

산업계 탄소중립 이행수준 평가를 위한 지표 개발 연구

노준영*, 이시형**†

*휴엔릭스 첨단기술연구소 과장, **대한상공회의소 지속가능경영원 과장

Evaluation of the level of carbon neutrality implementation in industry

Roh, Joonyoung* and Lee, Seehyung**†

*Manager, Huenrix Advanced Technology Research Institute, Seoul, Korea

**Senior manager, Korea Chamber of Commerce and Industry, Seoul, Korea

ABSTRACT

In this study, indicators that can quantify a company's carbon neutrality level were developed by investigating previous studies and related data. A total of 27 indicators were developed and divided the indicators into five categories, and a survey of AHP experts was conducted to determine weights for each indicator. Carbon neutrality scores were derived for 15 manufacturing companies using the developed indicators, and based on the total score, the maximum score was 71.7 points from a minimum of 38.5 points, and the average score was 54.0. Based on the results of the company's carbon neutrality score, Monte Carlo simulation was performed to derive the distribution of the company's carbon neutral score, which was reflected by dividing it into five grades in a certain percentile (20%). As a result of the that, it was found that there were 3 companies in the 5th grade, 4 companies in the 4th grade, 3 companies in the 3rd grade, 2 companies in the 2nd grade, and 3 companies in the 1st grade. In this study, the rating criteria were calculated for only 15 manufacturing companies, but if the number of companies increases in the future and it is possible to classify them by industry, it is expected that the rating criteria reflecting the characteristics of the industry can be prepared by calculating the rating criteria for each industry.

Key words : Industry, Carbon Neutral, Climate Change, Indicators, Evaluation

1. 서론

기후변화는 전 지구적인 문제로, 한국도 이에 따른 기후 변화와 자연재해를 직면하고 있다(UNFCCC, 2020). 한국의 기온은 지난 100년간 1.5도 상승하였으며 이는 세계 평균인 0.9도를 크게 상회하는 수치이다(National Institute of Meteorological Research, 2020).

대한민국의 2021년 온실가스 배출량은 676.6 백만톤 CO₂eq.이며, 그 중 산업계에서 직접 배출되는 배출량은 산업공정 부문과 에너지 부문 중 석유정제, 제조업 및 건설업에 해당할 수 있다. 이는 259.7 백만톤CO₂eq.이며, 전체 배출량 중 약 38%를 차지한다. 산업계에서 사용하는

전력에 따른 배출량을 포함한다면 산업계에서 배출되는 온실가스 배출량은 적지 않은 수준이며, 국가 탄소중립에 중요한 역할을 한다.

유럽과 일본은 2050년, 중국은 2060년까지 탄소중립을 달성하겠다고 선언하였다(European Commission, 2021; Inoue and Yamada, 2017; Ministry of the Environment, Japan, 2021; National Development and Reform Commission, China, 2020). 대한민국도 탄소중립을 위한 국제 협력에 참여할 필요가 있으며, 탄소중립 사회로 이행을 위한 탄소중립과 녹색성장 청사진을 공개하였다.

대한민국은 2030년까지 국가 온실가스를 2018년 대비 40%, 2050년까지 100% 감축하겠다는 목표를 제시하였으며(Chae, 2022; Ministry of Foreign Affairs, 2024), 2030년

†Corresponding author : seehyung@korcham.net (39 Sejong-daero, Jung-gu, Seoul, 04513, Korea. Tel. +82-2-6050-3813) ORCID 노준영 0000-0002-3066-3230 이시형 0009-0009-7714-5447

까지 산업 부문 배출량은 11.4% 감축 목표를 제시하였다.

우리나라 산업계의 탄소중립은 기후변화 대응, 경제적 이점, 국제사회와의 협력, 기업의 지속가능 경영 등 여러 측면에서 필수적이다. 산업계의 탄소중립 달성을 촉진하기 위한 여러 가지 방안 중에는 효과적인 인센티브 시스템이 포함되며(Choi et al., 2022), EU, 일본, 중국 등 주요국의 사례는 탄소중립이 국제적인 흐름임을 나타내며 우리나라도 이에 발맞추어 정부와 산업계가 협력하여 탄소중립을 달성하기 위한 구체적인 전략을 마련하고 실행하여야 한다(Kim, 2022).

현재 ESG 보고서를 기반으로 기업을 평가하는 이니셔티브, 기관들이 많이 있지만 ESG 보고서 평가는 환경(E, Environment) 뿐 아니라 사회와 지배구조를 모두 포함하여 진행되고 있으며, 기업의 탄소중립만을 대상으로 평가하는 지표는 없는 것으로 나타났다. 또한, 환경 부분은 온실가스 측면 뿐 아니라 대기오염물질, 화학물질에 대한 평가까지 포함되어 있기 때문에 탄소중립만을 고려하여 평가하는 지표가 필요한 실정이다.

이에 따라 산업계의 탄소중립 달성을 촉진하기 위해 투명성과 신뢰성을 확보하기 위한 평가지표의 개발이 필요하며, 본 연구에서는 산업계 탄소중립 이행수준을 평가할 수 있는 지표를 개발하고 이에 대한 활용 방안을 제시하였다. 이를 통해 기업의 탄소 중립 수준을 정량적으로 도출하여 업종별 특성 파악, 우수기업 인센티브 제공 등 정책적 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 연구방법

2.1. 지표 개발

본 연구에서는 산업계 탄소중립 평가 지표 개발을 위해 관련 자료 및 선행연구들을 수집·조사하여 활용하였으며, 관련 지표 마련을 위한 기업의 내부 자료들은 활용할 수 없고, 객관성을 최대한 확보하기 위하여 공개된 자료를 위주로 살펴보았다.

관련 지표 도출을 위하여 선행연구 및 ESG 보고서를 참고하였으며, 온실가스 배출량 및 배출권 자료로는 국가온실가스종합관리시스템(NGMS, National GHGs Management System), 배출권등록부시스템(ETRS, Emissions Trading Registry System), 상쇄등록부시스템(ORS, Offset Registry System), 한국거래소(KRX, Korea Exchange) 등의 자료를 조사하였고, 이외에도 온실가스 배출권거래제 할당 대상 업체 목록, 온실가스 감축 실적 등의 자료를 조사하였다.

각 지표는 위에 해당하는 자료에서 확보가 가능한 자료들을 고려하여 개발하였다.

2.2. AHP 기법을 활용한 지표별 가중치 산정

개발된 지표들은 수행의 어려움, 탄소중립 기여도 등 특성이 다양하며 그 중요도를 분석하고 반영하여야 지표 평가 결과의 신뢰성 및 공정성을 확보할 수 있다.

개발되는 지표들의 가중치를 반영하기 위하여 Analytic Hierarchy Process (AHP) 기법을 활용하였으며, AHP 기법은 쌍대비교를 통해 중요도(가중치)를 도출하고 이를

Table 1. List of previous research studies for indicator development

| | Classification | Related content |
|---|--|---|
| 1 | Industry Climate Change Competitiveness Index Survey | A study on climate change competitiveness of companies through a survey conducted by the Korea Chamber of Commerce and Industry in 2014 |
| 2 | ESG Report | ESG reporting is the disclosure of information about business operations in relation to environmental, social and governance |
| 3 | National Green-house Gas Management System | A system that supports the establishment of national greenhouse gas reduction policies |
| 4 | Emission Trading Registry System | A system that registers and manages the allocation company's emissions trading and change history |
| 5 | Offset Registry System | A system that manages and supports external business methodologies that reduce, absorb, or remove greenhouse gases and the amount of greenhouse gas reductions. |
| 6 | Korea Exchange | Emissions Exchange designated in accordance with Article 22 of the Act on Allocation and Trading of Greenhouse Gas Emission Permits |

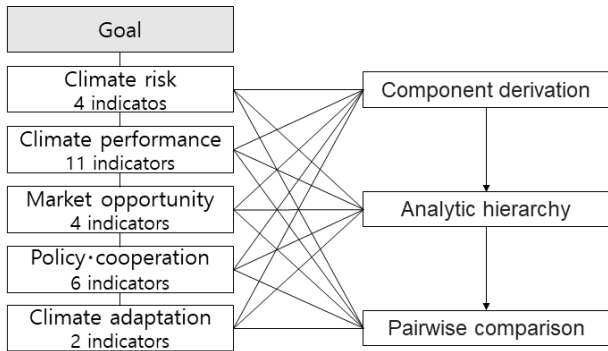


Fig. 1. Analytic Hierarchy Process flow chart

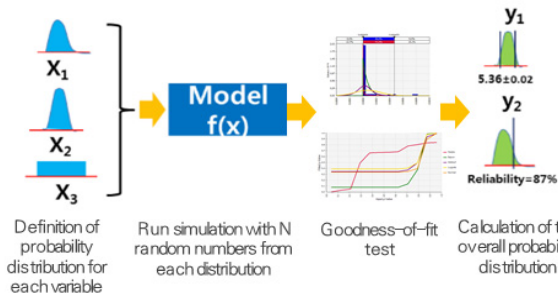


Fig. 2. Monte Carlo simulation flow chart

통해 의사결정의 우선순위를 부여하는 기법이다. 본 연구에서는 총 8인의 기후변화 전문가의 AHP 설문조사 결과를 기반으로 지표별 가중치를 산정하여 최종 점수에 반영하였다.

2.3. 몬테카를로 시뮬레이션을 활용한 등급 기준 마련

가중치가 반영된 지표 평가 결과를 몬테카를로 시뮬레이션을 통해 적합한 분포 유형을 도출하고 이를 적용하여 점수에 따른 등급 기준을 마련하고자 하였다. 몬테카를로 시뮬레이션은 무작위 추출된 난수를 이용하여 함수의 값을 계산하는 통계학적 방법으로, 확률 변수값을 통해 확률분포를 생성할 수 있는 기법으로 시뮬레이션을 통해 변수들의 적합한 분포 유형을 도출하고 그에 맞는 분포 값을 도출할 수 있다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1. 지표 개발 결과

선행연구 및 관련 자료를 통하여 산업계 탄소중립 이행수준 평가지표를 5개 대분류(기후위험, 기후성과, 시장기회, 정책·협력, 기후적응)로 구분하고 각 대분류 하위 27개의 세부 지표를 구성하였다. 각 지표들에 대한 참고 자료 및 출처는 Table 1의 각 연구 및 문헌 번호에 맞추어 기입하였으며, 연구 및 문헌에 제시되어 있지 않지만 탄소중립 평가에 필요한 항목들을 전문가 회의 등을 통해 개발하여 제시하였다.

기후위험 부문은 온실가스 배출 추세, 에너지 사용량 추세 등 기후변화에 직접적인 영향을 주는 배출량 및 추세 등을 고려하여 4개의 세부 지표로 구성하였다.

기후성과 부문은 환경 경영 목표, 온실가스 감축 목표,

Table 2. Indicator development results (Climate risk)

| No. | Indicators | Measure level | Ref. |
|-----|--|--|------------|
| 1 | Greenhouse gas emissions - Trends | 1 Greenhouse gas emissions increase trend over the past 5 years (exceeding +5%) | 1 |
| | | 2 No trend in greenhouse gas emissions over the past 5 years (within ±5%) | |
| | | 3 Greenhouse gas emissions decreasing trend over the past five years (less than -5%) | |
| 2 | Energy usage - Trends | 1 Energy usage increase trend over the past 5 years (exceeding +5%) | 1 |
| | | 2 No trend in energy usage over the past 5 years (within ±5%) | |
| | | 3 Energy usage decreasing trend over the past five years (less than -5%) | |
| 3 | Proportion of greenhouse gas emissions compared to sales in the previous year | 1 Greenhouse gas emissions exceeded +5% compared to the previous year | This study |
| | | 2 Greenhouse gas emissions proportion within ±5% compared to the previous year | |
| | | 3 Greenhouse gas emissions exceeded -5% compared to the previous year | |
| 4 | Greenhouse gas emissions per energy usage in the previous year(tCO ₂ eq/TJ) | 1 Greenhouse gas emissions per energy usage: over 50 | This study |
| | | 2 Greenhouse gas emissions per energy usage: 30~50 | |
| | | 3 Greenhouse gas emissions per energy usage: less than 30 | |

Table 3. Indicator development results (Climate performance)

| No. | Indicators | Measure level | Ref. |
|-----|--|---|------------|
| 1 | Presenting environmental management goals and directions | 1 Environmental management goals not presented | This study |
| | | 2 Present short-term, mid- to long-term goals for environmental management | |
| | | 3 Establishment of environmental management roadmap | |
| 2 | Greenhouse gas reduction goals | 1 No greenhouse gas reduction goals are being established | 2 |
| | | 2 Short-term greenhouse gas reduction goals are being established | |
| | | 3 Mid- to long-term greenhouse gas reduction goals are being established | |
| 3 | Environmental Management Promotion System | 1 A company-wide governance system has been established to promote environmental management | 2 |
| | | 2 the necessary resources is invested to implement environmental management tasks | |
| | | 3 The status of environmental management task implementation is reflected in the performance evaluation indicators (KPIs) of relevant members, including management | |
| 4 | Ratio of renewable energy use (%) | 1 Less than 1% | This study |
| | | 2 1~5% | |
| | | 3 Exceeding +5% | |
| 5 | Scope 3 reduction management | 1 Scope 3 category not recognized | This study |
| | | 2 Recognizing the Scope 3 category of the workplace | |
| 6 | Scope 3 emissions calculation | 1 Not measuring the organization's Scope 3 emissions | This study |
| | | 2 Measuring the organization's Scope 3 emissions | |
| 7 | Scope 3 emissions verification | 1 No third-party verification of Scope 3 emissions | This study |
| | | 2 Third-party verification of Scope 3 emissions | |
| 8 | Establishment of greenhouse gas emission forecast calculation system | 1 Greenhouse gas emission projections are not being calculated | This study |
| | | 2 Calculating short-term greenhouse gas emissions forecasts | |
| | | 3 Mid- to long-term (more than 3 years) greenhouse gas emissions forecasts are being calculated | |
| 9 | Greenhouse gas intensity improvement rate | 1 Less than 1% | 1 |
| | | 2 1~5% | |
| | | 3 Exceeding +5% | |
| 10 | Introduction of own energy management system | 1 No plans to introduce own energy management system | 2 |
| | | 2 Own energy management system applied to some business offices | |
| | | 3 Own energy management system applied to all business offices | |
| 11 | Self-reduction target achievement rate | 1 Does not set own reduction goals | 1 |
| | | 2 Self-reduction target achievement rate less than 50% | |
| | | 3 Self-reduction goal achievement rate of 50% or more | |

SCOPE 3 고려 여부 등 탄소중립 성과에 영향을 미치는 요인을 고려하여 11개의 세부 지표로 구성하였다.

시장기회 부문은 기후변화 대응, 배출권 판매, 신재생 에너지 관련 사업 등 탄소중립 시장 진입 기회에 영향을 미치는 요인을 고려하여 4개의 세부 지표로 구성하였다.

정책·협력 부문은 기후 변화 대응 공개 수준, 환경법규 준수 현황, 기후변화 관련 사외이사 선임 등 탄소중립을 위한 정책 및 기업 운영 등에 영향을 미치는 요인을 고려하여 6개의 세부 지표로 구성하였다.

기후적응 부문은 기후 변화 적응 사업 수행 여부, 기후

Table 4. Indicator development results (Market opportunity)

| No. | Indicators | Measure level | Ref. |
|-----|---|--|------------|
| 1 | Ratio of climate change response business sales to average sales (past 3 years) | 1 Less than 1% | 1 |
| | | 2 1~5% | |
| | | 3 Exceeding +5% | |
| 2 | Emissions sales (tonCO ₂ eq) | 1 Emission certificate sales compared to greenhouse gas emissions: 1% or more but less than 10% | 4 |
| | | 2 Emission certificate sales compared to greenhouse gas emissions: 10% or more but less than 20% | |
| | | 3 Emission certificate sales compared to greenhouse gas emissions: 20% or more | |
| 3 | Develop and identify new businesses related to greenhouse gas reduction | 1 No new business plans related to greenhouse gas reduction have been established | 2 |
| | | 2 Establishment of new business plan related to greenhouse gas reduction | |
| | | 3 New projects related to greenhouse gas reduction are in progress | |
| 4 | Green taxonomy disclosure level | 1 Not disclosed | This study |
| | | 2 Eligible Activity Disclosure | |
| | | 3 Eligible & aligned Activity Disclosure | |

Table 5. Indicator development results (Policy·Cooperation)

| No. | Indicators | Measure level | Ref. |
|-----|---|--|------------|
| 1 | Climate change response Information disclosure level | 1 Only in-house policies and principles related to climate change response are introduced | 1 |
| | | 2 Introducing the current status of climate change response projects and products | |
| | | 3 Financial information of climate change response projects and products is disclosed | |
| 2 | Compliance with environmental laws and regulations related to carbon neutrality | 1 No violation of related laws in the past year | 1 |
| | | 2 No violation of related laws in the past 2 years | |
| | | 3 No violation of related laws in the past 3 years or more | |
| 3 | Stakeholder complaint handling and prevention activities | 1 Conflicts with stakeholders occur repeatedly due to direct influence of the company. | 1 |
| | | 2 Complaints from stakeholders are being raised and efforts are being made to fundamentally resolve them | |
| | | 3 No complaints from stakeholders have been raised and cooperation activities with stakeholders are being carried out on a regular basis | |
| 4 | Outside director expertise in climate change | 1 There are no outside directors with climate change-related expertise and experience | This study |
| | | 2 There is one outside director with climate change-related expertise and experience | |
| | | 3 There are two or more outside directors with climate change-related expertise and experience | |
| 5 | Support for climate change-related partners | 1 No technical support for partners related to climate change | This study |
| | | 2 Presenting strategic directions for climate change-related support for partner companies | |
| | | 3 We are preparing investment resources to achieve performance management indicators (KPIs) related to partner support | |
| 6 | Cooperation and participation in carbon neutrality-related events (private, government) | 1 No history or plans to participate in carbon neutrality-related events | 2 |
| | | 2 Planning to participate in carbon neutrality-related events | |
| | | 3 Participating in carbon neutrality-related events | |

Table 6. Indicator development results (Climate adaptation)

| No. | Indicators | Measure level | Ref. |
|-----|---|---|------------|
| 1 | Conduct climate change adaptation projects | 1 Risks related to climate change adaptation are not identified during corporate management | This study |
| | | 2 Risk analysis related to climate change was conducted, but was not reflected in overall management | |
| | | 3 Climate change-related risks are reflected as an important factor in management | |
| 2 | Adaptation measures related to climate change level | 1 There is no policy related to climate change adaptation within the company | 1 |
| | | 2 Short-term adaptation measures are established based on risk analysis for climate change adaptation | |
| | | 3 Long-term climate change adaptation measures are being established | |

Table 7. Status of experts for AHP

| | Expert 1 | Expert 2 | Expert 3 | Expert 4 | Expert 5 | Expert 6 | Expert 7 | Expert 8 |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Consistency Index | 7% | 9% | 2% | 7% | 7% | 9% | 7% | 6% |
| Field | Academia | Industry | Industry | Industry | Academia | Academia | Academia | Industry |
| Career (year) | 5~10 | 5~10 | 15~20 | 5~10 | 5~10 | 5~10 | 15~20 | 15~20 |

변화 관련 적응대책 수립 여부 등 기후변화에 따른 리스트 관리에 영향을 미치는 요인을 고려하여 2개의 세부 지표로 구성하였다.

3.2. 지표 가중치 산정 결과

지표별 가중치를 산정하기 위하여 AHP 기법을 활용하였으며, 각 지표별 가중치를 반영하여 총점 100 점 기준으

로 환산하였다. 기후변화 관련 학계 및 산업계 등 총 8명의 기후변화 전문가를 대상으로 설문조사를 진행하였으며, 각 응답의 일관성도 10% 이내로 나타나 본 연구의 신뢰성을 확보하였다.

8인의 기후변화 전문가의 객관성을 나타내기 위하여, 분야와 분야에서의 활동 기간을 명시하였으며, 이 외의 추가 자료는 개인정보 공개의 제한으로 제시하지 않았다.

Table 8. Weights for each indicator calculated through AHP survey

| Climate risk (37 points) | | Weight for each indicator |
|---------------------------------|---|---------------------------|
| 1 | Greenhouse gas emissions - Trends | 11 |
| 2 | Energy usage - Trends | 7 |
| 3 | Proportion of greenhouse gas emissions compared to sales in the previous year | 9 |
| 4 | Greenhouse gas emissions per energy usage in the previous year (tCO ₂ eq/TJ) | 10 |
| Climate performance (23 points) | | Weight for each indicator |
| 1 | Presenting environmental management goals and directions | 2 |
| 2 | Greenhouse gas reduction goals | 1 |
| 3 | Environmental Management Promotion System | 2 |
| 4 | Ratio of renewable energy use (%) | 2 |
| 5 | Scope 3 reduction management | 2 |
| 6 | Scope 3 emissions calculation | 2 |
| 7 | Scope 3 emissions verification | 2 |
| 8 | Establishment of greenhouse gas emission forecast calculation system | 2 |
| 9 | Greenhouse gas intensity improvement rate | 3 |
| 10 | Introduction of own energy management system | 3 |
| 11 | Self-reduction target achievement rate | 2 |

Table 8. Weights for each indicator calculated through AHP survey (continued)

| Market opportunity (10 points) | | Weight for each indicator |
|--------------------------------|---|---------------------------|
| 1 | Ratio of climate change response business sales to average sales (past 3 years) | 2 |
| 2 | Emissions sales (tonCO ₂ eq) | 3 |
| 3 | Develop and identify new businesses related to greenhouse gas reduction | 2 |
| 4 | Green taxonomy disclosure level | 3 |
| Policy·Cooperation (13 points) | | Weight for each indicator |
| 1 | Climate change response Information disclosure level | 3 |
| 2 | Compliance with environmental laws and regulations related to carbon neutrality | 2 |
| 3 | Stakeholder complaint handling and prevention activities | 1 |
| 4 | Outside director expertise in climate change | 2 |
| 5 | Support for climate change-related partners | 2 |
| 6 | Cooperation and participation in carbon neutrality-related events (private, government) | 3 |
| Climate adaptation (17 points) | | Weight for each indicator |
| 1 | Conduct climate change adaptation projects | 8 |
| 2 | Adaptation measures related to climate change level | 9 |
| Total | | 100 |

3.3. 개발된 지표를 적용한 탄소중립 점수 산정 결과

본 연구에서 산정된 지표 및 가중치를 활용하여 제조업 15개 기업에 적용하여 탄소중립 점수를 산정하였다. 2021년 기준 ESG 보고서 제출 기업을 살펴본 결과, 제출 기업 131개 중 제조업 기업이 64개로 가장 많이 나타났으며, 이를 고려하여 제조업종을 대상으로 평가를 진행하였다.

평가 기업은 2021년 기준 ESG보고서 제출 기업 중 매출액, 온실가스 등이 높은 기업을 대상으로 고려하였으며, ESG 보고서, 명세서 등 공개된 자료를 활용하여 지표에 맞게 평가하였다.

기업 점수 산정 결과, 총점 기준 최소 38.5 점에서 최대 71.7 점으로 나타났으며, 평균 54.0 점으로 나타났다. 부

문별 결과는 기후위험 부문 평균이 23.4 점으로 가장 높게 나타났으며, 시장기회 부문 평균이 2.8 점으로 가장 낮게 나타났다.

Table 10. List of evaluated companies (manufacturing)

| Corporate | Sales (₩, million) | Green house gas emission (tCO ₂ eq.) |
|-----------|--------------------|---|
| A | 279,604,799 | 14,494,447 |
| B | 117,610,626 | 1,508,866 |
| C | 73,908,000 | 407,528 |
| D | 69,862,400 | 730,585 |
| E | 52,836,069 | 99,766 |
| F | 46,853,400 | 20,491 |
| G | 42,997,800 | 4,521,594 |
| H | 42,599,300 | 9,018,983 |
| I | 41,702,184 | 173,416 |
| J | 29,878,043 | 4,783,715 |
| K | 27,463,918 | 10,036,497 |
| L | 22,849,921 | 28,489,305 |
| M | 18,120,462 | 7,059,734 |
| N | 17,851,906 | 301,282 |
| O | 14,945,609 | 325,816 |

Table 9. List of evaluated companies (manufacturing)

| Classification | Number of companies submitting |
|--|--------------------------------|
| Manufacturing | 64 |
| Finance and Insurance | 27 |
| Wholesale and Retail | 12 |
| Information and communication industry | 11 |
| Etc. | 17 |
| Total | 131 |

Table 11. Corporate scoring results

| Corporate | Climate risk | Climate performance | Market opportunity | Policy·Cooperation | Climate adaptation | Total |
|-----------|--------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| A | 15.3 | 14.3 | 2.3 | 6.0 | 8.0 | 46.0 |
| | 33% | 31% | 5% | 13% | 17% | 100% |
| B | 27.7 | 18.8 | 2.3 | 7.0 | 8.0 | 63.8 |
| | 43% | 29% | 4% | 11% | 13% | 100% |
| C | 34.7 | 14.0 | 3.0 | 6.0 | 14.0 | 71.7 |
| | 48% | 20% | 4% | 8% | 20% | 100% |
| D | 15.7 | 14.8 | 1.7 | 3.7 | 2.7 | 38.5 |
| | 41% | 38% | 4% | 10% | 7% | 100% |
| E | 24.3 | 17.5 | 4.0 | 10.0 | 5.3 | 61.2 |
| | 40% | 29% | 7% | 16% | 9% | 100% |
| F | 33.7 | 18.8 | 1.7 | 9.0 | 8.0 | 71.2 |
| | 47% | 26% | 2% | 13% | 11% | 100% |
| G | 18.3 | 13.8 | 3.7 | 3.7 | 2.7 | 42.2 |
| | 43% | 33% | 9% | 9% | 6% | 100% |
| H | 24.3 | 16.2 | 1.7 | 6.0 | 8.0 | 56.2 |
| | 43% | 29% | 3% | 11% | 14% | 100% |
| I | 25.3 | 18.5 | 2.7 | 3.7 | 2.7 | 52.8 |
| | 48% | 35% | 5% | 7% | 5% | 100% |
| J | 28.0 | 16.2 | 3.0 | 6.0 | 5.3 | 58.5 |
| | 48% | 28% | 5% | 10% | 9% | 100% |
| K | 18.3 | 15.5 | 3.0 | 6.0 | 8.0 | 50.8 |
| | 36% | 31% | 6% | 12% | 16% | 100% |
| L | 18.3 | 15.5 | 3.0 | 6.0 | 8.0 | 50.8 |
| | 36% | 31% | 6% | 12% | 16% | 100% |
| M | 24.3 | 16.5 | 4.0 | 6.0 | 5.3 | 56.2 |
| | 43% | 29% | 7% | 11% | 9% | 100% |
| N | 15.7 | 12.7 | 2.7 | 5.0 | 2.7 | 38.7 |
| | 41% | 33% | 7% | 13% | 7% | 100% |
| O | 27.7 | 12.8 | 2.7 | 5.0 | 2.7 | 50.8 |
| | 55% | 25% | 5% | 10% | 5% | 100% |
| Ave. | 23.4 | 15.7 | 2.8 | 5.9 | 6.1 | 54.0 |
| | 43% | 29% | 5% | 11% | 11% | 100% |

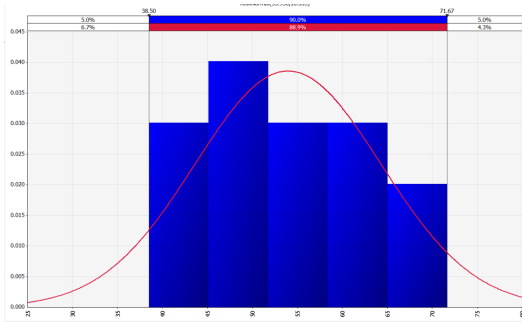
본 연구에서는 제조업 15개 기업을 대상으로 탄소중립 점수를 도출하였지만, 추후 조사 기업 대상이 늘어나고 업종 구분이 가능하게 되면 업종별 특성을 반영한 가중치를 반영하여 보다 신뢰성 있는 지표를 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

3.4. 등급 산정 결과

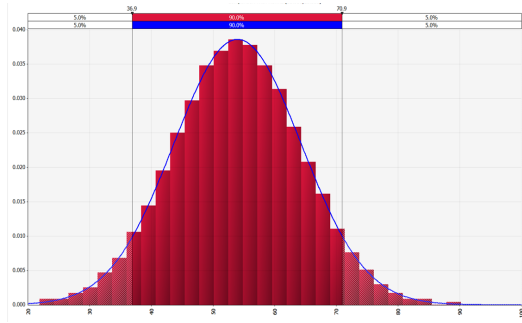
위 결과를 토대로 적합도 검정을 한 결과, Normal 분포

로 나타났으며, Normal 분포를 적용하여 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하였다.

제조업 15개 기업을 대상으로 Normal 분포를 적용하여 몬테카를로 시뮬레이션을 수행한 결과, 각 분위에 해당하는 점수를 도출할 수 있었다. 제조업 대상 15개 기업을 대상으로 하위 10%에 해당하는 점수는 40.7 점으로 나타났으며, 상위 10% (90%)에 해당하는 점수는 67.2 점으로 나타났다. 중간 분포는 50%에 해당하는 점수는 54.0 점으로 나타났다.



(a) Goodness-of-fit test



(b) Monte Carlo simulation

Fig. 3. Result of Monte Carlo simulation

Table 12. Corresponding scores for each quantile using Monte Carlo simulation

| Quantile | Score |
|----------|-------|
| 10% | 40.7 |
| 20% | 45.3 |
| 30% | 48.5 |
| 40% | 51.3 |
| 50% | 54.0 |
| 60% | 56.6 |
| 70% | 59.4 |
| 80% | 62.7 |
| 90% | 67.2 |

이를 반영하여 일정한 분위(20%)로 5개 등급으로 구분하여 기업의 등급을 산정한 결과, 5등급 3개 기업, 4등급 4개 기업, 3등급 3개 기업, 2등급 2개 기업, 1등급 3개 기업으로 나타났다.

본 연구에서는 제조업 15개 기업만을 대상으로 등급 기준을 산정하였지만, 추후 기업 수가 늘어나고 업종별로 구분이 가능하게 되면 업종별 등급 기준을 산정하여 업종의 특성을 반영한 등급 기준을 마련할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 13. Corporate scoring results

| Rate 5 | Rate 4 | Rate 3 | Rate 2 | Rate 1 |
|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------|
| | Above 45.3 | Above 51.3 | Above 56.6 | |
| 45.3 (20%) or less | (20%) but below 51.3 | (40%) but below 56.6 | (60%) but below 62.7 | Above 62.7 (80%) |
| | (40%) | (60%) | (80%) | |
| Corporate | | Rate | | |
| A | | 4 | | |
| B | | 1 | | |
| C | | 1 | | |
| D | | 5 | | |
| E | | 2 | | |
| F | | 1 | | |
| G | | 5 | | |
| H | | 3 | | |
| I | | 3 | | |
| J | | 2 | | |
| K | | 4 | | |
| L | | 4 | | |
| M | | 3 | | |
| N | | 5 | | |
| O | | 4 | | |
| Rate 5 | Rate 4 | Rate 3 | Rate 2 | Rate 1 |
| 3 corporates | 4 corporates | 3 corporates | 2 corporates | 3 corporates |

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 선행연구 및 관련 자료를 조사하여 기업의 탄소중립 수준을 정량화할 수 있는 지표를 개발하였다. 지표는 기후위험, 기후성과, 시장기회, 정책·협력, 기후적응 5개 부문으로 구분하여 총 27개의 지표를 개발하였으며, 개발된 지표를 대상으로 AHP 전문가 설문조사를 진행하고 지표별 가중치를 적용하여 지표의 특성 및 탄소중립 수준의 기여도를 고려할 수 있도록 하였다. 추후 조사 기업 대상이 늘어나고 업종별로 구분이 가능하게 되면, 업종별 특성을 반영한 지표의 가중치를 적용하여 업종별 기업의 탄소중립 수준을 보다 합리적으로 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

개발된 지표를 활용하여 제조업 15개 기업을 대상으로 탄소중립 점수를 도출하였으며, 총점 기준 최소 38.5 점에서 최대 71.7 점으로 나타났으며, 평균 54.0 점으로 나타났다. 부문별 결과는 기후위험 부문 평균이 23.4 점으로 가장 높게 나타났으며, 시장기회 부문 평균이 2.8 점으로

가장 낮게 나타났다.

도출된 기업의 탄소중립 점수를 토대로 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하여 기업의 탄소중립 점수 분포를 도출하였으며, 이를 반영하여 일정한 분위(20%)로 5개 등급으로 구분하여 기업의 등급을 모의 산정하였다. 산정 결과, 5등급 3개 기업, 4등급 4개 기업, 3등급 3개 기업, 2등급 2개 기업, 1등급 3개 기업으로 나타났다.

본 연구에서는 제조업 15개 기업만을 대상으로 등급 기준을 산정하였지만, 추후 기업 수가 늘어나고 업종별로 구분이 가능하게 되면 업종별 등급 기준을 산정하여 업종의 특성을 반영한 등급 기준을 마련할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 산업계 탄소중립 이행수준을 평가할 수 있는 지표를 개발한 것과 지표의 적용 가능성, 등급 산정 방법론 제시 등에서 연구의 의의가 있었다. 기업의 탄소중립 이행수준 평가를 하기 위해서는 투명성, 공정성 등이 고려되어야만 기업의 탄소중립 이행수준을 평가할 수 있고, 기업·업종 간의 비교가 가능하며, 사업별 특징을 고려할 수 있을 것이다. 이를 위해 더 많은 기업들을 대상으로 평가 진행이 필요하며, 명세서, ESG 보고서 등 공개된 자료뿐만 아니라 기업이 가진 고유의 정보들을 기업이 직접 올릴 수 있게 하고, 제3자 검증이 수행된다면 보다 신뢰성 있게 기업의 탄소중립 이행수준을 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 대한상공회의소 지속가능경영원 “산업계 탄소중립 이행수준 평가지표 개발 및 평가” 연구의 지원으로 수행되었습니다.

References

Chae YG. 2022. Legislative challenges to realize the 2050 carbon neutral goal in Korea (in Korean with English abstract). *Inha Law Rev* 25(4): 63-99. doi: 10.22789/IHLR.2022.12.25.4.3

Choi EG, Ahn BY, Kim TJ. 2022. Carbon neutrality topic analysis based on news big data: Topic modeling analysis of news big data between 2006 and 2022 (in Korean with English abstract). *J Digit Contents Soc*

23(7): 1213-1226. doi: 10.9728/dcs.2022.23.7.1213

European Commission. 2021. The European Green Deal.

Inoue T, Yamada K. 2017. Economic evaluation toward zero CO₂ emissions power generation system after 2050 in Japan. *Energy Procedia* 142: 2761-2766. doi: 10.1016/j.egypro.2017.12.222

Kim JS. 2022. A study on Korean industry's climate change response through the correlation analysis of GDP-CO₂ emissions - Comparison of cases with Germany and Japan (in Korean with English abstract). *J Korea Acad-Ind Coop Soc* 23(10): 483-488. doi: 10.5762/KAIS.2022.23.10.483

Ministry of Foreign Affairs. 2024. What's CAI; [accessed 2024 June 25]. https://www.mofa.go.kr/eng/wpge/m_5655/contents.do

Ministry of the Environment, Japan. 2021. 2050-Nen Kābon Nyūtoraru ni Tomonau Gurīn Seichō Senryaku.

National Development and Reform Commission, China. 2020. The People's Republic of China national development and reform commission's notice on issuing the "Carbon peak and carbon neutrality action plan".

National Institute of Meteorological Research. 2020. Climate change report of Korea.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2020. 2050 carbon neutral strategy of the Republic of Korea.