# 7

# 자원 분야 미래전략

# Resources

산업 성장의 엔진이 되어줄 첨단소재 개발

기술 패권 시대에 더 중요해진 국부, 지식재산

과학 자본, 소프트파워로 쌓아 올리는 국가경쟁력

# 산업 성장의 엔진이 되어줄 첨단소재 개발•

소재는 일상생활에서 우리와 잠시도 떼려야 뗄 수 없는 존재이다. 먹거나 입는 것은 물론 사용하는 도구나 장비, 기기 등 우리 손에 닿는 모든 물질이 소재이다. 일상생활에서 편리하게 사용하는 제품들의 다양한 기능도 소재에서 나온다.

소재는 인간의 지적·경험적 활동의 결과이며 모든 경제활동의 바탕이 된다. 따라서 소재 기술의 발전은 곧 산업 발전이며 소재 기술은 국가의 경쟁력을 결정하는 요소라고 할 수 있다.

---

• 앞의 2부 6장에 소개된 '변하지 않는 전략 자산 소재·부품·장비 기술'에 기술되어 있는 소재 관련 부분과 겹치지 않는 내용을 다뤘다.

# 소재 기술 개요

소재는 종류가 대단히 많으며 각기 다른 특징을 갖고 있고 발전해온 과정도 제각각이다. 몇 가지 관점에서 소재 기술의 영역과 특성을 첨단소재 중심으로 살펴본다.

**소재의 분류**

소재는 다이아몬드와 같은 천연 무기물이나 코르크, 고무와 같은 천연 유기물에서부터 금속, 세라믹, 고분자와 같이 공업적으로 만든 소재에 이르기까지 그 종류가 엄청나게 다양하다. 최근에는 소재 간 경계를 허문 플라스틱 전자 소재나 소재의 물성 한계를 초월한 메타 소재metamaterials까지 등장해 영역을 더욱 넓히고 있다. 소재를 제조하는 기술(공정)도 소재 화학을 넘어 나노공학, 생체화학 등으로 확장되어 이전에는 없었던 소재가 계속 나타나고 있다.

소재는 원자 간 결합 형태나 화학성분, 나타내는 물성, 제조 방식 등으로 분류한다. 다이아몬드, 흑연, 활성탄소는 모두 같은 탄소 원자로 구성돼 있지만, 원자의 결합 형태에 따라 가장 단단한 다이아몬드, 부드러운 흑연, 기공이 많은 활성탄소가 되며 각기 다른 용도로 사용된다. 근래 들어 다이아몬드나 흑연은 자연에서 채굴한 것보다 공업적으로 제조된 것을 더 많이 쓰고 있다.

소재를 자연물에 의존하지 않고 공업적으로 만드는 이유는 천연 소재는 물성이 일정하지 않으며 산업 수요를 충족시킬 만큼 수량이나 종류가 많지 않기 때문이다. 새로운 소재는 시장에서 우위를 점하는 새로운

제품을 의미하므로 경제적 필요에 따라 끊임없이 개발돼왔다.• 개발 과정에서 축적한 지식을 새로운 소재 개발에 활용함으로써 발전도 가속됐다.

첨단소재는 화학성분만으로 설명할 수 없는 특별한 물성을 지니며, 소재를 구성하는 개별요소의 합보다 더 큰 특성을 나타내는 소재를 말한다.[169] 기반 소재는 철이나 구리처럼 산업 전반의 인프라를 구성하고 주력산업의 근간이 되는 소재를 말한다. 원천 소재는 여러 용도로 활용될 수 있는 소재를 말하며 사용되는 양(규모)이 기반 소재보다 적은 것이 차이점이다.

### 소재 기술 영역의 특성

소재는 화학적으로 만들지만, 물리적인 수단으로 특성을 조절한다. 따라서 소재 기술은 기계산업이나 전자산업, 화학산업이 발전하는 기반이 된다. 재료과학 혹은 재료공학(영어로는 합쳐서 'Materials Science and Engineering'이라고 한다)이 독립적인 학술 영역으로 자리 잡긴 했으나 소재 기술 분야는 학제 간 성격을 갖는 전형적인 영역으로서 기초과학을 포함한 여러 학술 영역의 발전과 궤를 같이한다. 오랜 과학기술의 역사를 가진 나라들이 소재 강국인 것은 결코 우연이 아니다.

소재 기술은 짧게는 수십 년에서 길게는 수백 년의 긴 발전 과정을 거친다. 신기술인 양자점 TV와 관련이 있는 형광에 관한 연구는 16세

---

• 미국화학회의 카스CAS, Chemical Abstract Service에 등록된 물질은 1965년 21만 1,934개였으며 2000년 5월 20일 2,379만 4,148개, 2005년 6월 1일 8,227만 1,995개, 2023년 2월 1일 기준 1억 2,700만 개 이상이다. 2000년 이후 폭발적으로 증가했다.

기까지 거슬러 올라가며, 양자점이 발견된 것은 1981년이었다. 최초의 양자점 TV는 2013년에 출시됐다. 또 다른 신기술인 유기발광다이오드OLED TV의 기반이 되는 전도성 고분자 소재는 1862년에 발견됐으며 전기 형광을 나타내는 고분자 소재가 발견된 것은 1965년이었다. OLED 소재는 2007년 처음으로 TV에 적용됐다. 형광 현상의 발견 이후 장기간의 지식과 경험의 축적을 거쳐 신기술 TV의 핵심 소재가 됐으며 직접적인 발견(발명)이 있었던 다음에도 대략 20년 후에야 산업적으로 활용됐다.[170] 소재 산업은 기술개발이나 산업화에 많은 자본이 들어가게 되므로 시간도 오래 걸릴 수밖에 없다.

그러나 한번 개발된 소재 기술은 대체로 영속적이며 기반 소재일수록 더욱 그렇다. 1차 산업혁명 이후 대량의 강철을 값싸게 공급할 수 있게 한 베세머 제강법은 1856년 개발된 후 아직도 큰 변화 없이 쓰이고 있고, 제철산업에 쓰이는 코크스 제조법 또한 1709년에 발명된 이래 지금도 쓰이고 있다. 소재 기술은 그만큼 대체할 기술을 찾기가 쉽지 않다.

첨단소재는 개별 제품은 물론 산업의 경쟁력을 결정하는 출발점으로서 가치사슬의 전반에 위치하며 대략 10배에서 100배의 승수효과를 가져온다. 예를 들어 LED 핵심 소재(질화갈륨GaN)의 경우, 원소재에서 부품 단계(GaN 소자)까지 약 5배, 시스템 단계(조명 시스템)까지 약 18배, 서비스를 포함하는 최종 소비 단계(조명 시스템 운영)까지 그 부가가치가 약 78배 증가한다.[171]

### 세 번의 변곡점: 제1·2차 세계대전 그리고 디지털혁명

소재 기술은 사회경제적 혹은 지정학적으로 강력한 동기가 있을 때 빠르게 발전한다. 근대 들어 소재 기술이 비약적으로 발전한 계기는 제

1차와 제2차 세계대전, 그리고 1970년대 이후 발전을 거듭한 디지털혁명이었다. 제1차 세계대전 중에는 1차 산업혁명 때부터 발전한 철강 소재 기술과 2차 산업혁명 초기 발전하기 시작한 화학 소재 기술이 비약적으로 발전했다. 제2차 세계대전 중에는 고온 혹은 고강도 경량 신합금, 실리콘 소재, 인조고무, 고순도·단결정 소재, 기능성 코팅 기술, 전기화학 소재 등의 기술이 급속히 발전했다. 전장은 새로운 소재를 대량 필요로 하므로 개발 중인 소재까지 투입되는 데다가 많은 소재 정보를 단시간에 축적할 수 있는 환경이 된다. 평시에는 생각할 수 없는 대규모 재원이 투입되는 것도 급속한 발전의 배경이다. 제2차 세계대전 후에는 동서체제 간 생산성, 군비, 우주개발 경쟁이 첨단소재 개발을 견인했다.

세 번째 변곡점은 지정학적 요인 대신 디지털 혁신으로 급팽창한 전자산업과 정보통신산업이 불러왔다. 스마트폰을 포함해 세상을 바꿔놓은 다양한 첨단 IT 제품이 연이어 쏟아져 나왔는데, 그 배경에는 폭발적인 첨단소재 수요를 감당할 만큼 축적된 소재 기술이 있었고 그런 소재 기술의 사업화를 뒷받침할 충분한 자본이 IT 산업에 있었다. 세 번째 변곡점을 지나며 발전한 배터리 소재 기술은 전기차 배터리로 이어지고 있는데, 전망했던 것보다 더 빠르게 전기차 산업이 발전하는 동력이 되고 있다.

## 소재 기술 동향

소재 기술은 시장 환경의 변화나 주변 기술의 발전에 따라 함께 변해왔다. 1970년대 이전에는 소재의 기본 구조와 물성에 관한 기초연구가

주종을 이루었으며 1980년대 이후에는 이미 알려진 소재의 내부 구조를 미크론 크기(100만 분의 1m 크기) 수준에서 성능을 향상하거나 이종 소재를 서로 융합해 시장수요에 대응하는, 이른바 응용연구가 중심이었다. 실험적이거나 다소 시행착오적 성격이 강했던 이전의 연구에서 벗어나 통계적이고 계산적인 방법으로 소재를 개발하려는 움직임이 시작됐다.

2000년 이후에는 나노 크기(10억 분의 1m) 영역인 원자나 분자 수준에서 소재를 제어하는 연구가 본격화됐다. 또한 고성능 컴퓨팅과 소재 정보를 활용해 분자 수준에서 소재를 설계designed material하는 연구가 잇따랐다.

한편, 금속이나 세라믹 등 무기 소재가 주종을 이루던 기술이 고분자(플라스틱)를 포함하는 유기 소재로 확대됐고 최근에는 생물학적 공정에 기반을 둔 소재bio-engineered material가 등장하고 있다. 소재 구조 면에서는 성분이나 결정상태에 관심을 두었던 거시macro 단계에서 미크론 수준으로 조직을 제어하는 미시micro 단계를 거쳐 원자 혹은 분자 단위에서 제어하는 나노nano 단계로 접어들었다. 나노 수준에서 물질을 제어할 수 있게 됨에 따라 새로운 구조나 물성을 가진 소재를 창제할 수 있게 됐으며 이런 과정은 생물학적 과정과 유사하므로 생체 과정이나 구조를 모방(모사)해 소재를 개발할 수 있게 됐다.

물질과학에 축적된 원자·분자 간 상호작용, 불순물이나 결함이 미치는 영향, 거시적 및 미시적 거동 등에 관한 소재 정보material informatics와 이를 다루는 빅데이터, 소재의 구조나 공정을 설계하고 성능을 예측하는 고성능 컴퓨팅 기술 등 관련 기술이 융합되면서 이제 우리 사회는 디지털 소재 시대로 전환되고 있다. 이에 따라 강철처럼 강하되 납처

럼 부드러운 모순 소재, 카멜레온처럼 환경에 따라 색상이 달라지는 소재, 생물학적 과정에 따른 소재의 대량 제조 등 혁신적 기술이 나타나고 있다.

첨단소재 기술은 1980년대까지만 해도 미국의 독무대였다. 이후 미국은 1980년대 중반 복합 소재 분야에서 잠시 일본에 추월을 허용했다가 복귀했고 1990년대 중반 합금 분야와 세라믹 분야에서 일본에 추월당했으나 여러 영역에서 여전히 최고의 기술력을 보유하고 있다. 독일, 러시아, 이탈리아, 프랑스, 영국, 스위스 등 유럽 국가들은 촉매 소재나 복합 소재 분야에서 상당한 경쟁력을 갖고 있다. 한편 1990년대 이후로는 한국, 대만, 중국, 인도의 소재 기술 역량이 급상승했다. 소재 기술 영역에서도 세계화가 빠르게 진행됨[172]에 따라 후발국의 기술력이 급상승했고 그 결과 기술 경쟁의 범위가 넓어지고 양상이 복잡해지는 상황이다.

최근에는 고도로 발전한 소재 기술을 바탕으로 급격하게 커지는 3D 프린팅 시장에 필요한 전용 소재나 폴더블이나 롤러블 전자기기를 포함하는 유연 전자용 소재 등 산업적 용도에 맞춘 소재 개발이 하나의 흐름이 되고 있다. 새로운 시장의 등장에 힘입어 첨단소재 분야는 향후 10년 동안 연평균 13~14%의 빠른 성장이 예측된다.•

---

• 첨단소재 시장 규모는 시장분석 기관별로 10배 차이가 날 정도로 정확한 분석자료가 없다. 가장 작은 시장 규모는 2023년 652억 달러, 2032년 1,127억 달러로 예측한다.

### 가열되는 국제 경쟁

2000년 이후 미국의 제조업 경쟁력 강화 정책을 필두로 각국은 첨단소재 개발에 투자를 확대하고 있다. 최근 글로벌 공급망 붕괴에 따른 생산 중단과 미·중 간 기술 패권 경쟁을 경험하면서 각국은 소재 기술의 전략적 가치를 재인식하게 됐으며, 여러 나라가 소재 기술개발 장기 프로그램을 경쟁적으로 진행한다. 미국의 〈소재 게놈 프로젝트MGI〉(2011), 영국의 〈8개 대형 기술Eight Great Technologies〉(2013, 2014), EU의 〈핵심 수권 기술Key Enabling Technologies〉(2011), 호주의 〈첨단소재Australian Advanced Materials〉, 중국의 〈프로그램 863〉 및 〈프로그램 973〉(1986년 3월과 1997년 3월에 시작한 프로그램), 사우디아라비아의 〈첨단소재 기술 프로그램 전략적 우선순위Strategic Priorities for Advanced Materials Technology Program〉(2008), 일본의 〈신원소 프로그램〉 등이 있으며 캐나다, 이스라엘, 뉴질랜드 등도 소재 기술개발을 지원하고 있다.

한편 2000년을 전후해 미국 국립과학재단NSF의 소재 기술 분야 연구개발 투자 동향에 큰 변화가 있었다. 소재 개발을 위한 투자 규모가 1992~2000년에는 연평균 3%씩 증가했으나 2000~2004년에는 연평균 8%씩 증가해 투자 확대 속도가 두 배 이상 빨라진 것이다. 미국과 패권 경쟁을 벌이고 있는 중국도 크게 다르지 않다. 중국은 2017년 중국공정원이 만든 〈2035년 신소재 기술력 전략에 관한 연구〉에 따라 2025년까지 전반적인 기술력을 세계적인 수준으로 끌어올리고, 몇몇 분야에서는 세계 선두를 달성하며, 2035년까지 세계적인 소재 강국 대열에 오른 다음 2050년 완전히 독자적인 혁신 체계를 구축하고 세계 최고의 소재 기술 국가가 된다는 목표를 향해 달려가고 있다.

### 네 번째 변곡점: 탈탄소와 자원순환의 과제

최근에는 소재 산업을 둘러싼 환경이 다시 급변하고 있다. 소재 산업은 기후변화, 환경보존, 자원 부족의 문제에 당면하고 있으며 인구구조 변화(고령화)와 도시화, 달라진 소비 패턴 등에도 대응해야 한다. 특히 소재 산업은 전체 배출 탄소의 약 25%를 차지하고 있어 기후변화 문제의 중심에 있다.

소재 산업은 지금까지 탄소 배출을 크게 줄이지 못했으며 전통적인 방식과 흐름에서 벗어나지 못했다. 몇몇 소재를 제외하고는 자원의 국지적인 분포나 과다한 사용으로 초래된 부족에 그다지 큰 관심을 두지 않았다. 이제는 탄소 배출이 많은 패러다임에서 벗어나기 위해 탄소 배출을 획기적으로 줄인 소재 기술을 개발해야 한다. 사실상 기존과 완전히 다른 성격의 소재 기술을 개발해야 하므로 이것이 성공하면 우리에게 큰 기회가 될 수 있다. 하지만 초기 단계에서 독보적인 저탄소나 탈탄소 소재 기술을 개발하지 못하면 기후변화 대응 체제에서 살아남을 수 없으므로 치밀한 전략으로 대응할 필요가 있다.

이 새로운 변화 패러다임의 방향은 1) 에너지 측면에서는 저탄소형 혹은 탈탄소형, 2) 자원 측면에서는 (완전)순환형 혹은 자원 절약형, 3) 환경 측면에서는 자연 친화형, 4) 기술 형태 측면에서는 자연 유래형 소재 기술이 될 것으로 전망된다.

우선 철강, 시멘트, 알루미늄, 플라스틱 등 탄소를 대규모로 배출하는 기반 소재 산업의 저탄소화·탈탄소화가 변화 대상이 될 것이다. 소재의 재사용 혹은 재활용 비율을 획기적으로 개선할 수 있는 기술을 개발하면 탄소 배출을 낮추는 것은 물론 자원 부족을 해소해갈 방법이 될 수 있다. 환경친화적인 소재와 제조공정을 개발해 환경 부담을 줄이는 것

도 중요하다. 생물학적 공정이나 구조를 모방한 소재를 제조함으로써 고기능과 친환경의 목표를 동시에 달성하는 기술이 앞으로 큰 흐름이 될 것이다. 탄소세 부과나 소비자의 인식 변화 등 사회경제적 환경의 영향을 받아 이런 소재들이 시장에 진입하게 되면 경제성(효율성)을 개선하면서 기존 소재를 빠르게 대체해갈 것이다.

## 소재 기술 경쟁력 강화 전략

소재 기술개발 전략의 핵심은 새로운 소재를 개발해 새로운 산업을 창출하고, 다시 산업 발전에 필요한 소재를 선제적으로 신속히 개발해 산업의 경쟁력을 높이는 것이다. 이와 함께 첨단소재 기술의 전략 자산화 추세에 대응해 공급사슬을 주도할 전략 소재를 확보하는 것이다.

첨단소재 개발 경쟁은 고도의 전문 지식과 경험을 갖춘 인력과 첨단 인프라의 경쟁이다. 소재 기술에서는 고도의 전문성을 갖춘 인력이 핵심 플랫폼이다. 전문 인력은 장기간의 연구를 통해 양성되므로 무엇보다 동일한 영역에서 장기간 연구할 수 있도록 지원해야 한다. 개별 소재를 개발하는 연구(소재 중심)를 지양하고 동일 연구자(혹은 연구 그룹)가 유망 소재 분야를 계속 연구(역량 중심)할 수 있게 해야 한다. 예를 들어 미국의 소재 기술개발 프로그램은 원천기술 개발에 집중하고 있으며, 개별적인 소재는 관련 있는 부처가 개발하는 이원적인 구조를 지닌다. 또한 첨단소재 개발에 필수인 분석 장비를 고도화하고 운영 인력을 전문화해야 한다. 그래야만 연구 인력이 기술개발에 집중하고 비용과 시간을 줄일 수 있다. 외국의 우수한 연구 그룹과의 학술 교류를 통해 지

식과 경험을 공유하면서 상호 간 시너지를 창출할 필요도 있다.

무엇보다 소재 기술개발을 효율적으로 실행하기 위해서는 첨단 제조업이나 나노기술 등 관련 있는 영역과 연계하는 것이 효과적이다. 정책적으로는 소부장이나 탄소중립 정책을 아우르는 정책 혼합이 필요하며, 여기에는 여러 부처가 참여하는 구체적인 실행 로드맵이 포함되어야 한다. 첨단산업과 첨단 제조 기반을 새로운 소재 기술을 적용해보는 시험대로 활용해 시장 창출에 필요한 자료track record를 확보하는 전략도 생각해볼 만하다.

또한 소재 기술은 씨앗 기술에서 시작해서 큰 기술로 성장해가므로 소재 전문 기업의 창업을 촉진하고 이를 지원하는 전용 펀드를 확대하며 조세를 획기적으로 감면하는 등 스타트업이 성장할 수 있는 환경을 조성해야 한다. 전후방 산업에서의 낙수효과 혹은 승수효과, 스타트업이 중견기업으로 성장했을 때의 경제적 효과(새로운 공급사슬 구축 포함)를 고려하면 소재 전문 스타트업이 성장할 수 있도록 획기적인 특혜를 제공할 타당성은 충분하다. 선진국도 정책 혼합을 통해 전폭적인 지원을 하고 있다. 가치사슬이나 공급사슬을 구축하는 데 영향력이 큰 중견 혹은 대기업과 소재 전문 스타트업 간 협력을 정책으로 지원하는 한편 인수합병을 촉진해 스타트업 기술이 대형 산업이 될 수 있게 해야 한다.

동시에 정부는 소재 전문 스타트업의 지식재산IP, Intellectual Property을 보호하는 제도적 기반을 구축해야 한다. 예를 들어, 우리 소재 기술개발 역사상 처음으로 글로벌 선두 경쟁을 벌이고 있는 배터리 소재의 사례는 첨단소재 기술개발 전략이 어떠해야 할지를 함축적으로 보여준다.

**배터리 소재 기술은 어떻게 글로벌 경쟁력을 갖출 수 있었나?**

배터리 산업은 우리가 신산업 영역에서 치열한 선두 경쟁을 벌이고 있는 첫 사례이다. 배터리 기술은 소재와 공정(제조)이 어우러진 기술이지만, 소재 기술이 압도적인 비중을 차지하며 경쟁력을 결정하는 특징이 있다. 배터리 소재는 종류가 많지만, 고용량 충전과 고속 충전의 목표는 항상 같았으며 다른 나라와 경쟁하면서 목표치가 거의 실시간으로 상향 설정돼왔다. 1990년 이전 일본이 독주하던 배터리 영역에 대기업이 뒤늦게 뛰어든 이후• 하나의 소재 기술을 개발하기 위해 산학연관이 30년 가까이 일관되게 협력해온 보기 드문 사례를 보여주기도 한다.

이와 관련해 중장기 기술개발 사업 지원, 인프라 구축, 기술 로드맵 관리 등 수많은 기술개발 사업과 다양한 정책 지원이 있었다. 정부는 〈전기자동차용 고성능 전지 기술 개발〉(G7 사업, 1992년)에 착수한 이래 〈차세대 소형 전지 중기 거점 기술개발〉, 〈이차전지 경쟁력 강화 방안〉(관계부처 합동, 2010년), 〈이차전지 로드맵〉(2010년) 등 기술개발을 지속적으로 지원했으며 공공 연구소들도 1990년대 중반 KIST-2000 프로그램 등 이차전지 연구에 착수했다. 이런 지원을 통해 지식과 경험을 축적할 수 있는 연구 조직과 연구시설이 대학과 연구소에 구축됐으며 많은 전문 인력을 양성해냄으로써 소재 기술과 배터리 제조 기술을 따라잡고, 참여했던 기업들이 글로벌 경쟁력을 갖출 수 있었다.

또 1990년대 후반 우리나라의 휴대전화 산업이 급성장하면서 배터리 내수시장이 확보된 것이 배터리 소재 기술의 발전이 이어지는 토대

---

• LG그룹은 1992년 리튬이온배터리 개발에 착수했고 2000년 세계 최초로 전기차용 리튬이온배터리 개발을 시작했다.

가 됐다. 휴대전화 배터리 개발을 통해 축적한 소재 기술을 바탕으로 2010년대 후반 이후 급속히 발전하는 전기자동차용 배터리 소재 기술에 대응할 수 있게 됐다. 휴대전화용 배터리의 무게는 대략 50g 내외인 것에 비해 전기자동차용 배터리는 무게 400~450kg으로 휴대전화 배터리의 8,000~9,000배이며 높은 안전기준을 충족해야 하므로 차원이 다른 기술로 볼 수 있다. 휴대전화 배터리 소재 기술은 독자적인 사업 영역인 한편 전기자동차 배터리 소재 기술로 진화하는 중간 단계(기술 및 시장 관점)로서 큰 역할을 했다고 보는 것이다. 최근에는 2000년 이후 축적된 나노 소재 부문의 기술 역량이 배터리 소재 기술에 융합되면서 배터리 소재의 혁신이 가속되고 있다.

# 기술 패권 시대에 더 중요해진 국부, 지식재산

삼성전자는 2023년 4월 미국에서 제기된 메모리 반도체 특허침해소송에서 4,000억 원에 이르는 배상금을 지급하라는 배심원 평결을 받았다.[173] 한편 삼성디스플레이는 스마트폰용 유기발광다이오드의 특허침해를 이유로 중국 기업 BOE에 소송을 제기했다.[174] 모두 전략 자산이 된 지식재산을 확보하기 위해 국제 무대에서 벌어지는 총성 없는 전쟁의 일면이다. 특히 미국과 중국을 중심으로 기술 패권 경쟁이 벌어지면서 세계 주요 국가도 앞다퉈 반도체, AI, 블록체인, 바이오, 양자 기술 등 핵심 원천 기술 개발과 기술특허 확보에 힘을 쏟고 있다.[175] 지식재산이 지식기반 사회에서는 물론 첨단기술을 선점하려는 기술 패권 시대에 더 중요한 국부의 원천이 됐음을 상징적으로 보여주는 것이기도 하다.

한편 한국은행이 2023년 3월 발표한 〈2022년 지식재산권 무역수지〉에 따르면 2022년 지식재산권 무역수지는 13억 3,000만 달러 적자였

다. 적자가 난 부분은 산업재산권(-26억 2,000만 달러)이었다. 반면 저작권(15억 2,000만 달러)은 흑자를 냈는데, 특히 문화예술저작권 무역수지(6억 달러)가 3년 연속 흑자를 기록했다. 이는 K-팝과 K-드라마 등이 해외에서 인기를 누리면서 한류 콘텐츠가 거둔 약진으로 해석된다.[176] 지식재산의 힘은 세계적 기업들의 자산가치가치평가에서도 살펴볼 수 있다. 총자산 대비 무형자산 가치 비중이 날로 증가하고 있기 때문이다. 특허 가치평가 업체 오션토모에 따르면 2020년 기준 S&P 500대 기업의 자산 중 무형자산의 가치는 총자산의 90%에 이르렀다.[177]

이러한 흐름은 5세대 통신 혁명, 원격의료, 콘텐츠 전쟁 등이 진행됨에 따라 더욱 가속할 것으로 보인다. 또 기술 분야뿐 아니라 음악, 미술, 영화, 게임 등 창조 활동이 필요한 전 분야에서 지식재산의 가치와 유형에도 다양한 변화가 예상된다. 이는 결국 새로운 환경에 대처하기 위해서는 지식재산 전략에도 수정과 보완이 필요하다는 것을 뜻한다.

## 새로운 부를 창출하는 지식재산

초연결과 초지능을 특징으로 하는 4차 산업혁명 생태계에서는 기술의 플랫폼화가 더욱 심화되면서 표준필수특허standard essential patent와 원천특허original patent 가치의 중요성이 더 커질 것으로 보인다.[178] 표준으로 정해진 기술을 후발주자로부터 보호받을 수 있고, 표준을 따르는 기업으로부터 표준필수특허에 따른 로열티를 받아 특허 보유권자가 시장지배력을 강화하고 지속적인 수익을 창출할 수 있기 때문이다.[179] 즉, 표준필수특허와 원천특허의 선점은 새로운 부를 창출할 기회를 뜻한다. 이를 위

해서는 기술과 산업 환경의 변화 방향과 내용을 예측할 수 있어야 한다.

### 지식재산 관련 주요 용어의 개념

- 지식재산 IP, intellectual property: 인간의 창조적 지적 활동 또는 경험의 산물. 재산적 가치가 법적 보호를 받는 특허, 상표, 디자인, 저작권, 영업비밀과 생물의 품종이나 유전자원 遺傳資源 등 인간의 지식과 경험, 비결(노하우) 전반으로서 재산적 가치가 실현 가능한 것을 총칭한다.
- 지식재산권 IPR, intellectual property rights: 법령 또는 조약 등에 따라 인정되거나 보호되는 지식재산에 관한 권리를 의미하며, 학술·실무에서는 '지식재산 IP'으로 불리기도 한다. 마찬가지로 특허와 특허권, 상표와 상표권, 디자인과 디자인권도 각각 혼용된다.
- 무형자산 intangible asset: 기업의 경제적 가치 자산이지만 물리적 실체가 없는 고정자산으로 전통 회계상 포착이 어려운 지식과 노하우를 총칭하는 개념이다. 상표권 같은 브랜드의 가치 등이 이에 속한다. 문헌에 따라 지식자본, 지식자산 등 다양한 용어로 불리고 있다.
- IP5 five IP offices: 특허를 비롯해 세계 지식재산 제도의 운용을 주도하는 '한(KIPO)·미(USPTO)·중(CNIPA)·일(JPO)·유럽(EPO)'의 5대 특허청 간 협의체를 지칭하며 '선진 5개 특허청'이라고도 한다. 2022년 IP5를 통한 특허출원이 총 293만 건으로 전 세계 특허출원의 85.1%[180]를 담당할 만큼 세계 특허제도와 정책을 주도하고 있다.

### 지식재산 집약 산업의 가치 부상

미국 상무부는 2012년 미국 특허청 데이터를 기준으로 전체 313개 산

업 중에서 특허와 상표 등 지식재산을 가장 집중적으로 활용하고 있는 산업 75개를 선별하고 이를 '지식재산 집약 산업IP-intensive industries'이라 명명했다. 미국 특허상표청의 〈IP와 미국 경제〉 2021년 보고서에 따르면 이러한 지식재산 집약 산업이 2019년 기준 미국 내 경제활동에서 생산의 41%, 고용의 44%를 차지하고 있다.[181]

또 2017~2019년 EU 총 GDP의 47.1%가 지식재산 집약 산업에서 창출됐다. 직접고용 기준 일자리 6,150만 개(전체의 29.7%)도 지식재산 집약 산업에 의해 제공됐다. 지식재산권을 보유한 회사가 그렇지 않은 회사보다 임금도 41% 높다는 결과가 나오기도 했다.[182]

### IP 금융 부문 규모 8조 원 눈앞

우리나라 전체 지식재산 가운데 금융 부문 규모는 2016년 5,774억 원에서 2020년 2조 640억 원으로 급증했다. 특히 지식재산 기반 투자, 담보대출, 보증 등 2018년부터 누적된 IP 금융 잔액 규모는 2022년 처음으로 7조 원(7조 7,835억 원)을 넘어 2023년 4월 기준 8조 원을 눈앞에 두고 있다. 2022년 신규 공급도 3조 905억 원으로 증가했다. 2022년도 신규 공급액만 놓고 봤을 때 IP 투자액이 전년 대비 2.1배 늘면서 처음으로 1조 원(1조 2,968억 원)을 돌파했다. 이는 우수 특허 보유 기업에 대한 투자 활성화 때문인데, 정부가 모태펀드 출자를 통해 기반을 다지고, 여기에 벤처캐피털 등 민간 투자기관과의 지속적 협력을 통해 이룬 성과로 분석된다.[183]

또 기업이 지식재산권을 금융거래 대상으로 활용하고 있음을 보여주며, 금융기관에서도 지식재산권이 물건 또는 서비스와 결합하거나 라이선스를 통해 현금흐름을 창출할 수 있는 가치가 있다고 판단함을 의미

한다.[184] 즉, 지식재산이라는 담보물에 대한 가치평가의 중요성이 커지고, 특허권에 대한 가치평가(특허의 유효성, 시장에서의 안정성, 특허의 수명, 특허의 활용성 등) 요소가 금융거래의 주요 항목이 됐음을 시사한다. 이에 따라 은행들은 지식재산 가치를 평가하기 위해 각 분야 전문가(변리사, 변호사, 회계사, 금융인, 기술 전문가 등)들과 협업을 도모하고 있다.

**지식재산 환경의 변화와 새로운 이슈들**

최근에 등장한 혁신 기술들로 지식재산 환경은 풍성해졌지만, 민감한 이슈도 함께 나타나고 있다. 빅데이터, AI, 사물인터넷, 메타버스 등은 기존 개념으로 평가할 수 없는 새로운 양상의 보호 가치와 지식재산을 창출하고 있기 때문이다. 예를 들어, 현재 저작권법에 따르면 저작권으로 보호받는 창작물은 '인간의 사상이나 감정을 표현한 창작물'이라고 규정하고 있다. 따라서 자연인이 아닌 회사나 장치, 기계 등은 발명자로 표시할 수 없다. 인간이 아닌 AI가 창작한 결과물 또한 인간 창작물로 볼 수 없다는 것이 현재 다수의 의견이다.

AI 다부스DABUS를 발명자로 기재한 특허출원에 대해 2021년 호주 연방법원이 AI를 발명자로 인정하는 판결을 최초로 한 바 있지만, 항소심에서는 이를 인정하지 않았고, 미국과 영국에서도 출원을 거절했다. 반면 사우디아라비아에서는 다부스를 발명자로, 다부스의 개발자인 인간을 출원인으로 한 출원이 접수됐다.[185] 그러나 우리나라를 비롯한 많은 나라에서 '아직은' AI가 인간의 개입 없이 독자적으로 발명자가 되기는 어렵다고 본다.[186]

이런 배경에서 특허청은 2022년에 〈인공지능과 지식재산 백서〉를 발간했다. 여기에는 AI가 발명자가 될 수 있을지를 둘러싼 국내외 전문가

들의 논의와 AI가 만들었다고 제기되는 발명의 현황 등이 소개되었다. 특히 AI 기술이 계속 진화하고 있는 만큼 머지않은 미래에는 AI를 발명자로 인정해야 하는 상황이 올지도 모른다고 예측하면서 이러한 가능성의 대비를 강조했다. 사실 이런 우려는 2023년 들어 더욱 커지고 있다. 챗GPT가 상징하는 생성형 AI가 텍스트는 물론 이미지, 영상 등 다양한 형식으로 놀라운 창작 능력을 보여주고 있어, 생성형 AI를 저작권자로 볼 수 있을지에 대한 논의가 더 거세지고 있기 때문이다. 여전히 현행 법체계에서는 AI가 저작권을 가질 수 없지만, 기술이 바꿔놓을지도 모를 지식재산의 변화 흐름을 주목할 필요가 커진 셈이다. 물론 한편으로는 생성형 AI가 학습하는 데이터는 다른 저작물들을 토대로 하는 만큼 지식재산권을 침범할 가능성도 있고 인류가 만들어낸 콘텐츠에 대한 표절이라는 비판도 있다.[187]

## 지식재산 미래전략

세계지식재산기구WIPO 데이터센터 집계 기준으로 2022년 국제 특허출원에서 우리나라는 중국, 미국, 일본에 이어 3년 연속 세계 4위에 올라 있다.[188] 그러나 우리나라 특허의 실상을 살펴보면 기대와 다르다. 실제 등록이 되어도 활용되지 않는 특허권이 많고, 최근 5년간(2017~2021년) 등록 후 다시 무효가 되는 특허권 비율이 46.8%로 미국(23.5%)의 2배나 된다.[189]

또 우리나라는 AI 특허출원 건수에서도 상위에 올라 있지만, 특허인용지수CPI로 평가한 특허의 질적 수준은 주요국 평균에 미치지 못한

다.[190] 기술이전 규모도 출원 규모와 비교해 작은 편이다. 이제 우리도 규모의 차원을 넘어 지식재산의 질적 경쟁력을 키우기 위해 국가적 관심과 지원을 강화해야 한다.

### 지식재산 국가 패러다임 구축

지식재산권을 보호하지 못하는 한 기술개발은 밑 빠진 항아리에 물 붓기와 같다. 우리나라는 지식재산 보호에 소극적이었던 과거 태도에서 벗어나 지식재산권 보호의 패러다임을 선도할 시점에 와 있다. 그간의 발전은 추격자 전략으로 가능했다. 하지만 이제 추격자 위치를 넘어 국제 무대에서 지식재산 선진국의 역량을 갖출 필요가 있다. IP5 및 TM5(상표 분야 선진 5개국 협의체), ID5(디자인 제도 선진 5개 청)와 같은 지식재산 선진 5개국의 일원으로서 지식재산권 분야 국제질서 변화를 선도하고, 개도국 지원사업과 같은 국제 협력 활동도 펼쳐야 한다. 또 국내에서 지식재산권을 실효성 있게 보호하고 우리 기업의 해외 지식재산권 분쟁 피해를 줄여야 하며 국제사회가 인정하는 진정한 지식재산권 강국이 되어야 한다.

### 국제적으로 신뢰받는 제도와 리더십 필요

특허권 보유자는 스스로 출원 국가도 선택할 수 있지만, 분쟁 발생 시 어느 나라 법원에서 재판을 진행할지, 어느 나라 기관에서 침해 여부를 다툴 것인지도 선택할 수 있다. 당연히 지식재산권 보호가 잘 되고 신뢰할 수 있는 나라에 특허출원이 몰리고 분쟁 해결을 위한 소송도 몰린다. 우리나라가 특허 분야에서 신뢰를 얻기 위해서는 국제적인 공조 속에 예측 가능한 제도를 보유하고 있어야 한다.

우리나라 특허청은 지난 2019년 징벌적 보상 제도를 도입해 고의 특허 침해자가 특허권자에게 피해액의 3배수까지 보상하도록 했고, 2020년에는 손해배상 현실화를 명문화했다. 그러나 최근 국내에서 불거진 여러 지식재산권 침해 사례를 볼 때, 아직은 미국이나 유럽과 비교해 지식재산권자의 권리가 동등한 수준으로 올라왔다고 인정하기는 어려운 실정이다.[191] 국제적으로 신뢰받는 특허제도를 구축하는 것도 우리가 지식재산 강국이 되는 데 꼭 필요한 부분이다.

**지식재산 전문 인력 양성**

특허청에 따르면 2022년 국내 기업 3만 8,135개 가운데 47%가 지식재산 담당 조직을 보유한 것으로 나타났지만, 전담 인력을 보유한 기업은 11.1%에 불과했다.[192] 우리나라에서 지식재산 전문가를 찾는 일이 그만큼 어렵다는 방증이다. 그동안 지식재산에 대한 사회적 인식이 낮았던 이유도 있지만, 지식재산의 관리·활용·라이선싱(특허사용권 계약)·분쟁해결 분야의 전문가 양성이 제대로 이뤄지지 못했다. 다행히 특허청이 지원해 2010년 KAIST와 홍익대학교에 지식재산대학원이 설립된 이래 다른 학교로도 저변이 확대되어 현재 여러 대학에서 인력 양성이 이뤄지고 있다.

지금 같은 기술 변화의 시대에는 특히 지식재산의 법리뿐 아니라 AI, 뇌과학 등 지식재산 분야별 전문 지식을 동시에 지닌 융합 지식 전문가가 필요하다. 아울러 국제적인 소양을 갖춘 지식재산 전문가를 대거 양성해 아시아 통합특허청과 아시아 통합특허법원 시대를 대비해야 한다. 지식재산권 등록과 침해 이슈를 다루는 기관의 공무원에 대해서도 체계적이고 전문적인 교육이 필요하다.

### 지식재산 평가 능력 함양

지식재산권 사업화 과정이나 각종 분쟁에서 우리가 직면하는 문제 중 하나는 해당 지식재산 가치를 어떻게 측정하고, 평가할 것인가이다. 무형의 지식재산을 담보로 대출 및 기업가치를 평가하는 일은 이전보다 훨씬 많아졌고, 인수합병 시장을 포함해 기업 자산평가에서도 눈에 보이지 않는 무형자산의 비중이 높아졌다. 하지만 지식재산 가치평가를 위한 기준과 정보 DB, 평가 전문 인력 등 인프라는 여전히 부족하다. 2022년 12월 발명진흥법을 개정해 '지식재산 평가관리센터' 설치를 위한 법적 근거를 마련했지만, 가치평가 모델이나 평가 시스템 등 지식재산 가치평가의 확산을 위해서는 관련 기반을 조속히 조성할 필요가 있다.[193] 또 지식재산 법리 전문가나 가치평가 전문가뿐 아니라 해당 무형지식 분야의 전문가들이 참여하는 심사 시스템을 구성해 지식재산의 가치가 현실에서, 그리고 미래에 어느 정도 될지까지 심사할 환경이 만들어져야 한다.

### 새로운 유형의 지식재산 대비

대화형 AI 챗GPT의 기반이 되는 초거대 AI 분야에서 우리나라 특허 출원은 2011년부터 10년간 89.7%의 폭발적 증가율을 보였다. 등록률은 2012년 약 60%에서 2021년 약 43%로 감소했으나, 등록 건수는 2012년 233건에서 2021년 4,111건으로 17배가 넘는 특허권이 발생했다.[194] 이는 디지털 대전환이라는 변화 속에서 새로운 유형의 지식재산이 계속 출현할 것을 예고한다. 앞서 논의한 바와 같이 AI가 만드는 성과물의 소유권 논쟁도 치열할 것이다. 따라서 앞으로 출현할 지식재산의 유형이나 범위에 대해 새로운 시각으로 접근하고 글로벌 흐름에 부

합하는 방향으로 대응체계를 갖춰야 한다.

### 특허심사 심사관 확충과 지원

등록된 특허가 특허심판원에서 무효라고 판정된 건수를 보면 우리나라(42.6%)는 일본, 미국보다 두 배에 이른다.[195] 그런데 2021년 심사관 1인당 연간 심사 건수는 미국(69건), 일본(169건)보다 훨씬 많은 197건이다.[196] 우리나라 심사관 인력 구성은 IP5 특허청과 비교할 때 분야별 박사급 비중이 높고, IT 등 주요 산업 분야 분석 능력 또한 최고 수준이다. 그러나 전문성이 아무리 높아도 시간과 인력이 부족하면 심사 품질이 떨어질 수밖에 없다. 심사관 1명이 처리할 특허 건수가 많을수록 부실한 심사로 이어질 가능성이 크다. 부실 심사로 이미 등록받은 특허가 무효 판정을 받고 독점권을 부여받지 못하면 그 피해는 특허권자뿐 아니라 특허 사용자가 보게 되고, 특허청에 대한 신뢰도 역시 떨어진다. 전문 인력 확충 등 인프라 구축에 더 힘을 써야 한다.

### 산업 분야별 제도와 정책 세분화

제약회사에서 신약 하나를 개발하는 데 통상 6.61년의 임상시험 기간이 소요되고 2조 원 이상의 비용이 투입되지만,[197] 제약업 특성상 창출되는 특허 수는 적다. 반면 정보통신 기술 분야에서는 상황이 다르다. 스마트폰 하나에 통상 25만 개 이상의 특허가 뒤따른다. 이처럼 산업별 상황에 따라 특허를 창출할 가능성과 가치는 다르게 나타난다. 이러한 특성을 반영해 우리나라는 주요국 최초로 2023년 4월 한국의 핵심 전략산업인 반도체 분야를 지원하는 전담 심사국을 출범했다. 반도체 기술 전담 심사 조직은 반도체 설계부터 소재·부품·공정에 이르기까지

전 분야에 대한 특허출원 심사를 담당하게 된다.[198] 앞으로 특허제도에 대한 논의 양상은 분야별로 더 다양해지고 세분화할 것이다.

한편 전통적 산업재산권과 특허제도가 4차 산업혁명으로 불리는 지능화된 디지털전환 시대에도 똑같이 적용될 수 있을지에 대한 논의도 필요하다. 4차 산업혁명의 첨단기술들이 여러 분야에 접목되고 있는데, 다양한 융·복합 기술이 창출한 제품이나 서비스는 기존 지식재산권 범주 안에서 다루기 어려울 것이라 예상되기 때문이다.[199]

### 국가 IP 전략 컨트롤타워 재정비

2011년 지식재산기본법이 제정되고 국가지식재산위원회가 설치됐지만, 지식재산 정책을 종합적으로 주도하기 어렵다는 지적도 제기되어왔다. 지식재산정책비서관을 신설해 대통령의 지식재산 정책을 보좌하고 지식재산 관련 컨트롤타워 역할을 할 수 있는 지식재산처 등을 신설해야 한다는 의견이 계속 나오는 이유이다. 영국, 캐나다 등에서는 산업재산권과 저작권을 하나의 기관에서 관장하면서 효율성을 높였고, 미국에서는 지식재산집행조정관IPEC이 있어 지식재산 정책에 대한 백악관 수석비서관 역할을 한다. 우리도 특허청은 물론 문화체육관광부, 농림축산식품부, 과학기술정보통신부 등 여러 부처에 나뉘어 있는 특허 업무와 관련 정책을 한 군데서 총괄하며 변화에 대처하는 것이 시급하다.

# 과학 자본, 소프트파워로 쌓아 올리는 국가경쟁력

러시아·우크라이나 전쟁 발발 1년이 지났지만, 두 나라 간 치열한 공방은 아직 끝나지 않았다. 애초 전문가들 사이에선 "세계 2위 군사 강국 러시아가 전쟁을 벌이면 국방 순위 25위 우크라이나의 주요 도시를 30분 안에 초토화하고, 3일이면 사실상 교전이 끝날 것"이라는 전망이 지배적이었다. 하지만 이러한 예측은 모두 빗나갔다.[200]

여기에는 여러 요인이 있겠지만, 무엇보다 첨단 과학기술이 동원됐기 때문이다. 몇 가지 사례를 보면, 먼저 무인체계(드론)는 러시아 전차부대 진격을 단번에 무력화했고 러시아군을 향해 미사일도 쏘았다. 드론은 우크라이나 포병과 미사일부대에 정밀 타격 목표도 제공했다. 러시아 흑해함대 기함인 모스크바호의 격침과 크림반도 러시아 해군기지 공격 시에도 정확하게 목표물을 지정해준 것으로 알려졌다. 또 저궤도 위성 기술은 우크라이나군에 우월한 정보를 제공했다. 특히 일론 머스크가

운용하는 저궤도 위성 스타링크는 데이터를 원격에서 공유하며 사이버 공격에도 강력하다는 것이 이번에 증명됐다. 스타링크 터미널을 이용해 적군의 위치를 확인하고 공격하는 것은 지상 정보 기반 작전의 미래를 통째로 바꿔놓았다.

이처럼 한 국가의 존폐를 건 전쟁이 과거에는 생각지도 못했던 양상으로 전개되는 것에서 알 수 있듯, 4차 산업혁명과 디지털 대전환의 시대에서 과학기술은 그 어느 때보다 위상이 높아졌다. 근대 산업혁명 이후 과학기술은 산업 발전과 사회변동의 주요 원동력이었지만, 미래에는 사회경제에서 차지하는 역할과 기능이 더 커질 것으로 전망된다. 그런 점에서 과학기술 문화의 중요성도 더욱 커질 수밖에 없다. 과학기술에 대한 대중적 인식과 사회적 수용도를 반영하는 과학기술 문화가 결국은 국가경쟁력을 좌우하는 과학기술의 주요 토대가 되기 때문이다.

## 국가경쟁력의 다양한 개념

국가경쟁력과 관련된 개념으로는 국부, 국력, 국가경쟁우위, 국가경쟁력, 국가 과학기술 혁신역량 지수 등을 들 수 있는데, 각각의 의미를 살펴보자.

우선 '국부'는 영국 정치경제학자 애덤 스미스Adam Smith의 저서《국가의 부에 대한 성질과 그 원인에 관한 탐구An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nation》(1776)에 나오는 고전적 개념이다. 이 책은 이후《국부론》이라는 제목으로 알려져 경제학의 고전으로 읽히고 있으며 무엇이 국가의 부를 형성하는가에 대한 과학적 설명을 담고 있다. 스미스에 따

르면, 국부란 모든 국민이 해마다 소비하는 생활필수품과 편의품의 양을 말한다. 그는 자유경쟁에 따른 자본의 축적과 분업 발전에서 한 국가가 동일한 재화를 생산할 때 더 적은 생산요소 투입으로 생산이 가능한 것, 즉 '절대우위'가 중요하다고 보았다. 스미스의 뒤를 이은 경제학자 데이비드 리카도David Ricardo는 '비교우위'라는 보완적 개념을 제시하면서 국제 교역에서 한 나라가 두 상품 모두 절대우위이고 상대국은 절대열위라도 생산비가 더 적게 드는, 즉 기회비용이 더 적은 상품을 특화해서 교역하면 상호 이익이 가능할 것이라고 설명했다. 절대우위, 비교우위 등은 국부 창출을 위한 핵심적인 국가경쟁력으로 이해할 수 있다.

두 번째는 일반적으로 많이 사용하는 '국력' 개념이다. 국력은 보통 국방력, 경제력 등 경성 국력(하드파워)과 국정 관리력, 정치력, 외교력, 문화력, 사회자본력, 변화 대처력 등 연성 국력(소프트파워)으로 구분할 수 있다. 제국주의시대에는 경성 국력이 압도적으로 중요했지만 21세기에는 연성 국력의 중요성이 점점 더 올라가고 있다. 소프트파워의 힘을 강조했던 미국의 정치학자 조지프 나이Josephe Nye는 소프트파워란 단순히 하드파워에 대응하는 개념이 아니라 상대방을 매료시키고 상대가 자발적으로 변화하게 함으로써 원하는 바를 얻어내는 능력이라고 설명했는데 그 핵심이 바로 문화이다.

세 번째는 하버드대학교 교수 마이클 포터Michael Porter의 '국가경쟁우위' 개념이다. 포터 교수는 그의 저서《국가경쟁우위The Competitive Advantage of Nation》(1990)에서 어떤 국가의 기업이나 특정 산업이 경쟁우위를 가질 수 있는 것은 1) 요소 조건, 2) 수요 조건, 3) 연관 산업과 지원산업, 4) 기업전략, 구조, 경쟁 관계 등 네 가지 속성에 달려 있다고 설명했다. 이들 조건이 상호작용을 하면서 산업을 활성화하고 혁신의 장애 요인을

극복하도록 이끌기 때문이다. 특히 기업 경쟁우위의 많은 부분은 기업 '외부'의 영향을 받게 되는데, 지리적 입지를 포함해 '산업클러스터'가 중요하다는 것이 포터 이론의 핵심이다. 포터가 국가경쟁력에서 중요한 요소로 본 것은 전문화와 생산성을 높이는 산업클러스터였다.

네 번째는 '국가경쟁력'이다. 사전적 정의는 한 나라의 총체적인 경제적 수준을 의미하며, 사회간접자본 같은 경제의 하드웨어뿐 아니라 국제화, 경영 능력, 금융 등 경제의 소프트웨어까지 포괄하는 개념이다. 스위스 국제경영개발대학원IMD과 세계경제포럼WEF은 매년 각국의 경쟁력 보고서를 발표하고 있고, IMD 산하 세계경쟁력센터WCC의 경우 1989년부터 매년 경제 성과, 정부 효율성, 기업 효율성, 인프라 등 4대 분야에 대한 국가경쟁력 순위를 공개한다. 2022년 한국은 국가경쟁력 순위에서 63개국 중 전년도보다 4계단 하락한 27위에 그쳤다. 총연구개발 투자, GDP 대비 연구개발비 비중, 총연구개발 인력, 과학기술 분야 졸업자 수, 과학기술 논문 수, 지식재산권 보호 정도 등 다양한 항목을 종합적으로 평가하는 과학인프라도 한 계단 떨어졌다. 그렇지만 2020년 3위, 2021년 2위, 그리고 2022년 3위를 기록할 만큼 한국의 과학인프라 순위는 매우 높은 수준을 유지하고 있다.

다섯 번째는 '국가 과학기술 혁신역량 지수COSTII, Composite Science & Technology Innovation Index'이다. COSTII는 OECD 국가들의 과학기술 혁신역량 수준을 종합적으로 진단하는 모형으로, 이들 국가를 대상으로 자원·활동·과정·환경·성과 등 5개 부문별 과학기술 혁신역량을 비교·분석해 지수화한 것이다. 2006년 이래 과학기술정보통신부와 한국과학기술기획평가원이 매년 평가 결과를 발표한다. 이는 한국의 과학기술 혁신역량의 강점과 약점을 파악하고, 과학기술 혁신역량 강화를 위한 정책적

시사점을 제시하는 것을 목적으로 하는 평가이다.

2022년 과학기술 혁신역량 지수 평가보고서에 따르면, 평가 대상국 36개국 중 미국이 31점 만점에 종합 점수 18.113점으로 1위였고 스위스(14.498), 네덜란드(13.257), 독일(12.535)이 뒤를 이었다. 한국은 12.245점으로 전년도와 같은 종합 5위에 올라 있다.[201] 세부 분야별로 보면 인구 만 명당 연구원 수, 세계 상위 대학 및 기업 수 등의 항목으로 구성된 자원 분야는 5위, GDP 대비 연구개발 투자 총액, 창업 비중 등의 항목으로 구성된 활동 분야는 3위로 상위권이다. 하지만 제도, 문화, 교육 등의 항목으로 구성된 환경 분야는 23위에 머물러 OECD 평균 이하였다. 구체적으로 법제도 지원 정도, 새로운 문화에 대한 태도, 교육 방식에서의 비판적 사고 장려 정도 등에서 매우 저조함에 주목할 필요가 있다.

국가경쟁력은 이처럼 다양한 개념으로 정의되고, 또 연관된 방식의 측정 기준이 있지만, 과학기술이 국가경쟁력에 있어서 주요 요인이라는 점을 확인할 수 있다. 문제는 과학기술도 여러 요소로 구성된 복잡한 총체라는 것이다. 영국의 정치경제학자 수전 스트레인지Susan Strange는 국제정치에서 국가의 구조적인 힘으로 안보력, 생산력, 재정 그리고 지식 네 가지를 꼽았다. 국가의 존립을 결정하는 안보 능력이나 자본주의 국제질서에서 국가의 경쟁력을 보여주는 생산력과 재정은 모두 매우 중요하다. 그런데 수전 스트레인지가 네 가지 중 가장 중요하다고 강조한 것은 바로 지식이었다. 지식이 있어야 어떻게 안보를 지키고 생산력을 향상할지, 국가재정을 어떻게 효율적으로 운용할지를 알 수 있기 때문이다. 마찬가지로 복잡한 요소들의 총체인 과학기술의 발전도 과학기술에 대한 지식의 축적에서 비롯된다는 것을 미루어 짐작할 수 있다.

# 자본 개념의 확장

우리가 살아가는 세상은 자본주의 체제이다. 자본주의는 생산수단을 자본으로 소유한 자본가가 재화나 서비스 생산을 통해 이윤을 획득하는 경제체제를 말한다. 자본주의 체제의 생산 활동에서 기본이 되는 자금과 생산수단을 우리는 자본이라고 한다. 자본의 사전적 의미는 첫째 장사나 사업 따위의 기본이 되는 돈, 둘째 상품을 만드는 데 필요한 생산수단이나 노동력을 통틀어 일컫는 말이다. 그러나 근래 들어 자본 개념은 경제적 생산의 영역을 넘어 '가치 창출'이라는 적극적 개념으로 확대되고 있다. 물건, 상품, 자본 중심의 경제에서 가치, 경험, 지식 중심의 경제로 변화하고 있기 때문이다.

자본 개념을 누구보다 독특하게 재해석한 이론가는 프랑스의 사회학자 피에르 부르디외였다. 그는 경제 자본으로 환원될 수 없는 자본의 다양한 형태를 현대적 관점으로 재해석하면서 경제 자본 외에 '문화자본'이라는 새로운 개념을 제시했다. 그는 문화자본을 다시 세 가지로 세분화했다.

첫 번째는 '체화된 문화자본'으로 자본의 소유 주체인 인간이 문화적 성격의 자본을 체화된 형태로 갖고 있는 것을 말한다. 즉 지식, 교양, 기술, 취향, 감성, 습관 등 사회적 관계와 사회화 과정을 통해 획득된 것을 뜻한다. 물건이나 돈처럼 독립적으로 존재해 주고받을 수 있는 게 아니라 몸에 배어 체화된 습관, 태도 같은 것이다. 이는 선천적으로 주어지는 것이 아니고 돈으로 살 수 없으며 교육, 학습, 양육 환경, 사회적 관계를 통해 시간을 두고 천천히 얻을 수 있다. 고상한 취향이나 고급 지식, 암묵지, 숙련된 기술 등은 중요한 문화자본이다. 가령 클래식 음악에 대

한 고상한 취미, 미술품이나 예술작품을 보는 심미안, 특정 분야에서 타의 추종을 불허하는 고급 지식, 경험을 통해 길러진 암묵지와 인사이트, 미래를 예측하는 능력 등을 체화된 문화자본이라고 할 수 있다.

두 번째는 '객체화된 문화자본'으로 문화적 물건, 즉 고가의 문화상품이나 소장 골동품, 수집 예술작품 등이다. 세 번째는 '제도화된 문화자본'으로 졸업장, 인증서, 자격증, 학위 등 공식적 교육과정이나 제도적 절차를 거쳐 획득하는 공인된 자격을 의미한다. 이 가운데 가장 중요한 것은 첫 번째의 체화된 문화자본이다. 과거엔 자본가라고 하면 경제 자본을 많이 가진 사람뿐이었지만 이제는 그 자본이 경제 자본에만 국한되는 것이 아니라 지식, 소양, 인사이트, 기술 등 체화된 문화자본도 포함하며, 그 중요성도 점점 더 커지고 있다. 개인을 넘어 국가 단위로 확장하더라도 다르지 않다. 따라서 국가가 가진 경제 자본이나 금융자본뿐 아니라 소프트파워라고 할 수 있는 문화자본의 중요성에도 관심을 더 기울여야 한다.

**과학 자본과 국가경쟁력**

국가경쟁력을 가늠하는 주요한 잣대 중 하나인 과학기술 수준은 과학기술 문화를 통해서도 유추할 수 있다. 즉 고급 지식이나 인사이트, 암묵지 같은 체화된 문화자본 가운데서도 과학 지식, 과학 소양, 경험과 훈련을 통해 몸에 밴 숙련 기술 등을 살펴볼 수 있는데, 이를 별도로 과학 자본이라고 할 수 있다. 앞의 자본 개념 확장 논의에서 살펴본 것처럼 과학 자본은 일종의 문화자본이다. 문화자본을 이루는 다양한 요소 가운데 과학 자본은 과학과 관련된 지식, 환경, 경험, 관계 등을 총칭한다고 볼 수 있다.

이를 좀 더 세분화한 논의를 찾아보면, 영국 런던대학교 교수 루이스 아처Louise Archer가 2021년 국립중앙과학관이 주최한 '과학 자본과 과학관Science Capital and Science Museums'이라는 제목의 심포지엄에 참석해 기조 강연을 하며 과학 자본의 개념을 설명한 바 있다. 아처 교수는 과학 자본을 구성하는 요소로 △과학 소양과 지식(Science literacy, "what you know"), △과학에 대한 태도와 가치 등 생각(Science- related attitudes and values, "how you think") △학교 밖에서의 과학 활동(Out of school behaviors, "what you do") △가정에서의 과학 활동(Science at home, "who you know")을 꼽았다.

아처 교수는 특히 어릴 때 과학을 좋아하는 사람은 많지만 정작 과학자를 꿈꾸는 경우는 적다며 그 차이가 과학 자본에서 비롯된다고 했다. 과학 친화적인 가정환경, 유년기 과학관에서의 과학 경험, 꾸준한 과학 교양과 지식의 습득 같은 요소들은 과학 자본을 형성할 수 있게 해주며, 이러한 과학 자본이 풍부해야 우수한 과학 인재로 성장할 수 있다는 것이다.

이를 확대해보면 국가 차원에서의 과학 자본이란 과학기술 연구개발, 과학기술 맨파워(숙련 인력), 과학기술 문화 등과 관련된 유무형의 모든 자본을 가리킨다고 할 수 있다. 훌륭한 과학기술 출연 연구소나 과학관, 과학기술 연구개발 성과나 특허, 과학기술 지식 데이터베이스, 우수한 과학기술 인재 역시 과학 자본에 속한다.

## 과학 자본 축적을 위한 미래 정책 방향

문화자본은 지속적인 학습, 자연스러운 환경, 사회적 관계 등을 통해 오랜 시간에 걸쳐 형성된다. 과학 자본도 마찬가지이다. 과학 자본 축적을 위한 몇 가지 정책의 기본 관점과 큰 방향을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 과학기술 정책은 과학기술 연구개발만으로는 부족하며 과학교육과 과학 문화가 뒷받침되어야 한다. 즉 과학교육을 통한 우수 과학자 양성, 연구개발을 통한 가치 창출, 과학 문화 확산을 통한 과학기술 가치 확산과 향유 등이 유기적으로 연계되고 선순환하는 정책이 필요하다. 보통 과학기술이라고 하면 가장 먼저 떠올리는 것이 연구개발이다. 물론 과학기술에서 핵심 영역이 연구와 기술개발이라는 데는 이론의 여지가 없다. 하지만 연구개발만 잘한다고 과학기술이 저절로 발전하는 것은 아니며 연구개발이 과학기술의 전부도 아니다. 연구개발을 뒷받침하는 교육과 문화의 역할이 절대적으로 중요하다. 과학 문화와 과학교육의 뒷받침 없이는 연구개발이 이어지기 어렵고 사회적 의미를 지닐 수도 없다. 가령 세계 골프의 변방이었던 한국이 박세리의 영향을 받은 이른바 '박세리 키즈'들의 등장으로 메이저대회를 휩쓸며 골프 강국이 된 것과 같은 원리이다.

한국 골프가 이렇게 오랜 기간 경쟁력을 유지할 수 있게 된 이유는 골프 스타들이 등장하면서 팬덤fandom이 형성됐고, 이러한 스타들을 육성하기 위해 여러 기관의 후원과 인재 양성 시스템을 통한 선순환 구조가 형성됐기 때문이다. 골프 발전을 위해 골프 문화가 필요하듯이 과학기술 발전을 위해서는 과학기술 문화가 중요하다. 국가경쟁력의 기반이 될 과학 자본의 축적을 위해 내실 있는 과학교육과 사회적으로 탄탄히

뿌리내린 과학 문화가 바탕이 되어야 한다.

총량적인 과학 자본에는 과학 친화적 사회풍토, 과학관 등 과학 문화 인프라, 우수한 과학 인재를 선발·양성하고 지원하는 교육 시스템 등까지 포함된다. 국가 전체의 과학 자본이 탄탄하지 않으면 과학 강대국으로 발전할 수 없다. 요컨대 과학기술은 과학교육으로 시작해 연구개발을 통해 발전하고 과학 문화로 완성된다고 할 수 있다. 과학 자본이 탄탄해야 과학 강대국이 될 수 있으며 과학 강대국은 과학기술 연구개발, 과학교육, 과학 문화가 선순환 구조를 이루는 국가이다. 특히 과학 자본 축적을 위해서는 학교에서의 과학교육 혁신, 평생 과학교육 프로그램 개발 운영 등 과학교육과 과학인프라 구축, 과학에 대한 국민의 관심과 이해 증진, 과학 친화적인 사회풍토 조성 등 과학 문화에 더 많은 정책적 관심과 투자가 필요하다. 과학교육과 과학 문화에 대한 국가적 투자는 과학 강국의 미래를 위한 투자이다.

둘째, 인재 중심의 관점을 일관되게 견지해야 한다. 기술이 중요하지만, 기술의 주체는 사람이다. 우수한 인재를 기르는 것은 우수한 기술개발로 이어진다. 혁신적인 첨단기술은 혁신적인 과학기술 인재가 만드는 것이고 혁신 기업은 창조적인 인재들이 이끌어간다. 마이클 포터가 국가경쟁력의 핵심으로 꼽은 혁신클러스터도 결국은 혁신 인재들이 모여 있는 곳이다. 과학기술의 성패가 인재에 달려 있다는 것은 과언이 아니다. 따라서 혁신클러스터를 조성할 때도 과학기술 인재, 혁신 인재 들이 지역에 매력을 느낄 수 있도록 유인책을 만들고 창의적인 업무 환경과 주거 환경을 만들어주는 것이 중요하다. 연구개발에 대한 투자와 지원도 역량 있는 연구자와 개발자에 대한 지원이라는 관점에서 이루어져야 한다.

나아가 더 근본적으로는 우수 인재 양성을 위한 토대를 만들어야 한다. 최근 4차 산업혁명의 디지털 대전환 과정에서 반도체 분야의 중요성이 더 커지고 있는데, 반도체 기술의 미래를 결정하는 것은 반도체 인재이다. 한국은 반도체의 위탁생산, 즉 파운드리foundry 부문에서 2022년 기준 점유율 19.6%로 세계 2위를 기록했지만, 반도체 설계를 전문으로 하는 팹리스fabless 부문의 경쟁력은 점유율 3.1%로 매우 취약하다.[202] 이 부문을 이끌어가려면 훌륭한 인재 확보가 우선이다. 그런 점에서 반도체 위탁생산과 설계 분야에서 고루 약진하고 있는 중국 사례는 주목할 만하다. 우리는 이제야 반도체 학과 증원이나 신설에 국가적 관심을 기울이고 있지만, 중국 칭화대학교는 '반도체산업 인큐베이터'라고 불릴 정도로 반도체 분야 인재를 대거 배출한다.[203] 단지 반도체 기술뿐 아니라 디지털전환 기술의 수요 전망에 맞춰 장기 비전을 세우고 단기 변화에도 대응할 정책 지원이 이루어져야 한다.

셋째 '모두를 위한 과학교육science education for all'이 필요하다. 그러자면 형식 과학교육뿐 아니라 비형식 과학교육에 대한 지원이 대폭 확대되어야 한다. 학교 같은 공식 장소에서 표준 교육과정대로 의도적·계획적·체계적으로 진행하는 교육은 '형식 교육'이다. 반면 '비형식 교육'은 의도성·체계성·지속성이 없거나 미약하지만 학교교육 이외의 다양한 형태로 이루어지는 교육이며, '학교 밖 학습'이라고도 부른다.

교실에서 가르치고 배우고 지식을 전달하는 것만이 교육이 아니다. 가령 과학교육은 학교에서 과학 교과서를 통해서만 이루어지는 게 아니라 과학관이나 과학 센터에서 직접 실험하고 만져보는 체험을 통해서도 이루어진다. 하루가 다르게 새로운 지식과 기술이 만들어지고 신기술과 지식이 끊임없이 기존의 지식과 기술을 대체하고 있는 지금은

학교 졸업 후에도 새로운 과학 지식과 신기술을 꾸준히 학습해야 하는, 평생학습이 요구되는 시대이다. 따라서 국가경쟁력을 높이기 위해서는 제도권 교육과정 안에 있는 학생뿐 아니라 일반 시민에게도 새로운 과학 지식과 과학 교양을 교육하는 생애주기별 평생 과학 학습 체계 구축이 필요하다.

이런 점에서 유럽 최대 과학 축제로 성장한 영국 에든버러 과학 축제를 눈여겨볼 필요가 있다. 2023년 4월 1일부터 2주간 진행된 축제는 아이와 어른 모두를 위한 과학 놀이와 실험, 지식 강연 등 200개가 넘는 다양한 이벤트로 채워졌고, 전 세계 15만여 명이 다녀갔다. 영국에서도 과학을 장려하기 위해 그간 많은 투자를 했지만, 이공계 진출이 늘거나 과학자가 증가하지 않았다. 그래서 모든 사람이 과학을 즐길 수 있게 진입장벽을 낮추고, 과학을 문화로 받아들일 수 있게 이러한 프로그램을 기획했다.[204] 우리 역시 과학을 쉽고 친근하게 접근할 수 있도록 과학 축제들의 활성화에 지원하고 이를 통해 전 국민이 자연스럽게 새로운 과학기술에 적응하고 이해할 수 있도록 해야 할 것이다.

넷째, 과학과 사회를 이어주고 과학계와 대중이 서로 소통할 수 있는 과학 커뮤니케이션의 활성화가 중요하다. 중국과학기술협회는 2022년 국민의 과학적 소양을 높이고, 양질의 과학 서비스 체계를 구축하기 위해 〈과학 대중화 계획(과학보급작업)〉을 공표했다.[205] 과학기술은 어디까지나 사회의 한 부분이며 과학 발전은 사회발전과 동떨어진 별개의 것이 아니다. 언제나 그랬듯이 과학기술의 주요한 역할 중 하나는 사회문제 해결과 지구 인류의 난제 해결이다. 그러려면 과학과 사회의 소통, 과학자와 대중의 소통이 활성화돼야 한다. 과학기술도 정치·사회에서 주요 의제가 되어야 하며, 과학기술 이슈에 대해 다양한 분야, 여러 계

층의 이해와 참여가 필요하다. 정부와 언론 또한 대중의 이해를 돕고 흥미를 유발하기 위해 더 쉽고 친숙한 표현으로 과학기술에 대한 정보를 알릴 필요가 있다. 파급효과가 큰 여러 미디어에서 더 많은 과학 소통 프로그램이 만들어진다면 과학 지식의 확산이 용이해지고, 사회 전체의 과학 자본 형성에도 매우 효과적일 것이다. 과학 소통 활성화를 통해 과학기술에 대한 사회적 관심을 높이는 것이야말로 과학 자본의 형성과 축적의 출발점이 될 수 있다.