

‘화석 모형 만들기’ 탐구활동에 대한 초등교사의 인식 분석 - 6차, 7차, 2007 개정, 2009 개정 초등과학 교과서를 중심으로 -

성승민 · 이규호[†] · 여상인[†]
(철산초등학교) · (경인교육대학교)[†]

An Analysis of the Elementary Teachers' Conceptions on the Inquiry Activity about 'Make a Fossil Model' - Focusing the 6th, 7th, 2007 Revised, 2009 Revised Elementary Science Textbook -

Sung, SeungMin · Lee, Gyuho[†] · Yeo, Sang-Ihn[†]
(Cheolsan Elementary School) · (Gyeongin National University of Education)[†]

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the elementary teachers' conceptions on the inquiry activity about 'make a fossil model' focusing the 6th, 7th, 2007 revised, and 2009 revised elementary science textbook. This study is intended to find causes of teachers' conceptions and to derive educational implications. We have analyzed questionnaires which were collected from 77 elementary school teachers. It was carried out about comparisons actual fossil with fossil model in each step of the inquiry activity, the lesson goal, the thought for changes of the inquiry activity, the improvement of the inquiry and conception related fossil. Teachers have a general understanding about the contents of the inquiry activity but some of them have partially incorrect understanding. And they emphasize the understanding of the concept on lesson goal. It is necessary to improve inquiry activity reflecting teachers' thinking about the merit and weaknesses. There was not statistically difference in understanding of fossil related concepts according to teachers' career, teaching or training experience. Through this research, there is a need to improve a textbook, a guide book, a teachers' training. So, teachers who have professionalism about science textbook be able to teach students.

Key words : fossil, inquiry activity, elementary teacher, conception

I. 서 론

교과서는 수업 활동과 내용에 큰 영향을 주며 교육과정과 밀접한 관계 속에서 교사와 학생의 상호 작용에 중요한 역할을 하고 있다(노명완 등, 2004). 과학 교과에서도 교과서는 수업 속 활동을 알 수 있는 중요한 자료이다(임채성 등, 2007; 이정아, 2011). 교육과정은 교수요목기부터 2015 개정 교육과정까지 개정이 이루어졌으며, 교과서도 교육과정 변화

에 맞추어 개정되어 현재 2009 개정 초등과학 교과서가 학교 현장에 적용되고 있고, 곧 2015 개정 초등과학 교과서가 개발되어 적용될 예정이다. 이런 시점에서 교육과정 변화에 따른 초등과학 교과서 속 탐구활동을 구체적으로 분석하는 것은 의미가 있을 것이다.

초등과학 교과서와 관련된 연구에는 과학 탐구 활동 분석 연구(심규철 등, 2007), 교육과정 변화에 따른 지구과학 영역의 중심개념과 탐구활동을 분

석한 연구(임성만, 2015) 등이 있다. 하지만 선행연구들(심규철 등, 2007; 임성만, 2015)은 한 교육과정 속 초등과학 교과서 분석, 지구과학 전 영역의 내용변화 분석과 같이 포괄적인 측면에서 살펴보았기 때문에 구체적인 탐구활동의 특징과 흐름을 알아보기에는 한계가 있다. 또한, 예비 초등교사의 지구과학 지식에 대한 연구(이명제, 2014), 초등학생을 대상으로 화석에 대한 인식을 조사한 연구(김덕호와 홍승호, 2013) 등은 있었지만, 학교현장에서 학생들에게 수업을 하는 교사가 탐구활동을 어떻게 인식하고 있는지에 관한 연구는 미비한 실정이다.

지구과학 영역 중 화석은 오랜 시간 동안 변화해 온 지질학적 현상이기 때문에 직접 관찰하기 어렵고 규모가 크다(Ault, 1998). 이처럼 학생들이 직접 경험하기 어려운 현상이나 과정을 모형으로 설명하면 과학 개념 접근에 흥미가 높으며, 개념 이해에도 효과적이다(김미영과 김희백, 2007; 김미영과 김희백, 2009; Grosslight *et al.*, 1991). 이런 이유로 교과서에서는 ‘화석 모형 만들기’와 같은 모형 제작 활동을 구성하여 지도하고 있지만, 학생들은 오개념을 많이 가지는 것으로 나타났고(임성만, 2015), 오개념은 정확한 과학 개념 학습에 큰 장애로 나타날 수 있다(Sewell, 2002; Abdi, 2006). 그러므로 학생의 관련 개념 인식 분석에 앞서 지도 교사의 관련 내용에 대한 인식 분석이 선행될 필요가 있다. ‘화석 모형 만들기’는 6차부터 2007 개정 교육과정 초등과학 교과서 탐구활동까지 비슷한 단계 속에서 화석 모형 소재를 중심으로 변화되었고, 2009 개정 교육과정 초등과학 교과서 탐구활동 속에서는 큰 변화가 있었다. 이런 변화가 있는 ‘화석 모형 만들기’ 탐구활동에 대한 교사의 인식을 살펴본다면, 교사가 탐구활동을 정확히 이해하고 학생을 보다 효과적으로 지도할 수 있는 개선 방안을 생각해볼 수 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 6차, 7차, 2007 개정, 2009 개정 교육과정 초등과학 교과서의 ‘화석 모형 만들기’ 탐구활동에 대한 초등교사의 인식이 어떠한지 분석하여 그 원인이 무엇인지 알아보고, 화석 관련 개념에 대한 초등교사의 인식을 분석하여 시사점을 도출하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 분석 대상 및 검사 도구

2015학년도에 서울·경기·인천 소재 초등학교에 재직하고 있는 초등교사 116명을 연구 대상으로 설문 검사를 실시하였다. 설문 검사지는 6차 교육과정 초등과학 교과서(이하 6차), 7차 교육과정 초등과학 교과서(이하 7차), 2007 개정 교육과정 초등과학 교과서(이하 2007 개정), 2009 개정 교육과정 초등과학 교과서(이하 2009 개정) 중에서 화석 관련 단원의 ‘화석 모형 만들기’ 탐구활동을 중심으로 구성하였다. 본 연구에서는 교육과정에 따른 ‘화석 모형 만들기’ 탐구활동 변화에 대한 교사의 인식을 살펴보고자 하였다. 그러므로 설문 대상인 모든 교사의 6차, 7차, 2007 개정, 2009 개정 탐구활동에 대한 인식을 살펴보는 것이 가장 정확할 것이다. 하지만 교사를 대상으로 한 개방형 응답 중심 설문이라는 현실적 측면에서 회수 가능성을 감안하면서 교육과정 변화에 따른 인식을 파악하기 위해 ‘A 설문 검사지(6차, 7차 탐구활동 포함)’, ‘B 설문 검사지(7차, 2007 개정 탐구활동 포함)’, ‘C 설문 검사지(2007 개정, 2009 개정 탐구활동 포함)’와 같이 3종류로 설문 검사지를 구성·제작하였다. 각 설문 검사지는 연속적인 2개의 교육과정 초등과학 교과서 속 ‘화석 모형 만들기’ 탐구활동을 제시하고, 모형과 실제 화석 생물의 비슷한 점과 다른 점, 수업목표, 탐구활동 변화, 개선 방향 및 방향 등에 대한 인식 설문 등이 A, B, C 설문 검사지에 맞게 구성되었다. 화석 관련 개념에 대한 인식을 알아보는 내용은 A, B, C 설문 검사지에 공통 문항으로 구성되었다. 과학교육전문가와 교육전문대학원 초등과학 교육전공 박사과정 3인이 2015년 9~10월 동안 총 5회의 세미나를 통해서 설문 검사지의 구성과 문항 등을 수정·보완하는 내용타당도 검사 과정을 거쳤다.

2. 자료 수집 및 분석

제작된 설문지는 2015년 11월에 서울·경기·인천 소재 초등학교에 재직하고 있는 초등교사 116명에게 투입되었고, 그 중 77명에게서 회수(A설문 검사지 25명, B설문 검사지 25명, C설문 검사지 27명)되어 회수율은 66.4%였다.

회수된 설문지의 분석은 다음과 같이 이루어졌다. 통계분석 대상 응답을 제외한 응답들은 연구자가 1차적으로 응답지를 분석하여, 그 결과를 과학

교육전문가와 교육전문대학원 초등과학교육전공 박사과정 3인의 세미나를 통해 수정·보완하는 과정을 거쳐 유목화하였다. 교사들의 응답 중 무응답이나 일부 잘못된 응답은 제외하였고, 한 응답에 2가지 내용이 있으면 중복해서 분류하였다.

통계분석 대상 문항들은 해당 응답이 빈칸인 7명의 응답지를 제외하고 분석하였다. 교육경력에 따라 과학 교사 전문성이 유의한 차이가 있다는 연구(김현정과 여상인, 2010; 여상인과 성승민, 2013), 과학연수는 교사에게 효과가 있다는 연구(정재훈과 김영신, 2010; 여상인과 성승민, 2013) 등을 고려하여 본 연구에서는 교육경력에 따른 화석 관련 개념 이해 정도, 화석 관련 단원 지도나 연수 수강 경험에 따른 화석 관련 개념 이해 정도를 살펴보고자 하였다.

통계분석 대상 응답지들 중 문항별 대표적인 응답 15개씩 총 60개의 응답들을 과학교육전문가와 초등과학교육전공 박사과정 3인이 각자 ‘이해’, ‘부분이해’, ‘모름’으로 분류한 다음, 분류 기준 및 일치도를 확인하여 연구자 1인이 전체 응답지를 분석

하는 과정을 거쳤다. 최종적으로 70명의 응답지를 t-test 및 ANOVA 분석하였다(Table 1).

III. 결과 및 논의

1. 교육과정별 초등과학 교과서 속 ‘화석 모형 만들기’ 탐구활동 분석

1) 교사들이 인식하는 탐구활동 단계 속 모형과 실제 화석 비교 분석

교육과정별 초등과학 교과서의 탐구활동 단계 변화는 Table 2와 같다. 7차는 6차와 비교해 보면 화석 모형이 나뭇잎(조개껍데기)에서 조개껍데기(솔방울)로 변화되었다. 2007 개정은 7차와 비교해 보면 화석 모형이 조개껍데기(솔방울)에서 나뭇잎으로 대체되었음을 알 수 있다. 2009 개정은 2007 개정과 비교해 보면 화석 모형이 나뭇잎 대신 조개껍데기로 변경되었고, 2007의 2, 3단계가 2단계에 통합되고, 3단계에서 알지네이트 반죽을 붓는 과정이 새롭게 추가되었다(교육부, 1996a; 교육인적자원부, 2006a; 교육과학기술부, 2011a; 교육부, 2014a).

교육과정별 초등과학 교과서의 탐구활동 단계 속 모형과 실제 화석 비교 분석 설문은 Fig. 1과 같이 구성하여 투입 후 회수되었다.

A설문지는 6차·7차, B설문지는 7차·2007 개정, C설문지는 2007 개정·2009 개정에 대한 질문을 하였기 때문에 6차에 대한 응답은 A설문지 25명, 7차에 대한 응답은 A, B 설문지 각각 25명, 25명으로 총 50명, 2007 개정에 대한 응답은 B, C 설

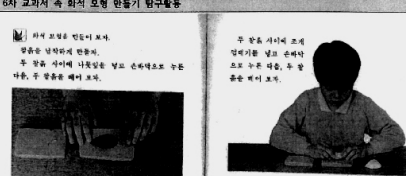
Table 1. Teachers' 'career' and 'teaching or training experience' of research object Unit: N(%)

교육경력	초등교사 수	화석 관련 단원 지도나 연수 수강 경험	초등교사 수
5년 미만	27 (38.6)	있음	30 (42.9)
5년 이상~10년 미만	16 (22.8)		
10년 이상	27 (38.6)	없음	40 (57.1)
전체		70 (100)	

Table 2. Changes of the inquiry activity according to curriculum

교육과정	탐구활동 1단계	탐구활동 2단계	탐구활동 3단계	탐구활동 4단계
6차	2개의 찰흙 반대기 사이에 나뭇잎(조개껍데기)을 올려 놓는다.	두 찰흙 반대기를 손으로 가볍게 누른다.	위에 놓인 찰흙 반대기와 나뭇잎(조개껍데기)을 떼어낸다.	나뭇잎(조개껍데기)의 흔적이 남은 것을 그늘에서 잘 말린다.
7차	2개의 찰흙 반대기 사이에 조개껍데기(솔방울)를 올려 놓는다.	두 찰흙 반대기를 손으로 가볍게 누른다.	위에 놓인 찰흙 반대기와 조개껍데기(솔방울)를 떼어낸다.	조개껍데기(솔방울)의 흔적이 남은 것을 그늘에서 잘 말린다.
2007 개정	찰흙 덩어리로 반대기를 만들고, 그 위에 나뭇잎을 올려 놓습니다.	다른 찰흙 반대기를 만들어 나뭇잎 위에 놓고, 손으로 가볍게 누릅니다.	나뭇잎 위에 놓인 찰흙 반대기와 나뭇잎을 조심스럽게 떼어냅니다.	나뭇잎의 흔적이 남은 찰흙 반대기를 그늘에서 잘 말립니다.
2009 개정	찰흙으로 찰흙 반대기를 만들어 찰흙 판에 올려놓습니다.	찰흙 반대기에 조개껍데기를 올려놓고, 손으로 눌렀다가 떼어냅니다.	찰흙 반대기에 생긴 조개껍데기 자국이 모두 덮이도록 알지네이트 반죽을 붓습니다.	알지네이트가 다 굳으면 알지네이트를 찰흙 반대기에서 떼어냅니다.

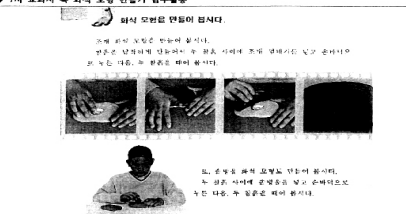
◆ 6차 교과서 속 화석 모형 만들기 탐구활동



6차 교과서 화석 모형 만들기 탐구 단계	각 단계별 화석 모형과 실제 화석 비교	
	실제 화석 생성과 비슷한 점	실제 화석 생성과 다른 점
2개의 찰흙 반대가 사이에 나뭇잎(조개껍데기)을 올려놓는다.	나뭇잎이나(동물) 발자국이 생기는 곳	실제 생물의 모형이 골짜기 모양의 자국으로 생긴다.
두 찰흙 반대기를 손으로 가볍게 누른다.	손으로 누르면 자국이 잘 나타나고, 원래의 높낮이가 사라진다.	자연에서는 오랜 시간 동안 압력에 의해 높낮이가 사라지고, 조개나 동물 자국이 된다.
위에 놓인 찰흙 반대기와 나뭇잎(조개껍데기)을 떼어 낸다.	얇거나 힘이 약해서 동남쪽이 지고서로 떨어져서 찰흙은 찰흙	실제 화석에서는 오랜 시간이 흐르면 지층이 굳어지고, 찰흙은 찰흙이 되어 버린다.
나뭇잎(조개껍데기)의 흔적이 남은 것을 그늘에서 잘 말린다.	실제의 흔적이 남아있고, 손으로 눌러서 화석이 된다.	화석이 되어 화석이 되어 버리면, 손으로 눌러서 화석이 된다.

6차

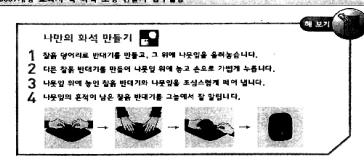
◆ 7차 교과서 속 화석 모형 만들기 탐구활동



7차 교과서 화석 모형 만들기 탐구 단계	각 단계별 화석 모형과 실제 화석 비교	
	실제 화석 생성과 비슷한 점	실제 화석 생성과 다른 점
2개의 찰흙 반대기 사이에 조개껍데기(송바늘)를 올려놓는다.	조개나 송바늘의 자국이 만들어진다.	자연에서는 오랜 시간이 지나야 자국이 만들어진다.
두 찰흙 반대기를 손으로 가볍게 누른다.	외부 압력에 의해 만들어진다.	자연에서는 오랜 시간이 지나야 자국이 만들어진다.
위에 놓인 찰흙 반대기의 조개껍데기(송바늘)를 떼어 낸다.	완전히 드러내면, 조개나 송바늘의 자국이 만들어진다.	자연에서는 오랜 시간이 지나야 자국이 만들어진다.
조개껍데기(송바늘)의 흔적이 남은 것을 그늘에서 잘 말린다.	완전히 드러낸다.	자연에서는 오랜 시간이 지나야 자국이 만들어진다.

7차

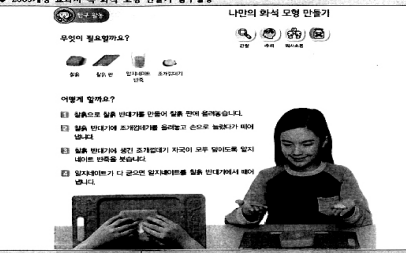
◆ 2007개정 교과서 속 화석 모형 만들기 탐구활동



2007개정 교과서 화석 모형 만들기 탐구 단계	각 단계별 화석 모형과 실제 화석 비교	
	실제 화석 생성과 비슷한 점	실제 화석 생성과 다른 점
찰흙 덩어리로 반대기를 만들고, 그 위에 사슴발을 올려놓는다. 그 위에 나뭇잎을 올려놓는다.	두 지층 사이에 생물이 놓인다.	실제 화석은 자연적으로 만들어진 것이지만, 실물과 같은 모양으로 만들어진다.
다른 찰흙 반대기를 만들어 나뭇잎 위에 놓고 손으로 가볍게 누릅니다.	찰흙 생물의 압력을 가하면 나뭇잎이 찌그러진다.	자연에서는 오랜 시간이 지나야 지층이 굳어지고, 찰흙은 찰흙이 되어 버린다.
나뭇잎 위에 놓인 찰흙 반대기를 조심스럽게 떼어 낸다.	두 지층 사이에 놓인 생물이 사라진다.	실제 화석에서는 오랜 시간이 지나야 지층이 굳어지고, 찰흙은 찰흙이 되어 버린다.
나뭇잎의 흔적이 남은 찰흙 반대기를 그늘에서 잘 말린다.	진조각편도 지진다.	실제 화석에서는 오랜 시간이 지나야 지층이 굳어지고, 찰흙은 찰흙이 되어 버린다.

2007 개정

◆ 2009개정 교과서 속 화석 모형 만들기 탐구활동



2009개정 교과서 화석 모형 만들기 탐구 단계	각 단계별 화석 모형과 실제 화석 비교	
	실제 화석 생성과 비슷한 점	실제 화석 생성과 다른 점
찰흙으로 찰흙 반대기를 만들어 찰흙 한테 올려놓는다.	찰흙 반대기를 만들어 찰흙 한테 올려놓는다.	자연에서는 오랜 시간이 지나야 지층이 굳어진다.
찰흙 반대기에 조개껍데기를 올려놓고 손으로 가볍게 누른다.	찰흙 반대기에 조개껍데기를 올려놓고 손으로 가볍게 누른다.	자연에서는 오랜 시간이 지나야 지층이 굳어진다.
찰흙 반대기에 생긴 조개껍데기 자국이 모두 밀어내듯 말지내어 드 말목을 찾습니다.	찰흙 반대기에 찰흙이 들어간다.	자연에서는 오랜 시간이 지나야 지층이 굳어진다.
찰흙 반대기를 다 다듬으면 찰흙이 모두 찰흙 반대기에서 빠져나옵니다.	찰흙 반대기를 다 다듬으면 찰흙이 모두 빠져나옵니다.	자연에서는 오랜 시간이 지나야 지층이 굳어진다.

2009 개정

Fig. 1. Example of the survey about comparative analysis of actual fossil and fossil model in each step of the inquiry activity

문지 각각 25명, 27명으로 총 52명, 2009 개정에 대한 응답은 C 설문지 27명의 답변에 대해 분석이 이루어진다. 탐구활동 1단계 화석 모형과 실제 화석 비교 결과는 Table 3과 같다. 연구자간 협의를 거쳐 ‘겉모습이 비슷함, 모양·크기가 비슷함, 딱딱한 정도가 다름’과 같이 핵심 내용이 아닌 응답은 기타 응답으로 분류하여 분석에서 제외하였다.

7차에서 2007 개정으로 변화될 때 찰흙 반대기 2개 중에 찰흙 반대기 1개를 덮는 활동은 2단계로 넘어갔다. 2007 개정의 비슷한 점에서 ‘지층 사이에

생물이 들어감’, ‘퇴적 순서가 실제와 같은 점’에 대한 응답은 없는 것이 옳지만, 본 연구에서는 ‘지층 사이에 생물이 들어감’을 4명의 교사가 응답하였다. 해당 설문지를 분석한 결과, 7차와 2007 개정을 함께 다룬 설문지여서 응답자가 질문에 답할 때 1단계 속 탐구활동 변화를 파악하지 못했던 것으로 생각할 수 있다. 2009 개정을 이전과 비교해 보면, 생물체를 판에 올려놓는 활동이 2단계로 넘어가서 2007 개정에 나타난 결과와 다른 응답들이 나타났다.

Table 3. Comparison of the actual fossil and a fossil model in the inquiry activity step 1

교육 과정	탐구활동 1단계	화석 모형과 실제 화석 비교			
		응답수 (무응답수)	실제 화석 생성과 비슷한 점	응답수 (무응답수)	실제 화석 생성과 다른 점
6차	2개의 찰흙 반대기 사이에 나뭇잎(조개껍데기)을 올려놓는다.	24 (1)	- 지층(흙) 사이에 생물이 들어감(12명) - 퇴적 순서가 실제와 같은 점(3명)	22 (3)	- 두 지층 간의 시간 차이(5명) - 동질 지층 속에도 화석이 있을 수 있다는 점(2명)
7차	2개의 찰흙 반대기를 사이에 조개껍데기(솔방울)을 올려놓는다.	43 (7)	- 지층(흙) 사이에 생물이 들어감(23명) - 퇴적 순서가 실제와 같은 점(8명)	43 (7)	- 두 지층 간의 시간 차이(13명) - 동질 지층 속에도 화석이 있을 수 있다는 점(4명)
2007 개정	찰흙 덩어리로 반대기를 만들고, 그 위에 나뭇잎을 올려놓습니다.	43 (9)	- 퇴적물 위에 생물이 올려짐(16명) - 지층(흙) 사이에 생물이 들어감(4명)	38 (14)	- 생물체가 놓이는 방법의 인위성 여부(19명)
2009 개정	찰흙으로 찰흙 반대기를 만들어 찰흙 판에 올려놓습니다.	25 (2)	- 지층의 존재(16명)	18 (9)	- 실제 지층과 다른 성분으로 구성(12명)

2007 개정의 다른 점에 대한 응답에 ‘생물체가 놓이는 방법의 인위성 여부’가 19명으로 나타난 점은 찰흙 반대기를 덮는 활동이 2단계로 넘어간 결과에 따른 것으로 생각해볼 수 있다. 2009 개정의 다른 점에 대한 응답에 ‘실제 지층과 다른 성분으로 구성’이 12명으로 나타난 점은 생물체를 판에 올려놓는 활동이 다음 단계로 넘어갔고, 2009 개정은 알지네이트 반죽을 추가로 붓는 과정이 추가되어 예전 탐구활동보다 성분에 대한 교사의 관심이 심화된 것으로 볼 수 있다.

다른 점에 대한 응답 중에는 ‘생명체 위에 퇴적물이 덮이는 시간 간격이 커야 한다’고 생각을 하는 경우가 있었다. 화석 생성을 위해서는 생명체 위에 퇴적물이 빠르게 매몰되어야 하지만, 응답자는 화석이 생성되고 오랜 시간 이후에 발견되며, 화석이 있는 지층과 다른 지층 사이의 시간 간격이 큰 것을 화석이 매몰될 때에도 오랜 시간이 필요한 것으로 잘못 이해한 것으로 판단된다. 탐구활동 2단계 화석 모형과 실제 화석 비교 결과는 Table 4와 같다.

6, 7차 1단계에 있던 ‘다른 찰흙 반대기를 만들어

Table 4. Comparison of the actual fossil and a fossil model in the inquiry activity step 2

교육 과정	탐구활동 2단계	화석 모형과 실제 화석 비교			
		응답수 (무응답수)	실제 화석 생성과 비슷한 점	응답수 (무응답수)	실제 화석 생성과 다른 점
6차	두 찰흙 반대기를 손으로 가볍게 누른다.	24 (1)	- 압력(힘)이 작용하는 점(22명)	24 (1)	- 손에 의한 힘과 자연 힘의 차이(15명) - 힘의 지속 시간 차이(12명) - 압력의 방향이 여러 곳인지 여부(2명) - 화석화 과정이 생략된 점(1명)
7차	두 찰흙 반대기를 손으로 가볍게 누른다.	43 (7)	- 압력(힘)이 작용하는 점(41명)	43 (7)	- 손에 의한 힘과 자연 힘의 차이(32명) - 힘의 지속 시간 차이(20명) - 압력의 방향이 여러 곳인지 여부(5명)
2007 개정	다른 찰흙 반대기를 만들어 나뭇잎 위에 놓고, 손으로 가볍게 누릅니다.	41 (11)	- 압력(힘)이 작용하는 점(30명) - 지층(흙) 사이에 생물이 들어감(5명) - 퇴적 순서가 실제와 같은 점(3명)	42 (10)	- 힘의 지속 시간 차이(16명) - 손에 의한 힘과 자연 힘의 차이(13명) - 압력의 방향이 여러 곳인지 여부(3명)
2009 개정	찰흙 반대기에 조개껍데기를 올려놓고, 손으로 눌렀다가 떼어냅니다.	25 (2)	- 압력(힘)이 작용하는 점(7명) - 물체의 흔적이 남음(7명) - 물체가 사라짐(6명) - 퇴적물 위에 생물이 올려짐(2명)	25 (2)	- 물체를 인위적으로 떼어내는지, 자연적으로 없어지는지(물속 용해, 광물질 대체 등)에 대한 차이(14명) - 물체가 없어지는 시간의 차이(3명) - 손에 의한 힘과 자연 힘의 차이(1명) - 힘의 지속 시간 차이(1명) - 압력의 방향이 여러 곳인지 여부(1명)

나뭇잎 위에 놓고' 활동이 2007 개정에서는 2단계로 이동되면서 지층 사이에 생물이 들어가고, 퇴적 순서가 실제와 같은 점이 응답에 나타난 것을 알 수 있다. 2009 개정은 이전에 1, 2, 3단계로 나누어져 있던 생물체 올려놓기, 손으로 누르기, 떼어내기 활동이 한 단계에 모두 들어간 점, 위 찰흙 반대기가 없어지고 손으로만 조개껍데기를 누르는 점 등이 큰 차이라 할 수 있다. 하지만 교사 응답에서 '지층 사이에 생물이 들어간다는 점, 퇴적 순서가 실제와 같은 점' 등은 찾아볼 수 없었다. 모형이 실제를 모두 구현할 수는 없지만, 2009 개정으로 지도하는 교사들은 탐구활동 속 개념 일부를 놓쳐 학생들에게 지도하지 못할 수 있다. 교사가 주요 개념을 학생들에게 짚어주지 않으면 일부 학생들은 관련 과학 개념을 잘못 이해할 수도 있는 문제가 있다. 즉, 비슷한 활동이 어느 단계 속에서 이루어지는지에 따라 교사와 학생의 사고인지과정에 미치는 영향이 다를 수 있으므로 활동을 단계별로 나눌 때에는 이에 대한 고려가 필요하다.

2007 개정은 '다른 찰흙 반대기를 만들어 나뭇잎 위에 놓고'라는 내용이 1단계에서 2단계로 이동하였지만, '두 지층 간의 시간 차이, 동질 지층 속에도 화석이 있을 수 있다는 점' 등은 교사의 응답에서 나타나지 않았다. 학생들을 지도하는 교사가 실제 화석 생성과정과 모형의 차이점에 대해 인식하는

내용이 예전 탐구활동과 비교해서 감소한 것에 대한 보완 방안을 시급히 마련할 필요가 있다. 2009 개정은 이전 교과서 탐구활동에서 나누어져 있던 활동들이 한 단계로 모두 통합되어, 손으로 누르는 것과 실제 화석 생성 과정에 대한 차이를 인지하는 응답이 총 3명에 그친 것으로 나타났다. 이와는 대조적으로 물체가 인위적으로 떼어내는지 자연적으로 없어지는지에 대한 내용 및 그 과정 속 시간 차이에 대해서는 총 17명이 응답을 한 것으로 나타났다. 같은 활동도 단계를 어떻게 구성하는지에 따라서 교사가 인식하는 이해 정도가 달라질 수 있음을 알 수 있다. 이런 현상은 교사가 학생들을 지도할 때와 학생들이 활동 속에서 내용을 이해할 때에 더 큰 차이로 나타날 수 있으므로 실제 탐구활동 속에서 이런 차이가 학생들에게 어떻게 영향을 주는지 추후 연구해볼 필요가 있다.

끝으로 2단계의 비슷한 점에 대한 응답들을 전체적으로 살펴보면, 실제 화석 생성 과정의 압력은 자국을 내는 과정에서 필요한 압력이 아니라, 지층이 되는 과정 자체로 압력이 필요한 것이다. 하지만 많은 교사들이 표현하는 압력은 자국을 내기 위한 압력으로만 생각하고 있었다. 다른 점에 대한 응답에서는 압력의 주체가 손인지, 자연의 힘인지에 대한 비교만큼이나 힘의 크기와 시간 등에도 많은 신경을 쓰고 있음을 알 수 있었다. 그러므로 교

Table 5. Comparison of the actual fossil and a fossil model in the inquiry activity step 3

교육과정	탐구활동 3단계	화석 모형과 실제 화석 비교			
		응답수 (무응답수)	실제 화석 생성과 비슷한 점	응답수 (무응답수)	실제 화석 생성과 다른 점
6차	위에 놓인 찰흙 반대기와 나뭇잎(조개껍데기)을 떼어낸다.	22 (3)	- 물체가 사라짐(6명) - 물체의 흔적이 남음(4명)	22 (3)	- 물체를 인위적으로 떼어내는지 자연적으로 없어지는지(물속 용해, 광물질 대체 등)에 대한 차이(7명) - 물체가 없어지는 시간의 차이(6명)
7차	위에 놓인 찰흙 반대기와 조개껍데기(술방울)를 떼어낸다.	43 (7)	- 물체의 흔적이 남음(12명) - 물체가 사라짐(9명)	43 (7)	- 물체를 인위적으로 떼어내는지, 자연적으로 없어지는지(물속 용해, 광물질 대체 등)에 대한 차이(17명) - 물체가 없어지는 시간의 차이(8명)
2007 개정	나뭇잎 위에 놓인 찰흙 반대기와 나뭇잎을 조심스럽게 떼어 냅니다.	40 (12)	- 물체의 흔적이 남음(10명) - 물체가 사라짐(8명)	46 (6)	- 물체를 인위적으로 떼어내는지 자연적으로 없어지는지(물속 용해, 광물질 대체 등)에 대한 차이(22명) - 물체가 없어지는 시간의 차이(9명)
2009 개정	찰흙 반대기에 생긴 조개껍데기 자국이 모두 덮이도록 알지네이트 반죽을 붓습니다.	24 (3)	- 다른 물질이 빈공간을 채움(7명)	21 (6)	- 시간 차이(알지네이트는 빠르게 굳지만, 실제 화석은 오랜 시간이 걸림)(9명) - 성분 차이(실제 화석은 알지네이트가 아닌 광물질이나 퇴적물)(3명)

사들에게 관련 개념에 대한 내용을 교사용 지도서에 심화해서 제공해줄 필요가 있다. 탐구활동 3단계 화석 모형과 실제 화석 비교 결과는 Table 5와 같다. 연구자간 협의를 거쳐 '모양·크기가 비슷함, 화석이 드러난 점, 풍화가 일어나는 점, 색깔이 다른 점, 섬세함이 다른 점, 앞 단계와 동일'과 같이 핵심 내용이 아닌 응답은 기타 응답으로 분류하여 분석에서 제외하였다.

2007 개정은 6, 7차 교과서와 달리 떼어내는 부분의 서술에 '조심스럽게'라는 내용이 추가되었다. 그 결과, 4명의 교사들이 '물체의 흔적이 남음' 관련 응답에서 걸모습이 뚜렷하게 남는다고 언급한 점이 6, 7차와 다른 특이점이라 할 수 있다. 즉, 작은 용어 차이도 교사의 인식에 영향을 준다는 것을 생각해볼 수 있고, 이런 영향은 교사뿐만 아니라 학생들의 학습에도 영향을 줄 수 있다. 6차~2007 개정의 비슷한 점에 대한 응답들을 살펴보면, 여러 교사들이 이 과정을 화석이 외부에서 발견되는 과정에 해당한다고 오해하고 있었다. 이 단계는 지층 속에서 일어나는 과정임에도 불구하고, 교사들은 풍화 침식과 동일한 과정으로 생각하고 있었다. 즉, 화석화 작용과 화석 발견을 동일시하고 있다고 볼 수 있다. 다른 점에 대한 응답에서도 이와 같은 유사한 응답이 나타났다. 초등교사 중 60%가 오개념에 대해서 부적절한 인식을 갖고 있다는 선행연구 결과(장명덕, 2009)와 유사함을 알 수 있다. 2009 개정은 이전 교과서 활동과 다른 내용이므로 비슷한 점에 대한 응답의 직접적 비교에는 한계가 있다.

해당 활동을 중심으로 분석한 결과, '다른 물질이 빈 공간을 채움' 7명으로 나타났지만, '퇴적물(지층)이 흔적 위에 쌓임'이라는 오개념이 13명에게 나타난 것은 본 탐구활동의 한계라 할 수 있다. 본 탐구활동에서 화석은 캐스트 화석으로 '원래 생물의 형태가 그대로 다른 퇴적물이나 광물로 나타나는 것'을 의미한다. 하지만 본 탐구활동은 알지네이트가 퇴적물 흔적 위에 쌓인다고 생각할 수 있는 활동으로 구성되어 있어서 교사들이 잘못된 개념을 형성한 것으로 판단된다. 추후 오개념을 최소화할 수 있는 탐구활동을 생각해볼 필요가 있다. 2009 개정의 다른 점에 대한 응답을 살펴보면, 교사들은 학생들이 실제 화석이 알지네이트처럼 빠르게 굳는다거나 알지네이트와 같은 성분으로 구성된다는 생각을 하지 않도록 지도할 필요가 있을 것이다. 탐구활동 4단계 화석 모형과 실제 화석 비교 결과는 Table 6과 같다. 연구자간 협의를 거쳐 '풍화가 일어나는 점, 앞 단계와 동일, 비슷하거나 다른 점이 없음'과 같이 핵심 내용이 아닌 응답은 기타 응답으로 분류하여 분석에서 제외하였다.

6차~2007 개정의 비슷한 점에 대한 응답들을 살펴보면, 건조 과정과 화석화 작용이 동일하다고 생각하는 답변이 있었다. 즉, 단단해지는 과정이 빈 공간이 생기는 과정 이후에 일어나는 것으로 생각하고 있었다. 단단해지는 과정은 빈 공간이 생기는 과정과 동시에 이루어지는 과정이므로 교사들이 관련 개념을 정확히 인지할 수 있도록 할 필요가 있다. 2009 개정은 이전 교과서와 다른 내용으로 구

Table 6. Comparison of the actual fossil and a fossil model in the inquiry activity step 4

교육 과정	탐구활동 4단계	화석 모형과 실제 화석 비교			
		응답수 (무응답수)	실제 화석 생성과 비슷한 점	응답수 (무응답수)	실제 화석 생성과 다른 점
6차	나뭇잎(조개껍데기)의 흔적이 남은 것을 그늘에서 잘 말린다.	23 (2)	- 흔적이 남는 점(8명) - 딱딱해지는 점(압적으로 변함)(6명)	23 (2)	- 실체는 말리는 과정이 따로 없음(2명) - 교결작용, 지하수 등의 영향 여부(2명)
7차	조개껍데기(솔방울)의 흔적이 남은 것을 그늘에서 잘 말린다.	44 (6)	- 딱딱해지는 점(압적으로 변함)(13명) - 흔적이 남는 점(7명)	44 (6)	- 교결작용, 지하수 등의 영향 여부(4명) - 실체는 말리는 과정이 따로 없음(2명)
2007 개정	나뭇잎의 흔적이 남은 찰흙 반대를 그늘에서 잘 말립니다.	33 (19)	- 딱딱해지는 점(압적으로 변함)(8명) - 흔적이 남는 점(8명)	41 (11)	- 실체는 말리는 과정이 따로 없음(6명)
2009 개정	알지네이트가 다 굳으면 알지네이트를 찰흙 반대에서 떼어냅니다.	19 (8)	- 흔적이 남는 점(6명)	22 (5)	- 물체가 없어지는 시간의 차이(8명) - 물체를 인위적으로 떼어내는지, 자연적으로 없어지는지(물속 용해, 광물 질 대체 등)에 대한 차이(5명)

성되어 있다. 이 활동에서 비슷한 점에 대한 응답을 분석한 결과, ‘물체가 사라짐’, ‘딱딱해지는 점(암석으로 변함)’은 없는 것으로 나타났다. 4단계는 굳는 것과 떼어내는 것이 핵심 내용이라 할 수 있다. 이전 교과서에서 이 내용이 2개의 단계로 나누어져 있을 때에는 ‘딱딱해지는 점(암석으로 변함)’과 ‘물체가 사라짐’이 실제 화석 생성과 비슷한 점이라는 것을 교사들이 인지했으나, 이 내용이 한 단계 속에 같이 제시되면서 교사들은 그 의미를 놓치고 있는 것으로 판단된다. 추후 교과서를 구성할 때에는 한 단계의 활동에는 한 가지 핵심 내용을 넣어서 중요한 개념을 교사들이 정확히 인지하고, 학생들에게 지도할 수 있도록 보완할 필요가 있다.

6차~2007 개정의 응답 중에 다른 점을 정확히 언급한 비율이 매우 낮음을 알 수 있다. 즉, 다른 점에 대한 응답들은 일반론적인 차이점을 주로 언급하였고, 실제 화석에서는 ‘그늘에 말리는 과정’ 자체가 존재하지 않음에 대한 언급이 상대적으로 부족한 것으로 나타났다. 2009 개정 응답 중에 ‘실제는 말리는 과정이 따로 없음’을 언급한 교사가 없는 점은 ‘알지네이트가 다 굳으면’이라는 활동이 실제 화석 생성에서도 이루어진다고 생각하는 것으로 볼 수 있다. 6차~2007 개정은 소수의 교사였지만 ‘실제는 말리는 과정이 따로 없음’을 인지한 교사가 있는 것과 비교해볼 때, 2009 개정은 교사가 그 차이를 인지하기 어려운 구조로 구성되었다고 볼 수 있다. 이에 대한 보완책이 2015 개정 교과서 구성에서는 필요할 것이다.

즉, 과학 개념의 사례가 가지고 있는 속성과 과학 개념이 정확히 연결될 수 있도록 교과서 속에 사례와 비사례를 함께 제시하고, 추상적 정의도 언급을 한다면 정확한 과학 개념 이해가 가능할 것이다(백성혜와 김경은, 2013). 끝으로 6차~2007 개정을 살펴본 본 많은 교사들이 실제 화석 생성과 화

석 모형의 차이점에 대한 인식이 부족한 것으로 나타난 점은 학부 및 대학원 수업, 교사를 대상으로 한 과학과 직무연수 등을 통해 보완할 필요가 있다.

2) 교사들이 인식하는 수업목표 분석

교사들이 인식하는 수업목표 관련 설문은 예는 Fig. 2와 같고, 교육과정별 ‘화석 모형 만들기’ 탐구 활동 수업목표는 Table 7과 같다(교육부, 1996b; 교육인적자원부, 2006b; 교육과학기술부, 2011b; 교육부, 2014b).

설문에 응답한 교사들은 공통적으로 수업목표를 ‘화석 생성 과정 및 원리 이해하기, 모형과 실제 화석 비교 및 유사점·차이점 알기’로 생각하였다. 이런 결과는 교사들이 화석 생성 과정과 원리 이해를 위해서는 모형과 실제 화석의 비슷한 점과 다른 점을 아는 것이 중요하다고 판단하기 때문인 것으로 생각할 수 있다. 중학교 과학 교사들이 수업에서 과학 기본 개념 이해를 가장 강조하는 것(김영신 등, 2006)처럼 초등교사도 개념 이해를 중시함을 알 수 있다. 6차에서는 ‘모형과 실제 화석 비교하기, 같은 점과 다른 점 이야기 활동’이 있었지만, 7차에서는 탐구활동에 ‘같은 점과 다른 점 이야기 활동’이 남아있고, 수업목표에서는 삭제되었다. 2007 개정에서는 ‘같은 점과 다른 점 이야기 활동’도 없어진 것으로 나타났다. 2009 개정에서는 이전 교육과정에서 삭제되었던 ‘같은 점과 다른 점 이야기 활동’이 다시 제시되고, 수업목표 속에도 명시되었다.

- 화석 모형 만들기 활동의 수업목표는 무엇이라고 생각하시는지와 이유를 적어주세요.

화석이 만들어 지는 과정을 알수있다.

실제 화석과 나만의 화석의 비슷한 점과 다른 점을 알 수 있다.

Fig. 2. Example of the teachers' conceptions survey about the lesson goal

Table 7. Lesson goal of ‘make a fossil model’ inquiry activity according to curriculum

교육과정	수업목표
6차	- 화석 모형을 만들고, 이를 실제 화석과 비교하여 차이점을 말할 수 있다.
7차	- 화석 모형을 만들 수 있다. - 화석이 어떻게 만들어지는지 설명할 수 있다.
2007 개정	- 화석의 생성 과정을 설명할 수 있다. - 학생 나름대로 독창적인 화석 모형을 만들 수 있다.
2009 개정	- 나만의 화석 모형을 만들 수 있다. - 화석 모형과 실제 화석의 비슷한 점과 다른 점을 찾을 수 있다. 화석이 만들어지는 과정을 설명할 수 있다.

이런 결과는 학생들의 화석 개념 이해에 도움이 되는 바람직한 방향이라고 할 수 있다. 추후 교육과정 개정에 따라 교과서를 구성할 때에는 교과서뿐만 아니라, 교사용 지도서 속에도 화석 모형과 실제 화석의 비슷한 점과 다른 점을 현행보다 심화된 내용으로 안내해서 교사들이 정확한 개념 이해 속에 학생들을 지도할 수 있는 여건을 마련해줄 필요가 있다. 또한, 수업목표 분류를 통해 교사가 학생에게 지도해야 할 내용을 정확히 인지하고, 학생들에게 수업목표를 정확히 제시하면 과학 관련 수업에서 학업 성취가 높으므로 교사는 수업목표를 정확히 이해하고 안내해야 할 것이다(우주희 등, 1990; Krathwohl, 2002).

3) 교사들이 인식하는 탐구활동 변화 분석

교사들이 인식하는 탐구활동 변화 관련 설문에는 Fig. 3과 같다.

6차 '찰흙으로 나뭇잎(조개껍데기) 화석 모형 만들기'에 대한 교사의 인식은 다음과 같다. 이 활동의 장점으로는 '재료(나뭇잎)를 구하기 쉬운 점, 세밀한 자국 표현이 가능한 점, 동·식물 모두 화석이 되는 것을 지도할 수 있는 점, 몰드화석 이해가 가능한 점, 적은 양의 찰흙으로 표현 가능한 점' 등이 있었다. 단점으로는 '나뭇잎이 잘 찢어지는 점, 나뭇잎은 입체적이지 않은 점' 등이 있었다. 교사의 응답 중에 특이한 점은 다음과 같다. '나뭇잎은 화석이 될 생물 조건에 부합하지 않는다'는 응답은 화석이 되려면 딱딱한 부분이 꼭 있어야 한다는 오개념을 가진 것으로 볼 수 있다. '나뭇잎 무늬가 선명하게 찍히지 않음'이라는 응답이 다수 있었는데 이 응답을 한 교사들의 교육경력을 확인한 결과, 실제로 6차 지도 경험이 없어 실험 과정을 예상하여 답한 것으로 분석되었다.

나뭇잎으로 세밀한 자국 표현이 가능하다고 응답한 교사는 관련 탐구활동을 지도한 경험이 있는 것에 비추어볼 때 교사가 실제로 탐구활동을 해보았는지는 개선·보완 사항 도출에 중요한 요인임을 알 수 있다.

7차 '찰흙으로 조개껍데기(솔방울) 화석 모형 만들기'에 대한 교사의 인식은 다음과 같다. 이 활동의 장점으로는 '조개껍데기(솔방울)가 입체라 모양이 잘 나타나는 점, 물체가 단단해서 나뭇잎일 때보다 활동에 편리함' 등이 있었다. 단점으로는 '솔방울은 크기가 너무 크면 찰흙 밖으로 솔방울이 나오는 점, 조개껍데기를 구하기 어려운 점, 물체(조개껍데기)는 단단해야 화석이 된다는 오개념이 생길 수 있는 점' 등이 있었다. 6차, 2007 개정에서 나뭇잎을 사용한 것에 비추어 7차는 조개껍데기를 사용했다는 측면에서 '입체, 단단함' 등이 장점으로 언급된 것으로 분석되었다.

2007 개정 '찰흙으로 나뭇잎 화석 모형 만들기'에 대한 교사의 인식은 다음과 같다. 이 활동의 장점으로는 '쉽게 찢어지는 나뭇잎(식물)도 화석이 가능한 것을 지도 가능한 점, 재료(나뭇잎)를 구하기 쉬운 점, 세밀한 자국 표현이 가능한 점' 등이 있었다. 단점으로는 '나뭇잎이 잘 찢어지는 점, 실험이 학년 수준에 비해 너무 쉬운 점' 등이 있었다. 동일하게 나뭇잎을 활용한 6차와 비교해 보면 장점은 비슷하였고, 6차부터 2007 개정까지 긴 시간 동안 학생들의 신체적·정신적 능력이 변화된 것을 고려하면 나뭇잎을 활용한 탐구활동으로만 탐구활동을 구성한 것은 학생의 흥미도 부분에서 개선할 필요가 있다고 언급하였다. 또한, 조개껍데기와 솔방울을 활용한 탐구활동이 나뭇잎으로 다시 변화된 것이 7차를 학교 현장에서 지도한 교사들이 6차 재료가 더 효과적이라 생각한 점이 반영된 것인지도 알아볼 필요가 있다.

2009 개정 '알지네이트로 화석 모형 만들기'에 대한 교사의 인식은 다음과 같다. 이 활동의 장점으로는 '물질이 없어진 공간에 다른 물질이 채워지는 것을 이해할 수 있음, 학생의 흥미도가 높은 점, 입체적인 화석이 표현 가능한 점' 등이 있었다. 단점으로는 '알지네이트 반죽이 번거로운 점, 내용보다 흥미에 치우친 점, 화석이 빨리 만들어진다는 오개념이 생길 수 있는 점, 탐구활동의 사전 준비시간이 많이 걸리는 점' 등이 있었다. 알지네이트를 활

탐구활동이 '찰흙으로 나뭇잎(조개껍데기) 화석 모형 만들기(몰드화석)'에서 '찰흙으로 조개껍데기(솔방울) 화석 모형 만들기(몰드화석)'로 변화되었습니다.
 - '찰흙으로 나뭇잎(조개껍데기) 화석 모형 만들기(몰드화석)'의 장단점이 무엇이며 생각하는 이유를 적어주세요.

장점	단점
1. 쉽게 구할 수 있는 생물이므로 관찰하기 쉽다. 2. 사소한 처리로 관찰할 수 있다.	1. 나뭇잎이 잘 찢어진다. 2. 나뭇잎이 찢어질수록 관찰할 수 없다.
- '찰흙으로 조개껍데기(솔방울) 화석 모형 만들기(몰드화석)'의 장단점이 무엇이며 생각하는 이유를 적어주세요.	
장점	단점
1. 단단해서 찰흙에 쉽게 찍을 수 있다. 2. 알지네이트는 관찰할 수 없으나, 번거로운 점이 있다.	1. 알지네이트 반죽이 번거롭다. 2. 조개껍데기 내벽까지 관찰하기 어렵다.

Fig. 3. Example of the teachers' conceptions survey about changes of the inquiry activity

용한 것은 이전 교과서 탐구활동에서 큰 변화를 준 것이라 할 수 있다. 물질이 없어진 공간에 다른 물질이 채워진다는 것을 학생이 탐구활동 속에서 알 수 있는 것은 좋은 변화이다. 하지만 이 과정이 퇴적작용과 혼동될 수 있는 것처럼 의도치 않은 오개념이 함께 생성될 수 있다. 그러므로 교사들이 생각하는 각 교육과정별 장·단점을 면밀히 분석·반영하여 2015 개정 교과서 속 탐구활동을 구성할 필요가 있을 것이다.

4) 교사들이 인식하는 탐구활동 개선 방향

교사들이 인식하는 탐구활동 개선 방향의 예는 Fig. 4와 같다.

6차에서 7차로 변화되면서 개선된 점으로는 ‘실험과정별 사진자료가 추가된 점, 물체가 단단한 것으로 변화된 점, 재료가 입체적인 것으로 변화된 점’ 등이었고, 개선되지 않은 점으로는 ‘물체만 바뀌고 실험과정 자체는 동일한 점, 물체가 자연스럽게 없어지지 않고 인위적으로 떼어지는 점’ 등이었다. 향후 개선 방안으로는 ‘쉽게 구할 수 있는 재료 제시, 실제 화석 생성 과정을 최대한 재현할 수 있는 실험 구성, 찰흙을 아이클레이·석고·알지네이트 등으로 대체’ 등의 의견이 있었다.

7차에서 2007 개정으로 변화되면서 개선된 점으로는 ‘나뭇잎처럼 부드러운 물체도 화석이 될 수 있음을 보여준 점, 탐구과정이 한 눈에 보기 쉽게 정리되어 제시된 점’ 등이었고, 개선되지 않은 점으로는 ‘찰흙 반대기처럼 지층 사이에서만 화석이 생성되는 것이 아닌 점, 모형과 실제 화석 생성 과정이 다른 점에 대한 보완이 없는 점, 손으로 누르는 활동의 영향으로 화석은 무언가에 찍혀서 생긴다는 오개념이 생길 수 있는 점’ 등이 있었다. 향후

개선 방안으로는 ‘학생용 교과서에도 실제 화석 생성과 탐구활동의 차이점 언급 및 토의 활동 도입, 평면(나뭇잎)·입체(솔방울) 등 다양한 물체를 대상으로 탐구활동 구성’ 등의 의견이 있었다.

2007 개정에서 2009 개정으로 변화되면서 개선된 점으로는 ‘찰흙에서 알지네이트로 재료의 변화, 학생의 흥미도 증가’ 등이었고, 개선되지 않은 점으로는 ‘모형과 실제 화석 생성 과정이 다른 점에 대한 보완이 없는 점, 탐구활동 시간이 오래 걸려서 다른 학습 요소 시간이 줄어든 점’ 등이었다. 향후 개선 방안으로는 ‘알지네이트 반죽의 단점을 보완할 물질 사용, 실제 화석 생성과 모형 탐구활동의 차이점 관련 토의 활동 도입’ 등의 의견이 있었다.

6차~2009 개정으로 변화되어 오면서 사진자료와 교과서의 구성 등은 개선되었다고 공통적으로 인식하고 있었다. 하지만 실제 화석 생성과 모형 탐구활동의 차이를 보완한 탐구활동 제시가 부족하다는 의견, 보완된 탐구활동 구성이 어렵다면 실제와 모형의 차이에 대해서 학생들이 인지할 수 있는 활동을 체계적으로 수업 시간에 다루는 것이 필요하다는 의견 등이 공통적으로 제시되었다. 이런 현장 교사들의 의견을 적극 반영하여 탐구활동을 개선·보완할 필요가 있다.

2. 화석 관련 개념에 대한 초등교사의 인식 분석

화석 관련 개념에 대한 초등교사의 인식 설문에는 Fig. 5와 같다.

‘생물이 화석이 되기 쉬운 조건, 몰드화석의 생성 과정, 캐스트화석의 생성 과정, 흔적 화석의 생성 과정, 공룡화석이 사막에서 발견되는 이유’ 등에 대한 교사의 응답은 다양하였다.

‘생물이 화석이 되기 쉬운 조건’에 대한 문항은 교사들이 생각하는 조건을 자유롭게 복수 응답 할 수 있었다. 본인의 생각을 한 문장으로 응답하는 것이 아니라, 조건에 대해 복수 응답을 하므로 각각의 응답에 대해서 옳은 표현인지 여부만 판단하였다. 그러므로 개별 응답의 점수화는 의미가 없어 반영하지 않았다. 다만, 개별 응답에 대해 화석이 되는 명확한 조건을 언급한 경우에는 ‘옳은 표현’, 화석이 되는 조건에 부분적으로 관련이 되는 내용은 ‘부분적으로 옳은 표현’, 화석이 되는 조건

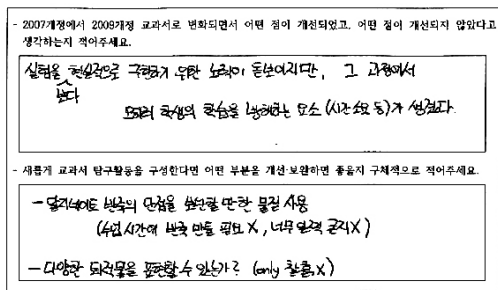


Fig. 4. Example of the teachers' conceptions survey about the direction of its improvement

- 생물이 화석으로 되기 쉬운 조건(복수 응답 가능)에는 어떤 것이 있다고 생각하시는지 적어주세요.
 * 많은 개체 수 · 신속한 퇴적물 쌓임.
 · 단단한 부면
 - 몰드화석과 캐스트화석이 만들어지는 과정을 각각 간단히 적어주세요.
 * 몰드화석: 생물체(→자국)가 퇴적물에 묻힘 → 추가 퇴적 → 유해가 되어 사라짐(부패) → 각기 때문에 유해가 사라짐 → 캐스트화석: 묻혀 드러남
 * 캐스트화석: 묻혀 드러남
 * 몰드화석과 캐스트화석은 유해가 분해되어 분해된 반응으로 새로운 물질이 들어와
 * 별다른 기이한 자국이 흔적화석으로 되는 것은 어떤 과정을 거쳐 이루어진다고 생각하시는지 적어주세요.
 * 생물의 유해가 묻혀 있던 상태로 화석인 것이 아닌
 * 흔적만 남은 화석층에서 다른 화석층이 생성된 것이다 생각한다
 - 공통화석 탐험대가 발굴의 고비 사막에서 공통화석을 발견하였다고 한다. 공통화석이 사막에서 발견
 될 수 있는 이유를 적어주세요.
 * 2의 적어도 전에는 사막이 아닌
 * 화석이 생성될 수 있는 환경이었을 것.

Fig. 5. Example of the teachers' conceptions survey about related concepts of fossil

과 상관이 없는 내용은 '틀린 표현'으로 과학교육 전문가와 초등과학교육전공 박사과정생 3명이 구분하였다. 이견이 있는 응답은 토의를 통해 결정하였다.

'옳은 표현'에 포함되는 내용으로는 '생물체의 단단한 부분, 빠른 매몰, 풍부한 개체 수, 진흙으로 된 지층, 산소 차단, 화석화 작용'이었고, '부분적으로 옳은 표현'에 포함되는 내용으로는 '작은 퇴적물 입자, 퇴적작용이 활발한 땅, 암석 지형이 아닌 부드러운 땅, 부패 안 되는 조건, 넓은 지역에 분포하는 개체, 뜨거운 열이나 압력이 없음, 육지에서 가까운 해저 호수 바닥에 퇴적, 열대나 온대 지역, 생물이 사라지기 전에 생물을 덮은 지층이 굳어야 함'이었다. '틀린 표현'에 포함되는 내용으로는 '평지나 근해 지역, 높은 압력, 화산 폭발, 뜨거운 열, 건조한 기후, 수분 차단, 진공상태, 적당한 크기의 생물체'이었다. 즉, 생물이 화석으로 되기 쉬운 조건에 대한 교사의 전체 응답을 23가지로 분류하였고, 분류 결과 교사들이 바르게 표현(6가지, 26%)하는 경우도 있지만, 부분적으로 바른 표현(9가지, 39%), 틀린 표현(8가지, 35%)을 하는 경우도 있는 것으로 나타났다.

'몰드화석의 생성 과정, 캐스트화석의 생성 과정, 흔적화석의 생성 과정, 공통화석이 사막에서 발견되는 이유'에 대한 응답은 응답자인 교사가 본인의 생각을 서술하는 형식으로 구성하였다. 교사의 응답들을 과학교육전문가와 초등과학교육전공 박사과정생 3명이 협의를 통해 '이해, 부분이해, 모름'으로 분류하였고, '이해'는 2점, '부분이해'는 1점,

'모름'은 0점으로 점수화하여 유의한 차이가 있는 지에 대해서 통계분석을 실시하였다.

몰드화석의 생성 과정 세부 분류 기준은 다음과 같다. 교사의 응답 속에 '사라짐, 문힘, 흔적(빈공간)'과 같이 3개의 키워드가 포함되어 있으면 '이해'로 분류하였고, '사라짐'과 '문힘' 혹은 '흔적(빈공간)'과 같이 2개의 키워드가 포함되어 있거나, '몰드의 정의와 관련된 내용 기술'인 경우에는 '부분이해'로 분류하였다. '사라짐, 문힘, 흔적(빈공간)' 중에 '사라짐'을 언급하지 않고, 다른 키워드만 언급한 경우에는 '모름'으로 분류하였다. '빈 공간'은 몰드와 캐스트를 구분하는 요소로 이해하여 '흔적'의 의미에 포함시켰다.

캐스트화석의 생성 과정 세부 분류 기준은 다음과 같다. 교사의 응답 속에 '채워짐(광물질, 퇴적물), 문힘, 사라짐'과 같이 3개의 키워드가 포함되어 있거나, '채워짐(광물질, 퇴적물)'과 '몰드화석 생성과정' 응답 속에 '문힘과 사라짐 언급'을 한 경우에는 '이해'로 분류하였다. '채워짐(광물질, 퇴적물)'을 언급하고 '문힘, 사라짐' 중에서 한 가지가 포함되어 있는 경우와 '채워짐(광물질, 퇴적물)'을 언급하고, '몰드화석 생성과정' 응답 속에서 '문힘, 사라짐' 중 한 가지만 언급한 경우에는 '부분이해'로 분류하였다. 응답 속에 '채워짐(광물질, 퇴적물)'이 없는 경우는 모두 '모름'으로 분류하였다. '채워짐(광물질, 퇴적물)'의 경우에도 지층 내에서 이루어진다고 한 것은 '이해'로, 지층 밖에서 이루어진다고 한 것은 '부분이해'로 분류하였다. '채워짐'을 언급할 때 채워진 물질을 퇴적물로 언급한 교사들이 많았다. 이는 교사와 학생 모두 과학 용어에 친숙하지 않고 어려워하는 경향이 있는 점(윤은정과 박운배, 2013; Michaels et al., 2007)에 비추어 볼 때 퇴적물을 광물질이라는 용어와 혼재하여 사용한 것으로 판단하였다.

흔적화석의 생성 과정 세부 분류 기준은 다음과 같다. 흔적화석 생성 과정이 핵심은 '퇴적(문힘)'이므로 교사의 응답 속에 '퇴적(문힘), 흔적(자국, 굳어짐)'과 같이 2개의 키워드가 포함되어 있으면 '이해'로 분류하였고, '퇴적(문힘)'만 언급한 응답은 '부분이해'로 분류하였으며 '흔적(자국, 굳어짐)'만 언급한 응답은 '모름'으로 분류하였다. 많은 교사들이 흔적화석은 퇴적물 최상층에서 드러나는 것으로 잘못 이해하고 있었다.

공룡화석이 사막에서 발견되는 이유의 세부 분류 기준은 다음과 같다. ‘과거에는 사막이 아닌 다른 환경’과 같은 내용은 ‘이해’로, ‘과거에는 사막이 아닌 다른 환경’과 함께 ‘사막은 퇴적작용이 활발함’과 같이 잘못된 내용을 포함해서 언급한 경우에는 ‘부분이해’로 분류하였다. 그 외에 잘못된 이해만 응답한 경우는 ‘모름’으로 분류하였다. 즉, 과거 환경과 현재 환경이 달라졌다는 내용이 있는지에 따라서 이해 정도를 분류하였다.

교육경력에 따른 화석 관련 개념(몰드화석의 생성 과정, 캐스트화석의 생성 과정, 흔적화석의 생성 과정, 공룡화석이 사막에서 발견되는 이유) 이해 정도를 ANOVA 분석한 결과는 Table 8과 같다.

교육경력에 따라 통계적으로 유의한 차이는 없었지만, 교육경력이 높아질수록 ‘몰드화석 과정 이해’, ‘캐스트화석 과정 이해’ 수준이 낮아지는 경향을 보이고 있었다. ‘흔적화석 과정 이해’는 교육경력 5~10년 사이가 가장 높은 이해를 보였고, ‘공룡화석이 사막에서 발견되는 이유’에 대해서는 교육경력 5년 미만이 가장 높은 이해를 보였다. 통계적으로 유의한 차이는 아니지만, 전체적으로 교육경력이 낮은 교사가 화석 관련 개념 이해가 높은 경향이 있다고 볼 수 있다. 교육경력이 낮은 교사들은 학부과정과 임용고시를 준비하면서 과학교육 내용 중 화석 관련 지식을 학습한 시기가 최근인 영향으로 판단된다. 교사가 교직을 시작하고 일정 기간이 지나면 과학교육 관련 내용 지식을 심화할 수 있는 기회를 제공해줄 필요가 있을 것이다.

화석 관련 단원 지도나 연수 수강 경험에 따른 화석 관련 개념 이해 정도를 t-test로 분석한 결과는 Table 9와 같다.

통계적으로 유의한 차이는 아니지만, ‘몰드화석 과정 이해’, ‘캐스트화석 과정 이해’는 관련 단원

Table 9. The t-test between ‘the teaching or training experience’ and ‘related concepts of fossil’ (N=70)

내용	M (SD)		F
	있음 (n=30)	없음 (n=40)	
몰드화석 과정 이해	.87 (.90)	1.13 (.94)	.67
캐스트화석 과정 이해	.83 (.95)	1.00 (.96)	.02
흔적화석 과정 이해	.97 (.97)	.83 (.98)	.59
공룡화석 사막발견 이유 이해	1.50 (.86)	1.33 (.92)	1.47

지도나 연수 수강 경험이 없는 경우에 더 높은 이해를 하고 있었고, ‘흔적화석 과정 이해’, ‘공룡화석 사막발견 이유 이해’는 관련 단원 지도나 연수 수강 경험이 있는 경우에 더 높은 이해를 하는 것으로 나타났다. 화석 관련 단원 지도를 어떻게 하였는지, 관련 연수가 어떤 내용으로 구성되었는지에 대한 정보에 제한이 있지만, 화석 관련 단원 지도나 연수 수강 경험에 따른 화석 관련 개념 이해 정도에 유의한 차이가 없다는 것은 추후 심층 분석이 필요하다고 생각된다.

개념은 대상에서 공통적인 특징이나 성질을 나타내는 표상으로 개념에 대한 설명이 명확하지 않으면 개념 이해가 어렵다(Carin, 1993; 박미진과 김영민, 2003). 그러므로 교사가 정확한 개념을 이해하지 않으면 수업 시간에 학생들의 질문이나 탐구 활동 중 잘못된 개념을 의도하지 않게 지도하게 될 수 있다. 과학 교과는 내용학적 지식에 대한 정확한 이해가 필수적이지만, 최근 과학과 직무연수를 살펴보면 탐구활동 방법 및 대체활동 중심으로 진행되는 경향이 많아 내용학적 지식에 대해 소홀해진 경향이 있다. 과학과 관련 연수를 구성할 때 핵심적인 내용학적 지식도 함께 공유될 수 있도록 적극 권장할 필요가 있다. 그리고 화석 관련 단원을

Table 8. The ANOVA test between the teachers’ ‘career’ and ‘related concepts of fossil’ (N=70)

내용	M (SD)			F
	5년 미만 (n=27)	5~10년 (n=16)	10년 이상 (n=27)	
몰드화석 과정 이해	1.22 (.93)	.94 (1.00)	.85 (.86)	1.62
캐스트화석 과정 이해	1.11 (.97)	1.00 (1.03)	.70 (.87)	3.70
흔적화석 과정 이해	.96 (1.02)	1.13 (1.03)	.67 (.88)	6.71
공룡화석 사막발견 이유 이해	1.56 (.80)	1.19 (.98)	1.37 (.93)	2.81
Scheffé	A	A	A	

지도할 때 접하는 교육 자료를 분석하여 관련 개념 이해 및 학생 지도에 유의한 효과가 있을 수 있도록 개선할 필요가 있을 것이다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 6차·2009 개정 초등과학 교과서의 '화석 모형 만들기' 탐구활동 및 관련 개념에 대한 초등교사의 인식이 어떠한지 분석하여 그 원인이 무엇인지 알아보고, 시사점을 도출하고자 하였다. 연구결과를 토대로 다음과 같이 결론 및 제언을 하고자 한다.

첫째, 교사가 전반적으로 탐구활동 속에서 학생들에게 지도해야 하는 내용에 대해 정확한 개념을 가지고 있지만, 일부 개념에 대해서는 잘못된 인식을 가지고 있는 경우가 있었다. '생명체 위에 퇴적물이 덮이는 시간 간격이 커야 한다고 생각하는 점', '실제 화석 생성 과정에서 압력은 지층이 되는 과정 자체로 필요하지만, 자국을 내기 위한 압력으로만 생각하는 점', '물체의 흔적이 남는 화석화 작용과 화석이 발견되는 과정을 동일시하는 점', '모형 속에서 건조 활동을 실제 화석화 작용과 동일하게 생각하는 점' 등이 그 예라 할 수 있다. 이런 교사의 인식을 개선하기 위해서는 교사용 지도서에 교사들이 가지고 있는 주요 오개념 및 정개념에 대해 자세히 기술하여, 교사들이 과학 교과서 속 탐구활동 및 관련 개념을 정확히 인지하고(Akerson *et al.*, 2000; Gomez-Zwiep, 2008), 학생들에게 지도할 수 있도록 할 필요가 있다. 즉, 교사는 과학 교과서에 대한 전문성을 가지고 학생을 지도해야 한다(성승민 등, 2016).

둘째, 교사가 탐구활동에 대해 전반적으로 내용 이해를 하고 있지만, 일부 단계에서는 탐구활동 단계별 구성 방법에 따라 관련 내용 이해가 달라지는 것으로 나타났다. '2009 개정 2단계는 생물체 올려놓기, 손으로 누르기, 떼어내기 활동이 한 단계에 다 들어간 점', '2007 개정 2단계는 다른 찰흙 반대기를 만들고, 물체를 올려놓는 내용이 이동해온 점', '2007 개정 3단계는 조심스럽게라는 표현이 추가되면서 교사들의 인식에 영향을 준 점' 등이 그 예라 할 수 있다. 비슷한 내용도 어느 단계로 묶어서 구성하는지에 따라 교사들이 받아들이는 중요성 인식 정도가 다르므로, 학생을 지도할 때에 강조하는 부분에 차이가 있을 가능성이 높다. 즉, 학생이 교

사의 수업 속에서 탐구활동을 할 때에도 교사와 유사한 인지과정 속에서 내용을 받아들일 수 있다는 것을 의미한다. 그러므로 탐구활동의 한 단계 속에는 한 가지 핵심 내용으로 구성하여 교사들이 핵심 내용을 정확히 인지하고, 학생들에게 지도할 수 있도록 개선할 필요가 있다.

셋째, 교사는 본 탐구활동의 수업목표로 '화석 생성 과정 및 원리 이해, 모형과 실제 화석의 유사점 및 차이점 이해'와 같이 개념 이해를 중시하였다. 교과서 탐구활동이 변화하면서 사진자료와 교과서 구성은 개선되었지만, 모형과 실제 화석 생성 차이를 보완한 탐구활동 제시가 부족하다고 생각하고 있었다. 모형과 실제 화석 생성 차이를 보완한 탐구활동 구성이 어렵다면 학생들이 그 차이를 이해할 수 있도록 수업 속에서 탐구 및 토의를 할 수 있는 활동을 체계적으로 구성할 필요가 있을 것이다. 그리고 교사는 수업목표를 정확히 이해하고, 학생들에게 명확히 제시할 필요가 있다.

넷째, 교사의 화석 관련 개념 인식을 분석한 결과, 화석 관련 개념 이해 수준은 교육경력과 화석 관련 단위 지도나 연수 수강 경험과는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 하지만 교육경력이 낮거나 화석 관련 단위 지도나 연수 수강 경험이 없는 교사가 교육경력이 높거나 화석 관련 단위 지도나 연수 수강 경험이 있는 교사보다 이해 정도의 평균이 높은 경우도 있었다. 이런 결과는 선행연구(김현정과 여상인, 2010; 정재훈과 김영신, 2010; 여상인과 성승민, 2013)와 일치하지 않는 결과로, 교육경력이 낮은 교사들이 비교적 최근에 학부과정과 임용고시 준비 등을 통해서 화석 관련 개념에 대한 공부를 한 영향, 교사들이 관련 단원을 지도하기 전에 사전 교재 연구나 관련 연수 활동 등을 할 때 내용학적 지식보다 탐구활동 방법과 대체활동 소개 중심으로 하는 경향 때문으로 생각해볼 수 있다. 과학 교과는 타 교과보다 관련 내용학적 지식을 교사들이 이해하여야 학생들에게 명확한 수업 지도가 가능하다. 그러므로 교사들이 과학과 직무연수 속에서 정확한 화석 관련 개념을 이해할 수 있도록 연수 커리큘럼을 재구성할 필요가 있을 것이다. 이를 통해 교사가 '화석 모형 만들기' 탐구활동을 정확히 이해한다면, 과학 교과서 속 탐구활동에 대한 심화된 전문성을 가지고 학생들을 지도할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 교육과학기술부(2011a). 과학 4-2. (주) 금성출판사.
- 교육과학기술부(2011b). 초등학교 교사용 지도서 과학 4-2. (주) 금성출판사.
- 교육부(1996a). 자연 4-2. 국정교과서 주식회사.
- 교육부(1996b). 초등학교 교사용 지도서 자연 4-2. 국정교과서 주식회사.
- 교육부(2014a). 과학 3-2. (주) 미래엔.
- 교육부(2014b). 초등학교 교사용 지도서 과학 3-2. (주) 미래엔.
- 교육인적자원부(2006a). 과학 4-2. 대한교과서 주식회사.
- 교육인적자원부(2006b). 초등학교 교사용 지도서 과학 4-2. 대한교과서 주식회사.
- 김덕호, 홍승호(2013). 초등학생들의 화석에 대한 인식 조사. *초등과학교육*, 32(4), 503-514.
- 김미영, 김희백(2007). 모형 기반 수업을 통한 혈액 순환 개념 변화의 다차원적 분석. *생물교육*, 35(3), 407-424.
- 김미영, 김희백(2009). 중등 과학 교과서의 생명 영역에 제시된 과학적 모형들의 유형 분석. *한국과학교육학회지*, 29(4), 423-436.
- 김영신, 이혜숙, 박경숙(2006). 중학교 과학교사와 학생들이 인식하는 수업 목표의 차이에 대한 연구. *과학교육연구지*, 29, 45-56.
- 김현정, 여상인(2010). 초등 과학 수업의 실제에 대한 교사와 학생의 인식. *초등과학교육*, 29(4), 451-464.
- 노명완, 정혜승, 윤춘채(2004). 교과용 도서 내적 체제 개선에 관한 연구. 서울: 한국교과서연구재단.
- 박미진, 김영민(2003). 물리 외 교과서에 제시된 물리적 현상 설명이 학생들의 물리 개념 형성에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 23(2), 155-164.
- 백성해, 김경은(2013). 전기가 흐르는 물질로서 도체와 전해질에 대한 예비과학교사들의 개념변화 과정에 대한 연구. *한국과학교육학회지*, 33(6), 1103-1118.
- 성승민, 채희인, 임희준(2016). 초등학교 과학 교과서에 제시된 캐릭터 삽화의 역할 분석: 2009 개정 과학과 4 학년 교과서를 대상으로. *한국과학교육학회지*, 36(1), 167-175.
- 심규철, 박종석, 박상우, 신명경(2007). 초등 교과서에서 제시된 과학 탐구 활동의 분석. *초등과학교육*, 26(1), 24-31.
- 여상인, 성승민(2013). 개인 변인에 따른 초등교사의 초등과학수업 실행전문성 분석. *초등과학교육*, 32(4), 535-544.
- 우주희, 안병호, 김상달(1990). 지구과학 수업에서 학습자 특성에 따른 수업목표의 효과. *과학교육연구지*, 14, 37-48.
- 윤은정, 박윤배(2013). 과학 용어 및 과학 용어 교육에 대한 과학 교사들의 인식 조사. *한국과학교육학회지*, 33(7), 1343-1353.
- 이명제(2014). 초등 과학교과서 지구과학 지식에 대한 예비교사들의 질문 종류, 빈도 및 인지적 배경 출처 분석. *한국지구과학회지*, 35(4), 277-289.
- 이정아(2011). 2007 개정 교육과정 초등 과학 교과서의 시각 이미지에 대한 언어학적 분석: 날씨의 변화 단원을 중심으로. *초등과학교육*, 30(4), 482-489.
- 임성만(2015). 우리나라 역대 초등학교 교과서에서 다루어진 “지구과학” 영역의 중심개념과 탐구활동 분석 및 차기 교과서 개선 방안 모색. *초등과학교육*, 34(3), 288-296.
- 임채성, 윤혜경, 장명덕, 임희준, 신동훈, 김미정, 박현우, 이인선, 권치순, 이대형, 김남일(2007). 초등학교 3~4학년 차세대 과학 교과서 체제 개발 연구. *초등과학교육*, 26(5), 580-595.
- 장명덕(2009). 초등 교사들의 과학 오개념에 대한 인식과 수업전략. *초등과학교육*, 28(4), 425-439.
- 정재훈, 김영신(2010). 과학 실험 연수에 대한 초등 교사들의 기대와 실태 분석. *초등과학교육*, 29(3), 316-325.
- Abdi, S. W. (2006). Correcting student misconceptions. *Science Scope*, 29(4), 39.
- Akerson, V. L., Flick, L. B. & Lederman, N. G. (2000). The influence of primary children's ideas in science on teaching practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 363-385.
- Ault, C. R. (1998). Criteria of excellence for geological inquiry: The necessity of ambiguity. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 189-212.
- Carin, A. A. (1993). Teaching science through discovery. 7th ed. New York: Merrill.
- Gomez-Zwiep, S. (2008). Elementary teachers' understanding of students' science misconceptions: Implications for practice and teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 19(5), 437-454.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212-218.
- Michaels, S., Shouse, A. W. & Schweingruber, H. A. (2007). Ready, Set, SCIENCE!: Putting research to work in K-8 science classrooms. National Academies Press.
- Sewell, A. (2002). Constructivism and student misconceptions: Why every teacher needs to know about them. *Australian Science Teachers Journal*, 48(4), 24-28.