

# 2015 및 2022 개정 초등학교 과학과 교육과정에 대한 비교 - 네트워크 분석을 중심으로 -

조현국<sup>†</sup>

## Comparing the 2015 with the 2022 Revised Primary Science Curriculum Based on Network Analysis

Jho, Hunkoog<sup>†</sup>

### 국문 초록

본 연구는 2015 및 2022 개정 과학과 교육과정 중 초등학교급과 관련된 성취기준을 중심으로 네트워크 분석을 통해 어떠한 변화 양상을 갖는지 비교하고 이를 토대로 초등학교 과학 교수학습을 위한 시사점을 제공하는 것을 목적으로 하였다. 이에 따라 본 연구에서는 2015 및 2022 개정 초등 과학과 교육과정의 성취기준을 추출하여 성취기준 영역 변화에 따른 차이를 살펴보고, 각 영역별 중심성 지수를 중심으로 한 비교, 커뮤니티 탐지 기법을 활용한 군집 분석을 통해 어떠한 변화가 있는지 분석하였다. 연구 결과, 2015 개정 과학과 교육과정에 비해 전체 성취기준은 10% 가량 감소하였으나, 성취 기준의 길이나 주요어의 빈도는 오히려 증가하였으며, 관찰이나 조사, 설명 외에도 공유, 실천, 설계 등 디지털 도구 활용 및 협동학습과 관련된 과정·기능적 측면이 강조되었다. 그러나 이러한 변화는 과학의 각 영역에 따라 서로 다른 차이를 보임을 알 수 있었다. 또한 군집 분석 결과 대체적으로 군집의 숫자나 관련 개념이나 용어의 영역은 유사하였으나, 과정·기능 및 가치·태도와 관련된 주요어를 중심으로 수행 방식 등에 변화가 나타났음을 확인할 수 있었다. 이러한 연구 결과를 토대로 본 연구에서는 새로운 교육과정의 적용 시 고려해야 할 점들을 시사점으로 제시하였다.

**주제어:** 교육과정, 초등학교, 성취기준, 네트워크 분석, 자연어 처리, 커뮤니티 탐지

### ABSTRACT

The aim of this study was to investigate differences in the achievement standards from the 2015 to the 2022 revised national science curriculum and to present the implications for science teaching under the revised curriculum. Achievement standards relevant to primary science education were therefore extracted from the national curriculum documents; conceptual domains in the two curricula were analyzed for differences; various kinds of centrality were computed; and the Louvain algorithm was used to identify clusters. These methods revealed that, in the revised compared with the preceding curriculum, the total number of nodes and links had increased, while the number of achievement standards had decreased by 10 percent. In the revised curriculum, keywords relevant to procedural skills and behavior received more emphasis and were connected to collaborative learning and digital literacy. Observation, survey, and explanation remained important, but varied in application across the fields of science. Clustering revealed that the number of categories in each field of science remained mostly unchanged in the revised compared with the previous curriculum, but that each category highlighted different skills or behaviors. Based on those findings, some implications for science instruction in the classroom are discussed.

이 연구는 2021학년도 단국대학교 대학연구비 지원으로 연구되었음.

2023.01.19(접수), 2023.02.02(1심통과), 2023.02.14(2심통과), 2023.02.16(최종통과)

E-mail: [hjho80@dankook.ac.kr](mailto:hjho80@dankook.ac.kr)(조현국)

**Key words:** curriculum, primary school, achievement standard, social network analysis, natural language processing, community detection

## I. 서 론

교육과정은 개인과 사회, 국가의 측면에서 필요로 하는 능력과 소양, 태도를 기르기 위한 목적과 방향을 수립하는 중요한 역할을 담당하고 있다. 특히, 과학과 교육과정은 개인의 흥미와 적성에 따른 자신의 진로를 개척하고 자아실현을 위한 것 외에도 사회에서 살아가기 위해 갖추어야 할 소양과 태도를 갖추고, 과학기술 분야에서 요구되는 우수한 인재를 기르는 등 다양한 목적을 포함하고 있다. 우리나라는 1954년 제1차 교육과정이 발표된 이후, 최근까지 11차례의 교육과정의 개편을 거쳤으며 교과를 가르치르는 총론 수준의 인재상과 교육목표, 개별 교과목 별로 가지는 교과목의 목표와 방향, 학습 내용 등을 기술하고 있다(정미경과 김경자, 2006).

2015 개정 교육과정의 경우, 역량을 중심으로 한 교육과정 편성을 중심으로 하였으며, 이에 범교과적 역량과 교과별 역량으로 구분한 핵심역량(core competence)을 도입하였다. 과학과에서는 교과별 역량으로 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등의 과학과 핵심역량을 함양하는 것을 목적으로 하였다(교육부, 2015). 한편 2022 개정 교육과정은 역량 중심 교육과정의 틀은 유지한 채, OECD 교육 2030에서 주장하고 있는 학습자 주도성(student agency)을 강조하고 핵심역량을 구성하는 요소로서 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 하위 영역을 구성하고 이에 따라 성취기준을 재진술하였다(교육부, 2022; 윤지영과 온정덕, 2022). 특히 변화된 교육과정은 지역이나 학교 단위의 자율적인 교육과정 편성의 권한을 더욱 강화함으로써 인공지능, 디지털 역량 등 미래사회를 살아갈 학생들에게 필요한 소양이나 태도를 기를 수 있는 다양한 교과 내용이나 활동 편성이 더욱 수월해졌다.

2015 개정 교육과정과 비교해 2022 개정 교육과정이 갖는 두드러진 변화는 역량에 대한 재개념화를 들 수 있다. 2015 개정 교육과정과 2022 개정 교육과정 모두 역량 함양을 기반으로 한다는 공통점이 있지만, 2022 개정 교육과정에서는 OECD 교육 2030

에서 제안한 것처럼 역량을 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 가지 차원에 의해 구성되는 것으로 정의하며 이를 핵심 아이디어로 표현하고 있다. 이에 2015 개정 과학과 교육과정에서 교과 핵심 역량을 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등으로 제시하였지만 2022 개정 과학과 교육과정에서는 이를 삭제하는 대신 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 3차원으로 구성된 능력 함양을 통해 “과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람”이라는 인재상을 함양하고 총론에서 제시하는 역량을 달성할 수 있다고 제시하였다.

각각의 범주의 수준에서 살펴보면 지식·이해에 해당하는 과학의 내용은 4개의 영역에서 5개의 영역으로 변화하였다. 2015 개정 과학과 교육과정에서는 ‘운동과 에너지’, ‘물질’, ‘생명’, ‘지구와 우주’ 영역을 중심으로 하고 통합 주제로 물, 에너지 등을 다룬 것과 달리 2022 개정 과학과 교육과정에서는 기존의 ‘운동과 에너지’, ‘물질’, ‘생명’, ‘지구와 우주’ 외에 ‘과학과 사회’의 영역을 추가하였다. 새롭게 추가된 과학과 사회 영역에서는 이들 4개 영역의 내용을 통합적으로 다루면서 과학과 안전, 과학과 지속가능한 사회, 과학과 진로 등을 다루도록 하고 있다. 한편, 과정·기능 및 가치·태도 역시 인지적 영역과 마찬가지로 학년군이나 학교급, 교과에 따라서 수준과 목적에 맞게 차별적으로 기술하였다. 기존의 교육과정에서는 문제 인식을 포함한 8가지의 기능을 학교급이나 과목에 상관없이 동일하게 제시하였다. 그러나 2022 개정 과학과 교육과정에서는 초등학교와 중학교, 고등학교의 여러 과목별로 다르게 적용하고 있으며 해당 학교급에서 학습하게 되는 지식·이해의 내용요소를 고려하여 구체적으로 기술하고 있다. 기존에는 단순히 ‘문제 인식’으로 정의한 것을 ‘자연과 일상생활에서 물질과 관련된 문제 인식하기’ 등 맥락을 고려한 구체적인 형태로 제시하였다. 또한 기존의 교육과정에서는 명시적으로 제시되지 않았던 가치·태도의 요소로 과학의 심미적 가치, 과학 유용성, 자연과 과학에 대한 감수성, 과학 창의성, 과학 활동의 윤리성, 과학 문제 해결에 대한 개방성, 안전·

지속가능 사회에 기여, 과학 문화 향유 등 8가지를 제시하고 있다.

새로운 교육과정에서는 성취기준에서도 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도 등의 요소를 복합하여 기술하도록 하였다. 예를 들어 힘과 운동 영역에서 2015 개정 과학과 교육과정에서 3~4학년군에서 ‘[4과09-01] 일상생활에서 물체의 무게를 측정하는 예를 조사하고 무게 측정이 필요한 이유를 설명할 수 있다.’에서 물체의 무게 측정 이유를 조사하는 활동을 통해 학습하도록 기술하였다면 2022 개정 과학과 교육과정에서는 3~4학년군에서 ‘[4과01-01] 일상생활에서 힘과 관련된 현상에 흥미를 갖고, 물체를 밀거나 당길 때 나타나는 현상을 관찰할 수 있다.’로 조사를 통한 측정과 관찰의 과정·기능 요소와 현상에 흥미를 갖는 가치·태도 요소를 포함하도록 하였다. 이와 같은 세 가지 서로 다른 요소의 결합은 각 영역에 대한 핵심 아이디어로 표현하도록 기술하였다.

이와 같은 새로운 교육과정의 변화는 새로운 방향과 비전에 대한 반영 외에도 기존 교육과정이 가지고 있던 한계나 문제 등을 얼마나 극복했는지도 중요하게 살펴볼 필요가 있다. 초등학교 교사들을 대상으로 한 2015 개정 과학과 교육과정의 핵심 내용에 대한 난이도에 대해 조사한 결과, 3~4학년군에 비해 5~6학년군에서 비교적 내용이 어렵고 ‘지구와 달의 운동’과 같은 특정 영역이 다른 영역에 비해 난이도가 높다고 응답하기도 하였다(주형미 등, 2020). 교육과정의 연계 차원에서도 수학에서 다루는 내용과 서로 다르거나, 누리과정이나 유치원 통합과정과의 위계성이나 연결에 대한 문제 역시 지적된 바 있다(박준형과 전영석, 2020; 변태진, 2022). 특히, 주로 생명 영역이 1~2학년의 슬기로 생활과 주로 연관되어 있고 기초 탐구 활동으로 간주되는 관찰, 측정, 추리, 의사소통, 분류, 예상 중 분류나 예상과 관련된 활동이 부재함으로써 3~4학년에서의 과학 학습에서 탐구 활동 수행에도 어려움이 발생할 수 있다는 우려도 제기되고 있다(박지선 등, 2022). 교육과정 및 탐구활동에 대한 적정성 측면에서 2009 개정 교육과정에 비해 2015 개정 교육과정에서 탐구 활동의 숫자가 감소하였으며, 국정 교과서 제작 이후 검정 체제로 전환하면서 기대한 것과 달리 다양한 탐구활동의 개발이나 도입이 충분히 이뤄지지 않았다는 점 역시 제기되었다

(김은정 등, 2022; 박재근, 2017).

교육과정에서의 내용이나 위계, 주요 특징을 분석하는 것으로서 언어 네트워크 분석은 또 하나의 유용한 방법으로 고려할 수 있다(Carolan, 2013). 텍스트에서는 문단이나 문장에서 공동으로 출현하는 어휘를 연결하는 네트워크로 구성하는데, 이와 같은 방법을 통해 어떤 주제가 핵심이 되는지, 그리고 여러 주제를 매개하는 중요한 어휘나 요소는 무엇인지 파악할 수 있다. 또한 그래프의 형태에 따라 포함 관계나 가중치, 상하 관계 등을 이해함으로써 텍스트의 특징을 시각화된 방법으로 파악하는 데에도 유용하다. 이미 여러 선행 연구에서 교육과정을 대상으로 네트워크 분석을 적용한 바 있다. 양슬기와 한동균(2019)은 사회과 교육과정을 대상으로 교수요목기부터 2015 개정 교육과정까지를 키워드 빈도와 중심성 지수를 통해 분석하여 사회, 국가, 지역 등이 공통적으로 중심이 되며, 최근 개정된 교육과정에서는 변화와 환경, 세계 등이 점차 강조되고 있음을 드러냈다. 임수민 등(2019)은 언어 네트워크를 활용해 ‘물질’ 분야에서의 교육과정 연계성을 분석하여, 해당 요소 간 수직적 연계는 잘 이뤄졌으나 각 학교급에 따른 수평적 연계성이 부족함을 지적하였다. 김유정 등(2019)은 2015 개정 과학과 교육과정 상 ‘평가 방법 및 유의사항’을 중심으로 핵심어 추출 및 네트워크 분석을 통해 평가에서는 ‘과정’을, 교수학습에서는 ‘보고서, 관찰, 태도, 서술’ 등을 강조하고 있으며 5가지 핵심 역량 중 과학적 의사소통 능력을 제외한 다른 역량의 경우 거의 다뤄지지 않음을 설명하였다. 이 외에도 서경희와 김영신(2020)은 생명과학 중 특정 단원 내에서의 연계성을 확인하기 위해 네트워크 분석을 적용하였다. 언어 네트워크 분석은 교육과정에서의 연계성과 교육과정의 초점, 주요 핵심 내용 등을 효과적으로 파악할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 2015 및 2022 개정 초등 과학과 교육과정의 성취기준 서술을 중심으로 언어 네트워크 분석을 활용하여 각각의 개정 교육과정에서 나타나는 종합적인 차이와 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학 등 영역에 따른 차이점이나 특징이 무엇인지 분석함으로써 교육과정의 실행과 과학교수학습에서의 시사점을 제공하는 것을 목적으로 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상 및 절차

본 연구에서는 2015 및 2022 개정 초등 과학과 교육과정의 차이점을 비교하기 위해 2015년과 2022년 공식적으로 발표된 교육과정 문서에서 초등 3~6학년 과학 과목에 포함된 성취기준에 대한 서술을 분석 대상으로 선정하였다. 성취기준은 교육과정에 제시된 영역에 따라서 크게 물리학(운동과 에너지), 화학(물질), 생명과학(생명), 지구과학(지구와 우주) 및 융합의 5개 영역을 구분하였다. 2015 개정 과학과 교육과정의 경우는 ‘물의 여행’, ‘에너지와 생활’을 융합 영역으로 분류하였으며, 2022 개정 과학과 교육과정에서는 과학과 사회에 속한 ‘과학과 안전’, ‘과학과 지속가능한 사회’, ‘과학과 진로’를 융합 영역으로 분류하였다. 또한 각각의 영역에 해당하는 성취기준의 수를 정량적으로 비교하였다.

또한 수집된 텍스트는 Fig. 1과 같이 전처리 과정을 거쳐 형태소 분석 중 의존 명사(‘수’, ‘것’, ‘기’ 등)를 제외한 명사를 분석 대상 어휘로 선정하였으며, 개별 성취기준별로 등장하는 명사를 추출하였다. 그리고 추출된 토큰을 중심으로 개념의 빈도와 하나의 성취기준별로 공동으로 출현하는 단어를 중심으로 하는 네트워크를 구성하여 파이썬(Python)의 networkx 패키지를 이용해 시각화하고, 각 노드에 대한 연결성이나 중심성 지수 등을 계산하였다.

### 2. 분석 방법

본 연구에서는 2015 및 2022 개정 과학과 교육과정의 성취기준의 차이를 파악하기 위해 교육과정으로부터 성취기준을 추출하고 2015 개정 과학과 교육과정의 영역 및 2022 개정 과학과 교육과정의 지식·이해 범주의 주요 영역에 포함된 성취기준의 빈도를 비교하였으며, 교육과정 상 어떠한 변화가 나타났는지 살펴보고자 하였다.

나아가 성취기준에 대한 변화를 네트워크 분석의 관점에서 살펴보기 위해 성취기준에 대한 형태소 분석을 통해 주요 토큰(명사)을 추출하고 각각의 토큰을 노드, 그리고 하나의 성취기준에서 공동으로 출현하는 관계를 엣지(Edge)로 표현하는 언어 네트워크를 구성하였다. 이에 따라 노드의 가중치를 고려하여 상위, 중위, 하위 노드로 구분하고 이에 따른 특징을 시각화하여 비교하였다.

한편, 언어 네트워크에서 중요한 단어를 추출하여 정략적으로 비교하기 위해 연결 중심성(Degree Centrality), 매개 중심성(Betweenness Centrality), 근접 중심성(Closeness Centrality)을 구하여 그 특징을 분석하였다(이수상, 2018). 네트워크 분석에서의 중심성 지수는 여러 노드 간의 연결 상태를 통해 특정 노드에 가해지는 부하나 가중치, 연결 상태를 고려하여 건축이나 교통에서의 혼잡도나 수로의 범람 등을 예측하는 데에도 유용하게 쓰이며, 언어 네트워크 분석에서는 여러 단어 간의 공동 출현을 통해서 대표성을 띠는 단어나 주제를 파악하는 등의 목적으로 사용된다(김경태와 송재민, 2016; 김성환 등, 2018; 박근송, 2019; 임연수, 2019). 교육 과정은 다양한 주제와 영역, 학년군과 수준 등을 포함하기 때문에 다양한 주제어를 포함하며, 이와 같은 주제어를 포괄하는 중요한 특징이나 주요 행동적 서술 등을 파악하기 위해서 중심성 지수를 이용한 분석을 활용할 수 있다. 중심성은 그 특징에 따라 여러 가지로 나뉘는데 연결 중심성은 얼마나 많은 노드들과 연결을 가지고 있는지, 매개 중심성은 서로 다른 노드를 연결할 때 해당 노드가 얼마나 기여하는지, 근접 중심성은 노드 간 연결을 위한 최단 경로로서의 의미를 갖는다.

연결 중심성은 하나의 노드에 연결된 모든 엣지의 개수로 지수를 평가하며, 그래프의 크기에 따른 차이를 보정하기 위해 모든 네트워크의 연결 중심성의 합에 대한 상대적 값으로 다음과 같이 산출하였다.



Fig. 1. A process for semantic network analysis based on achievement standards endorsed in national science curriculum

$$C_d = \frac{C_d(N_i)}{\sum_{k=1}^n C_d(N_k)}$$

( $C_d(N_i)$ : 노드  $i$ 의 연결 중심성 지수)

매개 중심성은 어떤 노드가 다른 노드와의 연결에서 얼마나 기여하는지를 확인하는 방법으로서 임의의 두 노드 간 최단 경로에서 특정 노드가 포함되어 있는 빈도를 의미한다. 이에 따라 다음과 같이 최대 매개 중심성 값( $\frac{(N-1)(N-2)}{2}$ )으로 나누어 계산할 수 있다.

$$C_b = \frac{C_b(N_i)}{\frac{(N-1)(N-2)}{2}} = \frac{2C_b(N_i)}{(N-1)(N-2)}$$

( $C_b(N_i)$ : 노드  $i$ 의 매개 중심성 지수,  $N$ : 전체 노드의 숫자)

근접 중심성은 어떤 노드가 다른 노드까지 도달하는 경로가 얼마나 짧은지 판단하는 것으로 하나의 노드와 다른 노드들의 최소 경로의 평균을 통해 값을 계산할 수 있다.

$$C_c = \frac{1}{\frac{1}{N-1} \sum_{x \neq i} L_{x,i}} = \frac{N-1}{\sum_{x \neq i} L_{x,i}}$$

( $L_{x,i}$ : 노드  $x$ 와 노드  $i$ 의 최소 경로,  $N$ : 전체 노드의 숫자)

성취기준을 구성하는 다양한 노드들 간의 범주를 분석하기 위해 Louvain 알고리즘을 이용한 커뮤니티 탐지(Community Detection)를 이용하였다(Vincent *et al.*, 2008). 군집 분석은 네트워크가 서로 얼마나 강하게 연결되어 있어 유사한 특성을 갖거나, 네트워크 내의 여러 군집 간의 차이를 비교하기 위해 실시한다(김성환 등, 2018). 일반적으로 커뮤니티의 탐지는 노드 간 연결을 삭제하는 방식으로 매개 중심성을 고려해 네트워크를 구분하는 방식(e.g., Girvan-Newman Algorithm)이나 비슷한 노드를 결합하는 방식(e.g., Fast Greedy Algorithm)을 택한다(Girvan & Newman, 2002; Kumar *et al.*, 2015). 노드 간 연결을 삭제하는 방식은 시간 소요는 적으나 성능이 다소

떨어지며, 노드 간 결합 방법은 성능은 우수하나 오랜 시간이 소요된다는 단점이 있다. Louvain 알고리즘의 경우, 두 가지 방법을 모두 결합하여 노드를 결합하는 방식과 함께 각각의 군집이 얼마나 묶여 있는지 모듈성(Modularity)을 함께 구함으로써 성능과 효율을 추구한다. 이를 통해 성취기준의 주요어로 구성되는 네트워크의 군집을 파악함으로써 이전과 최근 개정된 교육과정 사이, 각 영역 사이에는 어떠한 특성을 갖는지 비교하고자 한다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 성취기준의 빈도를 중심으로 한 비교 분석

‘운동과 에너지’, ‘물질’, ‘생명’, ‘지구와 우주’, ‘과학과 사회’ 등 영역별 성취기준의 변화를 비교하면 2022 개정 과학과 교육과정에서는 총 102개로 이전 교육과정에 비해 성취기준의 숫자가 약 10% 감소하였다. 각 영역별 성취기준 빈도를 비교하면 운동과 에너지 영역은 30개에서 24개로 감소하였으며, 에너지의 전환과 관련된 내용을 과학과 사회 영역의 지속가능한 사회로 편입하였고, 빛과 파동 영역에서 거울과 렌즈 등을 다루는 내용을 감축하였다. 물질 영역에서는 29개에서 24개로 감소하였고, 물의 상태 변화와 기체의 압력과 부피 등의 내용을 물질의 변화에서 물질의 성질의 하위로 이동하면서 관련 내용을 축소하였다. 생명 영역은 25개에서 21개로 감소하였으며, 환경과 생태계에 관한 내용을 3~4학년군으로 이동하고 5~6학년군에서는 생물의 구조와 에너지를 중심으로만 다루도록 교육과정 내용을 조정하였다. 지구와 우주 영역은 29개에서 22개로 감소하였으며, 물의 순환과 관련된 내용은 과학과 지속가능한 사회와 관련된 내용으로 이동하고 지층과 화석, 지형 등의 내용이 3~4학년군에 집중되던 것을 5~6학년군으로 분배하면서 관련 성취기준을 축소하였다. 새롭게 신설된 과학과 사회 영역은 3~4학년군에서는 과학과 안전 및 과학과 지속가능한 사회를 다루고, 5~6학년군에는 과학 진로와 관련된 활동을 포함하도록 성취기준을 추가하였다. 대체로 학년군에 따라 관련 내용을 균등하게 학습할 수 있도록 배분한 반면, 생명과학과 관련된 영역에서는 3~4학년군에서는 전반적인 세부 영역을 모두 다루지만 5~6학년군에서는 생물의 구조와 에너지만 집중적으로 다루도록 재편

**Table 1.** A comparison of number of achievement standards articulated in 2015 and 2022 revised national curriculum

	2015 개정 과학과 교육과정			2022 개정 과학과 교육과정			
	3~4학년군	5~6학년군	계	3~4학년군	5~6학년군	계	
운동과 에너지	힘과 운동	4	3	30	힘과 에너지	4	3
	전기와 자기	3	4		전기와 자기	3	4
	열과 에너지	-	6		열	-	4
	파동	7	3		빛과 파동	3	3
물질	물질의 구조	-	-	29	물질의 구조	-	-
	물질의 성질	8	9		물질의 성질	10	6
	물질의 변화	7	5		물질의 변화	-	8
생명	생명과학과 인간의 생활	2	1	25	생명과학과 인간의 생활	3	-
	생물의 구조와 에너지	-	5		생물의 구조와 에너지	-	6
	항상성과 몸의 조절	-	2		항상성과 몸의 조절	-	-
	생명의 연속성	10	2		생명의 연속성	9	-
	환경과 생태계	-	3		환경과 생태계	3	-
지구와 우주	고체 지구	10	-	29	고체 지구	4	3
	대기와 해양	5	4		유체 지구	3	3
	우주	1	9		천체	3	6
과학과 사회	물의 여행	2	4	과학과 안전	3	-	
	에너지와 생활			2	과학과 지속가능한 사회	3	3
					과학과 진로	-	2
계	57	56	113		51	51	102

한 것이 특징이다.

## 2. 네트워크 중심성 지수에 대한 비교 분석

본 연구에서는 어떤 주요어가 핵심적인지 알아보기 위해 네트워크 중심성 지수를 구하여 살펴보았다. 우선 성취기준으로부터 추출된 주요어의 특징을 살펴보면 실제 성취기준 감축에 비해 내용이 줄어들지 않았음을 알 수 있다. 2015 개정 과학과 교육과정은 290개의 주요어 및 888건의 단어(중복 포함), 2,112개의 링크로 구성되어 있으나, 이에 비해 2022 개정 과학과 교육과정은 288개의 주요어, 862건의 단어, 2,146개의 링크로 구성되어 있다. 즉, 성취기준의 숫자는 10% 감소했지만 실제 주요어 및 주요어 간의 공동 출현이 증가했다는 점은 성취기준의 문장이 이전에 비해 길어졌다는 것을 추측할 수 있다. 실제 각 성취기준별 평균 길이를 살펴보다라도 2015 개정 교육과정에서는 45.2자였지만 2022 개정 교육과정은 49.1자로 증가한 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 성취기준의 길이는 줄어들었으나 그 내용적 측면에서는 감소하지 않았음을 나타낸다.

각각의 영역별 어휘와 길이 등을 비교해 보면 영역에 따른 차이가 일부 존재한다. 성취기준을 구성하는 주요어의 빈도를 기준으로 살펴보면 물리학 영역은 105개의 어휘와 총 239건의 빈도에서 개정 교육과정에서 94개의 어휘와 총 208건의 빈도로 약 10% 감소했으며 이는 Table 2에서 제시된 바와 같이 성취기준의 숫자가 20% 감소한 것에 비하면 다소 적게 감소했음을 알 수 있다. 한편, 화학 영역은 79개의 어휘, 총 207건의 빈도에서 76개의 어휘, 207건으로 성취기준이 20% 감소한 것에 비해서는 거의 줄어들지 않았다. 이는 여러 성취기준의 길이가 증가하면서 실질적인 교육내용 감소로 이어지지 않았음을 추론할 수 있다. 생명과학 영역은 83개의 어휘, 204건에서 87개의 어휘와 204건의 빈도로 성취기준은 줄었음에도 불구하고 오히려 이전보다 증가함을 알 수 있다. 지구과학 영역 역시 113개의 어휘 및 총 197건에서 115개의 어휘, 200건으로 소폭 증가하였다. 물리학 영역을 제외하면 나머지 영역에서는 실제 주요어의 숫자가 줄어들지 않았거나 오히려 증가했음을 알 수 있다.

Table 2. Comparison of different kinds of centrality endorsed in 2015 and 2022 revised national curriculum of science

순위	연결 중심성		매개 중심성				근접 중심성	
	2015	2022	2015	2022	2015	2022	2015	2022
1	설명 0.564	조사▲ 0.4077	설명 0.2867	관찰▲ 0.1989	설명 0.6897	조사▲ 0.6119		
2	관찰 0.4325	관찰— 0.3937	관찰 0.1677	조사▲ 0.1754	관찰 0.6324	관찰— 0.6042		
3	조사 0.2976	설명▼ 0.3101	조사 0.0844	설명▼ 0.1119	조사 0.5827	설명▼ 0.5845		
4	비교 0.2422	이용▲ 0.2334	비교 0.0686	특징▲ 0.0767	비교 0.5558	변화▲ 0.5498		
5	현상 0.2318	생활▲ 0.223	물 0.0401	비교▼ 0.0592	현상 0.5547	이용▲ 0.5477		
6	변화 0.1972	변화— 0.2230	현상 0.0381	변화▲ 0.0553	가지 0.5473	특징▲ 0.5456		
7	과정 0.1972	특징▲ 0.2125	토의 0.0368	이용▲ 0.0398	예 0.5463	일상생활▲ 0.5446		
8	물 0.1972	공유▲ 0.2091	물체 0.0311	생활▲ 0.0321	물체 0.5432	비교▼ 0.5436		
9	예 0.1903	비교▼ 0.1951	방법 0.0306	공유▲ 0.0296	물 0.5412	물체▼ 0.5385		
10	물체 0.1834	일상생활▲ 0.1916	가지 0.0305	물체▼ 0.0296	물질 0.5402	가지▲ 0.5276		
11	가지 0.1730	실천▲ 0.1742	이용 0.0292	필요▲ 0.0283	일상생활 0.5362	생활▲ 0.5256		
12	이해 0.1696	물질▲ 0.1707	이해 0.0280	일상생활▲ 0.0263	과정 0.5342	물질▼ 0.5247		
13	일상생활 0.1661	물체▼ 0.1672	설계 0.0274	표현▲ 0.0234	성질 0.5322	성질— 0.5247		
14	성질 0.1592	현상▲ 0.1568	물질 0.0268	물질— 0.0228	이해 0.5322	공유▲ 0.5237		
15	물질 0.1557	과정▼ 0.1568	과정 0.0245	과정— 0.0215	방법 0.5303	실천▲ 0.5162		
16	토의 0.1557	성질▼ 0.1568	특징 0.0233	실천▲ 0.0211	변화 0.5283	표현▲ 0.5143		
17	방법 0.1557	사례▲ 0.1568	예 0.0225	소리▲ 0.0210	이용 0.5245	식물▲ 0.5125		
18	이용 0.1557	관련▲ 0.1498	변화 0.0219	자료▲ 0.0195	종류 0.5226	과정▼ 0.5125		
19	특징 0.1419	가지▲ 0.1429	일상생활 0.0154	성질▲ 0.0186	기능 0.5207	현상▲ 0.5107		
20	종류 0.1349	방법▼ 0.1429	성질 0.0149	관련▲ 0.0174	특징 0.5179	용액▲ 0.5098		

2015 및 2022 개정 교육과정 간 차이를 살펴보기 위해 형태소 분석으로 통해 추출한 주요어에 대한 연결 중심성, 매개 중심성, 근접 중심성 지수를 구하여 상위 20개의 단어를 2015 및 2022 개정 과학과 교육과정에서 추출한 결과가 Table 3과 같다. 두 교육과정 모두 설명, 관찰, 조사와 같은 과정·기능적 요소가 가장 중요하게 나타났으나 2015 개정 교육과정에서는 설명, 관찰, 조사의 순서로 나타났지만 2022 개정 교육과정에서는 조사, 관찰, 설명의 순서로 높은 연결 빈도를 차지하였다. 이는 상대적으로 조사하기, 관찰하기 등의 활동이 이전에 비해 늘어났음을 의미한다. 이전 교육과정에 비해 2022 개정 교육과정에서는 이용, 생활, 일상생활, 공유, 실천 등의 단어가 더 높은 중심성을 가지고 있는데 이는 일상생활 맥락에서의 조사와 공유 등 협동학습이나 상호작용이 증가한 것으로 생각할 수 있다. 예를 들면 [4과01-04] 지레, 빗면과 같은 도구를 이용하면 물체를 들어 올릴 때 드는 힘의 크기가 달라짐을 알고, 도구가 일상생활에서 어떻게 쓰이는지 조사하여 공유할 수 있다.'나 [4과02-03] 동물의 특징을 이용

하여 일상생활에서 활용할 수 있는 생활용품을 설계하여 협력적으로 소통할 수 있다.', [6과05-03] 지속가능한 삶을 위한 과학기술 사례 중 혼합물의 분리를 이용한 장치를 조사하여 공유할 수 있다.'와 같이 일상생활에서의 사례나 소재, 현상을 조사하고 발표하는 등의 성취기준 진술이 증가하였다. 반면 이전에 비해 물, 특징, 예, 현상, 이해 등의 단어의 중심성 지수는 감소하였는데 이해와 같은 인지적 특성을 강조하는 단어는 2022 개정 교육과정에서는 전혀 사용되고 있지 않다. 또한 단어의 등장 빈도의 경우, 2015 개정 교육과정에서는 물 13건, 현상 14건, 예 12건, 특징 10건이, 2022 개정 교육과정에서는 특징 15건, 물 12건, 현상 10건, 예 5건 등으로 크게 빈도가 줄지는 않았으나 중심성 지수가 감소했다는 것은 특정 영역이나 단원, 특정 성취기준에서만 이와 같은 내용이 등장하고 있음을 뜻한다. 한편, 대체로 연결중심성이 높은 주요어가 매개 중심성이거나 근접 중심성이 유사하게 나타나고 있으며, 이는 높은 빈도를 갖는 주요어가 서로 다른 성취기준에 대한 연계의 측면에서도 중요함을 뜻한다.

Table 3. Comparison of different kinds of centrality according to fields of science in 2015 and 2022 revised national curriculum of science

순위	물리학		화학		생명과학		지구과학		
	주요어	중심성 지수	주요어	중심성 지수	주요어	중심성 지수	주요어	중심성 지수	
2015	1	조사	0.4077	관찰	0.4872	설명	0.7073	설명	0.5804
	2	관찰	0.3937	물질	0.4487	식물	0.4146	이해	0.3482
	3	설명	0.3101	성질	0.3846	동물	0.4024	과정	0.2768
	4	이용	0.2334	기체	0.359	관찰	0.378	조사	0.2321
	5	생활	0.223	물	0.359	기능	0.3293	계절	0.2321
	6	변화	0.223	변화	0.3333	생김새	0.2927	지구	0.2232
	7	특징	0.2125	설명	0.3205	특징	0.2561	특징	0.2054
	8	공유	0.2091	가지	0.3077	생활	0.2561	관찰	0.1964
	9	비교	0.1951	용액	0.2821	과정	0.2561	모형	0.1964
	10	일상생활	0.1916	예	0.2692	조사	0.2439	태양	0.1875
	11	실천	0.1742	고체	0.2564	생물	0.2439	지구의	0.1786
	12	물질	0.1707	부피	0.2564	종류	0.2317	비교	0.1696
	13	물체	0.1672	비교	0.2436	살	0.1707	원인	0.1607
	14	현상	0.1568	현상	0.2436	살이	0.1707	생성	0.1518
	15	과정	0.1568	실험	0.2308	영향	0.1707	변화	0.1518
	16	성질	0.1568	주변	0.2308	기관	0.1707	달	0.1429
	17	사례	0.1568	분리	0.2179	가지	0.1585	환경	0.1339
	18	관련	0.1498	혼합물	0.2051	환경	0.1585	모양	0.1339
	19	가지	0.1429	이용	0.2051	이해	0.1585	길이	0.1339
	20	방법	0.1429	관련	0.2051	위치	0.1585	기온	0.1339
2022	1	물체▲	0.4624	물질▲	0.4933	생활▲	0.5465	변화▲	0.3158
	2	일상생활▲	0.4409	성질▲	0.4667	조사▲	0.4767	활동▲	0.2632
	3	조사▼	0.3978	관찰▼	0.4667	설명▼	0.4767	관찰▲	0.2368
	4	관찰▼	0.3763	비교▲	0.3733	관찰-	0.3605	특징▲	0.2281
	5	이용▼	0.2796	이용▲	0.36	식물▼	0.3256	조사▼	0.2281
	6	현상▲	0.2473	물▼	0.36	동물▼	0.2791	태양▲	0.2281
	7	실천▲	0.2366	사례▲	0.36	공유▲	0.2558	설명▲	0.2281
	8	특징▲	0.2151	공유▲	0.36	몸▲	0.2558	계절▼	0.1842
	9	말▲	0.2151	기체▼	0.3333	관련▲	0.2442	가치▲	0.1754
	10	힘▲	0.2043	용액▲	0.3333	생물▲	0.2442	모형▲	0.1667
	11	비교▼	0.2043	가지▼	0.3067	실천▲	0.2442	생활▲	0.1579
	12	가지▲	0.2043	변화▼	0.2933	특징▼	0.2326	인식▲	0.1579
	13	온도▲	0.2043	조사▲	0.2667	감염병▲	0.2326	영향▲	0.1491
	14	공유▲	0.1828	혼합물▲	0.2667	기관▲	0.2326	환경▲	0.1491
	15	사용▲	0.172	분리▲	0.2667	과정▼	0.2093	고도▲	0.1491
	16	자식▲	0.172	산성▼	0.2667	자료▲	0.186	관계▲	0.1491
	17	장치▲	0.172	연소▲	0.2667	생김새▼	0.1744	기후▲	0.1404
	18	속력▲	0.172	종류▲	0.24	방식▲	0.1744	과정▼	0.1404
	19	관련▼	0.1613	장치▲	0.24	이용▲	0.1744	지구의▼	0.1404
	20	소리▲	0.1613	현상▼	0.24	설계▲	0.1628	표현▲	0.1316



각 영역별로 연결 중심성 지수를 중심으로 비교한 결과를 살펴보면 전반적으로는 공유, 실천, 활동 등 주로 학생들이 직접 수행하거나 참여해야 하는 주요어가 전반적으로 이전 교육과정에 비해 늘어난 것을 알 수 있다. Table 3은 각 영역별로 2015 및 2022 개정 과학과 교육과정에서의 중심성 지수가 높은 주요어를 나열한 것으로 이전에 비해 순위가 증가한 것은 ‘▲’, 동일한 것은 ‘-’, 감소한 것은 ‘▼’으로 표시하였다. 이 중 이전에 나타나지 않았으나 새롭게 등장하였거나 급격히 순위가 증가한 것들을 음영으로 표시하였다. 물리학의 경우, 이전 교육과정에서는 조사, 관찰, 설명, 이용, 생활 등의 순으로 나타났으나 개정된 교육과정에서는 설명은 중심성이 크게 감소하였으며, 조사와 관찰보다 물체와 일상생활이 강조되고 있다. 다른 영역에서는 일상생활이라는 용어 대신 우리 생활로 사용하고 있으며, 화학을 제외한 나머지 영역에서 모두 일상적인 맥락에서의 과학교수학습이 중요하게 나타남을 알 수 있다. 일상생활 외에 이전에 비해 중심성 지수의 값이 크게 증가한 주요어는 물체, 현상, 힘, 온도, 자석, 속력 등 과학적 개념과 현상과 관련된 것들이다. 이는 물리학에서의 성취기준에서 일상생활의 맥락 속에서의 여러 기초 개념들을 강조하고 있음을 추론할 수 있다.

화학의 경우, 물질과 용액, 혼합물 등 물질의 성질과 관련된 주요어의 중심성 지수의 값과 순위가 증가하였다. 이는 개정된 교육과정에서 물질의 성질 및 그에 포함된 용액과 관련된 성취기준이 늘어난 것과도 일맥상통한다. 한편, 과정·기능적 측면에서는 비교, 공유, 이용 등 여러 물질이나 용액의 특성을 비교하고 동료와 공유하는 등의 요소가 강조된 반면 물, 기체, 산성, 변화 등 물질의 상태 변화 등과 관련된 것들은 줄어들었다. 이는 개정된 교육과정에서 물질의 변화 영역의 성취기준이 감소한 것과 일맥상통한다.

생명과학 영역에서는 식물과 동물, 한살이나 생김새 등의 내용은 비중이 감소하였고, 몸, 감염병 등 새로운 주요어가 크게 부각되고 있다. 이는 개정된 교육과정에서 우리 몸의 구조와 기능, 감염병과 건강한 생활 등이 추가되면서 관련 성취기준이 늘어나면서 이뤄진 것들이다. 한편 식물과 동물과 관련된 주요어가 감소한 것은 기존 교육과정에서 식물의 한살이, 동물의 한살이로 나뉘어 있던 성취

기준을 생물의 한살이로 통합하면서 성취기준이 감소하였고 식물과 동물보다는 생물이라는 보다 넓은 관점에서 다뤄지면서 나타난 것을 알 수 있다.

지구과학 영역은 다른 영역과 달리 활동이라는 주요어가 매우 중요하게 부각되고 있는데, 화산 활동, 인간 활동 등 자연현상의 움직임과 모형이나 제작 등의 활동을 포함하는 성취기준이 강조되면서 나타나는 특징이다. 개념과 관련된 용어로는 계절의 변화나 달의 운동은 감소한 반면, 태양 및 기후, 고도 등은 보다 강조되는데 날씨와 우리 생활, 기후변화와 우리 생활 등 영역에서 기후와 관련된 성취기준이 늘어났기 때문으로 풀이된다.

이와 같은 영역별 중심성 지수의 차이는 과정·기능적 측면의 성취기준 진술이 전반에 걸쳐 늘어난 것이 아니라 각 영역에 따른 차이가 있음을 잘 보여준다. 예를 들면 비교와 같은 경우, 물리학에서는 감소한 반면, 화학에서는 증가하였고, 모형이나 활동을 다루는 것들은 지구과학에서만 특별하게 나타나는 경향이며 생명과학에서는 설계 등의 활동이 이전에 비해 강조되고 있다. 이와 같은 주요어의 변화가 실제 각각의 성취기준의 진술에서 어떻게 나타나는지 살펴보기 위해서는 중심성 지수만으로는 부족하며, 네트워크 분석에서의 군집의 형태나 강도 등을 살펴보아야 보다 자세히 이해할 수 있다.

### 3. 네트워크 군집을 중심으로 한 영역별 특징의 비교

여러 주요어들 간의 연결을 통해 나타나는 특징을 살펴보기 위해서는 노드 사이의 연결이나 범주를 밝히는 것이 중요하다. 이에 본 연구는 Louvain 알고리즘을 이용한 커뮤니티 탐지 방법을 활용하여 2015 및 2022 개정 과학과 교육과정의 각각의 영역별로 어떠한 차이점이 있는지 살펴보고자 하였다. 2015 및 2022 개정 과학과 교육과정의 전체를 비교하는 것도 가능하나, 이 경우 노드의 숫자가 지나치게 많아 시각화하더라도 그 의미를 충분히 파악하기 어렵고, 교육과정의 수직적 연계성 등을 고려할 때 물리학, 화학 등 각 영역별로 비교하는 것이 보다 큰 시사점을 제공할 수 있어 관련 내용을 중심으로 기술하였다. 또한 관련 그래프에서의 노드 간 연결 강도 등을 쉽게 비교하도록 빈도에 따라 노드의 크기를 조절하고, 링크의 빈도에 따른 노드 간 거리를 조정하여 시각화하였다.

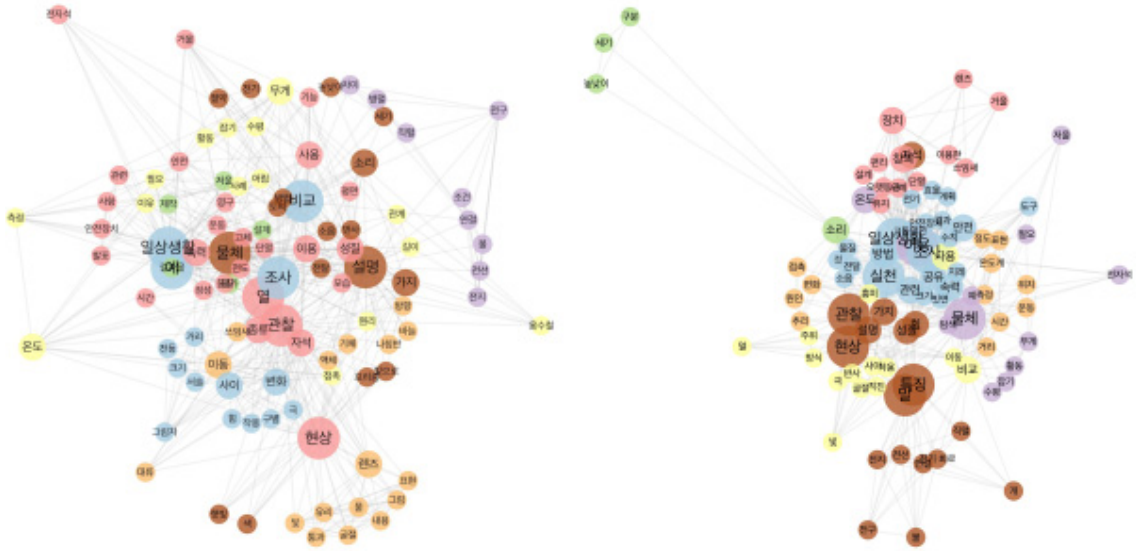


Fig. 2. Comparison of clustering related to physics in 2015 and 2022 revised national curriculum of science

물리학의 경우, 이전 교육과정과 개정된 교육과정 모두 7개의 군집으로 구성되었으나 각각의 군집을 구성하는 주요어의 형태나 내용에는 큰 차이점을 보이고 있다. 일상생활, 조사, 설명, 현상 등의 주요어가 연결 중심성이 높은 것은 유사하나, 개정 교육과정에서는 좀 더 이와 같은 단어가 밀접하게 쓰이면서 각각의 군집이 보다 잘 묶이고 있음을 알 수 있다. 일상생활과 관련된 내용의 경우, 조사, 실천,

공유 등의 행위와 함께 소리, 속력, 지레 등 다양한 물리 개념들과도 함께 쓰이고 있음을 알 수 있다. 전자기나 열, 역학 등 물리학의 하위 영역별로 개별적인 현상이나 활동을 다루던 것과 달리 과정·기능과 관련된 용어를 이전에 비해 통일적으로 사용함으로써 나타나는 경향으로 해석할 수 있다. 한편, 전기와 자기와 관련된 내용의 경우, 이전 교육과정에서는 자석이나 전자석 등의 내용이 운동을 설명하

Table 4. Comparison of clusters according to the 2015 and 2022 revised physics curriculum

2015 개정 과학과 교육과정		2022 개정 과학과 교육과정	
빈도	주요어	빈도	주요어
1(11)	‘사이’, ‘힘’, ‘작용’, ‘극’, ‘구별’, ‘그림자’, ‘전등’, ‘거리’, ‘크기’, ‘변화’, ‘서술’	1(11)	‘수평’, ‘잡기’, ‘활동’, ‘무게’, ‘비교’, ‘저울’, ‘필요’, ‘사용’, ‘전자석’, ‘탐색’, ‘예’
2(5)	‘설계’, ‘저울’, ‘제작’, ‘결과물’, ‘평가’	2(12)	‘편리’, ‘장치’, ‘설계’, ‘거울’, ‘렌즈’, ‘쓰임새’, ‘이용한’, ‘창의’, ‘단열’, ‘사례’, ‘오랫동안’, ‘유지’
3(28)	‘자석’, ‘종류’, ‘성질’, ‘일상생활’, ‘사용’, ‘예’, ‘조사’, ‘기능’, ‘비교’, ‘평면’, ‘거울’, ‘모습’, ‘이용’, ‘고체’, ‘물질’, ‘진도’, ‘단열’, ‘운동’, ‘속력’, ‘정성’, ‘시간’, ‘관련’, ‘안전’, ‘사항’, ‘안전장치’, ‘발표’, ‘연구’, ‘전자석’	3(23)	‘일상생활’, ‘관련’, ‘빔면’, ‘지레’, ‘도구’, ‘크기’, ‘조사’, ‘공유’, ‘물질’, ‘전달’, ‘것’, ‘소음’, ‘방법’, ‘실천’, ‘속력’, ‘안전’, ‘수칙’, ‘안전장치’, ‘결과’, ‘교통안전’, ‘전기’, ‘효율’, ‘계획’
4(20)	‘현상’, ‘관찰’, ‘나침반’, ‘바늘’, ‘방향’, ‘열’, ‘이동’, ‘기체’, ‘액체’, ‘대류’, ‘빛’, ‘유리’, ‘물’, ‘렌즈’, ‘통과’, ‘굴절’, ‘내용’, ‘그림’, ‘표현’, ‘쓰임새’	4(15)	‘물체’, ‘이용’, ‘정도’, ‘온도’, ‘표현’, ‘온도계’, ‘측정’, ‘접촉’, ‘변화’, ‘원인’, ‘추리’, ‘운동’, ‘시간’, ‘위치’, ‘거리’
5(9)	‘전구’, ‘전지’, ‘전선’, ‘연결’, ‘불’, ‘조건’, ‘직렬’, ‘병렬’, ‘차이’	5(8)	‘전구’, ‘전지’, ‘전선’, ‘연결’, ‘불’, ‘전기 회로’, ‘개’, ‘직렬’
6(17)	‘설명’, ‘물체’, ‘무게’, ‘측정’, ‘필요’, ‘이유’, ‘수평’, ‘잡기’, ‘활동’, ‘용수철’, ‘길이’, ‘관계’, ‘원리’, ‘온도’, ‘어림’, ‘사례’, ‘접촉’	6(21)	‘힘’, ‘현상’, ‘흥미’, ‘관찰’, ‘가지’, ‘설명’, ‘자석’, ‘사이’, ‘작용’, ‘특징’, ‘말’, ‘극’, ‘빛’, ‘성질’, ‘직진’, ‘반사’, ‘굴절’, ‘열’, ‘주위’, ‘이동’, ‘방식’
7(15)	‘가지’, ‘소리’, ‘세기’, ‘높낮이’, ‘전달’, ‘반사’, ‘소음’, ‘방법’, ‘도의’, ‘프리즘’, ‘햇빛’, ‘색’, ‘빛으로’, ‘전기’, ‘절약’	7(4)	‘소리’, ‘구분’, ‘세기’, ‘높낮이’

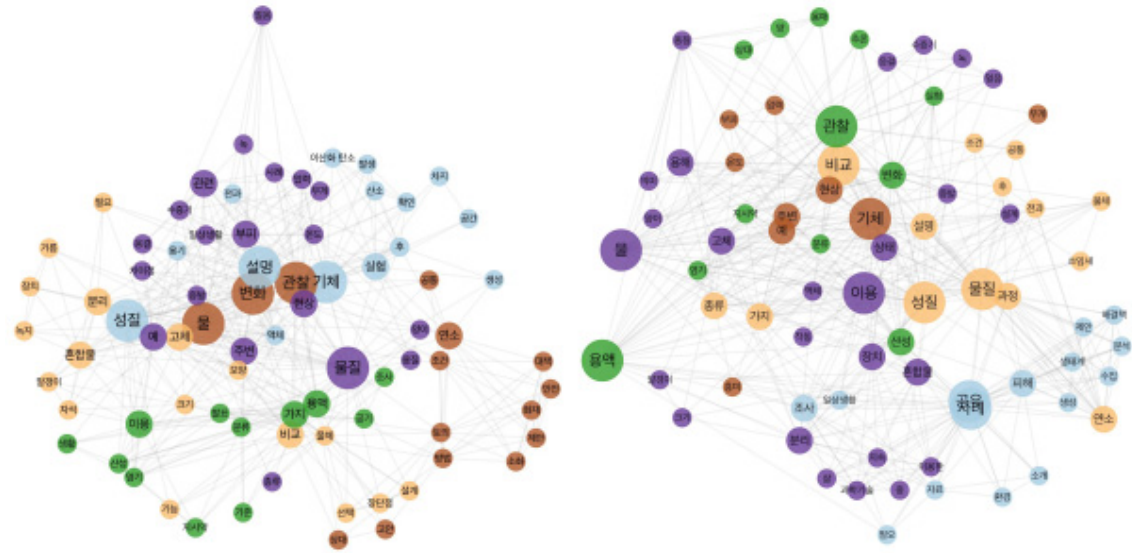


Fig. 3. Comparison of clustering related to chemistry in 2015 and 2022 revised national curriculum of science

는 다른 내용과 하나의 범주로 구성되고, 나침반과 전구 및 전지를 다루는 작은 크기의 범주 3가지로 구성된 반면, 개정된 교육과정에서는 나침반과 같은 작은 군집이 사라지고 안전의 관점에서 전기와 관련된 내용, 현상 관찰의 관점에서의 자석과 극이 운동과 포함되어 있고, 전지, 전구를 중심으로 하는 내용으로 전기 회로에 대한 이해를 설명하는 경우를 제외하면 다른 영역과 관찰, 설명, 흥미, 조사, 공유, 실천 등 과정·기능적 측면의 주요어와 함께 쓰이고 있음을 알 수 있다. 또한 이전에 비해 설계나 제작과 관련된 범주가 소리, 열, 운동 등 다양한 개념

을 포괄하면서 이와 같은 활동이 강조되고 있음을 알 수 있다.

화학 영역의 경우, 물리학과는 달리 기존 교육과정에 비해 군집 내에서의 연결 강도가 크게 나아지지 않은 것을 확인할 수 있다. 기존 교육과정 및 이전 교육과정 모두 5개의 범주로 구성되어 있으며, 산과 염기, 액체와 기체의 특징, 기체의 압력과 부피, 물질과 물체의 특성, 연소와 소화 등 주요 개념을 중심으로 범주가 구성되어 있으나, 쓰임새나 설계, 관찰과 추론 등 이와 관련된 학생 활동에 대한 주요어가 이전과 달라졌음을 확인할 수 있다. 예를

Table 5. Comparison of clusters according to the 2015 and 2022 revised chemistry curriculum

2015 개정 과학과 교육과정		2022 개정 과학과 교육과정	
빈도	주요어	빈도	주요어
1(15)	‘성질’, ‘전과’, ‘후’, ‘설명’, ‘액체’, ‘용기’, ‘공간’, ‘기체’, ‘차지’, ‘실험’, ‘산소’, ‘이산화 탄소’, ‘발생’, ‘확인’, ‘생성’	1(9)	‘기체’, ‘주변’, ‘예’, ‘무게’, ‘압력’, ‘온도’, ‘부피’, ‘현상’, ‘흥미’
2(12)	‘가지’, ‘분류’, ‘이용’, ‘용액’, ‘기준’, ‘지시약’, ‘산성’, ‘염기’, ‘생활’, ‘발표’, ‘공기’, ‘조사’	2(12)	‘분류’, ‘관찰’, ‘변화’, ‘실험’, ‘용매’, ‘양’, ‘용액’, ‘상대’, ‘지시약’, ‘산성’, ‘염기’, ‘추론’
3(18)	‘물질’, ‘물체’, ‘비교’, ‘기능’, ‘모양’, ‘크기’, ‘선택’, ‘설계’, ‘장단점’, ‘고체’, ‘혼합물’, ‘분리’, ‘필요’, ‘알갱이’, ‘자석’, ‘거름’, ‘장치’, ‘녹지’	3(15)	‘일상생활’, ‘조사’, ‘사례’, ‘필요’, ‘자료’, ‘공유’, ‘환경’, ‘피해’, ‘소개’, ‘생성’, ‘생태계’, ‘수집’, ‘분석’, ‘해결책’, ‘제안’
4(22)	‘관찰’, ‘변화’, ‘부피’, ‘무게’, ‘주변’, ‘일상생활’, ‘예’, ‘물’, ‘증발’, ‘수증기’, ‘얼음’, ‘녹’, ‘차이점’, ‘관련’, ‘응결’, ‘현상’, ‘용질’, ‘종류’, ‘양이’, ‘온도’, ‘압력’, ‘사례’	4(26)	‘상태’, ‘고체’, ‘액체’, ‘이용’, ‘설계’, ‘물’, ‘얼음’, ‘녹’, ‘증발’, ‘수증기’, ‘응결’, ‘장치’, ‘작동’, ‘용해’, ‘의미’, ‘용질’, ‘양이’, ‘알갱이’, ‘크기’, ‘혼합물’, ‘분리’, ‘삶’, ‘지속’, ‘과학기술’, ‘중’, ‘이용한’
5(12)	‘토의’, ‘상대’, ‘방법’, ‘고안’, ‘공통’, ‘연소’, ‘조건’, ‘소화’, ‘제안’, ‘화재’, ‘안전’, ‘대책’	5(14)	‘가지’, ‘물질’, ‘물질’, ‘성질’, ‘비교’, ‘종류’, ‘쓰임새’, ‘설명’, ‘연소’, ‘공통’, ‘조건’, ‘전과’, ‘후’, ‘과정’

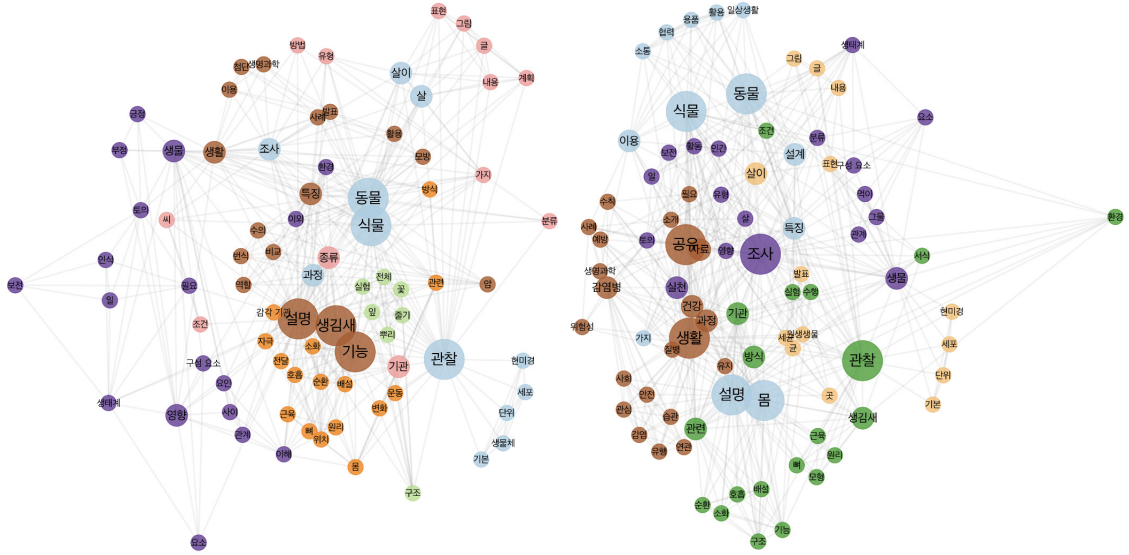


Fig. 4. Comparison of clustering related to biology in 2015 and 2022 revised national curriculum of science

들면 2015 개정 교육과정에서는 ‘[6과08-02] 지시약을 이용하여 여러 가지 용액을 산성 용액과 염기성 용액으로 분류할 수 있다.’, ‘[6과08-03] 산성 용액과 염기성 용액의 여러 가지 성질을 비교하고, 산성 용액과 염기성 용액을 섞었을 때의 변화를 관찰할 수 있다.’ 등으로 진술된 반면 2022 개정 교육과정에서는 ‘[6과09-02] 산성 용액과 염기성 용액의 성질을 관찰하고, 산성 용액과 염기성 용액을 섞을 때 용액의 성질 변화를 실험을 통해 추론할 수 있다.’, ‘[6과09

-03] 우리 주변에서 산성 용액과 염기성 용액을 이용하는 예를 찾아서 설명할 수 있다.’ 등과 같이 추론이나 예를 찾아서 설명하는 등 성취기준의 진술이 변화되었음을 알 수 있다.

생명과학 영역의 경우도 2015 및 2022 개정 교육과정의 군집이 6개에서 5개로 줄어들면서 개별 군집 간의 거리가 줄어들었으며 세포와 현미경 등의 소규모 군집이 사라졌다. 무엇보다도 핵심을 이루는 주요어가 크게 달라진 것을 확인할 수 있는데, 이전

Table 6. Comparison of clusters according to the 2015 and 2022 revised biology curriculum

2015 개정 과학과 교육과정		2022 개정 과학과 교육과정	
빈도	주요어	빈도	주요어
1(5)	‘기본’, ‘생물체’, ‘단위’, ‘세포’, ‘현미경’	1(15)	‘관찰’, ‘살이’, ‘내용’, ‘글’, ‘그림’, ‘표현’, ‘균’, ‘원생생물’, ‘세균’, ‘꽃’, ‘발표’, ‘기본’, ‘단위’, ‘세포’, ‘현미경’
2(23)	‘가지’, ‘동물’, ‘관찰’, ‘분류’, ‘식물’, ‘암’, ‘비교’, ‘번식’, ‘과정’, ‘수의’, ‘역할’, ‘살’, ‘계획’, ‘살이’, ‘내용’, ‘글’, ‘그림’, ‘표현’, ‘조사’, ‘유형’, ‘씨’, ‘이의’, ‘방법’	2(20)	‘가지’, ‘특징’, ‘생활’, ‘이용’, ‘일상생활’, ‘활용’, ‘용품’, ‘설계’, ‘협력’, ‘소통’, ‘필요’, ‘소개’, ‘자료’, ‘공유’, ‘사례’, ‘위험성’, ‘건강’, ‘예방’, ‘수칙’, ‘생명과학’
3(9)	‘특징’, ‘생활’, ‘모방’, ‘활용’, ‘사례’, ‘발표’, ‘첨단’, ‘생명과학’, ‘이용’	3(9)	‘과정’, ‘감염병’, ‘안전’, ‘사회’, ‘관심’, ‘감염’, ‘습관’, ‘유행’, ‘연관’
4(7)	‘전체’, ‘구조’, ‘실험’, ‘뿌리’, ‘줄기’, ‘잎’, ‘꽃’	4(18)	‘분류’, ‘조사’, ‘살’, ‘생물’, ‘유형’, ‘토의’, ‘실천’, ‘영향’, ‘구성 요소’, ‘생태계’, ‘요소’, ‘관계’, ‘먹이’, ‘그물’, ‘인간’, ‘활동’, ‘보전’, ‘일’
5(21)	‘생김새’, ‘방식’, ‘관련’, ‘설명’, ‘종류’, ‘기능’, ‘근육’, ‘뼈’, ‘몸’, ‘원리’, ‘소화’, ‘순환’, ‘호흡’, ‘배설’, ‘기관’, ‘위치’, ‘감각 기관’, ‘자극’, ‘전달’, ‘운동’, ‘변화’	5(25)	‘동물’, ‘서식’, ‘환경’, ‘생김새’, ‘방식’, ‘관련’, ‘설명’, ‘식물’, ‘조건’, ‘실험’, ‘수행’, ‘결정’, ‘근육’, ‘뼈’, ‘모형’, ‘몸’, ‘원리’, ‘소화’, ‘순환’, ‘호흡’, ‘배설’, ‘기관’, ‘구조’, ‘기능’, ‘유지’
6(18)	‘환경’, ‘필요’, ‘조건’, ‘생물’, ‘공정’, ‘영향’, ‘부정’, ‘토의’, ‘생태계’, ‘요소’, ‘구성 요소’, ‘요인’, ‘이해’, ‘사이’, ‘관계’, ‘보전’, ‘인식’, ‘일’		

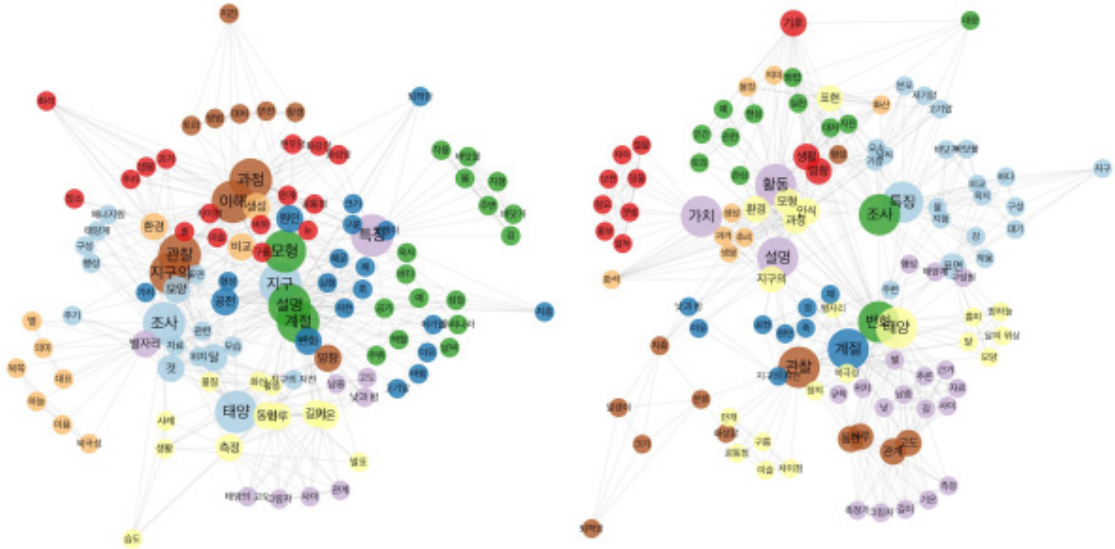


Fig. 5. Comparison of clustering related to earth science in 2015 and 2022 revised national curriculum of science

교육과정에서는 설명, 생김새, 관찰, 식물, 동물이 중심이 되고 있는 반면, 개정된 교육과정에서는 공유, 생활, 조사, 설명, 몸이 좀 더 높은 중심성 지수를 가지는 것을 발견할 수 있다. 각각의 범주는 감염과 예방, 소화기나 호흡기 등 몸의 구조, 세포 및

생물의 기본 구조, 생태계의 구성, 식물과 동물로 크게 구분될 수 있다. 앞서 Table 6에서 보여주듯 식물과 동물에 대한 설명이 특정 내용에 국한되며, 몸이 부각되고 있음을 잘 보여주고 있다.

지구과학 영역에서는 기존 및 개정 교육과정 모

Table 7. Comparison of clusters according to the 2015 and 2022 revised geoscience curriculum

2015 개정 과학과 교육과정		2022 개정 과학과 교육과정	
빈도	주요어	빈도	주요어
1(17)	‘관련’, ‘지구’, ‘자료’, ‘조사’, ‘모양’, ‘표면’, ‘모습’, ‘달’, ‘태양’, ‘에너지원’, ‘태양계’, ‘구성’, ‘행성’, ‘위치’, ‘것’, ‘지구의 자전’, ‘주기’	1(21)	‘대기’, ‘지구’, ‘표면’, ‘구성’, ‘육지’, ‘바다’, ‘특징’, ‘비교’, ‘바닷물’, ‘물’, ‘바닷가’, ‘지형’, ‘작용’, ‘강’, ‘주변’, ‘기상’, ‘요소’, ‘날씨’, ‘고기압’, ‘저기압’, ‘분포’
2(22)	‘모형’, ‘설명’, ‘가지’, ‘지층’, ‘형성’, ‘알갱이’, ‘퇴적암’, ‘크기’, ‘구분’, ‘원인’, ‘고기압’, ‘저기압’, ‘바람’, ‘이유’, ‘계절’, ‘공전’, ‘변화’, ‘자전’, ‘축’, ‘채’, ‘때문’, ‘실험’	2(9)	‘낮과 밤’, ‘지구의 자전’, ‘이유’, ‘공전’, ‘계절’, ‘원인’, ‘축’, ‘채’, ‘것’
3(17)	‘강’, ‘바닷가’, ‘주변’, ‘지형’, ‘특징’, ‘물’, ‘바닷물’, ‘작용’, ‘육지’, ‘바다’, ‘주위’, ‘공기’, ‘역할’, ‘예’, ‘날씨’, ‘우리나라’, ‘성질’	3(8)	‘밀물’, ‘썰물’, ‘차이’, ‘갯벌’, ‘보전’, ‘필요’, ‘설득’, ‘홍보’
4(23)	‘장소’, ‘휴’, ‘관찰’, ‘비교’, ‘생성’, ‘과정’, ‘화석’, ‘이해’, ‘지구’, ‘과거’, ‘생물’, ‘환경’, ‘추리’, ‘화성암’, ‘화강암’, ‘현무암’, ‘안개’, ‘이슬’, ‘구름’, ‘공통점’, ‘차이점’, ‘비와’, ‘눈’	4(7)	‘화성암’, ‘분류’, ‘지층’, ‘형성’, ‘퇴적암’, ‘알갱이’, ‘크기’
5(8)	‘별’, ‘의미’, ‘대표’, ‘별자리’, ‘북쪽’, ‘하늘’, ‘이용’, ‘북극성’	5(14)	‘관찰’, ‘달’, ‘모양’, ‘달의 위상’, ‘밤하늘’, ‘흥미’, ‘정의’, ‘북극성’, ‘별자리’, ‘안개’, ‘이슬’, ‘구름’, ‘공통점’, ‘차이점’
6(12)	‘측정’, ‘동안’, ‘하루’, ‘태양의 고도’, ‘그림자’, ‘길이’, ‘기온’, ‘사이’, ‘관계’, ‘남중’, ‘고도’, ‘낮과 밤’	6(23)	‘구성원’, ‘태양계’, ‘태양’, ‘행성’, ‘별’, ‘동안’, ‘하루’, ‘위치’, ‘규칙’, ‘고도’, ‘측정기’, ‘그림자’, ‘길이’, ‘기온’, ‘측정’, ‘관계’, ‘남중’, ‘낮’, ‘길’, ‘사이’, ‘자료’, ‘근거’, ‘추론’
7(8)	‘화산’, ‘활동’, ‘물질’, ‘생활’, ‘영향’, ‘발표’, ‘습도’, ‘사례’	7(17)	‘가치’, ‘의미’, ‘화산’, ‘활동’, ‘물질’, ‘모형’, ‘표현’, ‘환경’, ‘설명’, ‘과정’, ‘생성’, ‘화석’, ‘지구의’, ‘과거’, ‘생물’, ‘추리’, ‘인식’
8(6)	‘발생’, ‘지진’, ‘안전’, ‘대처’, ‘방법’, ‘토의’	8(16)	‘조사’, ‘지진’, ‘생활’, ‘영향’, ‘대처’, ‘방법’, ‘실천’, ‘변화’, ‘기후’, ‘현상’, ‘예’, ‘인간’, ‘관련’, ‘토의’, ‘관심’, ‘대응’

두 8개의 군집으로 구성됨을 확인하였으나 학생의 행동과 관련된 주요어가 이전과 구분되어 나타남을 알 수 있다. 2015 개정 교육과정에서는 태양과 달, 천체 등에 대해서는 조사를, 지층 및 고체 지구와 관련된 영역에서는 특징을 살펴보고 이해하는 것이 강조되었다면 2022 개정 교육과정에서는 지구에서의 일어나는 변화를 조사하고 특징을 파악하는 것이 함께 등장하며, 태양과 계절 변화를 설명하는 현상이나 내용 모두 관찰을 중심으로 하며, 생태나 환경 보호 측면에서 가치를 언급하고 있음을 보여주고 있다. 예를 들면 ‘[4과16-02] 육지와 비교하여 바다의 특징을 설명할 수 있다.’, ‘[4과06-03] 화석의 생성 과정을 이해하고 화석을 관찰하여 지구의 과거 생물과 환경을 추리할 수 있다.’와 같이 바다의 특징과 화석을 설명하던 것을 갯벌의 가치나 화석의 가치를 인식하도록 ‘[4과06-03] 밀물과 썰물의 차이를 알고, 갯벌의 가치와 보전의 필요성을 설득·홍보할 수 있다.’, ‘[6과01-03] 화석의 생성 과정을 모형으로 설명하고, 지구의 과거 생물과 환경을 추리하는 활동을 통해 화석의 가치를 인식할 수 있다.’로 제시하고 있다. 한편, 암석에 대한 분류나 특징은 감소하고 태양으로 인한 계절과 낮과 밤 등을 유추하거나 추론하는 등의 내용이 강화되었음을 알 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구는 2015 및 2022 개정 과학과 교육과정 중 초등학교 3~6학년군의 성취기준의 진술을 토대로 네트워크 분석을 통해 어떠한 변화 양상을 갖는지 비교하고 이를 토대로 초등학교 과학 교수학습을 위한 시사점을 제공하는 것을 목적으로 하였다. 이에 2022 개정 과학과 교육과정의 성취기준 진술문을 추출하여 성취기준의 영역별 빈도에 따른 변화와 중심성 지수에 따른 비교, 네트워크 군집 분석 등을 통해 이전과는 어떤 차이점이 있는지 분석하고자 하였다. 연구 결과, 성취기준의 숫자는 113개에서 102개로 10% 가량 감소하였으며, 과학과 사회의 안전, 지속가능사회 등을 다루는 통합 영역이 신설되면서 이전에 비해 융합적 성격이 강조되었음을 확인할 수 있었다. 그러나 단어의 빈도 및 중심성을 다른 연구 결과를 살펴보면 오히려 성취기준을 구성하는 주요 어휘의 빈도는 증가하였으며, 성취기준의 평균 길이 역시 증가한 것을 볼

때 내용 감축이 이전에 비해 크게 이뤄지지 않은 것을 추론할 수 있다. 중심성 지수를 통해 살펴본 결과, 이전 교육과정에서도 주로 다뤄지던 관찰, 조사, 설명 등의 측면이 여전히 다뤄지고 있지만, 공유, 실천, 이용, 설계 등 보다 다양한 형태의 과정·기능적 측면의 진술이 포함되고 있으며 이와 같은 진술은 일상생활의 맥락 속에서 긴밀하게 연결되고 있음을 알 수 있다. 다만 이와 같은 특징은 영역에 따라 서로 다른 특징을 보이고 있는데, 물리학에서는 조사와 관찰, 말하기 등의 행동 요소가, 화학에서는 관찰과 비교, 공유가, 생명과학에서는 조사와 설명을, 지구과학에서는 관찰과 모형 등에 대한 인식과 이해가 보다 강조되고 있음을 알 수 있다. 또한 과학 개념적 측면에서 살펴보면 물리학에서는 힘과 온도, 속력 등의 개념이, 화학에서는 물질과 용액, 혼합물이, 생명과학에서는 몸과 감염병이, 지구과학에서는 태양과 관련된 내용이 이전에 비해 중요하게 다뤄지고 있었고 이는 2022 개정 과학과 교육과정에서 새롭게 신설되거나 통합되는 내용 체계와 밀접한 관련이 있었다. 커뮤니티 탐지 기법을 활용해 각각의 영역별로는 이전 교육과정과 비교해 어떤 차이점이나 특징이 있는지 분석한 결과, 대체로 군집은 대체로 각 영역을 구성하는 개념 등을 중심으로 유사한 숫자를 갖지만 영역에 따라 과정·기능 및 가치·태도를 의미하는 진술을 중심으로 변화하는 특징을 보이고 있다. 각 주요어 간의 연결을 고려할 때, 물리학의 경우 이전에 비해 긴밀하게 연결되는 반면 화학이나 생명과학은 각 군집이 서로 흩어져 있음을 확인할 수 있었다. 특히 지구과학의 경우, 다른 영역에 비해 가치를 중요하게 언급함을 확인할 수 있었다.

이와 같은 연구 결과를 토대로 2022 개정 과학과 교육과정의 실행 측면에서 다음과 같은 점들을 고려할 필요가 있다. 첫째, 학생 간의 협업이나 디지털 도구나 기술을 활용하는 능력을 어떻게 함양할 것인가 주의 깊게 다뤄야 한다. 개정된 교육과정은 이전 교육과정에 비해 여러 가지 사례를 공유하거나 조사하고, 실천하는 등 학생의 인지적 측면 외에도 일상생활에서의 실천을 강조하는 등 과학적 소양이 보다 강조되고 있다. 이와 같은 활동이 효과적으로 이뤄지려면 여러 디지털 도구를 활용하는 능력이나 정보를 검색하는 능력, 잘못되거나 왜곡된 정보에 대한 올바른 이해와 지도가 매우 중요

하다. 특히, 지역이나 학교, 성별 등에 따라 정보의 접근 환경이나 특성 등이 다양한 차이가 존재하기 때문에 인터넷을 활용한 정보를 검색하는 요령이나 올바른 판단, 유해한 정보로부터 보호를 위해서는 검증되고 안전한 정보의 출처를 제공하거나 이를 관리할 수 있는 플랫폼 등이 함께 마련되는 것이 필요하다. 또한 이와 같은 활동은 우리 주변에서 관찰할 수 있거나 일상생활에서 경험할 수 있는 현상 등을 중심으로 하기 때문에 관심과 흥미를 가지고 이를 파악할 수 있도록 교육하는 것이 중요하다.

둘째, 이전과 개념적 또는 지식적 측면에서 유사 하더라도 강조하는 활동이나 기능의 측면이 변화했음을 인지하고 이를 어떻게 교육할 것인지 고려해야 한다. 예를 들면 식물이나 동물의 한살이가 글, 그림 등의 표현이 이전 교육과정에서 강조되었다면 개정 교육과정에서는 협력하거나 의사소통하고, 조사하는 등 직접적인 관찰이나 조작 활동과 이론적이고 탐색적인 활동이 서로 연계되어 나타나고 있다. 또한 이전 교육과정에서는 조사가 중심이 되었던 내용이 관찰이 강조되거나 가치에 대한 유용성을 느끼도록 하는 등 변화가 나타나고 있다. 이를 위해서는 과학적 의사소통이나 과학의 본성, 과학의 흥미와 가치에 대하여 학습할 수 있는 교수 학습 자료나 체계 등을 개발하거나, 교사들이 관련 내용을 학습할 수 있는 기회를 제공해야 할 것이다.

셋째, 동일한 주요어나 단어나 하더라도 영역이나 학교급에 따라 다르게 쓰일 수 있으므로 이로 인한 문제는 없는지 고민해 보아야 한다. 관찰, 조사, 설명, 이해, 공유, 실천, 설계 등 과정·기능적 측면과 연계되는 주요어가 폭넓게 반영되고 있으나, 각 영역에서 다루는 현상이나 개념이 상이하게 나타날 수 있다. 예를 들어 ‘관찰’이라 하더라도 물리학에서의 관찰은 일상생활에서 나타나는 물체나 현상을 관찰하나, 화학에서는 주어진 개념과 관련된 현상을 실험 등을 통해 관찰하며, 지구과학에서는 실제 대상이 아닌 모형 등의 움직임을 관찰하게 된다. 즉, 관찰의 의미와 범위가 소재나 내용에 따라 달라지기 때문에 적절한 탐구 능력 함양과 성취 기준 달성을 위해서는 이러한 주요어가 갖는 의미와 목표점 등을 명확하게 설정하고 판단하는 것이 중요하다. 네트워크 탐지 기법을 통해 나타난 주요 범주를 중심으로 살펴보면 다양한 활동과 현상에 대한 조사, 여러 가지 사례와 이용에 대한 탐색, 주

장이나 관찰 내용에 대한 글이나 그림을 이용한 표현, 관찰과 분류, 측정 등 다양한 기초 탐구 활동의 연계, 안전에 대한 강조, 과학적 의사소통, 공통점이나 차이점의 비교, 지구 및 태양계 현상을 중심으로 한 이해 등으로 구분되고 있다. 이를 통해 보다 여러 탐구나 수행 활동들이 종합적으로 이뤄짐을 추론할 수 있다.

개정된 교육과정에서도 여전히 강조되고 있는 탐구 및 수행 능력들을 어떻게 기르도록 할 것인지 고민해 보아야 한다. 2015 개정 과학과 교육과정 중 교사가 지도하기 어려워하는 탐구 활동 중 많은 활동이 ‘액체나 기체에서 대류 현상 관찰하기’, ‘밤하늘에서 행성과 별의 관측상의 차이점 찾기’, ‘여러 날 동안 같은 시각 보이는 달의 모양과 위치 관찰하기’ 등 관찰과 조사, 비교 등의 활동으로 나타나고 있다(채동현 등, 2022). 일반 학생들뿐만 아니라 영재학생들도 여러 가지 기초 탐구 활동의 수행이나 구분에서 어려움을 겪는 것으로 나타나고 있어서 탐구 활동을 수행하기 위한 적절한 사례나 지도법을 개발하고, 기초 탐구에 대한 의미나 역할을 잘 습득할 수 있도록 교육하는 것이 매우 중요하다(신현화와 김효남, 2010). 특히 많은 교사들이 새롭게 탐구활동을 구성하거나 개발하는 것보다는 교과서에 제시된 활동들을 그대로 활용한다는 점을 고려한다면 교사와 학생의 수행 기대와 수준을 고려하도록 안내하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다(김지숙과 최선영, 2022).

## 참고문헌

- 교육부(2015). 2015 개정 과학과 교육과정. 제2015-74호. 세종: 교육부.
- 교육부(2022). 2022 개정 과학과 교육과정. 제2022-09호. 세종: 교육부.
- 김경태, 송재민(2016). 네트워크 중심성 지표를 활용한 서울시 상습침수구역에 위치한 도로 네트워크 중심성 특성 분석. 한국지역개발학회지, 28(3), 89-108.
- 김성환, 탁해성, 조환규(2018). 사용자 이분그래프모형을 이용한 온라인 커뮤니티 토론 네트워크의 군집성과 극성 분석. 한국인터넷정보학회지, 19(5), 89-96.
- 김유정, 장원형, 홍훈기(2019). 텍스트 네트워크 분석법을 활용한 2015 과학과 교육과정 평가 분석 및 논의: 과정 중심 평가와의 연계를 중심으로. 교육과정평가, 22(3), 225-250.

- 김은정, 정숙진, 신명경, 신영준, 이규호(2022). 2015 개정 교육과정 초등학교 과학 검정교과서의 탐구활동 비교 분석: 지층과 화석을 중심으로. *초등과학교육*, 41(2), 295-306.
- 김지숙, 최선영(2022). 초등학교 5~6학년군 탐구 단원에 대한 교사의 인식에 관한 연구. *교육논총*, 42(1), 151-165.
- 박근송(2019). 위치 기반 소셜 네트워크 빅 데이터를 이용한 도시 지역커뮤니티 탐지. *대한건축학회 춘계학술발표대회논문집*, 39(1), 256-259.
- 박재근(2017). 2015 개정 초등 과학과 교육과정의 성취 기준과 탐구 활동 변화 분석. *초등과학교육*, 36(1), 43-60.
- 박지선, 장진아, 전예은(2022). 2015 초등학교 슬기로운 생활과 3~4학년 과학과 교육과정의 연계성 분석. *초등과학교육*, 41(2), 267-282.
- 박준형, 전영석(2020). 초등학교에서 무게와 질량 단위 도입의 문제에 대한 고찰. *새물리*, 70(7), 603-612.
- 변태진(2022). 초등 과학 교육과정의 변화와 쟁점: 물리 영역을 중심으로. *초등과학교육*, 41(2), 217-235.
- 서경희, 김영신(2020). 언어 네트워크 분석을 활용한 교육과정 개정에 따른 자극과 반응 단원의 개념 연계성 변화. *생물교육*, 48(1), 20-37.
- 신현화, 김효남(2010). 초등 과학과 자유탐구 활동에서 교사와 학생이 겪는 어려움 분석. *초등과학교육*, 29(3), 262-276.
- 양슬기, 한동균(2019). 한국 사회과 교육과정의 텍스트 네트워크 분석. *사회과교육*, 58(4), 87-110.
- 윤지영, 온정덕(2022). 학습에서의 성찰 개념 및 교육과정에서의 적용 방안 고찰. *교육과정연구*, 40(1), 1-27.
- 이수상(2018). 네트워크 분석방법의 활용과 한계. 서울: 청람.
- 임수민, 윤희정, 방담이(2019). 언어 네트워크 분석을 통한 2015 개정 과학과 교육과정 '물질' 분야의 연계성 분석. *현장과학교육*, 13(3), 303-318.
- 임연수(2019). 유튜브 영상 네트워크 중심성 지표들에 대한 고찰. *한국데이터분석학회지*, 21(6), 3169-3178.
- 정미경, 김경자(2006). 교사의 교육과정 변화 능력(change capacity) 함양을 위한 적응적 전문성(adaptive expertise) 신장 방안. *교육과학연구*, 37(3), 25-45.
- 주형미, 김종윤, 배화순, 변희현, 유금복, 서지영, 장근주, 박소영, 배주경(2020). 2015 개정 교육과정에 따른 초·중학교 교과 교육내용의 적정성 분석: 수학, 과학(RRC 2020-6-2). 한국교육과정평가원.
- 채동현, 신정운, 김은애(2022). 초등 5~6학년 과학 교과서에 제시된 탐구 활동 유형 분석 및 탐구 활동 지도의 어려움 탐색. *대한지구과학교육학회지*, 15(2), 213-223.
- Carolan, B. V. (2013). *Social network analysis and education: Theory, methods & applications*. Washington, DC: Sage.
- Girvan, M., & Newman, E. J. (2002). Community structure in social and biological networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(12), 7821-7826.
- Kumar, R., Moseley, B., Vassilvitskii, S., & Vattani, A. (2015). Fast greedy algorithms in MapReduce and streaming. *ACM Transactions on Parallel Computing*, 2(3), 1-22.

† 조한국, 단국대학교 교수(Hunkoog Jho; Professor, Dankook University).