7

자원 분야 미래전략
Resources

KAIST Future Strategy 2022

+ 미래 식량, 유전자 변형을 넘어 유전자 편집으로

+ 미래 에너지 시스템 전망과 전략

+ 지식정보사회의 국부, 지식재산

+ 순환경제 사회의 자원 확보 시스템

+ 농업과 기술의 만남, 어그테크

미래 식량, 유전자 변형을 넘어 유전자 편집으로

무르지 않는 토마토가 1994년 처음 등장했을 때 사람들은 모두 놀라워했다. 일반 토마토보다 값이 비싸도 없어서 못 팔 정도의 인기를 누렸다. 이뿐이 아니다. 지구적 식량 부족 문제까지 해결해줄 '희망의 음식'으로 여겨지기도 했다. 바로 미국의 생명공학 회사 칼젠Calgene이 선보였던 토마토 '플레이버 세이버Flavor savor'다. 세계 최초로 판매가 승인된 유전자 변형 생물GMO, genetically modified organism 농산물이기도 했다. 그러나 '생명공학'이나 '최초'와 같은 수식어만 강조된 플레이버 세이버는 3년 후 시장에서 사라졌다. 맛도 떨어지고 무르지 않는 시간도 일반 토마토와 별반 다르지 않았기 때문이다.

플레이버 세이버 이후에도 GMO 농산물은 계속 등장했다. 병충해에 강한 품종, 단맛과 특정 영양 성분을 추가한 농작물 등 그 종류는 다양하다. 하지만 GMO가 식량 부족 문제를 해결할 것이라는 우호적 입장

과 달리 여러 부작용 문제와 불확실성을 제기하는 반대론자들의 비판도 거세다. 그런 와중에 외래 유전자를 끼워 넣어 인위적으로 유전자를 조작하는 GMO와 달리 한 생물체 내에서 유전자 가위 기술을 이용해 특정 유전자를 조절하는 유전자 편집 작물gene editing crops이 등장하면서 '희망의 푸드'에 대한 관심이 다시 커지고 있다. GMO 농작물에 가장 보수적 태도를 보여온 EU와 영국 등지에서도 최근 유전자 편집 작물에 대한 새로운 검토가 진행되고 있다는 소식도 있다. 과연 식량 문제까지 해결하는 유전자 편집 작물 시대는 열릴 수 있을까?

식량 문제와 작물 개량

세계 인구는 2021년 기준 약 79억 명에서 2050년에는 97억 명에 이를 것으로 예측된다. 이에 따라 세계 곡물 수요도 크게 증가할 것이다. 그러나 전 세계적인 기후변화로 농업의 생산성이 감소했고, 산업화에 따라 경작지 면적도 동시에 줄어들었다. 또 코로나19 팬데믹 상황은 곡물 수출입 경로를 교란하며 우리나라와 같이 식량 수입 의존도가 높은 국가에는 더 큰 위기감을 던져주기도 했다. 이렇게 변화된 작물 재배 환경과 계속 늘어날 곡물 수요에 대비하려면 개량된 작물을 만드는 혁신적 육종 기술이 필요하다.

이런 배경 속에서 생산성을 늘리고 재배 용이성을 개선하기 위한 다양한 육종 기술, 즉 품종 개량 기술은 계속 등장해왔다. 1970년대에 다수확 벼인 '통일형' 벼 품종으로 녹색혁명을 달성한 것도 교배 육종을 통한 품종 개량 덕분이었다. 그러나 선발 육종과 교배 육종을 통해 품종

을 개량하는 전통적 육종 방법은 오랜 시간과 비용이 소요되고 형질의 개선 효율이 그리 높지 않다는 단점이 있다.

이러한 한계점을 극복하기 위해 방사선이나 화학물질 등을 이용한 인위적 변이로 유용한 변이체를 선발·육성하는 돌연변이 육종 방법도 이용되었으며, 2019년 기준 약 3,300여 품종이 개발되었다. 또 다른 육종 방법인 유전자 변형·재조합 기술을 적용하게 되면 전통 육종의 한계로 여겨졌던 이종 간 교배의 어려움을 극복해 곤충 저항성이나 제초제 저항성 등 새로운 형질을 도입할 수도 있게 된다. 하지만 인위적 유전자 변형 방식에 대한 안전성 논란이 계속되면서 이러한 생명공학 작물에 대한 일반인들의 인식은 여전히 호의적이지 않다.

그런데 유전자 편집 작물은 인위적으로 유전자를 변형시키는 유전자변형생물과는 다르다. 인위적 조작을 통해 새로운 종을 만들어내는 GMO와 달리 유전자 편집 작물은 한 생물의 자체 유전자만을 교정해 개량하는 방식이다. 즉 유전자 가위 기술을 이용해 특정 유전자만 제거하거나 강화함으로써 작물을 개량한다. 이러한 유전자 편집 작물의 안전성이 폭넓게 검증된다면 미래의 식량 문제를 해결하는 데도 큰 도움이 될 것이다.

새로운 식물 육종 기술 및 유전체 신기술

EU의 집행위원회가 2021년 발표한 유전체 신기술NGT, new genomic techniques에 관한 보고서는 유전체 신기술을 이용한 산물에 대해 GMO 규제를 동일하게 적용하는 것은 적합하지 않은 부분이 있어 새 규제

체계가 필요하다는 내용을 담고 있다. EU의 공동연구센터는 이에 앞서 2011년에 유전자 편집 기술을 포함하는 신육종 기술new plant breeding techniques에 대한 보고서를 발간한 바 있다. 브렉시트 이후 영국도 유전자 가위 기술을 적용한 작물을 GMO 규제에서 제외하려는 논의를 시작했다. 신육종 기술에 관한 보고서에는 1세대 유전자 편집 기술인 징크 핑거 뉴클레이즈ZFNs 외에 식물 육종에 적용될 수 있는 여러 가지 기술들이 소개되어 있고, 유전체 신기술 보고서에는 생물체의 유전적 물질 변화를 일으키는 기술이 제시되었으며, 여기에는 크리스퍼CRISPR/Cas9로 대표되는 3세대 유전자 편집 기술도 포함되어 있다.

식물 · 작물 유전체 분석

유전자 편집 기술이 성공적으로 적용되려면 대상 식물·작물에 대한 완벽한 유전체 정보와 해독이 전제되어야 한다. 식물 대상의 연구에서 모델 식물로 많이 활용되고 있는 애기장대Arabidopsis의 유전체 해독에 관한 논문이 2000년 발표된 이후 많은 식물의 유전체 정보가 보고되고 있다. 2021년 6월 기준 총 710종의 식물 유전체 정보(녹조류 등 하등 식물 포함)가 보고되었으며, 해독 기술의 발전으로 더 많은 수의 식물 유전체 정보가 분석될 것으로 예측된다.

참조 유전체reference genome 정보를 바탕으로 다양한 식물 자원에 대한 유전체 정보 해독 연구도 진행되고 있는데, 벼의 경우 다양한 품종 또는 자원을 대상으로 유전체 연구가 진행 중이다(국제미작연구소의 'Rice 3K' 프로젝트 등). 이는 대상으로부터 활용할 수 있는 유전자를 발굴하고 활용의 폭을 확대하기 위한 연구이며, 염기서열의 변이나 차이, 그리고 유용 형질을 연계 분석하고 이를 품종 개발에 활용하는 것을 포함한다.

유전자 편집 기술

유전자 편집 기술은 징크핑거 뉴클레이즈를 이용하는 1세대 기술에서 탈렌TALENs을 이용하는 2세대를 거쳐 크리스퍼를 이용하는 3세대 기술로 진화해왔다. 현재 다양한 작물에 유전자 편집 기술을 적용해 목표 형질을 획득하는 품종 개발이 진행되고 있다. 유전자의 무작위적인 변이를 유도한 후 원하는 형질의 개체를 선발하는 것이 아니라 원하는 유전자만을 대상으로 변이를 유도하기 때문에 결과적으로 품종 개발 기간을 단축하고 개발 비용을 절감할 수 있다.

유전자 편집을 위한 대상 서열은 유전체 서열 정보의 해독을 통해 파악되어야 정확성이 담보될 수 있기 때문에 유전자 편집 기술을 적용하는 연구는 유전체 정보가 해독된 식물을 대상으로 한다. 표적 부위를 정확하게 변형시키는 것이 유전자 편집의 장점이지만, 표적이 아닌 부위의 변형 가능성도 존재하기 때문에 이를 제거하거나 배제하는 과정이 필요하다.

식물을 대상으로 하는 유전자 편집의 일반적인 과정은 1) 목표 형질의 편집 위치 선정 및 편집 효소 선택 2) 유전자 편집을 위한 DNA 운반체인 벡터 제작 3) 제작된 벡터의 효율성 검증 4) 식물 세포에 유전자 편집 도구 삽입 5) 조직 배양 기술로 편집된 세포로부터 완전한 식물체 재생 6) 제작된 식물체의 형질 분석으로 편집 결과 확인 등의 단계로 구성된다. 또 식물의 유전자 편집 기술의 효율과 기능을 개선하려는 많은 연구가 진행되고 있는데, 최근에는 DNA 또는 RNA를 대상으로 하는 염기 편집 기술 베이스 에디팅base editing과 이보다 더 정교한 편집이 가능하다고 알려진 프라임 에디팅prime editing 기술이 개발되어 실험연구가 진행되고 있다.

유전자 가위 기술로 갈변을 일으키는 유전자를 제거한 버섯이 2016년 소개되었는데, 이것이 첫 번째 유전자 편집 작물이다. 이후 제초제에 대한 저항성을 갖는 식물체, 전분의 성질이 개선된 벼, 병에 대한 저항성을 높이거나 숙성 기간을 조절한 토마토나 바나나, 지방산의 조성이 변화된 콩, 수확량이 늘어난 옥수수, 형질 개선 밀 등 다양한 유전자 편집 작물이 보고되었다. 최근에는 여러 스트레스에 대한 저항성이 있는 것으로 알려진 야생종 벼Oryza alta를 대상으로 유전자 편집을 통해 개선된 형질을 부여할 수 있었다. 품종화 과정에 오랜 시간이 걸리는 전통적 방식과 달리 유전자 편집 기술은 단시간 안에 품종화가 가능하다는 것을 보여준다.

유전자 편집 기술의 과제

지금까지는 옥수수와 콩 등이 생명공학 기술이 적용된 대표적 유전자 변형 작물로 재배되어 소비되어왔지만, 미래에는 유전자 편집 기술이 적용된 더 많은 품종이 개발되어 우리 식탁에 오를 것으로 예측된다. 유전자 편집 기술을 포함하는 신육종 기술 또는 유전체 신기술은 정확성이 확장된 형태로 발전될 것이며, 가까운 미래에 전통 육종이나 돌연변이 육종을 통해 개발하기 어려웠던 품종을 개발해 재배하고 소비하는 시대가 올 것이다.

이처럼 유전자 편집 기술은 GMO 때와는 다른, 새로운 농작물 시대를 만들 것으로 기대된다. 그러나 미래 식량 문제를 해결하며 제2, 제3의 녹색혁명으로 이어지려면 아직 풀어야 할 과제도 많다. 기술적 진

화는 물론 안심하고 소비할 수 있도록 안전성이 더 철저하게 검증되어야 한다. 유전자 편집 작물 또한 아직은 그 역사가 짧고 부작용이나 생명윤리 등의 문제에서 완전히 벗어난 상태는 아니다. 실제로 환경단체나 동물단체에서는 생산성을 증가시키기 위한 가축의 집단 사육 가능성을 제기하며 유전자 편집 작물의 폐해를 경고하고 있다.

하지만 영국 등의 국가에서 일고 있는 유전자 편집 작물에 대한 규제 완화 움직임은 유전자 편집 작물 연구와 생산이 세계적으로 활성화될 가능성도 시사한다. 미국은 물론 캐나다, 이스라엘, 일본, 호주 등도 유전자 편집 작물 생산을 이미 허용한 바 있다. 반면 우리나라는 유전자 편집 작물에 대한 논의가 그리 활발하지 못했다. 현재 국내법 기준으로는 유전자 편집 작물도 생명공학 기술을 이용한 것이기 때문에 GMO에 해당하는 규제를 받는다. 그러나 최근 산업자원부, 식품의약품안전처, 보건복지부, 과학기술부, 농림축산식품부, 환경부 그리고 해양수산부 등 관련 부처들이 유전자 편집 작물 규제 완화안을 논의하고 있어 변화가 예상된다.

우리나라도 유전자 편집 기술 분야에서 경쟁력을 지닌 만큼 앞으로도 기술력에서 뒤지지 않도록 세계적 흐름을 짚어가며 안전성을 검증하고 보완해가야 할 것이다. 특히 과학적 차원의 안전성 평가와는 별개로 소비자의 인식은 또 다른 차원의 사회적 안전성 판단을 좌우하므로 이러한 부분까지 세심하게 짚어내는 노력이 필요하다.

미래 에너지 시스템 전망과 전략

소위 '전기 먹는 하마'라고 할 수 있는 아마존, 구글, 페이스북, 마이크로소프트 등 세계적 IT 기업들이 2021년 전력을 선구매하는 방식으로 재생 가능 에너지 시장 투자를 늘리기 시작했다. 데이터센터에 필요한 전력을 안정적으로 확보하려는 전략이자 탄소 배출량을 줄이려는 세계적 기후 위기 대응에 맞춘 친환경 전략이다.

이렇듯 기후 위기에 대응해 재생에너지 시장이 확대되면서 에너지 시스템에 구조적 변화가 나타나고 있다. 또 대량 에너지 공급 방식을 대체할 양방향·분산형 에너지 공급 방식 등 다양한 스마트 기술이 발전함으로써 변화도 가속되고 있다. 공급자 중심에서 소비자 중심의 에너지 시장으로, 중앙집중적 에너지 거버넌스에서 분권형 에너지 거버넌스로 변화가 나타나고 있다. 이러한 변화가 친환경적이면서 효율적인 시스템으로 정착되기 위해서는 관련 기술과 정책이 뒷받침되어야 할 것이다.

에너지 시스템의 변화

최근 전 지구적으로 화석연료로부터 재생 가능 에너지로 에너지 전환이 이뤄지고 있다. 국가마다 상황은 다르지만, 장기적으로는 신재생에너지를 확충하려는 흐름에 있다. 활발하게 에너지 전환을 추진하는 독일과 영국의 경우 2018년 전체 전력 소비의 38%, 34%를 재생에너지원으로부터 생산했다.[161] 특히 태양광은 2012년에서 2019년 사이 매년 28%씩 성장했으며, 2020년에는 코로나19에 따른 경제 침체에도 불구하고 142GW의 태양광이 설치되어 최고 기록을 경신하기도 했다.[162] 국내 태양광 시장 역시 2015년부터 2020년까지 평균 30%씩 성장해 2020년 태양광 설치 용량이 15.9GW에 이르고 있다. 이같이 급속한 재생에너지 시장의 성장은 기후변화와 에너지 수급 불안정성 등의 문제를 해결하기 위해 각국 정부가 적극적으로 재생에너지 정책을 도입했기 때문이다. 각 부문의 에너지 시스템 변화를 살펴보자.

전력 시스템: 재생 · 분산 에너지원의 확대와 소비자 중심의 전력시장

급격하게 진행되고 있는 전력 시스템의 변화 중 가장 주목할 부분은 재생에너지와 분산에너지• 자원의 확대다. 이러한 변화는 기존 전력 시스템의 구조를 바꾸고 전력망 운영의 고도화를 이끌고 있다. 재생에너지와 같은 변동형 자원이 많이 늘어남에 따라 전력의 수급, 주파수 및 전압의 안정성 확보를 위해서는 고도화된 전력망 운영이 필요하기 때

• 중소 규모의 재생에너지, 열병합발전, 자가발전 등으로 수요지 인근에서 생산되어 해당 지역에서 소비되는 에너지.

문이다. 재생에너지는 기존 화석연료 발전소와는 달리 태양과 바람의 조건에 따라 출력 변동성이 상대적으로 심하다. 예를 들어 태양광 발전에 상당한 전력량을 의존하고 있는 경우, 늦은 오후 태양광 발전이 급격하게 떨어지면(혹은 개기일식) 수요가 대폭 증가하는 일이 발생한다. 이럴 때 단시간 내에 출력을 높이거나 생산할 수 있는 탄력적 자원이 필요해진다. 반대로 전력 수요가 낮은 봄가을의 주말에는 태양광이나 풍력 발전이 과잉 생산되기도 한다. 이때는 잉여전력을 저장하거나 재생에너지 출력을 줄여야 한다.

전력의 수요와 공급뿐만 아니라 수많은 소규모 발전기가 전력망에 연계되면서 주파수와 전압의 관리도 더욱 중요해졌다. 현재의 배전망은 송전망으로부터 오는 전기를 최종소비자에게 전달하는 일방향 구조로 설계되어 있다. 일단 배전망이 구축되면 배전 계통 내 급격한 수요 증가가 없는 한 유지·보수 외에 손댈 일이 거의 없다. 하지만 배전망에 접속되는 분산에너지자원이 늘어나면 배전 선로 용량 제한, 전력 역조류 문제, 주파수의 불안정성, 보호 설비의 오작동 등 문제가 발생할 가능성이 있다. 따라서 이전과는 다른 정교한 배전망 운영 체계가 필요하다.

배전망의 안정적인 운영과 분산에너지자원의 효과적인 연계를 위해 배전망운영 관리자distribution system operator의 필요성도 커지고 있다. 최근 국내에 도입된 분산 전원 중개 사업이 이러한 그리드 운영에서 중요한 역할을 할 것이다. 분산 전원 중개 사업은 전력망에 연결된 많은 소규모 분산 전원을 묶어 마치 하나의 기존 발전소처럼 운영하는 것이다. 일종의 가상 발전소인 셈이다. 이러한 가상 발전소는 출력 예측과 전압 및 주파수 보조 등과 같은 전력 보조 서비스를 제공함으로써 분산화된 전력망이 안정적으로 운영될 수 있게 한다.

전력 시스템에 등장한 또 다른 중요한 변화는 전력 시장 구조의 변화다. 기존 전력 시장은 생산자와 소비자가 분리되어 있었으며, 특히 공급자 중심의 시장이었다. 대규모 화력 및 원자력 발전소에서 생산된 전기를 원거리 송·배전망을 통해 최종소비자에게 전달하는 구조로서, 소비자는 말 그대로 전력을 구매만 하는 수동적 소비자였다. 하지만 최근에는 에너지 소비자인 동시에 생산자의 역할을 하는 에너지 프로슈머energy prosumer가 등장하고 있다. 집이나 건물 옥상에 태양광과 스마트 미터기를 설치한 에너지 프로슈머는 자가 소비 외에 남는 전기를 다른 수요자 혹은 전력회사에 판매할 수 있다. 전력 수요가 많은 오후에 전력 가격이 오른다면 생산된 전기를 자신이 사용하는 대신 전력망에 판매함으로써 수익을 올릴 수 있다. 이처럼 다양한 에너지 공급자가 생기고 소비자의 선택권이 확대되면서 기존의 공급자 중심 체계에서 다양한 소비자와 에너지 프로슈머 중심의 양방향 전력시장으로 바뀔 것으로 예측된다.

소비자 참여 시장 모델은 여러 가지가 있는데, 가장 기본적인 형태는 녹색 요금제green pricing 시장이다. 기존 전력회사가 소비자에게 다양한 녹색 요금제 선택권을 제공함으로써 재생 전력시장을 확대하는 제도다. 현재 우리나라에서는 한국전력공사가 판매 사업을 독점하고 있어 소비자가 한전 외의 공급자를 선택하는 것이 불가능하며, 에너지원을 선택할 수도 없다. 하지만 최근 기업의 재생에너지 100% 캠페인이 확대되면서 국내에도 2019년 녹색 요금제가 시범 사업으로 도입되었고, 2021년에는 재생 가능 에너지의 전력 구매 계약PPA, power purchase agreement이 가능하도록 전기사업법이 개정되었다. 녹색 요금제가 본격적으로 실행되면 보다 경쟁적이고 친환경적인 전력 시장으로 전환될

것이다. 더욱 적극적인 소비자 참여 시장 모델은 미국의 CCA community choice aggregation에서 찾아볼 수 있다. CCA는 지방정부가 기존 전력회사 외에 전력 공급자와 계약을 맺어 해당 지역에 전력을 공급하는 프로그램이다.

재생에너지를 기반으로 다수의 전력 판매자가 생기고 분산에너지자원의 계통 연계와 생산 그리고 수요 관리를 통합적으로 운영할 수 있는 ICT 기술이 발전함에 따라 기존 전력회사의 역할도 크게 바뀔 것이다. 이러한 방식이 도입되면 에너지 효율 투자, 분산에너지자원 계통 연계, 녹색 전력 거래, 전력망 유지 및 운영 등과 같은 분산형 사업 모델을 유인하기 위한 새로운 요금 체계도 필요할 것이다.

열 시스템: 탈탄소화 및 에너지 효율 개선

냉난방은 주로 건물에 사용되며, 에너지 사용처 중 가장 큰 비중을 차지하는 부문 중 하나다. 냉난방 에너지원은 지역에 따라 석탄·석유·가스·폐열·전기 등으로 다양하다. 또 개별 보일러부터 히트펌프와 지역냉난방에 이르기까지 여러 방식이 사용되고 있다. 우리나라에서는 가스를 연료로 하는 개별 가스보일러와 지역난방이 보편적이며, 최근에는 낮은 전기 요금과 편의성으로 인해 전기 난방도 많이 늘어나는 추세다.

최근 열 시스템에서도 큰 변화가 생기고 있는데, 이는 전력 시스템과 유사한 측면이 많다. 우선 많은 나라에서 기존 화석연료 기반의 냉난방 시스템에서 재생에너지 열원을 확대하기 위한 정책을 적극적으로 시행하고 있다. EU는 2016년 냉난방 전략을 발표하고 냉난방 부문의 탈탄소 방안을 제안했다. 영국은 2014년부터 재생 열에너지 인센티브 제도를 도입했으며, 가정용과 일반 건물로 나누어 지열 히트펌프·바이오매

스·태양열 등의 재생에너지원을 설치해 사용하는 경우 지원금을 지급하고 있다.

열 시스템의 중요한 변화 중 하나는 열과 전기의 통합적 운영이다. 수열과 지열을 이용하는 히트펌프 냉난방 시스템과 남는 재생전기를 열(냉수 혹은 온수)로 전환해 저장하는 냉난방 방식이 향후 대폭 증가할 것으로 전망된다. 배터리를 이용하는 에너지저장장치ESS, energy storage system도 재생에너지의 변동성을 보완하는 역할을 할 것이다. 이러한 전기-열 전환은 재생전기의 변동성을 보완하는 동시에 열 부문의 탈탄소화에도 기여할 것이며 반대로 열에너지를 이용해 냉방을 하는 기술인 흡착식(흡수식) 냉동기는 여름철 전력 소비를 줄이는 데 도움이 된다.

지역난방은 냉난방 시스템을 구성하는 요소 중 하나인데, 지금까지는 주로 가스와 석탄을 연료로 하는 열병합발전을 이용해 고압·고온의 온수를 열 네트워크를 통해 공급해왔다. 하지만 최근 덴마크와 독일 등 유럽 국가를 중심으로 저온 냉난방(4세대 지역난방) 시스템이 보급되고 있다. 기존 지역난방 시스템이 100℃ 안팎의 온수를 공급하는 데 반해 4세대 지역난방은 50~70℃의 저온수를 공급수로 사용한다. 이를 통해 열 수송과 사용자 측의 열교환 과정에서 열 손실이 줄어들어 에너지 효율성이 향상되고, 고온 난방에서는 사용하기 어려운 신재생에너지와 미활용 에너지를 이용할 수 있게 된다. 최근 건물의 에너지 성능 기준이 강화됨에 따라 열 수요가 감소하고 있어 향후 저온 난방의 적용 가능성은 더 커질 것이다. 또 소규모 열 프로슈머의 등장도 가능해 광역 열 네트워크에서 분산형 열 네트워크로 전환하게 될 것이다.

교통 시스템: 탈내연기관 자동차와 소유에서 공유 중심의 모빌리티 서비스

교통 시스템은 화석연료 기반의 내연기관 자동차 중심으로 발전해왔다. 하지만 화석연료 기반 내연기관과 자동차 중심 교통 인프라의 사회적·환경적 비용 또한 크다. 차량, 특히 개인 승용차의 증가는 도로의 평균 이동 속도를 감소시켰다. 한국교통연구원에 따르면 교통 혼잡에 의한 사회적 비용은 2017년 기준 약 59조 원에 달한다. 수송 부문은 우리나라 총에너지 소비의 18.5%를 차지하고 있으며(2018년 기준), 석유 수입량 중 22%가 육상 부문에서 소비되고 있다. 비용으로 따지면 약 21조 원에 달한다.[163] 수송 부문은 온실가스뿐만 아니라 미세먼지의 주요 배출원이기도 하다.

이러한 문제점을 해결하는 방안 가운데 하나가 자동차의 탈내연기관 움직임이다. 대표적으로 독일은 2030년에는 모든 내연기관의 등록을 허가하지 않을 것을 법으로 규정했다. 영국과 프랑스는 각각 2035년, 2040년 이후 내연기관 자동차의 판매를 금지하기로 했다. 이에 따라 시장은 전기차로 급격히 이동할 것이 전망된다. IEA는 2030년경 전기차의 시장 점유율이 30%를 넘길 것으로 내다보고 있다. 전기차의 온실가스 감축 효과에 대해 논란이 있긴 하지만, 전기차의 평균 온실가스 배출량은 화석연료 기반 내연기관보다는 낮으며, 향후 재생전기가 확대되면 전기차의 온실가스 감축 효과는 더욱 커질 것이다.

전기차의 증가는 전력 시스템의 변화와도 밀접한 연관이 있다. 전기차 보급을 확대하기 위해 충전 인프라 구축에 정책적 관심이 집중되고 있지만, 향후 전기차의 보급이 늘어나면 전기차 배터리를 분산형 전원으로 활용해 첨두부하를 줄일 수 있을 것이다. 전력의 가격이 싼 시간에 자동차를 충전했다가 수요가 많아져 전력 공급에 어려움이 생길 때 자

동차 배터리에 저장해둔 전기를 전력망에 판매하는 것이다(V2G vehicle to grid). 배터리의 수명과 비용, 미터링 및 과금 비용 등 해결할 과제가 있지만, V2G 기술이 발전한다면 향후 변동성 전원의 비중이 높은 전력망을 안정적으로 운영하는 데 기여할 수 있을 것이다.

전기차 외에 자율주행 차량, 공유 차량, 마이크로 모빌리티•의 확산을 통해서도 수송 산업의 구조적 변화가 예측된다. AI와 통신·센서 기술의 향상으로 세계 유력 자동차 회사와 구글 같은 IT 기업들이 자율주행차 개발에 집중적 투자를 해오고 있다. 물론 낙관적 전망에도 불구하고 현재로서는 자율주행 차량의 상용화 시점을 정확히 예측하긴 어렵다. 기술적인 문제뿐만 아니라 기존 자동차 산업의 일자리 감소 문제, 교통 법규, 자동차 사고 보험, 윤리적 이슈 등 해결해야 할 문제가 많기 때문이다.

우버나 리프트 같은 라이드 헤일링 ride-hailing(승차호출) 플랫폼에 전기차와 자율주행차가 결합한다면 자동차 산업생태계뿐만 아니라 환경과 도시 공간에 큰 영향을 끼칠 것이다. 자동차를 소유하는 교통 시스템에서 모빌리티 서비스를 공유하는 교통 시스템으로 바뀔 것이기 때문이다. 언제 어디에 있든 필요할 때 최초 출발지 first mile에서 최종 목적지 last mile까지 편리하게 이동할 수 있다면 유지비용이 비싼 개인 승용차를 소유해야 할 이유가 크게 줄어든다. 더구나 자율주행이 상용화된다면 운전의 효율성과 안전성 역시 크게 향상될 것이다. 주차장이나 주유소 같은 교통 인프라도 지금처럼 많을 필요가 없다. 스마트 기술을 이용해 자율주행차를 최적·최단으로 운영한다면 훨씬 적은 주차장과 충전소만

• 친환경 동력을 이용한 소형 이동 수단. 전기자전거, 전동킥보드 등이 있다.

으로도 모빌리티 서비스를 제공할 수 있기 때문이다.

다만, 자율주행차의 확대가 반드시 친환경적이지만은 않다는 의견도 고려해 변화를 도모해야 한다. 편리하고 효율적인 이동 수단의 확대는 자동차의 사용을 더 증가시킬 수도 있고, 자율주행차의 핵심인 머신러닝을 위해서는 엄청난 양의 전력이 소모되기 때문이다. 자율주행차를 운영하는 데 필요한 라이다LiDAR 시스템과 데이터센터 등 통신 인프라의 에너지 사용량 또한 상당할 것이라는 예측도 있다.[164]

에너지 시스템 전환을 위한 전략

에너지 시스템의 전환은 이미 세계적으로 진행되고 있고, 기후변화 대응 정책과 에너지·정보통신 분야의 기술 발전에 힘입어 그 변화는 가속화될 것이다. 우리가 에너지 시스템의 전환을 적극적으로 수용하고 발전시킬 때 기후변화와 미세먼지 같은 심각한 환경문제를 완화하고, 국가의 산업 경쟁력을 향상할 수 있을 것이다. 물론 이러한 변화가 저절로 일어나는 것은 아니다. 지난 20여 년간 빠르게 진행된 에너지 구조의 변화는 많은 국가의 적극적인 에너지 전환 정책이 있었기에 가능했다. 앞으로 이러한 변화를 더욱 촉진하기 위해서도 정부의 혁신적 정책이 매우 중요하다.

특히 재생에너지 확대를 위해서는 전력 계통 인프라 증설, 기존 건물 에너지 효율 개선 확대, 녹색 교통 인프라 구축(대중교통 확대, 마이크로 모빌리티를 위한 도로 구조 개편 등), 그리고 산업 구조 개편 등에 적극적인 정부 투자가 필요하다. 이미 EU는 물론 미국과 우리나라도 2050년 탄소

중립을 목표로 다양한 에너지 정책과 투자 계획을 내놓고 있다.

하지만 정부의 재정 투자만으로는 장기적인 에너지 전환에 한계가 있다. 그동안 화석연료 기반 에너지 시스템에 맞춰져 있던 정책과 제도의 개선이 필요하다. 가장 중요한 정책은 무엇보다도 에너지 가격체계를 정상화하는 것이다. 연료 비용뿐만 아니라 환경 비용을 가격에 반영해 에너지원별 경쟁이 일어날 수 있도록 해야 한다.

시간과 장소에 따라 에너지 비용을 차등화하는 것도 필요하다. 에너지는 언제 어디서 생산하고 소비하는가에 따라서도 비용 차이가 발생한다. 같은 1kWh의 전기라도 4월 주말 오후에 생산하는 전기와 7월 평일 오후에 생산하는 비용이 다르다. 충남 석탄발전소에서 생산한 전기를 서울에서 사용하는 것보다 서울의 한 옥상에 설치한 태양광 전기를 사용하는 것이 더 저렴할 수 있다. 지금은 이런 지역적·시간적 가격 신호가 거의 없다 보니 자원의 비효율적 사용이 발생하고 있다. 전력시장에서 한전의 독점적 지위도 개선해야 한다. 다양한 에너지 판매자를 허용하고, 한전의 비즈니스 모델을 전력 판매에서 분산에너지자원 연계와 판매 서비스 확대 등으로 전환해야 한다.

에너지 분권화도 에너지 전환의 중요한 요소다. 재생에너지와 분산에너지자원 기술을 확대하기 위해서는 지방정부, 공동체 그리고 국민의 역할이 매우 중요하다. 지방정부는 지역의 에너지 소비와 생산에 대한 정보뿐 아니라 관련 권한도 가지고 있으므로 국민의 직접적 참여를 효과적으로 끌어낼 수 있다. 지방정부에 대한 재정지원, 권한 강화, 그리고 제도 개선을 통해 실질적인 에너지 전환이 일어날 수 있도록 해야 한다.

지식정보사회의 국부, 지식재산

첨단기술을 둘러싼 미국과 중국의 패권 경쟁, 그리고 코로나19 백신 특허 면제 등에는 모두 지식재산이 얽혀 있다. 지식기반 경제사회에서 지식재산이 국부의 주요 원천이기 때문이다. 세계적인 기업의 자산 가치를 따져볼 때, 무형자산의 비중도 나날이 증가하고 있다. 특허 가치 평가 업체 오션토모Ocean Tomo에 따르면 2020년 11월 기준 S&P500지수 중 무형자산의 가치는 총자산의 90%에 이르는 수준이다. 페이스북·아마존·애플·넷플릭스·구글·마이크로소프트 등 무형자산을 보유한 기업들의 가파른 성장이 이를 방증한다. 이러한 흐름은 5세대 통신 혁명, 원격 의료, 콘텐츠 전쟁 등이 진행됨에 따라 더욱 가속할 것이다. 세계적 화두인 환경·사회·지배구조ESG 투자도 모두 무형자산을 기반으로 하고 있다.[165]

지식재산은 특허와 같은 기술 분야 외에도 음악, 미술, 영화, 게임 등

창조 활동이 필요한 분야에서 그 중요성이 커지고 있다. 한국은행이 2021년 3월 발표한 '2020년 지식재산권 무역수지'에 따르면 문화예술 저작권이 1억 900만 달러에 이르며 통계 집계 이후 사상 최초로 흑자를 기록했다.[166] 또 4차 산업혁명으로 상징되는 변화는 지식재산의 유형에도 다양한 변화를 가져올 전망이다. 새로운 산업 환경에 대처하기 위해서는 우리나라의 지식재산 전략도 추가와 보완을 거듭해야 한다. 지식재산이 국정의 핵심 과제가 되어야 하고, 이를 바탕으로 거래는 물론 질적 차원에서 '지식재산 허브 국가'가 되어야 한다.

지식재산 주요 개념

초연결과 초지능성을 특징으로 하는 4차 산업혁명의 생태계에서는 융·복합 기술의 표준 특허essential patent와 원천 특허original patent 가치의 중요성이 더 커질 것으로 보인다.[167] 이러한 표준 특허와 원천 특허의 선점은 부를 창출할 기회를 의미하며 후발 기업의 진입을 어렵게 할 수도 있다. 표준 특허와 원천 특허의 선점을 위해서는 기술과 산업 환경의 변화 방향과 내용을 이해할 필요가 있다. 먼저 지식재산과 관련한 주요 용어의 개념을 살펴보면 다음과 같다.

지식재산

지식재산IP, intellectual property은 인간의 창조적 지적 활동 또는 경험의 산물을 말한다. 재산적 가치가 법적 보호를 받는 특허patents, 상표trademarks, 디자인designs, 저작권copyrights, 영업비밀trade secrets과 생물

의 품종이나 유전자원遺傳資源 등 인간의 지식과 경험, 노하우 전반으로서 재산적 가치가 실현 가능한 것을 총칭하는 개념이다.

지식재산권

지식재산권IPR, intellectual property rights은 지식재산이 법적으로 보호되는 권리임을 강조하는 용어로서 학술·실무에서 지식재산과 혼용되고 있다. 마찬가지로 특허와 특허권, 상표와 상표권, 디자인과 디자인권도 각각 혼용되고 있다.

무형자산

무형자산intangible asset은 기업의 경제적 가치자산이지만 전통 회계상 포착이 어려운 지식과 비결(노하우)을 총칭하는 개념이다. 문헌에 따라 지식자본intellectual capital, 지식자산intellectual asset 등 다양한 용어로 부르고 있다. 무형자산의 경제적 정의는 '기업의 시장가치market value·장부가치book value'로 표현된다.

IP5

IP5는 특허를 비롯해 세계 지식재산 제도의 운용을 주도하는 한국 KIPO, 미국 USPTO, 중국 CNIPA, 일본 JPO, 유럽 EPO의 5대 특허청을 지칭하는 말이며 '선진 5개 특허청'이라고도 한다. IP5는 전 세계 특허출원의 87.3%(2018, Filing Bloc 기준),[168] PCT(특허협력조약) 특허출원의 95%[169] 정도를 담당하며 세계 특허제도와 정책을 주도하고 있다.

지식재산의 미래

지식재산 집약 산업의 가치 부상

지식재산 집약 산업의 중요성은 미래에 더욱 커질 것이다. 2012년 미국 상무부는 미국 특허청 데이터를 기준으로 전체 313개 산업 중에서 특허와 상표 등 지식재산을 가장 집중적으로 활용하고 있는 산업 75개를 선별하고 이를 '지식재산 집약 산업IP-intensive industries'이라 명명했다. 2019년 기준 EU 총 GDP의 44.8%가 지식재산 집약 산업에서 창출되며, 직접 고용 기준 6,300만 개 일자리(전체의 29.2%)가 지식재산 집약 산업에 의해 제공된다고 한다.[170] 2021년에 발표된 유럽특허청의 보고서에 따르면 지식재산권을 보유한 회사가 그렇지 않은 회사보다 직원당 수익은 20%, 평균 임금은 19% 높다는 결과가 나오기도 했다.[171] 유럽은 2012년부터 단일 특허제도 출범과 통합 특허법원 설립에 합의하고 비준 절차를 진행하고 있다. 영국은 브렉시트로 인해 EU에서 관장하는 EU상표EUTM와 등록공동체디자인RCD, registered communtiy design에서는 제외되었지만, 특허를 관장하는 유럽 특허청은 EU의 기관이 아니므로 영국도 단일 특허제도와 통합 특허법원에는 포함된다.

중국 또한 지식재산권 강국 도약을 목표로 하고 있다. 중국의 특허보호협회에서는 조정위원회를, 사법부에서는 지재권 지방법원을 각각 운영함으로써 특허 분쟁을 해결하고 있으며, 강력한 징벌적 배상 제도도 도입했다.[172] 징벌적 배상 제도는 서구권에 주로 존재하는 제도였는데, 중국이 도입했다는 것은 그만큼 지식재산권의 중요성을 시사한다. 우리나라 특허청 또한 2019년에 징벌적 보상 제도를 도입해 고의적 특허 침해자가 특허권자에게 피해액의 3배까지 보상할 수 있게 했다. 또

2020년에는 실시료까지 포함된 혼합 산정 방식으로 손해배상의 현실화를 명문화했다. 하지만 우리나라의 대다수 기업은 한국에서 특허소송을 제기하지 않고 배상액을 많이 받을 수 있는 미국이나 유럽에서 주로 소송을 진행하는 것이 현실이다.

금융의 변화에 따라 무형자산의 중요성 증대

금융서비스의 수단에 지나지 않았던 IT 기술이 핀테크를 통해 금융 패러다임을 변화시키고 있다. 특허청에 따르면 우리나라 전체 지식재산IP 가운데 금융 부문의 규모는 2016년 5,774억 원에서 2019년 1조 3,504억 원으로 증가했고, 2020년에는 전년 대비 52.8% 급증해 2조 640억 원에 이르렀다. 2016년 202억 원에 불과했던 IP 담보대출의 경우 2020년 1조 930억 원으로 4년 만에 53배나 폭증해 전체 시장의 절반 이상을 차지했다.[173]

이는 지식재산권을 금융거래 대상으로 활용하는 기업이 늘고 있다는 것을 보여준다. 금융기관에서도 지식재산권이 물건 또는 서비스와 결합하거나 라이선스를 통해 현금흐름을 창출할 수 있는 가치가 있다고 판단하기 때문이다.[174] 이에 따라 지식재산이라는 담보물에 대한 가치 평가의 중요성이 커지게 되었고 특허권에 대한 평가(특허의 권리성, 시장에서의 안정성, 특허의 수명, 특허의 활용성 등) 요소가 금융거래의 주요 항목으로 자리매김하였으며, 은행은 자체적인 지식재산의 가치 평가를 위해 각 분야 전문가(변리사, 변호사, 회계사, 금융인, 기술 전문가 등)들과 협업을 도모하고 있다.

4차 산업혁명에 따른 지식재산 환경 변화

빅데이터나 AI 등 4차 산업혁명의 혁신기술들은 기존의 개념으로는 평가할 수 없는 새로운 양상의 보호 가치와 지식재산을 창출하고 있다. 예를 들어, 현재 저작권법에 따르면 저작권으로 보호받는 창작물은 '인간의 사상이나 감정을 표현한 창작물'이라고 규정하고 있다. 인간이 아닌 AI가 창작한 결과물은 인간의 창작물로 볼 수 없다는 것이 다수의 의견이다. 즉 현재의 법으로 보호할 수 없는 새로운 영역에 속한다. 이에 특허청은 2021년 2월 열린 제28회 국가지식재산위원회에서 AI 창작물의 투자자·개발자의 지식재산권 인정 여부를 논의한 뒤 2023년에 민법·형법 개정을 검토한다는 계획을 밝힌 바 있다.[175]

한편 최근 특허청에서는 미국의 한 AI 개발자(스티븐 테일러, 출원인)가 AI 프로그램 '다부스DABUS'를 음식 용기의 발명자로 표시한 국제특허를 국내에 출원하면서 우리 역사상 최초로 AI가 발명자가 될 수 있는지에 대한 첫 특허심사가 진행됐다. 이에 특허청은 자연인만이 발명자가 될 수 있다는 이유로 발명자 수정을 요청한 상태다. 이에 앞서 유럽 특허청이나 미국과 영국 특허청에서도 같은 특허출원 심사에 대해 발명자는 '현재로서는' 자연인만이 가능하다고 결정한 바 있다. 그러나 언젠가는 AI를 발명자로 인정해야만 하는 상황이 올지도 모른다.[176]

지식재산 미래전략

세계지식재산권기구WIPO의 데이터 센터 집계 기준으로 2020년 국제특허출원에서 우리나라가 중국, 미국, 일본에 이어 세계 4위의 위상에 올

랐다. 그러나 실제 등록이 되어도 활용이 되지 않는 특허권이 많고, 등록 후 다시 무효가 되는 특허권의 비율이 다른 선진 IP 국가에 비교해 매우 높으며, 기술이전의 규모도 출원 규모와 비교해 작은 편이라는 점도 인정해야 한다. 이제 우리나라도 규모의 차원을 넘어 지식재산의 질적 경쟁력을 키우기 위해 국가적 관심과 지원을 강화해야 한다.

지식재산국가 패러다임 구축

우리나라는 그동안 추격자 전략으로 발전해왔다. 그러는 가운데 지식재산 보호에 소극적이었던 것도 사실이다. 이제는 지식재산 선진국으로서의 역량을 보여야 한다. IP5 및 TM5(상표 분야 선진 5개국 협의체), ID5(디자인 제도 선진 5개청)와 같은 지식재산 선진 5개국의 일원으로서 지식재산권 분야 국제질서 변화를 선도하고, 개도국 지원 사업과 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. 지식재산권을 소홀히 하면 밑 빠진 항아리와 같다. 지식재산 보호에 소극적이었던 과거의 태도를 벗어나 지식재산권 보호의 패러다임을 선도할 때다.

국제적으로 신뢰받는 제도와 리더십 필요

특허를 보유한 사람은 어느 나라에 출원할 것인가도 선택하지만, 분쟁 발생 시 어느 나라 법원에서 재판을 받을 것인가도 선택할 수 있다. 당연히 지식재산권의 보호가 잘 되고 신뢰할 수 있는 나라에 특허출원이 몰리고 분쟁 해결 소송이 몰리게 되어 있다. 국내 대기업 간의 소송이라 하더라도 우리나라가 아닌 미국 또는 유럽에서 소송을 진행하는

것이 그 배경이다. 이러한 신뢰를 얻기 위해서는 국제적인 공조 속에 예측 가능한 제도를 보유하고 있어야 한다.

특허청에 따르면 2018년 기준 국내 전체 특허출원에서 외국인 비율은 전년과 유사한 17.2%로[177] 외국인들의 국내 특허출원이 여전히 소극적임을 보여준다. 이는 우리나라 특허권에 대한 국제적 인식을 보여주는 통계 결과다. 우리나라에서 특허권을 획득하고 권리 행사를 해 침해 소송을 진행한다 해도 손해액 및 소송 비용보다 손해배상금이 매우 작은 것도 주요 이유다. 한국지식재산연구원 자료에 따르면 1997~2017년 국내 특허침해소송 손해배상액의 중간 평균값은 6,000만 원 수준으로 미국(1997~2016년)의 65억 7,000만 원과 비교해 약 100분의 1 수준에 불과했다.[178] 미국, 일본, 유럽처럼 국제적으로 신뢰받는 특허제도를 보강, 구축하는 것도 우리나라가 지식재산 강국이 되기 위해서는 꼭 필요한 부분이다.

지식재산 전문가 양성

우리나라는 지식재산 전문가가 매우 부족하다. 그동안 지식재산에 대한 사회적인 인식이 미흡했던 이유도 있지만, 지식재산의 관리·활용·라이선싱·분쟁 해결 분야의 전문가 양성이 제대로 이뤄지지 못했다. 다행히 특허청이 지원해 2010년에 KAIST와 홍익대에 지식재산대학원이 설립되었고, 다른 학교로도 저변이 확대되어 현재 10개 대학•에서 인력 양성이 이뤄지고 있다. 2020년 여성가족부, 고용노동부, 서울시 등의 주최로 한국특허전략개발원에서 주관하는 지식재산IP-R&D 전략전문가 과

• KAIST, 홍익대, 단국대, 아주대, 고려대, 충남대, 동국대, 연세대, 서울대, 경희대.

정이 개설된 것도 고무적인 일이다.

4차 산업혁명 시대에는 지식재산 관련 이슈들이 더 복잡해지고 고도화될 것이다. 빠르게 변화하는 기술 이슈들에 대해 적절히 대응해 국가의 부를 보호할 지식재산 현장실무 및 이론을 겸비한 지식재산 전문가 인력이 절대적으로 필요하다. 아울러 국제적인 소양을 갖춘 지식재산전문가들을 대거 양성해 아시아 통합 특허청과 아시아 통합 특허법원 시대를 대비해야 한다. 지식재산권 등록과 침해 이슈를 다루는 기관의 공무원들에 대해서도 체계적이고 전문적인 교육이 이뤄져야 한다.

지식재산권은 또한 그 특성상 기술을 개발하는 개발자와 그를 대리하는 변리사나 변호사 간의 협업이 매우 중요하다. 즉, 변리사나 변호사는 지식재산권을 개발하는 사람이 아닌 이에 대한 권리를 확보하고 지켜주는 파수꾼 역할을 하는 것이고, 지식재산권 자체를 창출하는 사람은 기술을 발명하는 발명자에 해당한다. 상호 간의 협력이 잘 이루어지기 위해서는 발명자들에게도 지식재산권에 관한 효율적인 교육이 뒷받침되어야 할 것이다.

지식재산 평가 능력 함양

지식재산권의 사업화 과정이나 각종 분쟁에서 직면하는 문제는 해당 지식재산의 가치를 어떻게 측정할 것인가, 즉 가치 평가에 대한 것이다. 무형의 지식재산을 담보로 대출 및 기업가치를 평가하는 일은 이전보다 훨씬 많아졌다. M&A 시장에서의 기업 자산 평가에서도 유형자산뿐 아니라 무형자산의 비중이 높아졌다.

하지만 지식재산 가치 평가를 위한 관련 정보 DB, 지식재산 가치 평가를 위한 기준과 평가 전문 인력 등의 인프라는 부족한 실정이다. 따라

서 무형의 지식재산 평가에 대한 공신력 있는 기관을 비롯해 지식재산 심사 시스템이 마련되고 관련 법제화가 이뤄져야 한다.[179]

4차 산업혁명 시대 지식재산에 대한 전망과 준비

4차 산업혁명의 대표적 기술은 AI 기술이다. 우리나라의 AI 분야 특허출원은 2010년부터 2019년까지 10년간 36.7%의 폭발적 증가율을 보였다. 같은 시기의 미국 내 출원 증가율(27.4%)보다 높은 수치다. 4차 산업혁명 시대에는 새로운 유형의 지식재산도 출현할 것이다. AI가 만들어내는 성과물에 대한 소유권 논쟁도 치열해질 것이다. 앞으로 출현할 지식재산의 유형이나 범위에 대해 새로운 시각으로 접근하고 전망하면서 공유와 글로벌 확산을 특징으로 하는 4차 산업혁명에 부합하는 방향으로 대응체계를 갖춰가야 한다.

한편 IP5는 2000년 발표한 공동선언문을 통해 이러한 변화 속에서 IP5의 역할론을 강조했다.[180] 공동선언문에는 AI 등 신기술 분야에서 협력을 강화하고 특허제도의 조화를 통해 이용자 편의를 향상하고 특허심사의 품질·효율성·예측성을 강화하기로 하는 것 등이 담겨 있다. 특히 코로나19 진단 치료 예방에 관한 특허 정보를 투명하게 공개해 관련 기술을 촉진함으로써 코로나19가 가져온 경기침체를 극복하는 데도 노력한다는 내용을 포함했다.

특허심사 품질 향상을 위한 심사관 확충과 지원

우리나라가 특허 허브가 되려면 먼저 특허심사의 품질이 세계 최고가 되어야 한다. 등록된 특허가 특허심판원에서 무효라고 판정된 통계를 보면 우리나라가 일본이나 미국보다 두 배에 이른다. 또 2018년도 심사

관 1인당 연간 심사 건은 미국 심사관이 77건, 일본 심사관이 166건인데 비해 우리나라 심사관은 192건을 처리했다.[181]

우리나라 심사관 인력 구성은 IP5 특허청과 비교할 때 전문 분야별 박사급 비중이 높고, IT 등 주요 산업 분야에서의 한·중·일 선행 문헌 이해와 분석 능력은 최고 수준이다. 그러나 특허청 심사관의 전문성이 높아도 심사관의 인력 부족은 심사 품질을 떨어뜨릴 우려가 있다. 심사관 1인당 특허 처리 건수가 많으면 부실한 심사로 이어질 우려가 있다. 부실한 심사로 이미 등록받은 특허가 무효 판정을 받고 독점권을 부여받지 못하게 된다면 그 피해는 오롯이 투자자가 부담하게 되고 특허청에 대한 신뢰도 떨어지게 된다. 특허청은 2021년 4월 미래차, 시스템반도체, 바이오헬스 등 3대 신산업 분야에서 연구개발과 현장경험이 풍부한 전문 심사 인력을 충원하겠다고 밝혔지만,[182] 심사 품질을 높이려면 인력 확충 등 인프라 구축에 계속 힘을 모아야 한다.

산업 분야별 지식재산 제도와 정책의 세분화

특허제도에 대한 논의 양상은 산업 분야별로 다양해지고 세분화할 것이다. 이는 산업별로 특허를 창출할 가능성과 가치가 다르기 때문이다. 예를 들어, 신약 하나를 개발하는 데에 통상 6.61년의 기간이 소요되고 2조 원[183] 이상의 비용이 투입되지만, 제약업 분야의 특성상 창출되는 특허의 수는 적다. 반면 정보통신기술 분야에서는 상황이 다르다. 스마트폰 하나에 통상 25만 개 이상의 특허가 뒤따른다.

따라서 전통적 산업재산권과 특허제도가 4차 산업혁명으로 불리는 지능화된 디지털 전환 시대에도 똑같이 적용될 수 있을지 논의가 필요하다. 4차 산업혁명의 첨단기술들이 여러 분야에 접목되고 있는데, 다

양한 융·복합 기술들이 창출하는 또는 창출 가능한 제품이나 서비스를 기존의 지식재산권 범주 안에서 다루기 어려울 것이 예상되기 때문이다.[184]

지식재산 전문 법원 신설 및 법관 전문성 제고

지식재산권 분쟁을 전담할 수 있도록 지식재산 전문 법원을 신설하고, 특허법원과 지식재산권 전담재판부에 근무하는 법관의 경우 통상적인 순환보직 기간 이상으로 업무를 담당할 수 있도록 해 법관의 전문성을 높이는 등의 대책이 있어야 한다.

한편, 기업 간 특허 분쟁이 전 세계에서 동시다발적으로 진행되는 점을 고려해 외국어를 사용하는 소송 당사자에게도 공정한 재판 기회를 주고자 2018년 국제재판부 관련 법원조직법이 시행되었다. 이에 따라 2019년부터 국제재판부가 도입되어 특허법원에 4개, 서울중앙지방법원에 3개의 국제재판부가 설치되었다. 국제재판부에서는 외국어 변론이 가능하고, 동시통역을 통해 재판이 진행된다. 이에 대한 국제적인 홍보를 통해 이용률을 높여갈 필요도 있다.

지식재산 정책 비서관과 지식재산부 신설

2011년 지식재산 기본법이 제정되고 대통령 '소속'으로 국가지식재산위원회가 설치되었다. 그러나 현재의 국가지식재산위원회의 위상만으로는 지식재산 정책을 종합적으로 주도하기 어렵다는 지적도 있다. 디지털 전환 시대에 유연하고 신속하게 대처하기 위해서는 지식재산 행정 시스템을 체계적으로 구축하는 것이 매우 중요하다.[185] 이를 개선하기 위해서는 첫째, 청와대에 지식재산 정책 비서관을 신설해 대통령

의 지식재산 정책을 보좌하고 국가 지식재산 정책에 대한 집행 조정의 임무를 수행할 수 있게 해야 한다. 둘째, 지식재산 관련 컨트롤타워 역할을 할 수 있는 지식재산부도 신설해야 한다. 특허청, 식약처, 문화체육관광부 등 여러 부처에 나뉘어 있는 특허 업무와 관련 정책을 총괄하며 기술 변화에 유연하게 대처하는 것이 시급하다.

특허제도와 반독점 제도의 조화

특허제도와 반독점anti-trust 제도는 그 방법론에 있어 근본적으로 상반된다. 특허제도는 발명에 일정 기간 독점권을 부여해 권리자를 보호하고 혁신의 동기를 제공하는 반면, 반독점 제도는 자유시장경제 체제의 근간을 무너뜨리는 독과점을 통제한다. 그러나 특허제도도 기술내용 공개를 통한 사회 전체의 이익과 기술 발전을 강조한다는 점, 반독점 제도 역시 독과점을 제한하되 시장에 미치는 영향을 충분히 고려하도록 각종 장치를 마련하고 있는 점에 비추어 두 제도 사이의 조화로운 해석 또한 가능하다. 다시 말해, 자유로운 경쟁을 전제로 한 시장경제를 교란하는 시장지배적 지위의 남용과 과도한 경제력의 집중에 대해서는 적절한 대응 조치가 필요하다.

또 공정거래위원회가 지식재산 보호와 독과점 방지의 균형을 위해 노력해야 하지만, 무엇보다도 관련 부처 간 소통이 중요하다. 기술의 급속한 발전과 산업 환경의 변화에 따라 지식재산권 이슈도 더 복잡해질 것이다. 따라서 관련 부처 간 소통을 통해 주요 이슈에 관한 쟁점을 분석하고 타당한 접근을 발굴하는 등의 논의가 활발히 이루어져야 한다.[186]

국가 핵심 기술 유출 방지를 위한 노력

우리나라는 반도체, 5G 통신, 나노기술, 배터리, 생명공학, 문화콘텐츠 분야에서 세계적 경쟁력을 갖춘 지식재산을 보유하고 있다. 앞으로 이러한 지식재산의 중요성은 계속 커질 것이다. 이런 점에서 지식재산권 확보를 위한 노력도 중요하지만, 이러한 핵심 기술이 유출되지 않도록 방지하는 노력도 해야 한다. 최근 미국과 중국이 첨단기술을 둘러싼 패권 경쟁을 벌이고 있는 가운데 핵심 기술의 유출 사례도 등장하고 있다는 점을 염두에 두어야 한다.

국내에는 물론 기술의 유출을 막기 위해 산업 기술의 유출 방지 및 보호에 관한 법률이 있다. 그러나 법률은 결국 사후적 조치가 될 수밖에 없다. 법적 장치도 중요하지만 동시에 핵심 기술 유출의 심각성에 관한 사회적 차원의 인식과 논의도 뒤따라야 한다.

순환경제 사회의 자원 확보 시스템

부존자원이 적은 우리나라는 어쩔 수 없이 해외 의존도가 높다. 자원 수입국이 일부 국가에 집중되어 있어 세계 자원 시장의 변동에 영향을 많이 받는 취약한 구조이기도 하다. 그러나 자원을 안정적으로 확보하는 것은 순조로운 경제활동을 위한 전제조건이다. 따라서 국내외에서 자원을 개발함으로써 안정적인 공급 체계를 마련해야 하고, 그와 함께 전 세계적인 흐름인 '순환경제circular economy'를 구현해 자원 순환형 사회로 전환해가야 한다.

순환경제는 자원으로 제품을 생산하고 이를 소비한 후 폐기하는 선형경제linear economy에 대비되는 개념이다. 제품 생산 단계에서부터 자원 이용의 효율성을 높이고, 폐기된 제품으로부터 얻은 재생 원료를 다시 제조 단계에 투입해 지속 가능한 생산·사용을 근간으로 하는 친환경적 체계를 말한다. 따라서 순환경제는 자원 빈약의 관점에서 접근하는 것

이 아니다. 인류의 활동에 의한 모든 것은 지속가능성을 지녀야 함을 인지하는 데서부터 시작한다. EU는 탄소 중립을 실현하기 위해 '유럽 그린딜'을 발표한 바 있는데, 세부 내용으로 언급한 '청정·순환경제를 위한 산업 편성'이 곧 순환경제를 의미한다. 우리 정부도 2020년 수립한 '2050 탄소 중립 추진 전략'의 10대 추진 과제 중 하나로 '순환경제 활성화'를 제시했고, 투입 에너지 최소화를 통한 생태계 보전과 온실가스 감축의 동시 구현을 목표로 하고 있다.

자원 소비 및 개발 미래 전망

자원 소비는 경제활동과 직결된다. 경제가 성장할수록 1인당 자원 소비도 증가한다. 현재 구리·아연 등 비철금속 수요의 약 40%를 중국이 차지하고 있는데, 중국과 인도의 경제성장 속도를 고려하면 이들 국가의 자원 수요는 더 빠르게 증가할 것으로 전망된다. 우리나라의 자원 수요도 급증하고 있다.

이에 반해 자원 보유국에 대한 투자 여건은 점점 나빠지고 불확실성도 커지고 있다. 특히 코로나19와 같은 예상치 못한 사건으로 인해 불확실성은 더욱 커졌다. 자원 보유 개도국들은 자원을 기반으로 자국의 산업화를 추구하기 때문에 신규 사업의 진입장벽 또한 계속해서 높아질 전망이다. 또한 과거에는 매장량, 가격, 인프라 현황, 정치적 불안정성 같은 이슈가 자원 개발의 선제적 요건이었다면, 앞으로는 환경문제를 비롯해 지역주민과의 조화와 같은 사회적 요인까지 고려해야 하는 상황이 되고 있다.

자원 개발의 여건도 좋지 않다. 산업통상자원부에 따르면, 호르무즈 해협 등 주요 해상 수송로의 위험이 커지고 보호무역주의가 심화하면서 자원 관련 가격 변동성과 수급의 불확실성이 더 증가했다. 또 예전에는 접근성이 좋은 지역을 중심으로 자원 개발이 진행되었지만 최근에는 고산지대 등 접근하기 어려운 지역에서 개발이 이뤄지고 있는데, 이러한 채굴 조건의 악화는 광산·인프라 건설, 채광, 광석 처리, 운송·판매 비용의 연쇄 상승으로 이어지고 있다.[187]

자원 개발 사업에는 복잡한 이해관계가 얽혀 있어 그 밖에도 다양한 이슈가 계속 발생하고 있다. 최근 미국을 비롯한 OECD 국가들은 자원 개발 자금이 반군 활동 자금으로 연결되는 것을 방지하기 위해 아프리카 지역에서 채굴되는 주석, 텅스텐 등을 '분쟁 광물'로 지정해 사용을 금지하는 법·제도까지 시행하고 있다. 오염 방지 중심이던 환경 관리도 생태계와 노동환경 배려, 투명한 정보 공개 등을 포함하는 복합적 관리로 확대하고 있다.

미래를 대비하는 자원 전략

자원은 무한하지 않다. 자원의 고갈 가능성과 일부 자원의 과점 심화로 자원 소비에 대한 제약은 국가 간 충돌 가능성까지 높였다. 일례로 전기차 등 첨단산업에 두루 사용되는 희토류를 둘러싸고 미국과 중국 간에 긴장감이 고조되고 있다. 조 바이든 미국 대통령이 희토류의 공급망 취약점을 검토하는 행정명령에 서명하자 중국은 환경보호를 이유로 희토류 생산을 일시 중단하는 전략을 구사하고 있다. 실제로 희토류는 정제

과정에서 환경오염 물질을 다량 배출한다. 그러나 첨단기술을 놓고 패권 경쟁을 벌이고 있는 상황을 고려하면 중국의 조치는 전략자원인 희토류의 무기화 전략으로 볼 수 있다.[188]

이처럼 자원의 무기화 등에 따라 자원 제약에서 벗어나기 위해 세계 각국에서는 자원 생산성을 높여 경제성장과 자원 소비 간의 연결고리를 끊자는 기조가 생기고 있고, 자원순환, 지속가능성, 그리고 녹색성장이 새로운 패러다임으로 부상하고 있다. 우리나라도 자원 안보 실현과 새로운 가치 창출의 기회를 찾아야 한다.

해외 자원 개발 사업 활성화

안정적 자원 확보의 관점에서 가장 먼저, 그리고 가장 효과적으로 시행할 수 있는 전략은 해외 자원 개발이다. 가격 불안정성에 대응하고 공급 중단에 대비할 수 있는 일종의 위험 분산 전략인 '헤징hedging 전략'이라고 할 수 있다.

해외 자원 개발은 광산 개발에 그치는 것이 아니라 대규모 플랜트, 전력, 도로 등 인프라 건설과 연계될 수도 있다. 자원 개발 사업은 초기 자원 탐사에서 개발·생산·회수까지 최소 10~15년이 소요되는 사업이다. 또 자금, 기술, 정보 인프라가 뒷받침되어야 하므로, 해외 자원 개발 활성화를 위한 전략은 종합적인 시각에서 장기적인 계획을 세워야 한다. 세계적 기준에서 볼 때, 한국은 아직 양질의 해외 자원 개발 체계를 마련하지 못했다. 자원 개발의 역량을 키우기 위해서는 산업 생태계가 유기적으로 연계되어 있어야 한다. 하지만 현재 해외 자원 개발 사업을 활성화하기 위한 예산은 역대 최저치로 떨어졌다. 산업통상자원부의 '2021년도 해외자원개발 특별융자사업 집행계획'에 따르면, 2021년도

예산은 349억 3,000만 원이다.[189] 2019년보다도 18억 원이나 줄어들었다. 과거 연 4,000억 원대를 넘나들던 지원 규모를 생각하면 엄청나게 줄어든 규모다. 해외 자원 개발 사업을 활성화하기 위해서는 민간 영역의 자발적인 투자도 중요하지만, 투자 위험성을 고려한다면 정부의 지원이 바탕이 되어야 한다.

- 종합적인 시각에서 장기적인 계획 수립
- 투자기업, 서비스 산업, 지원 기관, 기술 및 인력 등 자원 산업 생태계를 구성하는 다양한 주체의 역량을 키울 수 있는 지원정책과 제도 마련
- 한국의 자금력과 기술력에 맞는 자원 개발 프로젝트 발굴
- 사업의 수익성, 투자 대상 광종의 시장구조, 파트너사에 대한 신뢰성을 비롯해 경제, 사회, 기술, 정치 등 다양한 전문지식이 복합적으로 작용하는 투자 결정 방식 시스템화
- 자원 가격 변동, 해당국의 정치적 안정성, 재해 문제 같은 외생적 요소의 제거에는 한계가 있더라도, 매장량 평가, 광산 설계, 대상 광종의 시장성 전망과 기술적 요소에 대해서는 투명한 검토 체계 마련
- 리스크가 높은 탐사 분야 등 전략적 지역에서 공기업의 역할을 회복
- 대출 비율과 이자 감면 비율을 높이는 특별 융자 제도 개선을 통해 민간 투자 활성화

자원기술력 강화를 통한 새로운 성장 동력 마련

불과 몇 년 전만 해도 기술적 제약으로 미래자원의 범주에 속하던 셰일가스와 셰일오일은 수평 시추와 수압 파쇄라는 기술의 개발로 미국을 세계적 원유 생산국으로 탈바꿈시켰다.

자원 기술력이 새로운 성장 동력이 될 수 있는 이유는 이처럼 자원 기술의 보유 여부가 사업권 확보 및 사업의 지속성을 결정하는 핵심 요인이기 때문이다. 그러나 자원 기술의 중요성에도 불구하고 한국의 자원 기술 연구개발은 열악한 편이다. 새로운 성장 동력을 마련하기 위해서는 우리가 경쟁력을 지닌 ICT, 조선, 플랜트 산업 기술들과 연계하는 전략이 무엇보다 필요하다.

또한 환경과 안전 기술 시장이 확대되고 있는 것을 기회로 잡을 수 있다. 대표적인 기술로는 CO2-EOR 기술과 노후화 해상플랜트 해체 기술 등이 있다. 온실가스의 주범인 이산화탄소를 주입해 석유를 회수하는 CO2-EOR 기술은 생산성 증진을 이루는 기술인 동시에 이산화탄소 저장과 처리를 통해 온실가스를 줄일 수 있는 기술이다. 해상플랜트를 해체하는 기술은 한국의 우수한 플랜트 기술을 기반으로 충분히 선점할 수 있는 영역이기도 하다.

나아가 자원 산업과 관련해서 디지털 기술을 접목하는 시도도 이어지면서 그만큼 새로운 기회도 열리고 있기 때문이다. 육상 유전의 고갈로 석유·가스 탐사와 개발은 심해·극지 등에서 이뤄지면서 기술 난이도와 작업의 위험성이 증대된 상황이다. 이에 따라 ICT 등 첨단기술을 활용해서 탐사·개발·생산 과정을 자동화하고 온라인으로 관리하는 디지털 오일 필드digital oilfield 기술이 접목되고 있다. 영국의 최대 정유기업인 BP가 이 기술을 도입해서 운영비의 20~30%를 절감한 사실은 참고할만하다. 광물자원 역시 광산의 내륙화 및 운송의 장거리화로 인해 위험성이 증대된 상황이다. 스마트 마이닝 기술, 즉 ICT 기술을 활용해서 광산 작업공정 전반을 무인화·자동화하는 노력도 필요하다. 호주의 광산업체 리오틴토Rio Tinto는 스마트 마이닝 기술로 운송비의 13%를 절감

하고 장비 가동률을 20% 증대시켰다.[190] 우리도 경쟁력 있는 디지털 기술을 자원 개발 기술과 접목하고 융합하는 시도를 이어가야 한다.

- 한국이 경쟁력을 보유한 ICT, 조선, 플랜트 산업 기술들과 연계하는 자원기술 개발
- 해수에서 리튬 광물자원을 확보하는 기술 등 미래세대를 위한 미래자원 기술 개발 병행
- 미래자원의 경우 단기적 성과보다는 장기적 가능성을 염두에 둔 지속적 연구개발 수행

지속 성장을 가능하게 하는 자원 관리 체계 구축

다른 일반적인 재화와 달리 자원은 그 양이 한정되어 있고, 채굴·생산·소비·폐기에 이르는 전주기 동안에도 다른 자원을 소비하며 환경 문제를 유발한다. 따라서 통합적 차원에서 '지속 성장을 가능하게 하는 자원 관리sustainable resource management' 체계가 필요하다. 경제적으로는 효율성과 경제성장을, 환경적으로는 생태계 유지 및 환경보존을, 사회적으로는 세대 간 지역 간 공정성과 형평성, 안전성을 유지할 수 있도록 해야 한다. 현재뿐만 아니라 미래의 기술과 산업에 대비하기 위한 중요한 자원을 관리할 필요도 있다. 유럽 및 미국 등지에서는 미래기술 전망에 따라 주기적으로 특정 광종에 대해서 매장량 조사, 국제 협력, 대체 및 재활용 기술 개발 등을 통해 중장기 확보 전략을 수립하고 있다.

- 자원순환과 폐기물 정책 같은 환경관리 전략, 산업정책, 빈곤과 복지 문제 등과 연계하는 통합적인 관리 정책 수립

- 미래의 기술과 산업에 대비하기 위한 중요한 자원 선정 및 관리
- 미래의 산업구조와 수요 예측을 통해 필요한 자원의 수급 체계 및 공급 다양화 방안 마련
- 선택과 집중을 통해 신산업 원료광물을 중심으로 핵심 광종을 선정하고 비축전략 마련

북한 광물자원 남북 공동개발 및 활용

남북 관계의 예측은 여전히 쉽지 않다. 그러나 향후 경제협력의 가능성을 전망하면서 전략적 계획을 마련해두어야 한다. 남북 경제협력 고려 시 가장 기대되는 분야는 자원 개발 부문이다. 상호 부족한 부분을 채워줄 수 있기 때문이다.

2020년 한국광물자원공사에 따르면 북한에 매장된 광물자원의 자산가치는 매장량 기준 5,833조 원, 경제성 기준 1,115조 원에 달한다.[191] 북한에 부존된 광물자원은 석탄광 1종, 금속광 22종, 비금속광물 19종 등 42종으로 석탄 광산은 241개, 금속 광산은 260개, 비금속광산은 227개다. 그러나 기술력과 자본의 한계로 더 정밀한 광산 조사는 이뤄지지 못했으므로 실제 매장량은 더 늘어날 수 있다. 향후 남북 자원 교역사업이 성사된다면 석탄, 금, 연, 아연, 동, 철, 중석, 희토류, 마그네사이트, 흑연, 석회석 등의 다양한 광종을 개발할 수 있을 것이다.

한편 북한 광물자원에 대해 중국의 선점이 심화하고 있어 우리 정부의 빠른 대응이 필요하다는 지적도 제기되고 있다. 현재 한국은 자원이 없어 대부분 해외 수입에 의존하고 있다. 그런 측면에서 남북 공동의 번영을 위해 남북 합작의 자원 개발 및 확보가 필요하다. 이전에도 남북 공동개발이 추진된 적은 있다. 남북은 2007년 10·4선언에서 자원 개발

을 적극적으로 추진하기로 하고, 민관 총 4건의 광물자원 개발 사업 추진 성과도 냈지만, 이후 남북 관계가 경색되면서 중단되었다. 현재도 유엔의 대북 제재로 남북 간 광물자원 교류 사업은 어려운 상태다. 하지만 향후 북한의 부존자원에 남한의 4차 산업혁명 기술을 접목한다면 큰 부가가치를 창출할 수 있을 것이다. 북한은 보유 자원을 효과적으로 개발할 수 있게 되고, 한국은 부족한 자원을 장기적·안정적으로 확보할 수 있게 될 것이다.

- 자원의 탐사·개발·생산 및 환경 복원의 전 과정을 추진할 남북 자원 개발 협력 추진체 구성
- 북한 광물자원 매장량의 정확한 산출
- 안정적 전력 공급 등 광산 개발에 필요한 인프라 구축 방안 마련
- 북한의 8대 광산 밀집 지역(정주-운산, 무산, 혜산, 만년, 가무리, 평남 북부 탄전, 안주탄전)의 개발 방향 검토
- 광업의 사양화로 부족해진 고급 광업 기술 인력 양성 및 확보
- 민간기업이 진출할 수 있도록 광산 투자·진출 환경 토대 마련
- 해외 자원 개발과 북한 자원 개발 등의 마스터플랜을 마련해 자원의 가격 상승 즉 '원자재 슈퍼사이클' 상황에 대처

농업과 기술의 만남, 어그테크

기상이변뿐 아니라 코로나19로 인한 외국인 노동자의 입국 불가로 노동 인력의 부족이 겹치면서 농가의 어려움이 컸다. 또 코로나19 여파가 세계의 곡물 수출입 네트워크를 혼란에 빠뜨리기도 했다. 세계 주요 식량 수출국들의 수출 제한과 항공과 선박 등의 물류망 마비로 공급 체계에 균열이 생겼기 때문이다. 글로벌 가치사슬로 연결된 식량 네트워크가 원활하게 연결되지 못하면, 식량 수입 의존도가 높은 국가들은 더 크게 위기를 느낄 수밖에 없다. 우리나라 또한 식량자급률이 50%를 밑도는 식량 수입국이다. 기존의 식량 부족 문제에 더해 코로나 여파가 또 다른 숙제를 던져준 셈이다.

사실 농업·농촌은 나름의 변화를 거듭해왔다. 첨단기술들은 농업·농촌 부문에도 크게 활용되고 있기 때문이다. 미래 농업은 사물인터넷, 빅데이터, AI 같은 4차 산업혁명 기술을 토대로 생산과 소비의 최적화가

이뤄지는 스마트농업이 될 전망이다. 또 농촌 생활 면에서도 다양한 서비스 접근성이 개선되어 편리해질 것이다. 귀농·귀촌 증가, 도농 교류 활성화, 그리고 농촌에서 자급자족하며 다른 직업을 병행하는, 이른바 '반농반X'• 라이프스타일의 확대도 농촌이 새롭게 도약할 수 있는 요인이다.

국내 농업 · 농촌의 기반 취약성

그동안 우리나라의 농업·농촌은 다른 분야와 비교했을 때 상대적으로 큰 발전을 이루지 못했다. 농업 GDP는 꾸준히 증가했으나 성장률은 다른 산업 부문보다 저조했다. 우리나라의 식량자급률도 계속 하락해 국민이 소비하는 식량 가운데 절반 정도를 해외에서 조달한다. 식량자급률은 2019년 기준 45.8%로 집계된다. 92.1%인 쌀 자급률을 제외하면 나머지 곡물의 자급률은 낮은 편이다. 2019년 기준 콩이 26.7%, 옥수수가 3.5%, 밀이 0.7%다.[192] 대부분 수입에 의존한다는 의미다. 특히 미국, 호주, 브라질 등 특정 국가에 대한 높은 수입 의존성으로 식량 안보가 매우 취약한 상황이다.[193]

농촌 인구의 감소와 고령화도 문제다. 통계청이 2019년 발표한 '2018년 농림어업조사 결과'에 따르면 농가는 102만 1,000가구로 1년 전보다 2만 1,000가구(2.0%) 감소, 농가 인구는 231만 5,000명으로 역

• 2015년 출간된 시오미 나오키의 책《반농반X의 삶》(더숲, 2015)에서 나온 말로 농업을 통해 정말로 필요한 것만 채우는 작은 생활을 유지하는 동시에, 저술·예술·지역 활동 등 '하고 싶은 일'과 '해야 하는 일(X)'을 하면서 적극적으로 사회에 참여하는 삶의 방식을 의미한다.

시 10만 7,000명(4.4%) 줄었다. 10명 중 6명은 60세 이상이며, 농가 인구의 평균 연령은 59세, 농가 경영주의 평균 연령은 67.5세로 매년 높아지고 있다. 최근 귀농·귀촌 및 외국인 유입에 힘입어 소폭 증가하기도 했던 농촌 인구는 코로나19의 영향으로 외국인 노동자 수급이 어려워지면서 다시 구조적 취약성을 노출하고 있다. 지자체나 농협중앙회 같은 관련 기관을 중심으로 청년 농업인 육성 사업들이 진행되고 있지만, 농업과 농촌의 활력을 높이려면 젊고 유능한 농업인 육성을 더 확대하고 실무 중심으로 전문화해야 한다.

농가 수익성 정체나 하락으로 도농 간 소득 격차가 커지는 것도 심각한 문제다. 농가의 호당 소득은 2009년 이후 농업소득과 비경상소득의 감소로 2012년까지 줄어들었다. 2012년 이후에는 농업소득과 비경상소득이 증가세로 전환되면서 농가소득이 회복세를 보였다. 그러나 실질농업소득은 1994년 1,734만 원을 정점으로 오히려 감소해 2019년에는 1,026만 원으로 1994년 대비 40% 넘게 줄었다. 2020년에는 1,182만 원으로 반등했지만, 이 역시 1994년 대비 30% 넘게 감소한 수준이다.[194] 농가 평균 소득이 2016년 3,720만 원에서 2020년 4,503만 원으로 4년 만에 20% 넘게 상승하기는 했지만, 이를 도시 근로자 가구(4인 기준) 평균 소득과 비교하면 그 격차는 더 빠르게 벌어지고 있다. 도시 근로자 가구 소득 대비 농가소득 비중은 2000년 80.5% 수준에서 2019년 62.2%까지 하락했다.[195]

농정 패러다임의 변화와 미래전략

농업의 성장 정체와 도농 간 소득 격차는 우리가 풀어야 할 오래된 과제다. 여기에 더해 식량안보, 식품 안전, 환경·에너지·자원 위기 등 새로운 도전 과제가 등장했다. 이를 위해 무엇보다 기술과 환경의 변화를 반영해 농업, 농촌, 식품, 환경, 자원, 에너지 등을 포괄하는 농정 혁신의 틀을 마련해야 한다.

우선 농정의 포괄 범위를 종래의 생산 중심의 접근이 아닌 농업의 전후방 관련 산업과 생명산업 전반을 아우르며 주민의 삶의 질을 고려한 공간 정책으로까지 확대하는 관점이 필요하다. 농정의 추진 방식도 직접적인 시장 개입은 최소화하고, 민간과 지방정부의 역할을 강화해야 한다. 정부는 시장 개입보다 시장 혁신을 유도할 수 있는 제도를 마련하는 데에 치중해야 한다. 정부와 민간, 중앙정부와 지방정부 간의 적절한 역할 분담과 협조 체계를 구축하는 새로운 거버넌스 확립도 필요하다.

또 미래 농정의 비전을 성장, 분배, 환경이 조화된 지속 가능한 농업·농촌으로 삼아야 한다. 발전 목표로는 농업 생산자에게는 안정적 소득과 경영 보장, 소비자에게는 안전한 고품질의 농식품 제공, 후계 세대에게는 매력 있는 친환경 경관과 삶의 질 향상을 제시할 수 있다. 이러한 비전과 목표를 달성하고 농업·농촌의 활력을 유지하기 위해 첨단기술이나 새로운 비즈니스 모델이 도입되어야 한다. 그러나 아직은 4차 산업혁명 기술 적응도가 낮은 상황으로 정부의 고른 지원과 맞춤형 인큐베이팅 시스템이 필요하다.

그 밖에 기후변화에 대응하는 한국의 농업 패러다임의 변화도 생각해 볼 수 있다. 한반도의 온난화가 가속화되고 있는 가운데 새로운 소

득 작목으로 아열대 작물이 주목을 받고 있기 때문이다. 아열대 작물 재배로 소득이 높아지면서 재배 면적은 해마다 증가하고 있는데, 2015년 362ha에서 2017년 428.6ha(채소 326.2, 과수 102.4)로 계속 늘어나고 있다.[196] 이러한 변화와 함께 소비자 기호의 흐름도 고려해야 한다.

첨단 과학기술을 활용한 스마트농업의 보편화

4차 산업혁명은 농업 생산, 유통 및 소비 등 농촌 경제에도 두루 영향을 미치고 있다. AI 등 첨단기술을 기반으로 한 스마트농업이 우리 농촌에도 널리 확대되어, 고능률의 작업 쾌적화 기술이 개발·보급되고 있다. '스마트팜'은 농업에 ICT를 접목해 센서, 정보 통신, 제어 기술 등을 갖추고 빛, 공기, 열, 양분 등 작물의 생육 환경을 시공간의 제약 없이 적절하게 제어해 영농의 효율성을 극대화한 네트워크화된 농장이다. 일례로 전북 김제의 '더하우스THE HOUSE 아침에 딸기'는 ICT기술을 적용한 딸기 농장이다. 2013년 'ICT 융·복합 확산사업'에 참여해 스마트팜 시설을 도입한 후 온실 환경을 안정적으로 관리하면서 최적의 생육 환경에서 딸기를 재배함으로써 생산력을 증대시켰다.[197]

이처럼 첨단기술을 이용한 농작물의 생육 환경 최적화로 생산량을 늘리는가 하면 수확량 예측부터 제초, 선별, 수확 과정에 AI 로봇이 활용되고 있으며, 자율 작업 기술을 이용한 무인 자동 농기계가 곧 상용화될 것으로 보인다.[198] 해외에서는 잡초 제거 로봇LettuceBot을 비롯해 수확 로봇, 자동 착유 시스템AMS, Auto Milking System, 위성 송수신 활용 농기계 시스템 등이 개발되어 실제 사람의 노동력을 대체하고 있다.

국내에서도 농업 자동화 기술과 농업용 로봇의 수요가 증가하면서 시장 규모가 연평균 30% 이상 성장할 전망이다.[199] 이러한 변화는 농장

단위의 스마트팜에서 농업 전후방 산업으로 영역이 확장되고 있기도 하다. 또 인공강우가 실용화되고, 기후변화에 대응, 개발되는 품종이 널리 적용됨으로써 농업 생산의 불확실성을 줄일 것으로 예측된다. 농작물의 생육 환경을 자동 제어해 주문형 맞춤 생산과 사계절 전천후 농산물 생산이 가능한 식물공장이나 고층빌딩을 농경지로 활용하는 '수직농장vertical farm'이 그러한 농작의 예다. 서울 지하철 7호선 상도역 지하 1층에는 도시형 수직농장인 메트로팜이 2019년부터 운영되고 있다.[200] 수직농장은 상하로 쌓인 선반을 통해 협소한 공간에서 생산성을 높이는 방식으로 가뭄, 홍수, 병충해 등의 영향을 받지 않고 1년 내내 생산이 가능하며, 농약과 화학비료로부터 안정적인 먹거리를 생산할 수 있다. 도시 내에서 작물을 생산할 수 있으므로 푸드 마일food miles•을 최소화하는 장점도 있다.

또 최근 국내 농산업 시장에서 큰 폭의 성장세를 보이는 것이 드론 시장이다. 다국적 회계 감사 기업 PwC의 시장 조사에 따르면, 2020년 전 세계 드론 시장의 25%를 농업용 드론이 차지했다. 현재 국내에 보급된 농업용 드론은 병충해 방제용이 대다수지만, 앞으로 토양 상태 측정, 파종, 작물 모니터링 등에 두루 활용될 전망이다.

이처럼 사람을 대신할 수 있는 스마트 기계 개발이 활발하다. 국립농업과학원이 2011년 이후 자율주행 농기계 관련 산업 재산권을 출원했거나 기술을 이전한 건수는 26건에 이른다. 물론 아직 상용화 초기 단계여서 많은 한계가 있지만, 여러 산학연 등에서 연구가 계속 진행 중이다. 이러한 스마트 농기계 연구가 진척되면 인력의 공백도 메우고 영농

• 농산물 등 식재료가 생산지에서 소비자의 식탁에 오르기까지의 이동 거리.

진출의 진입장벽도 낮출 수 있을 것이다.

도시와 농촌의 만남, 공유농업

에어비엔비나 카카오택시 같은 공유경제 시스템을 반영한 '공유 농업' 즉 농업 판 공유경제'도 확대될 전망이다. 공유농업은 농민이 소유하고 있는 농지, 농업 자원, 농업 지식 등을 소비자와 함께 공유하는 새로운 형태의 농촌 프로젝트다. 기존의 주말농장보다 진일보한 방식이라고 할 수 있다. 농업자원을 소유한 생산자와 투자와 소비를 통해 참여하는 소비자가 공유농업 플랫폼 등을 통해 연결되어 생산과 체험 등의 활동을 함께 하게 된다. 이를 통해 소비자는 농촌 활동 참여뿐 아니라 먹거리에 대한 불안감도 해소할 수 있고, 농민은 적정 생산과 공정 가격을 통해 안정된 농업 경영의 기반을 만들 수 있다.[201] 경기도가 플랫폼을 만들어 지원하는 '팜메이트'가 대표적 공유농업의 사례다. 공유농업 프로젝트가 더 활성화되면 공동 경작뿐 아니라 다양한 농촌 체험과 문화예술 활동으로도 접목될 전망이다.

농생명 그린바이오 산업 발전

농업은 농산물을 생산하는 산업인 동시에 동식물 자원 이용 산업으로도 발전할 전망이다. 동식물 자원을 이용한 그린바이오(농생명) 산업은 IT, BT, NT와 융·복합되어 고부가가치를 창출하는 농생명 산업으로 발전할 것이며, 국내 식물 자원을 활용한 식물종자(형질 전환), 바이오에너지, 기능성 제품(천연 화장품, 향료, 의약품), 동물자원을 활용한 가축 개량, 동물 제품(이종 장기, 줄기세포), 동물 의약품, 미생물자원을 활용한 발효식품 등의 산업화도 더 확대될 것이다.

한편 동물과 식물에서 추출된 유효 성분을 바탕으로 만드는 바이오 작물보호제 같은 친환경 제품의 개발에는 큰 비용이 들고 개발 완료까지 상당한 기간이 소요된다. 그런 점에서 정부의 연구개발 지원이 확대되어야 한다. 정부도 생명공학기술 기반의 그린바이오 산업을 미래의 핵심 산업으로 삼아 육성 방안을 발표한 바 있다.[202] 2030년까지 관련 유망 산업을 두 배 이상 성장시킨다는 목표인데, 여기에는 대체 식품, 메디 푸드•, 동물용 의약품 등이 포함되어 있다.

농촌 지역의 6차 산업 활성화

현재까지의 농업은 농산물을 생산하는 1차 산업이었지만, 앞으로는 식품 가공을 통해 부가가치를 창출하는 2차 산업 요소와 서비스 산업이라는 3차 산업 요소가 결합할 것이다. 농촌 체험, 농촌 관광, 휴양, 치유와 힐링, 농식품 전자상거래, 농산물 계약 거래와 선물 거래, 귀농·귀촌(알선, 정보 제공, 교육), 사이버교육, 농업 금융, 농업 정보화, 농업 관측, 외식 서비스, 광고 같은 다양한 비즈니스가 1차 산업인 농업과 연계되는 것이다. 이처럼 1차·2차·3차 산업이 합쳐진 농업을 6차(1×2×3) 산업이라고 부른다. 6차 산업화 개념은 제조 분야의 4차 산업혁명과 궤를 같이하는 개념이다. 농촌 지역의 6차 산업화가 활성화되면, 농업과 연계된 가공, 마케팅, 농촌 관광 등 전후방 연관 산업도 발달하게 된다. 전원 박물관, 전원 갤러리, 테마파크 등이 농촌 지역을 중심으로 발달함으로써 농촌이 문화 콘텐츠 산업의 주요 무대로도 성장할 것이다. 경관 관리사, 귀농 컨설턴트, 문화 해설사, 바이럴 마케터 같은 다양한 신직종

• 질병 예방과 건강 증진 및 치료에 도움이 되는 식품.

이 출현할 수도 있다.

이러한 6차 산업 활성화를 위해서는 이종 산업 간 연대가 필요하다. 농업경영의 주체만으로는 신상품 개발이나 국내외 시장 개척, 지역 브랜드화 등에 한계가 발생하므로 신제품 개발 기술을 가진 식품 제조 업체, 유리한 판매망을 가진 소매업체 등과의 연대가 필요하다.

데이터 기반 디지털 농업[203]

농업agriculture과 기술technology을 결합한 어그테크Agtech가 미래 농업의 키워드가 되고 있는 가운데 농업의 생산·유통·소비 전반에서 디지털 농업으로의 전환이 가속화되고 있다.

디지털 농업은 농업 데이터 플랫폼에서 수집된 생산·유통·소비 데이터를 AI가 분석하고 여기서 도출된 최적의 의사결정을 다시 현장에 적용함으로써 농업 전 과정의 효율성을 증대하고 자원 사용의 최적화를 이루는 것을 의미한다.

우선 생산 분야에서는 기후 정보, 환경 정보, 생육 정보를 자동으로 측정·수집·기록하는 '스마트 센싱과 모니터링', 수집된 데이터(영상, 위치, 수치)를 분석하고 영농 관련 의사결정을 수행하는 '스마트 분석·기획', 스마트 농기계를 활용해 농작업(잡초 제거, 착유, 수확, 선별, 포장 등)을 수행하는 '스마트 제어'의 특성들이 구현되고 있다.

유통 분야에서는 4차 산업혁명 기술을 활용해 농산물 유통 정보의 실시간 공유와 대응이 가능해지고 있다. 블록체인 기술을 접목하면 생산 이후 소비자에게 이르기까지 모든 유통 과정을 추적할 수 있고 사물인터넷 기술로 유통 중 온도와 습도 등을 확인해 변질 상태 등 세밀한 부분까지 관리할 수 있다. 실제로 해외에서는 관련 기술을 활용해 농산

물 유통 혁신을 이루는 대규모 프로젝트(네덜란드의 더스마트푸드그리드The Smart Food Grid, 이탈리아의 미래형 슈퍼마켓, 호주의 애그리디지털Agridigital 등)가 진행되고 있다.[204]

농산물 소비 분야에서는 수요자가 주도하는, 즉 소비자의 요구 사항을 생산자에게 실시간으로 전달하고 이에 맞춰 생산된 제품을 선택·소비하는 온디맨드on-demand 마켓의 확장을 통해 이전과는 다른 소비 행태가 대두될 것으로 보인다.

한편 디지털 농업의 발전을 위해서는 디지털 농업 기술을 활용할 능력을 갖춘 민간 기업의 적극적 참여가 바탕이 되어야 하고, 디지털 농업을 위한 인프라와 법규(농업용 빅데이터 활용 관련 법령, 농축산물 품질·규격 및 상품 코드 표준화 등), 그리고 거버넌스(주관 부서) 체계를 만들어야 한다. 또 디지털 농업에 종사할 전문 인력 양성과 함께 디지털 농업의 도입으로 발생할 기존 농업인들의 경쟁력 약화를 메울 수 있는 장치를 마련해야 한다.

농촌 주민의 삶의 질 향상 및 농촌 공간의 문화 산업화

귀촌 인구 상당수는 젊은층이다. 이들은 농촌에 살면서 반은 자급적 농업에 종사하고 나머지 반은 저술, 마을 만들기, 자원봉사, 예술 창작 활동, 향토 음식 개발, 지역 자원 보전 활동 같은 자신이 하고 싶은 일을 병행하는 반농반X의 라이프스타일을 가지는 경우가 많다.

따라서 젊은 귀농인들이 다시 도시로 돌아가는 것을 방지하는 차원에서 기존 지역민들과의 융합 및 농촌에서의 소득 활동에 대한 체계적인 지원이 필요할 것이며, 농촌의 정주 환경을 개선하는 동시에 생활 서비스 접근성도 높여 농촌을 국민 전체에게 열린 삶터로 조성해야 한다.

자연환경 보전, 역사문화 자원 보전, 농촌 어메니티 자원의 발굴과 가치 제고 등을 통해 '농촌다움rurality'을 가꾸어 새로운 경쟁력의 원천으로 활용해야 한다. 삶의 질을 중시하는 젊은 세대의 라이프스타일에 부응할 수 있도록 자연, 경관, 문화를 보전해 미래 수요에 대비함으로써 농촌 발전의 잠재력을 증진하는 것이다.

한편 농촌 공간을 관광지 또는 문화 공간으로 확장해가는 시도도 필요하다. 가령, 세종시의 경우 팜카페·아카데미 형태의 농장을 조성해 도시민과 함께 즐기고 참여하는 농업 활성화를 추진하고 있다. 과수 체험장과 파머스마켓 등이 완비된 농촌 테마공원 사업을 통해 농촌 관광 자원을 개발하기 위한 '농촌 관광 중장기 계획(2021~2025년)'을 수립하기도 했다.[205] 또 농촌진흥청도 지역별로 특화된 농촌 관광 프로그램인 '우리 농촌 갈래?'를 소개한 바 있다.[206]