

# 2015 개정 초등학교 과학과 4학년 검정 교과서에 제시된 혼합물의 분리 사례 분석 및 교사와 학생의 혼합물 개념 비교

채희인<sup>†</sup> · 노석구

## Analysis of the Case of Separation of Mixtures Presented in the 2015 Revised Elementary School Science 4th Grade Authorized Textbook and Comparison of the Concept of Separation of Mixtures between Teachers and Students

Chae, Heein<sup>†</sup> · Noh, Sukgoo

### 국문 초록

본 연구는 2022년에 4학년을 대상으로 처음 초등학교에 적용된 7종의 2015 개정 과학과 검정 교과서의 ‘혼합물의 분리’ 단원에 제시된 혼합물의 분리 사례를 네트워크 분석기법을 활용하여 그 구조를 분석하고 상호관계를 파악하고자 하였으며, 교사와 학생의 혼합물 개념에 관한 이해를 파악하고자 하였다. 이를 위해 검정 교과서에 제시된 혼합물의 분리 사례를 3차례에 걸친 클렌징 과정을 거쳐 최종적으로 96개의 키워드를 추출하였다. 또한 교사와 학생의 개념 이해를 분석하기 위하여 경기도 소재 초등학교에 재직 중인 교사 32명의 응답을 받았으며, 2022년에 검정 교과서로 혼합물의 분리 단원을 학습한 경기도 소재 4학년 92명의 설문을 분석에 활용하였다. 그 결과 고체의 경우 전체 96개의 사례 중 54개 (56.3%)로 가장 높은 비율을 보였으며, 학생들의 발달 특성에 맞게 가장 많고 다양한 사례가 제시된 것을 파악할 수 있었다. 그 다음으로 생물, 액체, 기타 물체 및 물질, 기체 순이었다. 혼합물의 사례를 분석하여 추출된 96개의 키워드에 대한 네트워크 분석을 통해 이들의 구조와 상호관계를 도식화하였고, 각 키워드가 서로 혼합물의 사례로 관련성을 갖는 연결을 분석하였다. 교사는 교과서에 제시된 복잡한 혼합물의 분리 사례를 부분적이었지만 바르게 이해한 경우가 있었으나, 학생의 경우 대부분 인지하지 못하고 있었으며, 설문으로 제시한 7개의 분리 사례에 대한 교사와 학생의 개념 이해를 분석한 결과 혼합물의 분리에 대한 명확한 개념 이해를 바탕으로 한 것이 아니라 개별 사례의 특성별로 다르게 응답하는 경향을 보였다. 따라서 다소 추상적일 수 있는 혼합물의 분리 개념을 학생이 명확하게 인식할 수 있도록 교육과정과 학습자의 특성에 맞게 보다 명확한 사례를 제시할 필요가 있다고 판단하였다.

**주제어:** 혼합물, 초등학교, 과학과 검정 교과서, 교사의 개념 이해, 학생의 개념 이해

### ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the examples presented in the “Separation of Mixtures” section of the 2015 revised science authorized textbook introduced in elementary schools in 2022 and to see how the teachers and students understand the concept. To do that, 96 keywords were extracted through three cleansing processes to separate the elements of the mixture presented in the textbook. In order to analyze the teachers’ perceptions, 32 teachers at elementary schools in Gyeonggi-do received responses to a survey, and a survey of 92 fourth graders who learned the separation of the mixture with an authorized textbook in 2022 was used for the analysis. As a result, as for the solids, 54 out of 96 separations (56.3%) showed the highest ratio, and the

largest number of cases were presented according to the characteristics of the development stage of students. It was followed by living things, liquids, other objects and substances, and gasses. By analyzing the mixture, the structure and the interrelationships between the 96 extracted keywords were systematized through the network analysis, and the connection between the keywords, which were a part of the mixture was analyzed. The teachers partially responded to the separation of the complex mixture presented in the textbook, but most of the students did not recognize it. Because the analysis of the teachers' and students' perceptions of the seven separate categories presented in the survey was not based on a clear conceptual perception of the separation of the mixture, but rather they tended to respond differently for each characteristic of each individual category, it was decided that it was necessary to present clearer examples of the separation of the mixture, so that the students could better understand the concept of separation of mixtures that could be somewhat abstract.

**Key words:** mixtures, elementary school, science authorized textbook, conception of teachers, conception of students

## I. 서 론

물질은 다양한 물질 세계 및 그 성질과 변화를 이해하고 우리 주변의 현상을 설명하기 위한 필수적인 개념이라고 할 수 있다(박지에 등, 2010; 조양숙 등, 1996; Harrison & Treagust, 2002; Liu & Lesniak, 2005). 따라서 물질에 관한 깊은 이해는 우리 주변의 것들을 설명하는데 가장 기초가 된다는 점에서 초등학교에서 물질의 개념을 바르게 이해하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다. 하지만 물질은 과학의 기본 개념임에도 불구하고 그 추상성으로 인해 이해가 어려운 것 중 하나이다(류오현 등, 2004; 이재원 등, 2018; 임희준, 2022; Adbo & Taber, 2009).

학생들은 물질에 오개념을 갖고 있으며(조양숙 등, 1996), 물질의 과학적 정의에 대한 바른 응답을 한 학생은 418명 중 단 한 명에 그쳤고, 대부분 고체와 관련된 암묵적인 정의를 물질의 개념으로 갖고 있는 것으로 나타났다. 또한 소수이지만 비물질인 현상과 에너지 등을 물질이라고 응답한 학생도 있었다(임희준, 2022). 이는 '물질'이라는 개념이 교육과정과 교과서에서 matter, material, substance와 같이 다양하게 혼용되고 있으며, 명확한 정의를 하지 않고 있기 때문에 학생이 물질 개념을 이해하기 어려웠다고 할 수 있다(홍미영과 전경문, 2007).

교과서에 물질의 과학적인 개념을 명시하고 있지 않지만 다양한 물질의 특성을 탐구 활동을 통해 학습하고, 4학년 이후의 학생들은 물질뿐만 아니라 혼합물에 대한 단원도 학습한다는 점에서 학생들이 물질에 관한 기본적인 개념을 형성하지 못하고 있거나 비물질을 물질이라고 인식하고, 세상의 모든 것을

물질이라고만 인식하고 있는 점은 개선이 필요한 부분이라고 할 수 있다. 또한 임희준(2022)은 고학년에서 질량과 무게 그리고 부피를 고려한 물질 개념을 형성하였다고 한 Smith *et al.*(1985), Krnel *et al.*(2005)의 연구와 달리 우리나라에서는 이와 같은 물질 개념을 형성한 학생이 고학년에서도 거의 없었던 점에서 우리나라 교육과정과 교과서의 재검토가 필요하다고 하였으며, 이는 학생들에게 다소 어렵고 추상적일 수 있는 개념을 다룰 때 교육과정과 교과서 구성에 있어서 보다 신중한 접근이 필요함을 의미한다.

물질에 관한 연구는 조금씩 이루어져 초등학교에서 물질관의 오개념 교정을 위한 과학사 프로그램의 적용(조양숙 등, 1996), 초등학교 2학년 학생들의 물질에 관한 이해(김효남과 구영옥, 2000), 혼합물의 분리 단원에서 문제해결 과정을 강조한 수업 전략의 개발(이신현과 최선영, 2014), 중학생들의 혼합물의 분리 개념(노세훈과 최원호, 2016), 의미네트워크를 활용한 초등학교 예비교사들의 물질 개념체계 분석(김도옥, 2018), 물질의 개념과 예에 대한 초등학생들의 이해(임희준, 2022) 등의 연구가 진행되었지만 4학년 이후에 학습하는 혼합물과 관련된 연구는 거의 이루어지지 않은 것이 현실이다.

특히 2022년은 2015 개정 과학과 검정 교과서가 3~4학년군에 도입된 첫해이며, 교과서가 다양화됨에 따라 혼합물의 분리 사례로 많은 예시가 교과서에 등장한 첫해이기도 하다. 또한 교과서에서는 혼합물의 정의를 바탕으로 제시된 혼합물의 다양한 사례를 탐구하고, 학생들이 그 개념을 이해할 수 있도록 하고 있기 때문에 혼합물의 분리 사례가 2015 개정 과학과 검정 교과서에 어떻게 제시되었는지 분석

해볼 필요가 있다고 할 수 있다.

이는 단순히 이론적 내용만 학습하는 것이 아니라 제시된 사례를 통해 구체적 상황이나 맥락적 경험을 강조하는 구성주의 관점을 반영한 것이며, 사례기반추론(CBR: Case Based Reasoning)과 같이 구체적인 사례를 통해 미루어 짐작하는 것이 학습에 있어서 중요함을 의미한다(윤수정, 2006; 조규탁, 2002; Kolodner, 1993; Schank, 1999). 즉 우리나라 교육과정과 교과서는 물질에 대한 과학적인 정의를 명확하게 제시하지 않고, 물질의 사례와 여러 물질이 섞여 있는 혼합물의 개념과 사례를 바탕으로 학습하도록 구성되어 있다. 따라서 학생들은 교과서에 제시되어 있는 혼합물 분리의 다양한 사례를 바탕으로 추론의 과정을 거쳐 과학적 개념을 학습한다는 점에서 그 사례를 분석하는 것은 중요성이 매우 크다고 할 수 있다.

이를 위해 본 연구에서는 2022년에 4학년을 대상으로 처음 초등학교에 적용된 7종의 2015 개정 과학과 검정 교과서의 ‘혼합물의 분리’ 단원에 제시된 혼합물의 분리 사례를 구조화하여 분석하기 위해 양적 분석과 분석 대상 사이의 상호관계를 모두 파악할 수 있는 네트워크 분석기법을 활용하였다(김용학, 2011; 김재경 등, 2009; 채희인과 노석구, 2015).

또한 과학과 검정 교과서를 바탕으로 수업을 진행한 교사와 이를 통해 학습한 학생의 혼합물에 대한 개념 이해 정도를 파악하는 것은 교과서 구성의 적절성을 판단할 수 있는 중요한 지표가 되므로 설문 을 통해 교사와 학생의 개념 이해 정도를 파악하고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 교과서에 제시된 혼합물의 분리 사례를 양적 분석과 사례 사이의 관계를 함께 분석하여 그 특성을 파악하고, 교과서를 직접 활용한 교사와 학생의 혼합물에 대한 이해 정도를 파악하여 혼합물의 분리 단원의 사례 제시가 적절하게 제시되어 있는가에 대한 논의를 통해 새롭게 개발되고 있는 2022 개정 과학과 검정 교과서의 ‘혼합물의 분리’ 단원 집필과 학생이 혼합물에 관한 개념을 명확하게 이해할 수 있는 교과서의 구체적 사례 구성에 대한 시사점을 주고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

#### 1) 교과서 분석

2015 개정 초등학교 과학과 검정 교과서에 제시된 혼합물의 사례를 분석하기 위하여 Table 1과 같이 2022년부터 초등학교 4학년에 적용된 과학과 검정 교과서를 분석하였다. 분석은 연구자와 경력 10년 이상 15년 미만의 현직 초등학교 교사 1인이 함께 분석을 진행하였으며, 사진(글) 또는 글의 형태로 ‘혼합물의 분리’ 단원에 제시된 혼합물의 예시를 분석하였다. 대부분 사진의 형태로 제시되어 있었으며, 사진으로 제시된 것은 모두 글로 설명이나 명칭이 함께 제시되어 있었다. 또한 적은 수였지만 글로만 제시되어 있고 사진은 제시되지 않은 것들도 있었다.

Table 1. Elementary school science textbook for analysis

저자	출판사
권치순 등	지학사
조정호 등	비상교과서
장신호 등	동아출판
이상원 등	천재교과서
박일우 등	금성출판사
조현국 등	김영사
현동걸 등	아이스크림

하나의 교과서에 혼합물의 분리와 관련된 예시가 중복되어 제시된 경우가 많았다. 특히 차시 제목, 탐구 도입, 탐구 준비물 및 탐구 과정, 내용 설명, 삽화의 주석에는 혼합물의 분리 예시가 반복하여 제시된 경우가 있었지만 본 연구는 혼합물의 분리 사례의 반복되는 숫자에 대한 분석이 아닌 교과서에 제시된 혼합물의 분리 사례가 갖는 구조적인 특성에 대한 분석에 중점을 두고자 하였기 때문에 하나의 교과서에서 특정 사례의 중복이 있더라도 하나의 사례로 분석하였다.

제시된 혼합물의 사례에 대한 키워드 네트워크 분석을 진행하기 위하여 Stavy(1991), Smith *et al.* (1997), 임희준(2022)이 활용한 물질의 개념 분류 유형 ‘① 고체, ② 액체, ③ 기체, ④ 기타 물질 및 물체, ⑤ 생물(동물, 식물(곡물))’을 바탕으로 유목화하

였으며, 키워드 간의 분석 오류를 방지하기 위하여 3차례에 걸친 클렌징 과정을 거쳐 최종적으로 96개의 키워드를 추출하였다. 예를 들어 소금, 소금 동굴, 소금물, 소금 호수(교과서에 소금 호수의 예로 사해가 제시되어 있음)의 경우 클렌징 과정에서 소금, 암염 동굴, 염수, 사해로 구분하여 키워드 네트워크 분석을 해야 정확한 결과를 얻을 수 있으므로 과학교육 전문가 1인과 협의를 통해 용어의 의미가 바뀌지 않으면서 정확한 분석이 될 수 있도록 클렌징을 진행하였다.

## 2) 교사와 학생의 개념 이해

2015 개정 초등학교 과학과 4학년 검정 교과서의 ‘혼합물의 분리’ 단원에 제시된 혼합물의 사례와 관련한 교사와 학생의 개념 이해를 파악하기 위해서 경기도 소재 14개 초등학교에 온라인 방식의 설문을 발송하여 32명의 교사에게 응답을 받았다. 학생의 경우 교사와 같은 설문지를 활용하여 ‘혼합물의 분리’ 단원을 학습한 경기도 소재 4학년 92명의 응답을 받았고, 해당 학생들은 과학과 4학년 검정 교과서가 처음 학교 교육 현장에 도입되어 학습을 한 학생들이라는 점에서 분석의 의의가 있다고 할 수 있다.

## 2. 검사 도구

본 연구에서는 2015 개정 초등학교 과학과 4학년 검정 교과서의 ‘혼합물의 분리’ 단원에 제시된 혼합물의 사례와 관련한 교사와 학생의 개념 이해를 파악하기 위해서 검정 교과서가 도입된 첫해에 해당 단원을 학습한 학생 5명과 함께 사전(pilot) 면담을 진행하였고, 면담의 진행 과정에서 교과서에 제시된 혼합물의 다양한 분리 사례를 함께 확인하였다.

교과서의 분석 사례를 통해 학생들은 대부분 고체, 액체와 관련된 사례가 교과서에 제시된 것을 파악하였고, 생물과 관련된 혼합물의 분리 예시도 포함된 것을 확인하였다. 이 중 학생들은 일부 고체와 액체 및 생물과 관련된 사례 중에서 몇 개의 특정 유사 사례에 관하여 많은 의문점을 제기하였고, 이를 바탕으로 교사와 학생의 혼합물에 대한 개념 이해 조사 설문지를 제작하였다.

해당 설문은 학생과의 사전(pilot) 면담 과정에서 교과서에 혼합물의 분리 예시로 제시되어 있지만 해당 내용에 대해 학생 대부분이 이해하지 못하고 있던 사탕수수에서 설탕을 분리하는 것과 관련된 문항

과 ① ‘사탕수수에서 설탕을 분리’하는 과정은 혼합물의 분리 방법 중 어떤 방법을 사용했다고 생각 하나요?) 교과서에 제시된 다양한 혼합물의 분리 사례를 보고 학생들이 해당 사례와 관련지어 추가로 이야기한 것과 관련된 문항② 다음은 과학 교과서에 제시된 ‘혼합물의 분리’ 예시입니다. 위 그림을 참고하여 아래에 제시한 것이 혼합물의 분리에 해당하면 ‘O’, 해당하지 않으면 ‘X’로 대답해주세요.의 하위 문항인 ‘ㄱ. 운동화에 묻은 흙 털기’, ‘ㄴ. 공기 중의 모기를 모기장으로 거르는 것’, ‘ㄷ. 곤충의 몸을 여러 부분(머리, 날개, 다리 등)으로 떼어내는 것’, ‘ㄹ. 생선의 살에서 가시를 발라내는 것’, ‘ㅁ. 사과 나무에서 사과를 따는 것’, ‘ㅂ. 모기가 동물에 붙어 피만 빨는 것’, ‘ㅅ. 얼음과 커피가 섞인 음료를 빨대로 커피만 빨아서 마시는 것’으로 복잡한 혼합물의 분리 사례와 고체, 액체, 생물과 관련된 혼합물의 분리 사례의 총 8문항이었다.

## 3. 분석 방법

### 1) 교과서 분석

본 연구에서는 과학과 검정 교과서에 제시된 혼합물의 분리 사례의 구조를 분석하기 위하여 키워드 네트워크 분석 기법을 활용하였다. 네트워크 분석은 분석 대상 사이의 관계를 파악하기 위한 기법으로(김용학, 2011; 김재경 등, 2009), 대상 사이의 관계에 대한 많은 양의 데이터를 구조적으로 분석할 수 있어 빅데이터를 바탕으로 상호관계를 분석하는 연구에 활용되고 있다(채희인과 노석구, 2015).

네트워크 분석 과정에서는 키워드를 분석에 적합하도록 조정하는 클렌징 과정을 거치게 되며(이수상, 2012), 본 연구에서는 세 차례의 클렌징 과정을 통해 최종적인 키워드를 확정하고 이를 분석하였다. 3차례에 걸친 클렌징 과정을 통해 구성된 최종 키워드는 KrTitle 프로그램을 통해 구성 요소 사이의 네트워크 행렬을 추출하였으며(Park & Leydesdorff, 2004), 본 연구에서는 같은 개체가 행과 열에 배열되는 1모드 네트워크 행렬(1-mode network matrix)을 분석에 활용하였다(김용학, 2011; 김재경 등, 2009; 채희인과 노석구, 2015). 또한 이를 분석하고 시각화하기 위하여 Ucinet과 NetDraw 프로그램을 활용하였다.

분석의 지표는 전체 키워드(node)의 수를 의미하

는 네트워크 크기(network size), 키워드 사이의 연결성을 의미하는 연결 거리(distance), 특정 키워드(node)에 연결된 다른 키워드의 수를 나타내는 연결 정도(degree), 연결 정도에 따라 중심 또는 외곽에 위치하는지 판단하는 연결 중심성(degree centrality)을 활용하였으며(채희인, 2017), 이를 통해 과학과 검정 교과서에 제시된 혼합물의 분리 사례의 구조를 파악하고자 하였다.

## 2) 교사와 학생의 개념 이해

설문을 통해 수집된 초등학교 교사 32명과 초등학교 4학년 92명의 응답 자료는 서술형 문항에 대한 특성 분석과 선택형 문항에 대한 빈도 분석을 함께 진행하였다.

# III. 연구 결과 및 논의

## 1. 교과서 분석

### 1) 교과서에 제시된 혼합물의 사례 분석

2015 개정 초등학교 과학과 검정 교과서에 제시된 혼합물의 사례를 Stavy(1991), Smith *et al.*(1997), 임희준(2022)이 활용한 물질의 개념 분류 유형 ‘① 고체, ② 액체, ③ 기체, ④ 기타 물질 및 물체, ⑤ 생물(동물, 식물(곡물))’을 바탕으로 유목화한 결과 7종의 검정 교과서에는 혼합물에 대한 96개의 키워드가 단일 또는 조합된 형태로 제시되어 있었다.

고체의 경우 전체 96개 중 54개(56.3%)로 가장 높은 비율을 보였으며, 흙, 모래, 자갈, 철, 구슬, 나무, 클립, 재활용품, 캔, 알루미늄, 소금, 설탕, 사금, 퇴적암, 유리, 고리, 종이 등과 같이 그 종류도 매우 다양하게 제시된 것을 파악할 수 있었다. 물질의 개념과 예에 대한 초등학교 학생들의 이해를 분석한 임희준(2022)의 연구에서도 학생들이 물질의 예로 제시한 것의 70.2%가 고체와 관련이 있다고 하였으며, 물질의 개념에 관한 특성을 분석한 결과 물체와 관련되는 고체 개념이 가장 큰 것으로 분석되었다.

이러한 점은 학생들의 특성상 눈에 보이고 만질 수 있으며, 형태를 가지고 있는 고체를 물질로 많이 인식하고 있기 때문에 교과서의 예시도 학생들에게 친숙한 고체와 관련된 예시가 가장 많이 제시되어 있다고 할 수 있다. 또한 하나의 물체이지만 다양한

물질로 제작되어 혼합물의 분리 개념을 직관적으로 이해할 수 있는 것들이 많은 것을 파악할 수 있었다. 특히 구슬의 경우 철, 플라스틱, 나무, 유리 등과 같이 다양한 물질로 제작 가능하며 크기도 다양했고, 주변에서도 쉽게 구할 수 있기 때문에 교과서를 집필하거나 학교에서 활동을 준비하는 것도 매우 효율적이라고 할 수 있다. 클립의 경우 플라스틱과 철, 캔의 경우 알루미늄과 철과 같이 주변에서 쉽게 구할 수 있으면서 다양한 물질로 만들 수 있고, 교육과정의 ‘[4과12-02] 알갱이의 크기와 자석에 붙는 성질을 이용하여 고체 혼합물을 분리할 수 있다.’와 같은 성취기준에 도달할 수 있도록 탐구 활동을 구성하는데 적절한 혼합물의 예시라고 할 수 있다.

액체의 경우 전체 96개 중 9개(9.4%)였으며, 대부분 소금물, 바닷물과 관련된 것들이었고, 우유도 혼합물의 예시로 많이 제시되어 있었다. 소금물의 경우 물에 녹아있는 소금이 눈에 보이지 않지만 교육과정의 ‘[4과12-03] 거름 장치를 꾸며 물에 녹는 물질과 녹지 않는 물질의 혼합물을 분리할 수 있다.’와 ‘[4과12-04] 물을 증발시켜 물에 녹아있는 고체 물질을 분리할 수 있다.’ 같은 성취기준을 달성하기 위한 탐구 활동으로 많이 제시되어 있었으며, 일상생활의 예로 바닷물을 증발시켜 소금을 얻어내는 염전의 사례와 함께 제시된 경우가 많았다. 또한 과일주스의 다양한 종류인 과일즙, 포도즙, 당근즙도 제시되어 있었으며, 국제우주정거장에서 우주비행사들의 소변과 땀으로 배출된 수분 그리고 각종 오염수 등을 혼합물의 분리 과정을 통해 재사용하는 과정도 자세하게 제시되어 있었다.

기체의 경우 전체 96개 중 3개(3.1%)였고, 공기와 냄새 gas와 관련한 예시가 제시되었으나 임희준(2022)의 연구에서 학생들의 물질 개념 중 기체와 관련된 예를 제시한 비율이 1,104개 중 109개(9.9%)로 낮게 나타난 것과 같이 초등학교 학생의 경우 눈에 보이지 않고 만질 수 없는 기체를 물질로 인식하는 경우가 낮았기 때문에 교과서에서도 기체와 관련한 혼합물의 예시는 적게 제시된 것을 파악할 수 있었다.

Stavy(1991), Smith *et al.*(1997), 임희준(2022)이 활용한 물질의 개념 분류 유형에서 ‘기타 물체 및 물질’의 경우 비정형 물체(슬라임 등), 먼지(미세먼지, 황사 등) 그리고 콜로이드(안개, 구름 등)를 뜻한다고 하였으며, 과학과 검정 교과서에서는 혼합물의 예시로 제시된 기타 물질 및 물체가 전체 96개 중 5개

(5.2%)였다. 대부분 미세먼지와 관련하여 제시되었으며, 반짝이 풀과 마블링 물감 관련 내용도 혼합물의 예시로 제시되어 있었다.

마지막으로 생물의 경우 전체 96개 중 25개(26.0%)로 나타났으며, 대부분 식물로 분류되는 잡곡(콩, 쌀, 좁쌀, 팥 등)과 관련된 예시가 많았다. 본 연구에서 활용한 물질의 분류에 따라 위의 물질들이 생물(식물)로 분류되지만 일정한 모양과 크기를 가지고, 담는 용기에 따라 모양이 바뀌지 않는다는 점에서 고체에 해당하는 물질이라고도 할 수 있다. 따라서 고체 혼합물의 예시로 많이 제시되었던 구슬과 같이 잡곡도 종류가 다르고 크기가 매우 다양하여 학생들이 해당 혼합물을 직관적으로 파악할 수 있는 좋은 사례라고 할 수 있다. 또한 Fig. 1과 같이 목화, 벼의 경우 껍질을 벗겨내고 솜과 쌀을 얻을 수 있다는 내용으로 제시된 것을 파악할 수 있었다. 그 이외에도 샐러드, 천연방향제, 감귤 등이 있었다.

동물과 관련된 혼합물의 경우 강에서 채취를 채취할 때 흙과 모래 등을 분리하고 채취를 얻는 내용이 많이 제시되어 있었으며(Fig. 1), 물고기를 잡는 그물과 관련하여 크기가 다른 물고기를 그물로 잡는 과정을 제시한 것도 있었고(Fig. 2), 새우튀김을 기름이 담긴 팬에서 분리하는 삽화와 함께 내용이 제

시된 것도 있었다. 마지막으로 고양이의 털에 묻은 씨를 분리하는 내용도 혼합물의 분리와 관련한 예시로 과학과 검정 교과서에 제시된 것을 파악할 수 있었다(Fig. 3).

식물의 한 종류인 사탕수수에서 설탕을 분리해 사탕을 만들 수 있다는 내용과 함께 사진이 제시된 것도 있었다(Fig. 4). 교육과정의 '[4과12-01] 일상생활에서 혼합물의 예를 찾고 분리의 필요성을 설명할 수 있다.'와 같은 성취기준을 달성하기 위하여 제시된 혼합물의 예시라고 할 수 있으며, 분석에 활용된 전체 7종의 과학과 검정 교과서 중 3종(42.9%)에서 이와 같은 예시를 제시하고 있었다.

## 2) 혼합물의 분리 사례에 대한 네트워크 분석

2015 개정 초등학교 과학과 검정 교과서에 제시된 혼합물의 사례를 분석하여 추출된 96개의 키워드를 Stavy(1991), Smith *et al.*(1997), 임희준(2022)이 활용한 물질의 개념 분류 유형 '① 고체, ② 액체, ③ 기체, ④ 기타 물질 및 물체, ⑤ 생물(동물, 식물(곡물))'을 바탕으로 유목화하여 네트워크 분석을 실행하고, 연결 정도 1 이상의 연결을 모두 시각화한 결과 Fig. 5와 같았다.

본 연구에서 네트워크 분석을 통해 혼합물의 분리



Fig. 1. Examples of mixtures 금성(좌), 동아(우)

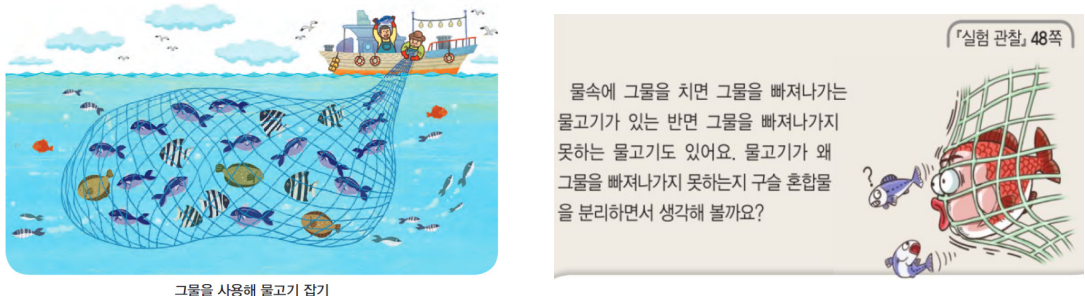


Fig. 2. Examples of mixtures 아이스크림(좌), 천재(우)



\*실용 권할, 62 쪽 ~ 64 쪽

### 콩, 쌀, 좁쌀을 어떻게 분리할까요

주방에서 사용하는 조리 도구입니다.

·튀김을 기름에서 건져 낼때 사용하기 가장 적합한 도구는 어떤 것일까요?



Fig. 3. Examples of mixtures 비상(좌), 아이스크림(우)



Fig. 4. Examples of mixtures (김영사)

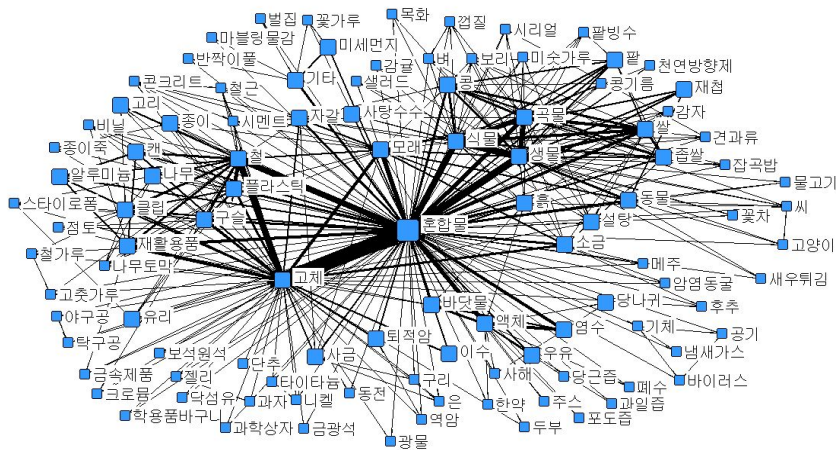


Fig. 5. The result of network analysis (n≥1)

예시를 분석한 것은 기존의 기술통계를 활용한 양적 분석의 경우 해당 사례의 빈도와 평균 등을 파악하는 것에는 효과적인 방법이지만 제시된 혼합물의 사례(키워드) 사이의 관계와 구조 파악은 어렵다. 따라서 혼합물의 예시로 제시된 키워드 사이의 전체적인 구조를 파악하는 데 키워드 네트워크 분석은 매우

효과적인 분석 방법이므로 네트워크 분석을 하였다. 또한 본 연구에서 활용한 네트워크 분석의 지표는 전체 키워드(node)의 수를 의미하는 네트워크 크기(network size), 키워드 사이의 연결성을 의미하는 연결 거리(distance), 특정 키워드(node)에 연결된 다른 키워드의 수를 나타내는 연결 정도(degree), 연결 정

도에 따라 중심 또는 외곽에 위치하는지 판단하는 연결 중심성(degree centrality)을 활용하였으며(채희인, 2017), 이를 통해 과학과 검정 교과서에 제시된 혼합물의 분리 사례의 구조를 파악하고자 하였다.

혼합물을 중심으로 키워드 사이의 연결성을 의미하는 연결 거리(distance)가 짧은 키워드의 경우 네트워크 맵의 중심 부분에 위치하게 된다. 따라서 2015 개정 초등학교 과학과 검정 교과서의 ‘혼합물의 분리’ 단원에 제시된 혼합물의 사례 중 흙, 자갈, 모래, 소금 등은 연결 거리가 짧은 것으로 파악되었다.

네트워크 맵을 살펴보면 혼합물을 중심으로 고체 영역에 해당하는 사례들이 전체 영역에 걸쳐 분포된 것을 파악할 수 있었고, 키워드 분석에서도 전체 96개 중 54개(56.3%)가 고체였듯이 매우 많은 사례들이 상호 연결된 구조를 갖고 있는 것으로 파악되었다. 특히 모래, 흙, 자갈, 철, 소금 등은 혼합물의 예시로 많이 제시되어 있으며 연결 정도도 높은 것으로 나타났다. 야구공, 타이타늄, 과학상자 등은 고체 영역에서 제시된 혼합물의 사례 중 연결 정도가 낮고, 연결 거리가 길어서 네트워크 맵의 외곽에 위치한 것으로 나타나 혼합물의 사례로 제시된 출현 빈도가 낮은 것으로 파악되었다.

고체 영역 중 설탕, 모래, 흙, 소금, 자갈 등은 상대적으로 생물 영역의 식물(곡물: 콩, 쌀, 좁쌀 등), 동물(재첩 등)과 관련지어 제시된 경우가 많아 네트워크 맵의 우측 상단에 위치하고 있어 생물 영역과 연결 거리가 짧게 나타난 것을 파악할 수 있었다.

네트워크 맵의 하단에 위치한 액체 영역의 경우 고체 영역에 비해 중심에서의 연결 거리가 길고, 연결 정도가 낮게 나타났다. 또한 네트워크 맵의 하단

전체가 고체 영역에 해당하는 사례들이었지만 그 가운데 액체 영역이 자리하고 있는 것으로 나타나 이수(흙탕물), 소금물과 같이 고체와의 혼합물 형태로 제시된 것이 많았다고 파악할 수 있다. 액체 영역에서 가장 연결 정도가 높고, 연결 거리가 짧은 키워드는 소금물(염수)과 바닷물이었으며, ‘당나귀와 소금 장수’ 이야기의 경우에도 당나귀가 싼고 가던 소금이 강물에 빠지면서 소금물이 되어 물과 소금의 혼합물이 되었다는 삽화가 이야기와 함께 3종의 교과서에 혼합물의 예시로 제시되어 있었다.

기체 영역과 기타 물질 및 물체 영역의 경우 중심의 혼합물과 연결 거리가 길고, 연결 정도가 낮아 네트워크 맵의 외곽에 위치한 것을 파악할 수 있었다. 기체 영역은 혼합물의 예시로 공기와 냄새 가스가 제시되어 있었고, 기타 물질 및 물체 영역의 경우 미세먼지, 반짝이 풀, 마블링 물감 등이 제시되어 있었다.

생명 영역의 경우 식물과 동물로 구분되며, 연결 정도가 높고 연결 거리가 짧아 네트워크 맵의 우측 상단 부분에 위치해 있고 연결 중심성이 높은 것으로 나타났다. 식물의 경우 콩, 팥, 쌀, 좁쌀 등이 많이 제시되어 있었고, 혼합물의 예시로 제시된 다른 키워드와 연결 정도도 높은 것으로 나타났다. 동물의 경우 식물에 비해 연결 중심성이 낮았으나 흙, 모래와 섞여 있는 재첩의 분리, 크기가 다른 물고기를 그물로 분리하는 사례, 고양이 털에 묻은 씨의 분리, 새우튀김을 조리도구를 사용하여 기름에서 분리하는 것과 같은 사례들이 제시되어 있었다.

키워드 사이의 연결 정도를 3 이상으로 설정하고 네트워크 맵을 시각화한 결과 Fig. 6과 같았다. 고체

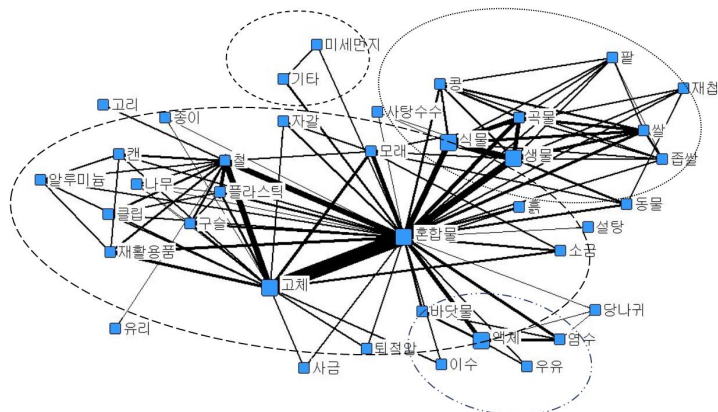


Fig. 6. The result of network analysis (n≥3)



를 중심으로 흙, 모래, 자갈, 철, 구슬, 나무, 클립, 재 활용품, 캔, 알루미늄, 소금, 설탕, 사금, 퇴적암, 유리, 고리, 종이 그리고 흙과 물의 혼합물인 흙탕물(이수)이 연결 정도가 3 이상으로 나타났다. 액체의 경우 소금물, 바닷물, 우유 그리고 소금 장수와 당나귀 이야기가 연결 정도가 높았으며, 기체 영역의 경우 연결 정도가 3 이상인 것은 없었다. 기타 물질 및 물체 영역의 경우 미세먼지의 연결 정도가 높았다. 생물 영역의 경우 곡물의 종류인 콩, 팥, 쌀, 좁쌀과 제철, 사탕수수의 연결 정도가 3 이상이었다.

연결 정도가 높은 것으로 나타난 혼합물의 분리 사례는 다른 키워드와의 연결이 많고, 중심에 있는 혼합물과의 연결 거리도 상대적으로 짧아 혼합물의 예시로 자주 등장하며, 다른 키워드들과 다양한 연결 관계를 갖는 핵심 키워드라고 할 수 있다. 따라서 혼합물의 예시로 7종 과학과 검정 교과서에 등장하는 출현 빈도가 높고, 다양한 혼합물의 예시와 함께 제시되거나 상호 연관성이 높은 것이라고 할 수 있다.

## 2. 교사와 학생의 개념 이해

### 1) 복잡한 혼합물의 분리에 관한 설문 결과

혼합물의 분리에 관한 필요성의 사례로 과학과 검정 교과서에 제시된 Fig. 4의 그림과 함께 ‘사탕수수에서 설탕을 분리하는 과정은 혼합물의 분리 방법 중 어떤 방법을 사용했다고 생각하나요?’와 같은 문항을 초등학교 교사를 대상으로 설문을 진행한 결과 다음과 같은 서술형 응답을 얻었다.

사탕수수에서 설탕을 얻을 때는 끓는점 차이를 이용하여 사탕수수즙에서 물을 증발시켜 분리한 뒤 밀도차를 이용하여 결정과 액체를 분리합니다. 결정을 물에 녹인 뒤, 용해도 차를 이용하여 온도를 조절하면 순수 설탕 성분만 재결정되어 석출되므로 설탕을 얻을 수 있습니다.

사탕수수를 부쉬 껍질 등과 즙을 분리(거름), 즙을 가열하여 설탕 원료 분리(증발)

원심분리기로 결정을 분리합니다.

증발법이라고 생각합니다.

끓는점 차이를 통해 물을 증발시켜 분리한 뒤 밀도차를 이용하여 결정과 액체를 분리한다.

사탕수수를 다양한 분리 방법을 활용하여 설탕을 만들어낸다는 서술형 응답도 있었지만 대부분 증발, 재결정, 여과, 증류, 용해, 추출 등 단답형으로 간략하게 응답한 경우가 많았다. 또한 모르겠다라는 응답도 있었다.

교사와 같은 문항을 2015 개정 과학과 4학년 교과서의 도입 첫해인 2022년에 ‘혼합물의 분리’ 단원을 학습한 초등학교 4학년을 대상으로 설문을 진행한 결과 다음과 같은 서술형 응답을 얻었다.

사탕수수를 기계로 눌러 즙이 나오게 한 뒤 기계로 설탕을 분리한다.

사탕수수에서 즙만 짜내서 말리기.

사탕수수를 쭉 찌서 모양틀에 넣어서 설탕을 만든다.

사탕수수에서 털거나 긁어내어 설탕을 만든다.

사탕수수를 녹여서 물이 나오면 굳혀서 설탕을 얻는다.

사탕수수를 물에 담가놓고 바다에서 염분(소금)을 빼는(얻는) 것처럼 설탕을 얻는다.

모르겠어요.

학생들은 교과서에 혼합물의 분리 과정에 대한 자세한 설명이나 내용이 없이 삽화만 제시된 Fig. 4와 같은 사례에 대하여 다양한 응답을 보였으나 대부분 ‘모르겠다’, ‘이해가 안 된다’, ‘몰라요’, ‘공부했는데... 모르겠어요’와 같이 사탕수수에서 설탕을 어떻게 분리했는지, 어떤 과정을 통해 만들었는지, 사탕수수가 어떻게 설탕이 되었는지 전혀 이해하지 못하고 있었다.

‘[4과12-01] 일상생활에서 혼합물의 예를 찾고 분리의 필요성을 설명할 수 있다.’와 같은 성취기준에 따라 교과서에 제시된 혼합물의 분리 예시인 사탕수수에서 설탕을 분리해 사탕을 만드는 내용은 중·고등학교 교과서와 대학에서 사용하는 화학 교재에도 나와 있는 혼합물의 분리에 해당하는 사례이지만 초등학교에서 학습하는 혼합물의 분리에 대한 교육과정은 ‘알갱이의 크기와 자석에 붙는 성질’, ‘소금물과 흙, 자갈 등 거름’, ‘소금물의 증발’과 같이 가장 단순화된 형태의 분리 사례를 학습한다는 점에서 상위 학교급에서도 ‘복잡한 혼합물의 분리’ 사례로 제

시하고 있는 사탕수수에서 설탕을 분리하는 과정은 초등학생들이 이해하기에 너무 어렵고 복잡한 사례라고 판단된다.

따라서 학생들의 이해도를 높여 성취기준에 도달하는 것을 돕기 위하여 삽화와 더불어 분리 과정에 대한 대략적인 방법을 제시해주는 것이 필요하다고 할 수 있다. 또한 단순화한 분리 과정 제시가 초등학교 교육과정의 범위에서 벗어난다면 보다 직관적이고 단순한 사례를 제시하여 학생들이 단순히 분리의 예와 필요성을 암기하는 것이 아닌 학생들의 수준과 발달 특성에 맞는 사례를 제시하여 이해도를 높일 수 있는 학습이 이루어질 수 있도록 교과서가 집필될 필요가 있다고 판단된다.

**2) 혼합물의 분리에 관한 개념 이해**

교과서에 혼합물의 분리 사례로 제시된 Fig. 1~3까지의 그림과 이를 바탕으로 사전(pilot) 학생 면담의 과정에서 제시된 내용으로 구성된 ㄱ~ㅅ 문항을 함께 제시하고 교사와 학생의 혼합물에 대한 개념 이해를 파악하고자 하였고, 그 결과는 Table 2와 같다.

분석 결과 ‘ㄱ. 운동화에 묻은 흙 털기’가 혼합물의 분리에 해당한다는 교사의 인식은 32명 중 12명(37.5%)이었으며, 혼합물의 분리에 해당하지 않는다는 의견은 20명(62.5%)으로 나타났다. 학생의 경우 혼합물의 분리에 해당한다는 의견이 40명(43.5%)이었고, 혼합물의 분리가 아니라는 의견이 52명(56.5%)이었으며, 교사 대상의 설문에서도 이와 유사한 비율

이 나타나 교사와 학생 모두 ‘운동화에 묻은 흙 털기’의 경우 혼합물의 분리가 아니라는 의견이 약간 높은 것으로 나타났다.

‘ㄴ. 공기 중의 모기를 모기장으로 거르는 것’은 교사 중 20명(62.5%)이 혼합물의 분리라고 인식하였으며, 12명(37.5%)은 혼합물의 분리가 아니라고 응답하였다. 학생의 경우 혼합물의 분리에 해당한다는 응답이 56명(60.9%)이었고, 아니라는 응답이 36명(39.1%)이었으며, 교사와 학생 모두 ‘공기 중의 모기를 모기장으로 거르는 것’의 경우 혼합물의 분리라는 의견이 약간 높은 것으로 나타났다.

위의 두 문항이 상반된 결과가 나온 것은 ‘ㄱ. 운동화에 묻은 흙 털기’의 경우 교과서에 혼합물의 분리 사례로 제시된 Fig. 3의 ‘고양이 털에 묻은 씨 분리’와 유사하나 특정한 분리 도구를 사용하지 않고 운동화를 털는 동작을 통해 흙을 떼어냈다는 인식이 영향을 미친 것이라고 판단되며, ‘ㄴ. 공기 중의 모기를 모기장으로 거르는 것’의 경우 Fig. 2의 ‘그물을 사용한 물고기 분리’ 사례와 동일한 사례라고 판단했다고 생각된다.

‘ㄷ. 곤충의 몸을 여러 부분(머리, 날개, 다리 등)으로 떼어내는 것’은 7명(21.9%)이 혼합물의 분리라고 인식하고 있으며, 25명(78.1%)의 교사는 혼합물의 분리가 아니라고 하였다. 학생의 경우 혼합물의 분리에 해당한다는 응답이 38명(41.3%)이었고, 해당하지 않는다는 응답이 54명(58.7%)으로 나타났으며, 교사와 학생 모두 ‘곤충의 몸을 여러 부분(머리, 날개,

**Table 2.** Response results for the mixture (teachers and students) n(%)

문항	구분	교사(n=32)	학생(n=92)
ㄱ. 운동화에 묻은 흙 털기	혼합물의 분리다	12(37.5)	40(43.5)
	혼합물의 분리가 아니다	20(62.5)	52(56.5)
ㄴ. 공기 중의 모기를 모기장으로 거르는 것	혼합물의 분리다	20(62.5)	56(60.9)
	혼합물의 분리가 아니다	12(37.5)	36(39.1)
ㄷ. 곤충의 몸을 여러 부분(머리, 날개, 다리 등)으로 떼어내는 것	혼합물의 분리다	7(21.9)	38(41.3)
	혼합물의 분리가 아니다	25(78.1)	54(58.7)
ㄹ. 생선의 살에서 가시를 발라내는 것	혼합물의 분리다	14(43.7)	66(71.7)
	혼합물의 분리가 아니다	18(56.3)	26(28.3)
ㅁ. 사과나무에서 사과를 따는 것	혼합물의 분리다	6(18.7)	32(34.8)
	혼합물의 분리가 아니다	26(81.3)	60(65.2)
ㅂ. 모기가 동물에 붙어 피만 빨는 것	혼합물의 분리다	13(40.6)	51(55.4)
	혼합물의 분리가 아니다	19(59.4)	41(44.6)
ㅅ. 얼음과 커피가 섞인 음료를 빨대로 커피만 빨아서 마시는 것	혼합물의 분리다	24(75.0)	70(76.1)
	혼합물의 분리가 아니다	8(25.0)	22(23.9)

다리 등)으로 떼어내는 것'의 경우 혼합물의 분리가 아니라는 의견이 높은 것으로 나타났다.

‘ㄷ. 생선의 살에서 가시를 발라내는 것’은 교사 중 14명(43.7%)이 혼합물의 분리라고 응답하였고, 18명(56.3%)은 아니라고 하였다. 학생의 경우 혼합물의 분리에 해당한다는 응답이 66명(71.7%), 아니라는 응답이 26명(28.3%)으로 나타났다. 본 문항의 경우 교사 대상의 설문에서는 혼합물의 분리가 아니라는 응답이 근소한 차이로 높았던 반면에 학생 대상의 설문에서는 혼합물의 분리에 해당한다는 응답이 상당히 높게 나타나 상반된 결과가 나타났다.

‘ㄹ. 사과나무에서 사과를 따는 것’은 6명(18.7%)의 교사가 혼합물의 분리라고 하였으며, 26명(81.3%)은 혼합물의 분리가 아니라고 하였다. 학생의 경우 혼합물의 분리라는 응답이 32명(34.8%), 아니라는 응답이 60명(65.2%)으로 나타났으며, 교사와 학생 모두 ‘사과나무에서 사과를 따는 것’의 경우 혼합물의 분리가 아니라는 의견이 높은 것으로 나타났다. 해당 문항이 Fig. 1의 ‘벼의 껍질과 쌀 분리’하는 사례와 관련이 있다는 점에서 교과서에 제시된 혼합물의 분리 사례를 참고하면서 응답을 하였지만 교사와 학생 모두 ‘사과나무에서 사과를 따는 것’은 혼합물의 분리가 아니라고 응답하였다.

‘ㅂ. 모기가 동물에 붙어 피만 뽑는 것’은 혼합물의 분리라는 교사의 응답이 13명(40.6%), 혼합물의 분리가 아니라는 응답이 19명(59.4%)이었다. 학생의 경우 혼합물의 분리에 해당한다는 응답이 51명(55.4%), 아니라는 응답이 41명(44.6%)으로 나타나 교사와 학생이 상반된 결과를 보였다.

‘ㅅ. 얼음과 커피가 섞인 음료를 빨대로 커피만 빨아서 마시는 것’은 혼합물의 분리라는 응답이 교사 중 24명(75.0%), 혼합물의 분리가 아니라는 응답이 8명(25.0%)이었다. 학생의 경우 혼합물의 분리라는 응답이 70명(76.1%), 아니라는 응답이 22명(23.9%)으로 나타나 교사와 학생 모두 혼합물의 분리에 해당한다는 응답이 매우 높게 나타났다.

교과서에 제시된 혼합물의 분리에 대한 예시 자료를 학생들이 검토하고, 면담의 과정에서 논의된 내용으로 구성된 설문 문항의 조사 결과가 ‘혼합물의 분리에 해당한다.’와 ‘혼합물의 분리가 아니다.’의 어느 한 응답 비율이 절대적으로 높게 나오지 않거나, 교사와 학생의 응답이 상반되는 점도 주목할 점이라고 판단된다. 특히 ㄱ~ㅅ 문항과 함께 혼합물의

분리 사례로 과학 교과서에 명시적으로 제시된 Fig. 1~3의 삽화를 제시해주고 설문을 진행하였음에도 불구하고 교사와 학생의 응답이 상반되거나 같은 설문 대상 내에서도 혼합물의 분리가 맞다는 인식과 아니라는 인식이 거의 비슷하게 응답된 것과 같이 상당히 다양한 결과가 나타났다는 것은 혼합물의 분리 단원에 제시된 사례가 교육과정과 성취기준에 맞게 제시되었는지, 교과서를 통해 내용을 전달하는 교사와 내용을 학습한 학생이 혼합물에 대한 이해를 빠르게 할 수 있도록 교과서의 사례가 적합하게 제시되었는지에 대한 논의도 필요한 부분이라고 할 수 있다.

또한 일상적인 분리 사례와는 구분되는 과학이라는 학문적 영역에서 다루는 혼합물의 분리 사례에 생물을 포함시키는 것이 과연 초등학교 과학 교육과정 및 교과서에 적합한 것이냐는 논의가 필요한 시점이라고 판단된다. 고체, 액체, 기체, 기타 물질 및 물체 영역에 관한 사례와 다르게 교사와 학생 모두 혼합물의 분리가 아니라고 응답한 ‘ㄷ. 곤충의 몸을 여러 부분(머리, 날개, 다리 등)으로 떼어내는 것’, ‘ㄹ. 사과나무에서 사과를 따는 것’과 교사의 응답에서 혼합물의 분리가 아니라고 응답한 ‘ㄷ. 생선의 살에서 가시를 발라내는 것’, ‘ㅂ. 모기가 동물에 붙어 피만 뽑는 것’과 같이 생명 영역의 분리 활동의 경우 혼합물의 분리로 인식하는 경향이 낮은 것으로 나타났다. 특히 생명 영역 중 살아있는 생명체와 관련된 혼합물의 분리 사례의 경우는 혼합물의 분리가 아니라고 인식하는 경우가 더 크게 나타났다.

우리나라와 같이 교육과정 및 과학 교과서에 혼합물이 포함되어 있는 미국의 사례를 살펴보면, 먼저 A Framework for K-12 Science Education에서는 학생의 물질의 개념에 대한 이해와 경험을 위하여 모래와 구슬이 혼합된 상황을 혼합물의 예시로 명시하고 있었으며(NRC, 2001), 뉴욕 주 과학 교육 기준의 MS-PS1-8에서는 소금물(salt water), 샐러드 소스(oil and vinegar), 공기(air)를 혼합물의 예로 제시하고 있었다(NYSED, 2023). FOSS(2019)에서는 흙과 모래, 견과류, 야채 스프, 샐러드, 시리얼, 콜라, 설탕물, 우유, 소금물, 구슬을 혼합물로 제시하고 있었고, 이를 분리하는 방법으로 손으로 나누는 직접 분리, 거름, 자석을 이용한 분리 등을 제시하고 있었다. Royal Society of Chemistry(2023)에서는 커피나 차를 내릴 때 활용하는 거름, 소금물의 증발 그리고 금속 물질

과 플라스틱 등을 자석으로 분리하는 것을 혼합물과 그 분리의 사례로 제시하였다. 마지막으로 미국에서 많이 활용되고 있는 과학 교과서인 A Closer Look에서는 철 가루와 모래, 소금물, 플라스틱 공과 유리구슬, 구리와 주석의 합금인 청동을 혼합물의 예시로 제시하고, 분리 방법으로 거름, 증발, 자석을 이용한 분리, 체를 활용한 분리 등과 같은 과학적 방법과 구체적인 사례를 제시하고 있었다(McGraw-Hill, 2012).

이를 종합하면 이들 교육과정과 교재에는 살아있는 생명체와 관련된 혼합물의 사례는 찾아볼 수 없었으며, 학생들이 혼합물의 과학적 개념을 명확하게 인식할 수 있도록 과도하게 일상적인 것을 사례로 제시하기보다는 가장 단순하면서 과학적인 사례를 엄선하여 제시한 것을 볼 수 있었다. 따라서 학생들에게 추상적이고 복잡할 수 있는 혼합물을 지도하기 위하여 그 사례를 과도하게 확장하거나 복잡한 일상생활의 사례를 제시하려고 하기보다 명확하고 단순한 것에 초점을 두고 접근하는 것이 필요하다고 판단된다.

## IV. 결 론

본 연구는 2022년에 4학년을 대상으로 처음 초등학교에 적용된 7종의 2015 개정 과학과 검정 교과서의 '혼합물의 분리' 단원에 제시된 혼합물의 분리 사례를 네트워크 분석기법을 활용하여 그 구조를 분석하고 상호관계를 파악하고자 하였으며, 교과서에 제시된 혼합물의 사례를 바탕으로 설문을 제작하여 교사와 학생의 혼합물에 관한 개념 이해를 파악하고자 하였다.

그 결과 첫째, 고체의 경우 전체 96개의 사례 중 54개(56.3%)로 가장 높은 비율을 보였으며, 학생들의 발달 단계 특성에 맞게 가장 많고 다양한 사례가 제시된 것을 파악할 수 있었다. 액체의 경우 9개(9.4%)였으며, 대부분 소금물과 바닷물과 관련된 것들이었고, 기체의 경우 3개(3.1%)로 나타나 눈에 보이지 않고 만질 수 없는 특성으로 인해 교과서에 혼합물의 예시로 제시된 사례가 매우 적은 것으로 나타났다. 미세먼지와 같은 기타 물체 및 물질의 경우 5개(5.2%)였다. 생물의 경우 25개(26.0%)로 나타났으며, 대부분 잡곡(콩, 쌀, 좁쌀, 팥 등)과 관련된 예시가 많았고, 재첩, 물고기, 새우튀김, 고양이 등과 관련한 사례도 제시된 것을 파악할 수 있었다.

둘째, 혼합물의 사례를 분석하여 추출된 96개의 키워드에 대한 네트워크 분석을 통해 이들의 구조와 상호관계를 도식화하였고, 각 키워드가 서로 혼합물의 사례로 관련성을 갖는 연결을 분석하였으며, 흙, 모래, 자갈, 철, 소금물, 우유, 미세먼지, 콩, 팥, 쌀 등이 연결 정도가 높고 연결 거리도 상대적으로 짧아 연결 중심성이 높은 것으로 나타났다.

셋째, 교과서에 제시된 혼합물의 분리 사례를 바탕으로 학생들이 제기한 의문점을 문항으로 작성하여 32명의 초등학교 교사와 92명의 4학년 학생을 대상으로 설문을 진행한 결과 사탕수수를 설탕으로 분리하는 삼화에 대하여 교사는 바르게 응답을 한 경우가 있었으나, 학생의 경우 대부분 어떤 방법으로 사탕수수가 설탕이 되었는지 인식하지 못하고 있었으며, 7개의 분리 사례에 대한 교사와 학생의 개념 이해를 분석한 결과 혼합물의 분리에 대한 명확한 개념 인식을 바탕으로 한 것이 아니라 개별 사례의 특성별로 다르게 응답하는 경향을 보였다.

이를 바탕으로 본 연구에서는 다음과 같은 결론에 이르르게 되었다. 첫째, 우리나라 교육과정은 물질의 과학적 정의인 '질량(무게)과 부피를 갖는 것'이라는 명시적인 표현을 하지 않고 학생들이 물질의 성질과 특성에 대한 귀납적인 탐구 활동을 통해 자연스럽게 물질의 개념을 이해할 수 있도록 구성되어 있으나, 혼합물의 경우 '두 가지 이상의 물질이 성질이 변하지 않은 채 섞여 있는 것'이라는 개념을 명시하고 있다. 하지만 임희준(2022)의 연구와 같이 물질이라는 개념이 추상적이기 때문에 학생들이 이해하기 어려우며, '세상에 존재하는 모든 것'이 물질이라는 오개념을 갖기 쉽다. 또한 비물질인 물질현상(불, 바람 등)과 에너지(전기 등) 그리고 시공간(하늘 등)을 물질의 예로 인식할 수 있다. 이처럼 기초 개념인 물질에 대한 명확한 인식이 부족한 상태에서 혼합물의 개념을 구체적인 사례를 중심으로 학습하게 됨에 따라 내용을 가르친 교사와 학습한 학생의 혼합물에 대한 인식이 상반된 결과를 보이거나 혼합물의 분리 사례가 맞는지, 아닌지에 대한 응답이 같은 주체 내에서 거의 비슷한 비율을 보이는 등 혼합물에 대한 명확한 인식도 부족한 것이 현실이다. 따라서 임희준(2022)의 연구와 같이 물질과 관련된 교육과정과 교과서 구성을 재검토해보는 것이 필요하다고 판단된다.

둘째, 교과서에 제시된 혼합물의 분리 사례를 보

다 엄선하여 제시할 필요가 있다고 판단된다. 개념적인 정의로만 보았을 때 비물질과 혼합물의 분리가 아니면 우리 일상생활의 많은 것이 혼합물의 분리 사례가 될 수 있다. 하지만 학생들의 발달 특성과 초등학교 과학과 교육과정의 특성을 뛰어넘는 혼합물의 분리 사례의 경우 물질과 혼합물에 대한 기본적인 개념이 명확하게 형성되지 않은 학생들에게 물질의 개념이 ‘비물질을 포함한 세상의 모든 것’이라는 인식을 갖게 하였듯이 혼합물의 분리 또한 ‘세상의 모든 것을 나누는 것’이라는 인식을 갖게 할 수 있다. 특히 과학 지도서 총론에도 분류를 일상적인 분류와 과학 교과에서 학습하는 과학적 의미의 분류로 구분하였듯이 학생들에게 친숙한 혼합물의 분리 사례를 제시하면서도 학생들이 귀납적으로 물질과 혼합물의 개념을 명확하게 이해할 수 있도록 하고, 미국의 교과서와 같이 학생들에게 다소 어렵고 추상적일 수 있는 혼합물의 경우 교과서에는 명확하고 단순한 사례를 제시하여 이를 통해 어려운 개념을 구체적인 사례를 바탕으로 쉽게 추론할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 따라서 교과서에 제시된 사례를 보다 과학적이고 명확한 사례로 선별하여 제시하려는 노력이 필요하다고 판단된다.

셋째, 생물과 관련된 혼합물의 분리 사례의 경우보다 엄격한 기준을 갖고 선정할 필요가 있다. 생명체가 물질로 이루어진 것은 명확하며, 학생들의 일상생활과 관련된 사례를 제시하여 혼합물의 분리를 학생들이 친근하게 접근할 수 있도록 하는 시도는 긍정적이나 과학 교과와 사례로 제시된 대상의 특성을 고려하지 않는다면 학생들이 비윤리적인 것 또한 과학적인 혼합물의 분리 활동으로 인식할 수 있으며, 교육과정에서 의도하는 것과 다른 혼합물의 분리 개념을 형성할 수도 있을 것이라고 판단된다.

따라서 혼합물의 분리와 관련된 사례를 교과서에 제시할 때 교육과정, 학습자의 특성 그리고 혼합물의 분리 사례에 관한 특성을 고려하여 보다 심도 있는 검토를 통해 학생들에게 다소 추상적일 수 있는 혼합물의 분리 개념이 바르게 형성될 수 있도록 제시할 필요가 있다고 생각된다.

## 참고문헌

김도욱(2018). 의미네트워크를 활용한 초등학교 예비교사들의 물질 개념체계 분석. *초등과학교육*, 37(1), 39-53.

- 김용학(2011). *사회 연결망 이론*. 서울: 박영사.
- 김재경, 최일영, 김혜경, 김남희(2009). 사회 네트워크 분석을 이용한 충성고객과 이탈고객의 구매 특성 비교 연구. *경영과학*, 26(1), 183-196.
- 김효남, 구영옥(2000). 초등학교 2학년 학생들의 물질에 관한 이해. *초등과학교육*, 19(1), 113-129.
- 노세훈, 최원호(2016). 중학생들의 과학 개념: 혼합물의 분리 개념을 중심으로. *교육연구논총*, 37(1), 103-116.
- 류오현, 백성혜, 김동욱(2004). 교과서에 제시된 물질의 성질을 나타내는 기본 단위에 대한 개념과 물질변화에 대한 개념. *대한화학회지*, 48(1), 53-65.
- 박지애, 한수진, 노태희(2010). 물질의 입자성과 관련된 학생들의 오개념에 대한 중등 교사들의 지식과 인식. *한국과학교육학회지*, 30(1), 42-53.
- 윤수정(2006). 웹기반 사례중심학습환경에서 사례제시방식, 메타인지가 개념이해, 문제해결에 주는 효과. *교육방법연구*, 18(2), 201-219.
- 이수상(2012). *네트워크 분석 방법론*. 서울: 논형.
- 이신현, 최선영(2014). 초등학교 3학년 ‘혼합물의 분리’ 단원에서 문제해결 과정을 강조한 수업 전략 개발 및 적용. *초등과학교육*, 33(1), 105-114.
- 이재원, 이병진, 노태희(2018). 물질의 특성에 대한 중학생의 거시적 개념과 미시적 개념의 비교. *대한화학회지*, 62(3), 243-252.
- 임희준(2022). 물질의 개념과 예에 대한 초등학생들의 이해. *초등과학교육*, 41(1), 150-161.
- 조규락(2002). 사례기반 추론을 통한 지식 공유 및 문제해결. *교육정보방송연구*, 8(4), 33-64.
- 조양숙, 이희순, 김도욱(1996). 초등학교에서 물질관의 오개념 교정을 위한 과학사 프로그램의 적용. *초등과학교육*, 15(2), 305-314.
- 채희인(2017). 과학핵심역량의 재구조화에 기반한 초등학교 수업전략 개발 및 적용. *경인교육대학교 교육전문대학원 박사학위논문*.
- 채희인, 노석구(2015). 범교과적 핵심역량과 과학핵심역량의 개념적 정의에 대한 국내외 연구 동향의 네트워크 분석. *학습자중심교과교육연구*, 15(7), 23-40.
- 홍미영, 전경문(2007). 제7차 과학과 교육과정에서 물질 개념에 대한 고찰. *대한화학회지*, 51(1), 65-72.
- Adbo, K., & Taber, K. S. (2009). Learners' mental models of the particle nature of matter: A study of 16-year-old Swedish science students. *International Journal of Science Education*, 31(6), 757-786.
- FOSS. (2019). *Mixtures and solutions*. CA: University of California, Berkeley.
- Harrison, A., & Treagust, D. (2002). The particulate nature of matter: Challenges in understanding the submicroscopic world. In J. Gilbert, O. de Jong, D. F. van Driel,

- & J. H. van Driel (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 189-212). Dordrecht: Kluwer.
- Kolodner, J. L. (1993). *Case-based reasoning*. San Mateo, CA: Kaufmann.
- Krnel, D., Watson, R., & Glazar, S. A. (2005). The development of the concept of 'matter': A cross-age study of how children describe materials. *International Journal of Science Education*, 27, 367-383.
- Liu, X., & Lesniak, K. M. (2005). Students' progression of understanding the matter concept from elementary to high school. *Science Education*, 89(3), 433-450.
- McGraw-Hill. (2012). *A closer look*. OH: Macmillan/McGraw-Hill.
- National Research Council. (2001). *A framework for K-12 science education*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- New York State Education Department. (2023). *New York State P-12 science learning standards*. Retrieved from <https://www.nysed.gov/>
- Park, H., & Leydesdorff, L. (2004). Understanding the KrKwic: A computer program for the analysis of Korea text. *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 6(5), 1377-1387.
- Royal Society of Chemistry. (2023). *Separating mixtures*. Retrieved from <https://edu.rsc.org/primary-science/separating-mixtures-thats-chemistry/1803.article>
- Schank, R. C. (1999). *Dynamic memory revisited*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Smith, C., Carey, S., & Wisner, M. (1985). On differentiation: A case of the development of the concept of size, weight, and density. *Cognition*, 21, 177-237.
- Smith, C., Maclin, D., Grosslight, L., & Davis, H. (1997). *Teaching for understanding: A study of students' pre-instruction theories of matter and a comparison of the effectiveness of two approaches to teaching about matter and Density*. *Cognition and Instruction*, 15(3), 317-393.
- Stavy, R. (1991). Children's ideas about matter. *School Science and Mathematics*, 91(6), 240-244.

<sup>†</sup> 채희인, 평택청아초등학교 교사(Heein Chae; Teacher, Cheonga Elementary School).

노석구, 경인교육대학교 교수(Sukgoo Noh, Professor, Gyeongin National University of Education).