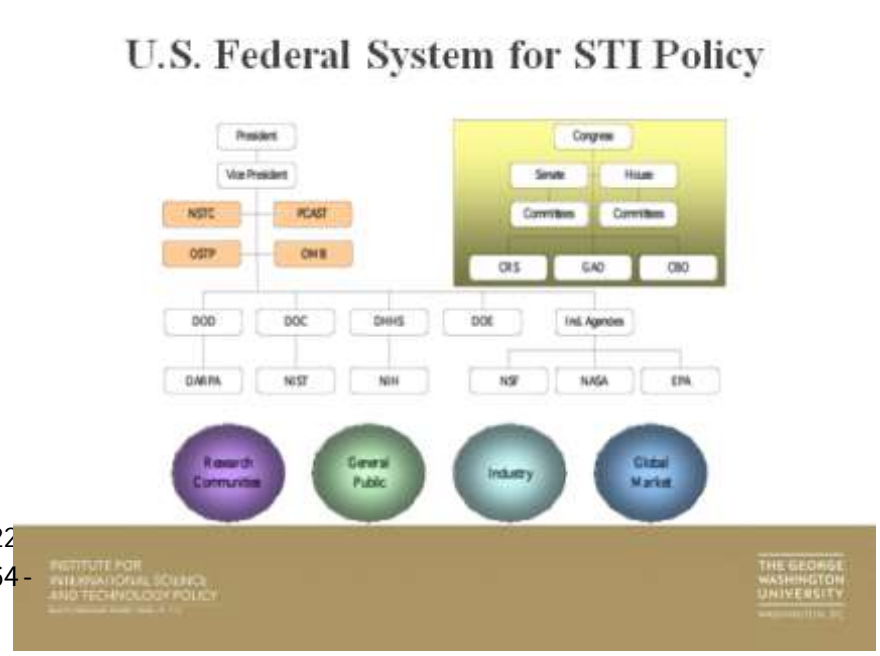
-Strategic Options-

- 5G TS has multiple layers
- Analysis broadens discussion for strategic options:
  - Short term:
    - Expanding supply relationships with the European 5G suppliers in
    - Setting up further supply relationships with leading companies, e.g. from South Korea
  - Medium Term:
    - Establishment of 5G as European topic
    - Developing a better European innovation eco-system
    - Bundling and crosslinking of competences in research and industry
    - Further development of European standardization
    - International scientific co-operation


THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY
WASHINGTON, DC
INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
Technology Sovereignty:
Old wine in new bottles?
Nicholas S. Vonortas
IISTP & Department of Economics
Senior Associate Dean, Elliott School of Int'l Affairs
Joint Int'l Forum "Critical Technologies & Technology Sovereignty"

Right Up Front
Concerns with the zest for deep industrial policy in developed economies, US in particular:
1. Against long-held principles of US S&T policy; uncertain if system primed to succeed.
2. Unclear objectives.
3. Challenging well-supported notions of economic competitiveness.
4. Danger of dismantling an international system that has served the consumer quite well. Dismantling of ideals championed by the United States since WWII with potentially dire consequences.
5. Insufficient reading of lessons from previous eras of similar anxieties.


1. Core Principles of U.S. S&T Policy
• Basic science is a public good. Investments in science lead to new technologies and, occasionally, to new industries.
• Federal agencies pursue the development of new technology for specific "missions" in activities with extensive public good characteristics.
• The federal government refrains from "picking winners" through R&D investments.
• The federal government creates the appropriate regulatory environment to enable efficient markets and to occasionally steer private sector investment in desired directions (e.g., toward environmentally benign technologies).
INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY


U.S. Federal System for STI Policy
President
Vice President
NSTC
PCAST
OSTP
OMB
Congress
Senate
House
Committees
Committees
CRS
GAO
CBO
DOD
DOC
DHHS
DOE
Ind. Agencies
DARPA
NIST
NIH
NSF
NASA
EPA
Research Communities
General Public
Industry
Global Market
INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

2. Objectives of "Zesty" Policy?

- Limit large trade deficits?
- Boost international competitiveness?
- Concern if other countries grow faster?
- A GVC problem? Have GVCs obfuscated the policy system, leading to some sort of manipulation by foreign powers?
- Foreign governments playing unfairly and it's time to retaliate?
- Several or all of the above?

What it is – take semiconductors

(Shahid Yusuf, GW 2022/09/20)

US industrial policy in this sector appears to have 7 objectives:

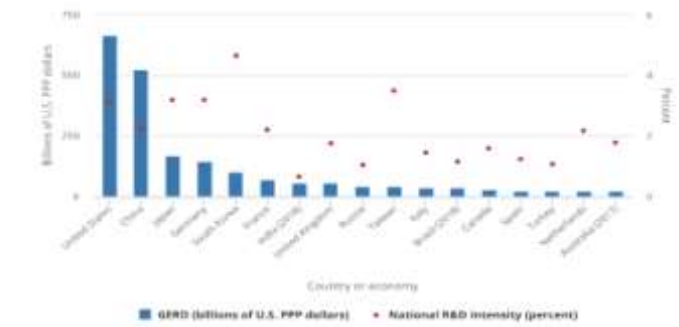
- Selective reshoring of cutting-edge semiconductor manufacturing.
- Near shoring of critical operations and supplies and possibly the creation of new reginal research and production hubs.
- Strengthening of monitoring of supply chains by private firms and sharing of this information with public agencies.
- Enabling an adequate supply of skills
- Supporting research, much of it conducted by the private sector.
- Meshing trade policy with industrial policy. Collaborate with partners.
- Signaling long-term commitment to sustainable demand for semiconductors e.g., through green energy, smart grids, transport electrification, harvesting digital technology to improve urban services

*** Semiconductor global sales in 2021 $560b. US share of global production $60 from 37% in 1990 to 12% in 2022. They account for 20% of Korean exports. No single country can internalize the entire semiconductor supply chain.

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

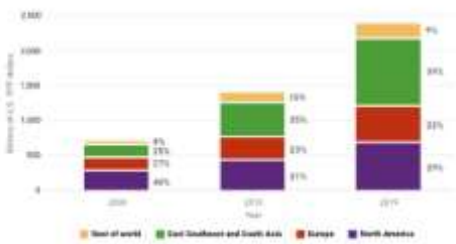
Figure RD-6
GERD and R&D intensity for world's top 17 R&D-performing countries and economies: 2019 or most recent data year



GERD = gross domestic expenditure on R&D; PPP = purchasing power parity

Note(s):
Top 17 R&D-performing countries or economies (based on annual GERD). Data for most countries are from 2019; data for India, Brazil, and Australia are 1 year or 2 years earlier. National R&D intensity is the ratio of gross domestic expenditures on R&D to gross domestic product.

Figure RD-7
Global R&D expenditures, by region: 2000, 2010, and 2019



PPP = purchasing power parity

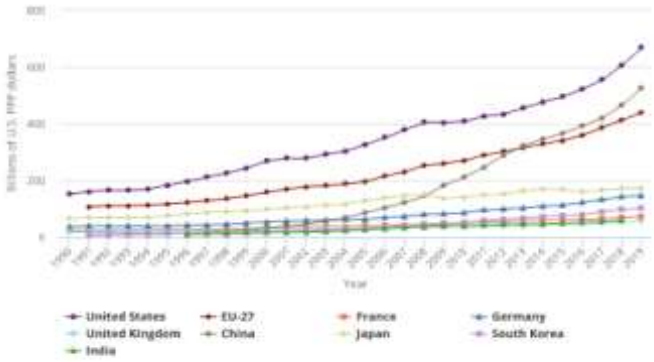
Note(s):
Foreign currencies are converted to dollars through PPPs. Some country data are estimated. Countries are grouped according to the regions described by The World Factbook (CIA 2021).

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

Figure RD-9

Gross domestic expenditures on R&D, by selected region, country, or economy: 1990–2019



EU = European Union; PPP = purchasing power parity.

Figure KTI-7

KTI value added as a share of domestic GDP for selected countries and years: 2002–19

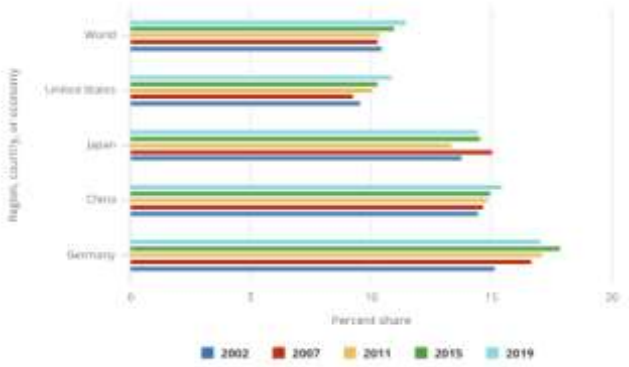


Figure KTI-8

Country share of global KTI manufacturing value added for selected countries: 2002–19

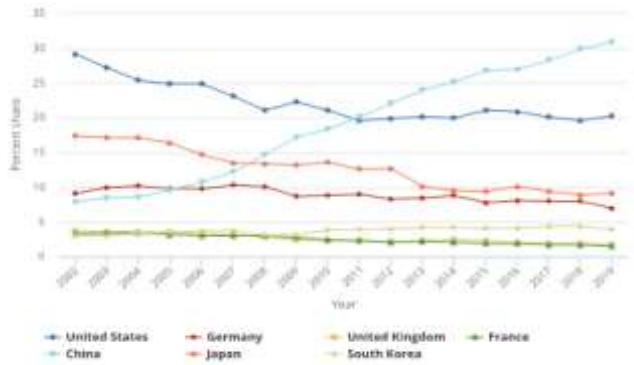


Figure KTI-9

Country share of global KTI manufacturing value added, by KTI industry: 2019

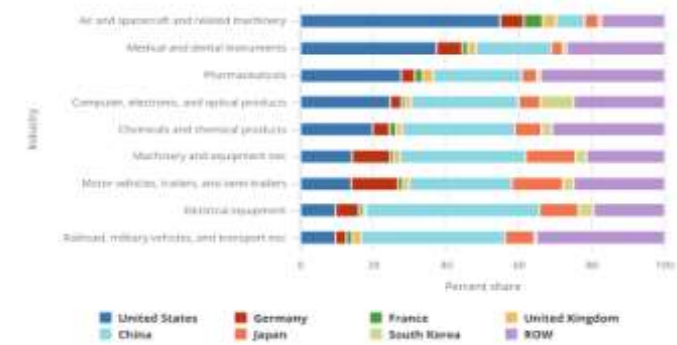
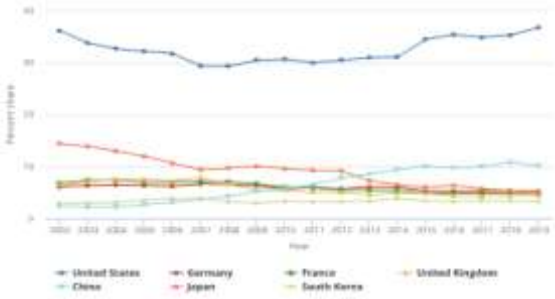


Figure KTI-10

Country share of global KTI services value added for selected countries: 2002–19



KTI = knowledge and technology intensive

Notes

Value added is the amount contributed by a country, an industry, or other entity to the value of a good or service and excludes purchases of domestic and imported materials and inputs. KTI industries include high-R&D intensive and medium-high-R&D intensive industries based on a classification by the Organisation for Economic Co-operation and Development. KTI services industries include information technology and other information services, software publishing, and scientific research and development. China excludes Hong Kong. See also Table OKTI-7.

Figure KTI-11

Country share of global KTI services value added, by KTI service industry: 2019

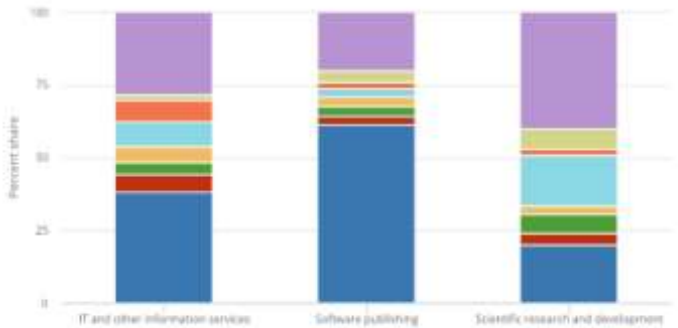


Figure KTI-12

Gross exports of KTI industries, by selected country: 2002–18

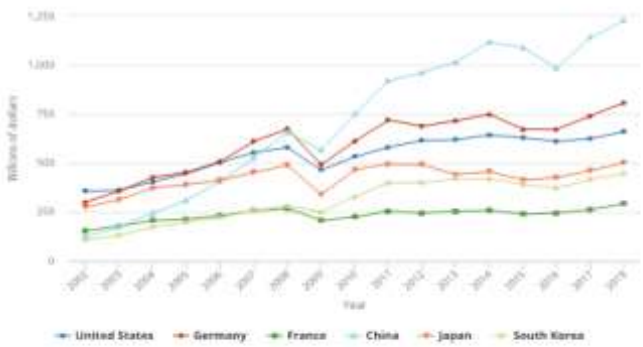


Figure KTI-13

Country share of global KTI exports, by selected countries: 2002, 2010, and 2018

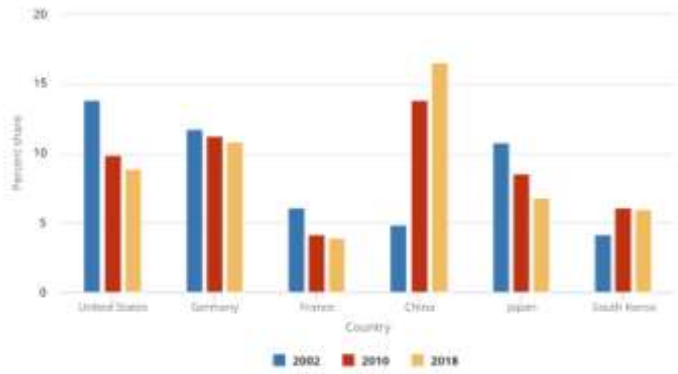
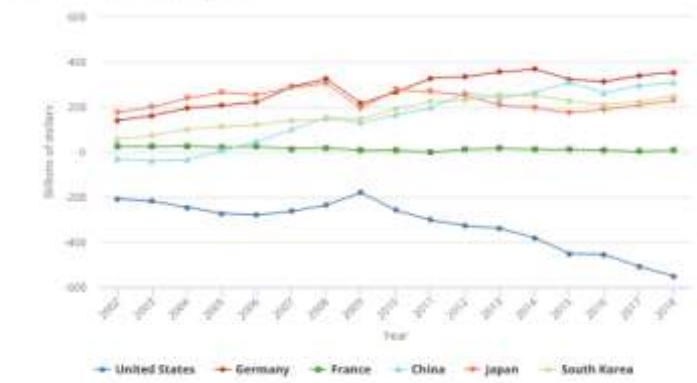


Figure KTI-16

KTI trade balance, by selected country: 2002–18



3. National Competitiveness

Report, US President's Committee on Industrial Competitiveness (1985, p.1)

"A nation's competitiveness is the degree to which it can, under free and fair market conditions, produce goods and services that meet the test of international markets while simultaneously expanding the real incomes of its citizens.

Competitiveness at the national level is based on superior productivity performance and the economy's ability to shift output to high productivity activities which in turn can generate high levels of real wages.

Competitiveness is associated with rising standards [of living], expanding employment opportunities, and the ability of a nation to maintain its international obligations. It is not just a measure of the nation's ability to sell abroad, and to maintain a trade equilibrium."

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

3. National Competitiveness

Importance of maintaining relative performance, increasing productivity and strengthening of the underlying factors, and raising structural flexibility permeate the definition.

The important ideas directly linked to our concern are as follows:

- Competitiveness relates to the ability to **produce** and **compete internationally**.
- Competitiveness is about both **goods and services**.
- Centrality of **productivity**.
- Centrality of (i) ability for **structural adjustment** to changing conditions (competition, technology) and (ii) ability to **upgrade to higher value-added economic activities**.
- International trade performance does not say much on its own and may actually be misleading in judging competitiveness.

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

3. Industry Competitiveness

The international competitiveness of national economies is built on the **competitiveness of firms** which operate within national borders. To a large extent, it is an expression of the dynamism of domestic firms and their capacity to invest and to innovate both as a consequence of their own R&D **and** of successful appropriation of technologies developed elsewhere.

However, international competitiveness also depends on **structural factors** such as the flexible and proficient productive structure of the economy's industries, the rate and pattern of capital investment, technical infrastructure and other factors determining the **"externalities"** on which firms can build.

The "externalities" refer to economic, social and institutional frameworks and phenomena which can substantially stimulate or hamper both the productive and competitive thrust of domestic firms.

Hence one needs to think in broader terms: **structural competitiveness**.

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

4. Resilient GVCs

Modern supply chains have evolved into globally distributed and highly intertwined networks of thousands of participants. They have evolved through market principles primarily and been optimized for efficiency and Innovation.

They have enabled unprecedented growth of large parts of human population, extensive knowledge transfer, consumer access.

Recent supply chain fragility and massive cybersecurity breaches have raised legitimate concerns to reconsider the entire systems of GVCs.

The question is how to react. How to improve the system's resilience without eliminating its strengths.

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

BUILDING RESILIENT SUPPLY CHAINS, REVITALIZING AMERICAN MANUFACTURING, AND FOSTERING BROAD-BASED GROWTH

100-Day Reviews under Executive Order 14017

June 2021

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

TABLE OF CONTENTS

[illegible]

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

4. Resilient GVCs

Lisa J. Porter (2022) "The Importance of Zero Trust in Microelectronics"

Significant disagreements among experts. *Resistance to the strong push for onshoring and nearshoring of all or most knowledge intensive activities. Onshoring, it is said, does not necessarily secure resilience, does not guarantee security.*

Alternatives have arisen such as the notion of "zero trust" promulgated by Lisa J. Porter, ex Deputy Undersecretary of Defense for R&E. In short this means *designing and operating systems by eliminating trust as a goal*. It is argued:

- Misguided focus on trying to make things perfectly trusted, perfectly secure. This leads to a mindset that is naïve and dangerous. Trust is a vulnerability that can be exploited.
- Instead of designing for trust, one should be designing for resilience. Resilience does not assume perfection. It is designing assuming for risk.
- This approach does not try to eliminate risk, but to mitigate it through continuous data-driven quantitative risk assessment management. Quantitative approach to managing complex systems.
- Implement this openly through standards setting bodies.

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

4. World Development Report 2020

WDR 2020 "Trading for Development: The Age of GVCs" of the World Bank starts with the statement:

GVCs can continue to boost growth, create better jobs, and reduce poverty— provided that developing countries undertake deeper reforms and industrial countries pursue open, predictable policies.

4. 3rd GVC Development Report

ADB's (and others) 3rd GVC Development Report "Beyond Production" (November 2021) lists several key messages and findings:

- The global **slowdown in trade integration** is not uniform.
- Because GVCs are typically measured as a subset of exports, the domestic sales of MNCs via their local affiliates are treated as a non-GVC activity, and this "missing" activity is considerable.
- GVCs provide a **new model for exporting services of intangible assets**. Factoryless manufacturers are a major group of players actively engaging in this trade.
- Conventional **trade statistics** do not capture exports in the services of intangibles via GVCs. These statistics substantially underestimate the actual exports of developed economies and distort the trade balance between them and developing economies.

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

4. 3rd GVC Development Report

- New entrants can **upgrade along GVCs** by sourcing core technological modules (or acquiring the know-how to build them) from foreign MNCs and specializing in higher value-adding tasks, such as brand marketing.
- The rise of **services GVCs** offers a new path for development—akin to **manufacturing GVCs**—that can boost economic growth and generate well-paying jobs.
- To support **integration into services GVCs**, policy makers need to tackle obstacles to increasing educational attainment, since services GVCs depend more on human than physical capital.
- Compounding **geopolitical, environmental, COVID-19, and cyber risks** are compelling incentives to increase investment in making GVCs more **resilient**, especially through digitalization and automation.
- **Digital platforms** are changing who participates in GVCs through increased **modularization** and reductions in communication costs, bringing in new players from developing economies and supporting the GVC participation of micro, small, and medium-sized enterprises.

4. Dismantling Globalization?

The United States has been the champion of free market ideals that have shaped the world economy since WWII. The gains have been enormous for its population and for the rest of the world.

Light-hearted dismantling of such ideals can have dire consequences.
A very easy one to see is the loss of the country's int'l credibility

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

5. Is this the 1st time?

Of course not!! (Nelson & Wright, 1992)

- Early 20th century saw an assault on Great Britain by the then ascending powers, Germany and the United States. British reaction similar to today's US.
- Second half of 20th century (1970s-1980s) US hegemony was challenged by ascending Japan and Europe. This time Congress legislated extensively (and beautifully) to promote the efficiency of the knowledge intensive economy.

5. Landmark Policy Initiatives 1970s-1980s

Domestic Policy Review of Industrial Innovation – 1978
Stevenson-Wydler Technology Innovation Act – 1980
Bayh-Dole University and Small Business Patent Act – 1980
Research and Experimentation (R&E) Tax Credits – 1981
Small Business Innovation Development Act – 1982
Merger Guidelines – 1982
Eleventh Circuit Court of Appeals for IP – 1982
President's Commission on Industrial Competitiveness – 1983
Engineering Research Centers; Industry-University Cooperative Research Centers – 1983
National Cooperative Research Act – 1984
Federal Technology Transfer Act – 1986
Omnibus Trade and Competitiveness Act – 1988
National Cooperative Research and Production Act – 1993

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

5. Trilogy 2022

CHIPS & Science Act (Bipartisan)
Or U.S. Innovation and Competition Act
+
Infrastructure Investment and Jobs Act (Bipartisan)
+
Inflation Reduction Act (Single Party)

IRA – signed by President Biden into law on August 16, 2022 – joins the CHIPS & Science Act and the Infrastructure Act into a trilogy of quite important and fairly interventionist instruments to promote a different vision for the American economy. It is IRA where the more general commitments become quite specific and, it is hoped, transformative.

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

In Conclusion...

(Bourvillian, *Issues in Science and Technology*, Winter 2022)

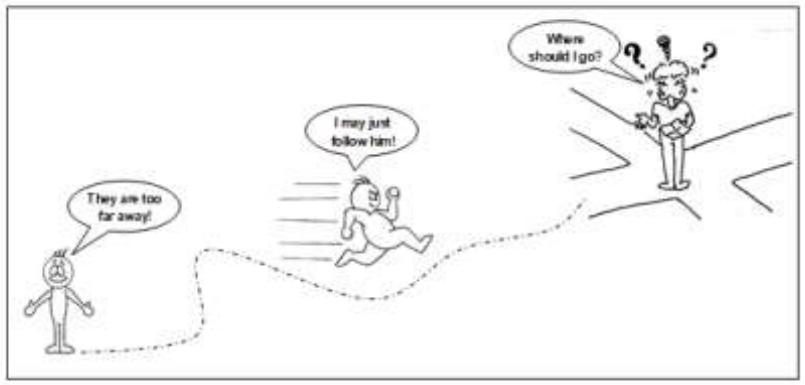
Outside its defense and energy sectors, the U.S. has taken only modest steps aimed at innovation. Beyond a history of generous tax breaks to energy companies, civilian industrial policy has been mostly limited to R&D subsidies and tax incentives.

This approach fits with a sense, in both major political parties, that government intervention should be used only to fix "**market failure**"—activities such as the provision of national defense or scientific research that, without government support, would not be provided by the private sector at levels considered equal to the national interest.

The new direction of US industrial policy reflects a broader government intervention beyond R&D to support technological development from ideas to markets, including prototype testing, demonstration, and product introduction.

Is it worth it? Will it succeed? Should we better try to mend global governance?

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

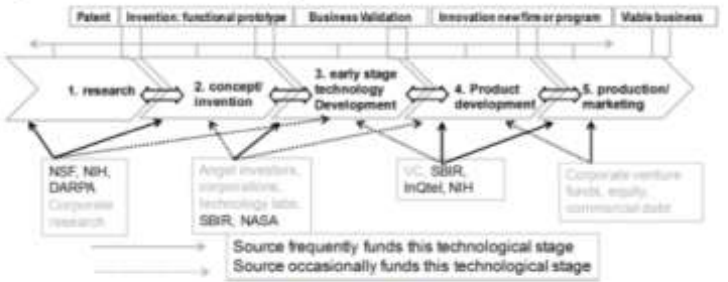


Government Role for Technology Choice

5. Mission-Oriented Finance

(Mazzucato & Semieniuk, 2017)

Figure 1: Mission Oriented Finance along entire innovation chain



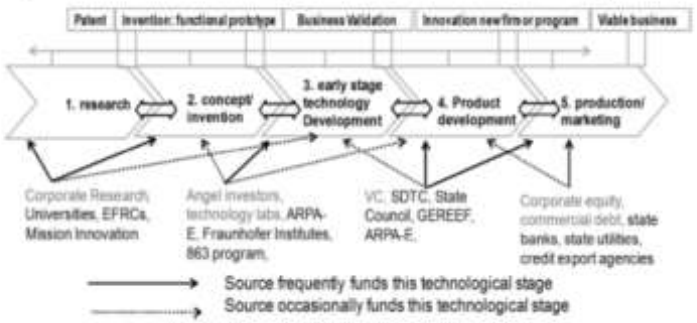
Source: Authors' adaptation of Auerswald and Branscomb (2003).

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

5. Mission-Oriented Finance

(Mazzucato & Semieniuk, 2017)

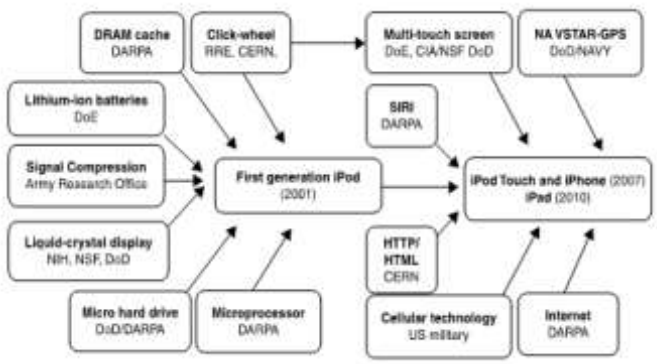
Figure 5: Mission-oriented finance along entire innovation chain in the renewable energy sector



INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

5. Public Targeting Possible?

(Mazzucato & Semieniuk, 2017, p. 30, fig.3)



INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

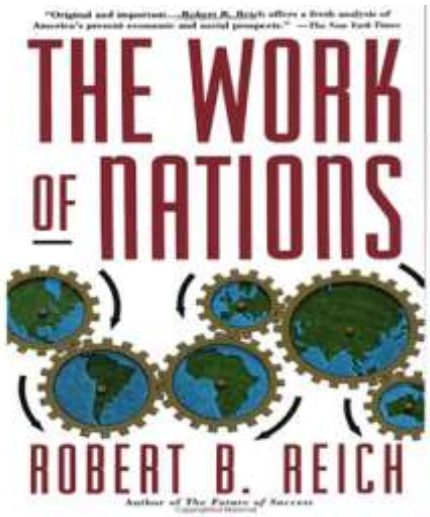
Priority setting mechanism?

- **Government Role**

Leaders: Probably NOT;
- almost impossible to implement

Followers: Maybe YES;
- need sophisticated road-mapping capabilities

Laggards: Definitely YES;
- fairly simple to implement assuming the existence of competent governance;
- observe the leaders and especially the followers



INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY — THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY — THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

THANK YOU!!

vonortas@gwu.edu
https://blogs.gwu.edu/elliott-iistp/
https://economics.columbian.gwu.edu
&
https://www.ige.unicamp.br/insyspo/

INSTITUTE FOR INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY — THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY

International Forum on Critical Technologies and Technology Sovereignty 2022. 10. 05

Technology Sovereignty and the Mission-Oriented Policy in Korea: Lessons from the Korea-Japan Trade Dispute

Sangook Park

Seoul National University

Summary with background

2

Technology sovereignty obviously becomes to matter in Korea.
- Sandwiched between the US and China in the global supply chain restructuring
- Regional division of labour with Japan has been endangered

The Yoon administration has put the MOIP approach forward.
- One of its most important missions must be to secure technology sovereignty

This presentation claims that Korea's response to Japan's export restriction has already showed an exemplar of the MOIP approach to respond a tech sovereignty crisis.

- South Korea is one of the most innovative economies, with strengths in R&D expenditure, patent activities (in private sector), and high tech manufacturing (semiconductor, electric vehicles, batteries, biomedicine, etc.)
- Characteristics of Korea's innovation policy:
  - Strong government intervention, still, strong emphasis of input factors (=spendings)
  - Innovation policy 2.0 (innovation system perspectives) – style policies dominate
  - Hint of 3.0 (transformative policy) as *the Green New Deal* and *the Digital New Deal* programmes.
- (Fragmented governance) government ministries that handle R&D, innovation and industrial policies
  - MOTIE, MSIT, MSS, MOE, MOHW …
  - Many agencies, under every ministry
  - Comprehensive innovation policy makes ministries overlap, often collide.

Introduction: the MOIP approach (1)

3

- The mission-oriented innovation policy (MOIP)
  - A normative approach; a mission should:
    - *declare social values*
    - *set clear targets*
    - *include research and innovation*
    - *catalyze collaborations and civil participations*
  - Utilization of policy mix, or project portfolio
  - Combining top-down and bottom-up approaches

Three modes of the MOIP

- mode1) Catching-up and socioeconomic missions
- mode2) Military and space development
- mode3) Sustainability and sociotechnical challenges

Kattel and Mazzucato, (2018) "Mission-oriented innovation policy and dynamic capabilities in the public sector", Industrial and Corporate Change.

Geography of the MOIP

- U.S. : mode2 → mode1+2 (strong MOP tradition)
- U.K. and Europe : mode3
- Germany : mode1 + mode3
- Korea and Japan : mode1

A rising new mode of the MOIP: **Technology supremacy** (US and China), **technology sovereignty** (other countries)

Introduction: the MOIP approach (2)

4

Critics to the MOIP approach

- The *New MOIP* revived legacy MOPs
  - A new rationale for government interventions to innovation and industrial policy
  - Old wine, new bottle?
- The return of old, traditional MOPs approach now perfectly matches to the nation-centric politics.
  - Domestication of manufacturing, beyond reshoring and friend-shoring
- The spectra of missions are too broad – *everything?*
  - Grand challenges are so grand that any R&D activity can be in line with one of those.
- Confusing conceptualization.
- Comprehensive innovation policy made government intervention comprehensive and powerful
  - Colorful policy instruments mix: R&D, HRD, finance, regulation reform, trade restriction, subsidy, procurement, security…
- Effective civil participation is hyped and not very realistic
  - Strengthen technocracy
  - *"They do what they want to do under the name of the MOIP"* (Ed Steinmueller)

Missions that Korea is confronting

6

i-Lab@snu innovation lab

Missions to respond societal grand challenges

- Carbon neutral transformation (climate change)
- Technologies for adopting to aging society
- Electrification of mobility
- Digital transformation and AI

Missions to accelerate industrial competitiveness

- Boost tech start-ups
- Challenging, high-risk - high-return R&D
- Innovations in SMEs
- Lifelong learning for labour reallocations
- The hydrogen economy

Missions to secure technology sovereignty

- Global supply chain restructuring, lead by the U.S. (*the Tech Cold War*)
  - Innovation and Competition Act, Inflation Reduction Act, biomanufacturing order
- Lessons learned from crises
  - Japan's export restriction on semiconductor materials
  - Urea solution crisis
  - COVID vaccines

The trigger: Japan's export restriction

6

i-Lab@snu innovation lab

- Korea's high-tech industries such as semiconductor, OLED display, and secondary batteries have long been depending on Japanese suppliers for materials, parts and instruments.
  - While they depend on China for minerals, raw materials and cheap chemicals
  - Not a 'can-make or cannot-make' matter.
  - This is a regional division of labour between three countries, which have been working for decades.

- In July 2019, when the Japanese government excluded Korea from the White List, a threat to the supply chain of Korea's major export industries.
  - Three critical materials: fluorine polyimide, photoresist, and high purity hydrogen fluoride gas
  - The restriction did not necessarily mean absolute export ban, but Koreans did aware high uncertainties, which high-tech firms can never bear.

Korean government's response

7

i-Lab@snu innovation lab

It is obvious that the incident was a threat to Korea's technology sovereignty, which is by definition "the ability of a state to provide the technologies it deems critical for its welfare, competitiveness, and ability to act, and to be able to develop these or source them from other economic areas without one-sided structural dependency" (Edler et al. 2020). It revealed a case of the ***one-sided structural dependency and its vulnerability***.

- Immediate actions
  - Search and approach to alternative suppliers, by utilizing various international networks.
  - One-stop and real-time responding window for companies, by ministries
  - Financial support for SMEs
- (August 2019) *Measures to strengthen the competitiveness of materials, components, and equipment industries*
  - Selected 100 key items under special management as strategic items
  - Amendments to the Special Act on the materials, components and equipment (R&D, HRD, testbed, cluster, finance, regulatory exemption)
  - Launch of the MCE Competitiveness Committee
- MCE R&D
  - Core material R&D emergency response strategy (MSIT, July 2019)
  - The MCE R&D investment strategy (joint-ministries, August 2019)
  - GERD of 2020 budge raised for ~5 billion USD
  - The MCE R&D sophistication plan (joint-ministries, October
  - The Future-leading MCE R&D plan (joint-ministries, May 20

defensive catching-up → aggressive → challenging

s
ding items

- Governance
  - A special task-force, chaired by the vice-prime minister (minister of MOEF) with vice ministers of all the related ministries has operated

Implications for tech sovereignty and the MOIP

8

i-Lab@snu innovation lab

- Perceived as an attack, it became politicized. There occurred the elevation effect with nationalism and historic anti-Japan mood.
  - *"the MCE independence against Japan"*
- Japan has not retracted the restrictions, despite they became almost obsolete, since Japan does not think the conflict situation is not dissolved.
- It has triggered technology nationalism and **opened up tech sovereignty discussions**, which has been strengthened by the US pressure on Korea to 'behave as ally' in technology and industry.

Meanwhile, the COVID-19 pandemic also intensified the tech sovereignty issue, since Korea did not have a capability to develop its own COVID vaccine, and the vaccination was delayed due to late purchase.

*Quite possibly, Korea is one of the most **fragile states** in terms of technology sovereignty. Or, at least, a country that desires it most.*

- Korean government identified the **challenge** to its technology sovereignty and set the **missions** for the MCE supply chain stabilization accordingly.
  - An industrial and innovation **policy mix** - R&D, legislations, HRD, testbed, cluster, finance, regulatory exemption, etc.
  - The manner of this **MOIP** is never strange to Koreans – an *import-substitution industrialization* in 1970s and 80s. ***Old manner in a new policy packaging?***
  - Probably, the MOIP is what Korea has long been doing, and it is never new to Korea.

Thank you.

sangook.park@snu.ac.kr

International Forum on Technology Sovereignty and Strategic Technology
October 5, 2022, Seoul

The Dilemma of Critical Technology for Technology Sovereignty: Escaping Theatrical Effect via International Collaboration

Jeong-Dong Lee
(Professor, Seoul National University, leejd@snu.ac.kr)
in collaboration with Hanbin Kim, Seungwhan Kim, Sonja Walters, Kyungah Kim

서울대학교

CONTENTS

1. BACKGROUND
2. TRENDS
3. PRISONER'S DILEMMA AND THEATRICAL EFFECT
4. CURRENT SITUATION
5. FINDING ALTERNATIVE COLLABORATION POSSIBILITIES
6. CONCLUSION

서울대학교

BACKGROUND

서울대학교

1. BACKGROUND

- **Growing concern over technology sovereignty**
  - Due to the US-China competition over global technology leadership, re-shuffling GVC during the COVID crisis, and societal challenges, such as climate change
- **Increasing attention on critical technologies to support technology sovereignty**
  - Actions to list up the critical technologies
  - Promotion policies to nurture and protect the critical technologies

서울대학교

1. BACKGROUND

- **Korea is no exception in promoting critical technologies**

Department	Announcement
Ministry of Trade, Industry and Energy	Top 100 Next-Generation Core Technologies in 「7th Industrial Technological Innovation Plans」 (2019)
	National Core Technology (2019 - 2021)
	National Advanced Strategic Technology (2022)
Ministry of Science and ICT	National Key Science and Technology in 「4th Master Plans for Science and Technology」 (2018)
	10 Key Critical and Emerging Technologies (2021)
	Strategic Technologies to secure technology leadership (2022)

1. BACKGROUND

- **Questions**
  - What are the common trends behind the discussion on technology sovereignty?
  - What are the common findings among the critical technology lists of countries?
  - How can we reconcile the current technology sovereignty discussion with international collaboration?

TRENDS 2

2. TRENDS

- **Trend 1: Growing competition over technology hegemony between the US and China**

U.S.

- (2020) CHIPS designed
- (2020) The Endless Frontier Act
  (now named The United States Innovation and Competition Act (2021))
- (2021) Building Supply Chains
- (2021) The Strategic Competition Act
- (2021) Infrastructure Bill
- (2022) Inflation Reduction Act

China

- (2015) Made in China 2025
- (2021) 14th Five-Year Plan(2021-2025)
- (2021) 2030 Mega Projects (2020-2030)
- (2021) 2035 Long-Range Objectives
- (2021) Dual Circulation Plan

2. TRENDS

- **Trend 2: Increasing trend of making blocks by technology and region**
  - World Internet Conference (2015-)

"[China] has **the right to choose friends**."

"As for who comes to my home, indeed, **I have to choose (to make sure) those who come are friends. We don't welcome those who earn China's money, take China's market, and then slander China**."

  - QUAD (2017-)

"The leaders have put forth ambitious initiatives that deepen our ties and advance practical cooperation on 21st-century challenges, ending the COVID-19 pandemic, including by increasing production and access to safe and effective vaccines, **promoting high-standards infrastructure**, combating the climate crisis, **partnering on emerging technologies, space, and cybersecurity**, and cultivating next generation talent in all of our countries."

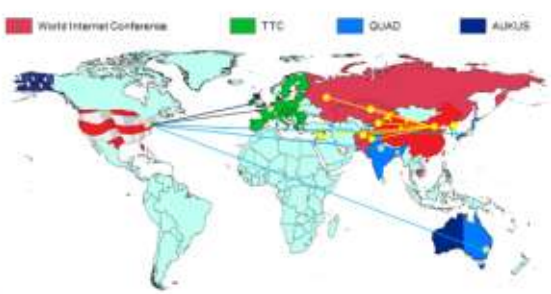
  - TTC(Trade and Technology Council) (2021-)

"They are **collaborating closely on emerging technology standards**, climate and clean tech objectives, data governance and technology platforms, ICT/S security and competitiveness, and the misuse of technology threatening security and human rights."

"The TTC working groups are also coordinating ..... including **countering the harmful impact of non-market**, trade-distortive policies **and practices on technological development** and competitiveness in sectors of shared priority."

2. TRENDS

- **Trend 2: Increasing trend of making blocks by technology and region**



2. TRENDS

- **Trend 3: Announcing the same list of critical technologies by each country**

Country	Announcement	Country	Announcement	Country	Announcement
U.S.		India		EU	
China		UAE		Netherland	
S. Korea		Taiwan		Czech	
Japan		Singapore		France	
Australia		Malaysia		Russia	
Canada		Hong Kong		U.K.	
				S. Africa	
				Brazil	

2. TRENDS

- **Trend 3: Announcing the same list of critical technologies by each country**
  - Investment and supportive policies of major countries concentrated in similar sectors

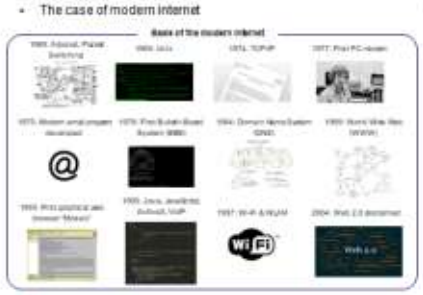
Nations	Semiconductor	Artificial Intelligence
U.S.	• **$194.8 billion** (2023-2027) (CHIPS and Science Acts, 2022)	• **$111.2 billion** (2023-2027) (CHIPS and Science Acts, 2022)
China	• **$101 billion** "Big Fund" (2015-2025) (Made in China 2025, 2015) • (until Mar. 2022) **$35.2 billion** (2021-2025) (14th Five Year Plan, 2021)	• **$150 billion** (New Generation AI Development Plan for 2030, 2017)
E.U.	• **$42.2 billion (2022~2030)** (The European Chips Act, 2022)	• **$197 billion** (2021-2030) (Digital Europe & Horizon Europe, 2020) • **$134 billion** (The Recovery and Resilience Facility, 2020)
Japan	• **$7 billion** (subsidies to built semiconductor plant, 2021) • **$40 billion** (Economic Security Bill, 2022)	• **$3.6 billion** (Economic Security Bill, 2022)
South Korea	• **$550 billion** (2022-2030) (K-Bet National Chip Plan, 2021) • **$240 billion** (2022-2025) (Semiconductor Superpower Strategy, 2022)	• **$1.5 billion** (AI R&D strategy, 2018) • more than **$3.5 billion** (National AI Strategy, 2020)

PRISONER'S DILEMMA AND THEATRICAL EFFECT

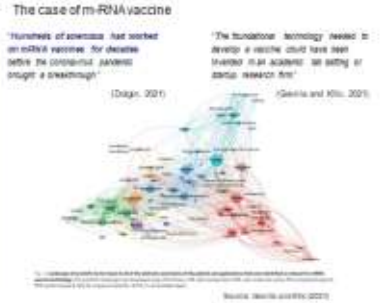
3

3. PRISONER'S DILEMMA AND THEATRICAL EFFECT

- **Innovation is the outcome of the new combination of existing ideas**
  - The case of modern internet

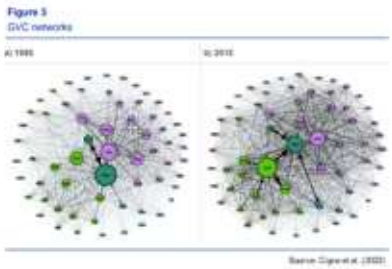


  - The case of m-RNA vaccine



3. PRISONER'S DILEMMA AND THEATRICAL EFFECT

- **Global value chains are more interconnected than ever, making it impossible to reverse trends**
  - *"The chart highlights the existence of* ***a clear "hub and spoke" structure****, with the United States, Germany and China serving as key hubs within each region but also as main connectors across different regions."* (Cigna et al., ECB Occasional paper 2022)
  - *"A key finding from the simulations is therefore that GVCs* ***play an important role in cushioning economic shocks, hence warning against policies aiming at reshoring."*** (Arriola et al., OECD Policy paper 2021)



3. PRISONER'S DILEMMA AND THEATRICAL EFFECT

- **Implications**
  - No country can have all the knowledge necessary for technological innovation, nor can it have all the factors and functions of production.
  - If each country pursues autarky, it will inevitably fall into **the prisoner's dilemma**.
  - Protectionism in technological innovation will **result in each country having low-level technologies and products** and **weakening technological sovereignty**.
  - This is like the worst situation in a theater where if the person in front gets up, the person behind will also standup, and eventually, **everyone will stand and watch the movie (Theatrical effect)**.

The theatrical effect refers to an irrational situation in which when the person in front stands up to watch the movie well, the person in the back seat has no choice but to stand up, and eventually everyone has to stand up to watch the movie.

CURRENT SITUATION

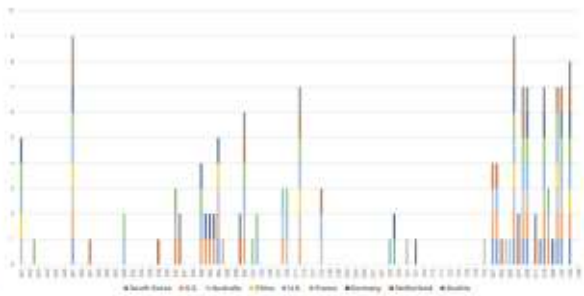
4

4. CURRENT SITUATION

- **The lists of the critical technologies of each country overlap seriously**
  - Data
    - IPC code 3-digit (131 categories)
    - 9 countries: South Korea, US, Australia, China, UK, France, Germany, Netherland, Austria
    - Based on the most recently published critical technology lists by each country

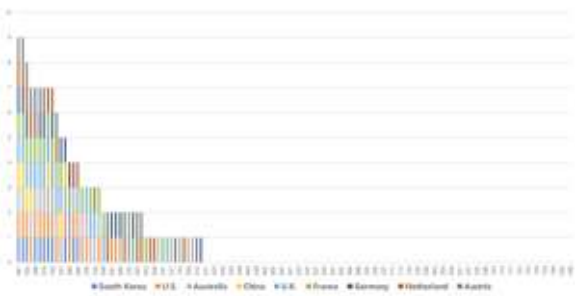
4. CURRENT SITUATION

- **Evidence of overlap**
  - Number of countries by IPC code



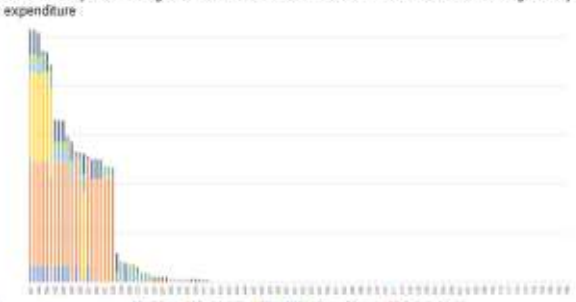
4. CURRENT SITUATION

- **Evidence of overlap**
  - Number of countries by descending order based on the cumulative number of countries



4. CURRENT SITUATION

- **Evidence of overlap**
  - Number of countries by descending order based on the cumulative number of countries weighted by each country's total R&D expenditure



4. CURRENT SITUATION

- **Implications**
  - Many countries **designate similar technologies** as critical. They also support critical technologies **using similar protectionist policies**.
  - There is a high possibility of **waste of resources due to overlapping investments** (Theatrical effect).
  - **Technology innovation is likely to be delayed** as many technology fields do not receive attention outside of the critical technology list.

CURRENT SITUATION

- **Implications**
  - As the pace of technological innovation slows in tasks for the sustainable development of the human community like SDG or global challenges like the climate change and the pandemic, there is a possibility that the entire human community may become more vulnerable to external shocks in the long run.

  - Now is when **we need to discover more possibilities and ways to collaborate to avoid the theatrical effect.**

FINDING ALTERNATIVE COLLABORATION POSSIBILITIES

5

5. FINDING ALTERNATIVE COLLABORATION POSSIBILITIES

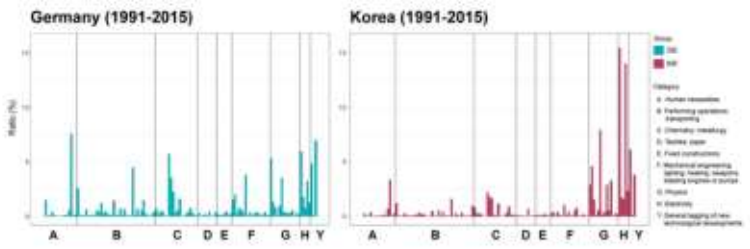
- **More attempts at international cooperation are needed**
  - In the long term, it is necessary to promote **global cooperation** in which all countries participate.
  - Still, in the short term, we need to start from **the cooperation between countries with complementary characteristics**.

5. FINDING ALTERNATIVE COLLABORATION POSSIBILITIES

- **Korea and Germany can be good examples of cooperation regarding technology sovereignty and critical technologies.**
  - They are **under the same pressure** of choice between the US and China.
  - Both have equally **strong manufacturing bases**.
  - Both can serve as **hubs of knowledge and production** in each region.
  - In terms of technological innovation, they have a **complementary relationship**.
- **Complementarity between Korea and Germany**
  - IPC code 1-digit (8 categories)
  - Cumulative international patents over 1991-2015

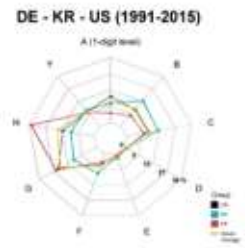
5. FINDING ALTERNATIVE COLLABORATION POSSIBILITIES

- **Evidence of complementarity**



5. FINDING ALTERNATIVE COLLABORATION POSSIBILITIES

- **Evidence of complementarity**



5. FINDING ALTERNATIVE COLLABORATION POSSIBILITIES

- **Actions for collaboration are many**
  - Evaluation of the level of technology sovereignty and selection of collaboration area
  - Collaboration for the international standard setting
  - Collaboration at multiple institutional levels including university, research institute, SMEs and ventures, and large corporation
  - Collaboration by exchanging talents
  - (Example) Collaboration for the next generation smart factory innovation
    - Ministry of SMEs and Ventures of Korea + Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWi) of Germany
    - Working group starting in April 29, 2021

서울대학교

CONCLUSION

6

6. CONCLUSION

- Many countries **designate and support the same technologies** as critical. There is a high possibility that **the waste of resources due to overlapping investments** will increase (Theatrical effect).
- In the long term, it is necessary to promote **global cooperation** in which many countries participate.
- Still, in the short term, it should start from the cooperation between countries with complementary characteristics.
- **Korea and Germany can be good examples of cooperation** regarding technology sovereignty and critical technologies.

서울대학교

Thank you

서울대학교

Fraunhofer ISI
PD Dr. Henning Kroll
Key enabling technologies to safeguard competitiveness and well-being
Challenges, Opportunities and Strategies in Europe and Germany
Joint International Forum on Critical Technologies and Technology Sovereignty
Institute of Future Strategy at Seoul National University, Korea Foundation for Advanced Studies
Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI)
October 5th, 2022, Seoul

Agenda
1. Concept and Definition
2. Empirical Findings & Classifications
3. Germany's International Positioning
4. Policy, Strategy and Conclusions
Fraunhofer

Section 01
Concept and Definitions
Fraunhofer

General Concept and Definition
General Purpose Technology / Key Enabling Technology
• potential for technological advances / progress
(potential to trigger subsequent innovation)
• complementarities with other technologies
(potential to raise process productivity)
>> resulting in
• pervasiveness
(usability / usage by many downstream sectors),
• variety of use
(with a view to products and processes)
some say – very few 'epochal technologies'
YET: "...what distinguishes GPTs from other technologies is a matter of degree.
So there will always be [many] technologies that [...] are almost [...] GPTs"
Fraunhofer

Key Enabling Technologies

Political Choices of Domains based on Assessment as well as Trends

European Union 2009/10 version (until Horizon 2020, 8th FP)	European Union 2019/20 version (from Horizon Europe, 9th FP)
1. industrial biotechnology	1. life-science technologies
2. micro/nano-electronics	2. micro/nano-electronics and photonics
3. photonics	3. advanced manufacturing
4. advanced materials	4. advanced materials
5. nanotechnology	5. artificial intelligence
6. advanced manufacturing	6. security and connectivity

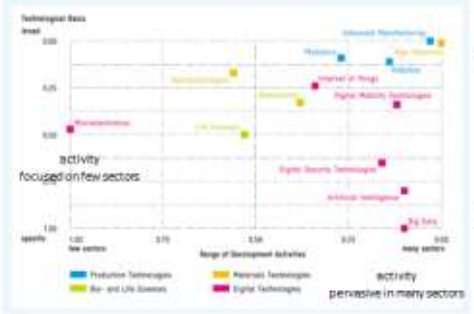
Source: European Commission

Fraunhofer

Characteristics of Officially Announced Domains

‚Different Kinds of Animals'

Fig. 8.1-1 Development activities and technological basis



Source: EFI, 2022

Fraunhofer

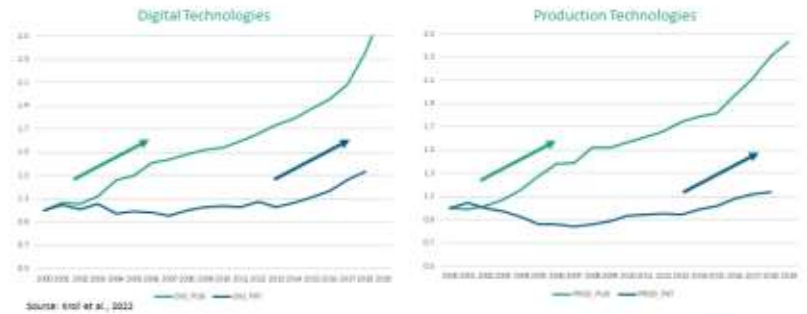
Section 02

Empirical Findings & Classifications

Fraunhofer

Increasing Prevalence

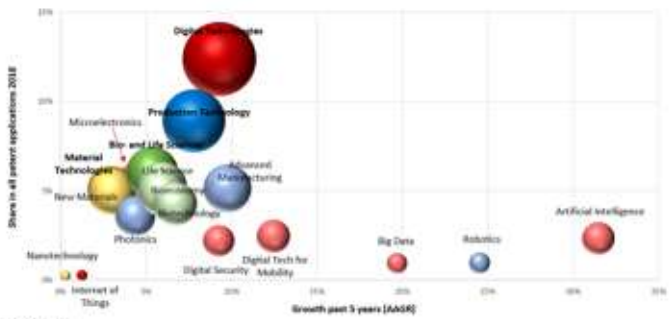
from academic concept phase to technological dynamism



Source: Kroll et al., 2023

Fraunhofer

Dynamism & Relevance of Potential Enabling Technologies
(Patent Analysis)



Source: Knoll et al., 2022

Fraunhofer

Classification of Relevant Technological Domains
Dynamism & Relevance

Emerging Key Enabling Technologies with new, near exponential dynamics
- Artificial Intelligence / Big Data
- Robotics
- Digital Security
- Digital Mobility
- Internet of Things

Established Key Enabling Technologies with long-standing, linear dynamics
- Microelectronics
- Nanotechnology
- Photonics
- Advanced Manufacturing

Potential Key Enabling Technologies with still limited dynamics
- Bio- and Life Sciences
- Material Technologies

Source: Knoll et al., 2022

Fraunhofer

Section 03

Germany's International Positioning

Fraunhofer

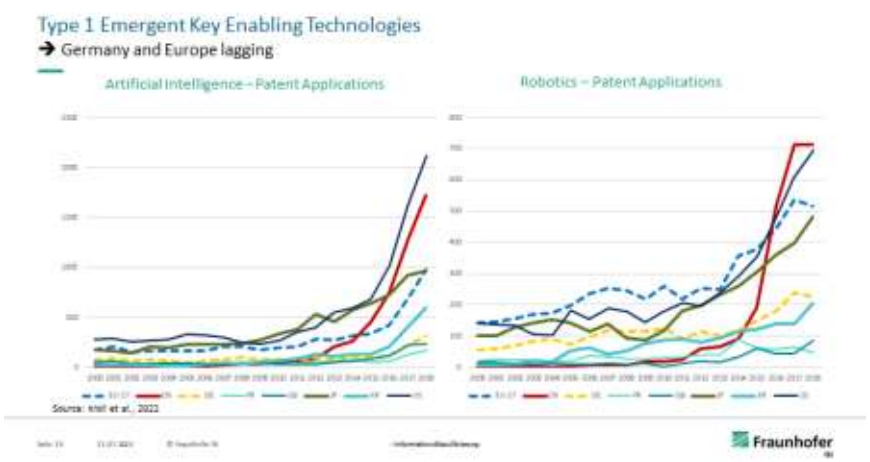
Own Capacity in Key Enabling Technologies
Germany and Korea often in similar order of magnitude

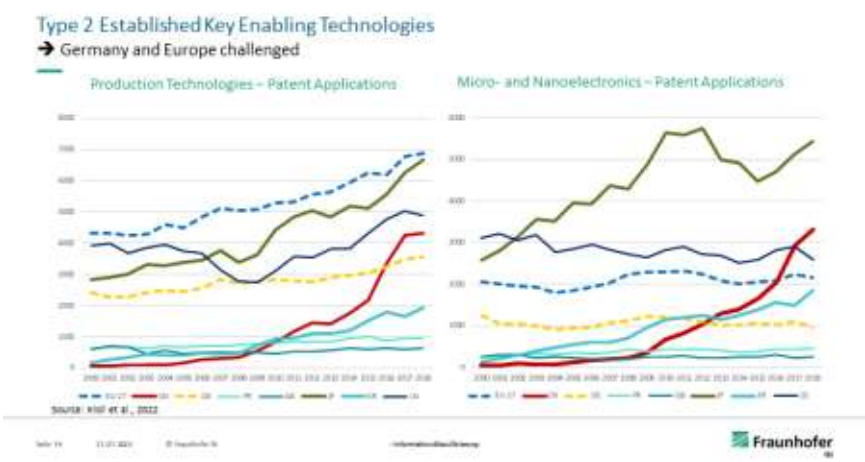
Scientific Publications

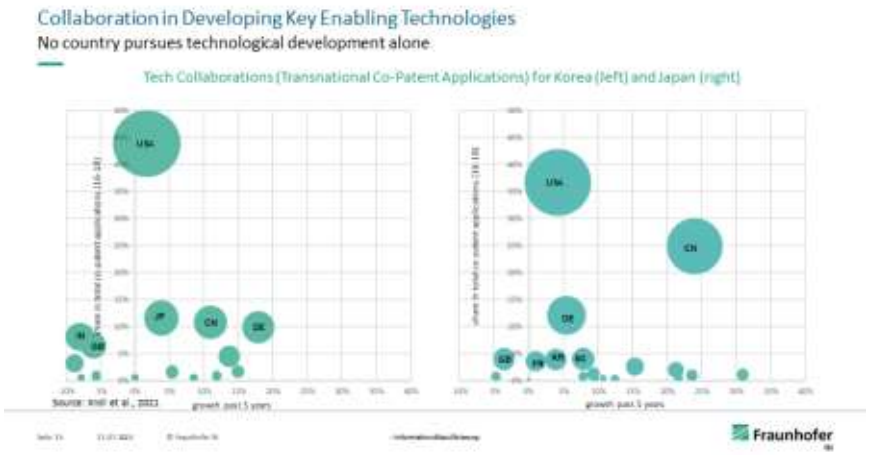
Patent Applications

Source: EFI, 2022

Fraunhofer


Type 1 Emergent Key Enabling Technologies
Germany and Europe lagging
Artificial Intelligence – Patent Applications
Robotics – Patent Applications
Source: Knif et al., 2022
Fraunhofer

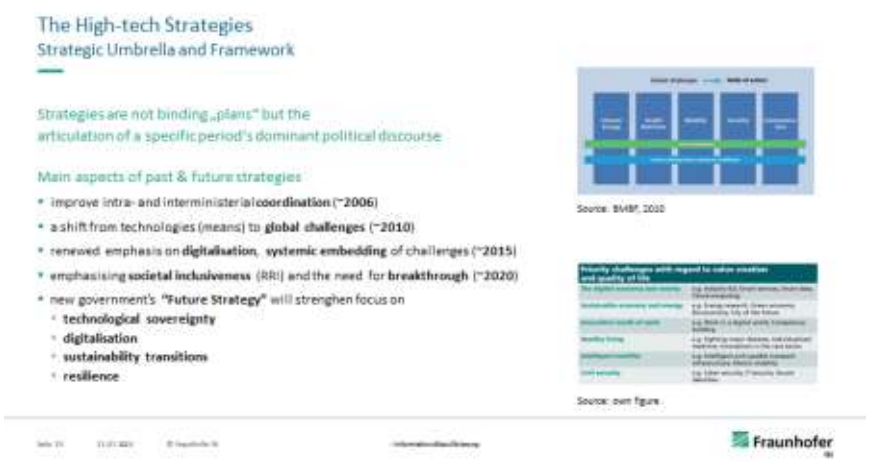

Type 2 Established Key Enabling Technologies
Germany and Europe challenged
Production Technologies – Patent Applications
Micro- and Nanoelectronics – Patent Applications
Source: Knif et al., 2022
Fraunhofer


Collaboration in Developing Key Enabling Technologies
No country pursues technological development alone
Tech Collaborations (Transnational Co-Patent Applications) for Korea (left) and Japan (right)
Source: Knif et al., 2022
Fraunhofer

Trade Balance in Products Relevant for Key Enabling Technologies
(Germany)
Source: EFI, 2022
Fraunhofer

Section 01
Policy, Strategy and Conclusions
Fraunhofer

German Innovation Policy
General Tenets and Traditions
a tradition of being technologically open, no „picking future winners"
(but supporting existing ones)
Since 2006 concerted strategic activities under the heading of „the High-tech Strategy"
1st High-tech Strategy, 2006-09
2nd High-tech Strategy, 2010-14
3rd High-tech Strategy, 2015-19
4th High-tech Strategy „2025", 2020-21/22
„Future Strategy" (under development) 2022 -
Fraunhofer


The High-tech Strategies
Strategic Umbrella and Framework
Strategies are not binding „plans" but the
articulation of a specific period's dominant political discourse
Main aspects of past & future strategies
improve intra- and interministerial coordination (~2006)
a shift from technologies (means) to global challenges (~2010)
renewed emphasis on digitalisation, systemic embedding of challenges (~2015)
emphasising societal inclusiveness (RRI) and the need for breakthrough (~2020)
new government's "Future Strategy" will strengthen focus on
technological sovereignty
digitalisation
sustainability transitions
resilience
Source: BMBF, 2010
Source: own figure
Fraunhofer

Diverse Single Strategies for Major Fields
Implementation Oriented, Part Action Plans
Maritime Forschungsstrategie 2025
Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung
Die Start-up-Strategie der Bundesregierung
Industriestrategie 2030
MADE IN GERMANY
Fraunhofer

Federal Agency for Disruptive Innovation
Specific Areas singled out for Support

SPRIN-D FEDERAL AGENCY FOR DISRUPTIVE INNOVATION

1st Round of Calls

- **Self-growing Tissue**
- **Innovation and Affordable Home Storage for Electricity (‚world storage')**
- **Energy Efficient AI Systems**

2nd Round of Calls

- **New Computing Concepts**
- **Long Duration Energy Storage**
- **Carbon-to-Value**
- **New Antiviral Agents**

Fraunhofer

Summary
Dimensions of the Debate

A number of **potential technological revolutions** are underway,
some obvious, some less obvious.

A shift in the **global innovation system** is underway,
as during many technological revolution, new centres emerge in places different from the old centres.

The earlier **consensus to have policy follow technological dynamism has ended**,
as sustainability challenges have become more pressing.

Hence, two major questions:

How do we **keep pace** with emerging developments?
How do we **dynamise development** in technologies that are needed, yet develop sluggish?

Fraunhofer

An Analytical Proposal for Concrete Domains of Intervention

Source: Kroll et al., 2022

Fraunhofer

Contact

PD Dr. Henning Kroll
Business Unit Innovation Trends & Science Studies
Fraunhofer ISI
Tel. +49 721 6809-181

Fraunhofer ISI
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe
www.fraunhofer.de

Fraunhofer ISI
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Innovation of National R&D System for Global Leadership in CET (Critical and Emerging Technologies)

YONGRAE CHO

STEPI (Science and Technology Policy Institute)

Contents 1

1. Background
2. National Effort for CET(Critical Emerging Technology) Policies: the Case of Korea
3. Criteria for CET Measurement and its Procedure
4. In-depth Research on CET

1 Background 2

① The Necessity of Fostering CET

◆ Securing **predominance in the CET is the key** to determining the victory of the hegemonic competition, and **its importance is being emphasized more** than ever.

◆ With the recent spread of multipolarism and regionalism, a new **technology alliance has been strengthened**.

☞ In this international trend, **Korea also needs to respond to external threats by protecting technology and strengthening alliances.**

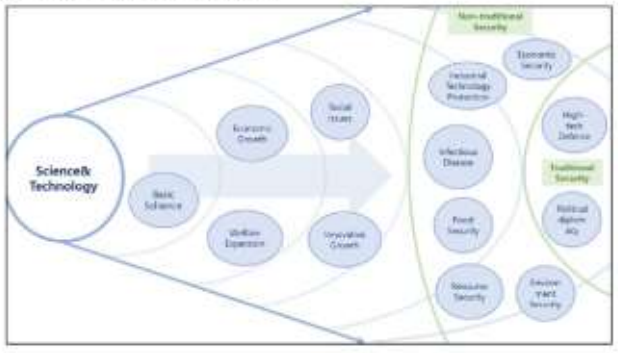
※ Example of alliance

QUAD	A strategic security dialogue between Australia, India, Japan, and the United States that discusses critical technology network, 5G Standard Cyber security.
AUKUS	A trilateral security pact between Australia, the United Kingdom, and the United States that is kind of military alliance and even cyber tech, AI.
Five-Eyes	An intelligence alliance comprising Australia, Canada, New Zealand, the United Kingdom, and the United States.

1 Background 3

① The Necessity of Fostering CET

◆ With the development of **science and technology** and the increase in its importance, it is directly and indirectly **affecting our lives**, and moreover, it has also played **an important role in the field of security**.



1 Background 4

② International Trend: CET in major countries

• AI and machine learning/autonomous driving • High-performance computing and semiconductors, advanced computer HW • Quantum Computing and Information Systems • Robotics, Automation, Advanced Manufacturing • Prevention of natural disasters and human resources • Advanced communication technology • Biotechnology and Genomics, Synthetic Biology • Cybersecurity, Data Storage, Data Management Technology • Materials science related to other important technical fields	<7 major science and technology> • Artificial intelligence • Quantum information • an integrated circuit • brain science • genetic bio • Clinical Healthcare • Space, deep sea, polar exploration <8 major industries> • high-quality new material • Major technical equipment • Intelligent Manufacturing and Robotics • Aeronautical engine • Vader Navigation System • a new-energy car • Advanced medical devices and new drugs • Agricultural machinery and equipment
Endless Frontier Act	Five-Year Initiative (14th)

1 Background 5

② International Trend: CET in major countries

• Raw materials • Battery • pharmaceutical ingredients • Hydrogen • Semiconductor • Cloud and Edge Technology	• AI technology • Biotechnology • Material • Beyond 5G • Supercomputer • quantum technology • Semiconductor • Space system • Energy and the environment (such as carbon neutral and cyclical economies) • Health care
Strategy for a new industry	Basic Plan for Science and Technology Innovation

2 National Effort for CET Policies: the Case of Korea 6

① The Case of Korea

◆ Previous governments' policies, in the field of growth engine, are based on a single axis which is economic growth and industrial development.

☞ This is **the first time** to select a technology sector, including a national strategic concept that **focuses on securing technology sovereignty**.

◆ Initiatives of Technologies Development by Each Government ◆

	Next-generation growth engine **(Roh Government)**	New growth engine **(Lee Government)**	Future growth engine **(Park Government)**	Innovative growth engine **(Moon Government)**
Goal	Securing next-generation key industry technology	Fostering Green Growth and Service Industry	Converging Science and ICT + The Creative Economy	Responding to the Fourth Industrial Revolution
The # of fields	10	17	19	13

2 National Effort for CET Policies: the Case of Korea 7

① The Case of Korea: Legislation

	Special Act on the Development of National Strategic Technology (국가전략기술 육성 특별법)	Special Act on National High-Tech Strategic Industry (국가첨단전략산업법)	Special Act on Materials, Parts and Equipment (소재부품장비산업법)	Act on Prevention of Divulgence and Protection of Industrial Technology (산업기술보호법)
Relevant Ministry	Ministry of Science and Technology	Ministry of Industry	Ministry of Industry	Ministry of Industry
Goal	Securing Technology Leadership from the Perspective of National Survival and Security	Strengthening and protecting competitive national high-tech strategic industry	Strengthening competitiveness of materials, parts, and equipment (MPE) industries	Strengthening Economic and Industrial Competitiveness
Main Content	• Establish a basic plan for fostering national strategic technologies on a five-year basis to efficiently foster and support national strategic technologies • Establish of the National Strategic Technology Committee at the Science and Technology Advisory Council • Support strategic technology R&D projects by prioritizing its importance	• Form the National Advanced Strategic Industry Committee and establishing a basic plan for fostering and protecting strategic industries, etc. every five years • Designate strategic technologies to secure national and economic security • Strengthen all-round support such as investment in strategic industries and R&D	• Expand from existing materials and components to MPE • Select key strategic technologies for MPE and fostering specialized leading companies with relevant capabilities • Strengthen competitiveness of Industrial and MPE industry by the Competitiveness Enhancement Committee under the Ministry of Industry	• Strengthen economic and industrial competitiveness and establishing an Industrial Technology Protection Committee • Prepare legal grounds for protecting industrial technology and utilizing them to the target institution • Secure legal ground for forcing a company with CET to require approval from the Ministry of Industry when selling it to a foreign company
TF	National Strategic Technology Committee	National Advanced Strategic Industry Committee	Competitiveness Enhancement Committee	Industrial Technology Protection Committee

2 National Effort for CET Policies: the Case of Korea 8

① The Case of Korea: Legislation/Additional Committee

	(legislative notice) Law on Supporting Supply Chain Stabilization for Economic Security (법률예고 / 경제안보를 위한 공급망 안정화 지원 기본법)	Science and Technology Diplomatic Advisory Committee (과학기술외교자문위원회)
Relevant Ministry	Ministry of Economy and Finance	Ministry of Foreign Affairs
Goal	• Establish a pan-government response system to support private supply chain stabilization efforts • Prevent supply chain risks and respond effectively to supply chain disruptions	Establishment of council to respond to the supply chain crisis
Main Contents	• Establish a basic plan for supply chain stabilization and designation of economic and security items • Support for stabilization of economic security items - Promote supply chain stabilization through cooperation with the private sectors • Supply Chain Crisis Response - Prepare a crisis response manual and establish crisis response headquarters in the crisis	• Establish a division on science and technology foreign policy, artificial intelligence, big data, information and communication, climate change, carbon neutrality, space, bio, nuclear power, and cyber (more than seven areas) and establish a science and technology diplomacy advisory committee
TF	N/A	Science and Technology Diplomatic Advisory Council

2 National Effort for CET Policies: the Case of Korea 9

① The Case of Korea: Comparison between important Acts

	Special Act on the Development of National Strategic Technology	Special Act on National High-Tech Strategic Industry
Range	Field of strategic technology (Quantum, AT, Space)	Supply chain industry (semiconductor, battery)
Method	R&D, Human Resources Development, International Cooperation, Standard	Specialized complexes (production facilities), taxes, and technology protection
Int'l Case	Endless Frontier Act (U.S)	CHIPS Act (U.S)

◆ All legislation aims to contribute to national security and secure competitiveness in common, but **"Development of National Strategic Technology" focuses a little more on establishing science and technology sovereignty (developing strategic technology),** while **"National High-Tech Strategic Industry" focuses a little more on establishing an industrial growth base (supply chain).**

3 Criteria for CET Measurement and its Procedure 10

◆ **(Design)** To make criteria for CET, first we need to figure out research questions, its purpose and the necessity of this research.

The Necessity of this research

Development of **Selection Criteria and Analysis System for CETs** Related to National Security

Research Questions

①What are the factors in the science and technology and industry that threaten national security and how will they be indexed?
② How should the national security analysis process and framework related to science and technology and industry be conceived?

Research Purpose

CET that have a profound impact on security in the science and technology and industrial fields are derived and indexed. In addition, a multidisciplinary industry, academia, and research expert network that performs verification through analytical application of detailed technologies is established and operated by devising a process and fram osis and analysis.

3 Criteria for CET Measurement and its Procedure 11

① Concept of CET in the Korean Government

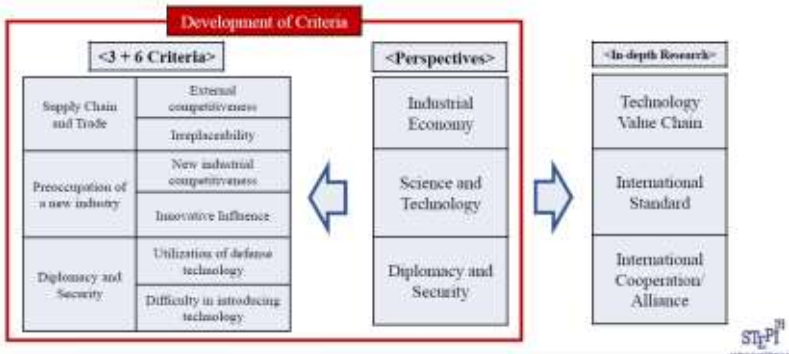
◆ **(Definition)** CET is defined as salient value that has **increased in diplomatic and security field**, as a basis that has **tremendous impact on the national economy and new industries** such as creating new technologies and innovation, and as a field that urgently needs **to be developed for national survival and future competitiveness**.
(the definition of National Strategic Technology in the Special act on Development of National Strategic Technology)

② How it works

3 Criteria for CET Measurement and its Procedure 12

③ Development of Criteria

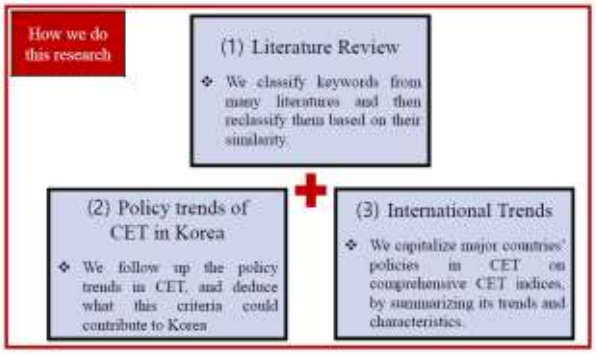
◆ First, we **selected three important perspectives** which have recently caught attention from academia and policy makers. Then, we've tried to **analyze the appropriate indicators for deriving priorities for important technologies** that would strengthen national security and interests.



3 Criteria for CET Measurement and its Procedure 13

③ Development of Criteria

◆ **(Method)** We selected concepts and major factors that were emphasized through **previous literatures in the science, technology and security fields**. In addition, it was intended to derive a comprehensive and timely evaluation index that **considers the current status of policies of other countries** and **the trends of security policies in Korea**.



3 Criteria for CET Measurement and its Procedure 14

③ Development of Criteria: (1) Literature Review

	Contents	Keywords
Perspective1 Industrial Economy (산업경제)	• Krugman (1991) noted that the lack of **external competitiveness** can bankrupt a national economy, and on the contrary, if external competitiveness is high, the welfare of the country can be increased through international trade even if internal productivity is low. • According to the McKinsey report, **managing supply chain and trade risks is one of the important factors in securing economic security**, and such supply chain and trade instability requires systematic countermeasures as continuous events rather than single events. • Traditionally, this **irreplaceability** have been studied has food, energy and others (Mbow et al., 2019; Prosekov & Ivanova, 2018; Axon & Darton, 2021; Bidwell et al., 2018). • Michael Adelman (1972) emphasized **economic security from a supply chain perspective through the concept of Flow Security*** from the First World Oil Crisis. • Researches related to the trade of products and goods, **discussions on irreplaceability have centered on dependence on raw materials** (Bindschmied, 2005; Mercier, 2002; Perepelkin & Perepelkina, 2017).	Competitiveness, irreplaceability, Trade, Supply Chain
Perspective2 Science and Technology (과학기술)	• Standard concentrate exclusively purely on the market competition, and preoccupying industrial standard determines the competitiveness in every industry since following countries and firms would adopt such standard (Funk & Methe, 2001). • **Innovation** is considered a basic determinant of economic growth (Romer, 1990). • In order to increase **external competitiveness through innovation**, various potential paths are created for differentiated capacity creation and competitiveness improvement (Cantwell, 2006). • IMD's World Competence Yearbook (2020) includes **science and technology infrastructures in the field of innovation indicators**. • In the World competence report of WEF (2022), **innovation capabi[illegible]ab index**. • In the EU (2021), the **innovation sector is measured through the E[illegible]oboard**.	Innovation, Industrial competitiveness

3 Criteria for CET Measurement and its Procedure 15

③ Development of Criteria: (1) Literature Review

	Contents	Keywords
Perspective3 Diplomacy and Security (외교안보)	• Under the name of **dual-use technology**, commercially developed technology is sometimes used as military technology, and on the contrary, as technology obtained through defense-related R&D activities is commercialized, economic gains and security have served as the main driving force for institutionalized R&D activities. - In particular, **large scale R&D for the establishment of the defense weapon system and the improvement of the system directly affected the emergence of the new technology paradigm** (Leslie, 2018). • The relationship between **technology development and national defense is based on the recognition that technological innovation interacts with military innovation**, and at the same time influences the nature and performance of military operations through technological innovation (Pavo, 2007; Pavo, 2009). • **Restrictions on technology exports and utilization are expanding as trade advantages** and economic sanctions in international trade relations have expanded from restrictions on goods trade or tariffs in the past (Hufbauer & Jung, 2021; Kwan 2020). - **The U.S. has begun to use high-tech technologies as a means to demonstrate national competitiveness**	Dual-use, defense system, Restriction on tech export

3 Criteria for CET Measurement and its Procedure 16

③ Development of Criteria: (2) Policy trends of CET in Korea

◆ For national core technology and defense industry technology where technology protection is important, 'national security' is an important consideration, while for technologies where fostering is important, 'economic feasibility and novelty' are important considerations.

	Criteria (Emphasis on Protection)
National Core Technology Development	• The **impact on defense and security**, such as defense industry technology and the importance of the relevant technology • The **impact on the relevant technology field, such as the difficulty of securing the technology**, the impact on the growth of the relevant industry, and the external competitiveness of the industry • The **influence on the entire industry**, such as ripple effects of related industries • The **impact on national economic base and economic welfare** such as exports, employment, and local economy
Defense industry technology	• The Impact of the Technology on National Security • Research trends, etc. in the relevant field

3 Criteria for CET Measurement and its Procedure 17

③ Development of Criteria: (2) Policy trends of CET in Korea

◆ For national core technology and defense industry technology where technology protection is important, 'national security' is an important consideration, while for technologies where fostering is important, 'economic feasibility and novelty' are important considerations.

	Criteria (Emphasis on Fostering)
Critical Technology	• **Ripple effect on the growth of industries** in both major and new growth engine • **Effects on the national economic** foundation such as export and employment • Domestic and international **market share** of related products • Research trends in the relevant field, such as the **difficulty of securing the relevant technology**
Cutting-edge Technology	• Areas with **high technology intensity and rapid innovation** • Areas that **create new demand** and high value-value • Areas with high technical, economic, and ripple effects and capable of securing technological and economic comparative advantages
New Industrial Technology	• Technology, economic benefit, fund for commercialization, prototype performance, quality management, etc

3 Criteria for CET Measurement and its Procedure 18

③ Development of Criteria: (3) International Trends

◆ Criteria for defining and selecting CET in major countries

	Concept	Criteria
U.S	Technology that **is currently or is expected to be significant in terms of national security** (defense, knowledge, and economic benefits)	• The possibility of achieving national security objectives - National security - Economic prosperity and opportunity expansion - Realization of democratic values
China	Technology that **requires long-term development for the domestic and foreign economic cycles** (double circulation) through self-reliance of science and technology, that is, technology and domestic demand expansion	• Securing the world's cutting edge technology • Hegemonic importance • The core needs of the country • People's lives and health • National security and comprehensive development
EU	Technology that is systemically important and can clearly **contribute to growth, employment, and competitiveness**	• Technical innovation • Economic potential • Political and social importance

◆ We can see that each country also emphasize on not only national security but also national interest, which is mainly economic.

3 Criteria for CET Measurement and its Procedure 19

③ Development of Criteria: Conclusion (table)

◆ We **classified 3fields and 6 sub-fields** by scrutinizing various papers and reports covering traditional and non-traditional security, and by researching on both Korea's policy changes and international trends.

3 fields	6 sub-fields
Supply Chain and Trade (공급망/통상)	**External competitiveness** (대외경쟁력)
	Irreplaceability (대체불가능성)
Preoccupation of a new industry (신산업선점)	**New industrial competitiveness** (신산업경쟁력)
	Innovative Influence (혁신영향력)
Diplomacy and Security (외교/안보)	**Utilization of defense technology** (국방활용성)
	Difficulty in introducing technology (기술도입난이도)

3 Criteria for CET Measurement and its Procedure 20

③ Development of Criteria: Description of each field(derived from the table)

◆ **Supply Chain and Trade**: Technology that its importance is highly prioritized in Korea

① **(External competitiveness)** Technology that accounts for a large portion of our economy and industry and has value as leverage in a global trade system based on overwhelming technology level

② **(Irreplaceability)** Technology that relies on foreign countries as suppliers in the value chain, which is highly vulnerable to supply chain disruptions and can be exposed to national difficulties

◆ **Preoccupation of a new industry**: Technology to Change the Future, Economic and Social Paradigm

① **(New industrial competitiveness)** Technology that has high potential for technology and industrial growth, and that can secure global market leadership when preoccupying international standards

② **(Innovative Influence)** Technology that has a high impact on existing industries and has high potential for application to other fields in technological advancement and commercialization

3 Criteria for CET Measurement and Procedure 21

③ Development of Criteria: Description of each field(derived from the table)

◆ **Diplomacy and Security**: Technology that requires self-reliance due to national defense utilization and international control

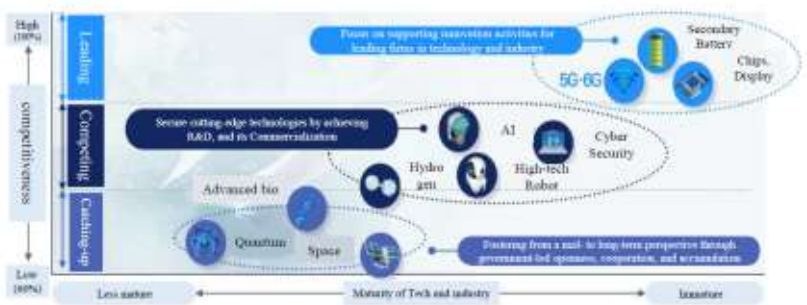
① **(Utilization of defense technology)** Technology as a "game changer" that can be widely used in the defense field and can dramatically strengthen combat capabilities when applied to future battlefields

② **(Difficulty in introducing technology)** Technology with high diplomatic and security importance, but with high difficulty in transaction and introduction due to the block of international treaties, control systems, and alliances

3 Criteria for CET Measurement and its Procedure 22

④What are the technologies where were selected as CET through this indices?

※ **Image of 10 CET in Korea** (As of 22nd December, 2021) ※

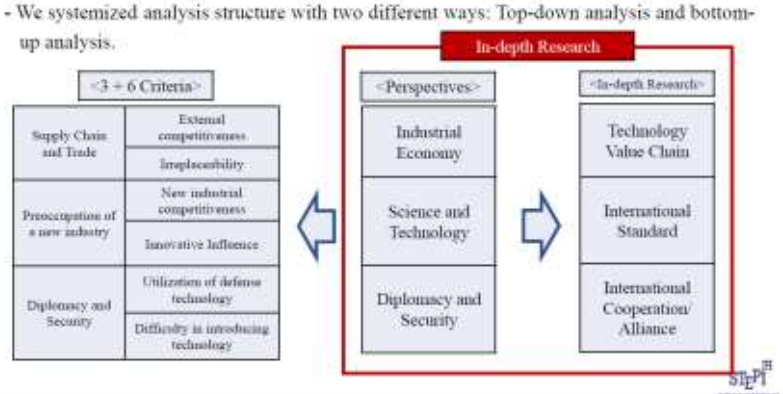


4 In-depth Research on CET 23

① In-depth Research on CET: Concept

◆ **(In-depth Research)** To develop step-by-step growth of CET, which is predicated on the criteria, we need to scrupulously research on the need for policy study for each technology fields.

- We systemized analysis structure with two different ways: Top-down analysis and bottom-up analysis.



② In-depth Research: Top-down Analysis

◆ We conducted in-depth analysis of national strategic technologies, but interpret the needs for strengthening/supplementing each stage **from the perspective of international cooperation and international standards, focusing on the Global Value Chain (GVC)**

- Analyze what improvements can be drawn in the field of international cooperation and international standards on each GVC step, rather than analyzing supply chains, international cooperation, and international standards respectively.

③ In-depth Research: Bottom-up Analysis

◆ we organized issue-tree showing **1)Global Value Chain, 2)Standard, 3)International Cooperation** in each individual CETs, and then drew the specific strategies derived from such three different angles.

- The detailed strengths/weakness for each of the three criteria derived are visualized through the Radian Chart.

◆ Example of Top-down Analysis: Value Chain Approach (Non-memory semiconductors)

	Input			Fabrication		Manufacturing	Packaging
	Equipment	Resource	S/W	Memory	Non-memory	N/A	N/A
International Cooperation	• Exchange program for experts (Establishment of mutual scholarship for training expert) • Strengthening technology exchanges program			• Joint research (Samsung + American company) • Establishment of mutual scholarship for training expert • Building a lab (establishing a related research institute in a U.S. university and strengthening exchanges with related organizations in Korea)		N/A	• Joint Research (Development of Packaging Technology for Implementing Multifunction and Integration) • Building a lab (enhancing cooperation with related organizations in major countries to develop packaging technologies and strengthen exchanges)
International Standard	• Research and monitoring of compliance with international standards (Expansion of international standards-related seminars and exchange program) • Training international standard experts					N/A	• Research and monitoring compliance with international standards • Training international standard experts
Technology	EUVL			Microprocessor, AP, DDI, LED, Transistor, Image sensor			Flip-Chip, System in Package, TSV, Fan-out
Leading firms	ASML	Dow	Cadence	Broadcom, Qualcomm, Intel		TSMC, Samsung, SMIC	Amkor

2. 웹사이트

i. 미래세대 토론회(http://qsf.or.kr)

ii. 국제포럼(https://techforum2022.com/)

3. 포스터와 사진

i. 미래세대 토론회

[행사 포스터 및 브로셔]

[오리엔테이션]

[특강 - 장병탁 교수]

[특강 - 이준환 교수]

[분임토의]

[중간 전체토의]

[전체토의 후 피드백]

[전체토의 후 조안 구체화]

[최종 조안 발표]

[최종조안 코멘트 / 차후일정 안내]

[마무리 행사]

ii. 국제포럼

[등 록]

[김병연 원장님 축사]

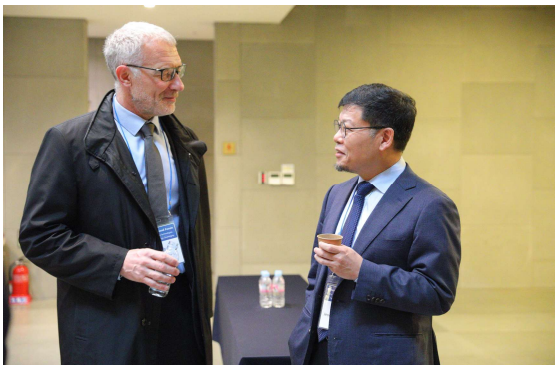
[세션별 발표]

[발표 후 토론]

[주요연사 촬영사진]

[전체 사진촬영]

[교 류]



[연구 발전방향 논의]

iii. MOU 체결 : 국가미래전략원 - Fraunhofer ISI

[MOU 체결]

4. 동영상 : 미래세대 토론회, 국제포럼

i. 국제포럼 영상 링크

- Opening : https://www.youtube.com/watch?v=-Fcs0RTvMoQ
- 1 Session : https://www.youtube.com/watch?v=392JZ7JqSxA
- 2 Session : https://www.youtube.com/watch?v=jueHuFvz9oI
- 3 Session :https://www.youtube.com/watch?v=ID45Pv8Fs0I

ii. 미래세대 토론회 영상 링크

- https://www.youtube.com/watch?v=p7JD_-tg1lM