

과학 공학적 실천에 의한 초등학교 과학 교과서 물질 영역의 탐구 활동 분석

조성호 · 임지영[†] · 이정아^{**} · 최근창^{***} · 전경문^{****}

(광주계림초등학교) · (고실초등학교)[†] · (광주미산초등학교)^{**} · (화순초등학교)^{***} · (광주교육대학교)^{****}

The Analysis of Inquiry Activity in the Material Domain of the Elementary Science Textbook by Science and Engineering Practices

Cho, Seongho · Lim, Jiyeong[†] · Lee, Junga^{**} ·

Choi, GeunChang^{***} · Jeon, Kyungmoon^{****}

(Gwangju Gyelim Elementary School) · (Gosil Elementary School)[†] · (Gwangju Misan Elementary School)^{**} · (Hwasun Elementary School)^{***} · (Gwangju National University of Education)^{****}

ABSTRACT

We examined the inquiry activities in the material domain of the elementary science textbooks and experimental workbooks based on 2009 revised curriculum. The analysis framework was SEP (Science and Engineering Practices) - ‘Asking questions and defining problems’, ‘developing and using models’, ‘planning and carrying out investigations’, ‘analyzing and interpreting data’, ‘using mathematics and computational thinking’, ‘constructing explanations and designing solutions’, ‘engaging in argument from evidence’, and ‘obtaining, evaluating, and communicating information’. Sub-SEP of each grade band were also used. The results showed that the 3rd~5th grade science textbooks and workbooks mainly emphasized ‘make observations and/or measurements’, ‘represent data in tables and/or various graphical displays’, or ‘use evidence to construct or support an explanation or design a solution to a problem’ among around 40 sub-SEP. In the case of the inquiry activities for 6th grade, majority of sub-SEP included were also only ‘collect data to produce data to serve as the basis for evidence to answer scientific questions or test design solutions’, ‘analyze and interpret data to provide evidence for phenomena’ or ‘construct a scientific explanation based on valid and reliable evidence obtained from sources’. The type of ‘asking questions and defining problems’, ‘using mathematics and computational thinking’ or ‘obtaining, evaluating, and communicating information’ were little found out of 8 SEP. Educational implications were discussed.

Key words : elementary science textbook, inquiry, science and engineering practice

I. 서 론

과학 탐구(science inquiry)는 과학자들이 자연 현상에 관한 의문에 답하려는 목적으로 연구하는 방법을 의미한다. 또는 학생들이 과학 지식을 습득하거나, 과학자들이 하는 일을 이해하기 위해 수행하

는 활동, 스스로 문제를 해결하는 능력 등을 뜻하기도 한다(Anderson, 2002; Lotter *et al.*, 2009). 과학과 교육과정에 탐구를 포함시키려는 시도는 미국의 경우, 19세기 NEA 보고서(NEA, 1894)를 기원으로 듀이(Dewey, 1916), 슈왓(Schwab, 1962) 등의 주장으로 이어졌다. 이와 같이 과학교육 분야에서 장

2016.3.8(접수), 2016.4.3(심통과), 2016.5.23(2심통과), 2016.5.29(최종통과)

본 논문은 조성호, 임지영, 이정아의 2016년 광주교육대학교 석사학위 논문의 데이터를 일부 활용하여 재구성하였음.

E-mail: kmjeon@gnue.ac.kr(전경문)

기간 탐구를 강조해왔음에도 불구하고, 탐구의 의미나 지도 방법에 대해서 아직까지 많은 혼란이 존재한다(Anderson, 2002; Lucero *et al.*, 2013).

NRC(National Research Council, 2012)는 탐구의 의미를 보다 확장하여 ‘과학 공학적 실천(SEP: Science and Engineering Practices)’ 개념을 제안하였다. 이어 미국의 차세대 과학교육 기준(NGSS: Next Generation Science Standards)에서는 ‘질문하고 문제 규정하기’, ‘모형 개발하고 사용하기’, ‘조사 계획하고 수행하기’, ‘자료 분석하고 해석하기’, ‘수학 및 전산적 사고 이용하기’, ‘설명 구성하고 문제 해결 고안하기’, ‘증거에 입각하여 논의하기’, ‘정보를 얻고 평가하고 소통하기’ 등과 같은 8가지 과학 공학적 실천을 제시하였다. 아울러 각 학년 군별로 세부 실천을 구체적으로 제시함으로써, 학생들 스스로 탐구를 수행할 수 있도록 길잡이를 제공하고 있다(NGSS Lead States, 2013).

우리나라의 경우, 1970년대부터 탐구의 중요성이 꾸준히 강조되고 있으며, 2009년 개정 교육과정에도 탐구를 통해 과학의 개념을 이해하고, 이를 바탕으로 과학적 탐구 능력과 과학적 태도의 함양뿐만 아니라, 합리적으로 문제를 해결하는 데 필요한 과학적 소양을 함양할 수 있어야 함이 명시되어 있다(Ministry of Education and Science Technology, 2012). 우리나라 과학교육에 대한 방향성을 제시해 주는 가장 중요한 지표가 되는 것이 교육과정이고, 이러한 교육과정에 대해 그 정신과 내용을 가장 잘 반영하고 있는 것이 바로 교과서라고 할 수 있다. 학생은 교과서에 제시된 탐구 활동을 바탕으로 과학 내용 지식이나 탐구력을 키워나간다(Kim *et al.*, 2012). 따라서 학교 현장에서 과학 탐구 교육이 제대로 진행되고 있는지 알아보기 위해서는 과학 교과서에 대한 분석이 가장 먼저 이루어져야 할 것이다(Lim, 2015).

최근 들어 국내 과학교육 분야에서는 우리나라의 교과서나 교수학습 자료에 포함된 과학 공학적 실천 요소들을 분석하는 연구들이 시도되고 있다. 예를 들어 2009년 개정 교육과정에 따른 고등학교 물리 I, II 교과서(Kang & Lee, 2013)나 화학 II 교과서(Jeon, 2015)의 탐구 활동을 분석한 결과, ‘자료를 분석하고 해석하기’ 또는 ‘설명 구성하고 문제 해결 고안하기’와 같은 실천이 강조되고, ‘질문하고 문제 규정하기’를 비롯한 ‘모형 개발하고 사용하기’,

‘수학 및 전산적 사고 이용하기’, ‘증거에 입각하여 논의하기’, ‘정보를 얻고 평가하고 논의하기’와 같은 탐구 요소는 거의 나타나지 않았다. Kim(2015)은 한국과학창의재단의 STEAM 프로그램 가운데 초·중·고 과학 교과와 연계된 프로그램을 선정하여 분석하였다. 학교급별 비교 결과, 초등학교에서 과학적 실천과 공학적 실천이 가장 많이 포함되었고, 8가지 과학적 실천 가운데 ‘정보를 얻고, 평가하고, 소통하기’가 가장 많이 제시되었다. 미국의 경우, 중등 예비 교사들의 과학 수업 지도안에 포함된 과학 공학적 실천을 분석하는 연구가 진행되기도 하였다(Wargo, 2014). 본래 과학 공학적 실천의 개발 의도는 교육과정이나 교수 전략보다는 학생들에게 기대할 수 있는 수행 수준에 초점이 맞춰졌다(NGSS Lead States, 2013). 그러나 과학 교과서나 수업에서 제외되는 실천 유형은 없는지 검토해보는 과정은 궁극적으로 학생들의 탐구 수행 수준에 영향을 줄 수 있다는 측면에서 의미 있는 작업일 것이다.

이에 본 연구에서는 2009년 개정 교육과정에 의해 개발된 초등학교 과학 교과서 물질 영역의 탐구 활동을, 미국 차세대 과학교육 기준의 과학 공학적 실천의 측면에서 분석하였다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

1. 3~6학년 과학 및 실험관찰 물질 영역의 탐구 활동에는 8가지 과학 공학적 실천 중 어떤 유형이 얼마나 포함되어 있는가?
2. 각 탐구 활동에는 학년 군별 세부 실천 중 어떤 유형이 얼마나 포함되어 있는가?

II. 연구 방법

1. 분석 대상

본 연구는 2009년 개정 교육과정(Ministry of Education and Science Technology, 2012)에 의한 초등학교 3~6학년 「과학」 및 「실험관찰」의 물질 영역을 대상으로 하였다. 3학년 1학기 ‘우리 생활과 물질’부터 6학년 2학기 ‘연소와 소화’까지 학기별로 한 단원씩 총 8개 단원이었다. 각 교과서 단원의 차시 내용 중 ‘탐구 활동’을 대상으로 하였는데, 5, 6학년의 경우 단원의 후반부에 추가로 제시된 ‘과학 더하기’까지 분석 대상에 포함시켰다. 실험관찰의 경

우, 교과서의 분석 범위에 해당하는 부분을 함께 분석하였다.

분석 대상을 물질 영역에 한정된 것은 연구자의 전공, 방대한 분석량의 조절 등을 고려하였기 때문으로, 본 연구의 제한점으로 볼 수 있다. 추후 타 영역에 대한 연구가 필요할 것이다. 아울러 중등과 달리 초등학교 과학 교과서의 경우 보조 교과서인 실험관찰 책이 존재하므로, 이를 함께 분석하였다. 과학 교과서와 실험관찰 상호간 탐구 활동이 중복되는 것이므로, 두 실천의 빈도를 합산하지 않고, 각각 제시, 비교함으로써 초등학교 과학 공학적 실천의 전체 모습을 파악할 수 있도록 하였다.

2. 분석 기준

교과서를 분석하는 기준으로 미국 과학교육연구회의 차세대 과학교육 기준(National Science Education Standards)에 제시된 과학 공학적 실천(SEP: Science and Engineering Practices)을 사용하였다(NGSS Lead States, 2013). '1 질문하고 문제 규정하기', '2 모형 개발하고 사용하기', '3 조사 및 실험 계획하고 수행하기', '4 자료 분석하고 해석하기', '5 수학 및 전산적 사고 이용하기', '6 설명 구성하고 문제 해결 고안하기', '7 증거에 입각하여 논의하기', '8 정보를 얻고 평가하고 소통하기'의 8가지 실천에 대해 유치원~2학년, 3~5, 6~8, 9~12학년 군별로 세부 실천이 제시되어 있다. 이 중 본 연구에서는 3~5학년(Elementary) 및 6~8학년(Middle) 군에 해당하는 세부 실천을 사용하되, Table 1과 같이 E11, ..., M85 등으로 표기하였다.

3. 분석 방법

분석 단위는 교과서 탐구 활동에 제시된 한 문장을 기본으로 하였고, 해당 문장에 가장 부합하는 과학 공학적 세부 실천을 1가지씩 선정하였다. 복문으로 구성된 문장은 서로 다른 분석 단위로 구분하였고, 한 가지 활동을 의미하는 여러 개의 문장들은 하나의 분석 단위로 간주하였다. 주요 활동에 대한 보조 활동 문장이 있는 경우에는 보조 문장이 중심 문장과 다른 활동이면 각각 분석하고(부록 1, 분석 단위 ②, ③), 같은 활동이면 하나의 분석 단위로 간주하였다(부록 2, 분석 단위 ②).

중등 예비교사의 수업 안을 분석한 Wargo(2014)

의 연구에서는 학생 스스로 계획하지 않은 활동이나 미리 만들어진 표에 숫자를 기입하는 활동 등은 과학 공학적 실천에 해당하지 않는 것으로 간주하였다. 하지만 본 연구에서는 초등학교의 수준 및 실험관찰 교과서의 특성 등을 고려하여, 설계 과정이 없는 관찰, 분류, 측정 등의 활동을 '3 조사 계획하고 수행하기' 범주에 포함시키고, 실험관찰 교과서에 제시된 표에 결과를 기록하는 활동을 '4 자료 분석하고 해석하기' 범주에 포함시켰다. 다만, '플라스틱 컵에 주스와 얼음을 넣고, 뚜껑을 덮습니다(부록 1, 2, 분석 단위 ①)'와 같이 주요 탐구 수행 전후에 단순히 실험 기구를 조작하는 활동은 과학 공학적 실천에 해당하지 않는 것으로 분석하였다.

본 연구의 모든 연구자가 과학 공학적 실천의 의미를 숙지하고, 교과서에 제시된 일부 탐구 활동을 대상으로 어떤 세부 실천 사항이 포함되었는지 분석을 훈련, 논의하였다. 교과서의 학년별로 각 연구자 1인이 최종 분석을 진행하되, 연구의 신뢰도 확인을 위해 일부 탐구 활동을 선정하여 2인의 분석자간 일치도 평균 .91을 구하였다(Table 2). 분석이 일치하지 않은 세부 실천 사항에 대해서는 연구자들이 여러 차례 논의를 통하여 합의하는 과정을 거쳤다.

III. 결과 및 논의

1. 탐구 활동에 포함된 과학 공학적 실천

본 연구에서는 초등학교 과학 및 실험관찰 교과서 물질 영역의 탐구 활동에 포함된 과학 공학적 실천을 분석하였다. 먼저 과학 교과서의 결과를 살펴보면(Table 3), 학년별 탐구 활동의 수가 평균 13.5개, 문장 수는 95.8개로 나타났다. 즉, 하나의 탐구 활동이 평균 7개 가량의 문장으로 구성되어 있었다. 분석 단위 수는 문장 수에 비해 다소 줄어들었는데(84.3), 이는 같은 의미의 활동을 의미하는 여러 문장들이 하나의 분석 단위로 묶이는 경우가 나타났음을 의미한다(부록 2, 분석 단위 ②). 예를 들어 6학년 과학의 경우 탐구 활동(14) 대비 문장 수(127)가 가장 많았으나, 여러 문장들이 하나의 분석 단위로 묶임에 따라 분석 단위의 수(106)는 5학년(108)과 유사해졌다.

Table 1. Examples of sub-SEP in each grade band (NGSS Lead States, 2013)

1 Asking questions and defining problems	
2 Developing and using models	
E25 Develop a diagram or simple physical prototype...	M25 Develop and/or use a model to predict and/or describe phenomena.
E26 Use a model to test cause and effect relationships or interactions...	
3 Planning and carrying out investigations	
E31 Plan and conduct an investigation...	M31 Plan an investigation...
E32 Evaluate appropriate methods...	M32 Conduct an investigation and/or evaluate and/or revise the experimental design...
E33 Make observations and/or measurements...	M33 Evaluate the accuracy of various methods...
E34 Make predictions...	M34 Collect data to produce data to serve as the basis for evidence to answer scientific questions or test design solutions...
E35 Test two different models...	M35 Collect data about the performance of a proposed object, tool, process or system under a range of conditions.
4 Analyzing and interpreting data	
E41 Represent data in tables and/or various graphical displays...	M41 Construct, analyze, and/or interpret graphical displays of data and/or large data sets to identify linear and nonlinear relationships.
E42 Analyze and interpret data to make sense of phenomena...	M42 Use graphical displays (e.g., maps, charts, graphs, and/or tables) of large data sets to identify temporal and spatial relationships.
E43 Compare and contrast data collected by different groups...	M43 Distinguish between causal and correlational relationships in data.
E44 Analyze data to refine a problem statement or the design of a proposed object, tool, or process.	M44 Analyze and interpret data to provide evidence for phenomena.
E45 Use data to evaluate and refine design solutions.	M45 Apply concepts of statistics and probability...
	M46 Consider limitations of data analysis...
	M47 Analyze and interpret data to determine similarities and differences in findings.
	M48 Analyze data to define an optimal operational range for a proposed object, tool, process or system...
5 Using mathematics and computational thinking	
6 Constructing explanations and designing solutions	
E61 Construct an explanation of observed relationships (e.g., the distribution of plants in the back yard).	M61 Construct an explanation that includes qualitative or quantitative relationships...
E62 Use evidence (e.g., measurements, observations, patterns) to construct or support an explanation or design a solution to a problem.	M62 Construct an explanation using models...
E63 Identify the evidence that supports particular points in an explanation.	M63 Construct a scientific explanation based on valid and reliable evidence obtained from sources...
E64 Apply scientific ideas to solve design problems.	M64 Apply scientific ideas, principles, and/or evidence to construct, revise and/or use an explanation...
E65 Generate and compare multiple solutions to a problem based on how well they meet the criteria and constraints of the design solution.	M65 Apply scientific reasoning to show why the data or evidence is adequate...
	M66 Apply scientific ideas or principles to design...
	M67 Undertake a design project...
	M68 Optimize performance of a design...
7 Engaging in argument from evidence	
E74 Construct and/or support an argument with evidence, data, and/or a model.	M73 Construct, use, and/or present an oral and written argument supported by empirical evidence and scientific reasoning...
8 Obtaining, evaluating, and communicating information	
E85 Communicate scientific and/or technical information orally and/or in written formats...	M85 Communicate scientific and/or technical information...

과학 공학적 실천은 평균 빈도 60.5회로 나타나, 탐구 활동 하나에 실천이 4~5번 제시되어 있음을 알 수 있었다. 학년별 과학 교과서마다 분석 단위

와 과학 공학적 실천의 수 사이에 차이가 있는 것은 실천이 아닌 단순히 실험 기구를 조작하는 등의 활동이 상당수 존재한다는 것을 의미한다(부록 1,

Table 2. Intercoder agreement by sub-SEP

	Science	Workbook
3 rd	.90	.86
4 th	.89	1.00
5 th	.92	.93
6 th	.88	.88
Average	.91	

2, 분석 단위 ①). 학습 주제별 분석이 본 연구의 주목적은 아니지만, 6학년의 ‘기체 발생 장치 만들기’와 같은 탐구 활동은 총 7개의 문장과 분석 단위로 구성되어 있으나, 과학 공학적 실천을 찾아보기는 어려웠다. 즉, 교과서에 실험 준비물, 과정 및 방법, 결과까지 자세히 제시되어 있어 학생 스스로의 탐구 활동을 저해할 가능성이 있다(Cho *et al.*, 2008).

실천의 유형별 빈도를 살펴보면, ‘3 조사 및 실험 계획하고 수행하기’가 평균 28회로 전체 실천(60.5)의 절반 가까이 차지하였고, ‘6 설명 구성하고 문제 해결 고안하기’가 그 뒤를 이었다(18.5). ‘1 질문하고 문제 규정하기’와 ‘5 수학 및 전산적 사고 이용하기’는 나타나지 않았다. 이는 자유 탐구 등의 활동이 아닌 과학 교과서 내용상 학생들이 스스로 탐구 문제를 규정할 기회가 없고, 초등학교 수준의 물질 영역에서 수학적 사고의 사용이 제한되어 있음을 의미한다.

학년별 경향성을 비교해 보면 3, 4학년에 비해 5, 6학년 과학에서 실천의 빈도가 더 높았고, 특히 ‘6

설명 구성하고 문제 해결 고안하기’에서 차이가 두드러져 보였다. 고학년 교과서의 경우, 탐구 활동의 수준이 복잡해져 절차 관련 안내문이 많아질 뿐 아니라, 탐구 활동을 통한 과학 개념의 학습량도 증가되기 때문인 것으로 해석할 수 있을 것이다.

실험관찰의 경우, 탐구 활동이 평균 13개로 교과서(13.5)와 거의 유사하였다. 이는 교과서 탐구 활동에 대응되는 만큼 실험관찰 내용이 있음을 의미한다. 문장 수는 평균 60.8개로서 하나의 탐구 활동이 평균 4.6개 정도의 문장으로 구성되어 있었다. 문장 수(60.8)와 분석 단위 수(60.3)에는 평균적으로 볼 때 큰 차이가 없었으나, 학년별 편차가 존재하였다. 예를 들어 3학년 실험관찰의 경우, 문장(72)에 비해 분석 단위(47)의 수가 줄었는데, 그 이유는 과학 교과서에서와 마찬가지로 같은 의미의 활동을 의미하는 여러 개의 문장들이 하나의 분석 단위로 묶이는 경우가 상당수 존재하였기 때문이다. 이에 비해 5, 6학년 실험관찰에서는 문장 수(65, 57)에 비해 오히려 분석 단위 수(79, 67)가 증가하였는데, 이는 복문으로 구성된 문장 하나가 분석 단위 2개로 나누어지는 경우가 상대적으로 많았기 때문이다. 분석 단위(60.3)와 과학 공학적 실천(57.0)의 수 차이도 거의 없었다. 이는 실천에 해당하지 않는 실험기구 조작 관련 내용이 실험관찰에는 별로 제시되지 않았기 때문이다.

탐구 활동 당 실천의 빈도는 평균 4-5회이었고, 실천의 유형 중 ‘4 자료 분석하고 해석하기’와 ‘6

Table 3. The frequencies of inquiry activity and SEP

Textbook	Science					Experimental workbook					
	Grade	3 rd	4 th	5 th	6 th	M	3 rd	4 th	5 th	6 th	M
Inquiry activity		14	10	16	14	13.5	14	10	15	13	13.0
Sentence		85	65	106	127	95.8	72	49	65	57	60.8
Analysis unit		66	57	108	106	84.3	47	48	79	67	60.3
SEP	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	2	-	-	2	1.0	1	-	-	-	0.3
	3	21	19	36	36	28.0	5	14	21	18	14.5
	4	5	5	11	9	7.5	19	18	24	23	21.0
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	13	8	23	30	18.5	14	12	34	22	20.5
	7	6	6	2	2	4.0	1	2	-	-	0.8
	8	-	-	2	4	1.5	-	-	-	-	-
Total		47	38	74	83	60.5	40	46	79	63	57.0

설명 구성하고 문제 해결 고안하기'가 각각 1/3 가량을 차지하였다. 탐구 활동의 설계나 수행과 관련된 내용보다 그 결과를 분석하는 내용이 많은 것은 실험관찰이 활동의 결과를 기록하도록 구성되었기 때문일 것이다.

학년별 차이를 살펴보면, 3, 4학년에 비해 5, 6학년에서 조사 수행, 자료 분석, 설명 구성 등 전반적으로 실천의 빈도가 다소 증가하였고, 이는 과학 교과서에서의 경향과 유사하였다. 그 외 '1 질문하고 문제 규정하기', '5 수학 및 전산적 사고 이용하기', '8 정보를 얻고 평가하고 소통하기'는 전혀 나타나지 않았다. 본 연구와 같이 교과서의 단원별 탐구 활동이 아닌 자유 탐구 수업을 대상으로 분석해보면, 또는 필요한 것이 무엇인지 생각하여 설계해보도록 하는 프로젝트 학습(project learning, Krajcik, 2015)을 연구해 보면, 학생들의 '1 질문하고 문제 규정하기' 등이 나타날 가능성이 있을 것이다. 또한, 과학 공학적 실천의 8개 유형은 완전히 독립적인 것은 아니고 상호간 중복될 수도 있다(NGSS Lead States, 2013). 예를 들어 천체 관측 컴퓨터 프로그램을 사용하거나, 태양 고도와 그림자 길이 사이의 관계를 구하는 등의 '4 자료 분석하고 해석하기' 과정에서 '5 수학 및 전산적 사고'가 활용될 가능성이 있다. 그러나 초등학교 물질 단원에서는 이와 같은 수학이나 전산적 사고가 상대적으로 적게 사용되는 것으로 보인다.

2. 탐구 활동에 포함된 세부 과학 공학적 실천

1) 3~6학년 과학 교과서 물질 영역의 분석 결과

미국 차세대 과학교육 기준(NGSS Lead States, 2013)에는 8가지 과학 공학적 실천에 대해 학년 군별로 세부 실천을 제공하고 있다(Table 1). 이에 본 연구에서는 3~5학년 탐구 활동에는 3~5학년용 세부 실천을, 6학년 탐구 활동에는 6~8학년용 세부 실천을 적용하여 분석하였다.

먼저 과학 교과서 분석 결과(Table 4)에서 가장 큰 빈도를 나타낸 실천 범주인 '3 탐구 계획하고 수행하기'의 세부 실천을 살펴보면, 3~5학년에서 E33(관찰, 측정)이, 6학년에서는 M34(탐구문제에 답하기 위한 자료수집)가 2/3 가량을 차지하였다. 즉, 우리나라 초등학교 과학 교과서에 가장 빈번하게 나타난 세부 실천 사례는 '압축 마개를 끼운 페트병

을 전자저울에 올려놓고 무게를 측정하여 봅시다, E33 3학년; 비치볼을 흔들면서 작은 플라스틱 구슬 사이의 거리와 움직임을 관찰하여 봅시다, M34' 등이었다(부록 3). '~하면 얼음이 어떻게 되는지 예상하여 봅시다(4학년)'와 같은 E34(예상)도 일부 존재하였다. 5, 6학년의 경우에는 '용액의 진하기를 비교할 수 있는 도구를 만들려면 어떻게 해야 할까요?', E31; 실험에서 다르게 해야 할 조건과 같게 해야 할 조건을 알아봅시다, M31'도 1/5 내외로 나타나 탐구를 직접 설계(E31 설계 및 수행; M31 설계)해볼 수 있는 기회가 제공되었다. 저학년인 3학년에서는 이 세부 실천이 전혀 나타나지 않았다. 전학년에 걸쳐 한 번도 제시되지 않은 세부실천은 E32(자료수집 도구나 방법의 적절성 평가) 및 M33(자료수집 방법의 정확성 평가)이었다. 비록 고학년의 경우 조사를 계획하는 세부 실천(E31, M31)이 일부 존재하였으나, 전반적으로 우리나라 과학 교과서에서는 계획한 내용의 적절성을 평가하는 과정이 미흡한 것으로 보인다.

다음으로 '4 자료 분석하고 해석하기' 범주의 세부 실천을 살펴보면, 3, 4학년의 경우 E43(자료의

Table 4. The frequencies of sub-SEP incorporated in the inquiry activities of science textbook

SEP	Grade			Grade		
	Sub-SEP	3 rd	4 th	5 th	Sub-SEP	6 th
2	E25	2	-	-	M25	2
	E31	-	2	8	M31	6
	E33	19	11	21	M32	1
	E34	2	6	6	M34	27
	E35	-	-	1	M35	2
3	E41	-	-	1	M44	5
	E42	-	-	3	M47	3
	E43	5	5	5	M48	1
	E44	-	-	2	-	-
4	E61	-	-	2	M61	1
	E62	4	7	18	M62	3
	E63	2	1	-	M63	12
	E64	4	-	2	M64	9
	E65	3	-	1	M66	3
	-	-	-	-	M67	2
	E74	6	6	2	M73	2
7	E74	6	6	2	M73	2
	E85	-	-	2	M85	2

비교, 대조)만 각 5회씩 나타났다. 예를 들어 ‘~그 특징을 비교하여 봅시다: 자갈과 물의 차이점은 무엇인가요? 물과 공기의 차이점은 무엇인가요?, E43 3학년; 물이 끓기 전과 후의 물의 높이는 어떻게 달라졌나요?, E43 4학년’ 등과 같았다. 5, 6학년의 경우, 상대적으로 더 다양한 세부 실천 유형이 포함되었다. 즉, ‘주사기 속의 공기에 작은 압력을 가할 때와 큰 압력을 가할 때의 공기의 부피 변화를 비교하여 봅시다(M47 자료의 유사점이나 차이점 찾기)’뿐만 아니라 ‘가루 물질의 종류에 따라 물에 녹는 정도가 어떠한지 이야기하여 봅시다(E42 현상을 이해하기 위해 논리적 추론을 사용해 자료 해석하기)’, ‘위 그림을 보고 집 안에서 화재가 발생할 위험이 있는 곳을 찾아 ○를 표시하여 봅시다(M44 현상에 대한 증거를 제공하기 위해 자료 해석하기)’ 등도 존재하였다.

3-6학년 과학 교과서 모두 자료를 표나 그림 등으로 표현하는 세부 실천 유형(E41, M41)은 거의 나타나지 않았는데, 이는 보조 교과서인 실험관찰책이 별도로 존재하기 때문일 것이다. 그리고 3~5학년에 비해 6~8학년용으로 제공된 세부 실천(NGSS Leads State, 2013)이 더 다양하고 세분화되어 있음에도 불구하고, 우리나라 6학년 과학 교과서에서는 M41(선형/비선형 관계), M42(시공간), M43(인과/상관관계 구별), M45(통계, 확률 사용), M46(자료 분석의 한계 고려) 등은 전혀 제시되지 않았다. 선행연구(Jeon, 2015)에 의하면 우리나라 고등학교 화학 II 교과서의 경우도 ‘4 자료 분석하고 해석하기’ 중 ‘다양한 자료를 비교하고 대조하기’가 80% 가까이 차지하였고, 컴퓨터와 같은 도구를 이용하여 분석하거나, 학습자 스스로 오차를 고려하여 해석하는 활동은 거의 제시되지 않았다. 온도의 평균값을 계산하거나(M45) 저울의 정밀도나 오차를 고려하는(M46) 등의 보다 다양한 세부 실천을 탐색해볼 필요가 있다.

과학 교과서에서 ‘3 탐구 계획하고 수행하기’ 못지않게 많이 나타난 실천 범주는 ‘6 설명 구성하고 설계 고안하기’이었다. 3~5학년에서 가장 많이 나타난 세부 실천은 E62(증거 사용 및 설명 구성) 유형이었고, 이와 유사한 세부 실천이 6학년에서는 M63(증거를 바탕으로 설명 구성)과 M64(현상 설명에 과학 원리 사용)의 유형으로 세분화되어 있다고 볼 수 있었다. 예를 들면, ‘물과 얼음은 고체, 액체,

기체 중에서 어떤 상태에 해당하는지 생각하여 봅시다, E62 4학년; 물에 녹은 설탕은 어떻게 되었는지 생각하여 봅시다, E62 5학년; 촛불이 계속 탈 수 있는 까닭을 설명하여 봅시다, M63; 생활 속에서 기체에 압력을 가할 때에 부피가 변하는 예를 찾아봅시다, M64’ 등이 이 범주의 2/3 가량을 차지하였다.

그 외 다른 세부 실천들도 비교적 다양하게 분포하였는데, 과학적 아이디어를 적용하여 설계하거나(E64, M66), 여러 가지 해결책을 비교하거나(E65), 설계 프로젝트를 수행하는(M67) 등의 유형들이 주로 나타났다. 구체적으로 살펴보면, ‘움직이는 두더지 장난감을 만들어봅시다, 3학년; 친구들과 함께 용액의 진하기를 비교할 수 있는 도구를 다양한 방법으로 만들어 봅시다, 5학년’은 E64(아이디어 적용하여 설계), ‘탄산수의 특징을 생각하며 내가 만든 탄산수를 광고하여 봅시다’는 M66(아이디어 적용하여 설계)의 예로 볼 수 있었다. ‘다음 단계를 참고하여 간이 소화기를 만들어 봅시다’는 M67(설계 프로젝트 수행)으로 분석하였다. E65(여러 가지 해결책 비교)의 예로는 ‘두 그릇 중에서 액체의 부피를 비교하기에 더 좋은 그릇을 찾아봅시다, 3학년; 친구들이 만든 도구 중에서 용액의 진하기를 가장 잘 비교할 수 있는 도구를 찾아 그 특징을 살펴봅시다, 5학년’ 등이 존재하였다.

이와 같이 이 실천 범주(6 설명 구성하고 설계 고안하기)와 관련하여 현행 교과서에 과학적 설명 구성 못지않게 설계나 해결책 고안 활동이 다수 제시되고 있는 것은 2009년 개정 교육과정에서 STEAM 교육이 강조, 반영된 결과일 것이다(Ministry of Education and Science Technology, 2012). 미국의 과학 공학적 실천(NGSS Lead States, 2013) 발표 이후, 최근 개정된 우리나라 교육과정(Ministry of Education, 2015)의 성취 기준에도 과학적 설계를 일부 반영하고 있는 것으로 보인다(여러 가지 물질을 선택하여 다양한 물체를 설계하고, 장단점을 토의할 수 있다, 3·4학년군; 용액의 진하기를 상대적으로 비교하는 방법을 고안할 수 있다, 5·6학년군). 차후 개편된 교과서를 대상으로 한 과학 공학적 실천 분석 연구를 진행해 볼 필요가 있다.

‘7 근거에 입각하여 논의하기’ 범주의 경우 모든 학년에서 단 1가지의 세부 실천 유형만 나타났다. 즉, 3~5학년의 경우 E74(근거를 이용한 논쟁), 이와 유사한 유형인 6학년의 M73(근거를 이용한 논쟁)

만 존재하였다. 구체적인 예를 살펴보면, ‘이 실험으로 알게 된 공기의 성질을 이야기하여 봅시다, E74 3학년; 얼음과자가 녹았을 때에 용기 속에 빈공간이 생긴 까닭을 이야기하여 봅시다, E74 4학년; 소화의 조건을 잘 적용한 간이 소화기를 찾아 잘된 점을 이야기하여 봅시다, M73’과 같이 수행한 실험 결과에 근거하여 논쟁을 구성하거나 지지하는 내용이였다.

이 범주에 해당하는 세부 실천인 논쟁 비교(E71, M71), 사실, 판단, 추측의 구별(E72), 비평 제공 및 수용(E73, M72), 주장이나 해결책 평가(E75, M75), 해결책의 장점에 대한 주장(E76) 등의 유형은 전혀 찾아볼 수 없었다. 주장을 논의할 때에 자신의 생각을 구성하고 전달하는 수준의 활동은 있었지만, 더 나아가 동료들과 함께 찬반의 의견을 주고받거나, 주장 자체를 평가해보는 활동은 구성되어 있지 않음을 보여준다. 이는 고등학교 화학Ⅱ 교과서를 대상으로 한 선행 연구(Jeon, 2015)에서도 마찬가지였다. 교과서 개발이나 실제 수업 진행시, 예를 들어 ‘물에 녹은 설탕은 사라졌을 것이다’ 또는 ‘그대로 설탕물 속에 들어 있을 것이다’ 등과 같이 상반된 의견을 비교하고(E71, M71), 서로의 비판을 존중하며(E73, M72), 용해 전후의 무게가 동일하다는 ‘사실’과 설탕이 설탕물 속에 들어있을 것이라는 ‘추리’를 구별하는(E72) 등 다양한 세부 실천이 구체적으로 이루어질 수 있도록 노력을 기울일 필요가 있다.

‘8 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기’는 5, 6학년에서 여러 가지 방법으로 의사소통하기(친구들과 함께 다양한 의견을 나누어 봅시다, E85; 조사한 내용을 역할놀이, 신문기사, 뉴스 보도 등의 형식으로 발표하여 봅시다, M85)만 일부 제공되었다. 예를 들어 ‘염산 누출 사고’, ‘천연 지시약’ 등과 같이 단순한 지식 전달이나 흥미 유발을 목적으로 하는 읽을거리를 제공하는 데 그치는 대신, 현상 설명이나 설계를 위해(E84) 여러 책이나 미디어의 정보를 비교, 종합해보고(E82, E83, M82) 근거를 찾아보게 하는(E81, M81) 등의 세부 실천을 시도해 볼 필요가 있을 것이다.

2) 3~6학년 실험관찰 물질 영역의 분석 결과

실험관찰의 탐구 활동에 포함된 세부 실천의 각 유형별 개수를 Table 5에 제시하였다. 먼저 가장 큰

빈도를 나타낸 실천 범주인 ‘4 자료 분석하고 해석하기’ 범주의 세부 실천을 살펴보면, ‘그릇에 담겨 있는 콩, 팥, 좁쌀을 관찰하여 정리해 봅시다, 4학년; 각설탕이 용해되는 모습을 그림으로 나타내어 봅시다, 5학년’과 같이 E41(표나 그림 등으로 결과를 기록하기) 유형이 3/4 가량을 차지하였다. 다만, 이 유형에는 학생들이 직접 표를 제작하는 대신 실험관찰에 제시된 빈 표에 결과를 기록하는 활동이 포함되었다. 6학년의 경우 M44 현상에 대한 증거를 제공하기 위해 자료 해석하기(예: 기체가 점점 모이고 있다는 것을 어떻게 알 수 있나요?) 유형의 빈도가 월등히 높았다. 관찰, 실험 등의 탐구를 수행한 후, 자료를 해석하는 과정이 대부분 이 범주에 해당하였기 때문이다. 그 외 전 학년에 걸쳐 자료들 간의 유사점이나 차이점을 비교하는 유형(E43, M47)이 적지만 골고루 분포하였다(철 막대, 나무 막대, 플라스틱 막대, 고무 막대를 각각 서로 끊어 보고, 단단한 정도를 비교하여 봅시다, E43 3학년; 구멍 뚫린 아크릴 통의 위쪽과 아래쪽의 구멍에 각각 향 연기를 대어 보았을 때의 향 연기의 움직임 을 그리고 관찰한 내용을 정리하여 봅시다, M47)

다음으로 ‘3 탐구 계획하고 수행하기’ 범주의 세부 실천을 살펴보면, 과학 교과서와 마찬가지로 3~5학년의 경우 E33, 6학년의 경우 M34의 빈도가 가장 높았다(색깔 변화가 비슷한 용액끼리 분류하여 봅시다, E33 5학년; 초가 연소할 때에 푸른색 염화코발트 종지와 아크릴 통 속, 석회수의 변화를 관찰하고, M34). 3~5학년의 경우 과학 교과서나 실험관찰에서 E34(예상)하기 활동도 상당수 존재하였는데(~어떤 변화가 나타날지 예상하여 봅시다, 4학년), 이는 우리나라 교육과정이나 교과서에서 기초 탐구과정의 일환으로 예상하기를 강조하고 있음을 시사한다. 과학 교과서와 달리 E32(자료수집 도구나 방법의 적절성 평가)가 일부 나타나기는 하였으나(눈금실린더의 눈금을 읽을 때에 눈의 높이로 알맞은 것의 기호를 써 봅시다, 3학년), 전반적으로 M33(자료수집 방법의 정확성 평가) 등의 과정이 미흡한 것으로 보인다.

실험관찰에서 ‘4 자료 분석하고 해석하기’의 빈도와 유사하게 많이 나타난 실천 범주는 ‘6 설명 구성하고 문제 해결 고안하기’이었다. 세부 실천의 구체적인 유형은 과학 교과서와 크게 다르지 않았다. 즉, 3~5학년에서는 E62(증거 사용 및 설명 구성), 6

학년에서는 M63(증거를 바탕으로 설명 구성)와 M64(현상 설명에 과학 원리 사용) 유형이 이 범주의 3/4 가량을 차지하였다. 예를 들면, ‘~용액의 성질을 써 봅시다, E62 5학년; 기체와 액체에 각각 압력을 가할 때에 부피가 어떻게 변하는지 설명하여 봅시다, M63; 우리 주위에서 열과 빛을 내면서 타는 물질을 더 찾아봅시다, M64’ 등과 같다. 6학년 실험 관찰의 경우 M65(설명하기 위하여 과학적 추론 적용), M66(설계 위해 과학적인 원리 적용), M67(설계 프로젝트 수행), M68(설계 성능 최적화하기) 등이 제시되지 않았다. M66, M67의 경우, 교과서에는 일부 제시된 바 있으나, 이에 대응하는 문구가 실험관찰에는 없었다.

‘7 근거에 입각하여 논의하기’ 범주의 경우에도 교과서에서는 E74(근거를 이용한 논쟁)나 M73(근거를 이용한 논쟁)가 전 학년에 걸쳐 존재하였으나, 실험관찰에서는 3, 4학년에 1~2회 제시되는 것에 그쳤다(뚫고 있는 국물이 줄어든 까닭을 이야기하여 봅시다, E74 4학년). 그 외 세부 실천은 교과서에서와 마찬가지로 찾아볼 수 없었다.

이와 같이 과학 교과서 및 실험관찰의 탐구 활동에 포함된 과학 공학적 실천을 분석한 결과, 일부

세부 실천에 편중되는 경향이 있음을 알 수 있었다. 예를 들어, 관찰, 예상, 자료 해석 등 기초 탐구 과정 및 통합 탐구 과정과 연관되는 과학 공학적 실천이 주로 강조되었다. 반면, 2009년 개정 교육과정 이 강조하고 있는 말, 글, 그림, 기호 등 다양한 양식의 의사소통 방법과 컴퓨터, 시청각 기기 등 다양한 매체를 통하여 제시되는 과학기술 정보를 이해하고 표현하는 능력, 증거에 근거하여 논증 활동을 하는 능력(McNeill, 2011; Ministry of Education and Science Technology, 2012; NRC, 2013) 등과 관련이 있다고 볼 수 있는 ‘7 증거에 입각하여 논의하기’와 ‘8 정보를 얻고 평가하고 소통하기’는 매우 적은 비중으로 나타났다. 과학적 의사소통능력은 과학 탐구능력과 서로 높은 상관관계를 가지고 있으므로(Abd-El-Khalick *et al.*, 2004; Jeon & Park, 2014) 추후 교과서 개발 시 과학적 문제 해결 과정과 결과를 공동체 내에서 공유하고 발전시키기 위해 자신의 생각을 주장하고, 타인의 생각을 이해하며, 조정하는 것에 대한 고려가 필요하다.

IV. 결론 및 제언

초등학교 3~6학년용 과학 교과서 및 실험관찰 물질 영역의 탐구 활동에 포함된 과학 공학적 실천을 분석한 본 연구의 결론은 다음과 같다. 첫째, 과학 교과서의 탐구 활동에는 과학 공학적 실천이 평균 4-5번씩 제시되었고, 실험관찰의 경우도 유사한 결과가 나타났다. 학년별 차이를 살펴보면, 3, 4학년에 비해 5, 6학년에서 탐구 활동의 수나 실천의 수가 다소 증가하는 경향이 있었다.

둘째, 과학 및 실험관찰에는 총 8가지 과학 공학적 실천 중 일부 유형이 주로 나타났다. 즉, 과학 교과서에는 ‘3 조사나 실험을 수행하기’가 절반 가까이 제시되었고, 실험 관찰에는 ‘4 자료를 정리하고 해석하기’가 1/3 가량 제시되었다. 이는 과학 교과서에서 실험의 주요 내용이 소개되고, 실험관찰에서 그 결과를 정리하도록 하는 교과서 체제에서 비롯된 결과일 것이다. ‘6 과학적 설명을 구성하거나 설계하고 제작’하는 유형도 과학 교과서와 실험관찰에서 각각 1/3을 차지하였다. 과학 교과서에서는 실험을 통해 알 수 있는 내용 등을 생각해 보도록 유도하는 문장이, 실험 관찰에서는 그 생각을 정리해보게 하는 문장이 제시된 것으로 해석할 수

Table 5. The frequencies of sub-SEP incorporated in the inquiry activities of experimental workbook

SEP	Grade			Grade		
	Sub-SEP	3 rd	4 th	5 th	Sub-SEP	6 th
2	E25	1	-	-	M25	2
	E26	1	-	-		-
	E31	-	4	5	M31	1
3	E32	1	1	-	M32	1
	E33	4	2	9	M34	16
	E34	-	7	6	-	-
	E35	-	-	1	-	-
	E41	14	15	16	M44	17
4	E42	-	-	3	M47	4
	E43	5	3	5	M48	2
	E61	1	-	4	M61	1
6	E62	8	10	28	M62	3
	E63	3	2	-	M63	10
	E64	1	-	1	M64	8
	E65	1	-	1	M66	-
	7	E74	1	2	-	-

있다. 그 외 ‘2 모형 개발하고 사용하기’, ‘7 증거에 입각하여 논의하기’ 등의 유형이 일부 제시되었고, ‘1 질문하고 문제 규정하기’나 ‘5 수학 및 전산적 사고 이용하기’는 찾아보기 어려웠다.

셋째, 과학 및 실험관찰에는 총 40여 개가 넘는 세부 실천 중 단지 10개 내외의 유형만이 나타났고, 나머지는 제시되지 않았다. 과학 교과서의 경우 3~5학년은 관찰, 측정 등(E33)에, 6학년은 탐구 문제에 답하기 위한 자료 수집(M34), 증거를 바탕으로 설명 구성(M63)에 치중된 경향이 있었다. 실험관찰 역시 3~5학년은 표나 그림으로 결과 기록(E41), 증거 사용 및 설명 구성(E62)에, 6학년은 현상에 대한 증거를 제공하기 위한 자료 해석(M44), 탐구 문제에 답하기 위한 자료 수집(M34), 증거를 바탕으로 설명 구성(M63) 위주로 구성되어 있었다. 특히, 6~8학년군의 경우, 3~5학년군에 비해 세부 실천이 다소 높은 수준으로 제공되어 있으나(NGSS Lead States, 2013), 이 중 상당수가 우리나라 6학년 교과서에 제시되지 않았다. 예를 들어 M41(선형/비선형 관계), M42(시공간), M43(인과/상관관계 구별), M45(통계, 확률 사용), M46(자료 분석의 한계 고려) 등을 찾아보기 어려웠다.

즉 본 연구 결과, 탐구 활동에 포함된 과학 공학적 실천의 수는 적지 않았지만 그 종류가 제한되어 있어, 제시된 탐구 문제와 절차에 따라 자료를 수집하고 분석하여 설명을 구성하는 활동(Martin-Hansen, 2002)이 주로 이루어짐을 알 수 있었다. 아울러 관찰, 예상, 자료 해석 등의 탐구 과정 기능에 비해 의사소통 능력과 같은 사회적 측면이 잘 반영되어 있지 않았다. 이는 중등 과학 교과서의 탐구 활동을 분석한 최근의 연구들(Kang & Lee, 2013; Jeon, 2015)의 결과와 일치하였다.

본 연구를 통한 제언은 다음과 같다. 첫째, 과학 교재 개발이나 과학 수업 설계시 과학 공학적 실천에 대한 고려가 필요하다. 최근 개정된 과학과 교육 과정에는 수학적 사고와 컴퓨터 활용, 모형의 개발과 사용, 증거에 기초한 토론과 논증, 의사소통 등과 같은 실천이 일부 반영되었는데(Ministry of Education, 2015), 이를 구체적으로 적용해볼 필요가 있다. 아울러 미생물학자와 우주 과학자를 비교해보는 등 영역 특이적인 실천의 존재 가능성을 탐색하고(Stroupe, 2015), 물질 영역 고유의 실천에 관한 심화 연구를 시도해볼 필요가 있다.


둘째, 과학 공학적 실천과 관련한 초등학생이나 교사들의 인식을 조사해 볼 필요가 있다. 기존에 진행되어 온 과학 탐구에 대한 학생들의 이미지(Zhai *et al.*, 2014) 연구를 확대하여, 학생들의 과학자에 대한 인식, 자유 탐구에 대한 인식 등을 과학 공학적 실천의 측면에서 분석해볼 필요가 있다. 아울러 초등학교 교사들의 경우, 과학 탐구에 대한 이해 수준이 저조하고, 탐구 지도에 많은 어려움을 겪는다는 선행 연구(Asay & Orgill, 2010; Ireland *et al.*, 2014)와 관련하여, 설문지, 면담, 수업 관찰 등 다양한 방법으로 예비 교사나 현장 교사들의 과학 공학적 실천에 대한 이미지를 연구해볼 필요가 있다.

참고문헌

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N., Mamluk-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- Asay, L. D. & Orgill, M. (2010). Analysis of essential features of inquiry found in articles published in *The Science Teacher*, 1998-2007. *Journal of Science Teacher Education*, 21(1), 57-79.
- Cho, H. J., Han, I. K. & Kim, H. N. (2008). Analysis of elementary teachers' views on barriers in implementing inquiry-based instructions. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 28(8), 901-921.
- Dewey, J. (1916). *Democracy and education: An introduction to the philosophy of education*. New York: The Macmillan Company.
- Ireland, J., Watters, J. J., Brownlee, J. L. & Lupton, M. (2014). Approaches to inquiry teaching: Elementary teacher's perspectives. *International Journal of Science Education*, 36(10), 1733-1750.
- Jeon, S. S. & Park, J. H. (2014). Analysis of relationships of scientific communication skills, science process skills, logical thinking skills, and academic achievement level of elementary school students. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 34(7), 647-655.
- Jeon, Y. (2015). An analysis of inquiry activities in high

- school chemistry II textbooks for the 2009 revised science curriculum: 8 Practices of science. Ewha Womans University Graduate School of Education, Dissertation of master.
- Kang, N. H. & Lee, E. M. (2013). An analysis of inquiry activities in high school physics textbooks for the 2009 revised science curriculum. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 33(1), 132-143.
- Kim, J. Y., Han, J. E. & Park, J. S. (2012). The analysis of inquiry activities in high school chemistry II textbooks on the revised 2009 curriculum. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 32(5), 928-937.
- Kim, Y. S. (2015). Analysis of scientific and engineering practices within STEAM programs in Korea. Ewha Womans University Graduate School of Education, Dissertation of master.
- Krajcik, J. (2015). Project based science. *The Science Teacher*, 8(1), 25-27.
- Lim, S. M. (2015). An analysis of concepts and inquiry activities related to the 'earth science' area in the South Korean elementary school textbooks to the current and a study on the improvement of future textbook. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 34(3), 288-296.
- Lotter, C. Singer, J. & Godley, J. (2009). The influence of repeated teaching and reflection on preservice teachers' views of inquiry and nature of science. *Journal of Science Teacher Education*, 20, 553-582.
- Lucero, M., Valcke, M. & Schellens, T. (2013). Teachers' beliefs and self-reported use of inquiry in science education in public primary schools. *International Journal of Science Education*, 35(8), 1407-1423.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry: Exploring the many types of inquiry in the science classroom. *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
- McNeill, K. L. (2011). Elementary students' views of explanation, argumentation, and evidence, and their abilities to construct arguments over the school year. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 793-823.
- Ministry of Education (2015). Science curriculum. <http://nice.go.kr/>
- Ministry of Education and Science Technology (2012). Science curriculum. <http://nice.go.kr/>
- National Educational Association [NEA]. (1894). Report of the committee of ten on secondary school studies with the reports of the conferences arranged by the committee. New York: The American Book Company.
- National Research Council [NRC] (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013). Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC: The National Academies Press.
- Schwab, J. J. (1962). The teaching of science as enquiry. In P. E. Bradwein (Ed.), *The teaching of science* (pp. 1-103). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Stroupe, D. (2015). Describing "Science Practice" in learning settings. *Science Education*, 99(6), 1033-1040.
- Wargo, B. M. (2014). Incorporating science and engineering practices into preservice secondary science teachers' planning practices: Testing the efficacy of an intervention. Doctoral Dissertation, University of Pittsburgh.
- Zhai, J., Jocz, J. A. & Tan, A.-L. (2014). Am I like a scientist??: Primary children's images of doing science in school. *International Journal of Science Education*, 36(4), 553-576.


<부록 1> 분석 사례: 4학년 과학 교과서



탐구 활동

수증기를 물로 만들기


무엇이 필요할까요?




뚜껑이 있는 투명한 플라스틱 컵



주스



조각 얼음




작은 은박 접시




전자저울




관찰



측정



추리



예상



의사소통

어떻게 할까요?


분석 단위 ①
세부 실천 없음

분석 단위 ②
세부 실천 E33

분석 단위 ③
세부 실천 E34

- 1 플라스틱 컵에 주스와 얼음을 넣고 뚜껑을 덮습니다.
- 2 주스와 얼음을 넣은 플라스틱 컵을 작은 은박 접시에 올려놓고 전자저울로 무게를 측정하여 봅시다.

- 주스와 얼음을 넣은 플라스틱 컵 표면과 바닥에 어떤 변화가 일어날까요?

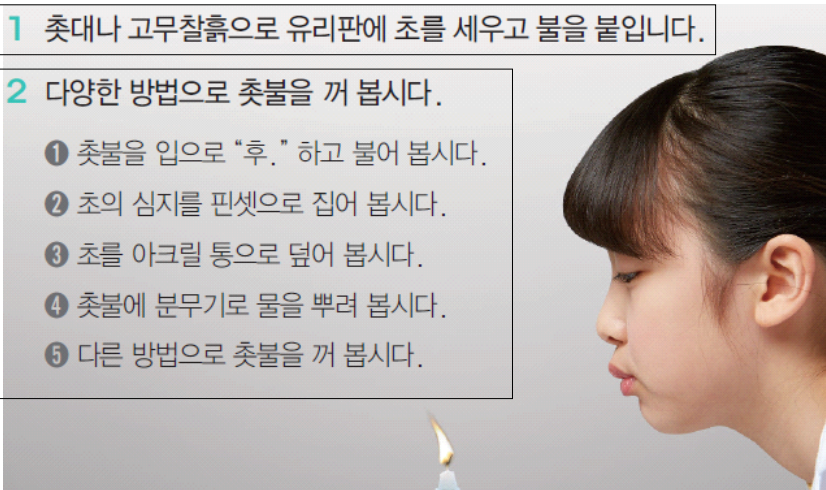


<부록 2> 분석 사례: 6학년 과학 교과서

분석 단위 ①
세부 실천 없음

분석 단위 ②
세부 실천 M34

- 1 촛대나 고무찰흙으로 유리판에 초를 세우고 불을 붙입니다.
- 2 다양한 방법으로 촛불을 꺼 봅시다.
 - ① 촛불을 입으로 "후." 하고 불어 봅시다.
 - ② 초의 심지를 핀셋으로 집어 봅시다.
 - ③ 초를 아크릴 통으로 덮어 봅시다.
 - ④ 촛불에 분무기로 물을 뿌려 봅시다.
 - ⑤ 다른 방법으로 촛불을 꺼 봅시다.



<부록 3> 세부 과학 공학적 실천의 유형별 교과서 분석 사례

실천	세부 실천	학년 교과서	예시
2	E25	3 과학	분류한 결과를 바탕으로 병풍책 붙임 딱지를 사용하여 병풍책을 만들어 봅시다.
	M25	6 과학	~공기 주입기를 사용하여 비치볼을 크게 불고 입구를 닫습니다.
3	E31	5 과학	용액의 진하기를 비교할 수 있는 도구를 만들려면 어떻게 해야 할까요?
	E32	3 실관	눈금실린더의 눈금을 읽을 때에 눈의 높이로 알맞은 것의 기호를 써 봅시다.
	E33	3 과학	압축 마개를 끼운 페트병을 전자저울에 올려놓고, 무게를 측정하여 봅시다.
		5 실관	색깔 변화가 비슷한 용액끼리 분류하여 봅시다.
	E34	4 과학	~하면 얼음이 어떻게 되는지 예상하여 봅시다.
		4 실관	~어떤 변화가 나타날지 예상하여 봅시다.
	M31	6 과학	실험에서 다르게 해야 할 조건과 같게 해야 할 조건을 알아봅시다.
	M32	6 과학	성냥, 알코올램프, 점화기에 각각 불을 붙이고, 다양한 방법으로 각각의 불꽃을 관찰하여 봅시다.
	M34	6 과학	비치볼을 흔들면서 작은 플라스틱 구슬 사이의 거리와 움직임을 관찰하여 봅시다.
		6 실관	초가 연소할 때에 푸른색 염화코발트 종이와 아크릴 통 속, 석회수의 변화를 관찰한다.
M35	6 과학	이산화탄소가 들어 있는 집기병에 석회수를 조금 넣고 흔들면서 나타나는 변화를 관찰하여 봅시다.	
4	E41	4 실관	그릇에 담겨 있는 콩, 팥, 좁쌀을 관찰하여 정리해 봅시다.
		5 과학	내가 만든 도구를 진하기가 다른 소금물 두 개에 각각 넣어보고, 그림으로 나타내어 봅시다.
	5 실관	각설탕이 용해되는 모습을 그림으로 나타내어 봅시다.	
	E42	5 과학	가루 물질의 종류에 따라 물에 녹는 정도가 어떠한지 이야기하여 봅시다.
E43	3 과학	~그 특징을 비교하여 봅시다. 자갈과 물의 차이점은 무엇인가요? 물과 공기의 차이점은 무엇인가요?	
	3 실관	철 막대, 나무 막대, 플라스틱 막대, 고무 막대를 각각 서로 굽어 보고, 단단한 정도를 비교하여 봅시다.	
E44	4 과학	물이 끓기 전과 후의 물의 높이는 어떻게 달라졌나요?	
	5 과학	관찰한 지시약의 색깔 변화를 붉은 양배추 지시약의 색깔 변화표와 비교하여 봅시다.	
M44	6 과학	위 그림을 보고 집 안에서 화재가 발생할 위험이 있는 곳을 찾아 ○를 표시하여 봅시다.	
	6 실관	기체가 점점 모이고 있다는 것을 어떻게 알 수 있나요?	
M47	6 과학	주사기 속의 공기에 작은 압력을 가할 때와 큰 압력을 가할 때의 공기의 부피 변화를 비교하여 봅시다.	
	6 실관	구멍 뚫린 아크릴 통의 위쪽과 아래쪽의 구멍에 각각 향 연기를 대어 보았을 때의 향 연기의 움직임을 그리고, 관찰한 내용을 정리하여 봅시다.	
M48	6 과학	조사한 내용 중에서 [보기]와 같은 쓰임새를 가지는 기체를 실험관찰에 정리하여 봅시다.	
	6 실관	[보기]에서 각 연소의 조건을 없애 주어 불을 끄는 방법을 찾아 기호를 써 봅시다.	
E61	3 실관	물을 다른 모양의 그릇에 차례대로 옮겨 담았을 때 물의 모양이 어떻게 되는지 써 봅시다.	
	5 실관	각설탕은 어떤 과정을 통하여 물에 용해되는지 써 봅시다.	
E62	4 과학	물과 얼음은 고체, 액체, 기체 중에서 어떤 상태에 해당하는지 생각하여 봅시다.	
	5 과학	물에 녹은 설탕은 어떻게 되었는지 생각하여 봅시다.	
E63	5 실관	~용액의 성질을 써 봅시다.	
	3 실관	두더지가 움직이는 까닭을 써 봅시다.	
E64	4 과학	자신의 의견에서 그렇게 생각한 까닭은 무엇인가요?	
	4 실관	증발 접시에 남은 하얀 색 가루 물질은 무엇인가요? 그렇게 생각한 까닭을 써 봅시다.	
E65	5 과학	친구들과 함께 용액의 진하기를 비교할 수 있는 도구를 다양한 방법으로 만들어 봅시다.	
	3 과학	움직이는 두더지 장난감을 만들어 봅시다.	
M61	3 실관	넓은 원통 모양의 그릇과 좋은 원통 모양의 그릇 중에서 액체의 부피를 비교하기에 더 좋은 그릇을 써 봅시다.	
	5 과학	친구들이 만든 도구 중에서 용액의 진하기를 가장 잘 비교할 수 있는 도구를 찾아 그 특징을 살펴봅시다.	
M62	3 과학	두 그릇 중에서 액체의 부피를 비교하기에 더 좋은 그릇을 찾아봅시다.	
	6 과학	물질마다 불이 붙는 데 걸리는 시간이 다른 까닭을 설명하여 봅시다.	
M63	6 과학	비치볼 속을 가득 채운 공기는 비치볼 속에서 어떤 모습으로 있을지 생각하여 봅시다.	
	6 실관	한 손으로 공기가 들어 있는 주사기의 입구를 막고, 다른 한 손으로 피스톤을 눌렀다가 놓았을 때 일어나는 변화를 다음 그림을 보고, 공기 입자를 이용하여 설명해 봅시다.	
M64	6 실관	촛불이 계속 탈 수 있는 까닭을 설명하여 봅시다.	
	6 과학	생활 속에서 기체에 압력을 가할 때에 부피가 변하는 예를 찾아봅시다.	
M66	6 실관	우리 주위에서 열과 빛을 내면서 타는 물질을 더 찾아봅시다.	
	6 과학	탄산수의 특징을 생각하며, 내가 만든 탄산수를 광고하여 봅시다.	
M67	6 과학	다음 단계를 참고하여 간이 소화기를 만들어 봅시다.	
	3 과학	이 실험으로 알게 된 공기의 성질을 이야기하여 봅시다.	
E74	4 과학	얼음과자가 녹았을 때에 용기 속에 빈 공간이 생긴 까닭을 이야기하여 봅시다.	
	4 실관	끓고 있는 국물이 줄어든 까닭을 이야기하여 봅시다.	
M73	6 과학	소화의 조건을 잘 적용한 간이 소화기를 찾아 잘못된 점을 이야기하여 봅시다.	
E85	5 과학	친구들과 함께 다양한 의견을 나누어 봅시다.	
	6 과학	조사한 내용을 역할놀이, 신문기사, 뉴스 보도 등의 형식으로 발표하여 봅시다.	