

토픽모델링을 활용한 물리학 독서감상문 텍스트의 교육과정 연계성 분석

Curriculum Relevance Analysis of Physics Book Report Text Using Topic Modeling

임 정 훈 (Jeong-Hoon Lim)*

< 목 차 >

I. 서론	IV. 연구결과
II. 물리학 교육과정 분석	V. 결론
III. 연구방법	

요약: 본 연구는 '물리학' 수업에서 교과독서 활동으로 작성된 독후감상문의 교육과정 연계성을 분석하는데 목적이 있다. 연구를 수행하기 위해 교과독서 활동으로 작성한 332편의 물리학 독서감상문을 수집하여 키워드와 키워드들의 연결 관계를 분석하고, STM(Structural Topic Modeling)을 적용하여 토픽을 추출하였다. 분석 결과, 물리학 독서감상문의 주요 키워드는 '생각', '내용', '설명', '이론', '사람', '이해' 등으로 나타났으며, 도출된 키워드의 영향력과 연결 관계를 살펴보기 위해 연결중심성, 매개중심성, 위세중심성을 제시하였다. 토픽모델링 분석 결과, 물리학 교육과정과 관련된 11개 토픽이 추출되었으며, 3과목(물리학 I, 물리학 II, 과학사), 6개 영역(힘과 운동, 현대물리, 파동, 열과 에너지, 서양과학사, 과학이란 무엇인가)에서 교육과정 연계성을 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과는 추후 교과 특성을 반영한 교과독서를 보다 체계적으로 시행할 수 있는 근거자료로 활용할 수 있을 것이다.

주제어: 교과독서, 중심성분석, 토픽모델링, 독서감상문, 물리학 교육과정

ABSTRACT: This study analyzed the relevance of the curriculum by applying topic modeling to book reports written as content area reading activities in the 'physics' class. In order to carry out the research, 332 physics book reports were collected to analyze the relevance among keywords and topics were extracted using STM. The result of the analysis showed that the main keywords of the physics book reports were 'thought', 'content', 'explain', 'theory', 'person', 'understanding'. To examine the influence and connection relationship of the derived keywords, the study presented degree centrality, between centrality, and eigenvector centrality. As a result of the topic modeling analysis, eleven topics related to the physics curriculum were extracted, and the curriculum linkage could be drawn in three subjects (Physics I, Physics II, Science History), and six areas (force and motion, modern physics, wave, heat and energy, Western science history, and What is science). The analyzed results can be used as evidence for a more systematic implementation of content area reading activities which reflect the subject characteristics in the future.

KEYWORDS: Content Area Reading, Centrality Analysis, Topic Modeling, Book Report, Physics Curriculum

* 대전과학고등학교 사서교사(mictoxic@naver.com / ISNI 0000 0004 8339 2694)

• 논문접수: 2022년 6월 8일 • 최초심사: 2022년 6월 15일 • 게재확정: 2022년 6월 18일
• 한국도서관·정보학회지, 53(2), 333-353, 2022. <http://dx.doi.org/10.16981/kliss.53.2.202206.333>

※ Copyright © 2022 Korean Library and Information Science Society
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided that the article is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

2015 개정교육과정에서는 인문학적 소양과 통합적 읽기 능력의 함양을 위해 독서 활동의 중요성을 강조하고 있다. 특히 과학과 교육과정에서는 과학 교과독서와 글쓰기 활동을 강조하고 있는데 과학 교과에서 독서를 강조하는 것은 과학 교과독서 활동이 학습자의 창의성 발달과 학업성취도 및 과학에 대한 태도에 긍정적인 영향을 주기 때문이다(김주연, 홍승호, 2014; 장혜진, 신영준, 2009).

교과독서란 교과학습에 필요한 지식이나 정보를 독서를 통해 습득하고 활용하는 과정으로, 교과학습과 연계된 독서 활동을 의미한다. 교과독서의 개념에 대해서 박수자(2005, 41)는 '교육과정 및 내용 교과와 연계된 독서'로 정의하였으며, 천경록(2016, 100)은 '학교교육에서 교과학습을 위한 독서'로 정의하였다. 이순영 외(2019)는 '교과학습을 위해 교과서 또는 교과와 관련된 책을 읽고, 교과학습과 관련된 개념이나 내용을 습득하는 활동'을 교과독서로 정의하였다. 여기에는 교과서나 수업과 관련된 도서(단행본)와 함께 다양한 매체 자료가 모두 포함된다. 이상의 내용을 종합하면 교과독서는 교과학습에 필요한 지식이나 정보를 독서를 통해 습득하고 활용하는 과정으로, 교과학습과 연계된 독서 활동을 의미한다고 할 수 있다.

특히, 과학 교과는 학습 내용이 방대하고 다양한 활동이 필요하기 때문에 교과독서를 통해 교과 학습에 도움을 줄 수 있는 적극적인 활용방안이 필요하다(임성만, 2021). 독서를 통해 과학 교과의 학문적 본질과 깊이 있는 과학적 지식의 개발, 과학적 추론 역량을 함양시킬 수 있다는 선행연구(Hoffman et al., 2015; Michalsky, 2013)에서 알 수 있듯이, 학습자의 자기주도적인 학습을 위해서는 교과독서를 통해 학습자 스스로 과학에 대한 배경지식을 습득하고 과학 교과에 대한 간접 경험의 기회를 제공하여 과학에 대한 이해와 관심을 유도할 필요가 있다.

교과독서는 학습활동과 관련된 독서 활동으로서 과정 중심의 평가가 동시에 수반되어야 한다. 독서 활동은 독서감상문, KWL, SQ3R 등 다양한 활동이 가능하지만, 교육 현장에서는 독서감상문을 활용한 독서 활동이 가장 보편적이다. 특히, 한국의 초·중등학교에는 독서교육종합지원시스템을 통해 개인의 독서 이력을 관리하는 시스템이 구축되어 있고, 고교 생활기록부에는 과목별 세부 특기 사항이나 자율활동 등에 교과독서와 관련된 내용의 기술을 권장하는 등 공교육 과정에서 교과독서 활동을 강조하고 있다.

독서감상문을 간단하게 정의하면 책을 읽고 느낀점을 기술하는 것이다. 즉, 독서감상문은 책을 통해 느끼게 된 생각이나 의견을 표현한 언어 텍스트라 할 수 있다. 독서감상문에는 감상에 대한 기록뿐 아니라 학습자의 다양한 정보가 내포되어 있다. 특히, 교육과정의 목표, 핵심 개념, 내용 요소 등이 독서감상문에 나타나는지 여부를 파악하여 학습자의 학습적 측면에 대한 분석이 가능

하며, 교과에 대한 감정이나 생각 등 정서적인 측면의 분석도 가능할 것이다. 독서감상문은 학습자의 독서에 대한 반응을 능동적으로 기록한 창조적인 결과물이다. 독서감상문에 표현된 단어들을 학습과 관련된 의미론적 관계의 분석자료로 활용한다면 교과학습에 대한 다양한 측면의 해석이 가능할 것이다. 하지만, 독서감상문의 교육과정 연계성을 분석한 연구는 거의 없는 편이다.

따라서 본 연구에서는 물리학 교과의 교육과정을 분석하고 학생들이 작성한 독서감상문에 나타난 키워드가 교과목표 달성에 기여하고 있는지, 독서감상문에 나타나는 주요한 단어는 어떤 주제적 성격을 나타내는지 등을 토픽모델링을 적용하여 분석함으로써 교육목표 달성에 교과독서가 어떤 영향을 미치는지를 파악하고자 한다. 분석된 결과는 추후 교과 특성을 반영한 교과독서를 보다 체계적으로 시행할 수 있는 근거자료로 활용할 수 있을 것이다.

2. 선행연구 개요

교과독서는 교과학습에 필요한 지식이나 정보를 독서를 통해 습득하고 활용하는 과정으로, 교과학습과 연계된 독서 활동을 의미한다. 먼저, 과학 교과의 교과독서에 대한 연구를 살펴보면 다음과 같다. 홍상욱 외(2004)는 해석적 서술방식의 과학 독서가 과학철학적 관점에서 고등학생들에게 어떠한 영향을 미치는지 조사한 결과, 과학 읽기 자료를 활용한 과학 독서 활동이 고등학교 학생들의 편중된 과학철학적 관점을 변화시키는데 유의미한 효과를 확인하였다. 박수현, 최경희, 이현주(2007)는 고등학교 생명 단원에서 과학 읽기 자료를 활용하여 학생들의 과학에 대한 태도와 과학과 관련된 진로탐색에 미치는 영향을 조사한 결과, 과학 읽기 자료의 제시를 통해 학생들의 과학 독서에 대한 흥미가 증진되었고 과학에 대한 태도의 변화에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 한성민, 신현철(2017)은 고등학교 화학 수업에서 교과 연계 독서자료를 활용하여 학생들의 과학 흥미도와 학업성취도, 과학에 대한 태도의 변화를 분석한 결과, 교과연계 독서 활동을 한 집단의 과학 흥미도, 과학에 대한 태도에서 긍정적인 변화가 나타났다. 임성만(2021)은 지구과학 예비교사와 초등학교 예비교사들이 과학 교과독서에 어떠한 의미를 부여하고 과학교육에 대한 생각이 어떤 식으로 반영되는지 비교하는 연구를 수행하며, 학교 현장에서 교과학습을 위한 교수전략으로서 교과독서에 대한 연구의 필요성을 강조하였다. 전화영, 여상인, 우규환(2022)은 고등학생을 대상으로 과학 읽기 자료를 활용하여 수업에 적용한 결과 과학에 대한 이미지와 과학에 대한 태도에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 과학과 관련된 직업의 선호에서도 효과가 확인되었다.

독서에 대한 연구는 독자와 텍스트의 만남에서 어떠한 작용이 일어나는지에 대한 관심에서 시작된다. 독자가 표현한 언어를 통해 독자의 반응을 연구하는 것은 독서 연구의 기초가 되며, 독서감상문은 독자들이 텍스트를 만나고 이에 대한 반응을 기록한 결과물로서 독서 후 독자의

다양한 생각이 반영된 자료라고 할 수 있다. 독서감상문에 대한 주요 연구는 다음과 같다. 염은열(2005)은 문학작품을 읽고 글을 쓰는 과정을 통해 자기 서사를 개발하고 그 과정에서 자신의 문제를 객관적으로 인식할 수 있다고 보고, '자기 서사'와 '작품 서사' 활동을 통한 독서치료 방안을 연구하였다. 김소영(2005)은 독서 인증제로 시행하는 독후감 키워드 검증의 문제점을 지적하고 개선 방안을 제안하였다. 초중등학교에서 시행되는 독서 인증제를 살펴보고, 감상을 중심으로 기술한 감상문은 인증되지 않는 독후감 키워드 검증 방식의 한계를 지적하며, 이러한 문제를 해결하기 위해 책 선정의 원리와 어휘 빈도수 조사, 핵심어 조사 등 검증에 적합한 키워드 선정 단계를 제시하였다. 류보라, 서수현(2013)은 중학생들의 독후감을 분석하여 독해방식을 조사하였다. 분석 결과, 중학생의 독후감에는 텍스트 내용이 중심이 되는 내용 중심 측면과 독자가 중심이 되는 독해 양상의 반응 측면이 나타났으며, 단순한 내용 중심의 읽기와 반응을 넘어 풍부한 생각을 표현하는 독후감을 작성하기 위해서 다양한 사고를 유발하는 독서지도 방안에 대한 필요성을 제안하였다. 이수상(2016)은 23편의 독후감 텍스트를 대상으로 토픽모델링을 적용하여 16개의 토픽을 추출하고, 토픽 네트워크와 독후감 네트워크를 구성하였다. 이를 바탕으로 중심성 분석을 수행하여 추출된 토픽의 상호연관성을 분석하였다.

II. 물리학 교육과정 분석

1. 과학과 교육과정 성격

2015 개정 교육과정 총론에는 각급 학교 교육과정의 이해, 교육과정 구성의 방향, 교육과정 편성·운영, 교육과정 지원에 대한 기준을 제시하고 있다. 또한 각 교과에 대한 교육과정을 별도로 마련하고 있다. 이 가운데 과학 교과에 대한 교육과정을 보면, 과학은 사회(역사/도덕 포함)와 함께 교과 영역의 '탐구'에 분류된다. 고등학교의 경우, 공통과목으로 통합과학, 과학탐구실험이 있고, 일반선택으로 물리학 I, 화학 I, 생명과학 I, 지구과학 I 이 있다. 또한 진로 선택으로 물리학 II, 화학 II, 생명과학 II, 지구과학 II, 과학사, 생활과 과학, 융합과학으로 구분된다(교육부, 2015a, 16).

과학과 공통 교육과정에서는 '과학은 모든 학생이 과학의 개념을 이해하고 과학적 탐구 능력과 태도를 함양하여 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결할 수 있는 과학적 소양을 기르기 위한 교과'로 과학과의 성격을 밝히고 있다(교육부, 2015b, 3). 본 연구의 주 대상이 되는 물리학 I 은 '모든 자연과학의 기반이 되는 개념을 제공하고, 자연 세계에 대한 본질적 이해를 추구하는 학문'으로 물리학 II 는 '과학기술과 관련된 분야의 진로를 선택하는 학생을 대상으로 하

며, 물리학 I 에서 학습한 개념을 기초로 심화된 물리 개념과 다양한 탐구 방법을 적용하여 물리 현상과 관련된 기본적인 문제를 해결하는 능력을 기르기 위한 과목'으로 그 성격을 밝히고 있다 (교육부, 2015b, 123, 133).

특히, 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생학습 능력 등을 과학과 핵심역량으로 강조하고 있으며, 이러한 핵심역량은 과학과 공통과목은 물론이고 선택과목에도 동일하게 제시하고 있다.

2. 물리학 교육과정 목표

2015 개정 교육과정에서는 각 교과목의 목표를 제시하고 있는데, 목표란, 교과목의 교육과정이 지향하는 방향과 학습의 도달점을 의미한다. 목표에는 교과목 학습의 총괄 목표와 세부 목표, 학교급이나 학년군별 목표 등이 제시되어 있다. 과학 교과 또한, 교육목표를 제시하고 있는데, 공통과목, 선택과목(일반선택, 진로선택) 모두 개별적 목표가 별도로 구분되어 있다. 제시되는 목표는 대체로 유사하나 각 교과목의 특징을 나타내는 용어에서 차이를 보인다. 고등학교 선택과목 가운데 일반선택 물리학 I 의 교과 교육과정이 지향하는 목표를 제시하면 <표 1>과 같다(교육부, 2015b, 124).

<표 1> 고등학교 일반선택 물리학 I 교육과정 목표

교육과정		목표
일반선택	물리학 I	자연과 일상생활의 다양한 현상에 대하여 호기심과 흥미를 가지고, 물리학의 핵심 개념에 대한 이해와 탐구 능력의 함양을 통하여 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하기 위한 과학적 소양을 기른다. 가. 자연현상에 대한 흥미와 호기심을 갖고, 문제를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다. 나. 자연과 일상생활의 문제를 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다. 다. 자연현상을 탐구하여 물리학의 핵심 개념을 이해한다. 라. 물리학과 기술 및 사회의 상호 관계를 인식하고, 이를 바탕으로 민주 시민으로서의 소양을 기른다. 마. 물리학 학습의 즐거움과 과학의 유용성을 인식하여 평생 학습 능력을 기른다.

3. 물리학 내용 체계 및 성취기준

2015 개정 교육과정의 내용 체계는 영역과 핵심 개념 그리고 일반화된 지식, 내용 요소 및 기능으로 구분되어 있다. 영역은 교과목의 성격이 가장 잘 나타내는 최상위 교과 내용 범주이며, 핵심 개념은 교과에 대한 기초개념 혹은 원리를 의미한다. 일반화된 지식은 학습자가 해당 영역에서 습득해야 하는 보편적인 지식이라 할 수 있다. 내용 요소는 해당 학년에서 배워야 하는 필수적인

학습 내용이며, 기능은 학습 후 학습자가 할 수 있기를 기대하거나 할 수 있는 능력으로 교과와
 고유한 탐구과정이나 사고 기능 등을 포함한다. 고등학교 일반선택인 물리학 I 의 내용 체계를
 제시하면 <표 2>와 같다(교육부, 2015b, 125).

<표 2> 고등학교 일반선택 물리학 I 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소	기능
힘과 운동	시공간과 운동	시공간의 측정은 상대성이 있다.	• 동시성 • 질량-에너지 등가성	<ul style="list-style-type: none"> • 문제 인식 • 탐구 설계와 수행 • 자료의 수집·분석 및 해석 • 수학적 사고와 컴퓨터 활용 • 모형의 개발과 사용 • 증거에 기초한 토론과 논증 • 결론 도출 및 평가 • 의사소통
	힘	물체의 운동은 뉴턴 운동 법칙으로 설명된다.	• 뉴턴 운동 법칙	
		운동량은 물체의 충돌 전후에 보존된다.	• 운동량 보존 • 충격량	
역학적 에너지	마찰이 없는 계에서 역학적 에너지는 보존된다.	• 역학적 에너지 보존		
전기와 자기	전기	두 전하 사이에는 전기력이 작용한다	• 원자와 전기력 • 에너지 준위	
		물질은 전기적 성질에 따라 도체, 부도체, 반도체로 구분된다.	• 고체의 에너지띠 • 전기 전도성	
	자기	전류는 자기장을 형성한다	• 전류에 의한 자기장	
		물질은 자기적 성질에 따라 자성체와 비자성체로 구분된다. 자기장의 변화는 전기 회로에 기전력을 발생시킨다.	• 물질의 자성 • 전자기 유도	
열과 에너지	에너지 전환	에너지는 전환되는 과정에서 소모되거나 생성되지 않는다.	• 내부 에너지	
		열이 모두 일로 전환되지는 않는다.	• 열효율	
파동	파동의 성질	파동은 반사, 굴절, 간섭, 회절의 성질을 가진다.	• 파동의 요소 • 파동의 간섭	
		파동은 정보를 전달할 수 있다.	• 광통신	
현대 물리	빛과 물질의 이중성	빛과 물질은 입자와 파동의 성질을 모두 가진다.	• 빛의 이중성 • 물질의 이중성	

한편, 성취기준은 교과를 통해 학생들이 배워야 할 내용과 이를 통해 수업 후 할 수 있거나 할 수 있기를 기대하는 능력을 결합하여 나타낸 수업 활동의 기준을 의미한다. 성취기준이란 교수학습의 실질적인 기준이 되며, 각 교과에서 배우고 가르쳐야 할 내용(지식, 기능, 태도)과 학생들이 도달하거나 도달해야 할 능력과 특성을 명확하게 진술한 것으로 성취기준의 체계에는 학습자가 배워야 할 학습 내용을 핵심어로 제시한 학습 요소, 성취기준에 대한 자세한 설명을 제시하는 성취기준 해설, 교수·학습 방법 및 유의 사항, 평가 방법 및 유의 사항이 포함되어 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 과학 교과의 성격, 목표는 교과학습의 기본이 되는 시작점이라고 할 수 있으며, 내용 체계 및 성취기준은 궁극적으로 학습자들이 학습하고 학습목표에 도달하는 종착점이라고 할 수 있다. 즉, 성격, 목표, 내용 체계, 성취기준을 분석하는 것은 학습자들이 과학 교과를 학습하여 얻게 되는 궁극적인 목표에 대한 기준점이라고 할 수 있을 것이다.

Ⅲ. 연구방법

1. 분석대상 및 연구문제

본 연구는 교과독서 활동으로 작성된 물리학 독서감상문의 교육과정 연계성을 분석하는데 목적이 있다. 이를 위해 대전 지역의 D고등학교 2, 3학년을 대상으로 독서감상문 332편을 수집하여 분석 대상으로 선정하였으며, 독서감상문은 교과 담당교사의 지도하에 저자, 서명 등의 기본적인 도서 정보와 감상, 의견 등을 기입하는 별도의 양식에 맞게 작성되었다. 제출된 독서감상문 가운데 담당 교사로부터 통과를 받지 못한 경우는 분석대상에서 제외하였으며, 원본 그대로 엑셀 데이터로 옮겨 정리하였다. 분석대상으로 삼은 332편의 물리학 독서감상문은 총 40종이 대상 도서로 파악되었다. 이 가운데 빈도 15 이상의 도서 정보를 제시하면 <표 3>과 같다.

<표 3> 도서 정보

순	서명	저자	출판사	발행년도	빈도
1	최무영 교수의 물리학 강의	최무영	책갈피	2019	53
2	나의 행복한 물리학 특강	월터 르윈	김영사	2012	46
3	빛의 물리학	EBS 다큐프라임 빛의 물리학 제작팀	해나무	2014	45
4	부분과 전체	베르너 하이젠베르크	서커스	2020	42
5	정재승의 과학콘서트	정재승	어크로스	2020	32
6	일반인을 위한 파인만의 QED 강의	리처드 파인만	승산	2001	21
7	최무영 교수의 물리학 이야기	최무영	북멘토	2019	18
8	물리와 함께하는 50일	조앤 베이커	북로드	2010	16

본 연구는 독서감상문에서 추출된 키워드를 활용하여 토픽모델링을 실시하고 교과독서 활동이 물리학 교과의 교육과정과 어떠한 연관성이 있는지 파악하는 것을 목적으로 한다. 이에 따라 본 연구를 통해 살펴보고자 하는 연구문제는 다음과 같다.

- 연구문제 1. 물리학 독서감상문을 통해 도출된 키워드는 무엇인가?
- 연구문제 2. 물리학 독서감상문을 통해 도출된 키워드 사이의 연결 관계는 어떠한가?
- 연구문제 3. 물리학 독서감상문을 통해 도출된 토픽은 무엇인가?
- 연구문제 4. 물리학 독서감상문에서 도출된 토픽은 물리학 교육과정과 관련이 있는가?

2. 분석방법

가. 언어네트워크분석

언어네트워크분석은 언어로 이루어진 텍스트의 단어와 개념을 식별하여, 텍스트에 등장하는 단어와 단어 사이의 의미적인 네트워크 관계를 분석하는 것이다(이혜준, 이동일, 이주현, 2010). 언어네트워크분석은 텍스트에 포함된 단어를 분석하는 과정에 발생할 수 있는 오류를 예방할 수 있으며, 단어의 연결 패턴을 분석하여 본연의 내용구조를 분석하여 도출할 수 있다. 이수상(2014)은 언어네트워크분석의 유용성을 다음과 같이 제시하였다. 첫째, 텍스트에 드러나지 않는 의미를 파악할 수 있다. 둘째, 텍스트에 드러난 개념과 다른 개념의 관계를 시각적으로 분석할 수 있다. 셋째, 네트워크 중심성을 찾아내어 전체 텍스트의 의도를 이해할 수 있다. 넷째, 하나의 개념이 다른 개념과 어떤 연관이 있는지 어떤 역할을 하는지 등의 의미를 파악할 수 있다. 다섯째, 양적인 방법과 질적인 방법을 모두 적용할 수 있다.

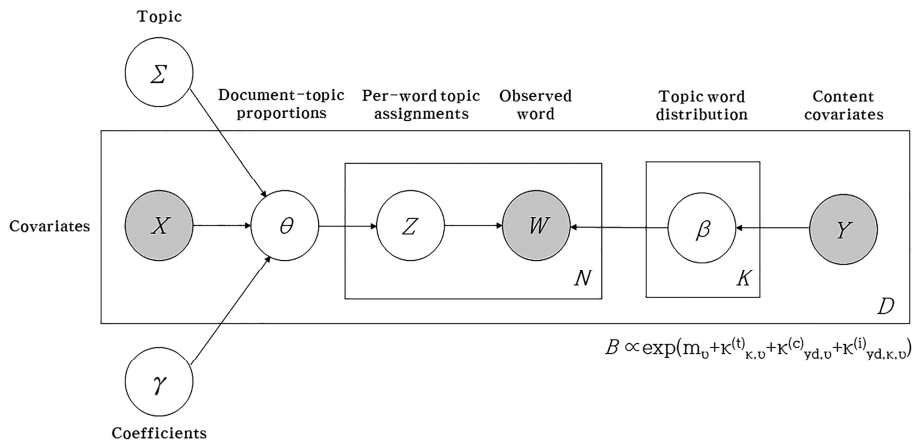
언어네트워크분석을 활용하여 핵심 키워드가 포함된 주제가 무엇이며, 핵심 개념과 키워드가 얼마나 연관이 있는지 파악하기 위해서는 중심성(centrality)을 알아볼 필요가 있다. 본 연구에서 중심성 분석은 하나의 키워드가 전체 네트워크에서 중심에 있는 정도로, 중심성 분석을 통해 핵심 키워드의 파악이 가능하다(문영주, 2020). 중심성은 연결중심성(degree centrality), 매개중심성(between centrality), 위세중심성(eigenvector centrality) 등이 있으며, 연결중심성은 특정 키워드가 주변의 다른 키워드들과 얼마나 연결되어 있는가를 나타낸다. 해당 키워드가 다른 키워드와 같이 사용되는 빈도가 높은 경우 연결중심성이 높게 나타난다(문영주, 2020). 매개중심성은 특정 키워드가 다른 키워드의 매개적 역할의 정도를 나타내는 지표로 매개중심성이 높다는 것은 의미 생성과정에서 특정 키워드가 키워드와 키워드 사이에 연결 역할을 수행하는 것을 의미한다(문영주, 2020). 위세중심성은 특정 키워드와 연결된 키워드들의 중심성을 고려해 가중치를 부여하여 중심성을 파악하는 방법이다. 위세중심성은 해당 키워드뿐만 아니라 키워드와 연결된 다른 키워드들의 위치까지 고려하여 그 중요성을 파악하는 지표라고 할 수 있다(김준현, 2015).

나. 토픽모델링

토픽모델링(topic modeling)은 텍스트 마이닝의 한 기법으로 언어 텍스트에 나타나는 주제를 분석하여 문헌에 숨겨진 토픽을 통계적으로 추론하는 문헌 분석 기법이다(Blei, 2012). 토픽모델링 기법 가운데 가장 대표적인 것이 LDA(latent Dirichlet allocation) 알고리즘이다. LDA 기법은 각 문서에 포함되는 주제와 단어들의 배치를 각각의 파라미터로 모델링하고, 문서, 단어 등 관측변수로 문서의 잠재변수를 추론한다. 따라서 전체 문서 집단의 주제, 각 문서별 주제, 각 단어가 개별 주제에 포함되는 확률을 추론할 수 있는 것이다(Blei, 2012).

반면, STM(structural topic modeling)은 LDA와 토픽 출현율(topic prevalence)에서 차이를 보이는 분석방법으로 다수의 문헌에 잠재적으로 존재할 수 있는 복수의 토픽을 베이지 추정방식으로 도출한다(Blei & Lafferty, 2007; Kuhn, 2018). STM은 말뭉치에 포함된 모든 문헌을 구성하는 단어들의 분포를 활용해서 개별 문서의 형성에 기여하는 잠재적인 토픽을 도출할 수 있다(Blei & Lafferty, 2007). STM은 분석 항목을 정하고 해당 내용을 연구자의 판단에 따라 결정하는 인간 중심의 전통적인 코딩 방식과 달리 문헌 텍스트에 포함된 단어의 분포에 기반해서 베이지 알고리즘을 활용하여 토픽을 도출하기 때문에 연구자의 주관성을 통제할 수 있다(이준웅, 김성희, 2018).

STM의 생성과정은 <그림 1>과 같이 그래프 모델로 제시할 수 있다(Roberts, Stewart, & Airoldi, 2016, 990).



<그림 1> STM의 그래프 모델

토픽모델링을 활용한 연구는 특정 학문 분야의 연구 동향을 분석하는 연구(우창우, 이종연, 2020; 한채연, 김우식, 윤동근, 2021)가 다수를 이루며, 독후감 텍스트(이수상, 2016), 일기 텍스트(남춘호, 2016), 대학 교육과정 분석(최재원 외, 2017) 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

다. 분석과정

수집된 자료는 R 프로그램의 Rhino 패키지를 사용하여 단어 정제 과정을 거쳐 분석에 적합한 형태로 가공하였다. 구체적인 분석의 과정을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 데이터 전처리 과정을 수행하였다. 수집된 과학 독서감상문에서 명사, 형용사, 동사 키워드를 추출하고, 의미 없는 단어나 과학, 물리, 독서감상문 등 연구주제와 직접적인 관련이 있는 특정 용어는 제외하였다. 또한, 쌤, 선생님 등 단어의 형태는 다르지만 의미가 같은 단어들은 가장 의미

적으로 명료한 단어 하나를 추출하였으며, 사람 이름의 경우 ‘베르너’, ‘하이젠베르크’처럼 두 단어로 분리되는 경우 하나의 이름으로 인식하도록 처리하였다.

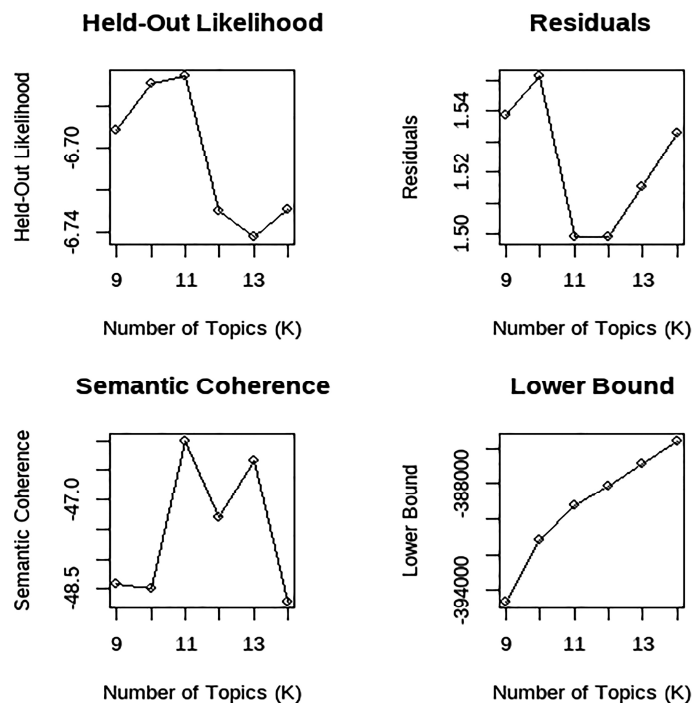
둘째, 키워드 빈도분석을 수행하였다. R 프로그램의 tm 패키지를 이용하여 단어-문서 행렬 (Term-Document Matrix)을 생성하고 단어의 출현 빈도를 조사하였다. 이후 연결중심성과 매개 중심성, 위세중심성을 파악하였다.

셋째, 최적의 토픽 개수를 결정하고 토픽을 추출하였다. 토픽의 수를 결정하기 위해 STM 패키지에서 제공하는 Held-Out 가능도(Held-Out Likelihood), 잔차(Residual), 의미적 일관성(Semantic Coherence) 등의 지표를 활용하였다. 본 연구에는 <그림 2>와 같이 held-out 가능도와 의미적 일관성이 높고, 잔차가 낮은 지점을 기준으로 최적의 토픽 수를 결정하였다.

넷째, 각 토픽에 이름을 부여하고 물리학 교육과정과 연계된 토픽을 분석하였다. 각 토픽별로 출현 확률이 높은 상위 7개 단어와 FREX(frequency exclusivity) 지수가 높은 단어 7개를 추출하였다.

이상의 과정을 통해 추출된 토픽을 토대로 각 토픽의 대표 단어들을 조합하여 토픽명을 부여하고 전문성을 갖춘 교사로부터 검증을 받았다.

Diagnostic Values by Number of Topics



<그림 2> 최적의 토픽 수

IV. 연구결과

1. 키워드 분석

수집된 과학 독서감상문 332편에서 전처리를 거쳐 추출된 단어는 1,675개였다. 이 가운데 빈도가 높은 상위 키워드를 살펴보면 생각(1360), 내용(865), 설명(728), 이론(664), 사람(629), 이해(533), 부분(513), 배우다(408), 이야기(341), 느끼다(337) 순이었다. 상위 60개 키워드를 <표 4>에, 주요 키워드를 시각화한 워드클라우드를 <그림 3>에 제시하였다.

<표 4> 상위 60개 키워드

순	키워드	빈도수	순	키워드	빈도수	순	키워드	빈도수
1	생각	1360	21	지식	270	41	중요	196
2	내용	865	22	만들다	255	42	과정	192
3	설명	728	23	학문	255	43	처음	188
4	이론	664	24	분야	246	44	이유	185
5	사람	629	25	발전	244	45	문제	183
6	이해	533	26	입자	240	46	무엇	182
7	부분	513	27	공부	239	47	상대	178
8	배우다	408	28	사실	227	48	복잡	173
9	이야기	341	29	자신	226	49	역학	171
10	느끼다	337	30	강의	225	50	사용	165
11	연구	326	31	원리	225	51	관심	162
12	실험	325	32	다루다	220	52	학자	157
13	현상	320	33	새롭다	213	53	의미	156
14	시간	296	34	윌터르윈	210	54	에너지	155
15	양자역학	294	35	관련	205	55	정도	152
16	흥미	289	36	다양	204	56	학생	152
17	법칙	283	37	아인슈타인	199	57	세계	151
18	어렵다	282	38	재미있다	198	58	양자	151
19	하이젠베르크	275	39	우주	196	59	원자	146
20	개념	272	40	존재	196	60	물질	145



<그림 3> 빈도 기반 워드클라우드

2. 중심성 분석

도출된 키워드의 영향력과 연결 관계를 살펴보기 위해 연결중심성, 매개중심성, 위세중심성을 분석하였다. 중심성 분석은 네트워크 분석에서 가장 보편적으로 사용하는 척도로 네트워크에서 특정 키워드의 영향력을 판단하는 용도로 활용된다(이수상, 2018). 본 연구에서는 물리학 독서감상문에서 추출한 단어 가운데 네트워크 전체에 나타나는 중요성을 파악하기 위해 연결중심성, 매개중심성, 위세중심성 분석을 실시하였으며, 연결중심성과 매개중심성은 정규화를 통해 0(연결 관계가 없음)에서 1(모든 노드와 연결) 사이의 값을 갖도록 하였다. 이에 대한 결과를 정리하면 <표 5>와 같다.

<표 5> 중심성 순위

순	키워드	연결중심성	키워드	매개중심성	키워드	위세중심성
1	생각	0.1941	생각	0.2242	생각	1
2	내용	0.1219	내용	0.0979	내용	0.7420
3	이론	0.0926	이론	0.0909	이론	0.5933
4	설명	0.0835	설명	0.0750	사람	0.5310
5	사람	0.0813	사람	0.0585	설명	0.4831
6	부분	0.0677	시간	0.0512	이해	0.4071
7	이해	0.0587	배우다	0.0486	부분	0.3900
8	배우다	0.0542	법칙	0.0472	배우다	0.3817
9	현상	0.0497	이해	0.0455	어렵다	0.3790
10	연구	0.0497	현상	0.0420	연구	0.3299
11	법칙	0.0474	연구	0.0375	양자역학	0.2865
12	실험	0.0406	부분	0.0359	흥미	0.2675
13	양자역학	0.0406	실험	0.0330	새롭다	0.2579
14	하이젠베르크	0.0384	지식	0.0240	하이젠베르크	0.2569
15	시간	0.0384	하이젠베르크	0.0231	학문	0.2454
16	새롭다	0.0339	양자역학	0.0215	자신	0.2334
17	어렵다	0.0316	새롭다	0.0178	복잡	0.2284
18	지식	0.0316	다루다	0.0163	다루다	0.2165
19	발전	0.0293	역학	0.0160	개념	0.2155
20	개념	0.0293	흥미	0.0160	느끼다	0.2141
21	분야	0.0293	입자	0.0158	분야	0.2082
22	흥미	0.0271	중요	0.0153	현상	0.2028
23	다루다	0.0271	자신	0.0138	실험	0.1807
24	느끼다	0.0271	발전	0.0130	지식	0.1693
25	학문	0.0271	복잡	0.0128	발전	0.1646
26	자신	0.0271	분야	0.0110	법칙	0.1574
27	입자	0.0248	개념	0.0091	역학	0.1183
28	중요	0.0248	어렵다	0.0063	중요	0.1170
29	역학	0.0248	느끼다	0.0051	시간	0.0852
30	복잡	0.0248	학문	0.0041	입자	0.0148

첫째, 연결중심성의 경우 '생각(0.1941)', '내용(0.1219)', '이론(0.0926)', '설명(0.0835)', '사람(0.0813)', '부분(0.0677)'의 순으로 높게 나타나 해당 키워드들이 네트워크 내에서 강한 영향력을 보이고 있음을 나타낸다. 키워드가 다른 키워드와 함께 사용이 되는 경우에 연결중심성이 높게 나타나게 되는데 독서감상문을 통해 다양한 생각을 하게 되고 내용이나 이론 등을 학습하게 되므로 '생각', '내용', '이론' 등의 키워드가 다른 키워드와 높은 연결을 나타내는 것으로 해석된다.

둘째, 매개중심성은 다른 키워드와의 관계에서 의미를 생성하는데 매개적인 역할을 하는 것으로 키워드가 서로 다른 집단을 연결할수록 매개중심성이 높아진다. 매개중심성의 경우 '생각(0.2242)', '내용(0.0979)', '이론(0.0909)', '설명(0.0750)', '사람(0.0585)', '시간(0.0512)'의 순으로 높게 나타났다. 매개중심성의 결과는 연결중심성과 거의 유사하게 나타나는 것으로 확인되었다.

셋째, 위세중심성은 해당 키워드뿐만 아니라 이와 연결된 다른 키워드의 위치까지 고려하여 그 중요성을 파악하는 지표로 '생각(1)', '내용(0.7420)', '이론(0.5933)', '사람(0.5310)', '설명(0.4831)', '이해(0.4071)' 순으로 나타났다. 위세중심성의 상위 키워드의 결과는 연결중심성과 매개중심성의 결과와 유사하게 나타난 것으로 나타났지만, '어렵다(0.3790)', '흥미(0.2675)' 등 중상위권 일부 키워드는 연결중심성과 매개중심성이 높게 나타나지 않는 것으로 확인된다. 이는 '어렵다', '흥미' 등의 키워드는 다른 키워드와 연결성의 빈도는 높지 않지만, 주요 키워드와 자주 연결되는 키워드로 파악할 수 있다.

3. 토픽모델링 분석

최적의 토픽 수를 산출한 결과 총 11개의 토픽이 추출되었다. 추출된 키워드를 토대로 토픽명을 도출하였으며, 이에 대한 분석결과는 <표 6>과 같다. Frequency는 각 토픽이 전체 문서에서 등장하는 빈도(%)를 의미하며, 확률과 FREX순으로 상위 7개의 키워드를 제시하였다. 각 토픽에 대한 이름은 추출된 대표 키워드를 조합하여 부여하고 전문성을 갖춘 교사와 논의하여 확정하였다.

<표 6> 토픽모델링 분석결과

순	토픽	Freq (%)	키워드	
			확률순	FREX순
1	인물로 본 과학사	6.7	생각, 사람, 학문, 파이, 분야, 내용, 설명	천재, 리처드, 천재성, 파이, 대단, 직관, 역사
2	빛의 이중성	7.6	설명, 이해, 양자, 내용, 확률, 파이, 역학	반사, 양자, 광자, 확률, 전기, 경로, 직진
3	빛과 파동	11.1	윌터르윈, 실험, 생각, 무지개, 강의, 내용, 학생	무지개, 윌터르윈, 엑스선, 빨대, 행복, 학생, 진자
4	불확정성의 원리	11.4	하이젠베르크, 생각, 사람, 양자역학, 부분, 원리, 불확정성	하이젠베르크, 불확정성, 대화, 토론, 독일, 철학적, 보어
5	빛의 본성	9.7	이론, 입자, 생각, 연구, 실험, 속도, 아인슈타인	입자, 맥스웰, 전자기파, 밝히다, 속도, 에테르, 힉스
6	일반상대성이론	7.4	우주, 질문, 생각, 지구, 흥미, 존재, 내용	역설, 질문, 블랙홀, 빅뱅, 우주, 진화, 원소
7	정재승의 과학콘서트	9.3	생각, 내용, 사람, 법칙, 이야기, 느끼다, 정재승	머피, 악장, 콘서트, 정재승, 백화점, 프랙탈, 음악
8	복잡계	10.9	생각, 부분, 복잡, 내용, 설명, 이해, 현상	대칭, 이과, 복잡, 용어, 자연, 분자, 혼돈
9	미시세계	10.4	개념, 배우다, 생각, 지식, 공부, 설명, 학문	과목, 최무영, 고양이, 개념, 심화, 기준, 볼츠만
10	특수상대성이론	9.7	내용, 시간, 이론, 상대, 이해, 생각, 배우다	상대, 상대성이론, 시간, 다큐, ebs, 상상, 학기
11	엔트로피	5.7	에너지, 엔트로피, 생각, 법칙, 사회, 문제, 사람	엔트로피, 증가, 에너지, 예측, 열역학, 코로나, 변환

토픽 1은 '인물로 본 과학사'로 천재적인 인물을 중심으로 과학의 역사를 설명하고 리처드(파인만) 등의 용어를 통해 인물을 중심으로 과학적인 지식을 설명하고 있는 토픽으로 볼 수 있다. 대표 단어로는 '사람', '학문', '천재', '역사' 등이 확인되었다. 토픽 2는 '빛의 이중성'으로 빛의 중요한 성질에는 입자성과 파동성이 있는데 확률은 파동성을 나타내는 단어이고, 광자는 빛의 입자성을 나타내는 단어이다. 따라서 두 가지의 설명이 포함되는 개념인 빛의 이중성을 설명하는 토픽으로 볼 수 있다. 대표 단어로는 '양자', '광자', '확률' 등이 확인되었다. 토픽 3은 '빛과 파동'으로 무지개는 빛의 파동의 성질로 인해서 나타나는 현상이며, 엑스선도 빛의 파동을 실험을 통해 알려주는 내용을 제시하는 토픽으로 볼 수 있다. 대표 단어로는 '실험', '생각', '무지개', '엑스선' 등이 확인되었다. 토픽 4는 '불확정성의 원리'로 불확정성의 원리는 하이젠베르크가 발견한 원리로 이후에 나오는 양자역학의 큰 기틀이 되는 과학적 원리이다. 대표 단어로는 '하이젠베르크', '양자역학', '불확정성' 등이 확인되었다. 토픽 5는 '빛의 본성'으로 맥스웰은 빛이 전자기파라는 것을 밝힌 사람이며, 맥스웰 이후의 과학자들이 빛에 대한 성질(에테르가 없음을 밝혀냄, 아인슈타인의 광속불변의 법칙)을 밝힌 내용에 관한 토픽이다. 대표 단어로는 '입자', '맥스웰', '전자기파', '에테르' 등이 확인되었다. 토픽 6은 '일반상대성 이론'으로 블랙홀, 빅뱅 등은 일반상대성이론을 통해 예측한 이론이며, 우주에서 일어나는 다양한 현상을 일반상대성 이론으로 설명할 수 있다. 대표 단어로는 '우주', '역설', '블랙홀', '빅뱅' 등이 확인되었다. 토픽 7은 '정재승의 과학콘서트'로 과학에 대한 다양한 법칙과 내용 등을 이야기 형식으로 제시한 책의 제목과 동일한 토픽이다. 책의 구성을 악장으로 표시하는 등 음악적 요소를 일부 차용한 부분이 키워드로 포함되는 것을 알 수 있다. 대표 단어로는 '내용', '법칙', '이야기', '콘서트' 등이 확인되었다. 토픽 8은 '복잡계'로 물리학의 복잡하고 어려운 용어와 내용이 반영된 토픽으로 대표 단어로는 '부분', '복잡', '혼돈' 등이 확인되었다. 토픽 9는 '미시세계'로 양자역학을 학습하는 과정에서 대표적으로 언급되는 슈뢰딩거의 고양이와 미시세계의 현상을 비유적으로 표현하며, 복잡한 과학적 원리와 개념 등을 책을 통해 배우게 되는 과정이 표현된 토픽이다. 대표 단어로는 '고양이', '설명', '볼츠만' 등이 확인되었다. 토픽 10은 '특수상대성 이론'으로 관찰자마다 시간의 개념이 상대적이라는 것을 설명하며, '빛의 물리학(ebs 다큐프라임)'을 통해 특수상대성 원리를 이해하고 있음이 표현된 토픽이다. 대표 단어로는 '시간', '상대성이론', 'ebs' 등이 확인되었다. 토픽 11은 '엔트로피'로 엔트로피 법칙은 열역학 제2법칙이라고도 하며, 이 법칙을 통해 에너지 흐름의 예측이 가능한 것을 표현한 토픽으로 대표 단어로는 '에너지', '엔트로피', '증가', '열역학' 등이 확인되었다.

4. 교육과정 연계성 분석

각 토픽에서 추출된 키워드와 함께 각 토픽의 대표 문서를 확인하여 교과 연계성 여부를 분석한

결과, 총 11개의 토픽은 모두 물리학 교과와 관련성이 있는 것으로 파악되었다. 교육과정 연계 항목은 과목, 영역, 핵심 개념, 내용 요소로 구분하였으며, 분석 결과는 <표 7>과 같다.

<표 7> 교육과정 연계성 분석

순	토픽명	교육과정 연계			
		과목	영역	핵심 개념	내용 요소
1	인물로 본 과학사	과학사	서양과학사	현대의 과학	상대성이론과 양자역학
2	빛의 이중성	물리학 I	현대물리	빛과 물질의 이중성	빛과 물질의 이중성, 물질의 이중성
		물리학 II	현대물리	빛과 물질의 이중성	빛의 입자성, 물질의 파동성
		과학사	서양과학사	현대의 과학	상대성이론과 양자역학
3	빛과 파동	물리학 I	파동	파동의 성질	파동의 요소
		물리학 II	파동	파동의 성질	파동의 굴절과 간섭, 전자기파
		과학사	서양과학사	근대의 과학	빛의 본질에 대한 광학 연구
4	불확정성의 원리	물리학 II	현대물리	미시세계의 운동	불확정성의 원리
		과학사	서양과학사	현대의 과학	상대성이론과 양자역학
5	빛의 본성	물리학 I	힘과 운동	시공간과 운동	동시성, 질량-에너지 등가성
		과학사	서양과학사	현대의 과학	상대성이론과 양자역학
6	일반상대성이론	물리학 II	힘과 운동	시공간과 운동	등가원리, 중력 렌즈 효과, 블랙홀, 가속 좌표계
		과학사	서양과학사	현대의 과학	상대성이론과 양자역학
7	정재승의 과학콘서트	과학사	과학이란 무엇인가?	과학의 본성	과학과 자연의 관계, 과학의 객관성
8	복잡계	과학사	과학이란 무엇인가?	과학의 본성	과학과 자연의 관계, 과학의 객관성
9	미시세계	물리학 II	현대물리	미시세계의 운동	불확정성의 원리
		과학사	서양과학사	현대의 과학	상대성이론과 양자역학
10	특수상대성이론	물리학 I	힘과 운동	시공간과 운동	동시성, 질량-에너지 등가성
		과학사	서양과학사	현대의 과학	상대성이론과 양자역학
11	엔트로피	물리학 I	열과 에너지	열역학 법칙	열효율
		물리학 II	열과 에너지	에너지 전환	열의 일당량

토픽 1인 '인물로 본 과학사'는 과학사 과목의 서양 과학사 영역과 관련이 있으며, 핵심 개념은 현대의 과학, 내용 요소는 상대성이론과 양자역학과 관련이 되는 것을 알 수 있다. 토픽 2인 '빛의 이중성'은 물리학 I, 물리학 II, 과학사 과목의 현대물리, 서양과학사 영역과 관련이 있으며, 핵심 개념은 빛과 물질의 이중성, 현대의 과학, 내용 요소는 빛과 물질의 이중성, 물질의 이중성, 빛의 입자성, 물질의 파동성과 관련이 있는 것을 알 수 있다. 토픽 3은 '빛과 파동'은 물리학 I, 물리학 II, 과학사 과목의 파동, 서양과학사 영역과 관련이 있으며, 핵심 개념은 파동의 성질, 근대의 과학, 내용 요소는 파동의 요소, 파동의 굴절과 간섭, 전자기파, 빛의 본질에 대한 광학 연구와 관련이 있는 것을 알 수 있다. 토픽 4인 '불확정성의 원리'는 물리학 II, 과학사 과목의 현대물리, 서양과학사 영역과 관련이 있으며, 핵심 개념은 미시세계의 운동, 현대의 과학, 내용 요소는 불확정성의 원리, 상대성이론과 양자역학과 관련이 되는 것을 알 수 있다. 토픽 5인 '빛의 본성'은 물리학 I, 과학사

과목의 힘과 운동, 서양과학사 영역과 관련이 있으며, 핵심 개념은 시공간과 운동, 현대의 과학, 내용 요소는 동시성, 질량-에너지 등가성, 상대성이론과 양자역학과 관련이 있는 것을 알 수 있다. 토픽 6인 '일반상대성이론'은 물리학Ⅱ, 과학사 과목의 힘과 운동, 서양과학사 영역과 관련이 있으며, 핵심 개념은 시공간과 운동, 현대의 과학, 내용 요소는 등가원리, 중력 렌즈 효과, 블랙홀, 가속 좌표계, 상대성이론과 양자역학과 관련이 되는 것을 알 수 있다. 토픽 7인 '정재승의 과학콘서트'는 과학사 과목의 과학이란 무엇인가? 영역과 관련이 있으며, 핵심 개념은 과학의 본성, 내용 요소는 과학과 자연의 관계, 과학의 객관성과 관련이 되는 것을 알 수 있다. 토픽 8인 '복잡계'는 과학사 과목의 과학이란 무엇인가? 영역과 관련이 있으며, 핵심 개념은 과학의 본성, 내용 요소는 과학과 자연의 관계, 과학의 객관성과 관련이 되는 것을 알 수 있다. 토픽 9인 '미시세계'는 물리학Ⅱ, 과학사 과목의 현대물리, 서양과학사 영역과 관련이 있으며, 핵심 개념인 미시세계의 운동, 현대의 과학, 내용 요소는 불확정성의 원리, 상대성이론과 양자역학이 관련이 되는 것을 알 수 있다. 토픽 10인 '특수상대성이론'은 물리학Ⅰ, 과학사 과목의 힘과 운동, 서양과학사 영역과 관련이 있으며, 핵심 개념은 시공간과 운동, 현대의 과학, 내용 요소는 동시성, 질량-에너지 등가성, 상대성이론과 양자역학과 관련이 되는 것을 알 수 있다. 토픽 11인 '엔트로피'는 물리학Ⅰ, 물리학Ⅱ 과목의 열과 에너지 영역과 관련이 있으며, 핵심 개념은 열역학 법칙, 에너지 전환, 내용 요소는 열효율, 열의 일당량과 관련이 있는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

본 연구는 교과독서 활동으로 작성된 물리학 독서감상문의 교육과정 연계성을 분석하는데 목적이 있다. 이를 위해 물리학 독서감상문 총 332편을 수집하고, 독서감상문의 키워드를 추출하여 정제한 후, 고빈도 키워드를 제시하였다. 중점적인 역할을 수행하는 키워드를 확인하기 위한 중심성 분석을 수행하였으며, 토픽 분석을 통해 교과 연계성을 분석하였다. 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 키워드 빈도를 분석한 결과, '생각(1,360)', '내용(865)', '설명(728)', '이론(664)', '사람(629)', '이해(533)' 등이 빈도가 높은 키워드로 파악되었다. 이러한 결과는 교과독서를 통해 학습자가 교과와 관련된 내용을 스스로 생각하고 학습 내용과 관련된 다양한 내용을 접하게 되는 계기가 되었다는 것으로 해석할 수 있다.

둘째, 키워드 간의 연결 관계를 살펴보기 위해 중심성을 분석한 결과, 연결중심성의 경우 '생각(0.1941)', '내용(0.1219)', '이론(0.0926)', '설명(0.0835)', '사람(0.0813)', '부분(0.0677)'의 순으로 높게 나타나 해당 키워드들이 네트워크 내에서 강한 영향력을 보이는 것으로 나타났다. 매개중심성의 결과를 살펴보면, '생각(0.2242)', '내용(0.0979)', '이론(0.0909)', '설명(0.0750)', '사람(0.0585)',

‘시간(0.0512)’의 순으로 높게 나타났다. 위세중심성의 경우 ‘생각(1)’, ‘내용(0.7420)’, ‘이론(0.5933)’, ‘사람(0.5310)’, ‘설명(0.4831)’, ‘이해(0.4071)’ 순으로 나타났다. 위 결과를 종합하면, 물리학 독서 감상문에서 영향력이 강한 키워드는 ‘생각’, ‘내용’, ‘이론’ 등임을 알 수 있다. 이를 통해 교과독서는 책 내용에 대한 이해와 함께 객관적인 이론을 바탕으로 근본적인 원리를 탐구하는 사고의 과정이 수반되는 것으로 해석할 수 있다.

셋째, 토픽모델링 분석 결과, 토픽 1은 ‘인물로 본 과학사’, 토픽 2는 ‘빛의 이중성’, 토픽 3은 ‘빛과 파동’, 토픽 4는 ‘불확정성의 원리’, 토픽 5는 ‘빛의 분성’, 토픽 6은 ‘일반상대성이론’, 토픽 7은 ‘정재승의 과학콘서트’, 토픽 8은 ‘복잡계’, 토픽 9는 ‘미시세계’, 토픽 10은 ‘특수상대성이론’, 토픽 11은 ‘엔트로피’가 도출되었다.

넷째, 추출된 토픽을 바탕으로 물리학 교과 연계성을 분석한 결과, 교과의 교육과정과 관련된 11개 토픽, 3과목(물리학 I, 물리학 II, 과학사), 6개 영역(힘과 운동, 현대물리, 파동, 열과 에너지, 서양과학사, 과학이란 무엇인가)에서 교육과정 연계성을 확인할 수 있었으며, 과학사, 과학의 분성, 현대물리, 열역학 등이 핵심 개념으로 파악되었다.

본 연구를 통해 물리학에 대한 학습자의 인식을 확인할 수 있는 단어가 다수 도출되었다. 특히, ‘생각’, ‘내용’, ‘설명’과 같은 단어들이 높은 빈도로 나타난 것은 교과독서가 학습자에게 내용 전달과 함께 다양한 사고력 향상에 긍정적인 역할을 하고 있음을 의미한다고 할 수 있다. 또한 교과독서 활동을 통해 새로운 것을 배우는 과정에 학습자가 긍정적으로 반응하고 있음을 예상해 볼 수 있는 단어로 ‘배우다’, ‘새롭다’, ‘흥미’ 등이 확인되었다. 이는 교과독서 활동이 학습자의 지식 형성과 학습 흥미 유발에 긍정적으로 기여하고 있음을 의미한다고 할 수 있다. 따라서 교육과정 중심의 교과독서 활동을 체계적으로 실시하는 것은 교육과정의 목표를 달성하고, 건전한 독서 습관 형성에 능동적으로 기여할 수 있는 효과적인 방안이 될 수 있을 것이다.

본 연구는 교과독서 활동으로 작성된 독서감상문을 활용하여 교과 연계성을 분석하였다는 점에서 의의가 있다. 그러나 특정 지역의 학습자를 대상으로 한 점과 분석자료가 특정 교과의 독서감상문 332편인 점은 연구의 한계로 지적될 수 있다. 향후 다양한 교과를 대상으로 독서감상문에 나타난 학습자의 감정이나 의견을 면밀하게 분석하는 과정이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- 교육부 (2015a). 초·중등학교 교육과정 총론. 교육부 고시 제 2015-74호. [별책 1].
 교육부 (2015b). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제 2015-74호. [별책 9].
 김소영 (2005). 독후감 검증 키워드를 통한 독서 인증제의 문제점과 보완 방안. 국어교과교육연구,

- 9(6), 25-66.
- 김주연, 홍승호 (2014). 식물 관련 독서 활동이 '식물의 기관'에 대한 초등학생의 개념 변화에 미치는 영향. 한국초등교육, 25(1), 151-164.
- 김준현 (2015). 네트워크 텍스트 분석결과 해석에 관한 소고. 인문사회과학연구, 16, 247-280.
- 남준호 (2016). 일기자료 연구에서 토픽모델링 기법의 활용가능성 검토. 비교문화연구, 22(1), 89-135.
- 류보라, 서수현 (2013). 중학생의 독후감에 나타난 독해 양상 분석 연구. 청람어문교육, 47, 35-60.
- 문영주 (2020). 토픽모델링과 언어 네트워크 분석을 활용한 교장공모제 관련 연구동향 분석. 교육문화연구, 26(1), 217-242.
- 박수자 (2005). 교과 독서의 본질과 과제. 독서연구, 14, 35-54.
- 박수현, 최경희, 이현주 (2007). 과학 독서 지도가 고등학생들의 과학 독서에 대한 흥미 및 과학에 대한 태도, 과학관련 진로탐색에 미치는 영향. 학습자중심교과교육연구, 7(1), 353-370.
- 염은열 (2005). 문학치료의 방법으로써의 독후감 쓰기에 대한 연구. 독서연구, 14, 315-333.
- 우창우, 이종연 (2020). LDA 토픽모델링을 통한 ICT분야 국가연구개발사업의 주요 연구토픽 및 동향 탐색. 한국융합학회논문지, 11(7), 9-18.
- 이수상 (2014). 언어 네트워크 분석 방법을 활용한 학술논문의 내용분석. 정보관리학회지, 31(4), 49-66.
- 이수상 (2016). 독후감 텍스트의 토픽모델링 적용에 관한 탐색적 연구. 한국도서관·정보학회지, 47(4), 1-18.
- 이수상 (2018). 네트워크 분석방법의 활용과 한계. 서울: 청람.
- 이순영, 최숙기, 김주환, 서혁, 박영민 (2019). 독서교육론. 서울: 사회평론아카데미.
- 이준웅, 김성희 (2018). 미세먼지 재해 보도의 프레임 분석: 구조적 주제모형(Structural Topic Modeling)의 적용. 한국언론학보, 62(4), 125-158.
- 이혜준, 이동일, 이주현 (2010). 의미네트워크 분석을 통한 프랜차이즈 교육 프로그램 개발. 경영교육연구, 14(2), 105-128.
- 임성만 (2021). 지구과학 예비교사와 초등 예비교사의 과학 독서감상문에 담긴 과학 교과독서의 의미 비교. 대한지구과학교육학회지, 14(1), 69-79.
- 장혜진, 신영준 (2009). 과학 관련 도서 독후활동이 초등학생의 창의성에 미치는 영향. 초등과학교육, 28(2), 187-196.
- 천경록 (2016). 교과독서에 대한 고등학교 교사들의 인식. 독서연구, 47(4), 97-124.
- 최재원, 이호, 김정민, 송주호 (2017). 토픽모델링을 활용한 소프트웨어분야 대학 교육과정 분석. 한국전자거래학회지, 22(4), 193-241.

- 한성민, 신현철 (2017). 고등학교 화학수업에 적용된 교과 연계 독서 활동의 효과. *학습자중심교과교육연구*, 17(3), 377-397.
- 한채연, 김우식, 윤동근 (2021). 토픽모델링과 네트워크 분석을 활용한 국·내외 재난 연구 동향 분석. *한국방재학회논문집*, 21(5), 79-88.
- 홍상욱, 임은경, 장명덕, 정진우 (2004). 해석적인 서술방식으로 구성된 과학 읽기 자료가 고등학생의 과학 철학적 관점에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 24(2), 234-245.
- Blei, D. M. (2012). Probabilistic topic models. *Communications of the ACM*, 55(4), 77-84.
- Blei, D. M., & Lafferty, J. D. (2007). A correlated topic model of science. *The Annals of Applied Statistics*, 1(1), 17-35.
- Hoffman, J. L., Collins, M. F., & Schickedanz, J. A. (2015). Instructional challenges in developing young children's science concepts. *The Reading Teacher*, 68(5), 363-372.
- Kuhn, K. D. (2018). Using structural topic modeling to identify latent topics and trends in aviation incident reports. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 87, 105-122.
- Michalsky, T. (2013). Integrating skills and wills instruction in self-regulated science text reading for secondary students. *International Journal of Science Education*, 35(11), 1846-1873.
- Roberts, M. E., Stewart, B. M., & Airoidi, E. M. (2016). A model of text for experimentation in the social sciences. *Journal of the American Statistical Association*, 111(515), 988-1003.

• 국한문 참고문헌의 영문 표기

(English translation / Romanization of references originally written in Korean)

- Cheon, Gyeong-rok (2016). Perceptions of high school teacher about disciplinary reading: focused on literature, history, science, and mathematics. *Journal of Reading Research*, 47(4), 97-124.
- Choi, Jaewon, Lee, Ho, Kim, Jungmin, & Song, Juho (2017). A comparative analysis of curriculums for software-related departments based on topic modeling. *The Journal of Society for e-Business Studies*, 22(4), 193-241.
- Han, Chaeyeon, Kim, Woo-Sik, & Yoon, Dong-Keun (2021). A comparative analysis of disaster research trends using topic modeling and network analysis. *Journal of The*

- Korean Society of Hazard Mitigation, 21(5), 79-88.
- Han, Sungmin & Shin, Hyun-Chul (2017). The effect of content-area reading applied to high school chemistry class. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 17(3), 377-397.
- Hong, Sangwook, Lim, Eunkyung, Jang, Myoung-Duk, & Jeong, Jinwoo (2004). The effect of interpretive style scientific reading material on the change of high school students' philosophical viewpoints on science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(2), 234-245.
- Jang, Hye-Jin & Shin, Young-Joon (2009). Effect of the activity after reading books on science toward creativity. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 28(2), 187-196.
- Kim, Junhyeon (2015). An essay for understanding the meaning of the network text analysis results in study of the public administration. *The Journal of Humanities and Social Sciences*, 16, 247-280.
- Kim, Juyeon & Hong, Seung-Ho (2014). The effects of plant-related reading activity on concept change of elementary students about 'Organs of Plant'. *Korean Journal of Elementary Education*, 25(1), 151-164.
- Kim, Soyong (2005). Problems and improvements of reading certification program by description of impressions verifying keyword. *The Society for the Study of Korean Arts Education*, 9(6), 25-66.
- Korean Ministry of Education (2015a). Introduction to Elementary and Secondary School Curriculum. Korean Ministry of Education Notice No. 2015-74 [Attachment 1].
- Korean Ministry of Education (2015b). Science Curriculum. Korean Ministry of Education. Notice No. 2015-74 [Attachment 9].
- Lee, Hyejun, Lee, Dongil, & Lee, Juhyun (2010). Development of franchise education program through semantic network analysis. *Korea Business Review*, 14(2), 105-128.
- Lee, Soonyoung, Choi, Sookgi, Kim, Joohwan, Seo, Hyuk, & Park, Young-min (2019). *Reading Education Theory*. Seoul: Social Criticism Academy.
- Lee, Soo-Sang (2014). A content analysis of journal articles using the language network analysis methods. *Journal of the Korean Society for Information Management*, 31(4), 49-66.
- Lee, Soo-Sang (2016). A study on the application of topic modeling for the book report

- text. *Journal of Korean Library and Information Science Society*, 47(4), 1-18.
- Lee, Soo-Sang (2018). *Application and Limitations of Network Analysis Methods*. Seoul: Chungnam.
- Lim, Seongman (2021). A comparison of science disciplinary reading's meaning contained in the science book reviews of earth science pre-service teachers and primary pre-service teachers. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 14(1), 69-79.
- Moon, Young-Joo (2020). An analysis of trends in researches on the open recruitment system for principals based on topic modeling and keyword network analysis. *Journal of Education & Culture*, 26(1), 217-242.
- Nahm, Choon-Ho (2016). An Illustrative application of topic modeling method to a farmer's diary. *Cross-Cultural Studies*, 22(1), 89-135.
- Park, Soo-Hyun, Choi, Kyung-Hee, & Lee, Hyunju (2007). The effects of introducing science-related reading materials on the enhancement of high school students' attitudes toward reading, science, and career exploration. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 7(1), 353-370.
- Park, Soojah (2005). The meaning & implications of content area reading. *Journal of Reading Research*, 14, 35-54.
- Rhee, June-Woong & Kim, Seong-hee (2018). News frames in the coverage of fine-dust disaster: Application of Structural Topic Modeling. *Korean Journal of Journalism & Communication Studies*, 62(4), 125-158.
- Ryu, Bora & Seo, Su-Hyun (2013). Analysis on the aspects of reading in reading reports of secondary school students. *Journal of CheongRam Korean Language Education*, 47, 35-60.
- Woo, Chang-Woo & Lee, Jong-Yun (2020). Investigation of research topic and trends of national ICT research-development using the LDA model. *Journal of the Korea Convergence Society*, 11(7), 9-18.
- Yeum, Eun-Yeul (2005). Rethinking of a method of literary therapy in 'Journal of Literary Therapy'. *Journal of Reading Research*, 14, 315-333.