

한국과학교육학회지는 44년간 어떤 주제로 어떻게 변화했는가? —잠재 디리클레 할당(LDA)을 활용한 토픽모델링 분석—

장진아¹, 나지연^{2*}

¹서울성일초등학교, ²춘천교육대학교

How the Journal of the Korean Association for Science Education(JKASE) Changed for the Past 44 Years?: Topic Modeling Analysis Using Latent Dirichlet Allocation

Jina Chang¹, Jiyeon Na^{2*}

¹Seoul Seongil Elementary School, ²Chuncheon National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:

Received 29 November 2021
Received in revised form
27 December 2021
25 February 2022
12 April 2022
Accepted 19 April 2022

Keywords:

Journal of the Korean
Association for Science
Education(JKASE), Latent
Dirichlet Allocation(LDA),
Topic modeling, Research trends

ABSTRACT

The purpose of this study is to understand the trends and changes of the articles publishing the Journal of the Korean Association for Science Education(JKASE) in the past forty-four years. To this end, Latent Dirichlet Allocation(LDA) topic modeling analysis was performed on a total of 2,115 English abstracts of papers published in the JKASE from 1978 to 2021. As a result of LDA topic modeling analysis, a total of 23 topics were extracted, and each topic was presented with its related keywords and articles. Next, in order to examine how these topics have changed over time, we visualized the average weights of each topic for a 4-year cycle by using heatmaps. The topics that have risen or fallen were identified. The results of this study provide new insights into science education research in Korea in terms of revealing not only traditional research topics that have been consistently studied but also the topics that have changed in response to the development of educational philosophy or research methods, social or policy demands related to science education.

1. 서론

지난 반세기 동안 산업뿐만 아니라 과학기술, 사회, 문화 등 다양한 분야에서 많은 변화가 있었다. 과학기술 분야를 살펴보면 1978년 인간 최초로 시험관 아기가 탄생했고, 1981년 우리나라 최초의 개인용 컴퓨터가 개발되었다. 인터넷이 우리나라에 처음 연결된 것은 1982년 이었고, 일반인이 인터넷을 사용하기 시작한 것은 1994년부터이다(The Kyunghyang Shinmun, 1978, etnews, 2012). 그러나 2021년 현재 인공지능, 로봇공학, 신경공학과 같은 과학기술이 산업에 도입되는 등, 우리는 4차 산업 혁명 시대를 겪고 있고(Schwab, 2016; World Economic Forum, 2017) 스마트폰을 신체 일부처럼 사용하는 포노 사피엔스(phono sapiens)로 나아가고 있다(Choi, 2019).

과학교육은 이러한 시대변화와 요구에 발맞추어 지속적으로 변화해왔다(Rudolph, 2019). 20세기 초반 과학교육은 도시화와 산업화에 대응할 수 있는 시민 양성을 위해 이루어졌으나, 20세기 후반에는 세계 시장에서 국제적 우위를 차지하기 위한 경제 전략으로 강조되었다(DeBoer, 1991). 개념변화학습, 발견학습, 과학-기술-사회적 접근까지 다양한 강조점과 방향이 제안되었고, 최근에는 역량 중심 교육이나 융합 교육이 강조되고 있으며(Griffin *et al.*, 2012; Partnership for 21st

Century Skills, 2010; Song *et al.*, 2018), 지금도 꾸준히 변화하고 있다.

과학교육의 변화와 발자취를 확인하는 것은 현재의 과학교육이 더 나은 역할을 할 수 있게 하고, 미래를 위한 방향성을 제시하는데에 중요하다(Chang *et al.*, 2010; De Jong, 2007). 과학교육이 어떻게 변화·발전해 왔는지를 이해하기 위한 다양한 방법이 있었지만, 과학교육 분야에서 이루어진 연구 논문들을 검토하고 그 특징과 동향을 파악하는 것도 하나의 방법이 될 수 있다(Jang, 2003; Odden, Marin, & Rudolph, 2021). 이런 이유로 과학교육연구의 동향을 파악하기 위한 연구들이 여러 편 수행되었다.

과학교육연구의 동향을 파악하기 위한 연구들은 크게 세 가지 유형으로 구분할 수 있다. 첫째, 특정 기간에 여러 과학교육 학술지에 게재된 논문들을 분석한 연구가 있었다(e.g. Lee *et al.*, 2009; Lin *et al.*, 2014; Lin *et al.*, 2019; Tsai & Wen, 2005). 이 연구들은 ‘International Journal of Science Education’, ‘Journal of Research in Science Teaching’, ‘Research in Science Education’, ‘Science Education’ 등과 같은 국제학술지에 5년 동안 게재된 논문을 대상으로 저자의 국적, 연구 방법, 연구 주제, 인용도가 높은 논문 등을 분석하였다. 이 연구들은 연구자가 분석을 위한 특정 범주를 설정하고 각 논문을 분류하는 방식을 사용하였다. 이와 달리 자동내용분석법(Automatic Content

* 교신저자 : 나지연 (jyna@cnu.ac.kr)
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2022.42.2.185

Analysis)을 사용하여 특정 기간에 여러 과학교육 학술지에 게재된 논문들을 분석한 연구도 있었다(Chang *et al.*, 2010; Ga *et al.*, 2019). 둘째, 특정 주제를 다룬 연구 논문들을 분석한 연구가 있었다(e.g. Erduran *et al.*, 2015; Lee & Kim, 2016; Na & Yoon, 2021). 이 연구들은 논증, 증강현실, STEAM과 같은 특정 주제를 다룬 과학교육연구를 추출하여 특정 범주에 따라 각 논문을 분류하는 방식을 사용하였다. 최근에는 연구자의 영향력을 최소화하고 다량의 데이터를 분석하기 위해 계량서지 정보 분석(bibliometric analysis)이나 사회 네트워크 분석(Social Network Analysis) 방법을 사용하는 연구들이 등장하였다(e.g. Jho & Lee, 2019; Kim & Song, 2020; Yoon & Seo, 2016). 셋째, 특정 과학교육 관련 학술지에 게재된 논문을 분석한 연구가 있었다. Odden *et al.*(2021)은 지난 100년 동안 Science Education에 게재된 논문을 분석하였다. Jang(2003)은 초등과학교육을 위한 전문 학술지인 ‘초등과학교육’에 1983년부터 2002년까지 게재된 논문을 분석하였고, Lee & Hong (2013)은 Jang(2003)의 후속 연구로 2003년부터 2012년까지 게재된 논문을 분석하였다. 앞서 언급되었던 두 가지 유형의 연구들은 특정 기간이나 특정 주제에 한정하여 분석했기 때문에 과학교육연구의 전체 특징과 변화를 조망하는 데에는 어려움이 있었다. 그러나 세 번째 유형의 논문들은 과학교육의 역사와 변화에 대한 통찰력을 제공할 수 있는 특정 학술지를 선정하여 분석함으로써 과학교육연구의 특징과 변화를 조망할 수 있었다.

한국과학교육학회에서 발행하는 한국과학교육학회는 한국학술지인용색인에 등록된 과학교육학 분야 학술지 중에서 우리나라 과학교육학 분야를 대표하는 가장 종합적인 학술지이다(Park & Yang, 2013). 1978년 창간되어 연 6회 발행되고 있으며, 연간 평균 75건의 논문이 발행된다. 2020년 기준 KCI Impact Factor(2년)가 2.04로 나타나 같은 기간 교육학 분야의 KCI Impact Factor 1.47에 비해 상대적으로 높다(Korea Citation Index, 2021). 또한 한국학술지인용색인에 등록된 과학교육학 분야 학술지 중에서도 KCI Impact Factor(2년), 총 게재논문 수가 가장 많다. 그럼에도 불구하고 한국과학교육학회의 연구 특징과 동향을 분석한 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 과학교육연구의 특징과 변화를 살펴보고자 한국과학교육학회지에 게재된 연구 논문을 분석하고자 하였다.

한국과학교육학회지에 44년 동안 게재된 연구 논문은 2,000건이 넘기 때문에 사람의 손으로 연구 추이를 파악하는 것은 현실적으로 쉽지 않다. 또한 연구자가 분석을 위한 특정 범주를 설정하고 각 논문을 분류하는 방식은 연구자가 어떤 범주를 설정했느냐에 따라 데이터의 분석 방향이 달라질 수 있기 때문에 과학교육연구의 특징과 변화 전체를 조망하는 데에 어려움이 있다(Chang *et al.*, 2010; Odden *et al.*, 2021). 이러한 어려움을 해결할 수 있는 분석 방법이 토픽 모델링(Topic Modeling)이다. 토픽 모델링은 구조화되지 않은 대량의 텍스트에서 주제를 발견하는 통계적 추론 알고리즘이며(Steyvers & Griffiths, 2007; Blei, 2012), 그중 가장 많이 활용되고 있는 방법이 잠재 디리클레 할당(Latent Dirichlet Allocation: 이하 LDA)이다(Silge & Robinson, 2017). LDA는 수천 개의 논문을 분석하여 주요 주제를 추출하고 연구의 변화를 정량적으로 추적할 수 있다(Odden *et al.*, 2021). 이러한 특성 때문에 연구 동향을 파악할 때 LDA를 활용한 연구들이 최근 등장하였다. 예를 들어, Science Education에 게재된 논문을 분석한 Odden *et al.*(2021)의 연구, 과학영재교육 연구 동향 분석한 Kim & Jhun(2021)의 연구와 지구과학교육의 연구 동향

분석한 Kwak *et al.*(2019)의 연구가 있었다.

이에 본 연구는 국내 과학교육연구를 대표하는 학술지로서, 한국과학교육학회지에 게재된 연구를 LDA 모델을 활용하여 주제별로 그 특징을 분석하고, 연구 동향을 파악하여 향후 과학교육연구를 위한 시사점을 도출하고자 한다. 따라서 본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 1978년부터 2021년까지 한국과학교육학회지에서는 어떤 토픽의 연구들이 이루어졌는가?
- 2) 한국과학교육학회지의 연구 주제들은 시대별로 어떻게 변화해 왔는가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 자료 수집

본 연구에서는 1978년부터 2021년 5월까지 한국과학교육학회지에 게재된 연구들의 영문초록을 대상으로 분석하였다. 특정 분야의 학술지들은 여러 하위 연구 주제들을 포괄하고 있는데, 연구논문들의 초록이 담고 있는 단어들의 빈도 및 동시 사용 패턴을 이용한 LDA 분석을 통해, 하위 연구 주제들(minor categories)이 지니는 의미론적 유사성을 포착할 수 있음이 밝혀져 왔다(Griffiths & Steyvers, 2004; Steyvers & Griffiths, 2007). Griffiths와 Steyvers(2004)는 LDA 모델의 알고리즘에 의해 구성된 주제들은 완전한 비지도학습 방식으로 추출되며, 이렇게 추출된 하위 연구주제들은 저자가 사용하는 단어 수준에서 초록 내용의 실질적인 차이를 드러낼 수 있다고 주장하였다. 즉, 학술지의 영문초록은 연구논문의 주제를 효율적으로 드러낼 수 있는 고밀도의 단어들로 구성되어있기 때문에, 포함하는 단어의 수가 적음에도 불구하고 LDA 분석에 적합하다는 것이다(Gatti, Brooks, & Nurre, 2015). 이에 연구자들은 초록 자체의 기능이 논문의 핵심 주제와 초점을 담아내는 것이므로 LDA 분석에 적합하다고 설명하면서, 영문초록을 활용한 토픽모델링 분석을 다양하게 수행해왔다(Gatti *et al.*, 2015; Griffiths & Steyvers, 2004). 같은 맥락에서, 국내에서도 초록을 활용한 LDA 토픽모델링 연구들이 여러 분야에서 수행되었으며(Kim, 2020; Park, 2019; Park & Oh, 2017; Park & Song, 2013; Jeon *et al.*, 2018; Jo *et al.*, 2019; Hwang & Hwang, 2018), 최근에는 과학 교육에서도 논문 초록을 이용한 LDA 토픽모델링 연구들이 수행된 바 있다(Kim & Jhun, 2021). 본 연구에서는 이러한 점들을 고려하여, 영문초록을 분석 대상으로서 선정하였다. 영문초록이 LDA 분석 대상으로서 갖는 장단점을 감안하여 본 연구의 결과를 해석할 필요가 있는데, 이를 테면 본 연구의 대상인 영문초록들은 한국 과학교육 연구에서 이루어진 하위 연구 주제들을 포함하는 문서로서, 이들에 대한 LDA 분석으로 구성된 토픽들은 ‘한국 과학교육연구에서 의미적 유사성을 지닌 하위 연구주제들의 집합체’로 해석할 수 있다.

본 연구의 자료 수집은 총 2단계로 진행되었다. 첫 번째 단계에서는 한국과학교육학회지에서 1978년부터 2021년 5월까지 게재된 모든 논문들에 대한 PDF 파일을 수집하였다. 자료 수집 시에는 누락되는 논문들이 없도록 하기 위하여, 학술연구정보서비스(Research Information Sharing Service: RISS)와 KASE 공식홈페이지(<http://www.koreascience.org>), 그리고 한국학술지인용색인 공식홈페이지(<https://www.kci.go.kr>)에서 검색되는 자료들을 비교하면서 자료를

수집하였으며, 총 2,171개의 게재 논문들을 수집하였다. 두 번째 단계에서는 게재 논문들 중 연구 논문들에 대한 영문초록을 추출하였다. 영문초록들은 1978년부터 대부분의 연구 논문들에 포함되어 게재되었지만, 국문초록의 경우에는 1998년에 게재된 논문들부터 포함되었다. 즉, 1978년부터 1997년까지 게재된 논문들에 대한 국문초록 자료를 일관되게 수집하기 어려웠기 때문에, 본 연구에서는 더 많은 논문들을 포괄하기 위하여, 영문초록을 분석 대상으로 선정하였다. 또한 해설, 논단, 사례소개, 특별호 등과 같이 연구 논문이 아닌 자료들 30편을 제외하였다. 예를 들어, 1986년에는 입시 제도를 주제로 한 특별호(6(1))가 게재되었는데, 미국, 영국, 일본, 독일, 북한 등 여러 나라들의 입시 제도와 과학 과목을 보고했던 특별호 논문들은 영문초록을 포함하지 않았다. 또 다른 예로서, 1989년 9(2)호에 게재된 “외국 대학교의 과학교육 박사학위 과정 예시”와 같은 사례 소개나, 2019년 39(3)호에 게재되었던 “미래세대를 위한 ‘과학교육표준’의 주요 내용과 특징”과 같은 해설 논문들도 연구 논문이 아니므로 분석 대상에 포함하지 않았다. 끝으로 2,141편의 연구 논문 중에서 영문초록이 없는 26편의 연구 논문들이 불가피하게 제외하였다.

최종적으로 본 연구에서는 한국과학교육학회에서 1978년부터 2021년 5월까지 게재된 전체 논문 2,171편 중에서, 총 2,115편의 연구 논문들을 최종 대상 논문으로 선정하였다. 이렇게 최종 연구 대상으로 선정된 연구 논문들에 대한 저자, 게재연도, 게재호, 영문초록을 수집하였다. 수집된 연구 논문들의 연도별 추이를 살펴보면, 1978년에 처음으로 게재된 이후에 2000년대 초까지 꾸준히 증가하는 경향을 보였다. 2004년에 총 게재 논문 수가 103편으로 급속히 증가했으며,

등락을 반복하다가 2012년에 게재 논문 수가 107편으로 가장 높았다. 이 후, 연도에 따라 등락을 반복하며, 2017년 이후부터는 게재 논문 수가 다소 감소하였다. 본 연구에서 수집된 자료들의 구체적인 현황은 Table 1 및 Figure 1과 같다.

2. 자료 분석

본 연구에서는 자료 분석을 위하여 오픈 소프트웨어 R-Studio 프로그램을 활용하였으며, 자료 분석은 3단계로 수행되었다(Table 2). 각 단계별로 구체적인 분석 방법은 다음과 같다.

가. 데이터 전처리 단계

데이터 전처리는 모수의 수를 줄이고 주제 구조를 명확히 보여주기 위한 사전 작업으로서, 본 연구에서는 과학교육연구 자료 및 용어들을 다루고 있다는 점을 고려하여(Odden *et al.*, 2021), 4단계의 전처리 과정을 수행하였다. 첫째, 영문초록에 대한 토큰화 작업을 수행하였다. 토큰화(Tokenization) 작업이란 문서나 문장을 최소 의미 단위인 토큰(Token)으로 나누어 컴퓨터가 인식할 수 있게 하는 과정으로서(Boyd-Graber, Mimno, & Newman, 2014), “This is an apple.”이라는 문장을 단어 수준에서 토큰화하면 “This”, “is”, “an”, “apple”로 구분된다. 이렇게 토큰화된 데이터에 대하여 R 프로그램에서 제공하는 tm패키지를 이용해 구두점, 숫자, 수식, 공백 제거 작업을 수행하였다. 여기서 “패키지”란, R 프로그램에서는 자주 활용되는 명령어와 함수

Table 1. The collected data in this study

게재 연도	게재 논문	해설, 논단, 사례 소개, 특별호 제외	연구 논문	영문초록 없는 연구 논문 제외	대상 논문	게재 연도	게재 논문	해설, 논단, 사례 소개, 특별호 제외	연구 논문	영문초록 없는 연구 논문 제외	대상 논문
1978	9	-	9	1	8	2000	58	-	58	0	58
1979	0	-	-	-	0	2001	75	-	75	0	75
1980	3	-	3	1	2	2002	88	-	88	0	88
1981	0	-	-	-	0	2003	57	-	57	0	57
1982	1	-	1	1	0	2004	103	-	103	0	103
1983	0	-	-	-	0	2005	85	-	85	0	85
1984	11	-	11	3	8	2006	78	-	78	0	78
1985	12	-	12	1	11	2007	84	-	84	0	84
1986	19	11	8	3	5	2008	79	-	79	0	79
1987	18	2	16	2	14	2009	73	-	73	0	73
1988	17	4	13	2	11	2010	77	-	77	0	77
1989	17	1	16	3	13	2011	77	-	77	0	77
1990	18	1	17	1	16	2012	107	-	107	0	107
1991	24	-	24	2	22	2013	94	-	94	0	94
1992	28	-	28	1	27	2014	71	-	71	0	71
1993	34	1	33	1	32	2015	91	-	91	0	91
1994	36	3	33	-	33	2016	77	-	77	0	77
1995	49	1	48	3	45	2017	87	-	87	0	87
1996	46	1	45	1	44	2018	69	-	69	0	69
1997	48	2	46	-	46	2019	62	1	61	0	61
1998	55	1	54	-	54	2020	51	-	51	0	51
1999	61	1	60	-	60	2021	22	-	22	0	22
게재된 총 논문 수 (해설, 논단, 사례보고 및 소개, 특별호 등 제외)										2,171 (30)	
게재된 총 연구 논문 수 (영문초록 없는 연구 논문 제외)										2,141 (26)	
최종 수집된 대상 논문 수										2,115	

등을 모아서 원하는 작업을 간편하게 할 수 있도록 제공하는 묶음으로서, “tm 패키지”는 R 프로그램에서 텍스트마이닝을 수행하기 위해 제공하는 명령어 묶음을 의미한다. 둘째, 각 연구 논문들의 영문초록에서는 과학교육연구에서만 활용되면서 여러 형태로 통용되는 특수한 용어들을 통일하였다. 전체 연구논문 2,115편에서 제시한 논문 키워드들 중에서 2개 이상의 단어로 구성된 과학교육 용어 20개를 빈도수에 따라 추출하였다. 추출한 용어들은 각 연구마다 다양한 방식으로 기입되고 있었으며, 구성하고 있는 단어들이 해체되면 용어의 의미가 사라지는 15개의 용어를 선별하여 통일하였다. 예를 들어, 영문초록에서 “pedagogical content knowledge”라는 용어는 원문 그대로 쓰이기도 하지만, “PCK”와 같은 단축어로도 활용되며, 각 단어들이 개별 어휘로 해체될 경우 실제 의미를 담아내기 어렵다. 이러한 용어들을 통일시키기 위해, 대문자로 된 단축어(예: PCK)와 원문(예: pedagogical content knowledge)을 띄어쓰기가 없는 형태의 소문자 원문(예: pedagogicalcontentknowledge)으로 전환하였다. 셋째, 두 번째 전처리 과정으로서 tm 패키지를 통해 어간 추출, 불용어 제거 및 소문자 통일 작업을 수행하였다. 끝으로 과학교육연구 용어에 대한 특화된 전처리 작업으로서, 소문자 원문으로 통일된 용어들(예: pedagogicalcontentknowledge)을 대문자 축약어(예: PCK)로 전환하여 통일하였다. 또한 AI(Artificial Intelligent), AR(Augmented

Reality), VR(Virtual Reality)와 같이 최근에 강조되고 있는 키워드로 빈도수는 적지만 분리되었을 때 의미가 해체될 단어들에 대해 연구진의 논의를 통해 추가하였다. 끝으로 과학교육연구 논문들에서 자주 출현하는 과학교육연구 일반 용어들을 제거하였다. 과학교육연구에서 많이 사용되는 일반적인 용어들은 대상 논문들을 하나의 큰 주제로 군집화하기 때문에, 과학교육의 주제들을 상세하게 탐색하기 위해서는 이들을 추출할 필요가 있다(Odden et al., 2021). Table 3은 과학교육연구 일반 용어를 삭제하기 전과 후의 상위 키워드를 정리한 것이다.

Table 3에서 제시된 바와 같이, “science”, “student”, “study” 등과 같이 과학교육연구에서 일반적으로 사용되는 용어들이 분석에 포함될 경우, 대부분의 연구 대상들이 하나의 주제로 군집하여 특화된 세부 주제들을 추출하기 어렵게 된다(Odden et al., 2021). 하지만 동시에, 이러한 과학교육연구 용어들은 특정 주제와 중요하게 연결될 수 있는 단어일 가능성이 있기 때문에, 이들을 추출할 때에는 매우 신중해야 한다. 이러한 점들을 고려하여, 본 연구에서는 과학교육연구들에 출현하는 일반 용어들로서, 선행연구에서 정리되었던 목록의 적절성을 연구자들이 검토·논의한 후 활용하여(Odden et al., 2021), 과학교육연구 일반 용어들을 제거하였다.

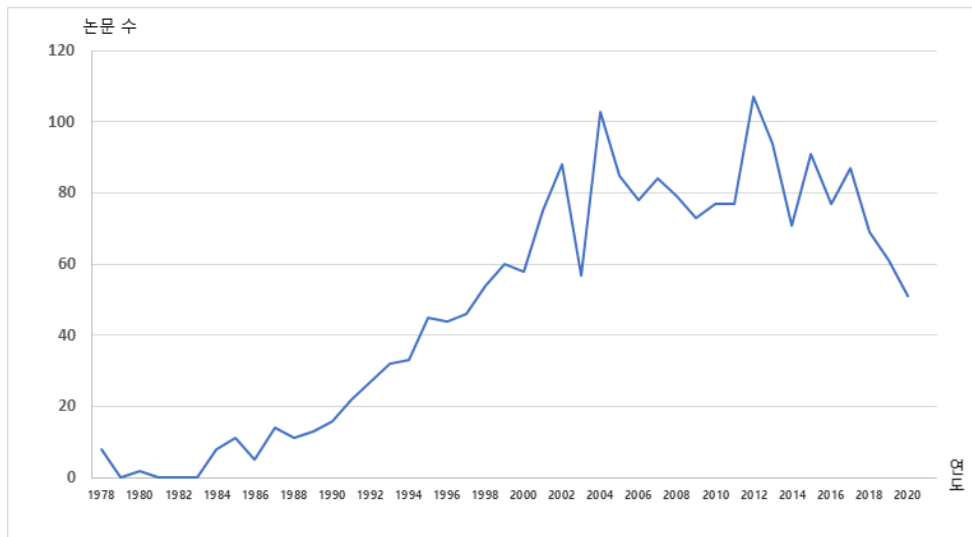


Figure 1. The status of the collected data by year

Table 2. The process of data analysis

단계	분석 방법
데이터 전처리	1단계 토큰화(tokenization) 작업, 구두점, 숫자, 수식, 공백 제거
	2단계 과학교육연구 용어 통일1 (예: pedagogical content knowledge, PCK→pedagogicalcontentknowledge)
	3단계 어간 추출, 소문자 통일 및 불용어 제거
	4단계 과학교육연구 용어 통일2 (예: pedagogicalcontentknowledge→PCK) 과학교육연구 일반용어 제거 (예: science, student, study 등)
연구 문제 1	키워드 분석 핵심 키워드 30위 추출 및 분석
	LDA 분석 적합한 주제 수 선정 후, LDA 기반 토픽 모델링 분석 실시 토픽 관련 핵심 키워드 20개, 핵심 문서 20개를 토대로 토픽명 선정
연구 문제 2	선형 회귀 분석 시기(4년 주기)에 따른 각 토픽의 비중 평균값 선형회귀 분석 실시 통계적으로 유의하게 상승/하락하는 주제 추출 및 결과 해석 상승/하락하는 주제에 대해 4년 주기별 비중 평균값 변화 그래프 작성

Table 3. Top keywords before and after removing general terms related to science education research

순위	과학교육연구 일반 용어 삭제 전 상위 키워드	과학교육연구 일반 용어 삭제 후 상위 키워드
1-10위 (순위대로 배열함)	science, student, study, teacher, school, education, learn, group, result, develop	concept, active, process, inquiry, model, experiment, achieve, curriculum, knowledge, problem

Table 4. An example of LDA analysis result: Document A's mean θ

문서	토픽1	토픽2	토픽3	토픽4	토픽5	토픽6	토픽7	토픽8	토픽9	토픽10	합계
A	0.02	0.03	0.03	0.26	0.03	0.03	0.04	0.06	0.09	0.41	1

나. 연구문제1: LDA 기반의 토픽모델링 분석

두 번째 단계에서는 한국과학교육학회지 게재 논문들의 연구 주제를 추출하고자 데이터전처리된 자료들을 대상으로 LDA 기반의 토픽모델링 분석을 수행하였다. LDA 분석은 문서들에 잠재된 토픽(주제)들을 알아내는 토픽모델링 방법 중 하나로서, 하나의 문서가 여러 개의 토픽들로 이루어진다는 점을 전제로 한다. 본 연구의 맥락에 비추어보면, 하나의 영문초록(문서)이 여러 연구주제(토픽)들로 이루어진다고 가정하고, ‘각 문서에 특정 토픽이 존재할 확률’과 ‘각 단어가 특정 토픽에 존재할 확률’을 결합하여, 문서들에 내재된 토픽들을 추출하는 확률적 생성 모델이다.

LDA 분석을 위해서 토픽의 수(k)는 연구자에 의해 추정되는데, 이때 가장 적합한 토픽의 수(k)를 설정하는 것이 중요하다(Blei et al., 2003). 본 연구에서는 최적의 토픽 수를 결정하기 위해, 여러 모델의 성능 지표를 비교해 최적값을 찾는 하이퍼파라미터 튜닝(hyperparameter tuning) 방법을 취하였다(Baek, 2020; Kim, 2021). 특히 하이퍼파라미터 튜닝은 문서의 대략적인 토픽 수에 대해 충분한 사전 지식이 없는 경우에 유용하며, 특정 지수 하나만을 고려하는 다른 방법들에 비해 4가지 모형적합도 지수를 동시에 고려하기 때문에 좀 더 입체적인 결정을 할 수 있다는 강점을 고려하였다(Baek, 2020; Kim, 2021). I datuning 패키지의 FindTopicsNumber 함수를 이용해서 ‘Griffiths 2004, Deveaud 2014, CaoJuan 2009, Arun 2010’와 같은 4개의 모형적합도 지수를 산출하고, 가장 적합한 토픽 수를 도출하였으며, 그 결과는 Figure 2와 같다.

Figure 2의 결과를 토대로 최적의 토픽 수를 23개로 결정하였다. 이때 K값을 지정하는 과정에서 적절한 토픽 개수의 범위를 점점 줄여가며 탐색하였으며, 특히 하이퍼파라미터 튜닝 방법의 경우에는 4가지 모형적합도 지수를 동시에 충족시키는 지점을 찾아야 하므로 연구진의 논의를 통해 이를 결정했다 즉, Griffiths 2004 지수와 Deveaud 2014 지수의 경우에는 최대 지점이, CaoJuan 2009 지수와 Arun 2010 지수의 경우에는 최소 지점이 적절한 잠재토픽의 기준임

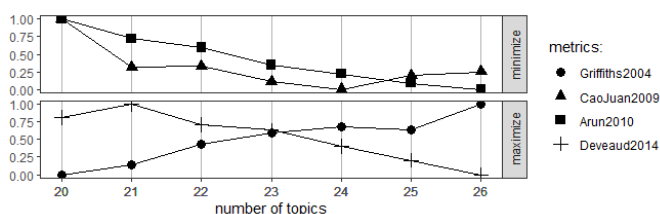


Figure 2. The optimal number of topics in LDA

을 고려하여(Arun et al., 2010; Cao et al., 2009; Deveaud et al. 2014; Griffiths & Steyvers, 2004), 4가지 모형적합도 지수를 동시에 충족시키는 지점인 23을 k값으로 결정하였다. 이 후, topicmodels 패키지를 이용하여 Gibbs Sampling 방법으로 LDA 기반의 토픽모델링 분석을 실시하였다(Burnin = 1000, iterations = 5000).

LDA 기반 토픽모델링에서는 모든 문서에 등장하는 단어들에 대해 지정된 토픽의 수(k)들 중 하나의 토픽을 랜덤으로 할당하며 분석을 시작한다. 이렇게 임의로 할당된 초기 가설(α, β)은 대부분 틀릴 가능성이 높는데, 가령, 같은 단어들이 다른 토픽에 할당되는 오류를 예로 들 수 있다. Figure 3에 제시된 바와 같이, 임의로 설정된 초기 가설(α, β)을 토대로, 각 문서(D)에서 어떤 단어(w)가 특정 토픽에 속할 확률(z), 문서(D)에 특정 토픽이 존재할 확률(θ), 그리고 전체 단어들 중에서 어떤 단어가 특정 토픽에 존재할 확률(ϕ)을 재할당하는 과정이 반복(iterations)되면서, 점차 통일된 값으로 수렴하게 된다. 이러한 과정은 다음과 같이 요약될 수 있다.

위와 같은 LDA 분석을 통해, ‘문서’가 토픽들에 대해 얼마만큼의 비중을 차지하는지를 확률적으로 산출할 수 있다. 즉, 연구자는 각 문서가 토픽들에 대해 갖는 비중값, 즉, 토픽별 비중값(mean θ)을 얻을 수 있다. 예를 들어, Table 4에서 제시된 문서 A 사례에서는 토픽 4와 토픽 10의 비중값이 크므로, 문서 A는 토픽 4와 토픽 10와 관련된다고 추정하게 된다. 또한 하나의 문서가 두 개 이상의 주제와 관련될 수 있으며, 하나의 문서에서 모든 토픽들의 비중값의 합계는 1이 된다.

비슷하게, LDA 분석을 통해 특정 토픽에 많이 등장하는 ‘단어’들도 알 수 있다. 전체 문서에 등장하는 단어들 중에서 특정 토픽에 존재할 확률이 높은 단어들이 키워드(keywords)로 산출되는데, 이러한 키워드들은 해당 토픽에 “많이” 등장했다는 것을 의미한다. 이처럼

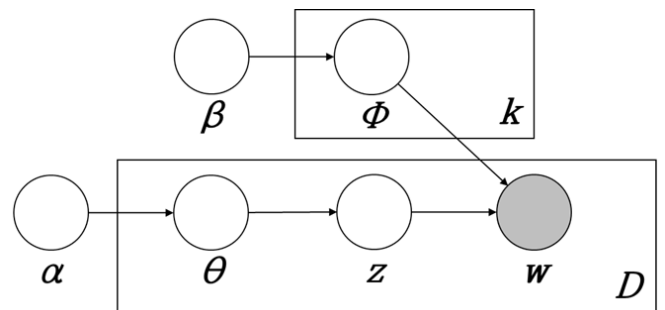


Figure 3. Graphical model representation of the LDA model (Blei et al., 2003)

연구자는 전체 문서들에서 특정 토픽에 대한 등장 확률이 높았던 핵심 문서들과 핵심 키워드들을 활용하여, 각 토픽이 어떤 의미를 다루고 있는지 분석하게 된다. 본 연구에서도 추출된 23개의 토픽들에 대한 핵심 키워드들과 핵심 문서들을 함께 분석하여, 토픽명을 선정하였다. 예를 들어, 과학개념과 관련되었던 토픽 1과 토픽 3의 명칭을 정하기 위해, 연구진은 Table 5와 같이 토픽 1과 토픽 3의 관련 상위 핵심 키워드와 핵심 문서들을 추출하여 참고하였다.

토픽 3에서는 학생, (예비) 교사들이 경험하는 여러 인지갈등 상황을 기술하거나, 인지갈등 상황에서의 여러 반응과 개념변화 과정과 특성을 조사한 연구들이 많았다. 반면, 토픽 1에서는 개념변화나 인지갈등 상황보다는 학생이나 (예비) 교사들의 특정 개념에 대한 전반적인 인식이나 이해, 설명 또는 정신모형을 분석한 연구들이 많았다. 연구진 2인은 핵심 문서 및 키워드들을 독립적으로 분석한 후, 이를 비교·논의하면서 각 토픽이 지닌 초점을 명확히 드러낼 수 있는 토픽의 이름을 최종적으로 선정하였다.

다. 연구문제2: 토픽의 주기별 변화 분석

세 번째 단계에서는 LDA 기반 토픽모델링 분석을 통해 추출된 토픽들이 시대별로 어떻게 변화했는지 살펴보기 위하여, 1978-2021년까지 44년을 4년씩 11개로 나눈 ‘주기’로 나누었다. 주기별로 연구 주제들의 문서별 비중 평균값(mean θ)의 변화를 히트맵(heatmap)으로 시각화했다(Griffiths & Steyvers, 2004; Kim, 2020). 이를 통해 상승 또는 하락했던 주제들의 전체적인 변화를 파악하고 시간에 따른 변화를 각 주제들에 대한 20개 핵심 키워드 및 핵심 문서들과 연결하여 해석하고 논의하였다.

III. 연구 결과

1. 한국과학교육학회에 게재된 연구 논문 주제

한국과학교육학회에서 수행된 연구 주제들을 파악하기 위해, LDA 기반의 토픽모델링 분석을 통해 도출된 연구 논문들의 주제들을 분석하였다. 23개 토픽들을 이어서 제시하면 가독성이 낮기 때문에 본 연구와 동일한 목적과 방법을 취했던 선행연구의 결과 기술 사례를 고려하여 총 3개로 나누어 제시하였다(Odden *et al.*, 2021). 즉, 23개의 각 토픽이 담고 있는 의미에 따라, ‘과학학습에 대한 이해 및 발달 관련 토픽(토픽 1-8)’, ‘과학과 교수학습내용 및 활동 관련 토픽(토픽 9-17)’, ‘교육체제와 정책 및 기타 관련 토픽(토픽18-23)’으로 제시하였다. 하지만 토픽들을 상위 범주로 군집화한 것이 아니기 때문에, 23개 토픽들에 대한 세부적인 분석 결과를 독립적으로 기술하였다. 더불어 Table 7-9와 같이 각 토픽에서 토픽과 관련이 높은 것으로 추출된 핵심 키워드들을 비중값이 높은 순서대로 제시하였다.

가. 과학학습에 대한 이해 및 발달 관련 토픽(토픽 1-8)

전체 23개의 토픽들 중에서 학습자의 과학학습에 대한 이해 및 발달과 관련된 8개의 토픽들을 Table 7에 제시하였다. 주목할 만 한 점은 8개 토픽들 중, 4개 토픽들(토픽 1, 토픽 3, 토픽 5, 토픽 7)이 ‘과학개념’과 관련된 주제들로 추출되었다는 점이다. 하지만 과학개념과 관련한 각 토픽별 초점은 조금씩 달랐는데, 토픽 1은 과학개념에 대한 전반적인 이해나 설명, 정신모델 등의 키워드가 집중된 반면, 토픽 3은 개념 변화 이론을 토대로 하는 선개념, 오개념, 대안개념, 인지

Table 5. An example of naming the extracted topics

토픽	토픽별 관련 상위 키워드 및 핵심 문서 (예)	토픽명
토픽 1	키워드 concept, model, conceptual, explanation, matter, phenomena, explain, cycle, mental model, diversity...	과학 개념에 대한 이해 및 설명 분석
	핵심 문서 대기 중의 수증기량이 증발과 끓음에 미치는 영향에 대한 <u>고등학생과 화학 전공 교사들의 인식 조사</u> 및 관련 교과서 내용 분석 <u>High School Science Teachers' and Students' Conceptions Related to Osmosis</u> 원자 모형과 오비탈에 대한 <u>고등학생들의 이해</u> 어느점 내림 현상에 대한 <u>교과서 내용 및 중등 과학 교사들의 개념 분석</u> 생태 지위적 접근을 통한 <u>5학년의 광합성 개념 분석</u> 학습 양식이 다른 <u>중학생들의 판구조론에 관한 정신모형 분석</u>	
토픽 3	키워드 concept, misconception, situation, cognitive conflict, belief, alternative, demonstrate, preconception, epistemology...	과학 개념 변화 및 인지갈등
	핵심 문서 인지갈등 해소 지연이 <u>중학생의 과학개념변화에 미치는 효과</u> 불일치 현상 대면 전의 인지갈등이 <u>중학생들의 물리 개념변화에 미치는 영향</u> 나이에 따른 학생들의 힘에 관한 <u>개념 변화 특성</u> <u>The Effects of Cognitive Conflict on Students' Conceptual Change in Physics</u> 물리학습에서 불일치 상황에 직면한 학생들의 반응 유형: 관찰 및 인식, <u>신념변화</u> , <u>제한하는 실험의 유형</u> , <u>신념변화에 따른 인지갈등 정도</u>	

Table 6. The data collected and analyzed by 4-year cycle

주기	4년 주기별	문서 번호	문서 수	주기	4년 주기별	문서 번호	문서 수
1	1978-1981	1-10	10	7	2002-2005	585-917	333
2	1982-1985	11-29	19	8	2006-2009	918-1231	314
3	1986-1989	30-72	43	9	2010-2013	1232-1586	355
4	1990-1993	73-169	97	10	2014-2017	1587-1912	326
5	1994-1997	170-337	168	11	2018-2021	1913-2115	203
6	1998-2001	338-584	247				

Table 7. The topics related to understanding and development of science learning

토픽명	핵심 키워드
1 과학개념에 대한 이해 및 설명 분석	conception, model, conceptual, explanation, matter, phenomena, explain, cycle, mental model, diversity
2 과학에 대한 태도와 진로	interest, perception, career, female, prefer, gender, male, environment, middle, girl
3 과학개념 변화 및 인지갈등	conception, misconception, situation, cognitive conflict, belief, alternative, demonstrate, preconception, epistemology
4 과학적 태도	attitude, creativity, measure, instrument, positive, statistic, computer, sample, total, anxiety
5 학습자의 인지수준과 지식의 구성	knowledge, theory, variable, construct, structure, logic, dependent, concrete, operational, individual
6 과학학습에서의 인지양식	cognitive, elementary, domain, field, affect, style, draw, visual, period, proportion
7 과학개념 형성 및 학습 발달과정	object, system, earth science, frame, category, motion, progression, part, phase, made
8 과학/과학자에 대한 인식과 이해	scientist, design, competition, component, consist, image, function, step, core, representation

갈등 등의 키워드가 집중되었다. 토픽 5는 여러 과학학습 주제 및 상황에서 나타나는 과학 지식이나 이론, 개념의 구조 및 인지 수준 등에, 토픽 7은 과학개념 형성 및 학습의 발달 과정 및 단계에 대한 부분에 초점이 있었다. 이러한 결과는 과학교육연구 분야에서 ‘과학개념’과 관련된 주제들이 높은 비중으로 수행되었으며, 다양한 초점의 주제들이 다뤄졌음을 보여준다. 각 토픽별 구체적인 내용은 다음과 같다.

토픽 1은 과학적 현상이나 개념에 대한 학생이나 (예비) 교사들의 전반적인 이해나 인식, 정신모형(mental model), 설명(explanation)을 조사한 주제로서, 증발과 끓음이나 원자 모형과 오비탈과 같은 특정 개념 및 현상에 대한 학생 또는 교사들의 인식과 이해를 조사한 연구들(예: Lim, 2005; Paik & Cho, 2005)이 핵심 문서로 추출되었다. 핵심 키워드도 ‘conception’, ‘model’, ‘conceptual’, ‘explanation’, ‘matter’, ‘phenomena’, ‘mental model’ 등 개념이나 설명, 정신 모델 및 현상과 관련한 단어가 추출되었으므로, 토픽명을 ‘과학개념에 대한 이해 및 설명 분석’으로 설정하였다.

토픽 2는 과학 수업이나 과학에 대한 학생의 흥미와 인식, 과학 진로, 이러한 이슈들에 대한 성별 차이 등을 다루는 주제로서, 학생들의 과학에 대한 흥미 및 과학수업 환경 인식과 태도를 조사하거나, 과학적 진로 선택과정과 이유를 조사한 연구들(예: Noh & Choi, 1996; Yoon, 2002, 2007)이 관련이 높게 보고되었다. 키워드에서도 ‘interest’, ‘perception’, ‘career’, ‘female’, ‘prefer’, ‘gender’ 등이 추출된 것으로 보아 과학에 대한 전반적인 인식, 흥미, 선호도 등을 포괄하는 주제로 볼 수 있으며, 이에 토픽명을 ‘과학에 대한 태도와 진로’라고 선정하였다.

토픽 3에서는 여러 상황에서 학습자의 개념과 오개념, 대안 개념, 인지 갈등을 포함한 개념 변화 관련 주제로서, 불일치 현상을 대면한 학습자의 인지 갈등과 개념변화 또는 달의 운동에 대한 학생의 대안 개념과 인지갈등 상황 후의 변화에 대한 연구들(예: Kwon *et al.*, 2009; Lim & Kim, 2010)이 관련이 높게 추출되었다. 이러한 토픽의 의미는 ‘conception’, ‘misconception’, ‘situation’, ‘cognitive conflict’, ‘belief’, ‘alternative’와 같은 키워드에서도 잘 드러나므로, ‘과학개념 변화 및 인지갈등’이라는 토픽으로 도출되었다.

토픽 4는 ‘attitude’, ‘creativity’, ‘measure’, ‘instrument’, ‘positive’, ‘statistic’ 등의 키워드들과 함께, 학생들의 과학적 태도나 창의성, 과학 상태불안 및 이들을 조사하거나 측정하는 도구를 개발하는 연구들이 관련되었다(예: Kang *et al.*, 2020; Lee, 1998; Shin *et al.*, 2017). 핵심 키워드와 문서들을 근거로 하여, 과학적 태도와 창의성, 과학궁경험, 과학 상태불안 등의 키워드를 포괄하는 ‘과학적 태도’라는

토픽명을 설정하였다.

토픽 5에서는 학습자가 구성한 지식의 구조나 모형 구성 및 학습자의 인지수준이나 과학적 사고력 관련 연구들(예: Kim & Song, 2002; Park & Yoo, 2018)이 다수 추출되었다. 또한 ‘knowledge’, ‘theory’, ‘variable’, ‘construct’, ‘structure’, ‘logic’, ‘dependent’ 등의 키워드들을 통해 토픽 5가 학습자의 논리적 사고와 인지 수준 및 학습자들이 형성한 과학지식의 구조나 모형 구성의 특징을 다루고 있다는 점에서, 토픽명을 ‘학습자의 인지수준과 지식의 구성’으로 설정하였다.

토픽 6은 학습자의 인지적 특성과 영향, 그리거나 표상, 안구 운동 등을 통해 인지양식이나 특징을 탐색하는 연구들(예: Kang *et al.*, 2008; Kim & Kwon, 1994; Lim *et al.*, 2013)과 관련이 높았다. 즉, 학습자의 인지양식이나 사고양식 자체를 조사하거나, 이러한 인지적 특성이 학습하는 방식이나 흥미에 미치는 영향을 살펴본 토픽으로 볼 수 있으며, 이는 ‘cognitive’, ‘elementary’, ‘domain’, ‘field’, ‘affect’, ‘style’ 등의 키워드들을 통해서도 확인할 수 있었다. 이에 ‘과학 학습에서의 인지양식’이라는 토픽으로 도출되었다.

토픽 7에서는 학습에서의 발달 단계 및 발달 과정, 그리고 이에 따른 학습자의 개념 형성 과정과 특징들을 다룬 연구들(예: Kim *et al.*, 1980; Maeng & Lee, 2018)이 높은 관련이 있는 문서로 추출되었다. 핵심 키워드로는 ‘object’, ‘system’, ‘earth science’, ‘frame’, ‘category’, ‘motion’, ‘progression’ 등과 같이 특정 과학개념이나 대상에 대한 단어와 발달 과정(progression) 및 유형(category)과 관련한 단어가 추출되었다. 이에 ‘과학개념 형성 및 발달과정’이라는 토픽명이 선정되었다.

토픽 8은 과학자나 과학에 대한 이미지, 과학의 기능이나 역할, 관련 요소 등과 관련된 연구들(예: Jang & Lee, 2004; Lee & Mun, 2018)이 추출되었다. 또한 ‘scientist’, ‘design’, ‘competition’, ‘component’, ‘consist’, ‘image’, ‘function’와 같은 키워드를 통해 과학자에 대한 이미지, 과학의 본성과 관련된 과학 지식 생성을 위한 설계나 이론 경쟁, 구성 요소 및 기능에 대한 의미가 드러났다. 이에 이 토픽은 ‘과학 및 과학자에 대한 인식 및 이해’라는 토픽명으로 도출되었다.

나. 과학과 교수학습내용 및 방법 관련 토픽(토픽 9-17)

과학과 교수학습내용 및 방법과 관련된 9개의 토픽들을 토픽 9에서 토픽 17까지 Table 8에 제시하였다. 특히 과학과 교수학습내용 및 방법과 관련한 9개의 토픽들 중에서 3개의 토픽들(토픽 10, 토픽 12, 토픽 17)은 과학탐구와 밀접한 관련이 있었으며, 이러한 결과는

Table 8. The topics related to the content and methods for science teaching and learning

토픽명	핵심 키워드
9 교수학습전략 개발 및 효과	achieve, motive, analogy, perception, administer, cooperation, middle, treatment, academical, reveal
10 과학탐구, 탐구 과정 및 기능	inquiry, process, skill, data, element, interpret, open, collect, design, emphasis
11 STS, SSI 및 과학적 소양	technology, issue, STS, social, SSI, aspect, focus, literacy, context, ethic
12 과학적 문제해결 및 논증 활동	problem, argument, problem solving, context, solving, stage, critic, process, epistemology, situation
13 과학의 본성, 과학지식의 생성에 대한 인식 및 이해	observe, NOS, nature, generate, hypothesis, perspective, role, history, predict, abduction
14 사회적 상호작용	interaction, classroom, pattern, behavior, verbal, exhibition, discourse, peer, environment, individual
15 과학교수학습의 어려움과 대안	physic, difficulty, tool, university, definition, condition, journal, word, quantity, express
16 교과서 및 교수학습자료	activity, textbook, material, text, guide, thought, illustration, book, main, author
17 과학 실험 및 글쓰기	experiment, compare, write, laboratory, middle, evidence, post, pre, read, traditional

과학탐구가 수십 년간 과학교육연구에서의 핵심 화두로서, 중요한 역할을 해왔다는 점(Duschl & Grandy, 2008)을 잘 보여준다. 더불어 과학학습에서 과학탐구의 역할과 특징이 다양하게 발전해 온 만큼(Duschl & Grandy, 2008), 본 연구에서 추출된 탐구 관련 토픽들의 초점도 다양했는데, 가령, 토픽 10은 과학탐구 과정 및 전통적인 과학 탐구 기능들이 주요 키워드로 추출되었으며, 토픽 12에는 논증 또는 논변 활동과 관련된 키워드가 일부 포함되어 있었고, 토픽 17은 과학 실험 맥락을 비롯해, 과학 글쓰기 관련 키워드가 포함되어 있었다. 이러한 토픽들은 과학탐구가 지니는 다양한 측면을 빅데이터 기반의 분석을 통해 보여주었다는 점에서 의미가 있다. 각 토픽별 구체적인 내용은 다음과 같다.

토픽 9에서는 특정한 교수학습 방법이나 전략을 개발하거나, 동기나 성취 등을 통해 효과를 검증하는 연구들(예: Kim *et al.*, 2007; Noh *et al.*, 1998)이 추출되었다. 이러한 주제들은 ‘achieve’, ‘motive’, ‘analogy’, ‘perception’, ‘administer’, ‘cooperation’, ‘middle’ 등의 키워드를 통해서도 잘 드러났는데, 가령, 학습 성취나 동기, 인식 변화 등을 통해 효과성이 검증되었으며, 비유나 협력학습과 같이 많이 활용되어 온 교수법들이 관련이 높은 키워드로 함께 도출되었다. 이에 ‘과학과 교수학습전략 개발 또는 효과’에 대한 토픽으로 도출하였다.

토픽 10은 과학 탐구 중에서도 최근에 강조되는 과학 지식의 생성 및 인식론적 관점을 강조한 과학적 실행(science practices)과 다른, 그 이전의 탐구 관련 주제로서, 탐구 기능, 탐구 과정, 조금 더 나아가 개방적 탐구 등과 관련된 연구들(예: Ha *et al.*, 2001; Lee & Kang, 2012)과 관련이 높았다. 이러한 주제와 비슷한 의미를 갖는 ‘inquiry’, ‘process’, ‘skill’, ‘data’, ‘element’, ‘interpret’, ‘open’과 같은 키워드들이 추출되었으며, 이러한 결과를 고려하여 ‘과학탐구, 및 탐구 과정 및 기능’이라는 토픽명을 설정하였다.

토픽 11은 과학과 기술, 사회(STS)의 관계를 탐색하며, 시민 과학과 사회과학적 이슈(SSI) 및 과학적 소양과 연결되는 연구들(예: Jang *et al.*, 2016; Kim *et al.*, 2010)이 관련이 높은 문헌으로 추출되었다. 이러한 주제들은 키워드에서도 잘 드러났는데 ‘technology’, ‘issue’, ‘STS’, ‘social’, ‘SSI’, ‘aspect’, ‘focus’, ‘literacy’ 등과 같이 과학과 사회, 테크놀로지 관련 이슈 및 이러한 역량을 강조하는 단어들이 관련이 높은 단어로 추출되었다. 이러한 키워드와 문헌을 통해, 이 토픽은 ‘STS, SSI 및 과학적 소양’이라는 명칭으로 선정되었다.

토픽 12에서는 과학적 문제해결 및 논증 활동 과정이나 단계들을 조사하고 분석하는 연구들(예: Park, 2005; Shin & Kim, 2012)이 관련

높은 문헌으로 분석되었다. 비슷한 맥락에서 키워드도 ‘problem’, ‘argument’, ‘problem solving’, ‘context’, ‘stage’, ‘critic’ 와 같이 과학적 문제 해결이나 특정 문제에 대한 논증 과정 및 단계 등과 관련된 단어들이 추출되었다. 이로 볼 때, 이 토픽은 ‘과학적 문제해결 및 논증 활동’이라는 토픽명으로 선정되었다.

토픽 13의 키워드는 ‘observe’, ‘NOS’, ‘nature’, ‘generate’, ‘hypothesis’, ‘perspective’, ‘role’, ‘history’ 등으로서 과학의 본성, 과학 지식의 생성, 역할, 과학의 역사 등과 관련한 단어들이었다. 비슷하게, 이 토픽과 관련이 높은 연구들은 과학의 본성에 대한 여러 관점들을 탐색하거나, 과학 지식의 생성 및 과학사와 관련된 주제들(예: Kwon *et al.*, 2003; Shim *et al.*, 2019)을 주로 다루고 있었다. 이에 토픽 13은 ‘과학의 본성, 그리고 과학지식의 생성에 대한 인식 및 이해’라는 토픽명으로 도출되었다.

토픽 14에서는 과학 학습 과정에서 발생하는 사회적 상호작용을 분석하거나, 학습자들의 언어적, 행동적 패턴이나 담화 등을 살펴본 연구들(예: Choi *et al.*, 2012; Kim & Kim, 2015)이 핵심 문서로 추출되었다. 키워드들도 과학 교실이나 과학관 전시물과의 상호작용과 관련된 ‘interaction’, ‘classroom’, ‘pattern’, ‘behavior’, ‘verbal’, ‘exhibition’, ‘discourse’와 같은 단어들이 추출되었으므로, ‘사회적 상호작용’이라는 토픽명으로 도출하였다.

토픽 15는 과학교수학습의 여러 상황인 실험, 탐구, 특정 과목(물리) 및 과학용어 사용 등에서 발생하는 어려움을 진단하거나 대안을 제시하는 연구들(예: Ji & Jeong, 2009; Kim *et al.*, 2013; Lee & Lee, 2018)과 관련되었다. 관련 키워드에는 ‘physic’, ‘difficulty’, ‘tool’, ‘university’, ‘definition’, ‘condition’, ‘word’와 같이 어려움이라는 핵심어를 중심으로 용어의 정의나 실험 조건, 과목 등 어려움이 발생하는 맥락과 관련된 단어들이 추출되었다. 이에 이 토픽은 ‘과학교수학습의 어려움 및 대안’이라는 토픽명으로 설정되었다.

토픽 16은 국내 과학 교과서의 내용을 분석하거나 다른 나라의 교과서와 비교하고, 과학과 교수학습 자료의 활용 실태를 분석하는 연구들(예: Kwon, 1985; Lee & Lee, 2019; Lee *et al.*, 2007)과 연결되었다. 또한 과학 학습을 위한 교과서 활동 및 교수학습 자료들과 관련된 핵심어로서 ‘activity’, ‘textbook’, ‘material’, ‘text’, ‘guide’, ‘thought’, ‘illustration’과 같은 키워드가 추출되었다. 따라서 이 토픽은 ‘교과서 및 교수학습 자료’이라는 토픽으로 도출하였다.

토픽 17은 과학 실험 활동, 과학 글쓰기 활동 및 증거를 기반으로 한 활동이나 특징을 다룬 연구들(예: Nam *et al.*, 2011; Sung & Nam,

2013)이 관련이 높은 문헌으로 추출되었다. 이러한 주제들과 비슷하게, ‘experiment’, ‘compare’, ‘write’, ‘laboratory’, ‘middle’, ‘evidence’ 등과 같이 과학 실험 및 글쓰기 활동과 이러한 활동에서 많이 쓰이는 용어인 실험실, 증거, 비교와 관련된 키워드들이 추출되었다. 이러한 주제들을 고려하여, 토픽 17은 ‘과학 실험 및 과학 글쓰기’라고 명명하였다.

다. 교육체제와 정책 및 기타 토픽들(토픽18-23)

토픽 18에서 토픽 23까지 총 6개의 토픽들은 교육체제나 과학교육 관련 정책, 그리고 기타 주제들을 포함하고 있었으며, 구체적인 내용은 다음과 같다(Table 9).

토픽 18의 키워드는 ‘curriculum’, ‘Korean’, ‘Korea’, ‘nation’, ‘revise(d)’, ‘comparison’, ‘country’ 등으로서, 한국의 국가 수준 교육 과정, 개정 교육과정 및 다른 나라와의 비교 등의 단어들 이 핵심어로 추출되었다. 실제 관련 연구들에서도, 여러 관점들에 초점을 맞추어 국가 수준의 교육과정을 분석하거나 다른 나라 교육과정과 함께 비교한 연구들(예: Kim, 2001; Yoon & Cheong, 2017)이 추출되었다. 이에 토픽 18은 ‘국가 수준 교육과정’이라는 토픽명으로 도출하였다.

토픽 19에서는 과학 영역별 평가 문항에 대하여 국가 간 비교를 수행하거나, 그 결과에 대해 통계적 분석을 수행한 경우가 많았다(예: Ha, 2017; Ha et al., 2006; Kim et al., 2015). 관련 키워드들은 ‘item’, ‘biology’, ‘chemistry’, ‘answer’, ‘evolution’, ‘correct’ 등의 핵심어들로 볼 때, 평가나 문항, 응답 및 관련 영역과 관련된 단어들 이 많이 추출되었다. 이에 이 토픽은 ‘국가 비교 연구나 종단 연구’라는 명칭으로 선정되었다.

토픽 20의 주제들은 학업성취도 평가에 기반한 교육과정 성취기준 분석, 과정 중심 평가 사례 분석, 및 수행평가 문항 개발 등과 관련된 연구들(예: Chung & Park, 2004; Lee et al., 2020; Kim et al., 2019)과 관련이 높았다. 관련이 높은 키워드 역시, ‘assess’, ‘evaluate’, ‘achieve’, ‘per’, ‘standard’, ‘feedback’, ‘criteria’ 등으로서, 다양한 유형의 평가와 성취기준, 평가 범주 설정 등과 관련한 단어가 추출되었다. 이에 이 토픽에서는 과학과 ‘평가 및 성취수준’이라는 토픽명을 설정하였다.

토픽 21와 관련이 높은 문헌으로는 현장 교사들의 전문성(PCK) 및 교수학적 실행에 대한 교수효능감을 조사하거나, 멘토링 등을 통해 교사 전문성 신장 방안을 분석한 연구들(예: Go et al., 2009; In & Choi, 2018; Jang & Choi, 2010; Park et al., 2019)이 추출되었다. 이와 관련된 키워드들도 함께 분석되었는데, ‘practice’, ‘pre-service’, ‘interview’, ‘reflect’, ‘profession’, ‘PCK’ 등을 통해 교사 및 예비 교사들의 교수 실행 및 이들의 전문성 관련 주제를 다루고 있음을 알

수 있었으며, 이에 ‘과학 교사교육 또는 과학교사 전문성’이라는 토픽명을 선정하였다.

토픽 22는 영재 학생의 자아존중감, 정서지능, 과제집착력과 같은 여러 특성, 영재 대상 프로그램 개발 및 적용, 영재 선발 및 평가 등의 연구들(예: Chae & Lee, 2013; Chung et al., 2009; Jang & Kim, 2014)이 추출되었다. 관련이 높은 키워드에는 ‘experiment’, ‘gifted’, ‘children’, ‘important’, ‘emotion’, ‘positive’, ‘conduct’ 등이 추출되었는데, 영재(gifted) 학생이라는 키워드를 중심으로 이들의 특성이나 인식, 영재 대상 교육 프로그램 활동과 관련된 단어들 이 많이 추출되었다. 이러한 맥락에서 토픽 22는 ‘과학 영재교육’이라는 토픽으로 설정하였다.

토픽 23에서는 수학, 과학 등 여러 과목 간 융합, 융합교육의 실행을 비롯하여 융합교육을 위한 교사교육 및 연수 등의 연구들(예: Lee et al., 2012; Lee & Song, 2019; Park et al., 2016)이 다수 추출되었다. 관련된 키워드로는 ‘integrate’, ‘secondary’, ‘implement’, ‘survey’, ‘train’, ‘in-service’, ‘STEAM’ 등이 추출되었는데, 이는 한국의 융합 인재교육과 STEAM 교육의 시행과 교사 연수와 관련된 단어로서 해석할 수 있다. 이러한 결과를 고려하여 해당 토픽은 ‘융합교육’이라는 명칭으로 도출되었다.

2. 연구 주제별 시대적 변화 분석

LDA 기반의 토픽모델링을 통해 추출된 23개 연구 주제들의 시기별 토픽 변화의 전반적인 양상을 파악하기 위해서, 시기별 토픽 평균 비중값(mean θ)을 시각화한 히트맵(Heatmap)을 구성하였으며, 그 결과는 Figure 4-6과 같다. 히트맵에서 빨간색으로 된 부분은 토픽의 비중값이 평균보다 큰 경우로서 특정 시기에 해당 토픽과 관련된 연구가 많이 이루어졌음을 의미하며, 파란색으로 된 부분은 토픽의 비중값이 평균보다 작은 경우로서 특정 시기에 해당 토픽을 다룬 연구가 적게 이루어졌음을 의미한다. 즉, Figure 4 그래프에서 위쪽에서 아래쪽으로의 전체적인 색깔 변화가 파란색에서 빨간색으로 변한 경향을 보이는 토픽은 시기별 비중값이 점차 증가한 경우이고, 반대로 빨간색에서 파란색으로 변하는 경향성을 가진 토픽은 시기별 비중값이 감소하는 경우로 볼 수 있다. 각 토픽별 결과는 다음과 같다.

가. 과학학습에 대한 이해 및 발달 관련 토픽(토픽 1-8)

토픽 1부터 토픽 8에 대한 시기별 평균 비중값의 변화를 Figure 4와 같이 히트맵으로 시각화하여 경향성을 살펴보았다.

과거에 비해 최근에 시기별 비중값이 상승한 연구 주제에는 ‘과학

Table 9. The topics related to education systems and policies

토픽명	핵심 키워드
18 국가 수준 교육과정	curriculum, Korean, Korea, nation, revise(d), comparison, country, life, topic, organ
19 국가 비교 연구 및 종단 연구	item, biology, chemistry, answer, evolution, correct, graph, genetic, percentage
20 평가 및 성취수준	assess, evaluate, achieve, per, standard, feedback, criteria, additional, utilize, lack
21 교사 교육 및 교사 전문성	practice, pre-service, interview, reflect, profession, PCK, gifted, plan, mentor, knowledge
22 영재교육	experiment, gift, children, important, emotion, positive, conduct, parent, final, recognition
23 융합교육	integrate, secondary, implement, survey, train, in-service, STEAM, course, conduct, mathematics

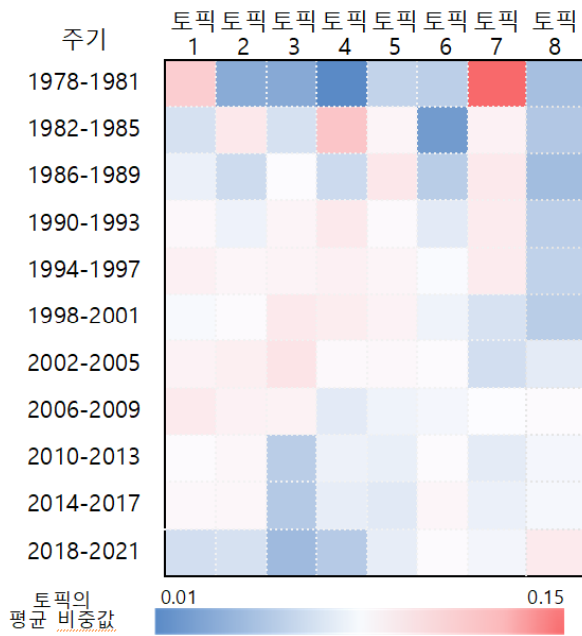


Figure 4. Heatmap (Topic 1-8)

학습에서의 인지양식(토픽 6)과 ‘과학/과학자에 대한 인식과 이해(토픽 8)’가 있었다. ‘과학 학습에서의 인지양식(토픽 6)’의 경우, 과학 학습에서 나타나는 학생들의 사고 양식이나 인지적 특성에 대한 연구는 꾸준히 증가해왔으며, 관련 요인들을 탐색하는 폭이 다양해지는 모습을 보였다. 가령, 일반적으로 학생들의 인지양식이나 사고유형 등을 설문지를 통해 검사하고, 이들을 다른 학습 및 수업 요인들(예: 동기체계, 학습지속효과, 학습흥미)과 관련지어 통계적으로 분석하는 경우가 많았는데(예: Kim & Kwon, 1994; Lee & Chae, 2018), 최근에는 인지적 특징들을 안구 운동이나 시선이동에서 나타나는 특징과 연결 지어 해석하는 연구들도 증가하는 모습을 보였다(예: Shin & Shin, 2013; Lim *et al.*, 2013). 한편, ‘과학/과학자에 대한 인식과 이해(토픽 8)’의 경우 2000년대 이후 과학의 본성에 대한 이해가 중요함을 강조하는 시류와 함께, 과학을 하는 것 또는 과학자에 대한 인식과 이해를 조사하는 연구들(예: Jang & Lee, 2004; Lee & Mun, 2018)이 증가한 것으로 추측된다.

하락하는 연구 주제로는 ‘과학개념 형성 및 발달 과정(토픽 7)’이 있었으며, 전반적으로 과학개념과 관련한 연구 주제들(토픽 3, 토픽 5, 토픽 7)이 감소 경향을 나타냈다. 구체적으로 ‘과학개념 변화(토픽 3)’, ‘과학적 태도(토픽 4)’, ‘과학개념의 구성 및 사고 수준(토픽 5)’의 경우에는 전반적으로 1978~1981년(1주기)를 제외한 2000년 이전에는 비중값이 높았으나(빨간색), 2000년 이후에는 시기별 비중값이 줄어드는 경향(파란색)을 보였다. 이러한 결과를 종합해볼 때, 1970~1980년대에는 과학개념의 형성(토픽 7)과 관련한 연구들이 상대적으로 많이 이루어졌으며, 1990년대에서 2000년 초까지는 ‘과학개념 변화(토픽 3)’와 관련된 연구들의 비중이 크게 나타났지만, 그 이후, 과학교육연구 주제들이 다양해지면서 과거에 비해 개념 관련 연구들의 비중이 줄어든 것으로 보인다. 이는 학생의 과학개념에 대한 연구들은 1970년대 초반에 시작되어, 1980~1990년대 들어서 학생의 오개념, 선개념, 대안개념 등을 포함한 과학개념변화 연구들로 발전하고, 나아가 2000년대에는 정신모형(mental model)에 대한 논의로 발전해왔다는 이전 보고(Park & Lee, 2004)와도 일치한다.

한편, 과학개념 관련 연구들은 다른 주제들과 다르게 과학개념과 관련한 연구들은 여러 토픽들(토픽 1, 토픽 3, 토픽 5, 토픽 7)을 통해 추출되었다는 점은 과학교육연구에서 개념 관련 연구들이 그 어떤 연구 주제들보다도 다양하고 꾸준히 수행되어오고 있음을 시사한다. 다만, 과학개념을 분석하는 관점이나 시각은 조금씩 변하고 있었는데, 예를 들면 ‘과학개념 형성 및 발달 과정(토픽 7)’ 주제에서 관련이 높은 논문 및 키워드에는 특정 주제에 대한 학습자의 개념 형성에 대해 보고한 1980~1990년대 연구들(예: Kim & Chung, 1995; Kim *et al.*, 1980)과 특정 개념에 대한 학생의 “학습 발달과정 또는 발달 경로(learning progression)”를 보고했던 2010년 이후의 연구들(예: Maeng *et al.*, 2014; Maeng & Lee, 2018)이 함께 추출되었다. 이러한 결과는 과학개념과 관련한 연구들의 초점이 시대에 따라 변화함을 보여준다.

나. 과학과 교수학습내용 및 방법 관련 토픽(토픽 9-17)

토픽 9부터 토픽 17까지의 연구 주제들을 분석한 결과, 시기별 토픽 비중값의 변화 추이는 Figure 5와 같다.

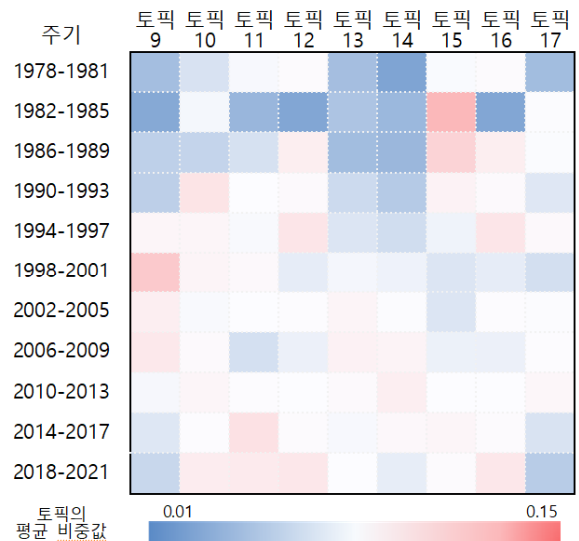


Figure 5. Heatmap (Topic 9-17)

전반적으로 상승하는 경향을 보인 연구 주제에는 ‘STS, SSI 및 과학적 소양(토픽 11)’, ‘사회적 상호작용(토픽 14)’이 있었다. ‘STS, SSI, 과학적 소양(토픽 11)’ 주제는 과학, 기술, 사회로 연결되는 여러 주제들이 토픽 11로 추출되었는데, 추출된 연구들을 보면 시대별로 그 흐름이 조금씩 변화하였다. Figure 5와 같이, 1980년대부터 1990년대에는 STS 관련 연구들과 함께 꾸준히 증가하는 양상을 보이다가(예: Ha, 1991; Song, 1999), 2000년대 초에 다소 주춤하더니, 2010년을 전후부터 최근까지는 SSI와 과학적 소양과 관련된 연구들의 비중이 높아졌다(예: Lee & Lee, 2017; Jang *et al.*, 2016; Kim *et al.*, 2010). 한편, 증가세를 보였던 또 다른 주제인 ‘사회적 상호작용(토픽 14)’ 관련 연구들은 학습이 사회적 맥락에서 발생함을 전제로 하여, 학습 과정에서 일어나는 언어적, 사회적 상호작용을 핵심 키워드로 다룬다는 점에서 사회적 구성주의를 기반으로 한 연구 분야로 해석할 수 있다(Kwak, 2001; Suh, 2007). 사회적 구성주의를 기반으로 한 토픽 14의 연구들은, 2010년까지 꾸준히 증가하였으나, 근래에는 다소 줄

어드는 경향을 보였다.

한편, 2000년을 전후로 증가했다가, 최근에는 다시 감소한 토픽도 있었다. ‘교수학습 전략 개발 및 효과(토픽 9)’ 관련 주제는 교수학습 전략 및 활동을 개발하거나 그 효과를 통계적으로 검증하는 연구들로서, 1990년부터 급격한 증가세를 보이며 2000년 초반에 가장 활발히 이루어졌으나 그 후로 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과들은 과학교육연구에서 이루어지는 연구 설계 및 방법들 역시 시대에 따라 변화함을 보여준다.

다. 교육체제와 정책 및 기타 토픽들(토픽18-23)

토픽 18부터 토픽 23까지 분석한 결과, 시기별 토픽 비중값의 변화 추이를 Figure 6과 같이 시각화하였다.

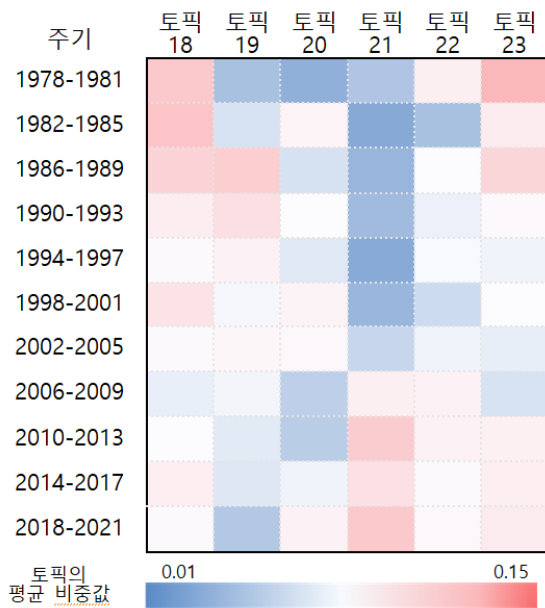


Figure 6. Heatmap (Topic 18-23)

구체적으로 살펴보면, 뚜렷한 상승 추이를 보인 주제는 ‘교사교육 및 교사전문성(토픽 21)’이었다. 특히 2000년대 이후로 급속히 증가하였으며, 2014-2017년에 다소 하락하였으나 근래에 다시 증가하는 모습을 보였다. 관련 연구들에는 과학교사들의 전문성이나 교수효능감의 특징이나 유형을 조사하거나(예: In & Choi, 2018; Jang & Choi, 2010), 멘토링과 같이 교사 전문성을 신장시키기 위한 방법을 탐색한 연구들이 있었다(예: Go et al., 2009; Park et al., 2019). 이처럼 교사 교육 및 전문성과 관련된 연구들을 통해 교육 주체들의 실질적인 변화나 방법에 대한 학술적 관심은 점점 높아졌다고 볼 수 있다.

한편, 전반적으로 빨간색을 띄며 꾸준한 관심을 받아온 주제로 ‘국가 수준 교육과정(토픽 18)’이 보고되었다. 토픽 18 관련 연구들은 1980년대에 높은 비중을 보였으며, 국소적으로 등락을 반복하였다. 이러한 추이는 교육과정 개정 시기와 연결해서 해석될 수 있는데, 예를 들어, 1998~2001년 시기에는 1997년에 제 7차 교육과정이 고시된 후로, 2000년부터 순차적으로 적용되던 과정에서 국가 수준 교육과정 관련 주제들이 증가했다고 볼 수 있겠다. 비슷하게, 2006년부터 교육과정 관련 주제들이 조금씩 증가하는 모습을 보이는데 이는

2005 개정, 2007 개정, 2009 개정, 2015 개정 교육과정 시기와 관련될 수 있다. 이처럼 교육과정 관련 토픽들을 교육과정 개정 시기에 따라 등락을 반복하며 꾸준한 관심을 받아온 것으로 추측된다.

특정 시기에만 증가했다가 최근에는 감소한 주제도 있었다. ‘국가 간 비교 및 중단연구(토픽 19)’ 관련 주제들은 1980년대부터 2000년대 초까지는 비중값이 높은 편에 속하지만, 그 이후에는 꾸준히 감소해온 것으로 보고되었다. 토픽 19에 추출된 대부분의 연구들은 대상 학생들의 평가 결과에 대한 통계적 분석 방법을 통해 수행된 경우가 많았다(예: Ha, 2017; Ha et al., 2006; Kim et al., 2015).

IV. 결론 및 시사점

한국과학교육학회지는 1978년부터 44년 동안 한국의 과학교육과 관련한 다양한 연구 논문들을 출간해왔다. 그동안 게재된 연구 논문들의 특징과 추이를 파악하는 것은 한국 과학교육의 역사와 방향을 기늠하는 중요한 과정이지만, 긴 시간만큼이나 방대한 자료들이기에 이를 파악하는 것은 쉽지 않다. 본 연구에서는 이렇게 방대한 자료들을 머신러닝 기반의 LDA 토픽모델링을 통해 분석하여, 44년간 어떤 주제의 연구들이 어떻게 변해왔는지 살펴보았다. 이를 위하여 1978년부터 2021년 5월까지 게재된 연구 논문들의 영문초록 총 2,115개를 LDA 토픽모델링을 활용하여 분석하였다. 분석 결과, 총 23개의 토픽이 추출되었으며, 각 토픽에 해당되는 키워드 및 세부 연구주제들을 기술하였다. 나아가 시간에 따른 23개 토픽들의 변화 추이를 살펴보기 위해, 4년 주기별로 각 토픽들의 시기별 평균 비중값 변화를 히트맵으로 시각화하였다. 이를 통해 시간에 따라 상승해온 주제에는 ‘과학학습에서의 인지양식’, ‘과학/과학자에 대한 인식과 이해’, ‘STS, SSI 및 과학적 소양’, ‘사회적 상호작용’, ‘교사교육 및 교사전문성’, ‘영재교육’이 있었다. 반대로, 감소해온 주제에는 ‘과학개념 변화’, ‘과학적 태도’, ‘과학개념 형성 및 발달’, ‘과학개념 구성 및 사고수준’, ‘교수학습전략 개발 및 효과’, ‘국가 간 비교 및 중단 연구’가 있었다.

위와 같은 결과들은 과학교육연구 분야에 다음을 시사한다. 첫째, 과학교육연구에서 비중 있게 다뤄진 주제의 특징과 추이를 빅데이터 기반으로 분석한 본 연구의 결과는 기존의 메타분석 또는 문헌 연구들의 결과와 접목되어 과학교육연구의 경향을 입체적으로 파악하고, 그 특징을 뚜렷이 하는 기반을 마련할 수 있다. 기존 과학교육연구에 대한 메타분석 또는 문헌 연구들은 특정 주제에 대한 문헌을 분석하여 경향성을 파악하거나(Kim et al., 2015; Kwon & Ahn, 2012), 이론적 관점에서 특정 분야에 대한 철학적 논의를 다룬 경우가 많았다(Duschl & Grandy, 2008; Konicek-Moran, & Keeley, 2015). 본 연구에서는 특정 주제나 분야를 넘어서서, “한국의 과학교육연구 전체 분야”에서 40여년 동안 수행된 주제들의 변화 양상을 분석하였으며, 이는 과학교육연구자들의 주된 관심사와 방향을 입체적으로 바라보는 자료로 활용될 수 있다(Kwak et al., 2019).

가령, 본 연구에서 추출된 23개 주제 중 과학개념 및 과학탐구와 관련 있는 토픽들이 7개 추출되었는데, 이는 과학개념 학습과 과학탐구가 과학교육연구에서 비중 있게 다뤄온 관심사로서, 다양한 방향으로 연구되어 왔음을 보여준다. 과학개념과 관련하여 ‘과학개념에 대한 이해 및 설명 분석’, ‘과학개념 변화 및 인지갈등’, ‘학습자의 인지수준과 지식의 구성’, ‘과학개념 형성 및 학습 발달과정’과 같이 과학

개념이라는 공통분모에서 다른 초점을 가지고 추출되었는데, 각 토픽들은 과학개념 연구에 대한 기존 논의들과 함께 재해석될 수 있다. 가령, Konicek-Moran, & Keeley(2015)은 과학개념과 관련한 연구들을 인식론적 측면에서 해석하여, ‘지식이란 무엇인가(What is knowledge?)’, ‘우리는 어떻게 알게 되는가(How do we come to know?)’, ‘우리가 알고 있는 것을 어떻게 알 수 있는가(How do we know what we know?)’라는 질문과 연결된다고 역설하였다. 본 연구의 토픽들도 인식론적 측면에서의 세 가지 질문들과 맞닿아 있었는데, 예를 들어, ‘지식이란 무엇인가?’는 과학학습 상황에서 나타나는 과학 지식이나 이론의 구조 등(토픽 5)과 연결될 수 있다. 또한 ‘우리는 어떻게 알게 되는가?’는 개념변화 이론 및 인지갈등 이론(토픽 3), 그리고 과학개념 형성 및 학습 발달과정(토픽 7)의 초점과 관련지어 생각할 수 있다. 끝으로 ‘우리가 알고 있는 것을 어떻게 알 수 있는가?’라는 부분은 과학개념에 대한 설명이나 이해, 정신모델 등을 통해 조사했던 연구들(토픽 1)과 관련될 수 있다. 이러한 초점들은 개념 연구를 수행하는 과학교육연구자들이 자신의 연구가 과학개념 학습에서 무엇에 초점을 두고 수행되었는지를 메타적으로 생각해보게 하는 기준 또는 관점으로 활용될 수 있다.

비슷하게 과학탐구와 관련해 추출된 ‘과학탐구, 탐구과정 및 기능’, ‘과학적 문제해결 및 논증 활동’, ‘과학 실험 및 글쓰기’ 등의 토픽들은 과학탐구의 본성과 역할에 대한 기존 논의와 연결해서 해석할 수 있다. 예를 들어, Duschl & Grandy(2008)는 과학교육에서 과학탐구가 갖는 역할의 변화를 ‘과학자 양성’을 위한 탐구에서 ‘모든 이’를 위한 탐구로의 변화, ‘탐구 내용과 과정’에 대한 강조에서 ‘증거와 설명 간의 관계’에 기반 한 탐구로의 변화, 개념을 ‘증명’하는 과정에서 개념에 대해 ‘추론’하는 과정을 촉진하는 탐구로의 변화, ‘사회적 맥락과 배제된 과학 주제’에 대한 관찰과 실험에서 ‘사회적 맥락 속에서의 주제’들에 대한 탐구로의 변화 등을 강조한 바 있다. 이처럼 과학교육 역사 속에서 과학탐구가 지닌 여러 속성들이 본 연구의 결과에서도 과학탐구 과정과 탐구기능에 초점을 두었던 주제(토픽 10), 과학적 문제 맥락과 논증 과정에 초점을 둔 주제(토픽 12), 과학 실험에서의 증거 기반 과학 글쓰기 등과 관련된 주제(토픽 17) 등을 통해 드러난다. 이처럼 본 연구는 한국 과학교육연구에서 비중 있게 수행되어온 과학탐구 관련 연구들의 여러 초점을 빅데이터 기반의 분석을 통해 드러냈고, 이들은 기존 메타분석/문헌 연구들의 결과들과 어우러져, 과학교육연구자들이 연구 주제를 입체적으로 해석하는 근간으로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

둘째, 본 연구의 결과는 교육철학이나 연구방법의 변화에 따라 과학교육연구 주제들이 변화해온 추이를 보여주기도 했다. 연구방법 측면에서의 시대적 변화를 보여준 대표적인 사례는 토픽 9로서, 교수 학습전략이나 프로그램을 개발하거나, 이들을 적용한 뒤에 교육적 효과를 사전, 사후 검사를 통해 통계적으로 검증하는 연구들이다. 이러한 연구들에 대한 시대적 변화 추이를 살펴본 결과, 1990년대 후반부터 급격히 증가하여, 2000년대 중반까지 이어졌으나, 그 이후로는 감소하는 추이를 보였다. 이는 시대적으로 과학교육연구자들에게 많이 활용되는 연구방법이 변화함을 시사한다. 같은 맥락에서 과학교육 연구에 영향을 주는 교육철학이나 사조들도 엿볼 수 있다. 가령, 토픽 14는 사회적 상호작용, 언어적, 행동적 패턴, 담화 분석 등과 관련된 주제로서, 이는 학습이 학습자를 둘러싼 맥락(context)과의 사회적 상

호작용을 통해 이루어진다는 사회적 구성주의 철학과 이러한 철학 기반으로 한 연구방법의 시류를 잘 보여준다(Mahn, 1999). 사회적 상호작용과 관련한 토픽 14는 2010년까지 꾸준히 상승하는 추이를 보였다. 토픽 9나 토픽 14와 같은 사례들은 한국의 과학교육연구의 주제들이 연구방법의 변화와 교육철학 및 사조에 따라 함께 변해왔다는 점을 의미한다.

특히 위와 같은 추이는 비단 한국 과학교육의 특징만이 아니었는데, 가령, 미국에서 100년 동안 출간된 Science Education 학술지 연구들의 LDA분석 결과에서도 이와 비슷한 결과가 보고된 바 있다(Odden et al., 2021). Odden et al.(2021: 675)의 보고에 따르면, 1980-90년대까지는 양적 연구방법을 통해 학생의 특성을 분석하고 평가하는 연구 방법이 활발히 이루어지다가 점차적으로 줄어든 반면, 2000년 이후에는 정체성과 담화 분석을 중심으로 한 연구 분야가 급증하기 시작하며 최근까지 이어오고 있음을 보고하였다. 이러한 경향성은 학습에 대한 인지주의적 관점에서 사회문화적인 관점에서의 변화와 연결 지어 해석할 수 있다.

이러한 국내외의 연구 결과들은 과학교육연구자들이 ‘교육연구자’로서 학습이론 및 교육철학 이론들을 과학교육 맥락에 반영하여 여러 시도를 해왔으며, 앞으로도 일반 학습이론과 교육철학은 과학교육연구의 방향에 영향을 줄 것임을 시사한다. 이를 고려할 때, 추후 연구에서는 학습이론, 교육철학 또는 연구방법이 과학교육연구에 접목될 때 나타나는 특성이나 과학교육에 특화된 특징들을 논의할 수 있겠다. 예를 들어, 일반적인 창의성 개념에서 과학적 창의성으로의 개념화, 담화분석에서 과학교실 담화로의 개념화 등과 같이 일반 교육학에서의 학습이론이나 연구방법론이 과학교육연구에 접목되는 과정에서 나타나는 특징들을 탐색하여, 과학교육연구의 지향점과 정체성을 보여줄 수 있을 것이다. 또한 새로운 방법론이나 학습론에 대한 과학교육연구자들의 시도에 대한 협력적인 지원이 이루어진다면, 과학교육연구의 변화와 발전에도 고무적일 것이다. 가령, 학회 차원에서 새로운 연구주제나 방법에 대해 함께 공유하고, 과학교육에서의 맥락화(contextualization)를 촉진할 수 있는 사회적 장을 마련하는 방안을 들 수 있겠다.

끝으로 본 연구의 결과를 통해, 과학교육연구들이 사회적, 정책적 요구에 따라 변해온 사례들도 엿볼 수 있었다. 과학교육연구들은 같은 주제에 대해서도, 시대적으로 강조되는 가치에 따라 연구의 초점이 달라졌다. 예를 들어, 토픽 11의 경우, 과학과 기술, 사회와의 연결점을 강조했던 STS, SSI 및 과학적 소양 관련 주제들이 함께 추출되었다. 과학과 기술, 사회와의 접점을 찾는 것은 과학교육에서 오랫동안 이어져온 화두로서(Song, 1999), 그러한 화두들이 STS 교육, SSI 교육 및 과학적 소양의 함양에 대한 관점으로 이어져오고 있다고 볼 수 있다. 이러한 경향성 역시 국외 과학교육연구에서도 공통적으로 나타났는데, STS 교육과 SSI 교육 관련 연구들이 하나의 토픽으로 추출되었으며, STS, SSI 관련 토픽들은 1980년부터 최근까지 조금씩 꾸준히 증가해온 것으로 보고되었다(Odden et al., 2021: 668). STS 및 SSI 교육에 대한 국내외 공통적인 경향성을 통해, 과학-기술-사회에 대한 화두는 꾸준히 관심을 받아왔으며, 동시에 그 초점이 시대에 따라 변하였음을 알 수 있다. 특히 이러한 변화는 “모든 이를 위한 과학(science for all)”에 대한 강조와 함께 사회적 맥락에 내재된 문제에 대한 합리적 의사결정과 참여를 강조하는 과학적 소양으로의 강조

로 이어졌다고 판단된다(DeBoer, 2000).

한편, 영재교육과 관련된 토픽 22는 한국에서 영재교육이 시작되고 정책적으로 확장했던 2000년 전후부터 지속적으로 증가하였으나, 최근에는 영재교육 연구들도 다소 줄어들고 있는 추이를 보였다. 이러한 변화는 영재교육 정책이 영재교육 연구들의 동향에 영향을 미친다고도 볼 수 있다. 비슷하게, 국가수준의 교육과정 및 성취수준과 관련한 토픽 18의 연구들도 교육과정 개정 시기와 맞물려 등락을 반복하였다. 이처럼 과학교육연구 주제들은 사회적, 정책적 요구들의 영향을 받기도 했다. 이처럼 과학교육연구자들은 새로운 교육과정 및 교육정책의 시행 또는 변화에 따라 여러 연구들을 수행해왔다. 특히 교육연구들은 현장 기반의 실천적 변화들을 반영하여 다양하게 수행된다는 점을 고려할 때, 이러한 교육연구들의 결과들이 교육제도 및 정책적 변화에 적극적으로 환류, 반영될 필요가 있다.

본 연구에서는 한국과학교육학회에 게재된 2,115개의 영문초록에 대한 LDA 기반 토픽모델링 분석 결과를 토대로, 과학교육연구 주제들에 대하여 탐색하였다. LDA 기반 토픽모델링은 문서에 포함된 단어들의 등장 확률과 동시 사용 패턴 등을 활용하여 토픽을 구성하므로, 문맥과 단어의 제시 순서 등을 고려하여 의미를 추출되지 않는다는 한계가 있다. 이러한 제한점을 보완하기 위하여 의존 구문 분석 및 개체 인식, 그리고 워드 임베딩을 통해 추출된 키워드를 확장하는 과정이 논의되고 있으며(Jho & Lee, 2019), 이러한 방법들이 추후 연구에서 접목될 수 있겠다. 그럼에도 불구하고 LDA 분석은 기존의 여러 토픽모델링 방법들인 LSA나 PLSA 방법에 비해 분석 결과를 직관적이고 정교하게 드러낼 수 있다는 강점이 있으므로, 본 연구의 결과는 LDA 분석이 지닌 장점과 제한점을 고려하여 해석될 필요가 있다.

요컨대, 본 연구는 과학교육연구가 교육철학이나 사조, 연구방법의 변화, 사회적, 정책적 요구 등 여러 요인들의 영향을 받으며 변화했으며, 과학개념이나 과학탐구와 같이, 꾸준히 이어져온 과학교육의 근본적인 화두와 함께 과학교육연구를 둘러싼 여러 요인들과 어우러져 연구들이 다양한 초점으로 수행되었음을 보고하였다. 시대적 변화의 주기와 속도가 점점 빨라지는 앞으로의 시대에는 더 많은 요인들이 과학교육연구의 방향에 영향을 미칠 것이다. 단적인 예로, 최근 빅데이터 및 인공지능 기술의 발달과 함께, 교육연구를 비롯한 많은 분야에서 이러한 기술을 이용한 연구들이 늘고 있으며, 본 연구의 시도도 이러한 시류에 있다고도 볼 수 있겠다. 이러한 맥락에서 지난 44년간 변해온 과학교육연구 주제들에 대한 본 연구의 고찰이 지금까지 과학교육에서 수행되어온 여러 연구들을 토대로 향후 과학교육연구의 방향을 모색하기 위한 발판이 될 수 있길 기대한다.

국문요약

이 연구에서는 LDA 기반의 토픽모델링 분석을 통해 한국과학교육학회지에 게재된 연구 논문들이 어떤 주제로 어떻게 변화했는지 탐색하였다. 이를 위해, 1978년부터 2021년 5월까지 한국과학교육학회지에 게재된 논문들의 영문초록 총 2,115개에 대한 LDA 기반 토픽모델링 분석을 실시하였다. 분석 결과, 총 23개의 토픽을 추출하였으며 각 토픽들을 관련된 키워드 및 세부 연구주제들과 함께 제시하였다. 다음으로, 시간에 따른 토픽들의 변화 추이를 살펴보기 위해, 4년 주기

에 대한 각 토픽들의 평균 비중값의 변화를 히트맵으로 시각화하였다. 이를 통해, 시간이 지남에 따라 상승해온 주제와 하락해온 주제들을 밝혔다. 이 연구의 결과들은 꾸준히 연구되어온 전통적인 연구 주제들, 교육 철학이나 연구방법의 변화, 사회나 정책적 요구에 따라 달라져온 연구 주제들을 드러냄으로써 한국의 과학교육연구에 새로운 통찰을 제공할 것으로 기대된다.

주제어 : 한국과학교육학회지, 잠재 디리클레 할당(LDA), 토픽모델링, 연구동향

References

- Arun, R., Suresh, V., Madhavan, C. V., & Murthy, M. N. (2010, June). On finding the natural number of topics with latent dirichlet allocation: Some observations. In M. J. Zaki, J. Xu Yu, B. Ravindran, & V. Pudi (Eds.) Pacific-Asia conference on knowledge discovery and data mining (pp. 391-402). Berlin: Springer.
- Baek, Y. M. (2020). Textmining using R [R을 이용한 텍스트마이닝]. Seoul: Hanulacademy.
- Blei, D., Ng, A., & Jordan, M. (2003). Latent dirichlet allocation. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 993-1022.
- Blei, D. M. (2012). Probabilistic topic models. *Communications of the ACM*, 55(4), 77-84.
- Boyd-Graber, J., Mimno, D., & Newman, D. (2014). Care and feeding of topic models: Problems, diagnostics, and improvements. In E. Airoldi, D. Blei, E. Erosheva, & S. Fienberg (Eds.). *Handbook of mixed membership models and their applications* (pp. 225-255). Boca Roca: Taylor & Francis Inc.
- Cao, J., Xia, T., Li, J., Zhang, Y., & Tang, S. (2009). A density-based method for adaptive LDA model selection. *Neurocomputing*, 72(7-9), 1775-1781.
- Chae, Y., & Lee, Y. J. (2013). A study on science gifted students' perceived parental behavior, self-esteem, and emotional intelligence. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(4), 695-707.
- Chang, Y. H., Chang, C. Y., & Tseng, Y. H. (2010). Trends of science education research: An automatic content analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 19(4), 315-331.
- Choi, J.-B. (2019). *Phono-Sapiens*. Paju: Samnarkers.
- Choi, M. Y., Maeng, S., Park, E. J., Jung, W. Y., & Kim, C. J. (2012). A case study for interactive learning between visitors and exhibits in a natural history hall focused on the discourse flow and the modes of visitors' own interactions. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 32(7), 1251-1268.
- Chung, D. H., Park, S. H., Yee, Y. H., Lee, J. W., & Lee, K. H. (2009). Development of leadership program for the gifted and talented, and it's application. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 29(6), 639-652.
- Chung, Y. L., & Park, J. J. (2004). Development and evaluation of criterion-referenced performance assessment items based on the 7th national science curriculum-subject unit of reproduction and biological accumulation. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 24(3), 519-531.
- De Jong, O. (2007). Trends in western science curricula and science education research: A bird's eye view. *Journal of Baltic Science Education*, 6(1), 15-22.
- DeBoer, G. E. (1991). *A history of ideas in science teaching: Implications for practice*. New York, London: Teachers College Press.
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.
- Deveaud, R. É., Eric, S., & Patrice, B. (2014). Accurate and effective latent concept modeling for ad hoc information retrieval. *Document Numérique*, 17(1), 61-84.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. E. (2008). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Framing the debates. In R. A. Duschl, & R. E. Grandy (Eds.). *Teaching scientific inquiry* (pp. 1-37). Taipei: Sense Publisher.
- Erduran, S., Ozdem, Y., & Park, J. Y. (2015). Research trends on argumentation in science education: A journal content analysis from 1998-2014. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1-12.
- etnews. (2012). [Top 100 events_003] Korea's first internet connection <May

- 1982>. November 18, 2021, from <https://www.etnews.com/201209110605>
- Ga, S.-H., Kim, C.-J., & Choe, S.-U. (2019). Trends of science education research in JRST and IJSE by automatic content analysis from 2008 to 2015. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 19(7), 519-543.
- Gatti, C. J., Brooks, J. D., & Nurre, S. G. (2015). A historical analysis of the field of OR/MS using topic models. arXiv preprint arXiv: 1510.05154.
- Go, M. S., Lee, S. D., Choi, J. H., & Nam, J. H. (2009). The effect of cooperative mentoring on beginning science teachers' reflective practice. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 29(5), 564-579.
- Griffin, P., McGaw, B., & Care, E. (eds) (2012). *Assessment and teaching of 21st century skills*. New York: Springer.
- Griffiths, T. L., & Steyvers, M. (2004). Finding scientific topics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(suppl1), 5228-5235.
- Ha, M. (2017). A comparison between Korean and American college students' evolution concepts based on the history of evolutionary ideas. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(4), 659-668.
- Ha, M. K. (1991). The attempt to introduce Science-Technology-Society (STS) education to Korean science education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 11(2), 79-85.
- Ha, M. S., Lee, J. K., & Cha, H. Y. (2006). A cross-sectional study of students' conceptions on evolution and characteristics of concept formation about it in terms of the subjects: Human, animals and plants. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 26(7), 813-825.
- Ha, S. H., Kwack, D. O., & Sung, M. W. (2001). Comparison with the 6th and 7th science curricular for inquiry skill elements in the elementary and secondary school. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 21(1), 102-113.
- Hwang, S. I., & Hwang, D. R. (2018). A study on the research trends in arts management in Korea using topic modeling and semantic network analysis. *Journal of Arts Management and Policy*, 47, 5-29.
- In, S., & Choi, A. (2018). Middle school science teachers' perception on science inquiry teaching efficacy. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(3), 379-392.
- Jang, B.-G. (2003). Overview on research trend in the Journal of Korean Elementary Science Education. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 22(2), 192-199.
- Jang, H. S., & Choi, B. S. (2010). A case study on the development of science teachers' PCK through development of content representation (CoRe): Focusing on 'molecular motion' for 7th grade class. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 30(6), 870-885.
- Jang, J., & Kim, S. W. (2014). Developing the rubric for measurement in levels by areas for the characteristics of task commitment shown in the science gifted. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 34(7), 657-666.
- Jang, M. D., & Lee, M. J. (2004). The sixth-grade students' conceptions of a scientist's time use. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(6), 1118-1130.
- Jang, S., Cha, H., Park, H., & Park, C. (2016). Effectiveness of decision-making skills in SSI class based on debate by utilizing SNS in terms of students' personality traits. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(5), 757-768.
- Jeon, H. J., Kim, D. Y., Han, K. J., Han, D. W., Son, S. W., & Lee, C. M. (2018). An analysis of indoor environment research trends in Korea using topic modeling: Case study on abstracts from the journal of the Korean society for indoor environment. *Journal of Odor and Indoor Environment*, 17(4), 322-329.
- Jho, H., & Lee, B. (2019). Analysis of research trends in energy education using bibliometrics. *Energy Climate Change Education*, 9(3), 241-251.
- Ji, J. H., & Jeong, D. H. (2009). Problem analysis of the experiments illustrating pH effects on enzyme activities in high school science textbooks: Focus on starch-iodine reaction. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 29(8), 923-933.
- Jo, H. I., Kim, J. W., & Lee, B. G. (2019). A study on research trends of blockchain using LDA topic modeling: Focusing on United States, China, and South Korea. *Journal of Digital Contents Society*, 20(7), 1453-1460.
- Kang, H. S., Lee, J. H., & Noh, T. H. (2008). Analysis of connection errors by students' field independence-dependence in learning chemistry concepts with multiple external representations. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 28(5), 471-481.
- Kang, J., Yoo, P., & Kim, J. (2020). The development of instruments for the measuring science state curiosity and anxiety in science learning. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40(5), 485-502.
- Kim, C. J. (2001). The content of primary science in the national curricula of Korea, China, and Japan. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 21(5), 924-943.
- Kim, H. K., Lee, I. H., Lee, B., Lee, K., & Sim, J. (2015). Analysis of the characteristics of national assessment of educational achievement (NAEA) items for science subject through the use of option response rate distribution curve. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(1), 121-130.
- Kim, H. W., & Jhun, Y. (2021). Analysis of trends in science gifted education using topic modeling. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 40(3), 283-294.
- Kim, H., & Song, J. (2020). Exploring the trend of research on science self-efficacy through bibliometric information analysis. *Teacher Education Research*, 59(3), 291-304.
- Kim, J. J. & Song, N.-H. (2002). Relationships between learning modes and knowledge structures of primary school children: Reflected on the concept maps of the 'structure and function of plant' unit. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 22(4), 796-805.
- Kim, J.-T., & Kwon, J.-S. (1994). An analysis of the momentum effect by students' cognitive characteristics. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 14(1), 70-84.
- Kim, K. S., Wang, H. N., & Noh, T. H. (2007). The influences of grouping method on science achievement and self-efficacy in middle school science instruction using reciprocal peer tutoring strategy. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 27(3), 180-189.
- Kim, L. K., Ha, E. S., & Song, J. W. (2010). The development of science culture indicators for socio-scientific issues: Focusing on climate change. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 30(4), 472-486.
- Kim, M., & Kim, Y. (2015). An analysis of the verbal interaction patterns of science-gifted students in science inquiry activity. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(2), 333-342.
- Kim, S. Y. (2020). Analysis on status and trends of SIAM journal papers using text mining. *The Journal of the Korea Contents Association*, 20(7), 212-222.
- Kim, Y., Paik, S. H., Choi, S. Y., Kang, N. H., Maeng, S., & Joung, Y. J. (2015). Analysis on the trends of science education studies related to students' science learning in Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(4), 751-772.
- Kim, Y. (2021). Do it! Easy to learn R textmining [쉽게 배우는 R 텍스트마이닝]. Seoul: EasysPublishing.
- Kim, Y. H., & Chung, W. H. (1995). An investigation of elementary school children's conception on the structure and function of the human body. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 15(1), 6-16.
- Kim, Y., Hong, S. H., & Kim, J. K. (2013). Korean high school students' perception and understanding of highly metaphorical science terminologies. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(4), 718-734.
- Kim, Y. J., Lee, G. G., & Hong, H. G. (2019). A case study on teacher's process-centered evaluation competency (T-PEC): Focused on the case of a middle-school/a high-school science teacher. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 39(6), 695-706.
- Kim, Y. S., Yun, H. G., Yun, H. D., Yun, K. H., Kim, D. Y., & Hong, M. J. (1980). A study about the children's conception of movement and speed. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 2(1), 31-51.
- Konicek-Moran, R., & Keeley, P. (2015). *Teaching for conceptual understanding in science*. Arlington: NSTA Press, National Science Teachers Association.
- Korea Citation Index (2021). The Korean Association for Science Education Retrieved November 20, 2021, from <https://www.kci.go.kr/kciportal/po/search/poCitaView.kci?sereId=000311>
- Kwak, M., Shin, Y., & Lee, J. (2019). Research trend in earth science education: Based on an application of data mining, Latent Dirichlet Allocation. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 19(18), 1311-1335.
- Kwak, Y. S. (2001). Theoretical background of constructivist epistemology. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 22(5), 427-447.
- Kwon, C.-S. (1985). On science textbooks and related teaching-learning materials. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 5(2), 81-88.
- Kwon, M. R., Kim, J. N., Kim, J. B., & Kwon, J. S. (2009). Effects of cognitive conflicts before confronting anomalous phenomena on middle school students' conceptual changes in physics. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 29(8), 886-897.
- Kwon, N. J., & Ahn, J. H. (2012). The analysis on domestic research trends

- for convergence and integrated science education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(2), 265-278.
- Kwon, Y. J., Jeong, J. S., Kang, M. J., & Kim, Y. S. (2003). A grounded theory on the process of generating hypothesis-knowledge about scientific episodes. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 23(5), 458-469.
- Lee, A.-R., & Hong, Y.-S. (2013). An analysis on the recent research trend in Korean elementary science education. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 32(3), 260-268.
- Lee, E. J., & Kang, S. H. (2012). Sub-component extraction of inquiry skills for direct teaching of inquiry skills. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(2), 236-264.
- Lee, H., & Chae, Y. (2018). An analysis of learning interest and self-regulated learning by giftedness and thinking style. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(1), 57-68.
- Lee, H., & Lee, H. (2017). Development and application of rubric for assessing nature of technology in the context of socioscientific issues. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(2), 323-334.
- Lee, H., & Mun, J. (2018). Exploring changes in college students' perceptions of science and scientists through a documentary focused on their daily lives and research. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(2), 293-304.
- Lee, H. N., Son, D. I., Kwon, H. S., Park, K. S., Han, I. K., Jung, H. I., Lee, S. S., Oh, H. J., Nam, J. C., Oh, Y. J., Phang, S. H., & Seo, B. H. (2012). Secondary teachers' perceptions and needs analysis on integrative STEM education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(1), 30-45.
- Lee, J. B., Shin, K. M., Park, J. C., Kim, D. H., Lee, S. M., & Kim, T. I. (2007). A comparative study on physics inquiry activities of science textbooks for secondary school in Korea and Singapore. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 27(7), 547-558.
- Lee, J.-S., & Kim, Y.-G. (2016). The analysis of research trends related to STEAM education in science gifted and talented education using Korea Education & Research Information Service(KERIS). *Journal of Korean Society of Earth Science Education*, 9(2), 152-162.
- Lee, J., Ku, J., Choi, W., Shim, K. C., & Shin, M. K. (2020). Analysis of achievement characteristics by achievement standard of the middle school curriculum based on the national assessment of educational achievement. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 40(5), 473-483.
- Lee, J. S., & Song, T. H. (2019). The development of a scale to measure the innovation configurations of STEAM and analysis of relationship between the innovation configurations and the usage levels of STEAM. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 39(6), 755-765.
- Lee, K. H. (1998). The relations between science related attitudes and science achievement of high school students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 18(3), 415-425.
- Lee, M. H., Wu, Y. T., & Tsai, C. C. (2009). Research trends in science education from 2003 to 2007: A content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 31(15), 1999-2020.
- Lee, S., & Lee, B. (2018). High-school physics teachers' difficulties in teaching textbook physics inquiries. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(4), 519-526.
- Lee, S., & Lee, B. (2019). Analysis of safety contents in the high school science textbooks based on the 2015 revised national science curriculum. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 39(4), 563-571.
- Lim, C. H., & Kim, H. J. (2010). Elementary school children's alternative conceptual types and change after conflict situations on the movement of the Moon. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 30(8), 1110-1122.
- Lim, H. J. (2005). High school students' understanding of the atomic model and orbitals. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 25(2), 297-306.
- Lim, S. M., Choi, H. D., Yang, I. H., & Jeong, M. Y. (2013). An analysis of eye movement in observation according to university students' cognitive style. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 33(4), 778-793.
- Lin, T. C., Lin, T. J., & Tsai, C. C. (2014). Research trends in science education from 2008 to 2012: A systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 36(8), 1346-1372.
- 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), 367-387.
- Maeng, S., & Lee, K. (2018). A case study of elementary students' developmental pathway of spatial reasoning on earth revolution and apparent motion of constellations. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 38(4), 481-494.
- Maeng, S., Lee, K., Park, Y. S., Lee, J. A., & Oh, H. (2014). Development and validation of a learning progression for astronomical systems using ordered multiple-choice items. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(8), 703-718.
- Mahn, H. (1999). Vygotsky's methodological contribution to sociocultural theory. *Remedial and Special Education*, 20(6), 341-350.
- Na, J., & Yoon, H. (2021). Analysis of domestic and foreign science education research trends using augmented reality: Focusing on implications for research in elementary science education. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 40(1), 22-35.
- Nam, J. H., Cho, D. W., & Lee, H. S. (2011). The impact of argumentation-based general chemistry laboratory programs on multimodal representation and embeddedness in university students' science writing. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(6), 931-941.
- Noh, T. H., Park, S. Y., Lim, H. J., & Cha, J. H. (1998). The effects of grouping in cooperative learning strategy. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 18(1), 61-70.
- Noh, T., & Choi, Y. (1996). Primary and secondary school students' perceptions of science classroom environment and their relationships with science-related attitudes. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 16(2), 217-225.
- Odden, T. O. B., Marin, A., & Rudolph, J. L. (2021). How has Science Education changed over the last 100 years? An analysis using natural language processing. *Science Education*, 105, 653-680.
- Paik, S. H., & Cho, M. J. (2005). Survey of high school student and chemistry teacher perceptions and analysis of textbook contents related to the effect of water vapor in the air on evaporation and boiling. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 25(7), 773-786.
- Park, H. J. (2005). High school students' problem solving approaches on the concept of stoichiometry. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 25(1), 1-15.
- Park, H., Byun, S. Y., Sim, J., Baek, Y. S., & Jeong, J. S. (2016). A study on the current status of STEAM education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(4), 669-679.
- Park, J., & Yoo, J. (2018). Information flow during individual model construction and group model construction type in the sound propagation model co-construction class. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 38(3), 393-405.
- Park, J. D. (2019). A study on issue tracking on multi-cultural studies using topic modeling. *Journal of the Korean Society for Library and Information Science*, 53(3), 273-289.
- Park, J., Nam, J., Kang, E., Park, J., & Son, J. (2019). The relationship between mentor teachers' mentoring characteristics and mentee teachers' reflective practice in collaborative mentoring for beginning science teachers. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 39(1), 115-128.
- Park, J., & Oh, H. J. (2017). Comparison of topic modeling methods for analyzing research trends of archives management in Korea: Focused on LDA and HDP. *Journal of Korean Library and Information Science Society*, 48(4), 235-258.
- Park, J. H., & Song, M. (2013). A study on the research trends in library and information science in Korea using topic modeling. *Journal of the Korean Society for Information Management*, 30(1), 7-32.
- Park, J. Y., & Lee, G. H. (2004). Understanding students' conceptions in the research on conceptual change in science: from misconception to mental model. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(3), 621-637.
- Park, S.-J., & Yang, I.-H. (2013). A historical study of the Korean association for science education: Focusing on the contents of the first collection since its foundation(1976). Korea National University of Education, KNUE: The Korean Association for Science Education.
- Partnership for 21st Century Skills (2010). Framework for 21st century learning. Retrieved January 10, 2017, from <http://www.p21.org/about-us/p21-framework>
- Rudolph, J. L. (2019). *How we teach science: What's changed, and why it matters*. Massachusetts, London: Harvard University Press.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. NY: Crown Business.
- Shim, E. J., Choe, S. U., & Kim, C. J. (2019). Development and application of a science history role-playing game for high school students' understanding of nature of science: Focus on storytelling of the continental drift theory. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 39(1), 45-57.
- Shin, H. S., & Kim, H. J. (2012). Development of the analytic framework

- for dialogic argumentation using the TAP and a diagram in the context of learning the circular motion. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(5), 1007-1026.
- Shin, W. S., & Shin, D. H. (2013). Development of the heuristic attention model based on analysis of eye movement of elementary school students on discrimination task. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(7), 1471-1485.
- Shin, Y., Kwak, Y., Kim, H., Lee, S. Y., Lee, S., & Kang, H. (2017). Study on the development of test for indicators of positive experiences about science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(2), 335-346.
- Silge, J., & Robinson, D. (2017). *Text mining with R: A tidy approach*. California: O'Reilly Media, Inc..
- Song, J. W. (1999). The process of the quickening and development of science-technology-society education in the United Kingdom (I)-Between the beginning of the 19th century and the middle of the 20th century. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 19(3), 409-427.
- 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., Lim, H., Jeong, D., Jeong, Y., Jeong, J., & Kim, J. (2018). Scientific literacy for all Koreans: Korean science education standards for the next generation. Ministry of Education, Ministry of Science and ICT, Korea foundation for the Advancement of Science & Creativity.
- Steyvers, M., & Griffiths, T. (2007). Probabilistic topic models. In T. K. Landauer, D. S. McNamara, S. Dennis, W. Kintsch (Eds.), *Handbook of latent semantic analysis* (pp. 439-460). New York: Psychology Press.
- Suh, Y. (2007). A study of investigating the nature of science and characteristics of science education from constructivists' perspective. *Educational Research Institute College of Education, Ewha Womans University*, 38(2), 267-289.
- Sung, H., & Nam, J. (2013). The impact of reading framework as a reading strategy on writing for reflection of middle school students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(2), 249-265.
- The Kyunghyang Shinmun. (1978). Top 10 domestic and international news selected by Kyunghyang Shinmun. Retrieved November 18, 2021, from <https://newslibrary.naver.com/viewer/index.naver?articleId=197812250329205001&editNo=2&printCount=1&publishDate=1978-12-25&officeId=00032&pageNo=5&printNo=10227&publishType=00020>
- Tsai, C. C., & Wen, L. M. (2005). Research and trends in science education from 1998 to 2002: A content analysis of publication in selected journals. *International Journal of Science Education*, 27(1), 3-14.
- World Economic Forum. (2017). *The global risks report 2017*. Retrieved December 27, 2018, from <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2017>
- Yoon, J. (2002). A status analysis of middle school students' preference for science. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 22(5), 1010-1029.
- Yoon, J. (2007). The analysis of causal relationship among students' science-related career choice and its factors. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 27(7), 570-582.
- Yoon, J. A., & Seo, H.-A. (2016). Research trends in science gifted education from 2011 to 2015: Literature analysis vs social network analysis. *Journal of Science Education*, 40(3), 267-286.
- Yoon, H. G., & Cheong, Y. W. (2017). Comparison of the science curricula of Korea, the United States, England, and Singapore: Focus on the concept of energy. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(5), 799-812.

저자정보

장진아(서울성일초등학교 교사)
나지연(춘천교육대학교 교수)