

IFS 국가 정책 제안 탄소중립의 산업·안보 전략화와 한국형 녹색전환(K-GX)

서울대 화학생물공학부 윤제용 교수
서울대 공학전문대학원 구윤모 교수
울산과학기술원(UNIST) 이상훈 초빙교수
숙명여대 기후환경에너지학과 안영환 교수
ESG네트워크 고철(高哲·古鐵)연구소 김경식 소장
한국경제인협회 뉴K-산업팀 이제훈 박사
서울대 기술경영·경제·정책전공곽정원 연구원



1 목표 중심 감축정책에서 실행 중심 산업전환으로

탄소중립의 의제화와 정책 전환

- 주요국들은 감축 목표를 유지하면서도 자국 산업 보호, 화석연료 전략적 활용, 핵심 공급망 확보를 병행하고 있음. 기후정책은 산업 경쟁력·에너지 안보·기술 주도권과 결합된 국가 전략 수단으로 전환되고 있음. 특히 EU(NZIA)·미국(IRA)·일본(GX 전략)의 보조금 중심 산업정책을 넘어, 한국은 전력·수소·AI를 융합하는 차별화된 산업 생태계 통합 설계가 요구됨
- 에너지 안보의 범위는 자원 확보에서 전력의 안정적 공급, 기술 주도권, 공급망 회복력 강화까지 확장되고 있음. 한국의 NDC(국가 온실가스 감축목표) 이행 전략은 감축 목표 달성과 함께 산업 경쟁력·에너지 안보·경제적 실리를 통합적으로 고려하는 방향으로 설계될 필요가 있음
- 그간 감축정책은 목표를 먼저 설정하고 수단을 후속 보완하는 방식으로 추진되었음. 실행력 제고를 위해서는 기술 도입 시기, 비용 구조, 산업 파급효과를 사전에 반영하는 설계 방식으로 전환이 필요함

K-GX의 3대 축과 5+1 우선과제

- 2035 NDC가 감축 목표 의제라면, K-GX(Korea Green Transformation)는 이를 산업 성장 전략으로 전환하는 프레임임. 기후위기 대응을 비용 부담이 아니라 저탄소 제조 경쟁력 확보와 신시장 창출의 기회로 접근해야 함
- 이를 위해 K-GX를 ① 에너지 전환(무탄소 전력 공급 및 전력망 선제 구축), ② 산업 전환(난감축 산업의 공정 혁신 및 신시장 창출), ③ 시스템 전환(전력·수소·AI·데이터 기반 인프라의 통합 설계)의 3대 축으로 구성할 것을 제안함
- 3대 축의 구체적 실행 의제로 5+1 우선과제를 제시함: ① 경쟁력 있는 무탄소 전력 대전환, ② 철강 중심 주력 제조업 전환, ③ 단계별 수소 공급 포트폴리오 구축, ④ 지역 균형 발전과 GX 전환, ⑤ 민간 중심 시장 생태계 구축이며, 여기에 +⑥ AI·데이터 기반 정책 전환이 5대 과제를 횡단하는 실행 기반으로 결합됨

[그림 1] K-GX 5+1 전략 구조도



2 K-GX 성공을 위한 5+1 핵심 우선과제

① 경쟁력 있는 무탄소 전력 대전환

- 원활한 산업전환의 전제 조건은 전력 부문의 신속한 전환이며, 그 최우선 과제는 안정적이고 경쟁력 있는 전력 공급과 전력망 확보임. 단기간 내 재생에너지 설비를 약 3배(2030년 100GW) 확대해야 하는 만큼, 가격 경쟁력과 공급 안정성, 전기화 수요 대응력을 동시에 충족하는 전력 시스템 혁신이 요구됨
- 재생에너지 입지의 대규모 발굴과 공급으로 발전단가 하락을 유도하고, 단기적으로는 기존 전력망을 효율적으로 활용할 수 있도록 관련 규정과 기준을 정비해야 함. 재생에너지 확대의 병목인 전력망을 '국가 전략 인프라'로 규정하여 공공 주도 선제 투자와 인허가 신속화를 추진하되, 대규모 인프라 확충에 따른 입지·송전 갈등을 극복하기 위한 사회적 수용성 확보와 합리적인 인허가 혁신 절차가 반드시 병행되어야 함
- 호남·서해안 재생에너지를 수도권 등 산업 수요지로 연계하는 HVDC(고압직류송전) 구축과 함께, ESS(에너지저장장치)·수요반응(DR) 등 계통 유연성 자원의 선제적 확충과 재생에너지·원자력 보완적 전원 믹스 최적화가 병행되어야 함

② 철강 중심 주력 제조업 전환

- 경쟁력 있는 무탄소 전력을 동력 삼아 철강 중심의 주력 제조업 탈탄소 전환을 가속해야 함. 철강은 제조업 중 최대 배출 업종이자 후방 파급효과가 큰 기초 소재 산업이며, CBAM(탄소국경조정제도)의 일차 대상이자 수소 공급 등 시스템 전환이 수반되어야 하는 난감축 업종이라는 점에서 K-GX 산업 전환의 대표 과제로 선정함
- 전환 전략은 단기와 장기를 구분해 설계해야 함. 단기적으로는 저탄소 원료(펠렛·HBI) 사용, 전기로(EAF) 도입, 공정 효율 개선으로 배출을 감축하고, 장기적으로는 수소환원제철 중심으로 고로 체계를 단계적으로 전환해야 함
- 전환은 개별 기업보다 산업단지·클러스터 단위 접근이 효율적임. 공동 인프라 구축으로 초기 투자 리스크를 분산하고, 저탄소 철강의 초기 수요 창출과 비용 격차 완화를 위한 공공조달·저탄소 인증제도·탄소차액지원제도(CcFd)·보조금(CAPEX/OPEX)·녹색프리미엄 제도를 병행해야 함

[표 1] 전력 및 철강 부문 전환 로드맵

구분	단기 (~2030)	중기 (2030~2040)	장기 (2040~2050)
전력 부문	<ul style="list-style-type: none"> - 재생에너지 100 GW 확충 (2025년 37 GW → 약 3배 확대) - 전력망 국가 전략 인프라 지정·선제 투자 - HVDC 구축, ESS·수요반응(DR) 등 유연성 자원 확충 	<ul style="list-style-type: none"> - 재생에너지·원전 보완 포트폴리오 구축 - 스마트 배전망 및 유연성 시장 활성화 	<ul style="list-style-type: none"> - 전기화·수소 생산 수요의 안정적 대응 - 무탄소 전력 믹스 고도화
철강 부문	<ul style="list-style-type: none"> - 저탄소 원료 사용 / EAF 도입 / 부생가스 활용 고도화 - HyREX 30만 톤 실증 플랜트 건설 (2026~2028) 	<ul style="list-style-type: none"> - 실증 운전 검증 및 상용화 설계(~2035) - 250만 톤 상용 1호기 건설(~2037) - 공동 수소·전력 인프라 조성 	<ul style="list-style-type: none"> - 250만 톤 상용 가동(2038~) - 무탄소 수소 25만 톤/년 공급 / 1호기 약 500만 톤 감축 - 고로 체계 단계적 대체

③ 단계별 수소 공급 포트폴리오 구축

- 제조업 대표 업종인 철강 산업의 성패는 수소 경제의 성공적 안착과 직결됨. 가격 경쟁력을 갖춘 무탄소 수소 공급체계가 선행되어야 하나, 현재 그린수소는 경제성이 낮아 단기간 내 대규모 산업 수요를 충당하기 어려움
- 원자력 기반 핑크수소는 경제성 있는 무탄소 수소를 안정적으로 공급하고, 재생에너지 확대 과정의 전력망 부담과 간헐성 문제를 보완할 수 있는 기반 공급원으로 활용될 필요가 있음. 이를 바탕으로 해외 청정수소 도입과 국내 그린수소 확대를 병행하는 단계적 포트폴리오가 필요함
- 생산기술 선택을 넘어 저장·운송·항만·배관망·인증제도까지 포괄하는 통합 수소 인프라를 선제적으로 구축하고, 민간의 장기 투자 결정을 뒷받침하는 시장 구조를 마련해야 함

④ 지역 균형 발전과 GX 전환

- 전력망·산업 공장·수소 인프라 등 핵심 과제는 결국 '지역 현장'에서 구현되어야 함. 녹색전환이 수도권 중심으로 전개될 경우 비수도권의 산업 기반 약화와 고용 충격이 심화될 수 있으므로, K-GX는 지역의 산업 구조·인프라·고용·교육체계와 연계되어야 함
- 재생에너지 잠재력이 높은 권역은 전력·수소 생산 허브로, 기존 제조업 기반이 강한 권역은 저탄소 클러스터 거점으로 특화하고, 지방정부가 지역 전환의 공동 설계자로 참여할 수 있도록 재정 지원·규제 특례 체계를 마련해야 함
- 지방정부·기업·대학이 협력하여 인재 양성 및 R&D 사업화를 이끄는 자생적 지역 혁신 생태계를 구축할 필요가 있음

[표 2] 단계별 수소 공급 포트폴리오 구축 로드맵

구분	단기 (~2030)	중기 (2030~2040)	장기 (2040~2050)
주요 공급원	- 원자력 기반 핑크수소 중심 공급 기반 구축 - 그레이·블루 수소의 보완적 활용	- 해외 청정수소 도입망 본격화 - 핑크수소 안정적 병행 운용	- 국내 그린수소 비중 확대 - 재생에너지 연계 수소 생산체계 정착
핵심 과제	- 경제성 있는 무탄소 수소 공급 기반 확보 - 재생에너지 확대에 따른 전력망 부담·간헐성 보완 - 초기 산업 수요 대응 및 공급 안정성 확보	- 운송·저장·항만 등 인프라 확충 - 국제 공급망 네트워크 구축 - 안정적 수입·국내 공급체계 연계	- 국내 생산 비용 경쟁력 확보 - 재생에너지 연계 생산 확대 - 그린수소 시장 자립 기반 구축
정책 방향	- 핑크수소 법·제도 정비 - 수소 인증·가격 체계 구축	- 해외 도입 계약 및 법제화 - 배관·항만 등 통합 인프라 설계	- 국내 그린수소 시장 고도화 - 민간 투자 중심 생태계 확립

⑤ 민간 중심 시장 생태계 구축

- 지역 단위의 대규모 인프라 투자를 정부 자원만으로 감당하기 어려우므로 민간 자본이 자발적으로 유입되는 시장 생태계가 필요함. 이를 위해 정부는 저탄소 철강·무탄소 수소 등 난감축 분야에서는 공공조달 의무화·저탄소 인증제도·탄소차액지원 제도(CCfD)를, 재생에너지 발전 분야에서는 경쟁입찰·장기구매 계약을 통해 수요 시장을 창출해야 함
- 탄소가격·정책금융·공공조달·인증제도는 개별 수단이 아닌 하나의 시장 설계 패키지로 결합되어야 하며, 정부는 초기 위험을 분담하고, 민간이 투자와 사업 확산을 주도하는 역할 분담 구조가 정립되어야 함
- 대기업 중심 투자를 넘어 중소·중견기업, 지역 기반 사업자, 유연성 시장·VPP(가상발전소)·ESS 등 신규 플레이어가 참여 가능한 다층적 자본 유입 구조를 확립해야 함

+⑥ AI·데이터 기반 정책 전환

- 5대 우선과제가 유기적으로 작동하려면 이를 통합 제어·최적화하는 K-GX의 '운영 OS'로서 AI·데이터가 결합되어야 함. AI는 전력 수요 예측·산업 공정 최적화·배출 모니터링의 핵심 수단인 동시에 데이터센터 전력 소비 증가 요인이므로, 'AI for Green'(AI를 활용한 감축 가속화)과 'Green for AI'(AI 자체의 에너지 효율 향상)를 동시에 추진해야 함
- 부처별로 분산된 에너지·환경·산업 데이터를 통합·표준화하는 국가 GX 데이터 플랫폼을 구축하고, 개방형 데이터 연계체계(API)와 고품질 특화 데이터셋을 민간에 제공하여 혁신 서비스 개발과 확산을 지원해야 함
- AI와 탄소중립 정책을 통합 추진하는 범부처 거버넌스 체계와 컨트롤타워를 구축하고, 신기술·신서비스의 신속한 시장 진입을 위한 유연한 규제 환경을 마련해야 함. AI 3대 강국 전략 및 제조업 AI(M.AX)와 K-GX의 연계는 에너지·산업·AI 동반 성장 모델로 작동할 수 있음



3 실행 중심 정책 설계와 K-GX 추진 방향

■ 실행 중심 정책 설계로의 전환

- 목표를 먼저 제시하고 수단을 후속 보완하는 설계 방식은 이행 리스크를 확대함. 기술 도입 시기·비용 구조·산업별 감축 여력·글로벌 통상 환경을 사전에 반영하는 시나리오 기반 정책 설계를 정착시켜야 함
- 배출권거래제·탄소세로 확보된 재원을 R&D·인프라·초기 보급 등 산업 전환 투자로 환류하는 '(가칭) 산업 탈탄소화 기금'을 법제화하고, 다년도 투자 프로그램으로 예측 가능한 자원 배분 구조를 마련해야 함
- 산업별 기술 성숙도와 전환 경로에 따라 R&D·실증 지원(기술 개발), 공공조달·정책금융(초기 시장 형성), 시장 경쟁 촉진·규제 정비(상용화) 등 단계별 정책 수단이 필요함

■ K-GX의 추진 방향과 과제

- K-GX는 온실가스 감축 방어책이 아니라 에너지·산업 구조를 재편하는 국가 경쟁력 전략임. 녹색전환은 규제 부담이 아닌 저탄소 제조 경쟁력 확보와 신시장 창출의 기회로 인식되어야 함
- NDC 달성의 성패는 무탄소 전력·철강 전환·수소 조달·지역 혁신·시장 생태계·AI 기반 운영 혁신이 얼마나 유기적으로 맞물리는가에 달려 있음. 특히 전력·수소·산업·디지털 기술을 연결하는 통합 시스템 구축이 전환 비용과 속도를 좌우할 것임
- 2035 NDC는 탄소중립, 산업 경쟁력, 지역 균형 발전을 동시에 실현하는 국가 중장기 전략으로 재정의되어야 함. K-GX는 목표와 수단, 비용과 효과, 기술과 시장 여건이 통합적으로 고려되는 실행 프레임으로 작동해야 함

[표 3] 기존 정책 방식과 K-GX 제안 방식 비교

구분	기존 정책 방식	K-GX 제안 방식
설계 방식	- 탑다운식 감축 목표 우선 설정 - 수단을 후속 보완하는 방식	- 기술·비용·산업영향 사전 반영 - 시나리오 기반 실행 중심 설계
탄소비용 성격	- 규제 목적의 단순 비용 징수 - 세수 확보 및 페널티 기능에 국한	- 산업 탈탄소화 기금으로 환류 - 다년도 투자 프로그램으로 R&D·인프라 재투자
정책 적용	- 전 업종 일괄 규제 및 단일 속도 - 동일 수단·동일 일정 적용	- 산업별·단계별 맞춤형 패키지 - 기술 성숙도·전환 여력에 따른 차등 적용
역할 분담	- 정부 재정 주도 - 민간은 수혜·이행 대상에 국한	- 정부 위험 분담 + 민간 투자 주도 - VPP·ESS 등 신규 플레이어 참여 확대