

상세 서지분석을 통한 과학과 관련된 위험 교육의 국제 연구 동향 분석

장원빈 · 김민철*

국립공주대학교

International Research Trends in Science-Related Risk Education: A Bibliometric Analysis

Wonbin Jang · Minchul Kim*

Kongju National University

Abstract : Contemporary society faces increasingly diverse risks with expanding impacts. In response, the importance of science education has become more prominent. This study aims to analyze the characteristics of existing research on science-related risk education and derives implications for such education. Using detailed bibliometric analysis, we collected citation data from 83 international scholarly journals (SSCI) in the field of education indexed in the Web of Science with the keywords 'Scientific Risk.' Subsequently, using the bibliometrix package in R-Studio, we conducted a bibliometric analysis. The findings are as follows. Firstly, research on risk education covers topics such as risk literacy, the structure of risks addressed in science education, and the application and effectiveness of incorporating risk cases into educational practices. Secondly, a significant portion of research on risks related to science education has been conducted within the framework of socioscientific issues (SSI) education. Thirdly, it was observed that research on risks related to science education primarily focuses on the transmission of scientific knowledge, with many studies examining formal education settings such as curricula and school learning environments. These findings imply several key points. Firstly, to effectively address risks in contemporary society, the scope of risk education should extend beyond topics such as nuclear energy and climate change to encompass broader issues like environmental pollution, AI, and various aspects of daily life. Secondly, there is a need to reexamine and further research topics explored in the context of SSI education within the framework of risk education. Thirdly, it is necessary to analyze not only risk perception but also risk assessment and risk management. Lastly, there is a need for research on implementing risk education practices in informal educational settings, such as science museums and media.

keywords : risk education, bibliometric analysis, research trends analysis, risk response in science education

I. 서론

현대 사회의 위험은 점점 다양해지고, 그 영향력이 점점 확장되고 있다(Beck, 1992). 특히 현대 사회의 위험은 환경오염, 지구온난화, 기후변화부터 AI, 생체 기술, 원자력, 방사능 폐기물, 전쟁과 테러, 건설이나 여객선 침몰과 같은 각종 생활 인재까지, 과거의 위험과 달리 점점 그 유형이 다양해지고 빠르게 전 인류에게 영향을 끼치고 있다(KMA, 2012; OECD, 2018; Sofsky, 2016). Beck (1992)은 이러한 현대 사회를

‘위험 사회(risk society)’라고 규정하였으며, 위험 사회의 원인으로 과학기술 발달에 따른 근대화를 주장했다. 또한 Beck은 근대화에 따라 발생하게 된 위험을 ‘생산된 위험(manufactured risk)’이라고 명명하며, 이제 인류는 자연이 만든 전통적 제약들에서 해방되는 데에만 관심을 기울일 것이 아니라 기술-경제적 발전 자체에서 발생하는 문제에 관심을 가져야 함을 주장하였다.

이러한 위험은 불확실성이 커지고, 기술의 발달에 따라 복잡해지며, 위험의 원인을 하나로 규명하기엔

* 교신저자: 김민철 (mckim@kongju.ac.kr)

** 이 논문은 2022년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2022S1A3A2A01088439).

*** 2024년 6월 9일 접수, 2024년 7월 25일 수정원고 접수, 2024년 8월 1일 채택

<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2024.48.2.75>

모호하다는 특징이 있다. 이는 VUCA 특성과 유사하다. VUCA란 Bennis & Nanus (1985)가 리더십 이론을 설명하며 도입한 개념으로 변동성(volatility), 불확실성(uncertainty), 복잡성(complexity), 모호성(ambiguity)의 약어이다. 현대의 위험은 VUCA 특성을 지니기에 시민들은 위험을 예측하거나 감지하기 어려워지고 위험의 원인을 규명하는 것 또한 쉬운 일이 아니기에 실제 위험이 영향을 끼쳤을 때 그에 대해 즉각적으로 대응하기 어려워졌다. 이는 2020년에 개최된 세계경제포럼(World Economic Forum, 이하 WEF)에서 발표한 ‘The Global Risks Report 2020’에서도 확인할 수 있다. WEF (2020)는 감염병을 주목해야 할 10대 위험 중 하나로 강조하였다. WEF가 감염병을 위험으로 규정한 이유는 한 번의 사태로 사회 각 분야에 큰 악영향을 끼치기 때문이다. 확산 속도가 점점 더 빨라지고 발생 빈도가 높아지는 감염병에 대해 모든 국가는 이를 통제할 완벽한 수단을 마련하지 못했고, 이러한 상황 속에서 감염병의 사회적, 경제적 영향에 대한 취약성은 증가하고 있다. 이처럼 현대 위험의 VUCA 특성으로 인해 시민들은 위험을 인식하는 것뿐만 아니라 위험에 대응하는 것에도 어려움을 겪고 있다.

과학 교육이 이러한 시대의 변화에 발맞춰 변화할 필요성은 점점 커지고 있다. 과학기술 발달에 의해 확산되는 위험은 우리의 의도와 상관없이 다가온다. 이러한 위험은 더 이상 우연에 의한 현상이 아니라 인간이 과학기술에 의존하기에 발생하는 반사적인 사회적 요소로 정착했다(Ju & You, 2016). 현대 사회를 살아가는 우리는 필연적으로 과학기술과 밀접한 관련성을 지니게 되며, 그렇기에 위험 사회 속 증대되는 위험에 대응하기 위한 과학 교육의 준비와 노력이 필요하다(Renn, Klinke, & Van Asselt, 2011). 이렇게 위험에 대응하기 위해 위험을 다루고, 이에 대해 준비시키는 교육은 ‘위험 교육(risk education)’이라고 한다(Bardsley, 2007).

위험 교육에 관한 과학 교육의 관심은 증가하고 있다. 이는 ‘미래세대를 위한 과학교육표준(Korean Science Education Standards, 이하 KSES)’에서도 찾아볼 수 있다. KSES는 과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람을 양성하기 위해 개발된 미래세대를 위한 과학 교육 표준이다(Song *et al.*, 2019). KSES의 ‘참여와 실천’ 영역에는 ‘안전사회 기여’ 항목이 있다. 이 항목에는 ‘안전교육 참여(participation in safety education)’, ‘재해·재난 위험 관리(crisis management against disasters)’, ‘사건·사고 위험 관리(crisis management against accidents)’, ‘지능정보사회 관련 위험 관리(crisis management in the intelligence and information

society)’가 세부 항목으로 포함된다. 이처럼 KSES에는 위험에 대응하기 위한 항목들이 제시되고 있다. 또한 현대 사회의 위험은 ‘2022 개정 교육과정 총론’ 개정의 주요 배경으로도 제시되고 있다. 2022 개정 교육과정 총론의 ‘1. 교육과정 구성의 중점’에서는 개정의 배경으로 “첫째, 인공지능 기술 발전에 따른 디지털 전환, 감염병 대유행 및 기후·생태환경 변화, 인구구조 변화 등에 의해 사회의 불확실성이 증가하고 있다”, 그리고 “둘째, 사회의 복잡성과 다양성이 확대되고 사회적 문제를 해결하기 위한 협력의 필요성이 증가함에 따라 상호 존중과 공동체 의식을 함양하는 것이 더욱 중요해지고 있다”를 제시하고 있다(KMOE, 2022). 즉 교육과정에서도 VUCA 특성을 따르는 위험을 개정의 주요 배경으로 제시하고 있음을 확인할 수 있다.

이처럼 과학 교육에서의 위험 교육의 필요성은 점차 강조되고 있으며, 이러한 상황 속에서 위험 교육 연구의 동향을 확인하는 것은 향후 이어질 연구의 초석이 될 수 있다. 연구 동향 분석은 연구자들의 관심 영역을 확인할 수 있고, 시기에 따른 연구주제, 연구방법, 연구자 관계 등과 같은 영역의 변화를 확인할 수 있으며, 선행 연구자들의 결과에 대한 가치를 재평가하고 해석할 수 있다는 장점이 있다. 과학 교육 연구에서도 연구 동향 분석은 활발히 이뤄지고 있다. Na (2023)는 ‘Analysis of Domestic and International Science Education Research Trends on Play: Focusing on Implications for Research in Elementary Science Education’에서 과학 교육에서 연구된 놀이 관련 연구 109편을 분석하여 연구 동향의 특징을 도출하고, 초등 과학 교육 연구를 위한 시사점을 제시하였다. Lee & Jho (2020)는 ‘Analysis of International Trends on Invention Education Research using Detailed Bibliographic Analysis and Topic Modeling’에서 국제 학술논문 169편을 대상으로 상제 서지 분석과 토픽 모델링을 이용하여 발명 교육 연구의 동향을 분석하였다. Tosun (2022)은 ‘Analysis of the Last 40 Years of Science Education Research via Bibliometric Methods’에서 VOSviewer의 서지 분석 기능을 이용하여 지난 40년간의 과학교육연구 전반의 동향을 분석하였다. 선행 연구에서 제시된 것과 같이 연구 동향 분석에는 서지분석(bibliometric analysis), 토픽 모델링(topic modeling)과 같은 연구 방법이 주로 사용된다. 과학 교육 연구에서도 다양한 주제에 관한 연구 동향 분석이 이뤄지고 있지만, 과학 교육에서의 위험 교육에 관해서는 연구 동향 분석이 많이 이뤄지지 않았다. 특히 위험 교육의 필요성이 점점 커지는 반면, 현재까지 위험 교육이 어떻게 수행되었는지

에 대한 분석은 이뤄지지 않았기에 기존 위험 교육 연구 동향의 확인이 필요하다.

본 연구에서는 과학과 관련된 위험 교육 연구 동향을 확인하기 위해 서지분석을 이용하였다. 서지분석은 연구 동향을 확인하는 빅데이터 분석 방법 중 하나로, 방대한 연구 출판물 문헌 연구의 한계를 극복하고자 등장했다. 서지분석 이전의 방대한 연구 출판물 문헌 연구는 연구자마다 다른 기준에 근거하여 논문을 분류하고 분석 방법이 일관되지 않아 통합적으로 비교 분석하기 어려운 상황이었다(Park & Song, 2013). 서지정보분석은 이러한 문제점을 빅데이터 분석을 기반으로 한 기술통계와 네트워크 분석, 그리고 텍스트 마이닝 기법을 통해 해결하였다. 서지정보분석은 시계열 정보 분석, 연구자 간 협력관계 분석, 문헌 속 주제 추출 등으로 이뤄져 있으며, 이를 기반으로 하여 이전의 연구 동향을 이해하고 이후의 연구 동향을 예측한다. 서지정보를 빅데이터로 다루게 되며 연구 출판물 문헌 분석을 양적으로 수행할 수 있게 되며, 이전의 한계로 제시되었던 기준과 분석 방법의 상이함을 해결하게 되었다. 특히 R-studio의 bibliometrix 패키지는 초보 연구자들에게 쉽게 관련 분야의 핵심 연구물과 흐름을 파악하도록 도움을 주기에 연구 동향 분석에서 유용하게 사용된다(Garfield, 2004).

따라서 본 연구에서는 상세 서지분석을 이용하여 과학과 관련된 위험 교육 연구의 동향을 분석하여 연구 동향의 특징을 파악하고, 과학 교육에서 이뤄지는 위험 교육의 시사점을 도출하고자 했다. 이를 위해 다음과 같은 연구 질문을 제시하고자 한다.

첫째, 서지 분석을 통해 파악한 위험 교육과 관련된 국제 연구 동향의 특징은 무엇인가?

둘째, 과학 교육에서 연구되는 위험 주제(사례)의 특징은 무엇인가?

II. 연구 방법

본 연구는 연구 동향 분석 방법 중 상세 서지분석을 적용하여 Figure 1과 같은 연구 과정을 수립한 뒤 수행되었다.

1. 연구 대상

본 연구에서는 국제 학술지와 국내 학술지에 게재된 과학과 관련된 위험 교육 연구 논문의 서지 정보를 연구 대상으로 선정하였다. 이를 위해 Clarivate Analysis에서 운영하는 웹 데이터베이스, Web of Science (이하 WoS)에서 ‘Scientific Risk’를 주제어로 서지 정보를 수집하였다. 주제어를 ‘Scientific Risk’로 설정한 이유는 과학과 관련된 위험이라는 주제의 연구 동향을 파악하기 위함이다. 이때 수집할 학술지의 범위는 SSCI (Social Sciences Citation Index)로 한정하였고, 연구 영역은 교육학 분야 (Education & Educational Research)로 한정하였다. 또한 출판 연도 범위는 지난 10년(2014년부터 2023년까지)으로 한정하여 국제 학술지의 1차 서지 정보를 수집하였다. 이때 본 연구에서는 2015년 MERS(Middle East Respiratory Syndrome, 중동호흡기 증후군) 사태, 2018년 MERS 사태, 그리고 COVID-19과 같은 국가적 위험을 거치오며 그 기간동안의 과학교육에서 위험 교육 연구 동향의 변화를 확인하고자 2015년 MERS 사태 직전인 2014년부터 2023년까지의 출판된 논문의 서지 정보를 수집하였다. 이렇게 1차적으로 수집한 서지 정보는 국제 학술지 208편이다.

이후 1차적으로 수집한 서지 정보 중 본 연구와 관련 없는 논문을 제거하였다. 제거한 논문은 총 세 가지 유형으로, 첫 번째 유형의 논문들은 ‘At-Risk’의

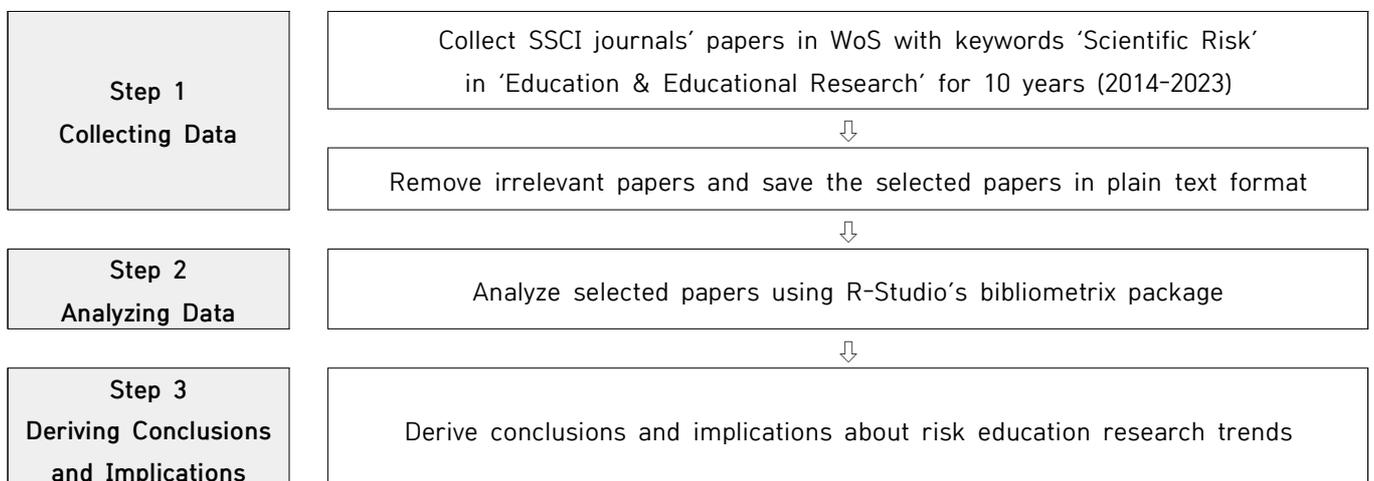


Figure 1. Research Procedure

키워드를 포함한 것이다. ‘At-Risk’는 ‘위험에 처한’이라는 뜻으로 1차적으로 수집된 논문에서는 사회·경제적으로 취약한 계층에 속한 학생들을 표현할 때 사용되었다. 본 연구에서 보고자 하는 것은 과학과 관련된 위험에 대한 논문이므로 ‘At-Risk’를 포함한 논문의 서지 정보를 제거하였다. 두 번째 유형의 논문들은 ‘의사 교육과 환자 교육’에 관한 것이다. 의사 교육과 환자 교육은 의사와 환자 사이의 커뮤니케이션, 의사와 환자들이 질병에 대해 어떻게 인식하는지, 그리고 의학 대학에서 의사를 어떻게 교육해야 하는지에 대한 연구가 이뤄진다. 의사 교육과 환자 교육은 과학 교육과 관련이 적으므로 제거하였다. 마지막 유형은 사회적 제도, 법령, 소속 등에 의해 발생한 위험에 대한 것이다. 이 유형의 논문들 또한 과학과 관련된 위험과 관련성이 적기에 연구 대상에서 제거하였다. 위 절차를 통해 최종적으로 국제 학술지 83편의 서지 정보를 plain text 포맷으로 수집하였다.

2. 분석 방법

수집한 서지 정보는 R-Studio의 bibliometrix 패키지를 이용하여 분석하였다. bibliometrix 패키지는 Aria & Cuccurullo(2017)에 의해 제작된 것으로, 서지 정보를 이용하여 연도별 출판 논문수, 학술지별 논문 분포, 저자별 논문 빈도수, 공동 연구 관계 분석, 인용 분석, 저자의 소속 빈도 분석, 단어 빈도수 분석

등을 수행할 수 있다. 본 연구에서는 R-Studio의 bibliometrix 패키지를 이용하여 과학과 관련된 위험 교육의 연구 동향을 확인하고자 하였다.

Figure 2는 본 연구에서 진행한 서지분석에 대한 구체적인 유형을 모식도로 나타낸 것이다. 본 연구에서는 이와 같은 분석을 통해 과학과 관련된 위험 교육의 연구 동향을 확인하고, 위험 교육에서 다루는 위험의 특징을 도출하고자 했다. 진행된 서지분석의 유형은 크게 4개의 범주로 구성된다. 첫 번째는 시계열 분석 및 기술통계 범주이다. 이 범주에서는 출판된 논문의 수를 시간과 저널에 따라 분류하고, 저자별 출판 논문수를 비교하고, 국가별 출판 논문수를 확인하는 등의 빈도 분석으로 이뤄진다. 시계열 분석을 이용하면 연구 주제 관심의 변화 추이를 증감으로 확인할 수 있다. 또한 논문 출판수에 대한 기술 통계 결과는 어떤 학술지가 해당 연구 주제에 관심을 보이는지, 그리고 그 학술지의 특징과 연구 주제가 어떻게 관련이 있는지 생각해볼 수 있는 단서를 제공한다. 그리고 국가별 논문 출판수에 대한 기술 통계 결과는 어떤 국가의 연구자들이 가장 큰 관심을 갖는지 확인할 수 있도록 돕는다. 두 번째는 인용분석 범주이다. 인용분석 범주는 인용지표 분석(h-index, m-index, g-index), 피인용-인용 분석으로 이뤄진다. 인용분석은 어떤 저자가 연구 분야에서 얼마만큼의 영향력을 갖는지 확인할 수 있고, 이를 바탕으로 어떤 연구가 주로 이뤄지는지 파악할 수 있다. 또한 피인용 횟수를

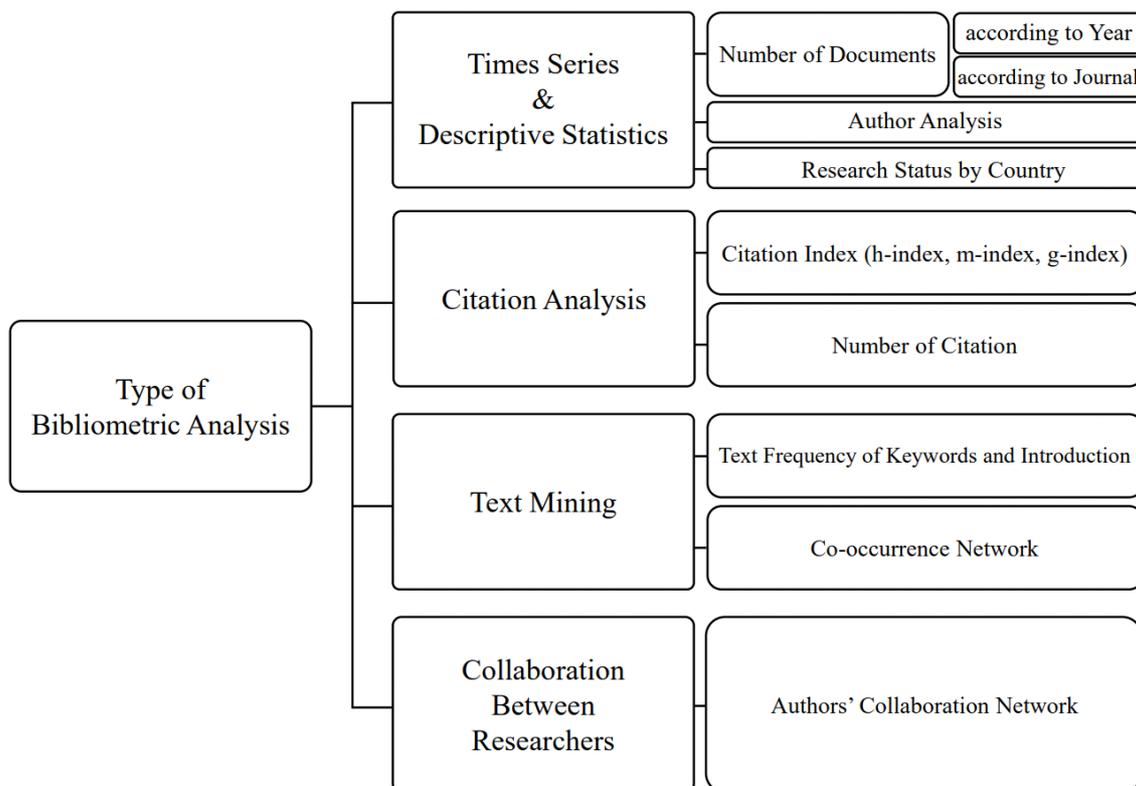


Figure 2. Type of Bibliometric Analysis used in Research

Ⅲ. 연구 결과

확인하여 해당 연구 분야가 아닌 다른 연구 분야에서 적용되거나 관심 갖는 연구 대상 혹은 연구 주제가 무엇인지 확인할 수 있다. 세 번째는 텍스트 마이닝(text mining) 범주이다. 텍스트 마이닝 기법은 서지정보를 양적으로 분석함으로써 발생하는 단점을 보완하는 방안으로 활용된다. 서지정보를 양적으로 분석할 때 수집된 서지정보의 수가 충분히 많지 않다면, 분석 결과의 타당도 확보가 어렵고 연구자의 주관적 가치와 개인적 의견이 반영될 수 있다(Park & Song, 2013). 특히나 위험 교육이라는 연구 주제가 활발히 연구되기 시작한지 오래되지 않아 본 연구에서도 수집된 논문의 수가 적어 빈도수 분석과 같은 단순한 양적인 분석만으로는 타당한 결론을 도출하기 어렵기에 텍스트 마이닝을 수행하였다. 텍스트 마이닝은 비구조화된 텍스트로부터 규칙을 찾아 새로운 지식을 발견하고 추출하는 것이다(Kao & Poteet, 2007). 텍스트 마이닝을 활용하면 연구의 주제와 동향을 다각도로 확인할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 텍스트 마이닝 범주에서는 키워드의 빈도를 확인하여 가시화하는 워드 클라우드(word cloud)와 키워드 간의 관계를 확인하기 위해 공동발생 네트워크(co-occurrence network)를 확인하였다. 마지막은 연구자간 협업 관계 범주이다. 이 범주에서는 저자간 협업 네트워크(collaboration network)를 확인하고, 이를 바탕으로 위험 교육에서 이뤄진 연구 사업 및 프로젝트를 확인하였다. 이렇게 확인된 프로젝트에서 공통점을 분석하여 과학과 관련된 위험 교육에서 다루는 위험의 특징을 도출하고자 하였다.

연구 결과는 최종적으로 수집된 83편 논문의 서지정보 분석 결과이며, 연도별 출판수, 출처 분석(학술지 분석), 저자 분석(개인, 국가), 인용 분석, 키워드 분석(빈도수, 공동발생 네트워크), 협업 네트워크 순으로 제시하였다.

Figure 3는 국제 학술지에서 출판된 과학과 관련된 위험 교육 연구의 연간 출판수이며, 이를 통해 확인할 수 있는 특징은 국제적인 위험의 등장 이후 위험 교육에 관한 관심이 2020년부터 2023년까지 꾸준히 증가했다는 것이다. 먼저 그래프를 살펴보면 2016년 이후 출판수는 감소하는 추세였으나, 2020년 이후 출판수가 5편 이상으로 돌아왔고 2022년과 2023년에는 기존 최고 출판수였던 10편(2017년)을 뛰어넘은 것을 확인할 수 있다. 2020년은 이전과 이후의 변화폭이 가장 큰 시점인데, COVID-19에 의한 현상임을 추정할 수 있다. COVID-19은 2019년 12월에 중국 우한에서 처음 감염자가 확인된 급성 호흡기 질환으로, 발생된지 4개월 후인 2020년 4월에는 전세계적으로 약 1,400,000명의 감염 현황을 확인할 수 있었던 질환이다(Yuki, Fujiogi, & Koutosogiannaki, 2020; JHUoMcr Center, 2024). 이처럼 출판수의 급증과 COVID-19은 시기적으로 관련성이 있다. 또한 COVID-19은 운송 수단 발달로 인해 전세계적으로 퍼지게 된 과학 기술에 의한 위험 사례 중 하나이기에(Dong *et al.*, 2021), 본 연구의 검색에서 사용한 주제어와의 관련성을 확인할 수 있다. 따라서 과학과 관

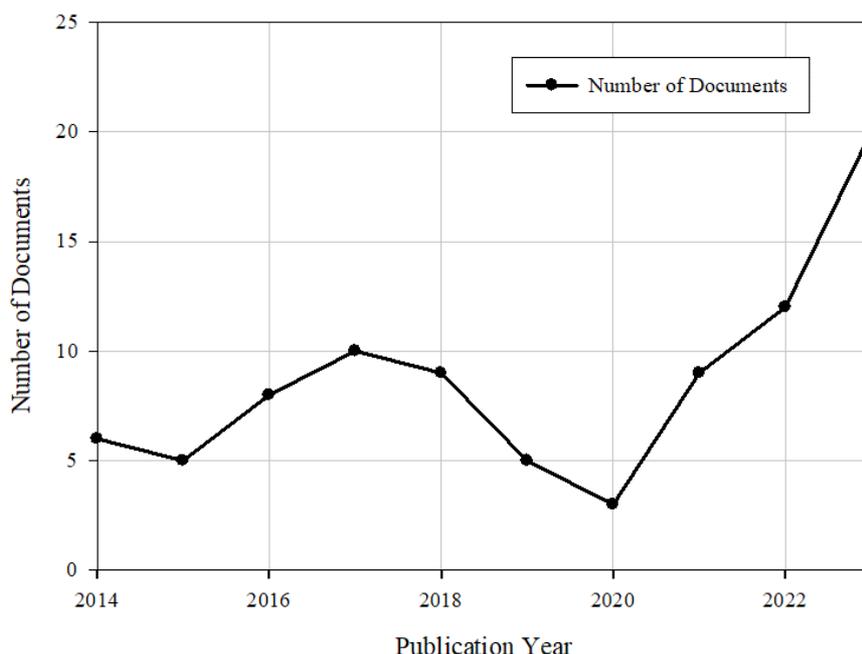


Figure 3. Number of Documents in SSCI Journals by Publication Year

Table 1. Number of Papers for Risk Education Research related to Science

Journal	Number of Papers	h-index
Science & Education	12	7
International Journal of Science Education	5	4
Research in Science Education	5	4
Journal of Baltic Science Education	4	1
Journal of Biological Education	4	2
Journal of Research in Science Teaching	4	3
Minerva	4	3
Science Education	4	2
International Journal of STEM Education	3	2
Research in Science & Technological Education	3	2

련된 위험 교육 연구 분야의 출판수 급증을 COVID-19에 의한 현상임을 추정할 수 있다.

Table 1은 국제 학술지에 출판된 과학과 관련된 위험 교육 연구 출판 논문수와 h-index를 나타낸 것이다. 「Science & Education (S&E)」이 12편으로 가장 많은 논문이 게재되었고, 「International Journal of Science Education (IJSE)」, 「Research in Science Education (RISE)」이 다음으로 출판 논문수가 많았다. S&E는 과학 지식과 과학 탐구에 관한 연구와 과학 교육에서 과학 철학과 과학사에 관한 연구를 주로 다루고 있는 학술지이다. IJSE는 비영어권 학자들이 주로 게재하는 학술지이고(Lin *et al.*, 2019), RISE는 학교 현장에서 이뤄지는 과학 교육 연구와 같이 학습자에 대한 연구가 주로 다루지는 학술지이다. 출판 논문수 상위 3개 학술지의 경우 h-index도 다른 학술지에 비해 높은 것을 확인할 수 있다. h-index는 저자 또는 학술지가 출판한 모든 논문 중 n 회 이상 인용된 논문이 n 개 이상일 때, 이 n 의 최대값을 의미한다(Hirsch, 2005; Ireland, MacDonald, & Stirling, 2012). h-index는 저자 또는 학술지가 출판한 모든 논문들의 인용 현황 및 많이 인용되는 논문이 얼마나 분포해 있는지를 대략적으로 볼 수 있고, 비슷한 h-index를 나타내는 학술지를 서로 비교한다면 해당 학술지가 어떠한 연구 분야에 대해 주로 어떤 주제를 관심있게 다루는지 확인할 수 있다. 이러한 맥락에서

Table 1의 h-index를 확인한다면, 출판 논문수 상위 3개의 학술지에는 과학과 관련된 위험 교육 연구 분야에서 상대적으로 자주 인용되는 논문이 많이 게재되어 있음을 알 수 있다.

Table 2는 출판 논문수가 2편 이상이거나 인용률이 높은 저자의 출판 논문수와 인용 정보를 나타낸 것이다. Table 2에는 총 인용수를 포함하여 h-index, g-index, m-index를 제시하였는데, 특히 m-index*는 각 논문의 출판 시점 이후부터 현재까지 기간을 고려했을 때 인용률이 높은 저자가 누구인지를 알 수 있어, 최신 연구 동향을 파악하는데 도움을 준다(Aithal, 2017). 본 연구에서 수집한 서지정보를 통해 확인할 수 있는 저자는 총 225명이다. 이 중에서 단독 저자에 의한 논문은 총 18편이고, 3편 이상 작성한 저자는 6명이다. 이 6명은 Arvanitis, Haglund, Lundegård, Schenk, Wojcik, Hamza로, 이들은 사회 과학적 딜레마(socio-scientific dilemma)를 이용한 위험 교육에 관해 공동으로 연구하였고, 본 서지 분석에서는 총 3편의 논문을 확인할 수 있다. 또한 이들은 g-index가 분석 범위 내에서 가장 높은 것을 확인할 수 있다. g-index는 Egghe (2013)가 제안한 인용 지표로, 어떤 저자가 게재한 모든 논문 중 인용수 상위 n 개의 논문이 있고 이 n 개 논문의 인용횟수 총합이 n^2 이상일 때 n 을 g-index라고 표현한다. g-index는 h-index보다 특정 주제 분야에서 해당 저

* m-index는 h-index의 한계를 보완하고자 제작된 인용 지표로, 논문이 출판된 후부터 인용 지수 측정 시기까지의 기간을 n 이라고 할 때, $(h-index)/n$ 으로 m-index를 얻는다(von Bohlen und Halbach, 2011). 만일 어떤 연구 분야에서 저자 A의 연구들과 저자 B의 연구들이 동일한 h-index를 보일 때, h-index만으로는 두 연구자의 차이를 확인할 수 없다. 하지만 저자 A의 연구 중 가장 오래전의 연구가 30년 전 연구이고, 저자 B의 연구 중 가장 오래전의 연구가 3년 전 연구라면, 저자 B의 연구가 그 연구 분야에서 현재 더 큰 영향력을 지니고 있음을 알 수 있다. 즉, h-index는 논문이 공개된 기간에 대한 정보를 배제하고 측정된다는 한계점이 있다(Wang *et al.*, 2011). m-index는 연구자를 인용 지수로 비교할 때, 연구 활동 시기까지 고려하여 현재의 영향력을 파악할 수 있기에 h-index의 한계를 보완한다.

Table 2. Number of Publications and Citation Index of Authors

Author	Number of Papers	h-index	g-index	m-index	Total Citation
Arvanitis, L.	3	1	3	0.25	19
Haglund, K.	3	1	3	0.25	19
Lundegård, I.	3	1	3	0.25	19
Schenk, L.	3	1	3	0.25	19
Wojcik, A.	3	1	3	0.25	19
Hamza, K.	3	1	3	0.25	19
Hammann, M.	2	2	2	0.33	14
Kim, M.	2	2	2	0.22	58
Yoon, H.	2	2	2	0.22	58
Ko, Y.	2	1	1	1.00	2
Lee, H.	2	1	1	1.00	2
Mnguni, L.	2	1	1	0.17	3
Ozturk, N.	2	1	2	0.11	29
Sevian, H.	1	1	1	0.10	178
Miller, E.	1	1	1	0.20	171

자의 성취 수준을 더 잘 드러낸다는 장점이 있다 (Egghe, 2013). 특히 3편 이상 작성한 저자 6명의 연구 중 Schenk *et al.* (2019)의 “Teaching and Discussing about Risk: Seven Elements of Potential Significance for Science Education”은 뒤에서 제시될 인용 분석에서도 등장하는, 본 연구의 분석 범위 내에서 중요한 연구이다. 출판 논문수가 2편인 저자는 총 7명이다. 2편을 게재한 저자 중 Hammann은 출판 논문수가 2편 이상인 저자 중 h-index, g-index, m-index를 종합적으로 고려하였을 때 인용 지수가 가장 높다. 이는 “Risk in Science Instruction: The Realist and Constructivist Paradigms of Risk” (Hansen & Hammann, 2017)가 과학 교육에서의 위험 소양에 대해 연구함으로써 위험 소양 연구자들이 연구에 활용할 수 있는 기반을 제공하였기 때문으로 추측할 수 있다. 그리고 출판 논문수가 2편인 저자 7명 중 4명이 국내 연구진임을 확인할 수 있다. 국내 연구진의 연구는 주로 구체적 사례에 대한 적용 방안과 그 효과에 대해 논의하고 있음을 알 수 있다. 실제 연구한 내용을 살펴보면, “The Relationship of Science Knowledge, Attitude and Decision Making on Socio-scientific Issues: The Case Study of Students’ Debates on a Nuclear Power Plant in Korea” (Jho, Yoon, & Kim, 2014)에서는 한국의 원자력 이슈에 대한 학생들의 과학적 지식 이해 수준과 의사결정 사이의 관계를 조사하였다. 그리고 “Voting for Change: An International Study of Students’

Willingness to Support Measures to Ameliorate Climate Change” (Skamp *et al.*, 2021)에서는 지구 온난화와 기후 변화를 줄이기 위한 시민들의 행동에 대해 학생들의 인식 조사를 진행하였다. “Promoting Engineering Students’ Social Responsibility and Willingness to Act on Socioscientific Issues” (Hwang *et al.*, 2023)에서는 안전공학과 학생들을 대상으로 ENACT (Engage, Navigate, Anticipate, Conduct, and Take Action)라는 새로운 교육 프로그램을 도입하고 이 프로그램이 학생들의 사회적 책임을 향상시킬 수 있는지 조사하였다. 또한 “Safety and Integration”: Examining the Introduction of Disaster into the Science Curriculum in South Korea” (Park *et al.*, 2023)에서는 2010년대 한국의 국가 교육과정과 정책 문서 분석을 통해 한국에서 재난과 과학 교육의 관계를 확인하였다. 이처럼 국내 연구진은 원자력 이슈, 지구 온난화, 기후 변화, 재난 등을 수업 현장에 적용한 사례를 분석하거나, 교육과정 문서에 제시된 양상을 확인하는 등의 연구를 진행했다. 작성한 논문 수가 1편인 저자에서 확인할 수 있는 Sevian과 Miller는 전체 저자 중에서 가장 높은 인용률을 보이는데, 이들은 각각 “Rethinking chemistry: a learning progression on chemical thinking” (Sevian & Talanquer, 2014)와 “Addressing the epistemic elephant in the room: Epistemic agency and the next generation science standards” (Miller *et al.*, 2018)의 논문을 게재하였다. 두 연구는 공통적으로 학

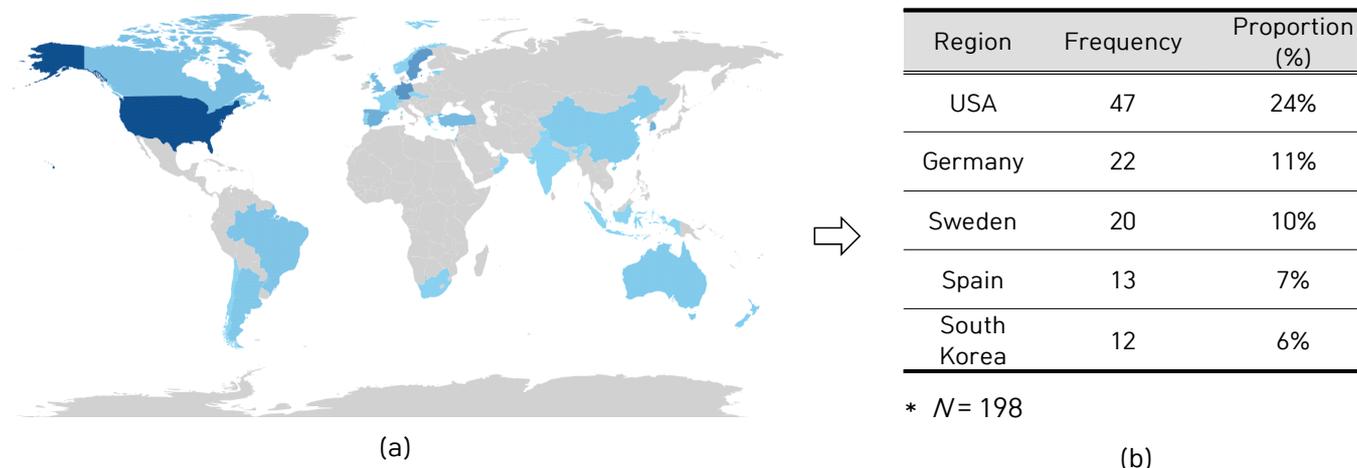


Figure 4. Frequency of Studies by Country in World Maps (a) and Tables (b)

생들이 위험에 대해 실제 학생들이 과학적 참여를 할 수 있는 방법에 대해 논의하고 있으며, 이를 위해 Sevia & Talanquer (2014)는 화학 기술을 과학적인 측면과 경제적인 측면, 사회적인 측면 등 다방면에 걸쳐 평가 및 해석할 수 있는 시선의 필요성을 제안하였고, Miller *et al.* (2018)은 NGSS의 과학적 지식의 구성과 과학적 참여에 있어서 학생들이 능동적 행위자가 되도록 돕기 위한 교육과정 재구성 방안을 제시하였다.

Figure 4는 각 국가에서 연구자들이 과학과 관련된 위험 교육 연구를 진행한 빈도를 나타낸 것이다. 국가별 연구 빈도를 확인하기 위해 저자의 소속 (affiliations)을 국가로 치환하고, 저자가 참여한 논문수를 해당 국가에 더해서 계산했다. 그리고 해당 국가의 연구 빈도가 얼마만큼의 점유율을 차지하는지 확인하기 위해 해당 국가의 연구 빈도수를 전체 국가의 총연구 빈도수에 대한 비율로도 함께 제시하였다. 그 결과, 미국 소속의 저자들이 진행한 연구는 총 47회

(24%)로 가장 높은 빈도수를 보였고, 그 다음으로 독일, 스웨덴, 스페인, 한국이 위치했다. 위험 교육 연구의 경우, 미국 소속의 저자들이 가장 많은 관심을 보이고 있으며, 한국 소속의 저자들은 전체 30개의 국가 중 5번째로 위험 교육 연구에 대해 관심을 보이고 있었다.

Table 3은 수집 범위 내의 논문 중 인용수가 가장 높은 논문 5편을 나타낸 것이다. Sevia & Talanquer (2014)의 “Rethinking Chemistry: A Learning Progression on Chemical Thinking”은 인용수 175회로 가장 많이 인용되었다. 이 연구에서는 화학 교육에서 학생들이 과학적 사고를 할 때, 생산 과정, 사회적, 경제적, 환경적 특징, 그리고 비용 및 위험을 평가할 수 있는 화학적 사고(chemistry thinking)를 할 수 있도록 하는 교육 프레임워크 (educational framework)를 개발하였다. 또한 인용수가 높은 다른 연구들은 일상 생활에서 접할 수 있는 위험 상황을 학습자들에게 탐구 활동으로 제시할

Table 3. Top 5 Most Cited Papers in the Scope of the Research

Author	Title	Total Citation
Sevia & Talanquer, 2014	Rethinking Chemistry: A Learning Progression on Chemical Thinking	175
Miller <i>et al.</i> , 2018	Addressing the Epistemic Elephant in the Room: Epistemic Agency and the Next Generation Science Standards	171
Duncan <i>et al.</i> , 2018	Grasp of Evidence: Problematizing and Expanding the Next Generation Science Standards' Conceptualization of Evidence	67
Jho <i>et al.</i> , 2014	The Relationship of Science Knowledge, Attitude and Decision Making on Socio-scientific Issues: The Case Study of Students' Debates on a Nuclear Power Plant in Korea	53
Sjöström <i>et al.</i> , 2016	Towards Eco-Reflexive Science Education: A Critical Reflection about Educational Implications of Green Chemistry	51

Table 4. References Cited by Papers in the Scope of the Study

Author	Title	Citation
Christensen, 2009	Risk and School Science Education	7
Schenk <i>et al.</i> , 2019	Teaching and Discussing about Risk: Seven Elements of Potential Significance for Science Education	7
National Research Council, 1996	National Science Education Standards	6
Kolstø, 2006	Patterns in Students' Argumentation Confronted with a Risk-Focused Socio-Scientific Issue	6
Sadler, 2004	Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research	6
Sadler <i>et al.</i> , 2007	What do Students Gain by Engaging in Socioscientific Inquiry?	6
Zeidler <i>et al.</i> , 2002	Tangled Up in Views: Beliefs in the Nature of Science and Responses to Socioscientific Dilemmas	6
Zeidler <i>et al.</i> , 2005	Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education	6
Osborne <i>et al.</i> , 2004	Enhancing the Quality of Argumentation in School Science	5
Roberts, 2007	Scientific Literacy/Science Literacy	5
Sadler & Donnelly, 2006	Socioscientific Argumentation: The Effects of Content Knowledge and Morality	5

때의 수업 상황을 분석하거나(Skamp *et al.*, 2021; Miller *et al.*, 2018; Duncan, Chinn, & Barzilai, 2018), Sevia & Talanquer (2014)의 연구와 유사하게 현대 사회에서 지속 가능한 발전을 가르칠 수 있는 과학 교육에 관해 논의하였다(Sjöström *et al.*, 2016). 이를 통해 과학과 관련된 위험 교육 연구 중 지속 가능한 발전, 그리고 이를 고려할 수 있는 과학적 사고 등의 주제가 다른 주제의 과학 교육 연구에서도 관심있게 다뤄지고 있음을 확인할 수 있다.

Table 4는 수집 범위 내의 논문들이 가장 많이 인용한 논문 중 인용수가 5회 이상인 것을 제시한 것이다. 이때 인용수가 4회 이하인 논문은 총 4969편으로 Table 4에는 제시하지 않았다. 가장 많이 인용된 논문은 Christensen (2009)과 Schenk *et al.* (2019)로 각각 7회씩 인용되었다. 두 논문은 모두 위험 교육의 필요성과 위험 교육의 구조 및 요소에 대한 연구를 진행하여, 위험 교육을 연구하는 연구자들이 활용할 수 있는 기반 연구를 제공하였다. 본 분석 결과의 가장 큰 특징은 수집 범위 내의 논문들이 5회 이상 인용한 논문 11편 중 6편이 SSI를 중심으로 이뤄진 연구라는 것이다. 이를 통해 많은 연구들이 SSI 교육을 배경으로 위험 사례들을 분석했음을 추측할 수 있다. 또한 Osborne *et al.* (2004)와 Roberts (2007)의 연구도 많이 인용되었는데, 이 둘의 연구는 각각 학교 과학 수업에서 학습자가 하는 논증의 수준을 향상시키기 위한 방법에 대한 분석과 과학적 소양에 관한

고찰이다. 이를 통해 위험 사례에 대해 논증하는 것과 위험 교육에서 함양할 수 있는 과학적 소양을 주제로 한 연구도 많이 분포했을 것을 추측할 수 있다.

Figure 5는 키워드 빈도수 분석의 결과를 word cloud를 이용해 제시한 것이다. 왼쪽(a)은 저자들이 논문에 작성한 키워드(author's keywords)의 빈도수를 워드 클라우드(word cloud)로 제시한 것이다. 키워드 빈도수 분석을 통해 과학 교육에서 다루는 위험의 특징 및 주제를 간접적으로 확인할 수 있다. 기후 변화(climate change)와 사회과학적 쟁점(socio-scientific issues)이 빈도수 6회로 가장 많이 제시되었다. 과학 교육(science education)이 5회, 위험(risk)과 과학적 소양(scientific literacy)이 4회로 다음으로 많이 제시된 것을 확인할 수 있다. 오른쪽(b)은 WoS에서 제목(title), 키워드(author's keywords), 초록(abstract)을 종합하여 도출한 키워드(keywords plus)의 빈도수를 word cloud로 제시한 것이다. 교육(education)과 과학(science)이 빈도수 19회로 가장 많이 제시되었고, 위험(risk)이 14회, 지식(knowledge)이 12회, 학생(students)이 9회로 그 다음으로 많이 제시된 것을 확인할 수 있다.

Figure 5에서 확인할 수 있는 키워드 빈도수 분석의 결과를 종합하면 두 가지 결과를 추측할 수 있다. 첫째, 과학과 관련된 위험 교육 연구는 인위적 국제기후변화(anthropogenic global climate change, AGCC) 등의 주제들이 사회과학적 쟁점의 관점에서

Table 5. Clusters on Co-occurrence Network Analysis and Betweenness Centrality of Each Words

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5	Cluster 6	Cluster 7
Literacy (124.539)	Mathematics (27.261)	Risk Perception (63.254)	Students (204.166)	Knowledge (322.648)	Information (24.968)	Impact (42.924)
Curriculum (33.836)	Gender (25.096)	Energy (48.788)	Teachers (106.193)	Framework (132.343)	Cognition (20.454)	Behavior (8.459)
School Science (14.706)	Technology (2.71)	Beliefs (11.891)	Issues (77.706)	Argumentation (97.186)	Perception (9.102)	Children (7.12)
		Climate Change (8.306)	Scientific Literacy (72.584)	Socioscientific Issues (32.134)	Citizenship (4.043)	
		Values (4.808)	Models (18.017)	Attitudes (26.805)	Design (2.958)	
		Benefits (4.808)	Ideas (14.785)	Decision making (15.878)		
				Inquiry (6.756)		
				Context (4.562)		
				Epistemological Beliefs (3.281)		

을 Cluster 4를 통해 간접적으로 유추할 수 있다. 세 번째 특징은 과학 교육에서 위험 소양 연구가 교육과정과 학교 학습 상황과 같은 형식 교육을 중심으로 이뤄졌다는 것이다. 이는 Cluster 1을 통해 확인할 수 있는 특징으로, Cluster 1은 소양(literacy)를 중심으로 형성되었고, 하위에는 교육과정(curriculum)과 학교 과학(school science)이 있다. 소양은 매개 중심성이 세 번째로 큰 키워드로 Hansen & Hammann (2017) 등에 의해 연구된 위험 소양에서 파생된 키워드이다. Cluster 1을 통해 위험 소양은 교육과정과 학교 과학과 같은 형식 교육의 맥락에서 연구되었음을 확인할 수 있다. 네 번째 특징은 현재까지의 연구는 위험 인식을 주로 다뤘고, 위험 관리 또는 위험 대응 측면을 다루지 않았다는 것이다. Cluster 3, Cluster 5, Cluster 6에서 위험 인식(risk perception), 의사결정(decision-making), 인지(cognition), 인식(perception) 등이 제시되는 것을 확인할 수 있다. 이 키워드들은 모두 위험을 인식하는 과정에 대한 키워드로 위험 교육 연구가 위험 인식을 중심으로 위험을 분석했음을 알 수 있다.

Figure 7은 연구자들 간의 공동 연구 관계를 확인할 수 있는 협업 네트워크(collaboration network)이다. 협업 네트워크는 연구자 간의 협업 관계를 노드의 흐름으로 파악할 수 있고, 노드의 두께를 통해 협업의

빈도를 확인할 수 있다. 본 연구에서는 이 협업 네트워크를 이용하여 공동으로 진행된 연구물을 확인하고, 이중 연구 사업으로 진행된 프로젝트를 수집하여 해당 연구들을 비교 분석하고자 하였다. 노드의 두께가 상대적으로 두꺼운 집단을 검토하였을 때, 과학과 관련된 위험 교육 연구와 관련된 프로젝트 2개를 확인할 수 있었다. 이는 각각 'RiskEdu'와 'TeachDisasters'로, RiskEdu 프로젝트는 고등학교 과학 과목에서 사회과학적 딜레마(socio-scientific dilemmas)를 이용한 교육을 연구한 것으로, 학생들이 후쿠시마 원전 사고, 유전공학과 같은 사회과학적 딜레마에 대한 의사결정을 할 때 위험 평가(risk assessment)를 이용해 논증하는 것의 효과를 확인하였다(RiskEdu, 2024). 그리고 TeachDisasters 프로젝트는 과학 교육에서 재난을 가르치는 재난 교육에 대한 연구로, 영국의 역사적 재난인 타이타닉, 그리고 한국의 재난인 세월호를 STS와 과학 교육의 관점에서 분석하여 재난 교육의 접근 방식과 틀을 제시하였다(TeachDisasters, 2024). 두 프로젝트에서 선정한 위험의 공통점은 첫째, 위험을 시간 또는 공간적으로 가까운 소재로 선정하였다. RiskEdu의 연구에서 주로 다룬 위험은 2011년에 있던 동일본 대지진으로 인한 후쿠시마 원전 사고, 그리고 유전공학으로 인해 발생하는 갈등이다. 이들의 연구가 시작된 시점은 2015년

을 제공할 필요가 있다.

둘째, 과학 교육에서 다룰 수 있는 위험 주제가 위험 교육의 배경에서도 다시 연구될 필요가 있다. 기존 과학 교육에서 위험 주제는 SSI 교육의 배경에서 진행되었다. 이는 특히 인용 현황에서 확인할 수 있었는데, Table 4에서 제시된 11편의 논문 중 6편이 SSI 교육을 주제로 진행된 연구였다. SSI 교육은 STS 상호작용에 도덕적, 윤리적 측면을 강조한 교육이다 (Zeidler *et al.*, 2002). 이에 반해 위험 교육은 이러한 STS 상호작용과 더불어 위험 평가, 위험 관리, 위험 소통 측면을 강조한 교육이라는 차이점이 있다 (Kim & Na, 2023). 위험 주제들이 이미 SSI 교육의 배경에서 연구되었으나, 이 주제들이 다시 위험 교육의 배경에서 검토되어야 하는 이유는 현대 사회 위험이 VUCA 특성을 보이고 있기 때문이다. 현대의 위험은 과거의 위험과 달리 쉽게 예측이 불가능하고 과학 기술의 고도화에 따라 점차 그 발생 구조가 복잡해지고 있다. 현대 사회 위험의 특성을 고려한다면 과학 교육은 학생들이 위험에 대응할 수 있도록 일상적 준비성을 강조해야 한다. 'KSES'에서 제시되는 '참여와 실천' 영역에는 '안전사회 기여' 항목이 있다. 이 항목은 여러 가지 재해·재난과 미래지능정보사회에 대한 대처 방법을 숙지하여 안전한 생활을 하도록 하는 내용으로 위험을 이해하고, 스스로 평가하고, 대비하고 대응할 수단에 대한 내용을 포함한다. 하지만 SSI 교육의 측면에서 연구된 위험은 도덕적이고 윤리적인 딜레마 상황에 초점을 맞춘 뒤 의사결정을 하게 된다. 기존 SSI 교육에서 연구된 위험 주제가 위험 교육의 측면에서 검토된다면 현대 사회의 위험에 대응하고 대비할 수 있는 과학 교육을 학습자들에게 제공할 수 있을 것이다.

셋째, 위험 인식 뿐만 아니라 위험 교육의 다른 요소를 어떻게 과학 교육에 활용할지에 대한 연구가 필요하다. Table 5의 결과를 통해 확인할 수 있었던 것 중 하나는 기존 연구는 위험을 인식하는 과정에 대해 주로 논의하였다는 것이다. 위험 교육의 목표는 학생들이 의사결정 역량과 실천 역량을 갖추고, 확률 해석, 정보 활용을 할 수 있으며, 위험평가 방법, 대중매체의 영향, 타인의 영향, 개인적 편견의 영향, 위험 특성의 영향, 이득에 대한 영향을 평가하는 것이다 (Zint & Peyton, 2001). 이처럼 위험 교육의 목표에는 위험을 인식하는 과정, 위험을 평가하는 과정, 그리고 위험을 관리하는 과정이 포함되어 있다. 과학 교육이 현대 사회의 위험과 슬기롭게 공존하는 현대 시민의 일상적 준비성을 제공하기 위해서는 위험 교육의 다른 목표 또한 연구가 필요하다.

넷째, 과학관이나 미디어 등과 같은 비형식 교육의 측면에서 위험 교육을 실천하기 위한 연구가 필요하

다. 결과를 통해 확인한 기존 위험 교육 연구는 모두 교육과정, 학교 과학 수업 상황 등을 분석하고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 교육은 초·중등 교육을 포함한 형식 교육으로, 비형식 위험 교육에 대한 연구는 없었다. 비형식 과학 교육 중 하나인 과학관은 일반 시민들과 청소년이 과학적 지식과 과학의 본성을 얻을 수 있는 기회를 제공하고, 학교에서는 체험하기 어려운 학습 기회를 제공한다(Semper, 1990). 과학관과 같은 비형식 위험 교육의 역할이 연구되어 평생 교육 측면의 위험 교육도 연구되어야 한다.

본 연구는 상세 서지분석을 통해 과학과 관련된 위험 교육 연구가 어떻게 진행되고 있었는지 분석했다. 시민들이 위험에 대한 일상적 준비성을 학습할 수 있는 위험 교육을 제공받고 그에 따라 위험 사회에 대한 높은 인식을 가진 현대 사회가 되기 위해 위험 교육의 적용, 과학 교육에서 위험의 본성, 학습자들이 인식하는 위험 등에 대한 후속 연구가 필요하다.

국 문 요 약

현대 사회의 위험은 점점 다양해지고, 그 영향력이 점점 확장되고 있다. 현대의 위험에 대응하기 위해서 과학 교육의 필요성이 증대되고 있다. 본 연구에서는 상세 서지분석을 이용하여 기존에 이뤄진 과학과 관련된 위험 교육 연구 동향을 분석하여 그 특징을 파악하고, 과학 교육에서 이뤄지는 위험 교육의 시사점을 도출하고자 했다. 이를 위해 Web of Science에서 'Scientific Risk'를 주제어로 하고 연구 영역은 교육학 분야로 한정하여, 국제 학술지 (SSCI) 83편의 서지 정보를 수집한 뒤, R-Studio의 bibliometrix 패키지를 이용하여 서지 분석을 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다. 첫째, 위험 교육 연구는 위험 소양, 과학 교육에서 다루는 위험의 구조, 위험 사례를 교육에 적용하는 방안과 그 효과성 등을 주제로 이뤄지고 있다. 둘째, 위험을 주제로 한 과학 교육 연구 중 많은 수가 SSI 교육을 배경으로 진행되었다. 셋째, 과학과 관련된 위험 교육 연구는 지식 전달 교육에 치중되어 있었음을 확인할 수 있었고, 이때 많은 연구가 교육과정과 학교 학습 상황과 같은 형식 교육을 분석하였다. 이러한 결과는 다음과 같은 점을 시사한다. 첫째, 현대 사회의 위험에 대응하기 위한 위험 교육의 주제를 핵 에너지, 기후 변화에서 더 나아가 환경오염, AI, 각종 생활 인재 등으로 확장해야 한다. 둘째, SSI 교육 연구에서 진행된 주제들을 위험 교육의 맥락에서 다시 분석하고 연구할 필요가 있다. 셋째, 위험 인식 뿐만 아니라 위험 평가, 위험 관리 측면에서도 연구

가 필요하다. 넷째, 과학관이나 미디어 등과 같은 비형식 교육의 장에서도 위험 교육을 실천하기 위한 연구가 필요하다.

주제어: 위험 교육, 서지 분석, 연구 동향 분석, 위험 대응 과학 교육

References

- Aithal, P. S. (2017). Comparative Study of Various Research Indices Used to Measure Quality of Research Publications. *International Journal of Applied and Advanced Scientific Research*, 2(1), 81-89.
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975.
- Bardsley, D. K. (2007). Education for all in a global era? The social justice of Australian secondary school education in a risk society. *Journal of Education Policy*, 22(5).
- Beck, U. (1992). *Risky Society*. London: Sage Publication.
- Bennis, W., & Nanus, B. (1985). *Leaders: the Strategies for Taking Change*. New York.
- Callon, M., Law, J., & Rip, A. (1986). *Mapping of the Dynamics of Science and Technology*. London: MacMilan.
- Christensen, C. (2009). Risk and school science education. *Studies in Science Education*, 45(2), 205-223.
- Dong, H., Ma, S., Jia, N., & Tian, J. (2021). Understanding public transport satisfaction in post COVID-19 pandemic. *Transport Policy*, 101, 81-88.
- Duncan, R. G., Chinn, C. A., & Barzilai, S. (2018). Grasp of evidence: Problematizing and expanding the next generation science standards' conceptualization of evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 55, 907-937.
- Egghe, L. (2013). Theory and practise of the g-index. *Scientometrics*, 69, 131-152.
- Garfield, E. (2004). Historiographic Mapping of Knowledge Domains Literature. *Journal of Information Science*, 30(2), 119-145.
- Hansen, J., & Hammann, M. (2017). Risk in Science Instruction. *Science & Education*, 26, 749-775.
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify and individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(46).
- Hwnag, Y., Ko, Y., Shim, S. S., Ok, S., & Lee, H. (2023). Promoting engineering students' social responsibility and willingness to act on socioscientific issues. *International Journal of STEM Education*, 10(11).
- Ireland, T., MacDonald, K., & Stirling, P. (2012). The h-index: What is it, how do we determine it, and how can we keep up with it? In A. Tokar, Beurskens, S. Keuneke, M. Mahrt, I. Peters, C. Puschmann, T. van Treeck, & K. Weller (Eds.), *Science and the Internet* (pp. 237-247). Düsseldorf University Press.
- Jho, H., Yoon, H., & Kim, M. (2014). The Relationship of Science Knowledge, Attitude and Decision Making on Socio-scientific Issues: The Case Study of Students' Debates on a Nuclear Power Plant in Korea. *Science & Education*, 23, 1131-1151.
- Johns Hopkins University of Medicine Coronavirus Resource Center [JHUoMCR Center]. (2024). COVID-19 Dashboard. Retrieved April 22, 2024 from <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
- Ju, Y., & You, M. (2016). *Risk Society and Risk Perceptions*. Seoul: Communication Books.
- Kao, A., & Poteet, S. R. (2007). *Natural Language Processing and Text Mining*. London: Springer-Verlag.
- Kim, J., & Na, J. (2023). Analysis of Secondary Pre-Service Science Teachers' Understanding and Educational Needs for Risk Education in Science Education. *Educational Research*, 88, 51-72.
- Korea Meteorological Administration [KMA]. (2012). *Forecast Report on Climate Change on the Korean Peninsula*. Korea Meteorological Administration.
- Korea Ministry of Education [KMOE]. (2022). The National Framework for the Elementary

- and Secondary Curriculum.
- Lee, B., & Jho, H. (2020). An Overview of Research Trends in Climate Change Education by Bibliometric Analysis. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 10(2), 99-109.
- Lin, T. J., Lin, T. C., Potvin, P., & Tsai, C. C. (2019). Research trends in science education from 2013 to 2017: a systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 41(3).
- Miller, E., Manz, E., Russ, R., Stroupe, D., & Berland, L. (2018). Addressing the epistemic elephant in the room: Epistemic agency and the next generation science standards. *Journal of Research in Science Teaching*, 55, 1053-1075.
- Na, J. (2022). Analysis of Domestic and International Science Education Research Trends on Play: Focusing on Implications for Research in Elementary Science Education. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 42(1), 34-46.
- OECD. (2018). *The Future of Education and Skills: Education 2030*. Position Paper.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994, 994-1020.
- Park, J., & Song, M. (2013). A Study on the Research Trends in Library & Information Science in Korea Using Topic Modeling. *Journal of the Korean Society for Information Management*, 30(1), 7-32.
- Park, W., Lee, H., Ko, Y., & Lee, H. (2023). "Safety" and "integration": examining the introduction of disaster into the science curriculum in South Korea. *Journal of Curriculum Studies*, 55(5), 580-597.
- Renn, O., Klinke, A., & Van Asselt, M. (2011). Coping with Complexity, Uncertainty and Ambiguity in Risk Governance: A Synthesis. *Ambio*, 40, 231-246.
- RiskEdu. (n.d.). *What is Risk Edu?*. Retrieved January 15, 2024, from <https://www.riskedu.se/index.html>
- Roberts, D. (2007). Scientific Literacy/Science Literacy. *Handbook of Research on Science Education*. Routledge.
- Schenk, L., Hamza, K. M., Enghag, M., Lundegård, I., Arvanitis, L., Haglund, K., & Wojcik, A. (2019). Teaching and discussing about risk: seven elements of potential significance for science education. *International Journal of Science Education*, 41(9).
- Semper, R. J. (1990). Science Museums as Environments for Learning. *Physics Today*, 43(11), 50-56.
- Sevian, H., & Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: a learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(1), 10-23.
- Sjöström, J., Eilks, I., Zuin, V. G. (2016). Towards Eco-reflexive Science Education. *Science & Education*, 25, 321-341.
- Skamp, K., Boyes, E., Stanisstreet, M., Rodriguez, M., Malandrakis, G., Fortner, R., Kilinc, A., Taylor, N., Choker, K., Shweta, D., Ambusaidi, A., Cheong, I., Kim, M., & Yoon, H. (2021). Voting for Change: an International Study of Students' Willingness to Support Measures to Ameliorate Climate Change. *Research in Science Education*, 51, 861-887.
- Sofsky, W. (2016). *Prinzip Sincherheit*. Create Space Independent Publishing Platform.
- Song, J., Kang, S., Kwak, Y., Kim, D., Kim, S., Na, J., Do, J., Min, B., Park, S., Bae, S., Son, Y., Son, J., Oh, P., Lee, J., Lee, H., ihm, H., Jeong, D., Jung, J., Kim, J., & Joung, Y. (2019). Contents and Features of 'Korean Science Education Standards (KSES)' for the Next Generation. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 39(3), 465-478.
- TeachDisasters. (2024). *Aim*. Retrieved January 15, 2024, from <https://www.teachdisasters.com/aims>
- Tosun, C. (2022). Analysis of the Last 40 Years of Science Education Research via Bibliometric Methods. *Science & Education*, 33, 451-480.
- von Bohlen und Halbach, O. (2011). How to judge a book by its cover? How useful are

- bibliometric indices for the evaluation of “scientific quality” of “scientific productivity”?. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger*, 1933), 191-196.
- Wang, R., Lewis, M., Zheng-Pywell, R., Julson, J., Smithson, M., & Chen, H. Using the H-index as a factor in the promotion of surgical faculty. *Heliyon*, 8(4).
- World Economic Forum [WEF]. (2020). *Global Risks Report 2020*. Insight Report.
- Yuki, K., Fujiogi, M., & Koutsogiannaki, S. (2020). COVID-19 pathophysiology: A review. *Clinical Immunology*, 215.
- Zeidler, D., Walker, K., Ackett, W., & Simmons, M. (2002). Tangled Up in Views: Beliefs in the Nature of Science and Responses to Socioscientific Dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343-367.
- Zint, M., & Peyton, R. B. (2001). Improving Risk Education in Grades 6-12: A Needs Assessment of Michigan, Ohio, and Wisconsin Science Teachers. *The Journal of Environmental Education*, 32(2), 46-54.

저 자 정 보

장 원 빈 (국립공주대학교 대학원생)

김 민 철 (국립공주대학교 교수)