

기후리스크 평가 프레임워크를 적용한 국내 기후위기 적응 공공데이터 현황 진단: 물환경·해양수산·농업축산식품·보건복지 4개 분야를 중심으로

임종서* · 정민경** · 이천환***†

*국가녹색기술연구소 데이터정보센터장, **국가녹색기술연구소 데이터정보센터 박사후연구원,

***국가녹색기술연구소 데이터정보센터 선임연구원

Assessing the status of public data for climate change adaptation in Korea using the HEVI and DPSIR frameworks

Yim, Jongseo* · Jung, Minkyung** and Lee, Cheonhwan***†

*Director, Center of Data Information, National Institute of Green Technology, Seoul, Korea

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

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

ABSTRACT

This study examines the status of public data available for climate change adaptation in four sectors: water environment, ocean/fisheries, agriculture/livestock/food, and health/welfare. The analysis uses the IPCC's HEVI (Hazard-Exposure-Vulnerability-Impact) framework and the European Environment Agency's DPSIR (Driver-Pressure-State-Impact-Response) framework. Based on Korea's National Climate Crisis Adaptation Information Taxonomy (KADT), data were collected from October 2024 to February 2025. Twenty-five sector experts conducted a three-stage review, expanding the initial dataset of 560 items compiled by the research team to a final total of 822 items: 130 for water environment, 211 for ocean/fisheries, 201 for agriculture/livestock/food, and 280 for health/welfare. Under the HEVI framework, Hazard-related data accounted for the largest share overall (49%), although the sectoral profiles differed. Vulnerability data were deficient in every sector, and Exposure data in all sectors except the water environment: the water-environment sector contained no Vulnerability or Impact data, while Exposure data accounted for only 7.6% of the items classified in the ocean/fisheries sector. Under the DPSIR framework, Driver (0.7%) and Response (2.3%) data were virtually absent from all four sectors despite differences in their profiles. Moreover, the risks that a separate expert panel rated highest corresponded to the largest data gaps, indicating that conventional monitoring systems are structurally ill-suited to capture the socioeconomic dimensions of high-priority climate risks. These findings show that the current public data system has limited capacity to support comprehensive quantitative climate risk assessment and proactively identify the most vulnerable populations and regions. The study recommends the systematic production of Exposure and Vulnerability indicators disaggregated by sex, age, and income; reform of cross-ministerial data governance; and explicit incorporation of data-production plans into national climate adaptation strategies.

Key words : KADT, Exposure and Vulnerability Data, Climate Risk Quantification, National Adaptation Plan, Adaptation Information Management, Data Governance

†Corresponding author : chlee@nigt.re.kr (07328, 60, Yeouinaru-ro, Yeongdeungpo-gu, Seoul, Korea. Tel. +82-2-3393-3974) **ORCID** 임종서 0000-0002-5812-6453 이천환 0000-0002-1186-7457
정민경 0009-0000-9956-3716

1. 서론

기후변화 적응은 현재 발생하고 있거나 미래에 예상되는 기후 및 그 영향에 대응하여 피해를 줄이거나 유익한 기회를 활용하기 위한 조정 과정이다(IPCC, 2022). 이 연구에서 기후리스크는 기후변화의 영향으로 인간 또는 생태 시스템에 부정적 결과가 발생할 수 있는 잠재성을 의미하며, 이는 기후 관련 위해, 노출, 취약성 간 동태적 상호작용에서 발생한다(IPCC, 2022). 이러한 맥락에서 국가의 기후변화 적응 정책은 특정 지역과 인구 집단이 기후변화로 인해 받는 피해의 종류와 규모를 파악하고, 이를 줄이기 위한 대책을 수립하는 것을 목표로 한다. 이 목표를 달성하려면 기후 현상 자체에 대한 예측을 넘어, 그 현상에 어떤 인구와 자산이 얼마나 노출되어 있으며 이들이 얼마나 취약한 상태인지를 정량적으로 평가해야 한다. 과학적 근거에 기반한 기후리스크 평가가 적응 정책 수립의 선결 조건이 되는 것은 이 때문이며, 평가의 질은 활용 가능한 데이터의 충실도에 직접적으로 달려 있다.

우리나라에서도 기후위기 적응정보 체계를 구축하기 위한 법제도적 기반이 정비되고 있다. 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(이하 ‘탄소중립기본법’)」은 국가 기후위기 적응대책의 수립·시행 근거를 두고 있으며, 이에 따라 정부는 5년 단위의 국가 기후위기 적응대책을 수립·시행하고 있다. 또한 탄소중립기본법 개정을 통해 “기후위기 적응정보”의 정의가 신설되고, 환경부장관이 기후위기 적응정보 관리체계 및 기후위기 적응정보 통합 플랫폼을 구축·운영할 수 있는 법적 근거가 마련되었다. 이는 적응대책의 수립과 이행에서 데이터 기반의 리스크 평가와 정보 관리의 중요성이 커지고 있음을 보여준다. 그러나 우리나라의 기후위기 적응 관련 통계 현황을 국제 기준에 비추어 보면, 개선이 필요하다는 점이 분명히 드러난다. Statistics Korea (2023)가 국내 국가승인통계를 UN통계국(UNSD) 기후변화 통계지표에 적용하여 분석한 결과, 기후위기 적응 분야에 활용할 수 있는 통계는 전체의 28%에 불과하였다. 이는 기후변화 원인(85%), 영향(59%), 감축(52%), 취약성(32%) 분야와 비교할 때 가장 낮은 수치로, 적응 정책을 뒷받침해야 할 통계 기반이 다른 분야에 비해 상대적으로 취약함을 보여준다.

이와 같은 데이터 공백을 진단하기 위해서는 기후리스크 평가에 필요한 데이터가 무엇인지, 그리고 정책순환의 어느 단계에서 정보가 부족한지 함께 살펴볼 필요가 있다. IPCC의 기후리스크 구성요소를 바탕으로 한 HEVI 프레임워크

는 위해(Hazard), 노출(Exposure), 취약성(Vulnerability)이 상호작용하여 영향(Impact)을 발생시킨다는 구조를 전제로, 각 요소별 데이터 충족 여부를 점검할 때 유용하다. IPCC는 제4차 평가보고서 이후 기후위기 피해 규모가 기후 현상의 강도만으로 결정되지 않으며, 그 현상에 얼마나 많은 인구와 자산이 노출되어 있는지와 해당 사회가 피해에 얼마나 취약한 상태인지에 따라 크게 좌우된다는 점을 강조하였다(IPCC, 2014, 2022). 초기의 리스크 평가 연구가 기상 현상 예측에 집중하였다면, 제5차 평가보고서 이후에는 사회경제적 조건이 기후리스크 평가의 핵심 변수로 부각되면서 노출·취약성 데이터의 중요성이 높아졌다(Fussler and Klein, 2006; O’Brien et al., 2007). 이때 취약성을 어떻게 정의하느냐에 따라 그것을 측정하는 데 필요한 데이터의 성격도 달라진다. O’Brien et al. (2007)은 취약성을 두 가지로 구분하였다. 하나는 기후 영향이 적응 노력을 거친 뒤에도 남는 최종 피해로 보는 결과적(outcome) 취약성이고, 다른 하나는 기후 자극이 가해지기 전부터 존재하는 사회·경제·정치적 조건에서 비롯되는 맥락적(contextual) 취약성이다. 이 연구가 다루는 취약성 데이터는 후자에 가깝다. 곧 같은 기후 현상에도 특정 인구집단이나 지역이 더 큰 피해를 입게 만드는 사회경제적 조건을 측정하는 자료이다. 이렇게 보면 이 연구가 지적하는 취약성 데이터의 부족은 항목 수가 적다는 문제가 아니라, 누가 왜 더 취약한지를 설명할 정보 자체가 갖추어져 있지 않다는 문제로 이해된다.

한편 유럽환경청(EEA)의 DPSIR 프레임워크는 HEVI와는 다른 층위에서 기후변화 문제의 인과 순환과 정책 대응 과정을 구조화한다. DPSIR는 문제의 원인(Driver), 압력(Pressure), 상태(State), 영향(Impact), 대응(Response)의 흐름을 통해 기후변화가 어떤 사회경제적 요인에서 비롯되며, 환경에 어떤 물리적 스트레스를 가하고, 그 결과가 인간과 생태계에 어떻게 나타나며, 이에 어떤 정책 대응이 이루어지는지를 단계별로 파악하게 해 준다(EEA, 1999). EEA는 이 프레임워크를 유럽 28개국의 기후변화 적응 정보 공유 플랫폼인 Climate-ADAPT의 기초로 활용하고 있으며(EEA, 2015), 미국의 ARC-X와 일본의 A-PLAT도 유사한 인과 구조를 전제로 설계되었다. HEVI와 DPSIR를 함께 활용하면 리스크 구성요소별 데이터 충족 현황뿐 아니라, 원인 파악에서 대응 평가까지 정책순환 전반의 데이터 상황을 점검할 수 있다는 점에서 두 프레임워크는 상호보완적인 분석 도구가 된다.

국립환경과학원이 설계한 국가기후위기 적응정보 표준 분류체계(이하 ‘KADT’)는 기후위기 적응정보를 과학기

반 정보(SCI), 적응해법 정보(SOL), 정책평가 정보(PEV)의 세 범주로 구성되며, 이 중 SCI 체계가 HEVI-DPSIR 프레임워크와 직접 연결된다(NIER, 2023). KADT의 구조와 분류 방법론은 그동안 일련의 선행연구에서 다루어졌다. Seo et al. (2023, 2024, 2025)은 KADT의 기본 구조를 설계한 뒤 세부 구조와 효용성, 활용도를 차례로 개선하였고, Seo et al. (2026)은 이 분류체계의 국제적 적용 가능성을 검토하였다. 이들 연구가 분류체계 자체의 설계와 평가에 무게를 두었다면, 이 연구는 이미 마련된 KADT를 기준으로 실제 공공데이터가 어디에 얼마나 분포해 있고 어디가 비어 있는지를 진단하는 데 목적이 있다. 따라서 KADT의 구조나 리스크 도출 방법을 다시 설명하기보다, 그 분류체계를 활용해 국내 적응 공공데이터의 현황을 처음으로 종합 점검한다는 데 이 연구의 의의가 있다. 그러나 체계적인 분류 틀이 마련되어 있더라도, 실제로 어떤 데이터가 존재하고 어떤 데이터가 부족한지를 파악하지 않으면 데이터 확충 전략을 세우기 어렵다. 특히 물환경, 해양·수산, 농업·축산·식품, 보건·복지처럼 홍수·가뭄·폭염·해수온 상승이 국민의 생활과 생계에 직접 영향을 미치는 분야에서, HEVI-DPSIR 관점으로 국내 기후위기 적응 공공데이터가 어느 단계에서 부족한지를 체계적으로 진단한 연구는 아직 드물다. 이 연구는 KADT를 기준으로 4개 분야의 기후위기 적응 공공데이터를 수집하고 HEVI-DPSIR 프레임워크로 분류하여, 기후리스크 평가에 필요한 데이터의 보유 현황과 공백을 진단하는 것을 목적으로 한다. 데이터의 신뢰성과 주기적 갱신 가능성을 확보하기 위해 대상은 법정조사 등을 통해 수집하는 공공데이터로 한정하였다.

2. 연구 방법

이 연구는 KADT의 과학기반 정보(SCI) 분류체계를 기준으로 물환경, 해양·수산, 농업·축산·식품, 보건·복지 4개 분야의 공공데이터를 수집하였다. 분야별 세분류 항목 수는 물환경 9개, 해양·수산 20개, 농업·축산·식품 20개, 보건·복지 15개로 총 64개 항목을 분석 대상으로 삼았다. 수집 대상은 국가가 법정조사·정기조사 등을 통해 생산하는 공공데이터로 한정하였으며, 단발성 연구 데이터나 민간 자료는 제외하였다. 데이터 수집은 2024년 10월부터 2025년 2월까지 약 5개월간 진행하였다. 연구진은 각 세분류 항목의 핵심 키워드를 도출하고, 국가공공데이터포털과 4개 분야 주관 부처의 정보플랫폼을 통해 관련 공공

데이터를 탐색하여 초기 목록을 구축하였다. 연구진 초기 수집 단계에서 확보된 데이터는 4개 분야 합산 560건이었다. 하나의 데이터가 여러 세분류 항목에 관련될 경우 각 항목에 독립적으로 포함하였으며, 기상 데이터는 모든 분야에서 중복 적용되는 특성상 별도 전문가를 통해 독립 검증하였다.

수집된 목록의 신뢰성과 완성도를 높이기 위해 분야별 전문가 총 25명이 참여하는 3단계 전문가 자문 및 검토 절차를 운영하였다. 전문가는 분야별로 학계와 연구기관, 공공기관에 소속된 일정 경력 이상의 연구자 중에서 목적 표집 방식으로 선정하였으며, 4개 분야의 세분류 항목을 고르게 포괄하도록 전문 영역을 안내하였다. 뒤에서 설명하는 위험도 평가 전문가 13명도 같은 방식으로 선정하였다. 1차와 2차는 서면 평가로, 3차는 대면·원격 회의로 진행하였다. 각 차수에서 전문가는 이전 단계의 집계 결과를 참고하여 5점 리커트 척도로 데이터 적합성을 평가하였으며, 연구진이 발굴하지 못한 데이터를 추가로 제안하거나 기후변화와의 관련성이 낮은 데이터를 제외하도록 권고하였다. 여기서 리커트 척도를 이용한 적합성 평가는 KADT 분류체계를 개발하면서 전문가의 효용성·활용도 평가에 같은 방식을 적용한 선행연구(Seo et al., 2024, 2025)를 따른 것이다. 평가 점수의 분포를 살펴본 결과, 리커트 응답이 갖는 순서형 특성과 정규성 검정 결과 [Shapiro-Wilk $W=0.958$, $p<.001$ ($p\approx 2.8\times 10^{-14}$)]를 고려하여 분야 간 차이는 비모수 방법인 Kruskal-Wallis 검정으로 확인하였다. 그 결과 분야에 따라 적합성 점수에 유의한 차이가 있었으며 [$H(3)=152.58$, $p<.001$ ($p\approx 7.3\times 10^{-33}$)], 이는 물환경(4.3점)과 보건·복지(2.7점)의 점수 차이에서 보듯 분야별로 데이터가 축적된 정도가 다르기 때문으로 보인다.

상기 과정을 거쳐 최종 확정된 데이터는 4개 분야 합산 822건이다. 데이터 적합성 검토 기준은 (1) 평균값 3점 이상, (2) 중앙값 3점 이상, (3) 최소·최대값 격차 3점 미만, (4) 분야 평균과의 격차 절대값 1.5점 미만의 네 조건을 모두 충족하는지 여부로 설정하였다. 분야별 기후리스크의 상대적 심각도는 별도의 전문가 집단이 평가하였다. 총 13명의 전문가·해양수산·물환경 각 4명, 보건복지 3명, 농업·축산·식품 2명·가 각 세분류 기후리스크를 ① 영향 강도, ② 피해 범위, ③ 발생 빈도, ④ 복원·적응 역량, ⑤ 정책 보완 시급성, ⑥ 대책 마련 시급성의 6개 항목에 대해 5점 척도로 평가하였다. 6개 항목의 평균값을 해당 리스크의 ‘전문가 위험도 평가 점수’로 정의하였으며, 이 값

은 3.2절의 데이터 공백 분석과 교차하여 활용하였다.

최종 확정된 데이터는 HEVI와 DPSIR 두 프레임워크로 분류하였다. HEVI에서 위해(Hazard)는 폭우·폭염·해수온 상승 같은 기후 관련 극한 현상, 노출(Exposure)은 그 위해에 직면하는 인구·자산·생태계, 취약성(Vulnerability)은 피해를 받기 쉬운 정도와 적응 역량의 부족, 영향(Impact)은 세 요소의 상호작용으로 발생하는 실제 결과이다. DPSIR에서 원인(Driver)은 기후변화와 연결되는 사회경제적 요인, 압력(Pressure)은 환경에 가해지는 물리적 스트레스, 상태(State)는 환경의 현재 조건, 영향(Impact)은 상태 변화의 결과, 대응(Response)은 정책·기술적 조치를 의미한다. 하나의 데이터가 복수의 요소에 해당할 경우 중복을 허용하여 분류하였으며, 결과는 건수와 비율로 제시하였다.

3. 연구 결과

3.1. 데이터 수집 및 검토 결과

기후위기 적응 데이터는 「제3차 국가 기후변화 적응대

책(2020)」과 이를 보완·강화한 「제3차 국가 기후위기 적응 강화대책(2023)(이하 ‘제3차 강화대책’)」과의 연계를 중심으로 수집되었다. 내부 연구진에 의한 1차 선별 단계에서 물환경 37건, 해양·수산 164건, 농업·축산·식품 188건, 보건·복지 171건으로 4개 분야 합산 560건을 목록화하였다. 이후 3단계 전문가 검토를 거쳐 최종 확정된 건수는 물환경 130건, 해양·수산 211건, 농업·축산·식품 201건, 보건·복지 280건으로 총 822건이며, 각 단계별 현황과 3차 강화대책 연계율 및 전문가 평가 결과를 Table 2에 정리하였다.

전문가 검토 이후 최종 확정 데이터 건수는 분야별로 상이한 변화를 보였다. 물환경은 37건에서 130건으로 3.5배 증가하였는데, 1차 검토에서 수문·수질 분야 전문가들이 연구진이 누락한 데이터를 대거 추가한 결과이다. 보건·복지는 171건에서 280건으로 1.6배 증가하였으며, 야생생물 유래 질병, 외래생물 유래 질병, 한파 관련 건강영향 등 제3차 강화대책에서 신설된 세분류 항목과 관련된 데이터가 최종 목록에 추가되었다. 한편, 농업·축산·식품(188 → 201건)과 해양·수산(164 → 211건)은 연구진 초기 수집 단계에서 이미 상당 수준의 데이터를 확보하여

Table 1. Conceptual comparison of HEVI and DPSIR framework components

HEVI component (risk-component view)	Definition and examples	Corresponding DPSIR component (policy-cycle view)
Hazard	Climate-related extreme events (e.g., heavy rainfall, heat waves, rising sea surface temperature)	Pressure / State (varies with interpretation)
Exposure	Populations, assets, and ecosystems facing the hazard	State (partial) / Driver (partial)
Vulnerability	Susceptibility to harm and lack of adaptive capacity	Driver
Impact	Actual consequences arising from the interaction of the three components	Impact (direct intersection of the two frameworks)
(Not applicable)	Policy responses fall outside the scope of HEVI	Response

* HEVI is organized around the components of risk, whereas DPSIR is organized around the stages of the policy cycle; the correspondence between the two is therefore not one-to-one. The same dataset may be assigned to different components depending on the sector or the interpretation applied (see Section 3.2).

Table 2. Data collection and review results by sector

Sector	Initial items (research team)	Final items (after expert review)	Policy linkage rate (3rd enhanced plan)	Adequacy score*
Water environment	37	130	100%	4.3
Ocean/fisheries	164	211	99.0%	3.9
Agriculture/livestock/food	188	201	100%	3.1
Health/welfare	171	280	100%	2.7
Total/mean	560	822	—	3.3

* Expert adequacy scores are arithmetic means of 5-point Likert scale ratings provided by three or more reviewers per sector.

전문가 검토로 인한 증가폭이 상대적으로 작았다. 여기서 제3차 강화대책과의 연계율은 각 분야에서 최종 확정된 데이터가 「제3차 국가 기후위기 적응 강화대책(2023)」이 제시한 분야별 세부 리스크 항목 가운데 하나 이상에 대응되는 비율로 산정하였다. 이 기준으로 보면 연계율은 물환경·농업·축산·식품·보건·복지 분야가 100%, 해양·수산 분야가 99.0%였다.

이처럼 분야별로 초기 수집 건수와 최종 확정 건수의 차이가 크다는 사실 자체가 방법론적으로 중요한 함의를 갖는다. 연구진의 체계적 목록 구축이 전문가 검토 없이는 충분하지 않다는 점¹⁾은 기후위기 적응 데이터 목록을 온라인 플랫폼 탐색만으로 완성하기 어렵다는 것을 의미한다. 데이터가 존재하더라도 기후리스크 연구자보다 해당 분야 전문가가 더 잘 파악하고 있는 경우가 많으며, 이 연구 또한 적응정보 목록화 작업에서 분야별 전문가 참여의 필요성을 재확인하였다.

전문가 적합성 평가 결과는 분야별로 뚜렷한 차이를 보인다. 물환경은 전문가 평가 평균이 4.3점으로 가장 높았고, 130건 전체가 기본 적합성 기준을 충족하였다. 보건·복지는 2.7점으로 가장 낮았으며, 252건(평가 미진행 28건 제외) 중 86건(34.1%)이 낮은 적합성으로 지목되었다. 주된 이유는 기후변화와와 직접적인 인과관계가 불분명하거나 전국 대표성이 부족하다는 전문가 판단이었다. 농업·축산·식품도 3.1점으로 낮았으며, 199건(평가 미진행 5건 제외) 중 절반 이상인 107건(53.8%)에 대해 대체 또는 보완이 필요하다는 의견이 제시되었다. 기후리스크 위험도 전문가 평가에서는 보건·복지의 폭염 온열질환(4.7점), 해양·수산의 양식업 피해(4.7점), 농업·축산·식품의 농업수리시설 홍수대응력 저하(4.7점)와 재배적지·작부체계 변동성 증가(4.7점)가 공동 최고점을 기록하였다. 물환경에서는 가뭄으로 인한 물 공급 능력 저하(4.2점)와 하천유역 침수 위험 증가(4.1점)가 상위였다. 이 결과는 각 분야에서 적응 정책이 가장 시급한 리스크 항목을 보여주는 것으로, 3.2절의 데이터 공백 분석과 교차 검토하였다.

3.2. HEVI·DPSIR 분류 결과

HEVI와 DPSIR 분류는 데이터정보센터 연구자 2인이 앞서 제시한 정의에 따라 각 데이터를 독립적으로 분류한 뒤, 두 사람의 분류가 일치하지 않는 항목을 제3의 연구자가 참여하는 회의에서 조정하는 방식으로 진행하였다. 1차

독립 분류 단계에서 두 분류자의 일치도(Cohen's $\kappa = 0.62$)는 용인 가능한(substantial agreement) 수준이었다. 한 데이터가 여러 요소에 걸치는 경우 중복을 허용하였으므로, 각 요소의 비율은 중복을 포함한 전체 분류 건수를 기준으로 계산하였다. 이 때문에 일부 분야에서는 분류 건수의 합이 원자료 건수를 넘어서며, 표의 합계가 100%로 제시되더라도 그 기준이 되는 건수는 분야마다 다르다. 수집된 데이터를 HEVI 프레임워크로 분류한 결과(중복 허용, Table 3), 4개 분야 전체로는 위해(Hazard) 데이터가 가장 큰 비중을 차지했으나, 분야별로는 서로 다른 편중 구조가 나타났다. 분야별 패턴을 구체적으로 살펴보면, 해양·수산(72.0%)과 농업·축산·식품(71.2%)은 위해 데이터가 압도적으로 많으며, 이는 폭우·폭염·해수온 상승 같은 기상 현상 측정 자료가 대부분을 차지하기 때문이다. 물환경은 노출(61.5%)이 위해(38.5%)보다 많은 유일한 분야로, 강수량·수위·수질처럼 기후가 수계에 직접 가하는 영향을 측정하는 자료가 주를 이룬다. 보건·복지의 영향(Impact) 데이터가 48.9%로 가장 높아, 기후 현상이 인체에 미친 결과를 기록하는 질병 통계와 의료 이용 데이터가 풍부하다. 4개 분야 전체를 합산하면 위해 49%, 노출 17%, 취약성 12%, 영향 21%로, 위해 단계의 데이터가 전체의 절반 가까이를 차지하는 반면 노출과 취약성을 합쳐도 29%에 그친다. 그러나 분야별 편중 방향이 달라도 공통적으로 나타나는 문제가 있다. 취약성(Vulnerability) 데이터는 4개 분야 모두에서 부족하며, 물환경은 취약성과 영향 데이터가 한 건도 없고 해양·수산은 노출 데이터가 7.6%에 그친다. HEVI에서 기후리스크를 정량화하려면 위해·노출·취약성 세 요소가 모두 갖춰져야 하므로, 어느 한 요소의 데이터가 없으면 리스크 산정을 완성하기 어렵다. 취약성 데이터가 없으면 같은 기후 현상에도 지역과 계층에 따라 피해가 얼마나 다르게 나타나는지를 파악할 수 없고, 노출 데이터가 없으면 위해가 어떤 장소와 인구에 구체적으로 영향을 미치는지를 공간적으로 특정하기 어렵다. 특히 보건·복지 분야는 영향(Impact) 데이터가 풍부하다는 점에서 다른 분야와 구별된다. 이는 국민건강보험공단의 의료 청구 데이터와 질병관리청의 질병 신고 체계가 제공하는 전 국민 규모의 건강행정 통계 덕분이다. 그러나 무엇이 일어났는지(Impact)는 알 수 있지만 피해가 누구에게, 어느 공간에 집중되었는지(Exposure)는 파악하기 어렵다는 점에서 이 분야 고유의 ‘영향-노출 불균형’ 문제를 드러낸다.

1) 물환경의 경우 최종 데이터의 72%(93건)가 전문가 단계에서 추가되었다.

두 프레임워크를 함께 적용하는 과정에서, 같은 데이터가 어느 프레임워크로 보느냐에 따라 다른 요소로 분류되는 현상이 나타났다. 가장 분명한 교집합은 영향(Impact)이다. HEVI의 영향과 DPSIR의 영향은 모두 기후 현상이 실제로 일으킨 결과를 가리키므로, 두 분류에서 사실상 같은 데이터가 여기에 해당하였다. 반면 위해·노출과 압력·상태 사이에서는 경계가 분야에 따라 달라졌다. 예컨대 해양·수산의 수온·염분 자료는 HEVI에서는 해수온 상승이라는 위해로 분류되지만, DPSIR에서는 해양 환경의 현재 조건을 나타내는 상태로 분류된다. 물환경의 강수량·수위 자료도 HEVI에서는 노출로, DPSIR에서는 환경에 가해지는 물리적 스트레스인 압력으로 분류되었다. 이는 두 프레임워크가 같은 관측 자료를 각각 리스크의 구성요소와 정책순환의 단계라는 서로 다른 기준으로 나누기 때문이다. 이 점을 고려하면, KADT의 과학기반정보(SCI) 분류에서 데이터마다 한 가지 속성만 부여하기보다 HEVI 요소와 DPSIR 요소를 함께 표기하도록 하면 리스크 평가와 정책순환 진단에 모두 활용할 수 있다. 앞으로 4개 분야의 데이터 구성 체계를 개선할 때, 각 항목이 두 프레임워크에서 어디에 놓이는지를 함께 기록하는 방안을 검토할 만하다.

DPSIR 프레임워크 분류 결과는 분야별로 뚜렷하게 다른 편중 구조를 보인다(Table 4). 물환경은 압력(Pressure)

데이터가 92.3%로 집중되어 있다. 강수량·저수지 수위·가뭄지수처럼 기후가 수계에 가하는 물리적 스트레스를 측정하는 자료가 대부분이기 때문이다. 해양·수산은 상태(State) 데이터가 77.7%를 차지하며, 수온·염분·조위 같은 해양 환경의 현재 조건을 관측한 자료가 중심이다. 농업·축산·식품도 상태(66.4%)가 주를 이루고, 보건·복지의 영향(Impact) 데이터가 47.5%로 가장 높아 의료 청구 통계와 질병 신고 자료가 많다. 이처럼 분야마다 편중 구조가 다른 것은 각 분야의 데이터 수집이 서로 다른 목적과 관리 체계·기상수문 모니터링, 해양환경 관측, 농업기반시설 관리, 의료 행정-에서 이루어졌기 때문이다. 분야별 편중 구조의 차이에도 불구하고, 원인(Driver)과 대응(Response) 데이터는 4개 분야 모두에서 사실상 부재하다. 4개 분야의 DPSIR 분류 결과를 합산하면 원인 데이터가 6건(0.7%)에 불과하며, 대응 데이터도 20건(2.3%)에 그친다. 원인 데이터는 도시 불투수면적의 증가가 침수 위험을 어떻게 높이는지, 고령화가 폭염 피해를 어떻게 심화하는지처럼 기후변화 피해의 사회경제적 배경을 측정하는 자료이다. 대응 데이터는 시행 중인 적응 조치의 종류·규모·효과를 기록하는 자료이다. 원인 데이터가 없으면 기후변화 피해의 사회적 구조를 파악하기 어렵고, 대응 데이터가 없으면 어떤 조치가 실제로 리스크를 줄이고 있는지 확인할 수 없다.

Table 3. Sector-wise data classification by HEVI framework

Sector	Hazard	Exposure	Vulnerability	Impact	Total (incl. overlaps)
Water environment	50 (39%)	80 (62%)	0 (0%)	0 (0%)	130 (100%)
Ocean/fisheries	153 (72%)	16 (8%)	21 (10%)	21 (10%)	211 (100%)†
Agriculture/livestock/food	153 (71%)	24 (11%)	21 (10%)	17 (8%)	215 (100%)‡
Health/welfare	57 (20%)	25 (9%)	61 (22%)	137 (49%)	280 (100%)
Total	412 (49%)	145 (17%)	103 (12%)	175 (21%)	835 (100%)

† Ocean/Fisheries: includes one item classified as both Hazard and Exposure; total may exceed original count. ‡ Agriculture/Livestock/Food: total exceeds original count (201) due to overlapping classification.

Table 4. Sector-wise data classification by DPSIR framework

Sector	Driver	Pressure	State	Impact	Response	Total (incl. overlaps)
Water environment	0 (0%)	120 (92%)	1 (1%)	6 (5%)	3 (2%)	130 (100%)
Ocean/fisheries	0 (0%)	20 (10%)	164 (77%)	25 (12%)	2 (1%)	211 (100%)†
Agriculture/livestock/food	2 (1%)	44 (18%)	156 (66%)	21 (9%)	15 (6%)	244 (100%)‡
Health/welfare	4 (1%)	73 (26%)	70 (25%)	133 (48%)	0 (0%)	280 (100%)
Total	6 (1%)	257 (30%)	391 (46%)	180 (21%)	20 (2%)	854 (100%)

† Ocean/Fisheries, ‡ Agriculture/Livestock/Food: totals may exceed original counts due to overlapping classification.

Table 5. Expert risk ratings and HEVI-based data gaps for major climate risk items

Sector	Major Climate Risk Item (Top-Rated by Experts)	Risk Rating	Primary Data Type	Key Data Gaps
Water environment	Decreased water supply capacity due to drought	4.2	Exposure (62%)	Insufficient Vulnerability and Impact data
	Increased flood risk in river basins due to heavy rainfall	4.1	Exposure (62%)	Insufficient Vulnerability and Impact data
Ocean/fisheries	Increased aquaculture damage due to extreme weather	4.7	Hazard (72%)	Insufficient Exposure data
	Increased coastal flooding and inundation risk	4.5	Hazard (72%)	Insufficient Exposure data
	Decreased seafood safety due to rising sea surface temperature	4.3	Hazard (72%)	Insufficient Exposure data
Agriculture/ livestock/food	Reduced flood resilience of agricultural water infrastructure	4.7	Hazard (71%)	Insufficient Exposure and Impact data
	Increased variability in suitable cultivation zones and cropping systems	4.7	Hazard (71%)	Insufficient Exposure and Impact data
	Decreased crop productivity	4.6	Hazard (71%)	Insufficient Exposure and Impact data
Health/welfare	Increased heat-related illness due to heat waves	4.7	Impact (49%)	Insufficient Exposure data
	Increased cardiovascular and cerebrovascular diseases	4.2	Impact (49%)	Insufficient Exposure data
	Increased mental health disorders	4.2	Impact (49%)	Insufficient Exposure data

Note: Risk ratings are expert mean values (n = 13) based on six criteria: impact intensity, affected range, occurrence frequency, recovery/adaptive capacity, policy supplementation urgency, and plan establishment urgency.

전문가 위험도 평가와 데이터 현황을 교차하면 주목할 만한 패턴이 드러난다(Table 5). 전문가가 높은 위험도를 부여한 리스크 항목일수록 노출·취약성 데이터 공백이 크다는 것이다. 보건·복지에서 위험도 최고점(4.7점)인 폭염 온열질환은 데이터 적합성(4.8점)이 높지만 노출 데이터가 부족하다. 해양·수산에서 4.7점인 양식업 피해도 노출 데이터가 미흡하고, 농업·축산·식품에서 4.7점인 농업수리 시설 홍수대응력 저하는 데이터 적합성 자체가 2.5점으로 낮다. 물환경에서 4.2점인 물 공급 능력 저하도 취약성·영향 데이터가 전무하다. 위험도가 높다고 평가되는 리스크는 대개 복잡한 사회경제적 조건이 맞물린 현상이기 때문에, 기존의 기상·환경 모니터링 체계만으로는 필요한 데이터를 모두 포착하지 못한 것으로 해석된다.

종합하면, 4개 분야의 데이터 공백은 단순한 데이터 건수의 문제가 아니라 각 분야별로 공공데이터(행정자료)의 생산 목적과 기후리스크 구조가 상호작용하여 나타난 결과로 해석할 수 있다. 물환경 분야는 수문·수질 관측과 수자원 관리 자료를 중심으로 노출 데이터가 상대적으로 많지만, 취약성과 영향 데이터가 부족하여 실제 피해 규모

와 취약 집단을 파악하는 데 한계가 있다. 해양·수산 분야와 농업·축산·식품 분야는 위해 데이터 비중이 높아 기후현상이나 환경 변화 자체는 비교적 잘 관측되고 있으나, 해당 변화가 어떤 어가 또는 농가에 집중되고 실제 생산성이나 생계 피해로 어떻게 이어지는지를 보여주는 노출·영향 데이터는 부족하다. 특히 농업·축산·식품 분야에서는 재배적지 변동성, 작물 생산성 저하, 농업수리시설 홍수대응력 저하와 같은 리스크가 지역별 작목 구조, 시설 노후도, 농가의 대응 역량과 결합되어 나타나므로, 단순 위해 자료만으로는 정책적 우선순위를 판단하기 어렵다. 보건·복지 분야는 온열질환, 심뇌혈관계 질환, 정신질환 등 건강 결과를 보여주는 영향 데이터가 상대적으로 풍부하지만, 피해가 어떤 인구집단과 지역에 집중되는지를 보여주는 노출 데이터가 부족하다. 따라서 취약집단을 사전적으로 식별하고 예방적 개입 대상을 설정하는 데에는 한계가 있다. 이러한 결과는 기후위기 적응 데이터 확충이 단순한 데이터 건수 확대가 아니라, 분야별 리스크 구조에 맞춘 데이터 생산으로 전환되어야 함을 시사한다.

4. 토의

4.1. 데이터 공백의 구조와 원인

이 연구의 결과를 종합하면, 현재 국내 기후위기 적응 공공데이터는 기후 현상 자체와 환경의 현재 상태를 측정하는 데 집중되어 있고, 그 현상이 누구에게 어떤 피해를 주는지를 측정하는 정보는 전반적으로 부족하다. HEVI 프레임워크로 보면 위해 단계는 충분하지만 노출·취약성 단계가 빠져 있고, DPSIR로 보면 압력·상태 단계는 풍부하지만 원인·대응 단계가 거의 없다. 이런 구조가 나타난 것은 각 분야의 데이터가 기후리스크 평가를 목적으로 설계되지 않았기 때문이다. 물환경 데이터는 기상수문 모니터링 체계에서, 해양·수산 데이터는 해양환경 관측 체계에서, 농업·축산·식품 데이터는 농업기반시설 관리 체계에서, 보건·복지 데이터는 의료 행정 체계에서 각각 독립적으로 생산된다. 각 체계는 그 목적에 최적화되어 있지만, 기후변화라는 공통 원인이 여러 분야에 어떻게 연쇄적으로 영향을 미치는지를 추적하도록 설계하지 않았다. 이 문제는 한 분야의 데이터를 더 많이 수집하는 것만으로는 해결되지 않는다. 집중호우가 하천 오염을 일으키고, 그 오염이 수산물 안전성 문제로 이어지며, 이것이 다시 식품 매개 감염병 발생에 영향을 주는 연쇄를 추적하려면, 현재 부처별로 분리된 데이터 체계를 가로질러 정보를 연계하는 구조가 먼저 갖춰져야 한다. 이러한 구조적 공백은 국제적으로도 공통적으로 나타나는 문제이다. Berrang-Ford et al. (2011)이 17개국의 국가 적응 보고서를 분석한 결과, 기후변화 적응 조치는 광범위하게 이루어지고 있었지만 그 진행 상황을 체계적으로 추적하는 모니터링 체계는 대다수 국가에서 부재하였다. Lesnikowski et al. (2016)도 선진국 42개국의 적응 추적 현황을 분석한 결과, 대다수 국가가 적응 계획의 수립이나 정책 채택 같은 과정 지표(process indicator)에 집중하며, 기후리스크가 실제로 얼마나 줄었는지를 보여 주는 결과 지표(outcome indicator) 기반의 모니터링에는 크게 미흡하다고 지적하였다. 이 연구에서 확인된 원인과 대응 데이터의 전반적 부재는 이와 같은 국제적 경향이 국내 데이터 생산 구조 차원에서 발현된 것으로 해석할 수 있다. 과정 중심의 정책 평가 문화는 결과 지표를 생산하는 데 필요한 데이터 투자를 상대적으로 소홀히 하는 경향을 낳는다.

다만 이 연구가 말하는 데이터 부재가 무엇을 뜻하는지는 분명히 해 둘 필요가 있다. 이 연구는 공개된 공공데이

터로 범위를 한정하였으므로, 여기서의 부재는 그러한 데이터가 세상에 전혀 없다는 뜻이 아니라 기후리스크 평가에 쓸 수 있는 형태로 공개된 공공데이터가 없다는 뜻이다. 이 부재에는 여러 원인이 섞여 있을 수 있다. 데이터가 처음부터 생산되지 않았을 수도 있고, 생산되었으나 공개되지 않았을 수도 있으며, 흩어져 있거나 원시 형태로만 제공되어 찾아 쓰기 어려운 경우도 있다. 이 연구에서 두드러진 노출·취약성·원인 데이터의 공백은 주로 기존 데이터 생산 체계가 기후리스크 평가를 염두에 두고 설계되지 않은 데서 비롯된 것으로 보이지만, 분야에 따라서는 비공개나 접근성 문제도 함께 작용한다. 그러므로 데이터 부재를 곧바로 모니터링 체계의 구조적 한계로 보는 해석은 생산 자체가 이루어지지 않은 영역에 한정하는 것이 적절하며, 비공개나 접근성이 문제인 영역에서는 새로운 생산보다 공개와 표준화, 연계가 먼저 필요하다.

데이터 부족의 이면에 존재하는 더 큰 한계점은 각 분야의 데이터 수집 체계가 기후리스크 평가가 아니라 기존의 행정·관리 목적을 중심으로 구축되고 발전해 왔다는 점이다. 이 과정에서 기존 목적 중심의 데이터 생산체계가 제도적 관성을 형성한 것으로 볼 수 있다. 물환경 데이터는 홍수 예경보와 수자원 관리라는 목적에서, 해양·수산 데이터는 어업 허가 및 해양환경 보전이라는 목적에서, 농업·축산·식품 데이터는 농업기반시설 관리 및 재해 복구라는 목적에서, 보건·복지 데이터는 국민건강보험 급여 관리라는 목적에서 각각 구축되었다. 이들 체계는 각자의 목적에 높은 효율성을 발휘하지만, ‘기후 현상이 누구에게 어떤 방식으로 영향을 주는가’라는 리스크 평가의 핵심 질문에는 구조적으로 답하기 어렵다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 데이터를 더 많이 수집하는 것이 아니라, 기후리스크 평가라는 새로운 목적에 맞게 데이터의 정의, 수집 주기, 공간 해상도, 부처 간 연계 방식 등을 재설계하는 작업이 필요하다. DPSIR의 원인(Driver) 데이터가 전 분야에서 부재한 것도 같은 맥락에서 이해할 수 있다. 기후변화 피해의 사회경제적 배경·도시화로 인한 불투수면적 증가, 고령화에 따른 온열질환 취약성 심화, 영세 어가의 이상기후 대응 역량 부족-을 측정하는 것은 환경·기상 부처만의 과제가 아니지만, 현재 어느 부처도 이 데이터를 기후리스크 평가 목적으로 체계적으로 생산하지 않고 있다. 대응(Response) 데이터의 부재도 중요한 공백이다. 현재 시행 중인 적응 조치가 기후리스크를 실제로 얼마나 줄이고 있는지를 데이터로 검증하는 것이 불가능한 상태는, 적응 효과성 평가라는 기후변화 정책 연구의 새

로운 과제에 국내 공공데이터가 아직 대응하지 못하고 있음을 뜻한다.

4.2. 위험도-데이터 분석 시사점

전문가가 가장 위험하다고 평가한 리스크 항목일수록 관련 데이터 공백이 크다는 패턴은, 현행 데이터 수집 체계의 구조적 한계를 보여 준다. 위험도가 높은 리스크는 단순한 기상 현상의 강도 문제가 아니라 복잡한 사회경제적 조건이 맞물린 현상인 경우가 많은데, 이런 복잡성이 기존의 기상·환경 모니터링 체계로는 포착하기 어려운 노출·취약성 공백으로 이어진다. 폭염 온열질환 피해의 실제 규모는 에어컨이 없는 가구의 분포, 독거 노인의 밀집 지역, 저소득 가구의 주거 환경 같은 사회적 조건이 결정하지만, 이를 측정하는 데이터가 없다. 양식업 피해도 해수온 상승의 절대 수치보다는 어떤 어종을 어떤 방식으로 양식하는 어가가 위험 해역에 집중되어 있는지에 따라 크게 달라지지만, 역시 관련 노출 데이터가 없다. 이는 Araos et al. (2016)이 164개 대도시의 기후변화 적응 계획을 분석한 결과에서 지적한 것-정량적 기후리스크 평가의 부재가 데이터 자체의 부재와 깊게 연관된다-과 같은 맥락이다. 이 역설은 현재의 정책 성과 측정 방식에도 의문을 제기한다. 앞서 검토했듯이, 4개 분야의 제3차 강화대책 연계율은 거의 100%에 달한다. 그러나 연계율은 해당 리스크 범주와 관련된 데이터가 어떤 형태로든 존재한다는 것을 나타낼 뿐, 기후리스크를 정량화하는 데 필요한 데이터가 충분하게 갖춰져 있음을 의미하지는 않는다. 물환경은 연계율 100%이지만 취약성·영향 데이터가 전무하다. 연계율과 함께 HEVI 요소별 데이터 충족률을 병기하는 이중 지표 체계가 도입되어야 정책과 데이터 사이의 정합성을 보다 정확하게 평가할 수 있다. 다른 나라의 사례에서 이러한 전환의 구체적인 실현 방식을 확인할 수 있다. 영국은 「기후변화법(Climate Change Act 2008)」에 따라 5년 주기로 국가 기후변화 리스크 평가(CCRA)를 수행하는데, 각 리스크 항목에 대해 평가에 필요한 증거 요건을 명시하고 해당 증거가 충분한지 여부를 평가 체계 내에서 공식적으로 점검한다. 2021년의 제3차 CCRA는 증거 불충분(insufficient evidence) 항목을 별도로 분류하여 데이터 공백 자체를 리스크 평가의 한 결과로 다루었다(Climate Change Committee, 2021). 이 방식은 리스크 평가와 데이터 생산 계획을 하나의 체계 안에서 연동시킨다는 점에서, 향후 한국의 국가 기후위기 적응대책이 참

고할 수 있는 모델이다. 각 세부 리스크 항목에 대해 HEVI 요소별 데이터 가용성을 사전에 점검하고, 공백이 있는 항목에 대해 데이터 생산 주관 기관과 생산 주기를 대책 본문에 명시하는 방식을 검토할 수 있다.

위험도 상위 리스크에 필요한 데이터를 확보하려면, 현재처럼 존재하는 데이터를 수집하는 방식에서 나아가 리스크 평가에 필요한 데이터를 목적으로 생산하는 방식으로의 전환이 필요하다. 이를 위해 리스크 항목별 ‘전문가 위험도 평가 점수’와 ‘HEVI 요소 충족 비율’을 결합한 위험도-데이터 충족도 지수(Risk-Data Adequacy Index, RDAI)의 도입을 제안한다. 이 지수에서 위험도가 높고 HEVI 충족률이 낮은 항목은 데이터 생산 투자의 최우선 대상이 된다. Table 5의 결과를 이 관점에서 재해석하면, 물환경의 물 공급 능력 저하(위험도 4.2점, 취약성·영향 데이터 전무)와 해양·수산의 양식업 피해(위험도 4.7점, 노출 8%)가 가장 시급한 데이터 생산 우선순위 항목으로 도출된다. 아울러 환경부가 구축할 기후위기 적응정보 종합플랫폼은 물환경·해양수산·농업·보건복지 데이터를 동일한 인터페이스에서 통합 검색·분석하는 부처 간 연계 구조를 설계 단계부터 반영해야 한다. 그렇지 않으면 분절된 데이터 생산 구조가 그대로 디지털화되는 데 그칠 우려가 있다.

4.3. 데이터 공백이 기후 적응의 형평성에 미치는 영향

노출과 취약성 데이터가 없다는 것은 기술적인 문제에 그치지 않는다. 기후 피해를 가장 크게 받는 집단이 공식 통계에서 보이지 않는다는 뜻이기도 하다. 보건·복지 분야에서 전문가 위험도 최고점인 폭염 온열질환의 경우, 온열질환에 가장 취약한 독거 노인이나 쪽방 거주자가 어느 동네에 얼마나 있는지를 보여 주는 공간 단위 노출 데이터가 없다. 농업·축산·식품 분야에서 재배적지 변동성이 심각하다는 전문가 평가에도 불구하고, 어떤 유형의 농가가 작물 전환 역량이 가장 부족한지를 측정하는 취약성 자료는 없다. 해양·수산에서 양식업 피해 위험이 높다는 것은 확인되지만, 이상기후에 가장 취약하게 노출된 영세 어가가 어디에 있는지는 파악할 방법이 없다. 데이터가 없으면 기후 적응 지원을 어디에 먼저 집중해야 하는지에 대한 근거가 만들어지지 않고, 이는 한정된 자원 배분에서 취약 집단이 불리한 위치에 놓이는 결과로 이어진다.

Shi et al. (2016)은 기후 적응에서의 형평성 문제를 분배(distribution), 인정(recognition), 절차(procedure), 역량

(capabilities), 회복(restoration)의 다섯 차원에서 검토해야 한다고 제시하였다. 이 틀에서 보면, 노출·취약성 데이터의 부재는 단순히 분배적 차원-적용 자원이 취약계층에 충분히 배분되지 않는 문제-에 그치지 않는다. 어떤 집단이 취약한지를 측정하는 데이터가 없으면 그 집단이 정책 결정 과정에서 인정받을 수 없고(인정의 차원), 데이터 기반 의사결정에 참여하는 역량도 갖출 수 없다(역량의 차원). 기후 형평성의 실현은 기후 데이터의 형평성에서 시작한다는 점에서, 노출·취약성 데이터의 생산은 적응 정책의 실효성을 높이는 수단임과 동시에 기후 형평성의 조건이기도 하다. 또한 노출·취약성 데이터가 정책에 실제로 쓰이려면 성별, 연령, 소득, 장애 여부와 같은 사회적 속성별로 구분(disaggregation)해 생산되어야 한다. 같은 폭염에 노출되더라도 피해는 성별에 따라 다르게 나타나고, 홀로 사는 고령 여성이나 저소득 가구에 집중되는 경향이 관련 연구에서 보고되어 왔다(IPCC, 2022). IPCC 제6차 평가보고서(WGII)는 기후 취약성이 젠더를 비롯한 여러 사회적 조건의 교차성 속에서 형성된다는 점을 강조하였고, UNFCCC의 젠더행동계획도 적응 데이터를 성별 등으로 구분해 작성하도록 권고하고 있다(UNFCCC, 2019). 그러나 현재 국내 4개 분야의 공공데이터는 이러한 구분이 이루어지지 않아, 기후 피해를 가장 크게 입는 집단이 공식 통계에 드러나지 않는다. 온열질환에 취약한 고령 여성, 작물 전환이 어려운 영세·고령 농가, 이상기후에 대응할 자원이 부족한 영세 어가가 그러한 예이다. 어떤 집단이 취약한지를 성별이나 연령, 소득별로 보여주는 데이터가 없으면, 그 집단은 정책 결정에서 고려되기 어렵고 데이터에 근거한 논의에 참여할 근거도 갖기 어렵다. 사회적 속성별 구분은 앞서 언급한 인정과 역량 차원의 형평성을 실현하기 위한 전제가 된다.

한편 인구나 성비, 연령 구조 같은 사회환경 데이터를 기후·환경 데이터와 연결하는 작업도 함께 이루어져야 한다. 지금은 부처별로 데이터가 나뉘어 있어, 통계청의 인구·가구 통계나 행정안전부의 주민등록 자료처럼 이미 있는 사회경제 데이터가 기후리스크 평가에 연계되지 못하고 있다. 노출·취약성 공백의 상당 부분은 새 데이터를 만들기에 앞서 이런 기존 자료를 기후·환경 데이터와 같은 공간 단위로 묶는 것만으로도 어느 정도 메울 수 있다.

기후 형평성의 문제는 지역 단위에서도 나타난다. 현재 4개 분야의 공공데이터는 대부분 광역 행정구역이나 하천 유역·광역 해역 단위로 수집된다. 그러나 기후위기 적응 정책을 현장에서 집행하는 주체는 시·군·구 단위의 기초

지자체이다. 침수 취약 지점의 파악, 마을 단위 양식 어가의 피해 현황 확인, 지역 저수지의 가뭄 대응 역량 평가 등은 기초 지자체가 실제로 요구하는 정보이지만, 현재 공공데이터의 공간 해상도로는 이 수요를 충족하기 어렵다. 이 간극은 데이터 인프라가 잘 갖춰진 광역 도시와 그렇지 않은 농어촌 지역 사이의 적응 역량 격차로 이어진다.

한편 데이터 공백 문제를 논의할 때 가용성(availability)과 접근성(accessibility)을 구분할 필요가 있다. 이 연구의 전문가 검토 과정에서 일부 분야는 데이터가 존재하지 않는 것이 아니라, 복수 부처 포털에 분산되어 있거나 원시 데이터(raw data) 형태로만 제공되어 적응 정책 담당자가 직접 활용하기 어려운 경우가 확인되었다. Araos et al. (2016)은 164개 대도시의 적응 계획 분석에서, 정량적 기후리스크 평가의 부재가 데이터 자체의 부재뿐 아니라 데이터 해석 역량의 부재와도 연관된다는 점을 지적하였다. 기초 지자체 수준의 접근성 문제를 해결하기 위해서는 데이터 생산 이후의 가공·표준화·시각화 단계까지를 포함한 종합적 데이터 거버넌스 설계가 필요하다. 현재 기관별로 분산된 통계를 기후위기 적응 목적에 맞게 시·군·구 이하 수준으로 연계하고, 기초 지자체가 별도의 전문 지식 없이도 자기 지역의 기후리스크를 파악하고 대응 계획을 수립하는 데 활용할 수 있는 시각화 도구와 분석 서비스의 개발이 병행되어야 한다.

공백으로 지적된 노출·취약성 데이터가 앞으로 실제로 수집된다면, 이를 통합플랫폼에서 어떻게 정리하고 수치화할지도 미리 정해 둘 필요가 있다. 우선 부처마다 다른 공간 단위로 만들어지는 데이터를 정책이 집행되는 시·군·구 이하 단위로 맞추는 작업이 선행되어야 한다. 다음으로 단위와 척도가 서로 다른 지표들을 함께 쓰려면 정규화(min-max 또는 z-score)와 결측치 처리 기준을 통일하고, HEVI 요소별로 가중치를 두어 합산하는 규칙을 정해 두어야 한다. 끝으로 이 연구가 제안한 위험도-데이터 충족도 지수(RDAI)를 데이터가 있느냐 없느냐의 이분법이 아니라 충족 비율로 계산하고, 이를 전문가 위험도 점수와 결합하는 방식으로 발전시켜 통합플랫폼의 분석 기능에 포함할 수 있다. 이런 처리 기준을 데이터 수집 전에 정해 두어야 나중에 들어오는 데이터를 곧바로 평가에 연결할 수 있다.

이 연구의 분석 결과는 4개 분야의 공공데이터 분류·모니터링 체계를 앞으로 어떻게 바꾸어 나갈지에 대해서도 시사점을 준다. 지금의 분절된 구조를 그대로 전산화하는데 그치지 않으려면, 기후위기 적응정보 종합플랫폼은 분야별 데이터를 HEVI의 리스크 구성요소와 DPSIR의 정책

순환 단계라는 공통 기준으로 다시 배열하는 구조를 갖추어야 한다. 구체적으로는 네 분야에 공통으로 쓰이는 노출·취약성 데이터, 곧 인구·가구, 고령화, 소득, 시설 노후도 등을 분야 데이터와 별도로 모아 함께 활용하고, 각 데이터에 HEVI·DPSIR 분류와 공간 해상도, 갱신 주기를 함께 기록하며, 위험도가 높은 리스크 항목별로 꼭 필요한 데이터 항목을 미리 정해 그 생산을 맡을 기관과 주기를 대책 본문에 명시하는 방안을 생각할 수 있다. 이는 영국의 기후변화 리스크 평가가 리스크 항목마다 필요한 증거를 평가 체계 안에서 점검하는 방식(Climate Change Committee, 2021)을 국내 플랫폼 설계에 옮겨 오는 것으로, 데이터 생산 계획과 리스크 평가를 한 체계 안에서 함께 다루려는 방향이다.

5. 결론

이 연구는 물환경, 해양·수산, 농업·축산·식품, 보건·복지 4개 분야의 기후위기 적응 공공데이터 822건을 HEVI·DPSIR 프레임워크로 분류하고, 기후리스크 평가에 필요한 데이터의 보유 현황과 공백을 진단하였다. HEVI 분류에서는 4개 분야 전체로는 위해 관련 데이터가 가장 큰 비중을 차지했으나, 분야별로는 물환경은 노출, 해양·수산 및 농업·축산·식품은 위해, 보건·복지는 영향 데이터에 집중되는 차이를 보였다. 물환경은 취약성·영향 데이터가 전무하고, 해양·수산은 노출 데이터가 7.6%에 그친다. DPSIR 분류에서는 각 분야별 편중 구조가 서로 다르지만, 원인과 대응 데이터가 4개 분야 모두에서 사실상 부재하다는 공통점이 확인된다. 아울러 전문가 위험도 평가 점수가 높은 리스크 항목일수록 관련 데이터 공백이 크다는 패턴이 일관되게 나타났으며, 이는 기존 모니터링 체계가 고위험 리스크의 사회경제적 차원을 포착하는 데 구조적으로 한계를 가진다는 점을 보여 준다. 이 공백을 채우기 위해서는 세 방향의 노력이 필요하다. 첫째, 현재 부처별로 분산된 데이터 체계를 기후리스크 평가 목적에 맞게 연계하는 거버넌스 구조의 정비가 필요하며, 기후위기 적응정보종합플랫폼이 실질적인 연계 기반으로 설계되어야 한다. 둘째, 위험도 상위 리스크에 대해 HEVI 요소별 최소 데이터 세트를 정의하고, 향후 국가 기후위기 적응대책에 그 생산 계획을 명시함으로써 데이터 생산의 목적성을 높여야 한다. 셋째, 취약계층과 취약 지역을 가려내는 노출·취약성 데이터를 주기적으로 생산하되, 성별과 연령, 소득, 장애 여부와 같은 사회적 속성별로 구분해 생산하도록 데

이터 거버넌스 차원에서 명시할 필요가 있다. 사회적 속성별로 구분된 데이터가 있어야 기후 피해가 집중되는 집단을 가려낼 수 있으며, 이는 기후 적응 지원의 형평성을 높이는 데 먼저 갖추어야 할 조건이다. 이 세 방향은 독립적이지 않으며, 부처 간 거버넌스 정비 없이는 분야별 최소 데이터 세트 정의도, 지역 맞춤형 취약성 지표 생산도 실현되기 어렵다는 점에서 통합적 접근이 요구된다.

이 연구는 공개된 공공데이터로 범위를 한정하였기 때문에 기관 내부에서만 활용되는 비공개 데이터는 포함하지 못하였으며, 일부 항목에서 전문가 의견 불일치가 남아 분야 간 비교에 한계가 있다. 향후 연구에서는 비공개 데이터까지 포함한 조사로 범위를 확장하고, 이 연구에서 제안한 위험도-데이터 충족도 지수(RDAI)를 적용하여 데이터 생산 우선순위를 정량화하며, 데이터 공백이 실제 적응 정책 성과에 미치는 영향을 분석하는 작업으로 이어져야 한다.

사사

이 연구는 국립환경과학원이 발주한 “과학기술 기반 적응정보 통계자료집 작성(2024)”(NIER-SP2022-359)의 산출물을 정리한 것으로, ‘기후기술 혁신 지원을 위한 데이터 분석 및 활용 체계 연구(2026)’의 지원을 받아 수행되었다. 이 논문에 제시된 견해는 연구자 개인의 것이며, 발주처 및 수행기관의 공식 입장과 다를 수 있다.

References

- Araos M, Berrang-Ford L, Ford J D, Austin S E, Biesbroek R, Lesnikowski A. 2016. Climate change adaptation planning in large cities: A systematic global assessment. *Environ Sci Policy* 66: 375-382. doi: 10.1016/j.envsci.2016.06.009
- Berrang-Ford L, Ford JD, Paterson J. 2011. Are we adapting to climate change? *Global Environ Change* 21(1): 25-33. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2010.09.012
- Climate Change Committee. 2021. Independent assessment of UK climate risk: CCRA3 technical report. UK Climate Change Committee.
- EEA. 1999. Environmental indicators: Typology and overview. Technical Report No. 25. European Environment Agency.
- EEA. 2015. The European environment - State and

- outlook 2015: Assessment of global megatrends. European Environment Agency.
- Fussler H-M, Klein RJT. 2006. Climate change vulnerability assessments: An evolution of conceptual thinking. *Clim Change* 75(3): 301-329. doi: 10.1007/s10584-006-0329-3
- IPCC. 2014. Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of working group II to the fifth assessment report. Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9781107415379
- IPCC. 2022. Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the sixth assessment report. Cambridge University Press. doi: 10.1017/9781009325844
- Lesnikowski A, Ford J, Biesbroek R, Berrang-Ford L, Heymann SJ. 2016. National-level progress on adaptation. *Nature Clim Change* 6(3): 261-264. doi: 10.1038/nclimate2863
- NIER. 2023. Research on governance framework for standardization of climate crisis adaptation information (II). National Institute of Environmental Research.
- O'Brien K, Eriksen S, Nygaard LP, Schjolden A. 2007. Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. *Clim Policy* 7(1): 73-88. doi: 10.3763/cpol.2007.0706
- Seo DH, Oh Y, Jin H, Lee D, Lee J-C. 2026. Optimizing climate crisis adaptation information: Establishment and evaluation of a taxonomic framework. *J Environ Manage* 398: 128382. doi: 10.1016/j.jenvman.2025.128382
- Seo DH, Oh Y, Lee E-J, Jin H, Jeon SW, Kim J, Roh S-A, Baek J, Lim C-S, Yoo M. 2023. Development of a standard classification system for climate crisis adaptation information: Part-I. Overview and framework (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 14(6-2): 903-918. doi: 10.15531/KSCCR.2023.14.6.903
- Seo DH, Oh Y, Yoo YJ, Jin H, Jeon SW, Jung SW, Jang YJ, Kim J, Roh S-A, Baek J, Yoo M. 2024. Development of a standard classification system for climate crisis adaptation information: Part-II. Configurations and efficiency (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 15(5-2): 815-830. doi: 10.15531/KSCCR.2024.15.5.815
- Seo DH, Oh Y, Yoo YJ, Jin H, Jung SW, Jeon SW, Kim J, Roh S-A, Baek J, Lee D, Lee J. 2025. Development of a standard classification system for climate crisis adaptation information: Part-III. Detailed structure and usability enhancement (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 16(5-2): 985-999. doi: 10.15531/KSCCR.2025.16.5.985
- Shi L, Chu E, Anguelovski I, Aylett A, Debats J, Goh K, Schenk T, Seto KC, Dodman D, Roberts D, Roberts JT, VanDeveer SD. 2016. Roadmap towards justice in urban climate adaptation research. *Nat Clim Change* 6(2): 131-137. doi: 10.1038/nclimate2841
- Statistics Korea. 2023. Review of international statistical indicators for climate change response. Statistics Research Institute.
- UNFCCC. 2019. Enhanced Lima work programme on gender and its gender action plan. Decision 3/CP.25 (FCCC/CP/2019/13/Add.1). United Nations Framework Convention on Climate Change.