

기후변화 대응 유관 지표 내 키워드 중복도 및 유사성 분석: 키워드 기반 상향식 접근

최영현* · 장용철* · 염성찬**,* · 신종석**†

*국가녹색기술연구소 데이터정보센터 박사후연구원, **국가녹색기술연구소 데이터정보센터 선임연구원

***국가녹색기술연구소 데이터정보센터장

Multiplicity and similarity analysis of climate change-related indicators: A keyword-based bottom-up approach

Choi, Yeong-Hyeon* · Jang, Yongchul* · Yeom, Sungchan**,* and Shin, Jongseok**†

*Post-Doctoral Researcher, Center for Data Information, National Institute of Green Technology

**Senior Researcher, Center for Data Information, National Institute of Green Technology

***Director, Center for Data Information, National Institute of Green Technology

ABSTRACT

This study aims to identify the core values for climate change evaluation among various indicators by analyzing the degrees of multiplicity and similarity. A total of 1,421 indicators was collected from 16 indices used to measure Carbon Neutrality, Climate Change, Green Growth, and Sustainable Development. Of these, 1,267 codes were extracted based on keyword analysis using the conventional program MAXQDA 2022. Multiplicity was measured using the frequency of codes assigned to indicators, and similarity was measured using the sum of the number of indicators belonging to the same level. The keywords with high multiplicity were ‘energy,’ ‘emission,’ ‘climate,’ ‘resources,’ ‘transportation (traffic),’ and ‘electricity.’ Keywords of ‘energy,’ ‘emission,’ and ‘climate’ had high similarity and high multiplicity. On the contrary, the keywords ‘sustainability,’ ‘education,’ ‘population,’ ‘agriculture,’ and ‘gender equality’ had high multiplicity but low similarity. These results indicate the need to consider both multiplicity and similarity to identify core keywords for developing specific indices during the review of current climate indices and indicators. This study used a bottom-up approach to analyze indicators of various indices to identify the core values in climate change evaluation. The results of this study provide keyword information that can be useful in designing indices or associated indicators for climate change.

Key words: Keyword Analysis, Evaluation Indicator, Bottom-up Approach, MAXQDA, Climate Change

1. 서론

기후변화대응을 비롯하여 지속가능발전, 녹색성장, 나아가 최근 탄소중립까지 세계는 기후위기를 극복하기 위해 다방면으로 노력하고 있다. 대표적으로, 유럽연합은 그린딜(European Green Deal)을 통해 2050년까지 경제성장과 탄소배출의 탈동조화를 위한 정책을 발표하였으며

(European Commission, 2019), 미국 또한 유사하게 뉴딜(New Deal) 정책을 통해 2050년까지 신재생에너지로의 전환을 통한 탄소중립 달성을 제시한 바 있다(Jacobson et al., 2015). 중국은 2060년까지 탄소중립 달성을 위해 탄소 피크(Carbon Peak) 및 탄소중립 목표를 명시하는 제14차 5개년 국가개발계획을 발표하였다(Wu et al., 2022). 한국과 일본도 탄소중립 달성을 위한 계획을 제시 및 발표하

†Corresponding author : jshin@nigt.re.kr (60, Yeouinaru-ro, Yeongdeungpo-gu, Seoul 07328, Korea. Tel. +82-2-3393-3951)

ORCID 최영현 0000-0002-3119-4325
장용철 0000-0003-2846-255X

염성찬 0000-0002-6103-7929
신종석 0000-0002-7440-6738

고 있으며, 화석연료 의존도를 낮추기 위해 신재생에너지, 전기자동차 관련 인프라 투자 등을 통해 2050년까지 탄소 중립 실현을 목표로 하고 있다(Hwang et al., 2021).

기후변화대응, 지속가능발전, 녹색성장, 탄소중립 등에 있어 국가들의 다양한 목표 및 계획과 함께 필연적으로 부각되는 것이 이들에 대해 평가하고 모니터링 할 수 있는 정성적 혹은 정성적인 지수 혹은 평가체계이다. 기후 변화 관련 상기 패러다임들에 대해 다양한 평가체계 및 지수들이 제시되고 있으나, 각기 다른 목적과 범위로 인해 서로 다른 평가기준과 하위 지표들을 포함하고 있다. 하지만 이들이 공통적인 맥락 혹은 가치를 지니고 있는지에 대해서는 구체적으로 확인된 바가 없다. 또한, 조사된 대부분의 지표들은 기존 지표들에 대한 참고 혹은 활용 및 전문가 집단의 브레인스토밍을 통한 정성적인 방법을 통해 평가체계의 적합성을 검증하고 있다(Kim and Lee, 2013; Lee et al., 2010). 전문가 집단에 기반한 평가체계 및 지표 도출은 효율성과 실용성 측면에서 효과적인 방법이지만, 집단 내 전문가 구성의 변경 등으로 인해 검토 때마다 평가기준 및 지표들의 중요도가 바뀌어 핵심가치 및 평가기준이 일관되지 못할 수 있는 위험이 있다.

본 연구는 기후변화대응 혹은 탄소중립의 측정 및 평가를 위한 지수 혹은 평가체계 개발에 있어 기존 지표들을 검토하는 단계에서 보다 객관적이고 과학적인 방법으로 핵심가치를 도출하는 방법론을 개발하고자 한다. 특히 상향식 접근을 통해 포괄적으로 기존 지표들이 내포하고 있는 다양한 가치들에 대한 고려를 통해 핵심가치를 키워드 형태로 도출하고자 한다. 이를 위해 본 연구는 다음과 같은 과정을 통해 기후변화대응에 대한 핵심 키워드를 도출하고자 한다. 첫째, 기후변화대응, 지속가능발전, 녹색성장 및 탄소중립 관련 지표들을 대상으로 키워드 분석을 통해 공통적으로 도출되는 영역을 살펴보고자 한다. 이 과정에서 지표들이 포함하고 있는 키워드들에 대한 중복도를 측정하고, 중복도가 높은 키워드들을 도출한다. 둘째, 각 지표 내 키워드 간 연관성을 확인할 수 있는 유사도를 측정하여 중복도와 유사도가 모두 높은 핵심 키워드를 도출하고자 한다. 이러한 연구결과 및 결과 도출과정에서 수집·분석되는 정보는 향후 탄소중립 지수와 같은 지표개발에 있어 사전적 정보를 제공할 수 있음에 의의가 있다.

2. 선행 연구

질적 연구에서 키워드는 일반적으로 문서를 대표하는 단어들의 집합을 의미하며, 특정 키워드를 통해 해당 문서의 내용에 대한 단편을 확인할 수 있다(Joo et al., 2011). 그러나 방대한 문서에서 정성적인 방법으로 키워드를 도출하는 방식은 효율성과 정확성 측면에서 한계를 가지며, 이를 극복하기 위해 대상 문서의 어휘 사용빈도와 같은 정량적인 접근을 바탕으로 키워드를 추출하는 통계적 키워드 분석 방법이 일반적으로 활용된다(Jang and Kim, 2018). 통계적 키워드 분석은 기존 정성적인 방법보다 키워드 추출에 있어 효율적일 뿐 아니라 작성자의 주관 혹은 실수를 배제할 수 있는 장점을 지닌다(Kim, 2019).

어휘 사용빈도는 해당 어휘에 대한 중요도 혹은 관심도를 보여줄 수 있는 일차적인 지표이다(Kim, 2019). 자연어처리(Natural Language Process, NLP)에서는 순서 상관 없이 문서 내 단어가 등장하는 빈도를 “Bag of Words (BoW)”로 표현하며, 이때의 빈도는 각 단어에 고유 인덱스를 부여하여 인덱스의 위치에 단어(토큰)의 등장 횟수를 기록한 벡터를 만드는 방식으로 측정된다(Soumya and Joseph, 2014). 빈도 기반 어휘분석에서는 어떤 단어들을 키워드로 설정하여 분석 및 해석할 것인가가 분석의 핵심이라고 할 수 있다. 다양한 어휘 중에서 어떤 단어가 중요하며 유의미하게 활용될 수 있는지 선형적으로 파악하는 것을 쉽지 않은 요소이다. 따라서 키워드 분석 관련 선행 연구들에서는 일반적으로 전문성 있는 연구자들의 상호 검증을 통해 해석하거나(Kim and Lee, 2020), 설문조사를 통한 중요도의 산정(Choi and Lee, 2020), TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency), 혹은 DTM (Document-Term Matrix)과 같은 대체 지표(Ali and Wagan, 2017)를 활용하여 분석을 수행한다.

어휘 사용빈도 등 키워드 빈도 분석 연구들을 살펴보면, 일반적으로 주제에 대한 전반적인 요약물 통해 주제적·상황적·시간적 맥락 내에서 그 경향성을 파악하기 위해 주로 활용된다. Choi, Yoon et al. (2021)의 연구에서는 행사에 참여한 사람들 관련 언론 보도 기사를 수집하여 빈도가 높은 단어들과 단어 간 연관 관계를 분석하여 행사의 성격을 도출하였다. Lee et al. (2021)의 연구에서는 정권 시기별 주요 언론 기사에 자주 등장하는 키워드들의 집합을 토대로 정권별 기후변화와 녹색 정책 관련 이슈의 경향성을 확인하였다. Kim et al. (2022)의 연구에서도 주

요 키워드의 출현 빈도와 TF-IDF를 통해 코로나 19 유행 시기별 언론의 신재생에너지 관련 보도의 변화를 분석한 바 있다.

또한, 키워드 빈도 분석은 주제를 새롭게 탐색하여 맥락 내에서 주제를 구조화 및 범주화하는데도 활용 가능하며 특히, 방대한 양의 정보(논문 혹은 특허 등)를 바탕으로 시기별 혹은 영역별 연구 동향을 파악하는 데 효과적으로 활용되고 있다. Choi, Jeong et al. (2021)는 디지털 전환 관련 연구 동향 분석을 위해 논문의 제목과 초록을 대상으로 키워드 분석을 수행하여 빈도 기반 군집화를 통해 연구가 활발히 수행되는 연구 영역을 도출한 바 있다. 그 외에도 어휘의 빈도는 정형적인 자료로서 다양한 변수로도 활용되며, 대표적으로 Cheong et al. (2021)는 딥 러닝을 활용하여 특정 기업의 뉴스 정보에 나타난 문장의 긍정적 혹은 부정적 감성의 빈도를 측정하여 기업 주식가격과의 상관관계를 분석한 바 있다.

3. 연구방법

3.1. 분석 대상

본 연구에서는 Table 1과 같이 탄소중립, 기후변화대응, 녹색성장, 지속가능발전을 비롯하여 온실가스 감축에 많은 영향력이 있는 에너지 관련 지수 및 평가체계들을 조사하여 각 지수 혹은 평가체계 하위 지표들과 지표들에 대한 설명(측정자료 및 범위)을 분석 대상으로 하였다. 21개 지수가 분석 대상에 포함되었으며, 결과적으로 총 1,599개의 지표가 수집되었다.

첫째, 기후변화대응 혹은 탄소중립 관련 대표적 지수로, 저먼워치(German Watch)와 국제 기후행동 네트워크(Climate Action Network International)에서 개발한 기후변화성능지수(Climate Change Performance Index)는 세계 온실가스 배출의 90% 이상을 차지하는 60개국과 유럽연합을 대상으로, 각국의 기후정책과 그 이행 수준을 평가한다. 세부적으로 온실가스 배출, 신재생에너지 보급, 에너지 사용 및 기후 정책 부문으로 14개 지표를 기반으로 국가별 종합점수를 산출한다(Burck et al., 2023). 글로벌 컨설팅 기업이 KPMG에서 개발한 탄소중립준비지수(Net Zero Readiness Index)는 온실가스 감축에 대해 32개국을 대상으로 진행 상황으로 비교하고 2050년까지 탄소중립을 달성할 수 있는 준비 수준 및 역량을 측정한다. 탄소중립준비지수는 국가준비도와 기술 부문별 준비도로 구성되며,

국가준비도는 글로벌 탄소중립 기여도, GDP 대비 배출량 감소 실적, 정책 및 가능환경(enabling environment) 등으로 구성되며, 기술 부문은 전력·난방, 농업·임업·토지이용, 산업, 건물 및 운송으로 구성된다(KPMG International, 2021).

기후행동 100+ (Climate Action 100+)은 탄소중립 기업 벤치마크(Net-Zero Company Benchmark)라는 평가체계를 제시하고 있는데(Climate Action 100+, 2023), 해당 평가체계는 기업들이 탄소중립을 달성하기 위해 필요한 조치를 평가하고 기업의 기후변화 대응 전략과 실천을 분석하여 이니셔티브의 투자 참여를 위한 평가도구로 활용된다. 탄소정보공개프로젝트(Carbon Disclosure Project, CDP)에서는 기후변화대응평가(Climate Change Response Assessment) 평가체계를 제시하고 있으며, 전 세계 주요 기업들의 기후변화대응 전략과 온실가스 배출량 정보, 감축 노력 등 환경 관련 경영정보를 분석하여 보고서로 발간하고 있다. 해당 보고서는 세계 금융기관들이 투자와 대출 등에 있어 의사결정 시 활용할 수 있도록 지원한다(Carbon Disclosure Project, 2021). 이외 유럽의 생태연구소(Ecological Institute)는 개념적인 탄소중립 측정을 위한 평가체계(Measuring Progress to Carbon Neutrality)를 제시하고 있다. 해당 평가체계는 이론적으로 국가의 탄소중립 실현 정도 혹은 가능성에 대한 측정 및 평가를 위한 지수를 개발하고자 하며, 이를 위해 하위 평가항목으로, 무탄소 에너지, 지속가능한 식량 및 토지이용, 탄소중립 산업 전환, 무탄소 건물, 무탄소 수송, 이산화탄소 제거, 탄소중립 전환 재원, 가능 기술(enabling technologies), 라이프스타일 전환, 공정한 전환, 거버넌스 및 정치적 지원 등 11개 하위 요소로 구성되어 있다(Duwe et al., 2021).

둘째, 지속가능발전 및 녹색성장 등과 관련된 대표적 지수로, 가장 대표적인 유엔의 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs)는 인류의 지속가능한 발전을 위한 목표를 수립하고 이를 측정하기 위해 17개의 지표와 169개 세부 지표로 구성되어 있다(United Nations, 2022). 해당 평가체계는 경제, 사회, 환경의 3가지 핵심요소로 구성되며, 각각의 목표는 지속가능한 발전에 기여할 수 있는 다양한 주제들을 다루고 있다. SDGs와 함께, 지속가능발전성과지표(Sustainable Development Performance Indicators)는 SDGs의 성취를 측정하기 위한 지표이며, 지속가능성을 위한 임계치의 설정, 전환 조건 평가 맥락에서 조직의 성과를 평가하기 위한 포괄적인 지표들을 제공하고 있다(Yi et al., 2022). 예일 대학교에서

발행한 환경성과지수(Environmental Performance Index)는 지속가능발전 보다 환경보전 측면에 비중을 두고 있지만, 각국의 지속가능성 성과를 평가하고 비교하며 국가들의 EPI 점수를 통해 개선 항목을 확인함으로써 적절한 정책과 조치를 채택하는데 활용가능하다(Wolf et al., 2022).

지속가능한 발전 외 녹색성장에 대해, MIT Technology에서는 녹색미래지수(Green Future Index)를 개발하여 세계 각국의 저탄소 공약 이행 현황을 분석한다. 녹색미래지수는 탄소배출, 에너지전환, 녹색사회, 청정혁신, 기후정책의 5가지 부문에서 세부사항들을 바탕으로 각국의 저탄소 사회로의 전환 정도를 파악하고자 한다(Massachusetts Institute of Technology, 2022). 글로벌녹색성장연구소(Global Green Growth Institute, GGGI)는 녹색성장지수(Green Growth Index)를 개발하여 각국가의 녹색성장에 대한 진행결과를 평가한다. 세부적으로 자원이용, 자연 보호, 녹색경제 기회, 사회적 참여 등의 하위 지표들을 보유하고 있다(Acosta et al., 2019). OECD의 녹색성장지표(Green Growth Indicators)는 녹색성장의 기회와 위험(리스크)을 파악할 수 있도록 목표로 하며, 추진과정에 대한 평가를 통해 새로운 경제적 기회 창출, 투자 및 혁신에 기여하고자 한다. OECD 회원국과 G20 등을 포함하여 46개국을 대상으로 주요 지표의 변화를 비교하며, 4대 분야 26개 투입-산출 지표로 구성된다(OECD, 2014).

유엔의 녹색경제발전지수(Green Economy Progress Index)는 경제적 기회, 사회적 포괄성 및 환경보호 관련 현 세대의 복지향상에 대한 진전을 측정하고자 한다. 녹색경제전환을 달성하는데 직면한 주요 문제들을 포착하기 위한 13개 지표로 구성되며, 개별 지표에 대해 설정된 목표에 대해 각국의 달성 정도를 측정한다(PAGE, 2017). 그 외 지자체 수준에서의 유관 지표로 세부 케이프 주정부(West Cape Government, WCG)가 발간하는 녹색경제지표(Green Economy Indicator)가 있다(Basson et al., 2022). 녹색경제 지표는 녹색경제에 대한 노력을 평가하고 WCG의 정책과 전략 대응을 설명하는 것을 목표로 한다. 녹색경제의 맥락을 제시하고, 자연자원, 자원 생산성, 사회·경제, 환경적 삶의 질, 정책 및 재무 항목으로 구성되어 있다.

셋째, 에너지 분야와 관련하여, 세계은행(World Bank)과 미국 국제개발처(United States Agency for International Development) 등에서 지속가능한 에너지에 대한 규제지표(Regulatory Indicators for Sustainable Energy)를 제시하고 있다. 해당 지표는 34개 국가들의 에너지 혁신역량을 종합적으로 평가하며, 세부적으로 지식개발 및 확산, 기업가적

실험 및 시장형성, 사회적 합법화와 국제협력부문으로 나누어 가중치를 부여하여 평가를 수행한다(The World Bank, 2020). 국제재생에너지네트워크(Renewable Energy Policy Network for 21st Century, REN21)는 글로벌 현황 보고서(Global Status Report)를 발간하고 있는데, 해당 보고서에서는 국가·지역·기술별 다양한 관점에서 재생에너지의 보급 및 사용 현황을 검토한다. 세부적으로, 재생에너지의 사회적, 경제적 중요성을 강조하며 재생에너지 보급을 위한 전략 및 대안을 제시하고 있다(REN21, 2022).

세계경제포럼(World Economic Forum)의 에너지전환지수(Energy Transition Index)는 국가 단위에서 에너지전환의 상태를 대상으로 하여 각국의 에너지전환에 대한 진행 상황과 추진 방안을 평가하고 측정한다. 세부적으로 시스템성과와 에너지전환 준비도로 구성되어 있으며, 시스템성과는 경제 발전과 성장, 에너지 보안 및 접근성, 환경 지속가능성 측면에서의 균형적 관계 등으로 구성되어 있다. 에너지전환 준비도는 자본 및 투자, 규제와 정치적 참여, 정부·기관, 인프라·혁신 기업 환경, 인적 자본·소비자 참여 및 에너지시스템 구조 등의 항목으로 구성된다(World Economic Forum, 2021). 세계에너지위원회(World Energy Council)는 2010년부터 에너지트리레마지수(Energy Trilema Index)를 매년 발표하고 있다(World Energy Council, 2022). 에너지트리레마지수는 각국의 에너지시스템의 건전성을 평가하며, 에너지 안보, 에너지 형평성, 환경 지속가능성의 3차원적 접근을 추진하며 이들 차원이 균형있게 유지될 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다.

국내의 경우, 대표적으로 탄소중립 관련, 산업연구원에서 탄소중립 수용력 지수를 개발하여 제공하고 있다(Yoo et al., 2022). 탄소중립 수용력 지수는 지역의 탄소중립 대응 역량을 종합적으로 평가하기 위한 지수로, 민감도 및 대응력의 2대 부문과 각 부문별 세부 항목 및 개별 지표로 평가체계가 구성된다. 민감도 부문은 국가의 탄소중립 정책에 대상 지역이 얼마나 민감하게 영향을 받는지, 대응력 부문에서는 해당 정책에 대한 지역내 인식, 노력과 의지 및 역량을 평가한다. 또한 한국 기업과 스위스 기업 합작으로 설립된 싱크탱크이자 경영 컨설팅 회사인 솔라빌리티(Solability)는 글로벌 지속가능 경쟁력 지수(Global Sustainable Competitiveness Index)를 제공하고 있다(Solability, 2022). 국가가 지속가능한 경쟁력을 유지하고 미래 세대의 필요를 충족하는 동시에 자연 및 사회 자원을 고갈시키지 않는 능력을 보유하는 정도를 측정한다.

Table 1. Reviewed indices and reports for analysis

No.	Index	Publisher	Context	References
1	Climate Change Performance Index	German Watch, New Climate Institute & Climate Action Network International	Climate policy and implementation level: greenhouse gas emissions, renewable energy, energy consumption, climate policy assessment	Burck et al. (2023)
2	Net Zero Readiness Index	KPMG International	Comparison of greenhouse gas reduction levels and assessment of readiness and capability to achieve carbon neutrality by 2050	KPMG International (2021)
3	Net-Zero Company Benchmark	Climate Action 100+	To ensure that greenhouse gas emitting companies take necessary action on climate change: To provide information on investor-led initiatives	Climate Action 100+ (2023)
4	Net Zero Stocktake	Net Zero Tracker	Identify net-zero declaration countries, local governments, regions, and companies and evaluate the reliability of the goals	Hans et al. (2022)
5	Climate Change Responses Assessment	Carbon Disclosure Project (CDP)	The largest amount of climate change information globally, and the world's most extensive and credible carbon information disclosure platform.	Carbon Disclosure Project (2021)
6	Measuring Progress to Climate Neutrality	Ecological Institute	Development of an index to evaluate carbon neutrality promotion in EU countries (only conceptual index design)	Duwe et al. (2021)
7	Carbon Neutral Capability Index	Korea Institute for Industrial Economics and Trade	Comprehensive evaluation of local carbon neutral response capabilities	Yoo et al. (2022)
8	The Green Future Index	Massachusetts Institute of Technology	Measuring the degree of transition to a low-carbon society in each country: carbon emissions, energy transition, green society, clean innovation, and climate policy evaluation	Massachusetts Institute of Technology (2022)
9	Green Growth Indicators	Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)	Monitoring to evaluate progress in green growth: evaluation of low-carbon economy, maintenance of natural assets, quality of life, implementation of policy measures, etc.	OECD (2014)
10	The Green Economy Progress Index	United Nations (UN)	Measuring progress in improving the well-being of current generations in relation to economic opportunity, social inclusion and environmental protection	PAGE (2017)
11	Green Economy Indicator	Government of the Western Cape	7th Western Cape Provincial Government's Green Economy Report: Provides information on policies and strategic responses to the green economy to provide a basis for evaluation of green economy work	Basson et al. (2022)
12	Green Growth Index	Global Green Growth Institute	Monitoring the country's green growth development and progress: resource use, nature and capital protection, green economy opportunities, social inclusion, etc.	Acosta et al. (2019)
13	Sustainable Development Performance Indicator	United Nations Research Institute for Social Development (UNRISD)	Indicators for evaluating the UN Sustainable Development Goals (SDGs)	Yi et al. (2022)

Table 1. Reviewed indices and reports for analysis (continued)

No.	Index	Publisher	Context	References
14	The Global Sustainable Competitiveness Index	Solability	Assessing the ability to maintain sustainable competitiveness and not deplete natural and social capital: assessing natural capital, social capital, intellectual capital, resource management and governance	Solability (2022)
15	The Sustainable Development Goals	United Nations (UN)	Goals that all countries in the world have agreed to achieve by 2030: Evaluation divided into 17 goals and 169 detailed goals	United Nations (2022)
16	The Environmental Performance Index	Yale Center for Environmental Law & Policy	Measuring the extent to which countries have reached international sustainability goals	Wolf et al. (2022)
17	Renewables Global Status	Renewable Energy Policy Network for the 21st Century	Assessment of the global status of renewable energy: presented divided into demand module, supply module, system and infrastructure module, and value creation module	REN21 (2022)
18	Global Energy Innovation Index	Information Technology and Innovation Foundation	Assessing energy innovation capabilities of countries around the world	Chan and David (2021)
19	Regulatory Indicators for Sustainable Energy	The World Bank	Evaluate each country's policies to achieve SDG7: Evaluate energy efficiency, new and renewable energy, and energy accessibility	The World Bank (2020)
20	Energy Transition Index	World Economic Forum	Comparison of energy transition status in each country: evaluating system performance and transition readiness	World Economic Forum (2021)
21	Energy Trilemma Index	World Energy Council	Purpose of assessing energy system soundness: energy security, energy equity, sustainability, national characteristics assessment	World Energy Council (2022)

평가체계는 세부적으로 자연자본, 자원효율성, 사회자본, 지적자본 및 혁신, 경제 및 비즈니스 지속가능성, 거버넌스 성과로 구성된다.

3.2. 분석 절차

지표들의 핵심 키워드 도출에 있어 기준으로 작용하는 중복도와 유사도의 개념은 다음과 같다. 중복도는 의미하는 그대로, 각 지표명과 지표들의 세부 설명에 포함되는 어휘들의 중복되는 정도를 의미한다. 따라서 중복도가 높을수록 핵심 키워드에 가까워진다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 중복 측정에 문서당 할당된 코드의 할당 빈도 정보를 활용하였다. 각 지표는 포함된 키워드 기반으로 '부문'(레벨 1), '영역'(레벨 2), '항목'(레벨 3) 및 '요소'(레벨 4)로 파생되며, 할당 빈도는 전체 문서(지표명 및 지표 설명)에서 해당 코드가 할당된 정도가 빈도(%)로 계산된다. 본 연구에서는 키워드의 어휘 조합이 유사할수록 서로 유

사한 개념일 가능성이 높다고 설정하여 지표의 유사도(Similarity)를 특정 키워드에 대한 하위 종류(수)로 정의하였다. 예를 들어, '에너지효율 표준준수'에 해당하는 하위 지표의 경우, '에너지'라는 키워드에 'AND' 조건으로 '효율'이 붙어 '에너지 - 에너지효율'과 같이 2단계 위계가 형성된다. 따라서 '에너지효율 표준준수'는 '에너지(1단계) - 에너지효율(2단계) - 에너지효율 표준준수(3단계)'의 위계를 가지게 되는 것으로 생각할 수 있다. 이러한 맥락에서 '에너지효율 금융'이나 '에너지효율 제품등급'과 같은 지표들의 경우 '에너지효율'이라는 단계 내에 같은 그룹에 속하므로 키워드 간 유사관계가 존재한다고 볼 수 있다.

상기 개념 하, 본 연구는 유관 지표들을 대상으로 핵심 키워드 도출을 위한 중복도 및 유사도 산정을 위해 Fig. 1과 같은 절차로 진행되었다. 첫째, 1차 코딩은 대분류 키워드를 탐색하기 위한 작업으로, 키워드 검색식으로 사용

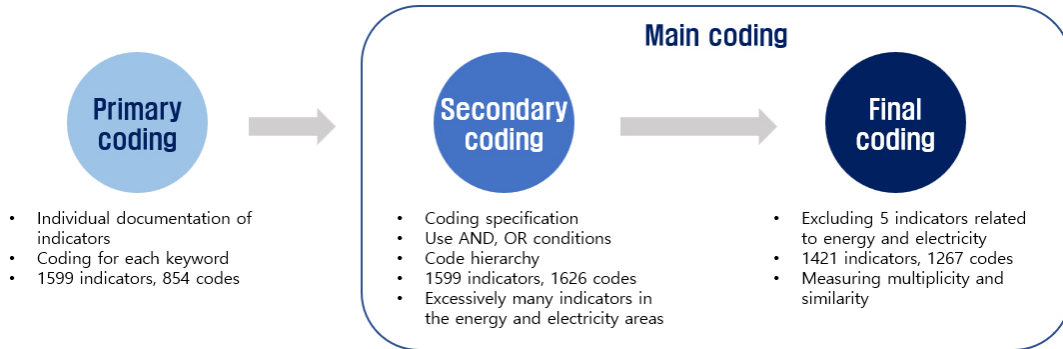


Fig. 1. Research process

Table 2. Major keywords from the first coding

Rank	Keyword	Allocated frequency	Rank	Keyword	Allocated frequency
1	Regulation	362	20	Forestry	84
2	Energy efficiency	287	21	Mandates (obligations)	82
3	Sustainable energy	284	22	Resource	80
4	Renewable energy	237	22	Agency (organization, institution)	80
5	Climate change	189	23	Industry	79
6	Environment	129	24	GDP	77
7	Policy	121	25	Plan (planning)	76
8	Performance	118	26	Low carbon	72
9	Transport	115	27	Standard	69
10	Economy	109	28	CO ₂ emissions	66
11	Security	107	28	Agriculture	66
12	Electricity	106	29	Company (corporation)	65
13	Fuel	103	30	Water	63
14	Incentive	101	30	Cost (price, pay)	63
15	Net-zero	99	30	Innovation	63
16	Investment	92	31	Technology	61
17	Production (generation)	90	31	Employee	61
18	Target (goal)	89	32	Grid	60
19	Electricity access	86	33	Building	55
19	Finance	86	34	GHG emissions	54

할 수 있는 최상위 코드 목록을 구축하는 것을 목적으로 하였다. 1차 코딩을 위해, 수집된 1,599개 지표들을 개별 문서형태로 문서화 하며, 문서들에 나타나는 주요 텍스트를 바탕으로 어절마다 코딩하였다. 이를 통해 2차 코딩 과정에서 키워드 검색식으로 사용할 수 있는 주요 코드명들을 사전 탐색할 수 있다. 1차 코딩 결과, 총 854개의 코드가 추출되었으며, Table 2는 1차 코딩에서 나타나는 상위 40개의 주요 영역 키워드이다.

둘째, 2차 코딩에서는 1차 코딩에서 가장 많이 출현한 키워드들을 바탕으로 범주를 분류하였다. 코드의 문맥상

의미를 파악하기 위해 코딩 규칙을 수정 및 보완하며, 명사를 수식하는 앞뒤의 형용사 및 동사까지 하나의 고유개념으로 간주하였다. 예를 들어 ‘재생’이라는 키워드를 포함하는 지표 코드들은 내용과 상관없이 하나의 대범주로 분류된다. 중분류에는 검색식에 AND 조건을 추가하여, ‘에너지’, ‘전력’과 같이 의미상 유사한 개념으로 볼 수 있는 키워드들을 포함할 수 있는 조건을 부과하였다. 이렇게 검색 키워드의 조건을 추가하여 세분화된 범주로 분류하면 키워드 기반 코드 간 위계(hierarchy)가 형성된다. 동의어 및 유의어(예, ‘농경’, ‘농업’, ‘농촌’), 하나의 지표에

서 동시에 측정되는 세부 개념들(예, ‘출생·사망’, ‘정책·규제·제도’, ‘지식개발·특허·논문’ 등)은 검색식에 OR 조건을 사용하여 분류하였다.

본 연구의 2차 코딩 과정에서 에너지, 전기, 재생에너지 분야에 코드가 집중되는 현상이 발견되었으며, 이는 분석 대상인 지수 및 평가체계 일부가 에너지 관련 분야(에너지 시스템, 재생에너지, 전기에너지)만을 중점적으로 다루고 있어 발생한 편향으로 확인되었다. 이에 에너지 분야만을 중점적으로 다루고 있는 5개의 자료를 제외하고 분석을 수행하도록 2차 코딩을 수정하였다. 그 결과 총 1,421개 지표를 대상으로 분석을 수행하였으며, 1,267개 코드를 추출하였다.

지표들에 대한 키워드 분석을 위해 MAXQDA 2022 프

로그램을 활용하였다. MAXQDA 2022는 정성적인 데이터의 정량적 분석을 지원하는 프로그램으로, 주로 정성·정량의 혼합분석 연구에 널리 사용된다(Seo, 2021). MAXQDA는 정성적으로 도출된 코드의 문서당 할당 빈도, 유사성에 따른 코드 간 관계, 코드 간 위계(hierarchy)와 분류(카테고리), 코드 간 관계 네트워크 등 다양한 정량적 분석을 지원한다. 본 연구에서는 분석대상 지표들에 대해 정성적으로 도출하는 코드 간 위계 정리, 중복도 분석, 유사도 분석, 관계 분석 등에 활용하였다. 코드는 연구진이 지표명 또는 지표 설명에 나타나는 키워드를 기반으로 부여하였으며, 키워드에 ‘AND’ 혹은 ‘OR’ 조건에 따른 검색식을 구축하였다.

Table 3. Top level (level 1, ‘Sector’) and sub-level (level 2, ‘Domain’) with high Multiplicity (Multiplicity=0.2 or higher)

Sector (level 1)	Sum	M (%)*	Domain (level 2)	Sum	M (%)
Energy	190	13.30	Energy efficiency	120	8.40
			Energy consumption	15	1.05
			Primary energy	12	0.84
			Energy use	7	0.49
			Energy saving	6	0.42
			Energy renovation	3	0.21
			Energy performance	3	0.21
Emission	113	7.91	Green house gas emissions	45	3.15
			CO ₂ emissions	27	1.89
			Scope	19	1.33
			Carbon emissions	5	0.35
			Emission calculation standard	4	0.28
			Availability of emission data	3	0.21
Climate	62	4.34	Climate policy	13	0.91
			Climate change	12	0.84
			Climate finance	7	0.49
			Climate-related participation strategies	6	0.42
			Climate neutrality goal	6	0.42
			Climate problem	5	0.35
			Climate transition	4	0.28
Resource	54	3.78	Forestry and water resources	40	2.80
			Mineral resource reserves	4	0.28
Transport	50	3.50	Public transport	9	0.63
			Electric car	9	0.63
			Reduced demand for transportation	4	0.28
			Road	3	0.21
			Passenger transportation	3	0.21
			Commute time	3	0.21
Electricity	49	3.43	Electricity rates	18	1.26
			Electricity access	10	0.70
			Electricity generation	3	0.21

Table 3. Top level (level 1, 'Sector') and sub-level (level 2, 'Domain') with high Multiplicity (Multiplicity=0.2 or higher) (continued)

Sector (level 1)	Sum	M (%)*	Domain (level 2)	Sum	M (%)
Health and sanitation	48	3.36	Sanitation and safety	18	1.26
			Availability of medical services	12	0.84
			Reproductive health	7	0.49
			Health	6	0.42
			Disease	5	0.35
Renewable energy	40	2.80	Renewable energy production	3	0.21
			Renewable power	5	0.35
			Renewable energy goals	3	0.21
			Renewable energy supply ratio	4	0.28
			Use of renewable energy	3	0.21
Reduction	36	2.52	Low carbon	13	0.91
			Goals for reducing methane emissions	8	0.56
			Reduction of carbon emissions	8	0.56
			Reduction of green house gas	5	0.35
Employment (labour)	32	2.24	Employment	11	0.77
			Workplace	9	0.63
			Labor	7	0.49
			Wage	5	0.35
Finance	32	2.24	Capital, fund	8	0.56
			Investment	4	0.28
			Bill financing, repayment	3	0.21
			Bank	3	0.21
Biodiversity	30	2.10	Protected area	7	0.49
			Species	5	0.35
			Biodiversity in the soil	3	0.21
Gender equality	29	2.03	Women	17	1.19
			Gender diversity	3	0.21
Land (soil)	29	2.03	Increase rate of natural and semi-natural vegetation	3	0.21
Education	27	1.89	School	8	0.56
			Teacher	3	0.21
Building	26	1.82	Building energy efficiency	9	0.63
			Reconstruction (renovation)	3	0.21
Water	26	1.82	Fresh water	7	0.49
			Water use	4	0.28
			Water transition	3	0.21
Fuel	26	1.82	Fossil fuel	24	1.68
Sustainability	24	1.68	Sustainable development	5	0.35
			Sustainable finance	4	0.28
			Sustainable agriculture	3	0.21
Food	23	1.61	Calories	4	0.28
			Meat and dairy consumption	4	0.28
Environment	23	1.61	Eco-friendly	6	0.42
			Environmental tax	4	0.28
			Environmental technology development	3	0.21
Industry	21	1.47	Industrial energy	6	0.42
			Industrial added value	3	0.21
			High technology industry	3	0.21
Population	21	1.47	Population structure	9	0.63
			Allocation per capita	4	0.28
Birth and death	19	1.33	Birth	4	0.28
Agriculture	18	1.26	Agricultural land	6	0.42

Table 3. Top level (level 1, 'Sector') and sub-level (level 2, 'Domain') with high Multiplicity (Multiplicity=0.2 or higher) (continued)

Sector (level 1)	Sum	M (%)*	Domain (level 2)	Sum	M (%)
Crime	18	1.26	Violent crime	4	0.28
Compliance with standards	16	1.12	Compliance with standards**	16	1.12
Green	15	1.05	Green finance	10	0.70
			Green building	5	0.35
Air	15	1.05	Particulates	6	0.42
			Ozone	4	0.28
			Air pollution exposure	3	0.21
Disaster	14	0.98	Proportion of local governments preparing disaster risk reduction strategies	3	0.21
			Number of countries preparing and implementing disaster risk reduction strategies	3	0.21
			Deaths and missing people due to disaster damage	3	0.21
Developing countries	13	0.91	Member of international organizations, developing country with voting rights	3	0.21
Waste	13	0.91	Hazardous waste	3	0.21
			Solid waste	3	0.21
			Waste recycling volume	3	0.21
Government	11	0.77	Government budget and spending	8	0.56
Policy and regulation	11	0.77	Impact of regulator portfolio	3	0.21
Clean	11	0.77	Clean technology company	3	0.21
			Clean fuel	3	0.21
Sea (coast)	11	0.77	Marine protected area	5	0.35
Public	10	0.70	Public service	4	0.28
Participate in decision making	9	0.63	Board of directors or council	6	0.42
Carbon tax (credit)	9	0.63	Carbon price	5	0.35
Human rights	8	0.56	Discrimination, harassment (physical, sexual) population	3	0.21
Carbon	8	0.56	Carbon free	4	0.28

* Multiplicity is the sum of an indicator; it is the sum of the code frequencies of all indicators below that indicator. The multiplicity of the top level area (parent region) is greater than or equal to the multiplicity of the sub area (children region).

4. 연구결과

4.1. 중복도 분석: '부문(레벨 1)' 및 '영역(레벨 2)'

본 연구의 코드 체계는 상위로부터 '부문(레벨 1)' - '영역(레벨 2)' - '항목(레벨 3)' - '요소(레벨 4)'이 파생되고, 키워드를 기반으로 더 분류되지 않을 때까지 세분화하였다. 분석대상 지표들에서 중복도가 높은 부문(레벨 1)을 도출한 결과, 총 74개의 주요 부문이 추출되었다(에너지, 배출, 기후, 자원, 운송, 전기, 건강·위생, 재생에너지, 감축, 고용·노동, 금융, 생물다양성, 성평등, 토양, 교육, 건물, 물, 연료, 지속가능성, 식품, 환경, 산업, 인구, 출생·사망, 농업, 범죄, 표준준수, 녹색, 대기, 질병, 개도국, 폐기물, 정부, 정책·규제, 청정, 해양, 경제, 공공, 기술, 도시, 수소, 핵, 제조, CCS, CCUS, CDP, NDC, Net Zero, 경영,

언론 자유, 인프라, 재활용, 태양열, 풍력, LDA).

주요 부문(레벨 1)과 그 하위 영역(레벨 2)에 대해, Table 3은 중복도가 0.20 이상인 부문에 한정하여 제시하고 있다. '에너지(13.3%)' 부문이 가장 많이 다루어지고 있는 것으로 나타나며, 그 하위 영역(레벨 2)의 경우 '에너지효율(8.4%)', '에너지소비(1.05%)' 순으로 나타난다. 그 다음으로 '배출(7.91%)' 부문이 중복도가 높았으며 하위 영역(레벨 2)으로는 '온실가스배출(3.15%)', 'CO₂배출(1.89%)', 'Scope(배출범위, 1.33%)'가 중복도가 높은 순으로 확인된다. 상위 두 부문인 '에너지'와 '배출'이 3순위인 '기후(4.34%)' 부문에 비해 상대적으로 높은 중복도를 보이고 있으며, 이는 두 부문이 다양한 지표들에서 핵심적으로 다루어지는 부문인 것으로 판단할 수 있다. 중복도가 최상위인 부문들을 대상으로 Fig. 2와 같이 워드클라우드를 표현할 수 있다. 결과적으로 관련성이 높다고 판

Table 4. Level 3 (Category) and 4 (Element) with high Multiplicity (Sum=3 or higher) (continued)

Sector (level 1)	Domain (level 2)	Category (level 3)	Sum	M(%)*	Element (level 4)	M (%)*
Resource	Forestry and water resources	Forest area	16	1.12	Mountain area green cover index	0.07
		Board of directors responsible for forestry and water issues	3	0.21	-	-
		Provision of forest and water resources related information	3	0.21	-	-
		Forest certified as a protected area	3	0.21	-	-
Transport	Electric car	Electric vehicle incentives	4	0.28	-	-
	Public transport	Public transportation distance	4	0.28	-	-
Electricity	Electricity rates	Peak time rebate and time rate plan	6	0.42	-	-
		Household electricity rates	4	0.28	-	-
		Real-time electricity rates	3	0.21	-	-
		Seasonal electricity rates	3	0.21	-	-
Health and sanitation	Sanitation and safety	Population with access to sanitation facilities	6	0.42	-	-
		Access to safe drinking water	5	0.35	-	-
		Use of safe sanitary facilities	3	0.21	-	-
Reduction	Reduction of carbon emissions	Reduce carbon footprint	3	0.21	-	-
	Low carbon	Low carbon power	4	0.28	Low-carbon renewable energy power	0.07
Finance	Capital, fund	Procurement	7	0.49	Responsible and ethical public procurement	0.07
Biodiversity	Protected area	Designation of protected areas for ecosystems	5	0.35	-	-
Gender equality	Women	Percentage of female managers	3	0.21	-	-
		Women equality	4	0.28	-	-
Building	Building energy efficiency	Meet building energy efficiency codes and requirements	3	0.21	-	-
		Compliance with building energy efficiency standards	4	0.28	-	-
Water	Fresh water	Renewable fresh water	4	0.28	-	-
		Freshwater recovery rate	4	0.28	-	-
	Water transition	Conversion of permanent water to non-water surface	4	0.28	-	-
Fuel	Fossil fuel	Support for fossil fuel consumers	8	0.56	-	-
		Fossil fuel consumption	3	0.21	-	-
Industry	Industrial energy	Industrial energy consumption	3	0.21	-	-
Air	Particulates	Particulates exposure	3	0.21	-	-

단할 수 있는 부문은 ‘에너지’, ‘배출’, ‘기후’, ‘자원’, ‘운송’과 같은 부문들임을 확인할 수 있다.

4.2. 중복도 분석: ‘항목(레벨 3)’ 및 ‘요소(레벨 4)’

코드 체계상 세분화된 하위 ‘항목(레벨 3)’과 ‘요소(레벨 4)’에 대한 중복도 분석 결과, ‘항목’ 수준에서는 ‘에너지 효율 표준(5.04%)’가 가장 중복도가 높은 것으로 확인되었

으며, 그 하위 ‘요소’로는 ‘에너지효율 표준 모범사례 충족(0.98%)’, ‘에너지효율 라벨링 준수(0.84%)’, ‘에너지효율 미준수 처벌(0.7%)’ 등이 중복도가 높았다. 이는 많은 지표들에서 에너지효율의 표준에 대한 요소들이 포함되어 있다고 고려할 수 있다. 그 외 다른 ‘항목’들을 살펴보면, ‘자원-산림면적(1.12%)’, ‘배출-온실가스 배출량(0.98%)’, ‘배출-CO₂ 배출량(0.91%)’, ‘에너지-에너지효율 금융

(0.63%), ‘연료·화석연료 소비자 지원(0.56%)’, ‘금융·자금 조달(0.49%)’, ‘에너지-1차 에너지소비(0.49%)’, ‘건강·위생·위생시설 접근가능 인구(0.42%)’, ‘전기·피크타임 리베이트 및 시간요금제(0.42%)’ 순으로 나타났다(Table 4).

최하위 ‘요소(레벨 4)’의 경우, 에너지 부문에서는 ‘1차 에너지소비-2°C 이하 추세와 비교(0.42%)’, ‘1차 에너지공급-1차 에너지공급량(0.28%)’, ‘최종에너지 소비-최종에너지 소비 대비 재생에너지 소비(0.21%)’, ‘에너지효율 금융-에너지효율 투자 금융기관(0.07%)’, ‘에너지효율 금융-에너지효율 의무비용(0.07%)’, ‘에너지효율 제품-에너지효율 제품 등급(0.07%)’ 등이 높은 중복도를 보였으며, 자원 부문에서는 ‘산림면적-산악지역 녹색피복 지수(0.07%)’, 배출 부문에서는 ‘온실가스 배출량-온실가스 배출량 추세(0.07%)’, 금융 부문에서는 ‘금융·자금조달-책임있는 윤리적 조달(0.07%)’이 높은 중복도를 보였다. 전반적으로 1차 에너지 및 최종에너지의 공급 및 소비에 대한 ‘요소’들이 높은 중복도를 보인 것으로 확인되었다.

4.3. 키워드 기반 유사도 측정

Table 5는 키워드 기반으로 유사도를 기준으로 ‘부분’과 ‘영역’을 분류한 것으로, 각 ‘영역’에 대해 하위 ‘항목’ 및 ‘요소’의 종류 (유사도)가 많을수록 확률적으로 영역으로 중복도가 높아질 수 있다. ‘부분’에 대한 분석 결과, ‘에너지(4.50%)’, ‘배출(3.87%)’, ‘기후(3.87%)’가 대표적

으로 높은 유사도를 가졌으며, 이는 중복도와 일치하는 순서이다.

중복도(Table 3)와 유사도(Table 5) 분석결과를 비교해 보면, ‘영역(레벨 2)’에서는 ‘교육(M=1.62%)’, ‘지속가능(M=1.62%)’, ‘인구(M=1.27%)’, ‘농업(0.35%)’, ‘성평등(0.7%)’ 등이 중복도에 비해 높은 유사도를 보이는 것으로 확인된다. 중복도에 비해 유사도가 높은 경우, 체계의 재구성을 통해 유사한 키워드 간 통합 및 계층화를 고려할 수 있을 것으로 판단된다. 이와 반대로 유사도에 비해 중복도가 높은 경우 공통된 지표들이 활발하게 활용되고 있는 것으로 간주할 수 있지만, 상대적으로 해당 지표는 추가적으로 세분화 될 수 있는 가능성이 높다고 할 수 있겠다. 일례로, 본 연구에서 상대적으로 높은 중복도를 보이는 ‘표준 준수(M=1.21%)’의 경우, ‘녹색(M=1.05%)’이나 ‘대기(M=1.05%)’에 비해 높은 중복도를 보이지만 유사도는 전체 분석 대상 중 최하위(S=0.07%)로 분석되었다. 또한 ‘자원(M=3.78%, S=2.11%)’도 중복도에 비해 유사도가 낮게 확인되고 있다. 이러한 ‘영역’ 내 키워드들은 보다 세분화될 수 있는 가능성이 높은 키워드들로 해석할 수 있겠다.

‘항목(레벨 3)’에서의 유사도를 살펴보면, ‘산림면적(0.91%)’, ‘에너지효율 표준(0.63%)’, ‘에너지효율 금융(0.35%)’, ‘에너지효율 의무(0.14%)’, ‘에너지효율 제품(0.21%)’, ‘온실가스 배출량(0.28%)’이 유사도가 높은 것으로 확인되었다.

Table 5. Level 1 (Sector) and 2 (Domain) with high similarity (Sum=5 or higher)

Sector (level 1)	S* (%)	Domain (level 2)	S* (%)	Example of Indicators (Domain + key word)
Energy	4.50	Energy efficiency	1.20	standard (0.63)*, finance (0.35)*, obligation (0.14)*, product (0.21)* , supplier credit·lease, residential EE, target, plan, demand response, identification tools, risk coverage, incentives, strategy establishment, information tracking, transportation incentives
		Energy saving	0.42	identification of investment opportunities, Program for awareness of importance, budgeting, case study on importance, technical support, user disclosure
Emission	3.87	GHG emissions	1.55	GHG emissions (0.28)* , CH ₄ ·SO ₂ ·OX·N ₂ O·LULUCF·F-Gas emissions and growth rate, emissions per unit of food production, industry·agriculture·building·transport emissions, waste emissions, Natural gas and hydrocarbon production, average new car emissions, Greenhouse gas footprint of products and services, emission rate, emission intensity, emission monitoring
		CO ₂ emissions	0.56	emission intensity, productivity, emission growth rate, GDP per emission unit, disposable income per emission unit, air transport emissions, CCUS emissions

Table 5. Level 1 (Sector) and 2 (Domain) with high similarity (Sum=5 or higher) (continued)

Sector (level 1)	S* (%)	Domain (level 2)	S* (%)	Example of Indicators (Domain + key word)
Climate	3.87	Climate change	0.77	mitigation technology patents, proportion of adaptation industries, countries included in training courses, number of countries discussing adaptation, mitigation, and technology transfer development, adaptation products and services, education, target compliance, public belief, number of developing countries receiving support
		Climate policy	0.42	existence of a formal learning cycle, relationship with the drafter, mechanisms for continued citizen participation, existence of a dedicated organization
		Climate neutrality goal	0.42	achieving unity between short-term actions and long-term goals, action taken to limit 1.5°C, long-term strategy of 5 years or less, public support, regular monitoring
		Climate finance	0.42	compound annual growth rate (CAGR), creation of environment, growth potential, proportion of public funding that hinders climate action, funds monitoring, Scope of bank stress testing considering climate risk
		Climate-related participation strategies	0.42	participation in customers, clients, investees, value chain partners, and related trade associations
Transport	3.17	Electricity car	0.42	electric vehicle introduction, incentives, user profit distribution, charging laws, charging infrastructure
		Public transport	0.42	transportation costs, availability, travel distance, subsidies, infrastructure investment, accessibility
Health and sanitation	2.60	Availability of medical services	0.77	medical service level·infrastructure·quality, vaccination support population, emergency response capabilities, medical personnel, drug disorder treatment, medical access and quality, facilities for obtaining medicines
		Reproductive health	0.42	family planning (population growth), use of modern contraceptive methods, genital mutilation, informed decision-making (sexual relations, contraceptives), access to information and education, law to ensure equal access to information
		Sanitation and safety	0.42	population with access to sanitation facilities, primary health and sanitation facilities, proportion of safely treated wastewater, access to safe drinking water·sanitation facilities·electricity
		Disease	0.35	population infected with HIV, population in need of treatment for NTDs, incidence of hepatitis B·malaria·tuberculosis
Employment (labor)	2.39	Employment	0.7	employment (unemployment) rate, job integration, long term contract workers, proportion of unemployed youth, develop and operate a national plan for youth employment, permanent employment, discrimination in hiring and promotion
		Workplace	0.63	health and safety expenditures, (anti-corruption, general) training hours, training expenditures, costs for labor, collective agreement protection ratio, employee attrition rate, wages and benefits, harassment and discrimination
		Labour	0.42	labor taxes, access to relief, union density and scope of collective bargaining, worker participation, compliance with labor rights, and participation of women in the workforce.
		Wage	0.35	wage and labor income ratio, profit sharing ratio, minimum wage difference, CEO-worker wage inequality ratio, average hourly wage

Table 5. Level 1 (Sector) and 2 (Domain) with high similarity (Sum=5 or higher) (continued)

Sector (level 1)	S* (%)	Domain (level 2)	S* (%)	Example of Indicators (Domain + key word)
Electricity	2.32	Electricity access	0.35	number of broadband and telephone subscribers, internet users, households with internet access, high-speed Internet subscription rate, percentage of population with access to wireless networks
Resource	2.11	Forestry and water resources	1.27	Forest area (0.91)* , participate in activities, board of directors, relationships with policy makers, strategy, identification of business opportunities, risk and opportunity evaluation, permanent surface water, resource reuse and recycling, seasonal surface water, long-term management plan, protected forest area, wildfire population exposure, resource use intensity
Reduction	1.69	Low carbon	0.63	power (0.28)* , R&D investment (0.14)* , goals for energy consumption, low carbon process cost compared to existing process, hydrogen strategy, fuel standards
		Reduction of GHG	0.35	F-Gas eco-friendly alternative policy, contribution of reduction and elimination to goal, national contribution plan, published report
Biodiversity	1.69	Species	0.35	regional breeds, species protection index, threatened mammal-bird-plant species according to extinction risk
Education	1.62	School	0.49	infrastructure, rate of access to primary handwashing facilities, equipment and materials for disabilities, size of ODA scholarships, grades (educational performance), number of registered students
Sustainable	1.62	Sustainable development	0.35	multilateral development effectiveness monitoring, ratio of detailed indicators, policy consistency promotion mechanism, service infrastructure
Population	1.27	Population structure	0.56	density, proportion of young people, population growth, population (0-14, 15-64, 65 years or older), inflow rate, net migration
Agriculture	1.27	Agricultural land	0.35	organic market share, proportion of organic farming, female/farming population, farmland improvement
Gender equality	1.20	Women	0.7	women health, adolescent birth rate, labor market, managerial ratio, gender equality, government investment for the poor and vulnerable groups, reproductive health, early marriage and cohabitation
Environment	1.20	Eco-friendly	0.35	product exports, support for developing countries in technology R&D, patents, transportation, buildings
Fuel	0.98	Fossil fuel	0.77	price, public RD&D budget, subsidies, efforts to reduce production, tax, consumption, dependency, consumer-service-producer support, public funding
Green	0.91	Green finance	0.42	trade, investment, bonds, mortgage loans, funds, financial assets
		Green building	0.35	goals, incentives, market size, building area
Government	0.77	Government budget and spending	0.56	FDI to budget ratio, ODA and cooperation, ODA related to water and sanitation included in the spending plan, agricultural production index compared to expenditure, spending on essential services (education, health, social protection), tax revenue compared to budget, military budget
Participate in decision making	0.70	Board of directors, council	0.42	number of meetings and attendance, formal and regular role, term limits, member's remuneration

*S=Similarity is the sum of the kinds of sub-indicators obtained through keyword-based classification

5. 결론 및 제언

기후변화 혹은 기후위기는 현재 인류가 마주한 가장 큰 과제로 인식되고 있다. 세계 각국은 이를 극복하기 위한 대안으로 2050 탄소중립과 같이 다양한 목표와 세부 계획을 수립하고 있으며, 아울러 이들의 방향성이나 노력에 대한 평가, 측정 혹은 모니터링을 위한 체계가 요구된다. 기후변화대응, 지속가능발전, 녹색성장, 최근의 탄소중립까지 국가들의 노력에 대한 다양한 지수 혹은 평가체계들이 제시되고 활용되고 있다. 본 연구는 이러한 지수 및 평가체계들이 공유하는 핵심가치를 파악하기 위해 유관 지표들을 분석 대상으로 삼았다. 보다 객관적이고 과학적인 접근을 통해, 키워드 분석을 활용하여 이 지표들 간의 중복도와 유사도를 측정함으로써 핵심가치를 도출하였다. 이를 통해 향후 평가체계 개발 시 주요하게 고려해야 할 키워드들을 식별하고자 하였다.

기후변화대응, 탄소중립, 지속가능발전, 녹색성장 등에서 대표적으로 활용되거나 제시된 지표들에 대한 키워드 분석 결과, ‘에너지’, ‘배출’, ‘기후’, ‘자원’, ‘운송·교통’, ‘전기’, ‘보건·위생’ 등이 높은 중복도를 가지는 것을 확인되었다. 보다 세부적으로 살펴보면, ‘에너지효율’, ‘에너지소비’, ‘온실가스 배출’, ‘CO₂ 배출’, ‘Scope(배출범위)’, ‘기후정책’, ‘기후변화’, ‘산림 및 수자원’, ‘산림면적’, ‘전기요금’, ‘위생·안전’, ‘의료서비스 가용성’, ‘저탄소’, ‘여성’, ‘화석연료’, ‘표준준수’와 같은 키워드들이 중점적으로 다루어짐을 확인하였다.

또한 중복도와 함께, 키워드의 어휘 조합이 유사할수록 유사한 개념일 가능성을 고려하는 유사도를 살펴본 결과, ‘에너지’, ‘배출’, ‘기후’와 같이 중복도가 높은 키워드들에 대해 유사도 또한 높게 나타나는 것을 확인하였다. 그 외 중복도가 낮으나 유사도가 상대적으로 높은 경우(‘교육’, ‘지속가능’, ‘인구’, ‘농업’, ‘성평등’ 등), 반대로 중복도는 높으나 유사도가 상대적으로 낮은 경우(‘표준준수’, ‘자원’, ‘재생에너지’, ‘금융’ 등)를 확인할 수 있었다. 이들 키워드들의 경우 유사한 개념이 세분화되어 있거나(유사도가 상대적으로 높은 경우), 상대적으로 세분화가 덜 되어(유사도가 상대적으로 낮은 경우) 나타나는 현상으로 유추할 수 있다.

키워드의 중복도와 유사도 측정은 다양한 지표들이 내포하고 있는 공통된 핵심가치를 도출함에 유용한 판별도구로 판단되나, 중복도와 유사도는 서로 반비례적 관계성을 지니고 있다. 즉, 체계를 고려하지 않은 상황에서 유사

도가 높을수록 상위 지표의 중복도는 분산되며, 반대로 지표들이 체계적으로 잘 통합될수록 하나의 개념으로 결집되기에 중복도가 증가한다. 결과적으로 여러 지표들간 공통된 핵심가치 혹은 키워드를 도출함에 있어 중복도와 유사도는 모두 고려되어야 할 필요가 있겠다. 다시 말해, 중복도와 유사도가 모두 높은 경우 핵심적인 가치로 간주할 수 있을 것이며, 상대적으로 유사도가 높은 경우 평가체계의 재구성, 중복도가 높은 경우 지표의 세분화를 해야 할 필요가 있음을 시사한다.

본 연구는 기후변화대응 및 이와 유사한 패러다임에 대한 다양한 지표들에 대해 평가체계를 구축할 때, 일반적인 하향식 접근(top-down)이 아닌 상향식 접근(bottom-up)을 채택하였다. 이 접근 방식은 평가체계 구성 시 소수의 전문가 집단에 근거한 내용이 아닌 다양한 지표 내 핵심가치에 대한 탐색을 통해 다수 전문가들의 의견을 간접적으로 반영하여 논리성을 강화했다는 점에 그 의의가 있다.

또한, 정성적인 의견에만 의존하는 것이 아닌 빅데이터 분석을 통한 방법론을 적용하고자 함에 의의가 있다. 텍스트마이닝의 어휘빈도 분석을 활용하여 효율적인 패턴 확인을 통해 새로운 통찰(insight)을 도출하였고, 객관적이고 과학적인 방법론을 통해 키워드 간 유사관계를 탐색하였다.

본 연구의 결과는 키워드 기반 분류를 통해 국내외 다양한 대표 평가체계 및 지표들에 대한 사전 형식(dictionary-like)의 지표 정보 혹은 데이터베이스를 구축함으로써 후속 연구자들에게 서로 다른 체계의 통합 혹은 새로운 평가체계의 개발을 위해 활용 가능한 기초자료를 제공한다. 이러한 데이터 기반 분석 결과를 바탕으로, 전문가들의 정성적 의견을 청취함으로써 개인의 편향성을 제거하고 보다 객관적인 의견을 반영할 수 있을 것으로 기대한다.

한계점 및 제언으로, 첫째, 본 연구에서는 키워드를 바탕으로 평가체계 내 지표들을 분류하였기에 이론 및 개념에 따른 분류가 제대로 반영되지 못한 한계가 있다. 개념상 유사하거나 중복되지만 어휘상 다르게 분류되는 요소들에 대해 완전하게 검토 및 보완되지 못한 한계점을 지니고 있어 정성적인 관점에서는 개선의 필요가 있다고 볼 수 있다. 둘째, 본 연구의 분석 대상은 현재를 기준으로 과거 지표들에 대한 키워드를 분석하기에 미래의 경향성을 확인하는 것에는 한계가 있다. 즉, 미래지향적인 평가기준에 대한 고려가 이루어지지 못했기 때문에 현재는 달성되지 못하였으나 탄소중립 실현을 지향하는 국가역량

과 같은 개념에 대해서는 본 연구의 결과만으로는 적용에 한계가 있다.

본 연구의 결과는 이러한 한계들을 인지하고, 향후 전문가의 이론 및 개념을 기반으로 한 기초자료와 참고자료의 활용이 필요하다. 이러한 자료를 바탕으로 하향식 접근을 채택함으로써, 기존의 상향식 접근과 병행하여 보다 체계적이고 신뢰할 수 있는 지표체계의 개발이 가능해질 것이다. 이는 탄소중립 목표 달성을 위한 의사결정 도구 개발에 있어 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 국가녹색기술연구소 “[F2330101] 녹색기술 데이터의 체계적인 정보관리를 위한 플랫폼 운영기반 마련과제”의 지원으로 수행됨.

References

- Acosta LA, Maharjan P, Peyriere H, Galotto L, Mamiit RJ, Ho C, Flores BH, Anastasia O. 2019. Green growth index: Concepts, methods and applications. Seoul, Korea: Global Green Growth Institute. GGGI Technical Report No. 5.
- Ali M, Wagan AI. 2017. Sentiment summerization and analysis of Sindhi text. *Int J Adv Comput Sci Appl* 8(10): 296-300. doi: 10.14569/IJACSA.2017.081038
- Basson E, Wambi I, van Staden F. 2022. Green economy indicator report 2022. Cape Town, Republic of South Africa: Government of the Western Cope.
- Burck J, Uhlich T, Bals C, Hohne N, Nascimento L. 2023. Climate change performance index 2023. Bonn, Germany: German Watch, New Climate Institute & Climate Action Network International.
- Carbon Disclosure Project. 2021. Insights from CDP data to assess progress and drive action on the sustainable development goals. London, UK: CDP Worldwide. Policy Brief 2021.
- Chan AS, David M. 2021. The 2021 global energy innovation index: National contributions to the global clean energy innovation system. Washington D.C., US: Information Technology and Innovation Foundation.
- Cheong GJ, Lee KS, Cho EH. 2021. A study for developing ESG indicators through text mining and deriving a correlation between ESG indicators and stock prices. *Proceedings of Annual Conference of KIPS 2021*; 2021 Nov 4~Nov 6; Hidden Bay Hotel. Yeosu, Korea: Korea Information Processing Society. p. 1273-1276.
- Choi YH, Jeong J, Lee KH. 2021. Research trends and knowledge structure of digital transformation in fashion. *J Digit Converg* 19(3): 319-329. doi: 10.14400/JDC.2021.19.3.319
- Choi YH, Lee KH. 2020. The meanings of new-tro fashion: Conceptualization and typologification. *J Korean Soc Cloth Text* 44(4): 691-707. doi: 10.5850/JKSCT.2020.44.4.691
- Choi YH, Yoon SJ, Xuan B, Lee SYT, Lee KH. 2021. Fashion informatics of the Big 4 Fashion Weeks using topic modeling and sentiment analysis. *Fash Text* 8(1): 33. doi: 10.1186/s40691-021-00265-6
- Climate Action 100+. 2023. Net Zero company benchmark. Bonn, Germany: Author.
- Duwe M, Velten EK, Haase Berghmans N, Evans N, Spasova D. 2021. Measuring progress towards climate neutrality. Berlin, Germany: Ecologic Institute.
- European Commission. 2019. A European green deal striving to be the first climate-neutral continent; [accessed 2023 Sep 8]. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- Hans F, Kuramochi T, Black R, Hale T, Lang J, Mooldijk S, Beuerle J, Hohne N, Chalkley P, Smith S, Hyslop C, Hsu A, Yeo ZY, Axelsson K. 2022. Net Zero stocktake 2022. Net Zero Tracker. [accessed 2023 Aug 1] <https://zerotracker.net/analysis/net-zero-stocktake-2023>
- Hwang H, Lee Y, Seo I, Chung Y. 2021. Successful pathway for locally driven fuel cell electric vehicle adoption: Early evidence from South Korea. *Int J Hydrogen Energy* 46(42): 21764-21776. doi: 10.1016/j.ijhydene.2021.04.057
- Jacobson MZ, Delucchi MA, Bazouin G, Bauer ZA, Heavey CC, Fisher E, Morris SB, Piekutowski DJY,

- Vencilla TA, Yeskoo TW. 2015. 100% clean and renewable wind, water, and sunlight (WWS) all-sector energy roadmaps for the 50 United States. *Energy Environ Sci* 8(7): 2093-2117. doi: 10.1039/C5EE01283J
- Jang MH, Kim IH. 2018. A study of poetic words in newspaper reader's poem during the Japanese colonial period using statistical keywords and co-occurrence relation networks. *Stud Korean Lit* 58: 301-327. doi: 10.20864/skl.2018.04.58.301
- Joo KH, Lee JI, Lee WS. 2011. An associated keywords extraction and a spread clustering methods for an efficient document searching. *J Korean Inst Inf Technol* 9(6): 155-166.
- Kim DM, Lee TW. 2020. Understanding about novice learner's programming conception by prototype theory. *J Korea Soc Comput Inf* 25(3): 251-260. doi: 10.9708/jksci.2020.25.03.251
- Kim IH. 2019. Newspaper big data and text mining for digital humanities. *J Lang Lit* 78: 41-62. doi: 10.15565/jll.2019.06.78.41
- Kim YM, Lee JH. 2013. Development of carbon neutral indicator using of carbon storage on urban forest. *J Korean Environ Res Technol* 13(3): 94-102.
- Kim YS, Lee SE, Choi GS. 2022. Analysis of news articles on renewable energy during COVID-19 epidemic periods using text mining techniques. *J Clim Change Res* 13(6): 829-842. doi: 10.15531/KSCCR.2022.13.6.829
- KPMG International. 2021. Net Zero readiness index 2021. Amstelveen, Netherlands: Author.
- Lee CH, Hwang H, An SJ, Lee EC. 2021. A comparative analysis of climate change and green policy issues: Focusing on text data analysis for each period of Korean government. *J Environ Policy Adm* 29(3): 1-47. doi: 10.15301/jepa.2021.29.3.1
- Lee JH, Lee GG, Hong JK. 2010. Development of carbon neutral indicator using of carbon storage on urban forest. *J Korea Soc Environ Restor Technol* 13(3): 94-102.
- Massachusetts Institute of Technology. 2022. The green future index 2022: A ranking of 76 economies on their progress and commitment toward building a low-carbon future. Cambridge, US: Author. MIT Technology Review.
- OECD. 2014. Green growth indicators 2014. Paris, France: OECD Publishing. OECD Green Growth Studies. doi: 10.1787/9789264202030-en
- PAGE (Partnership for Action on Green Economy). 2017. The green economy progress measurement framework - Methodology. Geneva, Switzerland: Author.
- REN21(Renewable Energy Policy Network for the 21st Century). 2022. Renewables 2022 global status report. Paris, France: REN21 Secretariat.
- Seo HJ. 2021. How to easily conduct qualitative research using MAXQDA. Seoul: Pakyoungsa.
- Solability. 2022. The sustainable competitiveness report, 11th edition. Zurich, Switzerland: SolAbility Sustainable Intelligence.
- Soumya GK, Joseph S. 2014. Text classification by augmenting bag of words (BOW) representation with co-occurrence feature. *Int Organ Sci Res J Comput Eng* 16(1): 34-38. doi: 10.9790/0661-16153438
- The World Bank. 2020. RISE 2020 regulatory indicators for sustainable energy: Sustaining the momentum. Washington D.C., US: Author.
- United Nations. 2022. The sustainable development goals report. New York, US: United Nations Publications.
- Wolf MJ, Emerson JW, Esty DC, de Sherbinin A, Wendling ZA. 2022. 2022 Environmental performance index. New Haven, US: Yale Center for Environmental Law & Policy.
- World Economic Forum. 2021. Fostering effective energy transition 2021 edition. Geneva, Switzerland: Author.
- World Energy Council. 2022. World energy trilemma index 2022. London, UK: World Energy Kingdom.
- Wu X, Tian Z, Guo J. 2022. A review of the theoretical research and practical progress of carbon neutrality. *Sust Oper Comput* 3: 54-66. doi: 10.1016/j.susoc.2021.10.001
- Yi I, Bruelisauer S, Utting P, McElroy M, Mendell M,

Novkovic S, Lee Z. 2022. Authentic sustainability assessment: A user manual for the sustainable development performance indicators. Geneva, Switzerland: United Nations Research Institute for Social Development.

Yoo LS, Byun CW, Choi YK, Kim JS, Choi SW, Lee JY, Bae JW, Cho SM. 2022. Diagnosis of regional carbon neutral and research on mid to long-term response strategies. Sejong, Korea: Korea Institute for Industrial Economics and Trade. Report 2022-25.