



에너지부문 녹색기술혁신 우선순위 결정요인 분석: 기술 성숙도를 넘어 경제적 실효성과 전략적 시급성을 중심으로

이재석 · 박상규*

Determinants of Priority in Energy Green Technologies: Beyond Technological Maturity to Economic Practicality and Strategic Urgency

Jae-Seok Lee · Sang-kyu Park*

Received 12 February 2026 Revised 15 March 2026 Accepted 22 March 2026 Published online 25 March 2026

ABSTRACT This study focuses on green technologies within the national climate-technology classification and proposes finance-based strategies to accelerate innovation. Using analytic hierarchy process, we find that economic factors (52.7%) outweigh socio-environmental (29.8%) and technological (17.4%) considerations. When these importance weights are applied to the national climate-technology classification, mitigation technologies exhibit a significantly higher priority for innovation than adaptation technologies. Specifically, ‘greenhouse gas fixation’ and ‘energy demand-side’ technologies emerge as the most critical areas for immediate R&D focus, accounting for 29.1% and 23.4% of total importance, respectively.

Key words AHP(계층화분석법), Green technology(녹색기술), Innovation(혁신), Priority(우선순위)

Nomenclature

AHP : Analytical Hierarchical Process

CI : Consistency Index

CR : Consistency Ratio

Research Fellow, Center for Energy Information and Statistics,
Korea Energy Economics Institute

*Corresponding author: skpark@keei.re.kr

Tel: +82-52-714-2022

Fax: +82-52-714-2082

1. 서론

친환경 에너지로의 전환은 경제 구조의 저탄소화 과정에서 신규 시장 창출과 고용 확대를 동반하는 성장 기회로 평가된다. 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)는 2030년경 친환경 에너지 기술의 글로벌 시장 규모가 현 수준 대비 3배 이상 확대되어 연간 약 6,500억 달러에 이를 것으로 전망한 바 있다.^[1] 또한 에너지 부문의 녹색 전환이 본격화될수록 향후 수십 년에 걸쳐 녹색기술 수요의 구조적 증가가 지속되면서 관련 산업의 시장 규모와 고용 기반이 중장기적으로 확대될 가능성이 크다. 이러한 기대에 기반해 각국 정부와 기업은 에너지 부문 녹색기술을

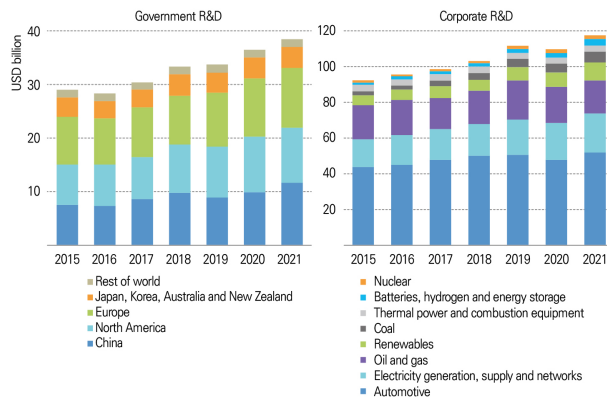


Fig. 1. Trends in energy research and development in the public and corporate sectors^[1]

경제성장 동력인 동시에 기후 위기 대응의 핵심 수단으로 자리매김하고, 기술혁신을 촉진하기 위한 정책적 지원, 금융지원 및 민·관 투자 확대를 강화하는 추세이다(Fig. 1).

하지만, 에너지 부문 녹색기술의 개발과 혁신을 위한 투자는 여전히 필요 수준에 미달하는 것으로 평가된다. IEA의 넷제로 로드맵에 따르면, 지구 평균기온 상승폭을 1.5°C 이내로 제한하기 위해서는 2030년 재생에너지 투자 규모가 2023년 추정치(1조 8천억 달러) 대비 약 2.5배 확대된 연간 4조 5천억 달러 수준에 도달해야 한다고 전망하였다.^[2] 또한 2050년 탄소중립 달성을 위해서는 배출 저감 기술 및 인프라 부문에 대한 자본 지출이 현재 대비 연간 최대 3조 5천억 달러 증가한 연평균 9조 2천억 달러 규모로 확대될 필요가 있다고 전망하였다.^[3]

일반적으로 녹색기술은 성숙 및 상용화에 이르기까지 장기간의 연구개발과 실증·확산 과정이 요구되며, 이 과정에서 지속적이고 충분한 자금조달이 핵심 제약요인으로 작용한다. 해외 주요국은 정부 예산을 활용한 직접지원 외에도, 녹색기술 혁신을 촉진하기 위해 자본투자, 융자 및 대출 우대 등 다양한 형태의 금융 프로그램을 운영하고 있다. 우리나라 역시 기술담보대출, 기술평가 기반 보증, 모태펀드 등 기술 금융 프로그램을 통해 녹색기술 혁신 지원을 추진해 왔다. 다만 지원 방식이 정부 보조금 중심으로 편중되어 있다는 한계가 지속적으로 제기되고 있으며, 주요국에 비해 지원 규모가 제한적이다.^[4]

비용 효과적인 녹색기술 혁신을 달성하기 위해서는 지원의 시급성과 효율성을 고려한 핵심 전략 기술의 선별이 선행

되어야 한다. 이를 위해 그간 녹색기술의 우선순위 설정에 관한 다각적인 연구가 수행되어 왔으며, 특히 국내에서도 경제적·기술적·사회적 측면을 아우르는 복합적인 평가 기준을 정립하려는 시도가 지속되어 왔다.^[5~9] 국내 선행 연구들은 에너지 부문의 기술혁신을 위한 핵심 요인을 체계화하고 객관적인 지표 체계를 구축함으로써, 기술 선정의 이론적 토대를 마련했다는 점에서 그 학술적 기여를 인정받고 있다.

그러나 기존 연구들은 주로 정책적인 기준 제시에 국한되거나, 특정 기술군의 기술 선택에 치중하였다는 한계를 지닌다. 연구 범위가 녹색기술 전반이 아닌 재생에너지 또는 발전 부문의 온실가스 감축 기술 등 특정 분야에 편중되어 있어, 국내 기술별 현황을 면밀히 반영하고 우리 실정에 부합하는 포괄적인 녹색기술 우선순위 모델을 제시하기에는 다소 부족함이 있었다.

이에 본 연구에서는 국내 녹색기술개발의 특성과 기술개발 수준, 그리고 개별 기술의 고유한 속성을 종합적으로 분석하여 실효성 있는 우선순위 도출을 시도하고자 한다. 본 연구는 단순한 판단 기준의 설정을 넘어, 평가 지표의 가중치 산정과 더불어 개별 기술 단위의 구체적인 우선순위를 도출하고 그 산정 근거를 심층적으로 분석하였다. 특히 분석 결과를 바탕으로 정책적 시사점까지 제시하고 있다는 점에서 기존 연구와 차별화된 학술적·정책적 의의를 갖는다. 본 연구의 결과는 향후 우리나라의 녹색기술 혁신을 비용 효과적으로 견인하기 위한 전략적 방향성을 제시하는데 이바지할 것으로 기대된다.

2. 자료 및 방법론

2.1 AHP 개요

본 연구에서는 녹색기술 개발 수준에 따른 우선순위를 도출하기 위해 AHP 분석을 수행한다. AHP 분석은 한정된 자원을 효율적으로 배분할 목적으로 성과 평가를 수행하는 다기준 의사결정(multi-criteria decision making) 분석 방법이다.^[10~12] AHP 분석에서는 인간의 사고 과정과 유사한 방법으로 문제를 구조화하고, 평가 요소 간 상대적 중요도를 도출해 대안들의 선호도를 비율적으로 측정하여 정량적인 결과를 도출할 수 있다. 따라서, AHP 분석은 신기술

선택의 문제, 시스템 설계, 예비타당성 조사에서 주로 사용된다. AHP는 일반적으로 평가 항목을 개념화한 후, 평가 기준을 확정하고, 계층구조를 설정하는 절차로 수행된다.

평가 항목별 $n C_2$ 회 쌍대 비교를 수행하면 상대적 가중치를 도출할 수 있고, 이를 통해 식 (1)의 상대적 가중치 행렬을 도출할 수 있다. 이후 응답 값과 고유치 방법을 사용해 의사결정 요소들의 상대적 가중치 벡터와 고유치를 추정한다(식 (2)). 여기서 λ_{max} 는 행렬 A 의 최대 고유치(maximum eigenvalue)이다. 추정 결과를 바탕으로 일관성 지수(Consistency Index, CI)를 산출한다(식 (4)). 이후 일관성 비율(Consistency Ratio, CR)을 구해 응답자의 응답 일관성을 평가한다. 본 연구에서는 조사의 피드백을 주고받는 대신 응답 상황에서 직접 일관성 비율을 자동으로 계산해 응답자의 일관성을 실시간으로 보정하였다.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$a_{ij} = w_i/w_j \quad (i, j = 1, \dots, n), a_{ij} = 1/a_{ji} \quad (2)$$

$$A \cdot w' = \lambda_{max} \cdot w' \quad (3)$$

$$\begin{aligned} CR &= CI/RI \\ CI &= (\lambda_{max} - n)/(n-1) \\ RI &= \text{Random index} \end{aligned} \quad (4)$$

개별 평가자의 평가를 종합하는 방법으로는 개인의 쌍대 비교행렬에 고유벡터 계산법을 적용하여 가중치와 평점에 대한 우선순위 벡터들을 구한 뒤, 이 벡터값들을 기하평균하는 방법을 적용하였다.

2.2 중요도 평가 기준 및 계층구조 설정

혁신 수요가 높고 정책적 우선순위가 큰 녹색기술을 도출하기 위해, 본 연구에서 활용한 AHP 모형은 분석 요소는 1) 선행 연구 분석 2) 전문가 자문 이상의 2단계로 진행하였다. 먼저, AHP 조사 설계를 하기 전에 국내외 선행 연구 문헌을 검토하여 녹색기술의 혁신에 고려되는 우선순위 요인들을 살펴보고 이들 결과를 종합하여 기술의 정책평가 속

Table 1. Criteria for green tech priority : Lit review result

Level 1 (Factor)	Level 2 (Attributes)
Economic	Initial Investment Cost, Availability of Green Financing, Maintenance Cost, Return on Investment (ROI), Payback Period, Technology Life Cycle Cost (LCC), Market Potential, Job Creation, Price Competitiveness, Sustainability
Technical	Energy Efficiency, Resource Consumption, GHG Reduction, Technical Reliability, Technical Durability, Technology Readiness Level (TRL), Technical Potential, Interoperability with Other Technologies, Technical Recyclability, Technical Complexity, System Compatibility, Technological Advantage over Other Countries, Scalability, Technical Flexibility
Socio-Environmental	Social Acceptance, Employment, Health and Safety, Social Equity and Justice, Cultural Impact, Education, Community Cohesion, Quality of Life, Aesthetic (Visual Pollution) Impact, Social Resilience

성을 구성하였다(Table 1). 녹색기술 기준 선정과 관련된 선행 연구 분석 결과, 경제 요인, 기술 요인, 사회·환경 요인으로 대분류를 구성하였다.

이후, 작성된 초안을 기반으로 연구진 브레인스토밍과 전문가 자문을 거쳐 최종적으로 결정된 녹색기술 중요도 평가 기준을 결정하였다. 추가로 작성된 속성모형 초안은

Table 2. Criteria for green tech priority

Level 1 (Factor)	Level 2 (Attributes)
Economic	Profitability
	Stability
	Cost
	Spill-over Effect
Technical	Technological Competitiveness
	Development Difficulty
	Technological Scalability
Socio-Environmental	Mitigation Effect
	Environmental Improvement
	Urgency
	International Affairs

재생에너지 사업 및 금융 전문가 의견을 수렴하여 수정·보완하였다. 그 결과, 경제 요인·기술 요인·사회·환경 요인을 대항목으로 설정하였다(Table 2).^[13~25]

먼저, 경제 요인 1) 녹색기술 혁신으로 창출될 수익 및 수익의 안정성,^[13~16] 2) 혁신 수행에 소요되는 비용,^[5,14] 3) 기술 개발 이후 산업의 전·후방 연관효과(파급효과)^[6,13,15]를 포함하였다. 세부적으로 살펴보면, 녹색기술 혁신으로 창출될 수익 요인은 충분한 잠재적 수요로 기대 수익이 높을 것으로 기대되는 기술에 대한 중요도를 평가하였고, 수익의 안정성은 신기술 개발 및 상용화 성공으로 인한 투자 금액의 손실 가능성이 낮은 기술에 대한 중요도를 평가하였다. 비용 요인은 기술의 신기술 개발 및 상용화를 위해 필요한 재무적·시간적 비용이 낮은지를 평가하였고, 파급효과 요인은 신기술 개발에 따른 고용, 부가가치 등 국가 경제에 미치는 영향과 그 규모를 평가하였다.

다음으로, 기술 요인은 국내 기술 수준을 반영할 수 있도록 기술경쟁력,^[6,9,17~19] 개발난이도,^[14,20] 기술 확장성(적용·확산 가능성)^[5,13,18,21]을 고려하여 평가하였다. 기술경쟁력은 다른 국가 및 다른 기술과 비교하여 우위 경쟁력을 가지는 기술인지를 평가하고, 개발난이도는 기술 개발 및 혁신을 위한 기술 개발의 난이도가 높고, 모방이 어려운 기술인지를 고려하여 우선순위 중요도를 평가하였다. 그리고, 국내·외로의 기술 확장 가능성 및 지속적 개발 가능 기술에 대한 중요도도 평가하였다.

마지막으로 사회·환경 요인은 기술에 대한 현행 및 향후 정책 지원의 적합성을 평가하기 위한 항목으로 감축 효과,^[5,13,14,18,22] 환경영향^[5,16,23~25] 시급성, 대외 여건^[5]을 중심으로 녹색기술 혁신의 주요 요인을 판단하도록 설계하였다. 최근 기후 위기 대응 필요성이 높아짐에 따라 온실가스 감축 효과에 대한 평가를 녹색기술 우선순위 선정을 위한 주요 세부 요인으로 추가하였으며, 기존 기술 대비 환경(온실가스 배출 외)에 미치는 악영향이 낮은 기술에 대한 평가도 포함하였다. 최근 공급망 이슈 등 자원 안보에 대한 중요성이 높아지면서 고갈 가능성이 높은 기존 자원을 대체할 가능성이 높은 기술에 대한 평가와 대외환경의 변화로 인한 대응 필요성도 사회환경 요인의 세부 평가 요인으로 포함하였다.

2.3 응답자 구성

본 연구의 대분류 및 세부분류 요인에 대한 평가 지표 설정과 중요도 산출은 정책·기술·금융 분야의 전문가 15명(각 분야별 5명)을 대상으로 수행되었다(Table 3). 전문가 그룹은 국내 녹색기술의 현주소를 고려하여 각 평가 항목의 우선순위 도출을 위한 전문적 판단 정보를 제공하였다. 각 전문 분야를 평가단에 포함한 구체적인 배경은 다음과 같다.

첫째, 에너지 정책 분야는 녹색기술이 국가 탄소중립 목표 및 에너지 수급 계획과 밀접하게 연계되어 있다는 점을 고려하였다. 정책 전문가들은 정부의 중장기 로드맵을 바탕으로 기술 보급의 시급성과 규제 환경을 분석하여, 기술 혁신이 국가 정책 기조와 정합성을 이루는지 평가하였다. 다음으로, 녹색기술 분야는 개별 기술의 난이도와 국산화 가능성, 환경적 파급 효과 등 기술적 타당성을 정밀하게 검토하기 위함이다. 기술 전문가들은 국내외 기술 격차와 상용화 단계를 객관적으로 심사함으로써, 자원 투입 대비 혁신 성과를 극대화할 수 있는 유망 기술을 선별하는 역할을 수행하였다. 마지막으로, 금융 분야는 기술 혁신의 경제적 실효성과 시장 도입 가능성을 진단하기 위해 포함되었다. 아무리 우수한 기술이라도 시장에서 활성화되기 위해서는 자본 유입의 용이성과 비용 효율성 등 경제적 검토가 필수적이기 때문이다. 금융 전문가들은 시장의 관점에서 기술

Table 3. AHP brainstorming and survey participants

Group	Sector
G1, Green Technology	Academia
	Industry
	Academia
	Research Institute
	Research Institute
G2, Finance	Research Institute
	Academia
	Government-owned Bank
	Academia
	Academia
G3, Energy Policy	Academia
	Academia
	Academia
	Academia
	Research Institute

의 가치를 평가하여 실질적인 자산화 및 투자 가능성을 분석하였다.

2.4 기술분류

본 연구에서 녹색기술의 체계적 분류와 우선순위 산정을 위해 국가 기후 기술 분류체계를 적용하였다(Table 4).^[26] 국가 기후 기술 분류체계는 기술의 목적과 특성에 따라 크게 감축, 적응, 그리고 감축·적응 융복합의 세 가지 범주로 구분된다. 감축은 자원 활용의 효율화를 통한 인류의 조정 활동 및 온실가스 흡수원 증대 활동으로 정의되며, 적응은 기후변화로 인해 실제 발생하거나 예상되는 영향에 대해 조절해 나가는 과정을 의미한다. 감축·적응 융복합의 경우 두 부분의 기술이 병용되거나 다기술이 결합된 분야로 정의되나, 감축과 적응 기술을 동시에 포함하는 다분야 중첩 특성으로 인해 기술 경계가 불명확하고 분류의 일관성 확보가 어렵다는 한계가 있다. AHP분석을 위해서는 속성의 독립성을 강조하기 때문에 이에 본 연구는 분석의 명확성과 비교 가능성을 제고하기 위해 융복합 범주를 분석 대상에서 제외하고, 대분류 수준에서 감축과 적응의 2개 범주를 중심으로 평가 체계를 구성하였다.

상세 분류를 살펴보면, 먼저 감축 기술은 배출량을 줄이

는 온실가스 저감과 이를 흡수하는 온실가스 고정으로 분류되며, 이 중 저감 기술은 다시 발전 전환, 에너지 저장 운송, 에너지 수요로 구체화된다. 발전 전환은 에너지 생산 및 공급 단계에서 요구되는 기술로서 비재생에너지(원자력, 핵융합, 청정 화력 발전·효율화), 재생에너지(수력, 태양광/열, 지열, 풍력, 해양, 바이오, 폐기물), 신에너지(수소 관련 기술)를 포함하며, 에너지 저장 운송은 저장 기술과 송배전·전력IT 기술을, 에너지 수요는 산업 전반의 에너지 수요관리 기술을 포괄한다. 마지막으로 적응 기술은 농업·축산, 물관리, 기후변화 예측 및 모니터링, 해양·수산·연안, 건강, 산림·육상의 6개 분야로 구분된다. 6개의 속성을 직접 비교를 수행할 수 있으나, 이는 인간이 처리할 수 있는 쌍대 비교의 한계값(7±2개 속성)에 가까우며, 이를 하위 계층으로 분리하여 완화할 수 있다.^[27] 따라서 유사 속성을 국토관리와 기타 속성으로 구분 처리할 경우 쌍별 비교 횟수가 감소하여 AHP 응답의 전반적인 효율성이 향상되고, 의사결정자의 인지적 부하를 경감하여 응답 정확도를 향상할 수 있다.^[28] 본 연구는 오응답에 대한 재조사를 회피하고, 응답의 정확도를 향상시키기 위하여 6개의 속성을 하위 속성으로 분류하여 응답을 수행했다. 유사 속성간 그룹화를 통해 응답 안정성을 확보하고 계층구조의 명확성을 확보할 수 있다. 따라서 적응 기술을 국토관리(물관리, 해양·수산·연안, 산림·육상)와 기타(농업·축산, 기후변화 예측 및 모니터링, 건강)의 두 그룹으로 재분류하여 조사와 분석을 진행하였다.

Table 4. Climate technology classification system

Field	Category
Mitigation	Nonrenewable energy
	Renewable energy
	New energy
	Energy storage
	Transmission and distribution and electric power IT
	Energy Demand
	Greenhouse gas Fixation
Adaptation	Agriculture and Livestock
	Water
	Climate change prediction and monitoring
	Oceans, fisheries, The coast
	Health
Mitigation · adaptation convergence	Forest and Land
	Multidisciplinary convergence

3. 분석 결과

3.1 우선순위 선정

녹색기술 혁신을 위한 기술평가 체계의 요인별 중요도 평가 결과 가장 중요도가 높은 요인으로 경제적 요인(52.73%)로 도출되었으며, 사회·환경 요인이 29.85%, 기술 요인이 17.42%로 도출되었다(Table 5). 분석 결과를 해석해 보면, 녹색기술 혁신의 필요성과 당위성에도 불구하고, 실제 투자 및 확산 단계에서는 경제적 타당성과 수익 안정성이 핵심 결정요인으로 작용하고 있음을 시사한다. 다만, 기술 개발 난이도에 대한 가중치가 매우 낮게 설정된 점은 파괴적

Table 5. Factor Importance in setting priorities for green technology innovation

Level 1 (Factor)	Level 2 (Attributes)	Importance	
Economic	Profitability	52.73%	10.57%
	Stability		9.50%
	Cost		18.52%
	Spill-over Effect		14.14%
Technical	Technological Competitiveness	17.42%	7.24%
	Development Difficulty		3.10%
	Technological Scalability		7.08%
Socio-Environmental	Mitigation Effect	29.85%	6.18%
	Environmental Improvement		5.26%
	Urgency		10.95%
	International Affairs		7.46%

혁신을 동반한 고난도 차세대 기술보다 기존 기술의 개량이나 단기 확산형 기술에 투자가 편중될 위험성을 시사한다. 이는 장기적인 기술 경쟁력 확보 측면에서 한계로 작용할 수 있다.

세부 요인별 중요도도 살펴보았는데, 경제 요인 중 비용(18.52%)과 파급효과(14.14%)의 가중치가 높아 기술 개발의 경제적 효율성과 산업 전반의 기여도가 우선시된다는 점을 확인할 수 있다. 반면, 경제 요인의 4개 세부 요인 중 안정성은 중요도가 9.50%로 가장 낮았다. 다음으로, 기술 요인의 경우, 개발난이도가 3.10%로 가장 중요도가 낮게 확인되었고, 기술경쟁력과 확장성이 각각 7.24%와 7.08%로 비슷한 수준으로 나타났다. 이는, 기술 요인을 고려시, 이미 확보된 기술의 시장 진입 가능성과 확장성을 중시하는 경향으로 해석할 수 있다. 마지막으로, 사회·환경 요인에서는 시급성(10.95%)과 국제 정세(7.46%)가 높은 비중을 차지하여 탄소중립 및 글로벌 공급망 재편과 같은 외부 여건과 관련된 세부 요인이 중요한 것으로 나타났다.

추가로, 기술(G1)·금융(G2)·정책(G3) 분야 전문가 그룹별 중요도 분석 결과도 확인하였다(Table 6). 기술 전문가들은 비용(17.15%)을 최우선으로 선정하면서도, 투자 안전성(13.80%)과 파급효과(13.31%)를 균형 있게 고려하였다. 특히 타 그룹 대비 기술경쟁력(9.46%)과 기술 확장성(8.66%)에 높은 우선순위를 부여했는데, 이는 기술적 완성도와 외

Table 6. Factor importance in setting priorities for green technology innovation (by Group)

Level 1 (Factor)	Level 2 (Attributes)	Importance			
		Whole group	G1	G2	G3
Economic	Profitability	52.73%	10.62%	9.41%	11.65%
	Stability		13.80%	7.28%	7.64%
	Cost		17.15%	21.45%	16.85%
	Spill-over Effect		13.31%	13.80%	15.21%
Technical	Technological Competitiveness	17.42%	9.46%	7.65%	4.70%
	Development Difficulty		4.95%	3.59%	1.32%
	Technological Scalability		8.66%	6.00%	5.93%
Socio-Environmental	Mitigation Effect	29.85%	5.21%	5.28%	7.84%
	Environmental Improvement		4.45%	6.37%	4.41%
	Urgency		7.80%	12.54%	12.48%
	International Affairs		4.59%	6.63%	11.97%

연 확장을 혁신의 주요 동력으로 인식하고 있음을 시사한다. 금융 전문가 그룹은 비용 요인(21.45%)에 대해 타 그룹 대비 압도적으로 높은 중요도를 부여하였다. 이는 녹색기술의 상용화와 금융 투자의 결정 과정에서 '비용 감축'을 통한 경제적 타당성 확보가 가장 시급한 전제 조건임을 보여준다. 정책 전문가들 역시 비용(16.85%)을 중요 요인으로 선정했으나, 그 비중은 세 그룹 중 가장 낮았다. 대신 파급효과(15.21%), 시급성(12.48%), 대외환경(11.97%) 등 정책적 목표와 연계된 사회·환경적 요인들에 상대적으로 높은 가중치를 두어 응답한 것으로 나타났다.

위에서 살펴본 경제·기술·사회·환경 요인의 상대적 중요도를 종합적으로 고려하여 국가 기후 기술 분류체계 내 각 기술군별 녹색기술의 혁신 필요성을 평가하고, 그 결과를 바탕으로 기술군별 투자 우선순위를 도출하였다. 원칙적으로는 각 기술별 중요도를 하위 항목 수준까지 모두 반영하여 분류 체계별 우선순위를 도출하는 것이 타당하다. 하지만, 하위 영역의 범주가 과도하게 세분화되어 설문 응답자의 인지적 부담과 응답 피로가 커질 수 있다. 이에 본 연구에서는 응답 부담을 완화하면서도 핵심 정보를 유지하

기 위해, 녹색기술 혁신을 설명하는 주요 요인의 대항목(경제 요인·기술 요인·사회·환경 요인) 중심으로 투자 우선순위를 산정하였다.

녹색기술 우선순위 산정 결과, 전체 지표는 기후변화 적응보다 탄소 감축에 집중되었으며 이는 경제적 파급효과와 시급성을 우선시하는 전략적 자원 배분 기조를 뚜렷하게 보여준다(Table 7). 감축 분야에서는 기술적 성숙도가 낮음에도 불구하고 넷제로 달성의 필수성과 제조업 중심의 국가 특성이 반영된 온실가스 고정 기술(29.10%)이 가장 높은 순위를 차지했으며, 비용효과성이 높고 기술적 완성도가 갖춰진 에너지 수요관리 기술(23.40%)이 그 뒤를 이었다. 반면 재생에너지(2.70%), 신에너지(2.13%), 송배전 및 전력 IT(1.50%)의 가중치는 낮게 산정되었는데, 재생에너지에 대한 사회적 관심 및 글로벌 에너지 전환 흐름과는 상반된 결과이다. 이는, 상업화 성숙기에 접어든 기술은 민간의 자율 경쟁에 맡기고 공공 지원은 에너지 저장(7.98%)이나 비재생에너지(8.83%)와 같이 경제적 요인 및 기술적 보

완이 시급한 영역에 집중하려는 정책적 의지가 투영된 결과로 해석할 수 있을 것으로 보인다. 그리고, 적응 분야에서는 산림 및 토지(10.22%)와 수자원(7.74%)이 주요 기술 군으로 도출되었으나, 기후변화 예측 및 모니터링(0.71%)은 최하위를 기록함으로써 기초적 대응보다는 경제적 가치 창출과 직접적인 온실가스 저감에 기여하는 기술에 자원을 우선 배분하는 전략적 선택이 확인되었다.

분석 결과를 종합해 보면, 기술평가 체계 내에서 경제적 요인이 가장 높은 설명력을 지니며 전체 우선순위를 주도하는 것으로 나타났다. 이는 경제적 요인에 부여된 높은 가중치로 인해, 해당 항목에서 우수한 점수를 획득한 기술들이 최종 중요도에서도 상위권을 차지했기 때문이다. 결과적으로 비용 대비 수익성 등 경제적 성과 중심의 평가 구조가 단기적 R&D 성과 창출이 용이한 기술의 선호도를 높인 것으로 해석된다.

4. 결론

본 연구는 계층화 분석법(AHP)을 이용해 국내 상황에서 녹색기술 평가를 위한 우선순위를 산정하고, 국가 기후 기술 분류체계를 기준으로 국내 녹색기술의 기술혁신 우선순위를 도출하였다. AHP 분석 결과, 녹색기술 혁신 우선순위 판단에서 경제 요인의 중요도가 52.73%로 가장 높게 나타났다. 이어서 사회·환경 요인 29.85%, 기술 요인 17.42% 순으로 평가되었다. 이러한 결과는 녹색기술 혁신 우선순위 결정 과정에서 기술적 가능성보다 경제적 실효성이 상대적으로 더 중요한 판단 기준으로 작용하고 있음을 시사한다. 그리고, 도출된 요인별 중요도 가중치를 국가 기후 기술 분류체계에 적용하여 국내 감축 및 적응 기술을 중심으로 기술혁신 우선순위를 분석하였다. 분석 결과, ‘온실가스 고정’ 기술과 ‘에너지 수요(수요관리·효율)’ 기술이 혁신을 위한 우선순위를 갖는 기술로 도출되었다. 반면 재생에너지(2.70%), 신에너지(2.13%), 에너지 저장(7.98%) 기술의 혁신 우선순위는 상대적으로 낮게 도출되었다. 이러한 분석 결과를 바탕으로 다음과 같은 정책적 시사점을 도출할 수 있다.

첫째, 탄소중립 핵심 기술의 혁신 우선순위를 고려하여

Table 7. Green technology innovation priorities based on the criteria factor importance for green technology

Field	Category	Importance			
		Whole group	G1	G2	G3
Mitigation	Nonrenewable energy	8.83%	4.17%	1.84%	2.82%
	Renewable energy	2.70%	1.31%	0.62%	0.78%
	New energy	2.13%	1.13%	0.49%	0.51%
	Energy storage	7.98%	4.10%	1.26%	2.62%
	Transmission and distribution and electric power IT	1.50%	0.77%	0.24%	0.49%
	Energy Demand	23.40%	12.17%	3.64%	7.59%
	Greenhouse gas Fixation	29.10%	16.14%	4.79%	8.17%
Adaptation	Water	7.74%	3.94%	1.73%	2.07%
	Oceans, fisheries, The coast	2.53%	1.38%	0.38%	0.77%
	Forest and Land	10.22%	5.58%	1.71%	2.93%
	Agriculture and Livestock	1.85%	0.99%	0.35%	0.51%
	Climate change prediction and monitoring	0.71%	0.39%	0.13%	0.19%
	Health	1.31%	0.67%	0.24%	0.39%
	Sum	100%	52.73%	17.42%	29.85%

각 기술군이 직면한 부족한 요인을 해소하기 위한 타겟형 정책 지원이 시급하다. 본 연구의 분석 결과, 온실가스 고정(CCUS) 및 ‘에너지 수요(수요관리·효율)’은 혁신 중요도가 매우 높게 나타났음에도 불구하고, CCUS의 경우 높은 초기 개발 비용과 운영 리스크라는 경제적 제약이, 에너지 수요 기술은 기술 고도화 및 사회·환경적 수용성 측면에서의 보완 필요성이 확인되었다. 따라서 초기 단계 CCUS 기술의 상용화 위험을 완화할 수 있는 금융·제도적 인센티브를 강화하는 한편, 감축 및 경제적 파급효과가 기대되는 수요관리 기술의 고도화를 촉진함으로써 고순위 기술들이 비용 효과적인 혁신 경로를 확보할 수 있도록 맞춤형 정책 지원을 집중해야 한다.

둘째, 시장 메커니즘만으로는 충분한 기술혁신이 이루어지기 어려운 적응 분야에 대한 정책적 보완이 필요하다. 분석 결과에서 감축 기술에 비해 기후변화 적응 기술의 우선순위가 전반적으로 낮게 나타났지만, 적응 기술의 경우 개별 기술 중요도 관점에서 고려하기보다 기후 변화 적응 과정에서의 사회 후생 변화를 염두에 두고 설계해야 한다.^[29] 특히 예측 및 모니터링 기술은 적응의 필수 기술임에도 불구하고 최하위 우선순위(중요도 0.7%)를 기록하고 있다. 이에, 우선순위가 낮게 평가된 기술에 대해서도 공공 부문 주도의 연구개발 투자와 정책 지원 등을 통한 중장기적인 기술혁신 방안을 모색하는 노력이 필요하다.

마지막으로, 기술평가 체계 내에서 미래 가치와 기술적 난이도의 비중을 재조정하여 민간이 기피하는 고위험·고수익 형태의 도전적 연구개발 환경을 조성할 필요가 있다. 본 연구의 AHP 분석 결과, 경제 요인 중 ‘비용 저감’에 대한 우선순위는 높게 나타난 반면 기술 요인의 우선순위는 상대적으로 낮게 도출되었는데, 이는 국가 탄소중립 목표의 조기 달성을 위해 단기 성과 위주의 안정적 과제에 치중해 온 현행 R&D 평가 체계의 한계를 반영한다고 볼 수 있다. 따라서 향후에는 초기 비용 효율성에 매몰되기보다, 장기적인 미래 가치와 연계하여 기술성에 대한 평가 비중을 실질적으로 강화하는 제도적 개선을 통해 혁신적인 기술 혁신 동력을 확보해야 할 것을 제안한다.

감사의 글

이 논문은 2024년도 에너지경제연구원의 재원으로 수행한 연구입니다(과제번호: 2024-10).

References

- [1] International Energy Agency (IEA), 2023, “Energy Technology Perspective 2023”, IEA, <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2023>.
- [2] International Energy Agency (IEA), 2023, “Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach”, IEA, <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-c-goal-in-reach>.
- [3] World Economic Forum, 2023, “IEA: Clean energy investment must reach \$4.5 trillion per year by 2030 to limit warming to 1.5°C”, Accessed 7 June 2024, <https://www.weforum.org/agenda/2023/09/iea-clean-energy-investment-global-warming/>.
- [4] Lee, S.-H., Park, S.-H., and Kim, T., 2015, “Review on investment direction of green technology R&D in Korea”, *Renew. Sust. Energy Rev.*, **50**, 186-193, <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2015.04.158>.
- [5] Kim, H.J., 2016, “Development of a Technology Prioritization Tool for Climate Technology Cooperation”, Green Technology Center, 2016-012, <https://doi.org/10.23000/TRKO201700001896>.
- [6] Jeong, G.C., Park, G.W., and Lee, S.Y., 2011, “Innovation Strategies by Type of Green Technology Using the Green Innovation Index”, *Science and Technology Policy Institute (STEPI) Insight*, **65**, https://www.stepi.re.kr/common/report/Download.do?cateCont=A0501&downCont=0&reIdx=65&strefileNm=A0501_65&utm_source=chatgpt.com.
- [7] Huh, S.-Y., Jo, M.S., and Lee, Y.-G., 2016, “Analysis of Priorities of Constructive Factors of New and Renewable Energy Policy in South Korea using Analytic Hierarchical Process”, *Innovation Studies*, **11**(1), 29-69.
- [8] Lee, W.-G., Kim, H.-T., and Park, Y.-G., 2015, “A Study on the Order of Priority for the Technology-policy of

- GHG Reduction in Power Plant using AHP”. *Journal of Energy Engineering*, **24**(4), 130-139.
- [9] Park, C.-G., Hong, J.-S., Park, Y.,-G, and Choim K.-R., 2000, “A study on a model for energy R&D Strategies using AHP”, *Energy Engg. J.*, **9**(3), 269-277.
- [10] Saaty, T.L., 1990, “How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process”, *Eur. J. Oper. Res.*, **48**(1), 9-26.
- [11] Wind, Y., and Saaty, T.L., 1980, “Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process”, *Manag. Sci.*, **26**(7), 641-745. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.26.7.641>, p. 641.
- [12] Korea Development Institute (KDI), 2000, “A Study on Applying Multi-Criteria Analysis to Pre-Feasibility Studies”, KDI, https://www.kdi.re.kr/research/reportEtcView?pub_no=6067&utm_source=chatgpt.com.
- [13] Mardani, A., Jusoh, A., Zavadskas, E. K., Cavallaro, F., and Khalifah, Z., 2015, “Sustainable and renewable energy: An overview of the application of multiple criteria decision making techniques and approaches”, *Sustainability*, **7**(10), 13947-13984.
- [14] Wang, J.J., Jing, Y.Y., Zhang, C.F., and Zhao, J.H., 2009, “Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making”, *Renew. Sust. Energy Rev.*, **13**(9), 2263-2278.
- [15] Boons, F., Montalvo, C., Quist, J., and Wagner, M., 2013, “Sustainable innovation, business models and economic performance: an overview”, *J. Clean. Prod.*, **45**, 1-8
- [16] Foxon, T. J., and Pearson, P.J., 2008, “Overcoming barriers to innovation and diffusion of cleaner technologies: some features of a sustainable innovation policy regime”, *J. Clean. Prod.*, **16**(1), S148-S161
- [17] Rennings, K., 2000, “Redefining innovation - eco-innovation research and the contribution from ecological economics”, *Ecol. Econ.*, **32**(2), 319-332.
- [18] Ren, J., Manzardo, A., Toniolo, S., and Scipioni, A. 2013, “Sustainability of hydrogen supply chain. Part I: Identification of critical criteria and causeeffect analysis for enhancing the sustainability using DEMATEL”, *Int. J. Hydrog. Energy*, **38**(33), 14159-14171.
- [19] Ren, J., and Lützen, M., 2015, “Fuzzy multi-criteria decision-making method for technology selection for emissions reduction from shipping under uncertainties”, *Transp. Res. D Trans. Environ.*, **40**, 43-60.
- [20] Rogers, E.M., 2003, “Diffusion of innovations”, 5th ed., Free Press.
- [21] Hong, J.M., 2011, “A Study on Evaluation Criteria of Renewable Energy in Private Companies Using AHP”, *Korean Energy Economic Review*, **10**(1), 115-142.
- [22] Berkhout, F., 2002, “Technological regimes, path dependency and the environment”, *Glob. Environ. Change*, **12**(1), 1-4
- [23] Jacobsson, S., and Bergek, A., 2004, “Transforming the energy sector: the evolution of technological systems in renewable energy technology”, *Ind. Corp. Change*, **13**(5), 815-849.
- [24] Wüstenhagen, R., Wolsink, M., and Bürer, M.J., 2007, “Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept”, *Energy Policy*, **35**(5), 2683-2691.
- [25] Hirschberg, S., Burgherr, P., Spiekerman, G., and Dones, R., 2004, “Severe accidents in the energy sector: comparative perspective”, *J. Hazard. Mater.*, **111**(1-3), 57-65.
- [26] Han, S.H., Ahn, S.J., and Choi, W.J., 2022, “2021 Survey and Analysis Report on National R&D Programs for Climate Technolog”, National Institute of Green Technology (NIGT), <https://nigt.re.kr/gtck/gtcPublication.do?mode=download&articleNo=2945&attachNo=3899>.
- [27] Saaty, T.L., and Ozdemir, M.S., 2003, “Why the magic number seven plus or minus two”, *Math. Comput. Mmodel.*, **38**(3-4), 233-244.
- [28] Harker, P.T., 1987, “Shortening the comparison process in the AHP”, *Math. Model.*, **8**, 139-141, [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90557-4](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90557-4).
- [29] Sovacool, B.K., Burke, M., Baker, L., Kotikalapudi, C. K., and Wlokas, H., 2017, “New frontiers and conceptual frameworks for energy justice”, *Energy Policy*, **105**, 677-691.