Journal of the Korean Chemical Society
2019, *Vol. 63, No. 6*
Printed in the Republic of Korea
https://doi.org/10.5012/jkcs.2019.63.6.486

통합과학, 화학 I, 화학 II의 성취기준과 교과서 활동 및 평가 문항의 과학과 핵심역량 분석: '산·염기·중화반응'과 '산화·환원'을 중심으로

고은아 · 최애란*
이화여자대학교 과학교육과
(접수 2019. 6. 30; 게재확정 2019. 9. 19)

Analysis of Achievement Standards, Activities, and Assessment Items in Integrated Science, Chemistry I, Chemistry II Textbooks on Science Core Competency: Focusing on Acid·Base·Neutralization and Oxidation·Reduction

EunAh Ko and Aeran Choi*
*Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 03760, Korea. *E-mail: achoi@ewha.ac.kr*
(Received June 30, 2019; Accepted September 19, 2019)

요 약. 본 연구에서는 2015 과학과 교육과정에 따른 통합과학, 화학 I, 화학 II의 '산·염기·중화반응', '산화·환원' 관련 성취기준과 교과서 활동 및 평가 문항을 과학과 핵심역량과 과학과 핵심역량별 하위요소를 기준으로 분석하였다. 통합과학의 성취기준에는 과학적 사고력이 가장 많이 포함되어 있었고, 과학적 탐구 능력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 순으로 5가지 과학과 핵심역량이 모두 포함되어 있었으나, 화학 I의 성취기준에는 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 의사소통 능력이 포함되어 있었고, 화학 II의 성취기준에는 과학적 사고력만 포함되어 있었다. 통합과학, 화학 I, 화학II 교과서의 '산·염기·중화반응', '산화·환원' 활동에는 5가지 과학과 핵심역량이 모두 포함되어 있었고, 각 교과에서 과학적 탐구 능력과 과학적 사고력이 높은 비율로 포함되어 있었다. 통합과학, 화학 I, 화학 II 교과서의 '산·염기·중화반응', '산화·환원' 평가 문항에도 5가지 과학과 핵심역량이 모두 포함되어 있었으며, 각 교과에서 모두 과학적 사고력이 포함된 비율이 매우 높게 나타났다.

주제어: 2015 과학과 교육과정, 과학과 핵심역량, 통합과학, 화학 I, 화학 II

ABSTRACT. This study analyzed achievement standards in the 2015 Science Education Standards as well as activities and assessment items in the Integrated Science, Chemistry I, and Chemistry II textbooks using science core competencies and subcomponents. All five scientific core competencies, in order of scientific thinking capacity, scientific inquiry capacity, scientific communication capacity, scientific problem solving capacity, and scientific participation and lifelong learning capacity, were included in the achievement standards of Integrated Science. Scientific thinking capacity, scientific inquiry capacity, and scientific communication capacity were included in the achievement standards of Chemistry I. The achievement standards of Chemistry II only included scientific thinking capacity. All five scientific core competencies were involved in activities of Integrated Science, Chemistry I, and Chemistry II textbooks and the highest propotion was scientific thinking capacity and scientific inquiry capacity. All five scientific core competencies were involved in assessment items of Integrated Science, Chemistry I, and Chemistry II textbooks and the highest proportion was scientific thinking capacity.

Key words: 2015 science education standards, Science core competencies, Integrated science, Chemistry I, Chemistry II

서 론

2015 교육과정은 미래 사회를 살아가는데 필요한 핵심역량을 함양한 창의융합형 인재를 양성하고자 개정되어 학교 교육을 통해 함양해야 하는 핵심역량을 총론과 교과 교육과정에 명시하였다. 또한 고등학교 문·이과 공통과목인 통합과학과 통합사회를 신설하고, 공통과목 이수 후 학생 개개인의 적성과 진로를 고려하여 일반·진로 선택과목을 이수할 수 있도록 하였다.[1] 2015 과학과 교육과정에서는 학생들이 함양해야 하는 과학과 핵심역량으로서 '과학적 사고력'. '과학적 탐구 능력'. '과학적 문제 해결력', '과학적 의사소통 능력', '과학적 참여와 평생 학습 능력'을 제시하였다.[1] 이에 최근 과학 교과의 성취기준이나 교과서의 탐구 활동 또는 평가 문항을 과학과 핵심역량의 관점으로 분석한 연구들이 다수 이루어지고 있는데, 박나무(2016)는 2015 교육과정에서 과학과 통합과학의 물리 부분 성취기

준을 목표-역량 이원분류틀로 분석하여 초등학교 성취기준에는 '과학적 탐구 능력'이, 중학교와 고등학교 성취기준에는 '과학적 의사소통 능력'이 가장 많이 반영되어 있으며 '과학적 참여와 평생 학습 능력'은 초·중·고등학교 성취기준에 모두 반영되어 있지 않다고 보고하였다.[2] 박나무(2016)는 물리학 I·II, 화학 I·II, 생명과학 I·II, 지구과학 I·II와 같은 일반·진로 선택과목을 대상으로 후속연구를 하여 공통과목에 반영된 핵심역량 분포와 비교한다면 더욱 포괄적인 논의가 진행될 수 있을 것이라고 제언하였다.[2] 이상원 외(2018)는 2015 교육과정의 과학과 통합과학의 물리 부분 성취기준과 물리 I, 물리 II의 성취기준에 과학과 핵심역량이 반영된 정도를 분석하여 학교급이 올라갈수록 '과학적 사고력'이 반영된 성취기준의 비중이 월등하게 증가하며, 역량 중심의 2015 과학과 교육과정에서도 성취기준이 여전히 지식 위주의 교수·학습과 연계되어 구성되어 있다고 주장하였다.[3] 최성수(2017)는 2009 교육과정에 따라 출제된 2014학년도부터 2017학년도까지의 대학수학능력시험 물리 I 평가 문항에 반영된 과학과 핵심역량의 비율을 분석하여 '과학적 사고력', '과학적 탐구 능력', '과학적 문제 해결력'이 반영된 문항 비율이 높고 '과학적 의사소통 능력'과 '과학적 참여와 평생 학습 능력'이 반영된 문항 비율이 낮다고 보고하며 실생활과 연관된 평가 문항을 추가하여 부족하게 반영된 과학과 핵심역량을 더 포함시킬 필요가 있다고 제언하였다.[4] 권태일(2018)은 2015 교육과정에 따른 물리 I 교과서 6종에 제시된 탐구 활동을 과학과 핵심역량별로 분석하여 '과학적 문제 해결력', '과학적 의사소통 능력', '과학적 참여와 평생 학습 능력'이 저조하게 반영되어 있으므로 새로운 학습 매체를 마련하고 자기 주도 학습 능력을 배양하는 프로젝트 수업 및 평가를 도입하는 등의 다각적 노력이 필요하다고 제언하였다.[5] 송신철과 심규철(2018)은 2015 교육과정에 따른 통합과학 교과서의 교과서 탐구 활동에 '과학적 사고력', '과학적 탐구 능력', '과학적 의사소통 능력'은 많이 반영되어 있지만 '과학적 참여와 평생 학습 능력'은 매우 적게 반영되어 있으므로, 현장교사가 이를 보완한 수업을 진행할 필요가 있다고 하였다.[6] 이와 같이 선행 연구들은 교수·학습의 기초가 되는 성취기준, 교과서의 탐구 활동, 평가 문항 중 하나를 선택하여 각각에 반영된 과학과 핵심역량을 분석하고 교수·학습 자료 준비 시 보충되어야 할 부분에 대해 제언하고 있다. 그러나 과학과 핵심역량 함양이라는 교육 목표를 실현할 수 있도록 성취기준, 교과서 활동, 평가에 과학과 핵심역량이 일관되게 반영되어 있는지 알기에는 한계가 있다. 또한 여러 선행연구에서 2015 교육과정에 제시된 5가지 과학과 핵심역량의 설명만을 기준으로 분석하였기 때문에 각 과학과 핵심역량의 어떠한 하위요소가 반영되어 있는지 심층적으로 알기에 한계가 있었다.

2015 과학과 교육과정에 제시된 5가지 과학과 핵심역량의 의미를 보다 명확히 하고 각 핵심역량의 하위요소를 명시하기 위한 연구들이 최근에 이루어졌는데, 이상원 외(2018)는 2015 과학과 교육과정에 제시된 5가지 과학과 핵심역량에 대한 설명에서 유의미한 어휘를 추출하여 핵심역량별 하위요소가 포함된 과학과 핵심역량 준거틀을 설정하였다.[3] 그러나 이 연구는 도출한 과학과 핵심역량 준거틀을 기준으로 교과서 활동이나 평가 문항을 분석한 결과를 보고하지 않았다는 한계를 가지고 있다. 윤도운 외(2018)는 2015 과학과 교육과정에 제시된 5가지 과학과 핵심역량에 대한 설명뿐 아니라 각 핵심역량에 대한 다수의 선행연구를 비교·분석하여 과학과 핵심역량별 하위요소와 각 하위요소의 정의를 도출하였다.[7] 또한 이를 적용·분석한 연구에서 윤도운과 최애란(2019)은 2015 과학과 교육과정의 중학교 1학년 화학 부분 성취기준에 5가지 과학과 핵심역량 중 '과학적 참여와 평생 학습 능력'이 전혀 포함되어 있지 않고 과학과 핵심역량별 일부 하위요소만 포함되어 있으며, 과학1 교과서의 활동에는 과학과 핵심역량별로 다양한 하위요소가 포함되어 있으나 평가 문항에는 과학과 핵심역량별 특정 하위요소만 포함되어 있다고 보고하였다.[8] 이 연구는 성취기준, 교과서 활동, 그리고 평가 문항을 모두 과학과 핵심역량별 하위요소를 기준으로 분석하였다는 점에서 의의가 있으나 2015 과학과 교육과정의 중학교 1학년 화학 부분 성취기준과 과학1 교과서만을 분석대상으로 하였다는 한계가 있다. 2015 과학과 교육과정의 공통과목인 통합과학과 일반·진로 선택과목인 화학 I, 화학 II의 성격에는 모두 '기본 개념의 통합적 이해 및 과학적 탐구 경험을 통하여 5가지 과학과 핵심역량을 함양하도록 한다'고 명시되어 있다.[1] 즉, 통합과학, 화학 I, 화학 II 교과를 이수하는 학생들은 지속적으로 5가지 과학과 핵심역량을 함양할 수 있어야 한다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 윤도운 외(2018)가 제시한 과학과 핵심역량별 하위요소를 기준으로 2015 과학과 교육과정의 통합과학, 화학 I, 화학 II의 성취기준, 교과서 활동, 평가 문항에 과학과 핵심역량이 얼마나 반영되었는지 분석하여 고등학교 과정의 공통과목과 선택과목을 통해 함양될 수 있는 과학과 핵심역량에 대한 이해를 높이고, 효과적인 교수·학습을 계획·실행하는데 도움이 되는 시사점을 제공하고자 한다. 단, 통합과학 교과서 5종, 화학 I 교과서 9종, 화학 II 교과서 6종의 전 단원을 분석하기에는 한계가 있어 본 연구에서는 통합과학, 화학 I, 화학 II에 모두 포함된 학습 주제인 '산·염기·중화반응', '산화·환원'을 중심으로 분석하고자 한다. '산·염기·중화반응', '산화·환원'은 2015 과학과 교육과정에서 통합과학 '변화의 다양성' 영역의 핵심

개념인 ‘화학 변화’의 하위 내용 요소이고, 화학 I ‘물질의 변화’ 영역의 핵심 개념인 ‘화학 반응’의 하위 내용 요소이다.[1] 또한 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’이 2015 과학과 교육과정의 화학 II에 하위 내용 요소로 명시되지는 않았으나, ‘물질의 변화’ 영역의 핵심 개념인 ‘화학 반응’과 ‘에너지 출입’의 성취기준에 포함되어 있다.[1] 우리나라에서 교육과정이 개정될 때마다 새로운 개념이 추가되거나 기존에 다루었던 개념이 삭제되는 경우가 종종 있었지만 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’은 제3차 교육과정부터 2015 교육과정까지의 모든 교육과정에서 다루어 졌을 뿐만 아니라 초등학교부터 고등학교, 대학교 일반화학에 이르기까지 전 학년에 걸쳐 다루어져 온 핵심 개념이다.[9] 이러한 관점에서 본 연구 문제는 다음과 같다. 첫째, 2015 과학과 교육과정의 통합과학, 화학 I, 화학 II의 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 관련 성취기준에 과학과 핵심역량이 얼마나 포함되어 있는가? 둘째, 2015 과학과 교육과정에 따른 통합과학, 화학 I, 화학 II 교과서의 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 관련 활동과 평가 문항에 과학과 핵심역량이 얼마나 포함되어 있는가?

연구 방법

연구 대상

2015 과학과 교육과정의 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 관련 성취기준은 통합과학에 4개, 화학 I에 4개, 화학II에 4개이며, 총 12개의 성취기준을 분석 대상으로 하였다. 또한, 통합과학 교과서 5종, 화학 I 교과서 9종, 화학 II 교과서 6종에 포함된 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 관련 활동과 평가 문항을 연구 대상으로 하였다. 교과서 활동은 ‘생각 열기’, ‘탐구’, ‘해보기’, ‘토의하기’, ‘과학과 핵심역량 키우기’, ‘창의융합 프로젝트’, ‘과학 글쓰기’ 등과 같이 교과서 내에서 학생들이 수행하도록 제시된 모든 활동을 분석하였다. 교과서의 평가 문항은 ‘예제’, ‘유제’, ‘?’, ‘확인하기’, ‘개념 정리하기’, ‘알고 있나요?’ 등과 같이 본문 내에서 제시되는 평가 문항과 ‘중단원 마무리’, ‘대단원 마무리’ 등과 같이 단원이 마무리 되고 제시되는 평가 문항을 모두 분석하였다. 본 연구에서 분석한 교과서 활동은 통합과학 90개, 화학 I 121개, 화학 II 104개이며, 평가 문항은 통합과학 211문항, 화학 I 462문항, 화학 II 283문항이다.

자료 분석

본 연구에서는 2015 과학과 교육과정에 제시된 과학과 핵심역량의 하위요소와 각 하위요소의 정의를 제시한 윤도운 외(2018)의 분석틀을 사용하였다. 각 성취기준에 과학과 핵심역량의 하위요소가 2개 이상 포함되는 경우에는 해당하는 하위요소가 모두 포함된 것으로 분석하였고, 교과서 활동과 평가 문항도 같은 방법으로 분석하였다. 또한, 과학과 핵심역량의 하위요소가 전혀 반영되어 있지 않은 경우에는 ‘없다’에 해당하는 것으로 분석하였다. 예를 들면, 주어진 보기 중에서 단순히 탐구 주제를 선택하는 활동이나 과학 개념 설명의 일부를 비워두고 적합한 단어를 쓰게 하는 완성형 평가 문항에는 과학과 핵심역량의 하위요소가 반영되어 있지 않은 것으로 분석하였다. 각 성취기준이나 교과서 활동이나 평가 문항에 포함된 과학과 핵심역량별 하위요소 혹은 ‘없다’를 합산하여 분석 결과에 제시하였다.

본 연구에서는 과학과 핵심역량과 과학과 핵심역량별 정의를 숙지한 화학교육전공 석사과정생 2인이 전체 성취기준 12개 중 8개, 전체 교과서 활동 315개 중 32개, 전체 교과서 평가 문항 956개 중 106개를 각자 분석하여 분석자 간 일치도를 구하였다. 교육과정의 성취기준에 대한 분석자 간 일치도는 0.88, 교과서의 활동은 0.84, 교과서 평가 문항은 0.85 이었다. 자료 분석은 과학교육전문가와 화학교육전공 석사과정 2인이 4개월 동안 한 달에 3~4회, 매회 1~2시간 논의와 합의를 거쳐 이루어졌다.

연구 결과

성취기준에 포함된 과학과 핵심역량과 하위요소

통합과학, 화학 I, 화학 II의 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 관련 성취기준에 모두 과학적 사고력이 반영된 비율이 가장 높았다. 이는 2015 과학과 교육과정의 초·중·고등학교 물리 부분 성취기준을 분석하여 고등학교 과정에서 과학적 사고력이 반영된 비율이 월등히 증가하였다고 보고한 이상원(2018)의 연구 결과와도 일치한다.[3] 통합과학의 성취기준에는 과학적 사고력(45.4%), 과학적 탐구 능력(18.2%), 과학적 의사소통 능력(18.2%), 과학적 문제 해결력(9.1%), 과학적 참여와 평생 학습 능력(9.1%) 순으로 5가지 과학과 핵심역량이 모두 반영되어 있었다(*Table* 1). 화학 I의 성취기준에는 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 의사소통 능력이 각각 33.3%씩 포함되어 있었고, 과학적 문제 해결력과 과학적 평생 학습 능력은 전혀 포함되어 있지 않았다. 화학 II의 성취기준에는 과학적 사고력(100%)만 포함되어 있었다.

과학적 사고력의 경우, 통합과학의 성취기준에는 ‘생명현상 및 일상 생활에서 일어나고 있는 다양한 변화의 이유를 산화와 환원에서 나타나는 규칙성과 특성 측면에서 파악하여 분석할 수 있다’와 같이 현상의 원인을 설명하는 과정에서 과학적 지식을 토대로 논리적으로 추론하는

***Table* 1.** Science Core Competency and Subcomponent included in Science Achievement Standards

Science core competency	Subcomponent	Integrated Science			Chemistry I			Chemistry II			Total
		Acid·Base Neutralization	Oxidation ·Reduction	Subtotal	Acid·Base Neutralization	Oxidation ·Reduction	Subtotal	Acid·Base Neutralization	Oxidation ·Reduction	Subtotal	
Scientific Thinking	Logical Thinking	1	2	3	2	1	3	2	2	4	10
	Critical Thinking	1	1	2	0	0	0	0	0	0	2
	Creative Thinking	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	2	3	5	2	1	3	2	2	4	12
Scientific Inquiry	Asking Questions	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Planning and Carrying out Investigation	1	0	1	1	0	1	0	0	0	2
	Analyzing and Interpreting Data	1	0	1	1	0	1	0	0	0	2
	Using Mathematical and Computational Thinking	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
	Developing and Using Models	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Engaging in argument with evidence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Constructing Explanation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Obtaining, Evaluating, and Communicating Information	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	2	0	2	3	0	3	0	0	0	5
Scientific Problem Solving	Identifying Problems	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Collecting and Selecting Information	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Analyzing and Evaluating Information	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Suggesting Solutions	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Performing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Reflective Thinking	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rational Decision-Making	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Scientific Communication	Understanding and Coordinating Diverse Thoughts	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Using Various Communication Methods	0	1	1	2	1	3	0	0	0	4
	Understanding Information from Multi-Media	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Arguing based on Evidence	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Subtotal	1	1	2	2	1	3	0	0	0	5
Scientific Participation and Lifelong Learning	Being interested in Science, Technology, and Society Issues	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
	Using Computer and Science Technology	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Engaging in Self-Regulated Learning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Total		6	5	11	7	2	9	2	2	4	24

‘논리적 사고하기(3개, 33.3%)’와 물질이나 현상에 대해 공통된 특성을 찾아 합리적 기준을 가지고 분석·분류하는 ‘비판적 사고하기(2개, 18.2%)’가 포함되어 있었다. 화학 I의 성취기준에는 ‘산·염기 중화반응을 이해하고 산·염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다’와 같이 화학 반응을 설명하고 예측하는 과정에서 과학적 증거와 이론을 토대로 논리적으로 추론하는 ‘논리적 사고하기(3개, 33.3%)’가 포함되어 있었다. 화학 II 4개의 성취기준에는 모두 ‘논리적 사고하기(4개, 100%)’가 포함되어 있었다. 이우정과 강순희(2014)는 과학에서 문제를 정의하여 가설을 만들어 해결해가는 과정에서 창의적 사고력이 발현되고, 다양한 아이디어 중 합당한 것을 선택하는 과정에서 비판적 사고력과 논리적 사고력이 발현되므로 논리적·비판적·창의적 사고력이 함께 작용할 때 문제 해결력을 높일 수 있다고 하였다.[10] 그러나 화학 교과에서 중요하게 다루어지는 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 성취기준은 과학적 사고력의 ‘논리적 사고하기’에 편중되어 있고 ‘창의적 사고하기’는 전혀 포함되어 있지 않은 것으로 나타났다.

과학적 탐구 능력의 경우, 통합과학의 성취기준에는 ‘산·염기를 지시약, 금속, 탄산염 등과 반응시켜 확인한다’와 같이 ‘탐구 설계와 수행’과 ‘자료 분석 및 해석’이 각각 1개씩(9.1%) 포함되어 있었다. 화학I의 성취기준에는 ‘중화적정은 식초 속의 아세트산 함량을 확인하는 것으로 한다’와 같이 ‘탐구 설계와 수행’, ‘자료 분석 및 해석’, ‘수학적 사고와 컴퓨터 활용’이 각각 1개씩(11.1%) 포함되어, 통합과학에 비해 과학적 탐구 능력이 반영된 비율이 높았다. 화학 II의 성취기준에는 과학적 탐구 능력의 하위요소가 전혀 반영되어 있지 않았다. NGSS에서 제시한 8가지 과학실천과 같은 과학적 탐구능력의 8가지 하위요소는 서로 결합되어 수행될 때 효과적으로 과학적 탐구 능력을 함양할 수 있으며 학생들이 스스로 탐구 문제를 제기하고 수집된 데이터를 토대로 주장과 증거를 포함한 설명을 동료들과 공유·평가하면서 과학 개념을 정교화 할 수 있다.[11,12] 또한 학생들이 자연 현상을 설명하는 모형을 개발하고 사용하는 과정에서 과학 개념과 원리를 깊이 있게 이해하며 과학적 사고력도 향상될 수 있다.[13] 그러나 통합과학, 화학 I, 화학 II의 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 성취기준에 과학적 탐구 능력의 ‘문제인식’, ‘모형의 개발과 사용’, ‘증거에 기초한 토론과 논증’, ‘결론 도출 및 평가’, ‘의사소통’과 같은 하위요소가 포함되어 있지 않아, 이를 기준으로 교과서가 개발되고 교수·학습이 설계된다면 과학적 탐구 능력의 다양한 하위요소가 서로 연관되어 효과적으로 과학 개념을 학습하고 과학적 탐구 능력을 함양하기에 한계가 있을 것으로 사료된다.

과학적 문제 해결력의 경우, 통합과학의 성취기준에만 ‘정보와 자료를 수집 및 선택하기’가 1개(9.1%) 포함되어 있었다. 이는 중학교 1학년 화학 성취기준에 과학적 문제 해결력의 하위요소 중 ‘정보와 자료를 수집 및 선택하기’만 포함되어 있고 그 외 하위요소는 포함되어 있지 않다고 보고한 윤도운과 최애란(2019)의 연구와 같은 결과이다.[8] 통합과학의 성취기준 ‘일상 생활에서 중화 반응을 이용하는 사례를 조사하여 토의할 수 있다’는 일상에서 찾을 수 있는 과학 원리에 대한 정보와 자료를 탐색하고 조사하는 것으로, ‘우리 주변의 자연 현상에 대한 통합적 이해를 추구한다’는 통합과학의 목표에 부합하도록 구성된 것으로 보인다.[1]

과학적 의사소통 능력의 경우, 통합과학의 성취기준에 ‘말·글·그림·기호 등 다양한 의사소통 방법 사용하기’, ‘증거에 근거하여 논증하기’가 각각 1개씩(9.1%) 포함되어 있었고, 화학I의 성취기준에는 ‘말·글·그림·기호 등 다양한 의사소통 방법 사용하기’만 3개(33.3%) 포함되어 있었다. 통합과학의 성취기준 해설에 ‘산화·환원 반응은 산소 또는 전자의 이동으로 다룬다’와 같이 분자 모형이나 전자 모형을 포함하여 다양한 의사소통 방법을 이해하고 사용할 수 있도록 명시하였다. 화학I의 성취기준과 성취기준 해설에는 ‘수소 이온의 농도를 pH로 표현할 수 있다’, ‘중화반응은 알짜 이온 반응식을 중심으로 다룬다’와 같이 과학 기호나 단위를 사용하여 현상을 설명함으로써 다양한 방법으로 의사소통 할 수 있도록 제시되어 있다. ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’은 2015 과학과 교육과정에서 ‘화학 변화’와 ‘화학 반응’ 핵심개념의 하위 내용 요소로 제시되어 있어 화학 반응 전·후 변화에 대해 화학 반응식, 전자 모형, 산화수, 농도 등을 포함하여 다양한 방법으로 과학적 의사소통을 할 수 있는 것이 중요하다. 강지영(2015)과 권순애(2009)가 강조한 바와 같이 단위와 기호에 근거한 정확한 개념 지도는 과학 뿐만 아니라 일상 생활에서도 단위, 기호 등을 정확하게 사용하여 문제 해결 과정에서 효과적 의사소통을 할 수 있고, 올바른 과학 개념을 형성하는데 도움을 줄 수 있다.[14,15] 반면, 화학 II의 성취기준에는 과학적 의사소통 능력의 하위요소가 전혀 포함되어 있지 않았고, ‘타인의 생각을 이해하며 조정하기’, ‘컴퓨터·시청각 기기 등 다양한 매체 속 정보 이해하기’는 통합과학, 화학 I에도 전혀 포함되어 있지 않았다.

과학적 참여와 평생 학습 능력의 경우, 통합과학의 성취기준에만 ‘과학기술의 사회적 문제 관심 갖기’가 1개(9.1%) 포함되어 있었다. 이는 통합과학의 물리 관련 성취기준과 중학교 1학년 화학 관련 성취기준에 과학적 참여와 평생 학습 능력이 전혀 반영되어 있지 않다고 보고한 선행 연구들과 다소 차이가 있다.[2,8] 통합과학의 성취기준 해설에 ‘지구와 생명의 역사에 큰 영향을 미친 연소, 철광석의 제련, 호흡, 광합성 등이 산화·환원 사례임을 다룬다’

와 같이 명시하여 '산화·환원' 학습에서 과학과 기술의 공동체적 문제에 대한 관심을 가질 수 있도록 하였다. '산화·환원' 개념은 과학의 역사적 발달과 함께 그 의미가 변화·확장되어 왔고 현재에도 우리 생활과 밀접한 관련을 맺고 있다.[16] 이러한 학습 주제의 특성을 살려 통합과학의 '산화·환원' 관련 성취기준에 과학적 참여와 평생 학습 능력의 '과학기술의 사회적 문제 관심 갖기' 하위요소가 반영된 것으로 보인다. 과학적 참여와 평생 학습 능력은 2015 과학과 교육과정의 목표 '과학 학습의 즐거움과 과학의 유용성을 인식하여 평생 학습 능력을 기른다'와 관련되며 민주시민으로서 과학적 소양을 함양하기 위해 필요한 역량이므로 일반·진로 선택과목인 화학 I과 화학 II에서도 학습 주제의 특성을 살려 과학적 참여와 평생 학습 능력을 함양할 수 있는 기회를 제공할 필요가 있을 것으로 사료된다.[17]

교과서 활동에 포함된 과학과 핵심역량과 하위요소

통합과학, 화학 I, 화학 II 교과서의 '산·염기·중화반응', '산화·환원' 관련 활동에는 과학적 탐구 능력의 하위요소가 각각 244개(37.4%), 378개(53.6%), 209개(37.0%) 포함되어 각 교과에서 과학과 핵심역량 중 가장 많은 비율로 반영되어 있었다(*Table* 2). 통합과학 교과서에서 과학적 탐구 능력의 하위요소 중 가장 많은 비율을 차지하는 '탐구 설계와 수행(113개, 17.3%)'이 포함된 활동은 '철판과 아연판을 황산구리 수용액에 담고 변화를 관찰해보자', '리트머스 종이와 페놀프탈레인 용액의 색 변화를 바탕으로 산과 염기를 구분해 보자'와 같이 과학적 증거를 수집하기 위해 현상을 관찰하는 활동이 제시되어 있었다. 주어진 실험을 수행하는 활동 외에도, '모둠별로 재료를 조사하고 선택한 후 천연지시약을 만들어보자', '양배추 지시약을 기본 재료로 하여 모둠별로 만들 작품을 계획하고 필요한 재료를 준비해 보자'와 같이 협동적으로 적합한 실험 재료와 도구를 선택하여 탐구를 설계하는 활동이 포함되어 있었다. 양일호 외(2006)는 중학교 과학실험 수업에서 학생들이 대부분 활동지나 교사의 지시를 따라 실험을 수행하고 결과 기록하는 것에만 집중한다고 보고하며, 주어진 과정에 따라 수동적으로 실험 수행은 하지만 스스로 실험을 설계하는 기회를 갖지 못한다고 주장하였다.[18] 반면, 2015 과학과 교육과정 통합과학 교과서에는 학생들이 탐구 수행뿐 아니라 탐구 설계를 주도적으로 할 수 있는 기회가 제공되고 있는 것으로 보인다. 그 다음으로, '결론 도출 및 평가(44개, 6.7%)'나 '자료 분석 및 해석(42개, 6.4%)'이 포함된 활동으로는 '측정 결과를 표에 기록하고 용액의 액성을 써보자', '부피 변화에 따른 온도 그래프를 나타내보자'와 같이 실험으로 얻은 데이터를 표나 그래프로 나타내고 분석하여 결론을 도출하는 활동이 많이 포함되어 있었다. 또한 통합과학 교과서의 활동에는 '황산구리 수용액에 아연판을 넣었을 때 그림과 같이 되었다 그림에서 알 수 있는 반응 전·후 차이점을 토의해보자', '묽은 염산과 수산화 나트륨의 반응을 입자 모형으로 나타낸 것이다. 담긴 용액의 액성은 무엇일까 그렇게 생각한 까닭은 무엇인가'와 같이 제안된 자료나 데이터를 해석하는 과정에서 '모형의 개발과 사용(12개, 1.8%)', '증거에 기초한 토론과 논증(9개, 1.4%)', '의사소통(21개, 3.2%)'이 포함된 탐구 활동도 제시되어 있었다. '결론 도출 및 평가', '의사소통', '모형의 개발과 사용', '증거에 기초한 토론과 논증', '수학적 사고와 컴퓨터 활용'은 통합과학의 성취기준에는 전혀 포함되어 있지 않았으나 교과서 활동에는 포함되어 있었다. 과학적 탐구 능력의 하위요소인 '문제인식'은 통합과학의 성취기준과 교과서 활동에 전혀 포함되어 있지 않았다.

화학 I 교과서의 활동에는 통합과학(37.4%)이나 화학 II (36.9%)에 비해 과학적 탐구 능력의 하위요소가 반영된 비율(53.6%)이 매우 높았다. 이는 화학 I의 '산·염기·중화반응' 성취기준에 과학적 탐구 능력의 하위요소가 반영된 비율(33.3%)이 통합과학(18.1%)이나 화학 II(0%)에 비해 높았고, 성취기준 해설에 '중화 적정은 식초 속 아세트산 함량을 확인하는 것으로 한다'와 같이 명시된 것과 연관된 것으로 볼 수 있다. 이는 교과서 활동을 구성하는 지표가 되는 성취기준이 구체적으로 진술되어야 하고, 과학과에서 강조하는 핵심역량 관련 목표가 성취기준에 명시적으로 반영되어야 함을 시사한다.[19,20] 통합과학과 달리, 화학 I의 교과서 활동에는 과학적 탐구 능력의 '탐구 설계와 수행(126개, 17.9%)' 다음으로 '의사소통(72개, 10.2%)'이 많이 포함되어 있었다. 화학 I 교과서에 '다음 중화 반응을 화학식으로 쓰고 설명해 보자'. 'pH와 pOH의 관계를 그래프로 나타내고 설명해보자'와 같이 탐구를 수행하고 제안된 계에 대해 설명하는 과정에서 말이나 글뿐만 아니라 화학 반응식, 과학 기호, 단위를 포함하여 다양한 형식으로 의사소통하는 활동이 다수 포함되었다. 공통과목인 통합과학의 탐구 활동에서는 관찰한 현상에 대한 원리를 간단한 글로만 답안을 구성하는 활동이 많았던 것에 비해, 일반선택과목인 화학 I에서는 현상을 화학 반응식을 제시하거나 pH, pOH, mol, M과 같은 과학 기호와 단위를 활용하여 다양한 형식으로 의사소통하는 활동이 많이 포함되어 있었다. 또한 화학 I 교과서 활동에는 '수학적 사고와 컴퓨터 활용'이 35개(5.0%)로 통합과학에 포함된 비율(0.5%)보다 훨씬 많이 포함되어 있었다. 예를 들어, '0.1 M 수산화칼슘 수용액 100 ml를 완전히 중화시키기 위해 필요한 0.1 M 염산은 몇 ml인가', '측정한 자료를 통해 식초 속 아세트산 함량을 구해 보자'와 같이 수학적으로 사고하고 분석

***Table* 2.** Science Core Competency and Subcomponent included in Activities in Integrated Science, Chemistry I, and Chemistry II textbooks

Science core competency	Subcomponent	Integrated Science			Chemistry I			Chemistry II		
		Acid·Base Neutralization	Oxidation ·Reduction	Total	Acid·Base Neutralization	Oxidation ·Reduction	Total	Acid·Base Neutralization	Oxidation ·Reduction	Total
	No competency	0	4	4	4	3	7	6	1	7
Scientific Thinking	Logical Thinking	68	51	119	87	56	143	58	87	145
	Critical Thinking	18	12	30	34	30	64	19	19	38
	Creative Thinking	25	10	35	6	4	10	3	9	12
	Subtotal	111	73	184	127	90	217	80	115	195
Scientific Inquiry	Asking Questions	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Planning and Carrying out Investigation	86	27	113	110	16	126	35	60	95
	Analyzing and Interpreting Data	26	16	42	48	14	62	17	18	35
	Using Mathematical and Computational Thinking	3	0	3	35	0	35	1	0	1
	Developing and Using Models	6	6	12	15	3	18	0	3	3
	Engaging in argument with evidence	5	4	9	16	2	18	5	6	11
	Constructing Explanation	27	17	44	38	9	47	20	31	51
	Obtaining, Evaluating, and Communicating Information	15	6	21	63	9	72	3	10	13
	Subtotal	168	76	244	325	53	378	81	128	209
Scientific Problem Solving	Identifying Problems	1	1	2	0	1	1	0	0	0
	Collecting and Selecting Information	19	16	35	7	13	20	23	13	36
	Analyzing and Evaluating Information	3	3	6	0	2	2	16	2	18
	Suggesting Solutions	15	2	17	3	0	3	6	1	7
	Performing	0	0	0	0	0	0	2	0	2
	Reflective Thinking	0	0	0	0	0	0	2	0	2
	Rational Decision-Making	13	0	13	0	0	0	2	1	3
	Subtotal	51	22	73	10	16	26	51	17	68
Scientific Communication	Understanding and Coordinating Diverse Thoughts	0	1	1	0	0	0	1	0	1
	Using Various Communication Methods	26	26	52	16	26	42	25	9	34
	Understanding Information from Multi-Media	5	3	8	4	0	4	4	2	6
	Arguing based on Evidence	20	13	33	10	7	17	11	4	15
	Subtotal	51	43	94	30	33	63	41	15	56
Scientific Participation and Lifelong Learning	Being interested in Science, Technology, and Society Issues	33	11	44	3	7	10	9	14	23
	Using Computer and Science Technology	6	3	9	4	0	4	4	2	6
	Engaging in Self-Regulated Learning	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Subtotal	39	14	53	7	7	14	14	15	31
	Total	420	228	648	499	199	698	267	292	559

하여 데이터를 해석하는 활동이 다수 포함되어 있었다. 과학에서 자료를 수집하고 분석하는 활동은 수학과 밀접한 연계성을 가지고 있으며, 수학적 사고와 모델링의 정교화는 실생활과 관련된 문제를 해결하는데 유용한 방법이라는 점에서[21,22] '의사소통', '결론 도출 및 평가', '모형의 개발과 사용', '증거에 기초한 토론과 논증'이 화학 I의 성취기준에는 전혀 포함되어 있지 않았으나 교과서 활동에는 포함되어 있는 것은 의미가 있다. 반면, '문제인식'은 화학 I의 성취기준과 교과서 활동에 전혀 포함되어 있지 않았다.

화학 II의 성취기준에는 과학적 탐구 능력의 하위요소가 전혀 포함되어 있지 않았으나, 교과서 활동에는 '문제인식'을 제외한 모든 하위요소 즉, 탐구 설계와 수행(95개, 16.8%), 결론 도출 및 평가(51개, 9.0%), 자료 분석 및 해석(35개, 6.2%), 의사소통(13개, 2.3%), 증거에 기초한 토론과 논증(11개, 1.9%), 모형의 개발과 사용(3개, 0.5%), 수학적 사고와 컴퓨터 활용(1개, 0.2%)가 포함되어 있었다. 화학 II의 교과서 활동에는 '이러한 결과가 나온 까닭은 무엇인지 설명해보자', '각 전극에서 일어나는 변화를 산화 환원 반응으로 설명해 보자', '전기 분해의 원리를 어떻게 설명할 수 있는지 토의해보자'와 같이 탐구 수행으로부터 얻은 증거와 자연 현상을 설명하는 과학 이론을 토대로 논리적으로 추론하고 타당한 결론을 구성하는 활동이 다수 제시되어 과학적 탐구 능력의 '결론 도출 및 평가'와 과학적 사고력의 '논리적 사고하기'가 함께 포함된 활동이 많았다. 반면, 화학 II 교과서의 탐구 활동에는 화학 I에 비해 '모형의 개발과 사용'(0.5%)이나 '수학적 사고와 컴퓨터 활용'(0.2%)이 부족하게 포함되어 있었다.

통합과학, 화학 I, 화학 II 교과서 활동에 과학적 사고력의 하위요소가 각각 184개(28.2%), 217개(30.8%), 195개(34.5%) 포함되어 각 교과에서 과학과 핵심역량 중 두번째로 많은 비율로 반영되어 있었다. 통합과학 교과서의 활동에서 과학적 사고력의 하위요소 중 가장 많은 비율을 차지하는 '논리적 사고하기(119개, 18.3%)'가 포함된 활동으로는 '석회수의 색 변화로 알 수 있는 사실은 무엇인가', '어떤 이유로 다음과 같은 현상이 일어날까'와 같이 탐구 활동에서 관찰한 현상의 원인을 설명하기 위해 과학적 개념과 이론을 바탕으로 논리적으로 추론하거나 변인 사이의 관계를 설명하는 활동이 많이 제시되어 있었다. 또한 '철로 만든 대문이 녹슬어서 고민인 사람에게 고민을 덜어 줄 방법을 생각해보자', '해양 산성화를 막기 위해 할 수 있는 일을 생각해서 친구를 설득하는 글을 써보자'와 같이 일상 생활의 문제 해결과정에서 과학적 근거를 바탕으로 타당한 결론을 유도하는 활동이나 '원리를 토의해보자', '대책을 논의해보자'와 같이 의사소통 과정에서 과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하여 논증 형식의 타당성을 토대로 논리적으로 사고하는 활동이 포함되어 있었다. 이와 같이 과학적 사고력의 '논리적 사고하기'는 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력과 같은 핵심역량과도 긴밀하게 연관되어 있어 전체 과학과 핵심역량별 하위요소 중 가장 많은 비율로 반영되어 있었다. 다음으로, 과학적 사고력의 '창의적 사고하기'는 통합과학의 성취기준에는 포함되어 있지 않았으나, 통합과학 교과서 활동에는 화학 I(1.4%)이나 화학 II(2.1%)에 비해 높은 비율(35개, 5.4%)로 반영되어 있었다. 예를 들면, '지시약의 다양한 색으로 재미있는 그림을 그려보자', '문제 해결을 위한 장치를 고안해 보자'와 같이 창의적인 아이디어나 문제의 해결책을 다양하게 산출해내는 활동이 다수 포함되어 있었다. 반면, 통합과학의 성취기준에만 포함되어 있었던 과학적 사고력의 '비판적 사고하기'는 과학적 사고력의 다른 하위요소에 비해 통합과학 교과서 활동에 상대적으로 적게 포함되어 있었다. 예를 들면, '다음 자료를 보고 세 반응의 공통점을 추측해보자', '다른 모둠의 발표를 듣고 평가해보자'와 같이 제시된 자료나 주장에 대해 합리적 기준을 가지고 분석하고 평가하는 활동에 '비판적 사고하기(30개, 4.6%)'가 포함되어 있었다.

화학 I의 성취기준에는 과학적 사고력의 '논리적 사고하기'만 포함되어 있었으나, 화학 I 교과서 활동에는 과학적 사고력의 3가지 하위요소가 모두 포함되어 있었고, '논리적 사고하기(143개, 20.3%)'와 '비판적 사고하기(64개, 9.1%)'가 포함된 비율은 통합과학에 비해 높았다. 예를 들면, '산화수 변화를 확인하고 산화수를 이용한 방법으로 다음 반응식을 완성해보자'와 같이 전기음성도 차이를 고려하여 산화수를 논리적으로 추론하거나 반응물과 생성물의 원자 수, 전하의 합 등을 근거로 화학 반응식을 완성하는 '논리적 사고하기'가 포함된 활동 또는 '다음 반응에서 산화제와 환원제를 찾아보자', '아미노산 구조를 보고 산과 염기를 구분해보자'와 같이 산화수 변화나 전자의 이동과 같은 합리적 기준을 가지고 분석·분류하는 '비판적 사고하기'가 포함된 활동이 많이 있었다. 그러나 창의적으로 자신만의 작품을 만들거나 문제 해결 과정에서 다양한 아이디어를 제시하는 활동이 많았던 통합과학(5.4%)에 비해, 화학I의 교과서 활동에는 과학적 사고력의 '창의적 사고하기'(10개, 1.4%)가 적게 포함되어 있었다.

화학 II의 성취기준에는 전체 과학과 핵심역량별 하위요소 중 '논리적 사고하기'만 포함되어 있었으나, 교과서 활동에는 '비판적 사고하기'와 '창의적 사고하기'도 포함되어 있었다. 화학 II의 교과서 활동에는 통합과학(18.3%)이나 화학 I(20.3%)에 비해 과학적 사고력의 '논리적 사고하기(145개, 25.6%)'가 포함된 비율이 높았다. 예를 들면, '두 수용액에서 기포가 발생하는 정도를 비교하여 차이가

발생한 원리를 설명해보자', '각 수용액의 액성이 다르게 나타나는 까닭을 이야기 해 보자', '다음 용액이 pH변화에 저항하는 효과가 큰 이유를 설명해보자'와 같이 실험 수행 후 결론 도출 과정에서 추론하거나 데이터를 뒷받침하는 과학 원리에 근거하여 설명을 구성하는 활동이 많이 포함되어 있었다. 또한, '화학 전지가 어떻게 구성되는지 설명해 보자', '수족관에 넣어주는 약품이 pH를 일정하게 유지해주는 원리를 이야기해 보자'와 같이 일상생활과 관련된 현상을 과학 원리에 근거하여 논리적으로 추론하여 설명하는 활동이 다수 제시되어 있었다. 반면, 화학 II의 교과서 활동에 과학적 사고력의 '비판적 사고하기'(38개, 6.7%)나 '창의적 사고하기'(12개, 2.1%)는 '논리적 사고하기'(25.6%)에 비해 매우 적게 반영되어 있었다.

통합과학의 성취기준에는 과학적 문제 해결력의 '정보와 자료를 수집 및 선택하기'만 포함되어 있었으나, 교과서 활동에는 '문제 해결방안 제시하기', '합리적 의사결정', '정보와 자료를 분석 및 평가하기', '문제 발견하기'도 포함되어 있었다. '실행하기'와 '반성적 사고하기'는 통합과학의 성취기준과 교과서 활동에 전혀 반영되어 있지 않았다. 과학적 문제 해결력의 하위요소 중 가장 높은 비율로 반영되어 있는 '정보와 자료를 수집 및 선택하기(35개, 5.4%)'가 포함된 활동으로는 '인류 발달에 기여한 화학반응을 조사해 보자', '토양을 효과적으로 중화하는 방법을 조사하여 제안해 보자'와 같이 일상생활과 관련된 과학 정보를 조사·수집하여 문제 해결을 위해 필요한 자료를 선별하는 활동이 다수 제시되어 있었다. 또한 '원치 않는 산화 환원 반응을 막을 수 있는 방법을 제시해 보자', '모둠별로 제시된 문제점의 해결 방법을 적어보자'와 같이 과학 정보에 기반하여 문제 해결을 위한 다양한 아이디어를 제시하는 '문제 해결방안 제시하기(17개, 2.6%)' 활동이 많이 포함되어 있었다. 통합과학의 교과서 활동에는 화학 I(0%)이나 화학 II(0.5%)에 비해 과학적 문제 해결력의 '합리적 의사결정(13개, 2.0%)'이 포함된 비율이 다소 높았다. 예를 들면, '토양의 산성 정도를 파악하여 석회를 필요한 양만 살포할 수 있는 방법을 고안해 보자', '지속가능한 발전 측면에서 이를 해결하기 위한 방안을 발표해 보자'와 같이 과학적 문제 해결을 위해 선택 가능한 대안에 대하여 과학기술이 갖는 부정적인 측면을 최소화하는 방향으로 바람직한 결정을 도출하는 활동이 제시되어 있었다. 윤도운과 최애란(2019)은 2015 과학과 교육과정의 중학교 1학년 화학 성취기준과 교과서 활동에 과학적 문제 해결력의 하위요소인 '합리적 의사결정'이 전혀 포함되어 있지 않다고 보고하였으나,[8] 통합과학의 교과서 활동에는 과학적 문제 해결력의 '합리적 의사결정'이 다수 포함되어 있었다. 이는 2015 과학과 교육과정의 통합과학 성격에 명시한 '합리적 판단을 할 수 있는 민주 시민으로서의 기초 소양을 기르는데 중점을 둔다'는 목표가 반영되어, 통합과학 교과서 활동도 합리적 의사 결정을 통해 과학 문제를 해결해 나갈 수 있도록 구성된 것으로 볼 수 있다.[1] 그 외 과학적 문제 해결력의 하위요소가 포함된 활동으로는 '조사한 내용을 신문 기사 형태로 꾸미고 발표해보자', '조사한 내용을 친구들에게 전할 수 있도록 발표자료를 준비해 보자'와 같이 문제 해결을 위해 수집한 자료를 분석·평가하여 종합하는 '정보와 자료를 분석 및 평가하기(6개, 0.9%)'가 포함된 활동이나, '화학 약품을 살포하는 방법을 찾고 이를 이용하여 석회를 살포한다면 어떤 문제점이 있을지 말해보자'와 같이 해결해야 할 문제를 탐색하고 발견하는 '문제 발견하기(2개, 0.3%)'가 포함된 활동이 있었다.

화학 I의 성취기준에는 과학적 문제 해결력의 하위요소가 전혀 포함되어 있지 않았으나, 교과서 활동에는 '문제 발견하기', '정보와 자료를 수집 및 선택하기', '정보와 자료를 분석 및 평가하기', '문제 해결방안 제시하기'가 포함되어 있었다. '실행하기', '반성적 사고하기', '합리적 의사결정'은 화학 I 성취기준과 교과서 활동에 전혀 포함되어 있지 않았다. 화학 I의 교과서 활동에는 통합과학(11.2%)이나 화학 II(12.0%)에 비해 과학적 문제 해결력의 하위요소가 반영된 비율(3.7%)이 상대적으로 낮았는데, '우리 주변의 여러 가지 액체의 성분과 전기전도도를 조사해보자', '위 속에 존재하는 산의 주성분과 pH를 찾아보자'와 같이 '정보와 자료를 수집 및 선택하기(20개, 2.8%)'가 편중되어 있었고 '정보와 자료를 분석 및 평가하기(2개, 0.3%)', '문제 해결방안 제시하기(3개, 0.4%)'도 매우 적게 포함되어 있었다. 현장 교사는 화학I 교과서의 '정보와 자료를 수집 및 선택하기'가 포함된 활동에서 학생들이 조사한 내용을 토대로 발표를 구성하거나 연관된 문제를 고찰하는 기회를 제공하는 것을 고려해 볼 수 있다.

화학 II의 성취기준에는 과학적 문제 해결력의 하위요소가 전혀 포함되어 있지 않았으나 교과서 활동에는 '문제 발견하기'를 제외한 다양한 하위요소 즉, '정보와 자료를 수집 및 선택하기(36개, 6.4%)', '정보와 자료를 분석 및 평가하기(18개, 3.2%)', '문제 해결방안 제시하기(7개, 1.2%)', '합리적 의사결정(3개, 0.5%)'가 포함되어 있었다. 특히 통합과학이나 화학 I 교과서 활동에 전혀 포함되어 있지 않았던 과학적 문제 해결력의 '실행하기(2개, 0.4%)'와 '반성적 사고하기(2개, 0.4%)'가 화학 II의 교과서 활동에는 포함되어 있었다. 예를 들면, '완충 용액의 역할을 조사하고 포스터를 만드는 프로젝트' 활동에서 모둠별로 과학적 문제 해결을 위해 정보와 자료를 수집하고, 수집된 자료를 분석·평가하여 프로젝트 수행을 위한 구체적 계획을 제시하고, 최적의 문제 해결 방안을 선택하여 실행하고, 문제

해결 과정에서 잘못된 점이 없는지 서로 점검하는 과정을 단계별로 제시하여 하나의 활동에서 과학적 문제 해결력의 다양한 하위요소가 포함될 수 있도록 하였다.

통합과학의 성취기준에는 과학적 의사소통 능력의 '말·글·그림·기호 등 다양한 의사소통 방법 사용하기'와 '증거에 근거하여 논증하기'만 포함되어 있었으나, 교과서 활동에는 과학적 의사소통 능력의 모든 하위요소가 반영되어 있었다. 통합과학의 교과서 활동에는 화학 I(8.9%)이나 화학 II(9.9%)에 비해 과학적 의사소통 능력의 하위요소가 반영된 비율(14.4%)이 높았다. 예를 들면, '조사한 내용을 토대로 모둠별로 기사를 작성해보자', '산화 환원을 주제로 시화를 완성해보자', '우리 생활을 어떻게 변화시킬지 글, 그림, 동영상 등 다양한 방법으로 표현해보자'와 같이 다양한 형식을 사용하여 과학 개념이나 원리를 표현하도록 하는 활동이 다수 제시되어 있었다. 특히 통합과학 교과서의 '말·글·그림·기호 등 다양한 의사소통 방법 사용하기(52개, 8.0%)'가 포함된 활동에서는 과학적 사고력의 '창의적 사고하기'가 함께 포함되어 있는 경우가 많아 학생 스스로 과학 개념에 기반하여 창의적인 결과물을 낼 수 있도록 구성되어 있었다. 이는 2015 교육과정에서 문·이과 구분 없이 핵심역량을 함양하여 바른 인성을 갖춘 창의융합형 인재를 양성하고자 통합과학을 신설했던 취지에 맞게 교과서 활동이 구성된 것으로 볼 수 있다.[1] 또한 '각자 역할을 맡아 안전한 관리 방안에 대해 토의해보자', '대리암이 훼손된 까닭에 대해 친구들과 이야기해보자'와 같이 타당한 근거로부터 주장이나 결론을 정당화 하는 '증거에 근거하여 논증하기(33개, 5.1%)'가 포함된 활동이 제시되어 있었다. 이와 같은 활동에서는 자료의 내용이나 서로의 주장이 옳은 것인지 판단하기 위해 합리적인 기준을 가지고 고찰하는 과정이 필요하므로 과학적 사고력의 '비판적 사고하기'가 함께 포함되는 경우가 많았다. 조희와 최애란(2015)이 증거에 기초한 토론과 논증을 하며 서로의 주장을 반박하고 자신의 주장을 정당화함으로써 비판적 사고하기를 기를 수 있다고 한것과 같이[23]과학적 의사소통 능력의 하위요소는 과학적 사고력의 하위요소와 긴밀하게 연결되어 있다.[8,24] 또한, 과학적 의사소통 능력의 '컴퓨터·시청각기기 등 다양한 매체 속 정보 이해하기(8개, 1.2%)'와 '타인의 생각을 이해하며 조정하기(1개, 0.2%)'는 통합과학의 성취기준에는 전혀 포함되어 있지 않았지만 교과서 활동에는 일부 포함되어 있었다. 예를 들면, '인터넷 검색이나 도서 등을 참고하여 조사해보자'와 같이 다양한 매체를 통해 제시되는 정보를 이해하고 활용하는 활동이나 '모둠원끼리 역할을 분담하고 의견을 나누어 보자'와 같이 과학적 문제 해결 과정을 공동체 내에서 공유·발전시키기 위해 타인의 생각과 입장을 배려하고 조정하는 활동이 포함되어 있었다.

통합과학과 마찬가지로 화학 I 교과서의 활동에도 과학적 의사소통 능력의 하위요소 중 '말·글·그림·기호 등 다양한 의사소통 방법 사용하기(42개, 6.0%)'가 가장 많이 포함되어 있었다. 예를 들면, 화학 I 교과서의 활동에는 '산화 환원 반응을 전자의 이동과 산화수 변화로 설명해보자', '토양의 산성도는 어떻게 표현할 수 있을지 제시해보자'와 같이 일상생활에서 과학 기호, 단위, 모형 등 다양한 양식으로 의사표현·소통하는 활동이 다수 제시되어 있었다. 통합과학의 교과서 활동에서는 문제해결 방안을 말, 글, 그림 등으로 다양하게 표현하거나 발표 자료를 구성하는 활동이 많았던 것에 비해, 화학I의 교과서 활동에서는 과학 기호, 단위, 모형 등을 정확하게 이해하고 이를 활용하여 의사표현·소통하는데 중점을 두고 있었다. 또한, 화학 I의 성취기준에는 '컴퓨터·시청각기기 등 다양한 매체 속 정보 이해하기'가 포함되어 있지 않았으나 교과서 활동에는 4개(0.6%) 포함되어 있었다.

화학 II 교과서의 활동에는 과학적 의사소통 능력의 하위요소가 '말·글·그림·기호 등 다양한 의사소통 방법 사용하기' 34개(6.0%), '증거에 근거하여 논증하기' 15개(2.7%), '컴퓨터·시청각기기 등 다양한 매체 속 정보 이해하기' 6개(1,1%), '타인의 생각을 이해하며 조정하기' 1개(0.2%) 순으로 포함되어 있었다. 화학 II 성취기준에는 과학적 의사소통 능력의 하위요소가 전혀 포함되어 있지 않았으나, 교과서 활동에는 과학적 의사소통 능력의 모든 하위요소가 포함되어 있었다. 화학 II 교과서 활동에 '호흡에 의해 인체 내 pH를 조절하는 과정을 설명해 보자', '생체 내 각 기관이 일정한 pH를 유지하는 것을 완충 용액과 연관 지어 조사한 후 결과를 모둠별로 발표해보자', '과학 기술 발전이 인류에게 어떻게 이용되어야 하는지 자신의 생각을 글로 써 보자'와 같이 과학 기호나 단위를 포함하여 말, 글, 그림 등 다양한 양식으로 의사소통하는 활동이 제시되어 있었다.

통합과학의 교과서 활동에는 화학 I(1.4%)이나 화학 II(4.1%)에 비해 과학적 참여와 평생 학습 능력의 '과학기술의 사회적 문제 관심 갖기(44개, 6.7%)'가 포함된 비율이 높게 나타났다. 이는 통합과학의 '산화·환원' 관련 성취기준에만 과학적 참여와 평생 학습 능력의 '과학기술의 사회적 문제 관심 갖기'가 반영되어 있던 것과 연관된 것으로 보인다. 예를 들면 '광합성은 지구와 생명체에 어떤 영향을 미쳤는가', '철의 제련과 같이 인류 문명 발달에 기여한 화학 반응은 어떤 것이 있는가', '우주선 외부를 만드는데 쓰이는 소재는 어떤 성질을 가져야 할까'와 같이 '산화·환원' 학습에서 과학·기술의 공동체적 문제에 대한 관심을 필요로 하는 활동이 다수 제시되어 있었다. 또한

통합과학 교과서의 '산·염기·중화반응' 관련 활동에서 '화학 약품을 살포하는 방법을 조사하여 석회를 효과적으로 살포할 수 있는 장치를 고안해 보자', '각종 센서와 스마트 기기 등을 이용하여 석회 가루를 정밀하고 안전하게 뿌릴 수 있는 방법을 설명해보자'와 같이 과학·기술의 사회적 문제에 대한 관심을 가지고 해결책을 제시하고 합리적 의사결정을 내리는 활동이 다수 제시되어 있었다. 이와 같은 활동에서는 과학적 문제 해결력의 '문제 해결방안 제시하기', '합리적 의사결정'이 함께 반영되어 있었는데, 2015 과학과 교육과정의 통합과학 성격에 명시된 '과학기술의 발달에 따른 미래 생활 적응, 사회 문제에 대한 합리적 판단 능력 등 미래 사회에 필요한 과학적 소양을 함양하기 위한 과목'이라는 교과목 취지가 반영되어 교과서 활동이 구성된 것이라 볼 수 있다.[1] 또한 통합과학의 성취기준에는 과학적 참여와 평생 학습 능력의 '최신 과학기술 활용하기'가 포함되어 있지 않았으나, 교과서 활동에는 9개(1.4%) 포함되어 있었다. 예를 들면, '인터넷으로 조사해보자', '사진을 찍어서 발표해보자', '동영상으로 제작해보자'와 같이 스마트기기, 소프트웨어, 인터넷 등을 활용하는 활동이 있었다. '스스로 지속적으로 학습하기'는 통합과학의 성취기준과 교과서 활동에 전혀 포함되어 있지 않았다.

화학 I의 성취기준에는 과학적 참여와 평생 학습 능력의 하위요소가 전혀 포함되어 있지 않았으나, 교과서 활동에는 '과학기술의 사회적 문제 관심 갖기(10개, 1.4%)'와 '최신 과학기술 활용하기(4개, 0.6%)'가 포함되어 있었다. '스스로 지속적으로 학습하기'는 화학 I의 성취기준과 교과서 활동에 전혀 포함되어 있지 않았다. 화학 I의 교과서 활동에는 통합과학(6.7%)이나 화학 II(5.5%)에 비해 과학적 참여와 평생 학습 능력이 반영된 비율(2.0%)이 낮게 나타났다. 일부 교과서에만 '산 분해 간장을 만드는 식품 가공 공정의 장단점을 생각해보자', '비싸도 질소 산화물, 미세먼지와 같은 오염 물질을 더 적게 배출하는 자동차를 살 것인가'와 같이 '과학기술의 사회적 문제 관심 갖기'가 포함된 활동이 제시되어 있었다. 또한 '인터넷 백과사전을 통해 찾아보자', '실험 보고서를 인터넷 게시판을 활용해 공개해 보자'와 같이 인터넷을 활용하는 '최신 과학기술 활용하기'가 포함된 활동이 제시되어 있었다.

화학 II의 성취기준에는 과학적 참여와 평생 학습 능력의 하위요소가 전혀 포함되어 있지 않았으나, 교과서 활동에는 '최신 과학기술 활용하기' 6개(1.1%)를 포함하여 과학적 참여와 평생 학습 능력의 모든 하위요소가 반영되어 있었다. 화학 II 교과서 '산화·환원' 주제 활동에 '건전지 실용화가 우리 생활에 어떤 변화를 가져왔는가', '전지에 사용된 중금속을 어떻게 처리해야 할까'와 같이 화학 전지와 관련하여 '과학기술의 사회적 문제 관심 갖기(23개, 4.1%)'가 포함된 활동이 다수 제시되어 있었다. 또한 화학 II 교과서에는 '내가 전지 연구 센터의 연구원이 된다면 화학 전지와 관련하여 어떤 연구를 하고 싶은지 연구 계획을 세워보자'와 같이 주제와 관련하여 스스로 지속적인 학습을 계획·실행할 수 있도록 하는 활동이 1개(0.2%) 포함되어 진로 선택과목의 특성이 반영된 것으로 볼 수 있다.

교과서 평가 문항에 포함된 과학과 핵심역량과 하위요소

통합과학, 화학 I, 화학 II 교과서의 평가 문항에는 과학적 사고력이 각각 172개(51.3%), 451개(57.7%), 255개(60.6%) 포함되어 가장 높은 비율로 반영되어 있었다(*Table* 3). 통합과학 교과서의 평가 문항에서 과학적 사고력의 하위요소 중 가장 많은 비율을 차지하는 '논리적 사고하기(110개, 32.8%)'가 포함된 문항은 '우리 몸에서 위액이 산성을 띠는 까닭을 말해보자', '황산 구리 수용액에 아연을 넣으면 일어나는 변화를 산화·환원으로 설명하시오'와 같이 현상의 원인을 찾거나 예측하는 과정에서 학습한 과학 개념을 토대로 논리적으로 추론하여 설명을 구성하는 것이었다. 통합과학의 성취기준에만 포함되어 있었던 '비판적 사고하기'는 교과서 활동에는 과학적 사고력의 하위요소 중 가장 적게 포함되어 있었으나, 평가 문항에는 48개(14.3%)로 두번째로 많이 포함되어 있었다. 과학적 사고력의 '창의적 사고하기'는 통합과학의 성취기준에는 반영되어 있지 않아 교과서 활동에는 화학 I이나 화학 II에 비해 높은 비율로 반영되어 있었으나 평가 문항에는 상대적으로 적게(14개, 4.2%) 포함되어 있었다. 예를 들면, '지시약이나 pH시험지를 사용하지 않고 가정에서 구할 수 있는 물질로 치약에 염기성 성분이 들어있는 것을 확인할 수 있는 실험을 설계해보자', '산화 환원 반응이 일어나지 않는다면 어떻게 될지 상상해보고 글로 써보자'와 같이 학습한 내용을 기반으로 창의적인 해결책을 제시하거나 독특하고 새로운 생각을 산출해내는 문항이 일부 있었다.

화학 I 교과서의 평가 문항에는 과학적 사고력의 '논리적 사고하기' 279개(35.7%), '비판적 사고하기' 150개(19.2%), '창의적 사고하기' 22개(2.8%) 순으로 포함되어 있었다. 화학 I의 성취기준에는 과학적 사고력의 '논리적 사고하기'만 포함되어 있었으나, 교과서 활동과 평가 문항에는 과학적 사고력의 모든 하위요소가 포함되어 있었다. 교과서 활동에서와 같이, 화학 I의 평가 문항에 '논리적 사고하기'와 '비판적 사고하기'가 포함된 비율이 통합과학에 비해 높았다. 예를 들면, '완성되지 않은 다음 반응식에서 각 산화수를 구하고 반응식을 완성해보자'와 같이 산화·환원 반응에서 산화수를 논리적으로 추론하여 화학 반응식을 완성하는 문항들이 다수 포함되어 있었다. 또한 '주어진

***Table* 3.** Science Core Competency and Subcomponent included in Assessment Items in Integrated Science, Chemistry I, and Chemistry II textbooks

Science core competency	Subcomponent	Integrated Science			Chemistry I			Chemistry II		
		Acid·Base Neutralization	Oxidation ·Reduction	Total	Acid·Base Neutralization	Oxidation ·Reduction	Total	Acid·Base Neutralization	Oxidation ·Reduction	Total
	No competency	40	28	68	54	38	92	28	30	58
Scientific Thinking	Logical Thinking	49	61	110	152	127	279	67	94	161
	Critical Thinking	28	20	48	72	78	150	49	26	75
	Creative Thinking	8	6	14	12	10	22	9	10	19
	Subtotal	85	87	172	236	215	451	125	130	255
Scientific Inquiry	Asking Questions	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Planning and Carrying out Investigation	4	1	5	7	2	9	0	1	1
	Analyzing and Interpreting Data	9	3	12	9	1	10	1	2	3
	Using Mathematical and Computational Thinking	0	0	0	86	4	90	18	0	18
	Developing and Using Models	7	2	9	11	0	11	1	2	3
	Engaging in argument with evidence	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Constructing Explanation	1	0	1	1	1	2	0	2	2
	Obtaining, Evaluating, and Communicating Information	3	0	3	3	2	5	2	2	4
	Subtotal	24	6	30	117	10	127	22	9	31
Scientific Problem Solving	Identifying Problems	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	Collecting and Selecting Information	7	0	7	1	3	4	2	4	6
	Analyzing and Evaluating Information	2	0	2	1	3	4	2	3	5
	Suggesting Solutions	4	2	6	2	1	3	0	3	3
	Performing	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Reflective Thinking	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rational Decision-Making	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	13	3	16	4	7	11	4	10	14
Scientific Communication	Understanding and Coordinating Diverse Thoughts	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Using Various Communication Methods	12	23	35	41	49	90	26	27	53
	Understanding Information from Multi-Media	0	0	0	1	0	1	0	1	1
	Arguing based on Evidence	1	0	1	1	0	1	0	0	0
	Subtotal	13	23	36	43	49	92	26	28	54
Scientific Participation and Lifelong Learning	Being interested in Science, Technology, and Society Issues	3	6	9	1	5	6	2	4	6
	Using Computer and Science Technology	2	0	2	1	0	1	0	1	1
	Engaging in Self-Regulated Learning	1	1	2	1	0	1	1	1	2
	Subtotal	6	7	13	3	5	8	3	6	9
	Total	141	126	267	403	286	689	180	183	363

반응에서 밑줄 친 물질을 산화제와 환원제로 구분해보자', '다음 그림에서 브뢴스테드·로리 산과 염기를 구분하고 그 까닭을 설명하시오'와 같이 합리적 기준을 가지고 대상을 분석·분류하는 '비판적 사고하기'가 포함된 문항이 많이 제시되어 있었다. 뿐만 아니라 '다음은 우리 생활에서 볼 수 있는 산화·환원 반응에 대한 설명이다 금속이 부식되는 원인이 되는 요소를 찾아 쓰시오'와 같이 자료를 비판적으로 고찰하고 근거와 적절성을 따져 답을 찾는 '비판적 사고하기'가 포함된 문항도 다수 포함되어 있었다. 반면 교과서 활동에서와 같이, 화학 I의 평가 문항에는 통합과학(4.2%)이나 화학 II(4.5%)에 비해 과학적 사고력의 '창의적 사고하기'(2.8%)가 적게 포함되어 있었다.

화학 II 교과서의 평가 문항에는 과학적 사고력의 '논리적 사고하기' 161개(38.2%), '비판적 사고하기' 75개(17.8%), '창의적 사고하기' 19개(4.5%) 순으로 포함되어 있었다. 화학 II의 성취기준에는 전체 과학과 핵심역량별 하위요소 중 '논리적 사고하기'만 포함되어 있었으나, 교과서 활동과 평가 문항에는 과학적 사고력의 모든 하위요소가 포함되어 있었다. 성취기준과 교과서 활동에서와 같이, 화학 II 교과서의 평가 문항에 과학적 사고력의 '논리적 사고하기'가 포함된 비율(38.2%)이 통합과학(32.8%)이나 화학 I(35.7%)에 비해 높았다. 예를 들면, '다음은 혈액의 pH를 일정하게 유지시키는데 관여하는 주요 반응이다 옳은 설명을 고르시오', '주어진 물질의 수용액을 전기분해 할 때 두 전극에서 발생하는 물질이 같은 것을 짝지은 것은?'과 같이 학습한 내용을 토대로 현상을 타당하게 설명하고 예측하는 '논리적 사고하기'가 포함된 문항이 많이 제시되어 있었다. 과학적 사고력의 '창의적 사고하기'는 화학 II 평가 문항에 포함된 비율(4.5%)이 통합과학(4.2%)이나 화학 I(2.8%)에 비해 높았다. 예를 들면, '일상생활에서 염이 사용된 제품의 다양한 예를 찾고 아래 내용을 포함하여 포트폴리오를 만들어 보자'와 같은 프로젝트 형식의 평가 문항이나 '우리 몸 속에서 완충 용액은 생명을 유지할 수 있게 해 준다 내가 속해 있는 사회 속에서 균형을 깨뜨릴 수 있는 외부 자극을 찾아보고 내가 할 수 있는 완충 작용을 글로 표현해 보자'와 같은 과학 글쓰기 평가 문항에 '창의적 사고하기'가 포함되어 있었다.

통합과학, 화학 I, 화학 II 교과서의 평가 문항에 과학적 탐구 능력의 하위요소는 각각 30개(9.0%), 127개(16.3%), 31개(7.4%) 포함되어 있었고, 화학 I 에 가장 높은 비율로 포함되어 있었다. 이는 화학 I의 '산·염기·중화반응' 성취기준과 교과서 활동에 반영된 과학적 탐구 능력의 비율이 통합과학이나 화학 II에 비해 매우 높았던 것과 연관된 결과라 볼 수 있다. 중학교 과학 교과의 평가 문항을 분석한 여러 선행연구에서 과학 지식을 평가하는 문항에 비해 과학 탐구 과정을 평가하는 문항이 매우 부족하다고 보고하였다.[8,25,26] 본 연구에서도 '산·염기·중화반응', '산화·환원' 관련 교과서 평가 문항에 과학적 탐구 능력이 반영된 비율이 과학적 사고력에 비해 낮은 것으로 나타났다. 통합과학 교과서의 평가 문항에는 과학적 탐구 능력의 '자료 분석 및 해석' 12개(3.6%), '모형의 개발과 사용' 9개(2.7%), '탐구 설계와 수행' 5개(1.5%), '의사소통' 3개(0.9%), '결론 도출 및 평가' 1개(0.3%) 순으로 포함되어 있었다. '수학적 사고와 컴퓨터 활용'과 '증거에 기초한 토론과 논증'은 통합과학의 성취기준에는 포함되어 있지 않았으나, 교과서 활동에 포함되어 있었고 평가 문항에는 포함되어 있지 않았다. '문제인식'은 통합과학의 성취기준, 교과서 활동 및 평가 문항에 전혀 포함되어 있지 않았다. 과학적 탐구 능력의 하위요소 중 가장 많은 비율을 차지한 '자료 분석 및 해석'과 '모형의 개발과 사용'이 포함된 평가 문항으로는 '묽은 염산에 수산화 나트륨 수용액을 조금씩 넣었을 때 반응을 모형으로 나타낸 것이다 묽은 염산이 완전히 중화된 지점을 찾아보자', '묽은 염산에 금속 아연판을 넣었을 때 일어나는 변화를 모형으로 나타낸 것이다 이 모형을 보고 알 수 있는 설명은?'과 같이 제시된 모형을 분석·해석하는 문항이 다수 포함되어 있었다. 특히, 통합과학 교과서의 평가 문항에는 '모형의 개발과 사용'이 반영된 비율(2.7%)이 화학 I(1.4%)이나 화학 II(0.7%)보다 높았는데, 통합과학의 교과서 탐구 활동에 자료를 통해 제안된 계의 특징을 확인하고 데이터를 해석하는 과정에서 '모형의 개발과 사용'이 많이 포함되어 있었던 것과 연관되어 평가 문항이 구성된 것으로 보여진다. 또한 주어진 과정대로 탐구를 수행할뿐 아니라 학생들이 직접 탐구과정을 계획하는 교과서 활동이 제시되었던 것과 같이, 평가 문항에도 '치약 속 염기성 성분을 확인할 수 있는 실험을 설계해보자', '세 비커에 표시 없이 식초와 사이다와 하수구세정제가 담겨 있다 이를 구분할 수 있는 실험 방법을 설계해보자'와 같은 '탐구 설계와 수행'이 포함되어 있었다. 반면, 성취기준에는 포함되어 있지 않았으나 교과서 활동에 포함되어 있었던 '수학적 사고와 컴퓨터 활용'과 '증거에 기초한 토론과 논증'은 평가 문항에 전혀 포함되어 있지 않아, 교과서 활동을 통해 함양될 수 있는 기회가 주어져 있음에도 불구하고 학생의 학습 정도를 평가하여 부족한 부분을 보완할 수 있는 후속 교수·학습 활동을 계획하기는 어려울 것으로 보인다. 특히, '수학적 사고와 컴퓨터 활용'은 화학 I과 화학 II의 교과서 활동과 평가에서 과학적 탐구 능력의 하위요소 중 큰 비중을 차지하고 있으므로 통합과학에서 해당 요소의 성취정도를 파악하는 것이 중요하나, 통합과학의 성취기준과 교과서 활동과 평가가 일관되게 구성되어 있지 않아 성취도를 확인하는데 한계가 있을 것

으로 사료된다.

화학 I 교과서의 평가 문항에는 과학적 탐구 능력의 '수학적 사고와 컴퓨터 활용' 90개(11.5%), '모형의 개발과 사용' 11개(1.4%), '자료 분석 및 해석' 10개(1.3%), '탐구 설계와 수행' 9개(1.2%), '의사소통' 5개(0.6%), '결론 도출 및 평가' 2개(0.3%) 순으로 포함되어 있었다. '증거에 기초한 토론과 논증'은 화학 I의 성취기준에는 포함되어 있지 않았으나, 교과서 활동에 포함되어 있었고 평가 문항에는 포함되어 있지 않았다. '문제인식'은 화학 I의 성취기준, 교과서 활동 및 평가 문항에 전혀 포함되어 있지 않았다. 화학 I의 평가 문항에는 통합과학(9.0%)이나 화학 II(7.4%)에 비해 과학적 탐구 능력의 하위요소가 반영된 비율(16.3%)이 높았다. 또한 화학 I의 '산·염기·중화반응' 관련 성취기준과 성취기준 해설에 '산·염기 중화 반응에서 양적 관계를 설명할 수 있다', '중화 적정은 식초 속 아세트산 함량을 확인하는 것으로 한다'와 같이 명시되어 있어 교과서 평가 문항에 과학적 탐구 능력의 '수학적 사고와 컴퓨터 활용'이 반영된 비율(11.5%)이 통합과학(0%)이나 화학 II(4.3%)에 비해 매우 높게 나타난 것으로 보인다. 예를 들면, '0.1 M HCl 100 ml를 완전히 중화시키는데 필요한 0.02 M 수산화 칼슘 수용액의 부피를 구하시오'와 같이 설계된 계에 대해 수학적으로 사고하고 분석하여 답을 구하는 문항이 다수 제시되어 있었다. 또한, 화학 I의 '산·염기·중화반응' 관련 성취기준에 과학적 탐구 능력의 '탐구 설계와 수행', '자료 분석 및 해석', '수학적 사고와 컴퓨터 활용'이 포함되어 있어, 교과서 활동과 평가 문항에도 통합과학이나 화학 II에 비해 해당 요소가 높은 비율로 반영된 것으로 보인다.

화학 II 교과서의 평가 문항에는 과학적 탐구 능력의 '수학적 사고와 컴퓨터 활용' 18개(4.3%), '의사소통' 4개(1.0%), '모형의 개발과 사용' 3개(0.7%), '자료 분석 및 해석' 3개(0.7%), '결론 도출 및 평가' 2개(0.5%), '탐구 설계와 수행' 1개(0.2%) 순으로 포함되어 있었다. '증거에 기초한 토론과 논증'은 화학 II의 성취기준에는 포함되어 있지 않았으나, 교과서 활동에 포함되어 있었고 평가 문항에는 포함되어 있지 않았다. '문제인식'은 화학 II의 성취기준, 교과서 활동 및 평가 문항에 전혀 포함되어 있지 않았다. 화학 II의 성취기준에 과학적 탐구 능력의 하위요소가 전혀 반영되어 있지 않아, 교과서 활동에서와 같이 평가 문항에도 과학적 탐구 능력이 반영된 비율(7.4%)이 통합과학(9.0%)이나 화학 I(16.3%)에 비해 낮은 것으로 보인다. 화학 II의 '산·염기·중화반응' 평가에는 '아세트산은 수용액에서 다음과 같이 이온화 평형을 이룬다 1.0 M 아세트산 수용액에서 하이드로늄 이온의 몰 농도는 얼마인가'와 같이 산과 염기의 평형 상태를 수학적으로 계산하여 평형 농도나 이온화 상수를 구하는 문항이 다수 제시되어 '수학적 사고와 컴퓨터 활용'이 포함되어 있었다. 또한 화학 II 교과서의 평가에서는 단순히 몰농도, 이온화 상수, 화학 반응식만 추론하여 답하는 것이 아니라, '그림은 염화 나트륨 용융액과 염화 나트륨 수용액의 전기 분해 장치를 모형으로 나타낸 것이다 두 장치의 환원 전극에서 일어나는 화학 반응을 각각 쓰고 그러한 화학 반응이 일어나는 까닭을 설명해보자'와 같이 과학적 탐구 능력의 '모형의 개발과 사용', '의사소통' 등 다양한 하위요소가 하나의 문항에 포함되어 있었다.

통합과학, 화학 I, 화학 II 교과서의 평가 문항에 과학적 문제 해결력의 하위요소가 각각 16개(4.8%), 11개(1.4%), 14개(3.3%) 포함되어 있었다. 통합과학의 성취기준에만 과학적 문제 해결력의 하위요소가 포함되어 있어, 교과서의 평가 문항에도 과학적 문제 해결력이 가장 높은 비율로 반영되어 있는 것으로 보인다. 가장 높은 비율로 반영되어 있는 '정보와 자료를 수집 및 선택하기(7개, 2.1%)'가 포함된 평가 문항으로는 '대기 중으로 배출된 이산화탄소가 바다에 녹아 흡수되는 과정에서 생기는 문제를 조사하고 이를 해결하기 위한 방안을 찾아보자'와 같이 문제 해결을 위해 관련된 정보를 조사하고 선택하는 문항이 제시되어 있었다. 과학적 문제 해결력의 '합리적 의사결정'은 통합과학 교과서의 '산·염기·중화반응' 관련 활동에서 화학 I이나 화학 II에 비해 많이 포함되어 있었으나, 성취기준과 교과서 평가 문항에는 전혀 포함되어 있지 않았다. 이는 교수·학습의 실질적인 기준과 지침을 제공하는 성취기준에 포함되어 있지 않은 과학과 핵심역량의 하위요소는 교과서 활동을 통해 해당 요소가 함양될 수 있는 기회가 주어졌음에도 불구하고 이를 평가하는 기회가 부족함을 시사한다. 또한, '실행하기'와 '반성적 사고하기'는 통합과학의 성취기준과 교과서 활동과 평가 문항에 전혀 반영되어 있지 않았다.

화학 I 교과서의 평가 문항에는 과학적 문제 해결력의 하위요소가 '정보와 자료를 수집 및 선택하기' 4개(0.5%), '정보와 자료를 분석 및 평가하기' 4개(0.5%), '문제 해결 방안 제시하기' 3개(0.4%) 포함되어 있었다. 예를 들면, '산과 염기의 정의, 산화 환원의 정의는 과학의 발전과 함께 변해 왔다 산과 염기 산화 환원의 다양한 정의를 조사하고 각 정의의 장점과 제한점 등을 정리한 보고서를 작성해 보자', '중화 반응이나 산화 환원 반응을 이용하는 동물이나 식물의 예를 조사하여 발표해보자'와 같이 '정보와 자료를 수집 및 선택하기'와 '정보와 자료를 분석 및 평가하기'가 포함된 문항이 있었다. '문제 발견하기'는 화학 I의 성취기준에는 포함되어 있지 않았으나, 교과서 활동에 포함되어 있었고 평가 문항에는 포함되어 있지 않았다.

‘실행하기’, ‘반성적 사고하기’, ‘합리적 의사결정’은 화학 I의 성취기준, 교과서 활동, 평가 문항에 전혀 포함되어 있지 않았다. 화학 I의 성취기준에 과학적 문제 해결력의 하위요소가 전혀 포함되어 있지 않아 화학 I의 교과서 활동에서와 같이, 평가 문항에도 과학적 문제 해결력의 하위요소가 반영된 비율(1.4%)이 통합과학(4.8%%)이나 화학 II(3.3%)에 비해 낮게 나타났다.

화학 II 교과서의 평가 문항에는 과학적 문제 해결력의 하위요소가 ‘정보와 자료를 수집 및 선택하기’ 6개(1.4%), ‘정보와 자료를 분석 및 평가하기’ 5개(1.2%), ‘문제 해결 방안 제시하기’ 3개(0.7%) 포함되어 있었다. 예를 들면, ‘금속의 반응성을 이용한 중금속 제거법을 조사하고 보고서를 작성해 보자’, ‘연료 전지의 역사를 조사하고 최신 기술이 어느 정도에 이르렀는지를 포함하여 보고서를 작성해 보자’와 같이 문제 해결에 필요한 정보를 수집하는 ‘정보와 자료를 수집 및 선택하기’와 조사한 정보를 분석·종합하여 포트폴리오나 보고서를 작성하는 ‘정보와 자료를 분석 및 평가하기’가 함께 포함된 문항이 제시되어 있었다. ‘문제 발견하기’는 화학 II의 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 관련 성취기준과 교과서 활동과 평가 문항에 전혀 포함되어 있지 않았다. 화학 II의 교과서 활동에는 통합과학이나 화학 I에 포함되어 있지 않았던 ‘실행하기’와 ‘반성적 사고하기’를 포함한 과학적 문제 해결력의 다양한 하위요소가 반영되어 있었으나, 화학 II의 성취기준에 과학적 문제 해결력의 하위요소가 전혀 포함되어 있지 않아 교과서 활동에 포함되어 있었던 하위요소가 평가 문항에 포함되어 있지 않고 교수·학습과 평가가 일관되지 않은 한계점이 있었다.

통합과학, 화학 I, 화학 II 교과서의 평가 문항에 과학적 의사소통 능력의 하위요소가 각각 36개(10.7%), 92개(11.8%), 54개(12.8%) 포함되어 있었다. 통합과학 교과서의 평가 문항에는 과학적 의사소통 능력의 하위요소가 성취기준에 반영되었던 ‘말·글·그림·기호 등 다양한 의사소통 방법 사용하기’ 35개(10.4%), ‘증거에 근거하여 논증하기’ 1개(0.3%) 포함되어 있었다. 통합과학 교과서에는 ‘다음은 우리 주변에서 일어나는 화학 반응에 대한 설명이다 각 반응을 화학 반응식으로 나타내고 전자의 이동에 따른 산화와 환원을 설명해 보자’, ‘수소 전기차를 운행할 때 연료 전지에서 일어나는 화학 반응을 전자의 이동으로 설명하시오’와 같이 화학 반응을 반응식, 전자 모형 등을 포함한 말이나 글로 설명하는 ‘말·글·그림·기호 등 다양한 의사소통 방법 사용하기’가 포함된 문항이 많이 있었다. 또한 ‘보고서를 작성해보자’, ‘포스터를 만들어 보자’, ‘단원에서 배운 핵심 개념을 이용하여 생각 그물을 그려보자’, ‘단원에서 배운 내용을 글과 그림으로 표현해 보자’와 같이 학습한 개념이나 내용과 관련된 정보를 말, 글, 그림, 사진 등으로 다양하게 표현하도록 하는 평가 문항도 다수 포함되어 있었다. 반면, ‘컴퓨터·시청각기기 등 다양한 매체 속 정보 이해하기’와 ‘타인의 생각을 이해하며 조정하기’는 통합과학의 성취기준에는 포함되어 있지 않았으나 교과서 활동에 포함되어 있었고, 평가 문항에는 포함되어 있지 않았다.

화학 I 교과서의 평가 문항에는 과학적 의사소통 능력의 하위요소가 성취기준에 반영되어 있었던 ‘말·글·그림·기호 등 다양한 의사소통 방법 사용하기’ 90개(11.5%)로 가장 많이 포함되어 있었고, ‘증거에 근거하여 논증하기’ 1개(0.1%), ‘컴퓨터·시청각기기 등 다양한 매체 속 정보 이해하기’ 1개(0.1%)도 포함되어 있었다. ‘타인의 생각을 이해하며 조정하기’는 화학 I의 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 관련 성취기준과 교과서 활동과 평가 문항에 전혀 포함되어 있지 않았다. 화학 I 교과서의 ‘산화·환원’ 관련 평가 문항에는 ‘암모니아 생성 반응에서 각 분자의 분자 모형과 전자 치우침을 그림과 같이 나타내 보자’, ‘산화제로 널리 사용되는 과산화 수소가 과망가니즈산 칼륨과 반응하면 환원제로 되는 것을 다음 화학 반응식을 완성하여 설명해 보자’와 같이 주어진 반응을 화학 반응식이나 분자 모형으로 표현하고 산화수 변화, 전자 모형 등을 포함하여 설명하는 문항이 다수 제시되어 있었다. 또한 ‘단원에서 배운 내용으로 문제를 만들어 친구와 서로 묻고 답해보자’, ‘단원에서 학습한 내용 중 한가지를 선택하여 시로 표현해 보자’와 같이 학습한 개념을 의사소통하고 다양한 방식으로 정리하여 표현하는 문항이 많이 포함되어 있었다.

화학 II 교과서의 평가 문항에는 과학적 의사소통 능력의 하위요소가 통합과학이나 화학 I과 같이 ‘말·글·그림·기호 등 다양한 의사소통 방법 사용하기’ 53개(12.6%)로 가장 많았고, ‘컴퓨터·시청각기기 등 다양한 매체 속 정보 이해하기’ 1개(0.2%) 포함되어 있었다. ‘타인의 생각을 이해하며 조정하기’와 ‘증거에 근거하여 논증하기’는 화학 II의 성취기준에는 포함되어 있지 않았으나, 교과서 활동에 포함되어 있었고 평가 문항에는 포함되어 있지 않았다. 화학 II의 성취기준에는 과학적 의사소통 능력의 하위요소가 전혀 포함되어 있지 않았으나, 교과서의 평가 문항에 과학적 의사소통 능력의 하위요소가 포함된 비율(12.8%)이 통합과학(10.7%)이나 화학 I(11.8%)에 비해 높은 것으로 나타났다. 화학 II의 ‘산화·환원’ 평가에서 ‘다음은 여러 가지 금속의 표준 환원 전위를 나타낸 것이다 금속B를 환원 전극으로 할 때 산화 전극으로 쓸 수 있는 금속을 고르고 전체 전지 반응식을 써서 설명해 보자’와 같이 화학 반응식으로 표현하고 설명하는 문항이 다수 제시되어 있었

다. 또한 '산·염기·중화반응' 평가에서 '다음은 의료 정보란에 나와 있는 과호흡 증후군의 설명과 혈액 속 이산화탄소 농도와 관련된 화학 반응식이다 과호흡을 하면 혈액의 pH가 상승하는 까닭을 주어진 화학 반응식으로 설명해 보자', '내가 할 수 있는 완충 작용을 글로 표현해 보자'와 같이 말, 글, 화학 반응식 등을 포함하여 설명을 구성하는 문항이 포함되어 있었다.

통합과학, 화학 I, 화학 II 교과서의 평가문항에는 과학적 참여와 평생 학습 능력의 하위요소가 각각 13개(3.9%), 8개(1.0%), 9개(2.1%) 포함되어 있었다. 통합과학의 '산화·환원' 관련 성취기준에만 과학적 참여와 평생 학습 능력의 하위요소가 포함되어 있었고, 교과서의 활동과 평가 문항에도 화학 I, 화학 II에 비하여 높은 비율로 반영되어 있었다. 통합과학 교과서의 평가 문항에는 과학적 참여와 평생 학습 능력의 하위요소가 '과학기술의 사회적 문제 관심 갖기' 9개(2.7%), '최신 과학기술 활용하기' 2개(0.6%), '스스로 지속적으로 학습하기' 2개(0.6%) 포함되어 있었다. '스스로 지속적으로 학습하기'는 통합과학의 성취기준과 교과서 활동에는 포함되어 있지 않았으나, 소단원 마무리 평가 문항에 '단원을 공부하며 어려웠던 점이나 더 공부해 보고 싶은 내용을 적어 보자'와 같이 학습자가 스스로 지속적으로 학습을 계획·관리 할 수 있도록 하는 문항이 제시되어 있었다. 그러나 통합과학의 성취기준과 교과서 활동에 '스스로 지속적으로 학습하기'가 포함되어 있지 않아, 일부 교과서의 평가 문항에만 해당 요소가 매우 낮은 비율로 반영되어 있는 것으로 보인다. 반면, 통합과학의 성취기준에 과학적 참여와 평생 학습 능력의 '과학기술의 사회적 문제 관심 갖기'가 포함되어 있어 교과서 활동에서와 같이, 통합과학(2.7%) 교과서 평가 문항에서도 화학 I(0.8%)이나 화학 II(1.4%)에 비해 다소 높은 비율을 차지했다. 예를 들면, '구제역 발생 지역에 생석회를 뿌려 방역한다면 어떤 문제가 발생할 수 있을지 말해보자', '촉매 변환기와 같은 과학기술이 환경 보존의 측면에서 우리 사회에 미치는 영향을 글로 써 보자'와 같이 과학기술의 사회적·공동체적 문제에 관심을 가지고 답안을 구성하는 문항이 다수 있었다. 또한 '스마트폰의 애플리케이션을 사용하여 일상생활에서 사용하는 다양한 물질의 pH를 조사하고 산과 염기로 구별해 보자'와 같이 소프트웨어, 스마트기기 등을 활용하여 문제를 해결하는 '최신 과학기술 활용하기'가 포함된 문항도 있었다.

화학 I 교과서의 평가 문항에는 과학적 참여와 평생 학습 능력의 하위요소가 '과학기술의 사회적 문제 관심 갖기' 6개(0.8%), '최신 과학기술 활용하기' 1개(0.1%), '스스로 지속적으로 학습하기' 1개(0.1%) 포함되어 있었다. 또한 화학 I의 성취기준에는 과학적 참여와 평생 학습 능력의 하위요소가 전혀 포함되어 있지 않아 교과서 활동에서와 같이, 평가 문항에도 '과학기술의 사회적 문제 관심 갖기'가 포함된 비율(0.8%)이 통합과학(2.7%)이나 화학 II (1.4%)에 비해 낮은 것으로 보인다. 화학 I 교과서의 평가에서 '우리 생활에서 금속의 부식을 방지하는 여러 기술이 있다 이 중 한가지를 선택하여 부식 방지 원리와 실생활에 이용된 예를 서술하시오', '해양 산성화와 관련된 다음 글을 읽고 탄산 칼슘이 녹는 과정이 일어나는 까닭을 설명해 보자'와 같이 '과학기술의 사회적 문제 관심 갖기'가 포함되어 있는 문항이 일부 교과서에만 제시되어 있었다. '스스로 지속적으로 학습하기'는 화학 I의 성취기준과 교과서 활동에는 포함되어 있지 않았으나, 대단원 마무리 평가 문항에 '이 단원에서 더 공부해야 하는 부분을 점검하고 학습 계획을 세워보자'와 같이 학습자가 스스로 지속적으로 학습을 계획·관리 할 수 있도록 하는 문항이 제시되었다.

화학 II 교과서의 평가 문항에는 과학적 참여와 평생 학습 능력의 하위요소가 '과학기술의 사회적 문제 관심 갖기' 6개(1.4%), '스스로 지속적으로 학습하기' 2개(0.5%), '최신 과학기술 활용하기' 1개(0.2%) 순으로 포함되어 있었다. 화학 II의 성취기준에는 과학적 참여와 평생 학습 능력의 하위요소가 전혀 포함되어 있지 않았으나, 교과서 활동과 평가 문항에는 과학적 참여와 평생 학습 능력의 모든 하위요소가 포함되어 있었다. 화학 II의 평가 문항에는 '산성비가 내리는 원인과 산성비 피해를 조사하고 개인이나 정부가 할 수 있는 일을 조사하여 발표해 보자', '연료 전지의 역사를 조사하고 최신 기술이 어느 정도에 이르렀는지를 포함하여 보고서를 작성해 보자'와 같이 '과학기술의 사회적 문제 관심 갖기'가 포함되어 있었다. 또한 '이 단원에서 더 공부해야 하는 부분을 점검하고 학습 계획을 세워보자'와 같이 '스스로 지속적으로 학습하기'가 포함된 문항이 제시되어 있었다. 그러나 일부 교과서의 활동과 평가 문항에만 과학적 참여와 평생 학습 능력의 하위요소가 모두 포함되어 있어, 성취기준에 과학적 참여와 평생 학습 능력의 하위요소가 명시적으로 반영되어 있지 않으면 교과서에 따라 과학과 핵심역량 함양 교육 내용에 차이가 있는 것으로 보이며 이에 성취기준을 보다 명시적으로 제시할 필요가 있을 것으로 사료된다.

결 론

본 연구에서는 2015 과학과 교육과정에 따른 통합과학, 화학 I, 화학 II의 '산·염기·중화반응', '산화·환원' 관련 성취기준, 교과서 활동, 교과서 평가 문항을 과학과 핵심역량별 하위요소를 기준으로 분석하였다. 통합과학, 화학 I, 화학 II의 성취기준에서 모두 과학적 사고력의 '논리적 사

고하기’ 즉, 다양한 현상을 이해하고 설명하기 위해 과학적 증거나 이론을 토대로 추론하는 것이 강조된 것으로 나타났다. 이는 2015 과학과 교육과정의 중학교 1학년 화학 부분 성취기준에 과학적 탐구 능력이 가장 높은 비율로 반영되었다고 보고한 윤도운과 최애란(2019) 연구와는 차이가 있고, 학교급, 교과목, 주제에 따라 교육과정에 반영되어 있는 핵심역량에 차이가 있음을 시사한다.[8] 또한, 성취기준에 과학적 참여와 평생 학습 능력이 전혀 반영되어 있지 않다고 보고한 박나무(2019)나 윤도운과 최애란(2019)의 연구 결과[28]와는 다르게 통합과학의 ‘산화·환원’ 관련 성취기준에는 과학적 참여와 평생 학습 능력의 ‘과학기술의 사회적 문제 관심 갖기’가 포함되어 있었는데, 이는 과학의 역사적 발달과 함께 ‘산화·환원’ 개념의 의미가 변화·확장된 주제 특성과 관계가 있는 것으로 보인다.

통합과학, 화학 I, 화학 II 교과서의 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 활동에는 모두 과학적 탐구 능력과 과학적 사고력이 높은 비율로 포함되어 있었다. 이는 2015 교육과정에 따른 통합과학 교과서 5종의 탐구활동을 분석한 송신철과 심규철(2018)[6], 2015 교육과정에 따른 화학 I 교과서 8종의 탐구 활동을 분석한 송수복(2018)[27]의 연구와 일치하는 결과이다. 또한, 통합과학 교과서의 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 활동에는 과학적 사고력의 ‘창의적 사고하기’, 과학적 문제 해결력의 ‘합리적 의사결정’, 과학적 의사소통 능력의 ‘증거에 근거하여 논증하기’, 과학적 참여와 평생 학습 능력의 ‘과학기술의 사회적 문제 관심 갖기’가 화학 I이나 화학 II에 비해 높은 비율로 포함되어 있었다. 즉, 통합과학 교과서의 탐구 과정에서 자신만의 작품을 만들거나 문제 해결과정에서 창의적 아이디어를 산출하는 활동과, ‘산·염기·중화반응’과 관련하여 산성화된 토양을 중화할 수 있는 합리적 문제 해결 방안을 제시하는 활동 등이 다수 포함되어 있었다. 또한 통합과학의 ‘산화·환원’ 관련 성취기준에만 과학적 참여와 평생 학습 능력의 ‘과학기술의 사회적 문제 관심 갖기’가 포함되어 있었고, 교과서에서도 인류 문명 발달에 기여한 화학 반응과 관련하여 ‘과학기술의 사회적 문제 관심 갖기’가 포함된 활동의 비율이 화학 I이나 화학 II에 비해 높게 나타났다.

화학 I 교과서의 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 활동에는 과학적 사고력의 ‘비판적 사고하기’와 과학적 탐구 능력의 ‘문제인식’을 제외한 모든 하위요소가 통합과학이나 화학 II에 비해 높은 비율로 포함되어 있었고, 특히 과학적 탐구 능력의 ‘수학적 사고와 컴퓨터 활용’과 ‘의사소통’이 상대적으로 많이 포함되어 있었다. 화학 I의 ‘산화·환원’ 관련 성취기준에 전자의 이동이나 산화수의 변화로 산화·환원을 설명하도록 명시된 것과 연관되어 교과서 활동에서도 합리적 기준을 토대로 산화·환원과 산화제·환원제를 구분하는 활동이 많이 포함되어 있었다. 또한 통합과학 교과서 탐구 활동에서 관찰한 현상에 대한 원리를 간단한 글로만 답안을 구성하는 활동이 많았던 것에 비해, 화학 I 탐구 활동에서는 화학 반응식, pH, pOH, mol, M과 같은 과학 기호나 단위를 활용하여 다양한 형식으로 의사소통하는 활동이 많이 포함되어 있어 과학적 탐구 능력의 ‘의사소통’ 비율이 높았다. 화학 I 교과서의 ‘산·염기·중화반응’ 관련 탐구 활동은 중화에 필요한 부피를 찾거나 아세트산 함량을 도출하도록 구성되어 있어 과학적 탐구 능력의 ‘수학적 사고와 컴퓨터 활용’이 포함된 비율이 높은 것으로 나타났다. 화학 II 교과서의 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 활동에는 과학적 사고력의 ‘논리적 사고하기’가 가장 높은 비율로 포함되어 있었고, 통합과학과 화학 I에 포함되어 있지 않았던 과학적 문제 해결력의 ‘실행하기’와 ‘반성적 사고하기’, 과학적 참여와 평생 학습 능력의 ‘스스로 지속적으로 학습하기’가 포함되어 있었다. 동일한 학습 주제와 관련된 교과서 활동에서도 통합과학, 화학 I, 화학 II 교과별로 강조되어 있는 과학과 핵심역량별 하위요소에 차이가 있음을 알 수 있다.

통합과학, 화학 I, 화학 II 교과서의 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 평가 문항에서 모두 과학적 사고력이 매우 높은 비율로 포함되어 있었다. 이는 2014년도부터 2017년도까지의 수능 물리 I 평가 문항을 분석하여 과학적 사고력이 반영된 비율이 90% 이상을 차지한다고 보고한 최성수(2017)의 연구 결과[4]와도 일치한다. 또한 교과서 평가에서 과학과 핵심역량이 반영되어 있지 않은 ‘없다’에 해당하는 문항이 통합과학과 화학 II에서는 두번째로, 화학 I에서는 세번째로 높은 비율을 차지하였다. 이는 교과서 평가 문항을 분석한 여러 선행연구[8,25,26,28]에서 지필 평가의 문항이 다양하지 않고 단순 용어나 개념을 평가하는 문항의 비율이 높다고 보고한 결과와 일치한다. 과학과 핵심역량의 함양을 목표로 개정된 2015 과학과 교육과정에 따른 통합과학, 화학 I, 화학 II 교과서에서도 활동에 비해 평가 문항에 과학과 핵심역량이 적게 반영된 것으로 나타났다. 과학과 핵심역량의 함양이라는 교육 목표가 실현되기 위해서는 교과의 목표, 교수-학습 과정, 평가가 일관성 있게 구성되어야 한다.[30] 따라서 과학 교육 현장에서는 고등학교 과학 및 화학의 중요한 학습 주제인 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 평가에서 과학과 핵심역량이 전혀 반영되어 있지 않은 문항의 한계를 인식하고, 성취기준과 교과서 활동에 반영되어 있는 과학과 핵심역량이 평가될 수 있도록 더욱 다양한 문항을 개발하고 활용하려는 노력이 필요할 것으로 사료된다.

통합과학, 화학 I, 화학 II 교과서의 ‘산·염기·중화반응’, ‘산화·환원’ 평가 문항에서 모두 과학적 사고력의 ‘논리적

사고하기'와 '비판적 사고하기', 과학적 의사소통 능력의 '말·글·그림·기호 등 다양한 의사소통 방법 사용하기'가 많이 포함되어 있었다. 이는 학습 주제의 특성상, '산·염기·중화반응', '산화·환원' 평가에서 합리적 기준을 가지고 산·염기나 산화·환원을 분석·분류하고, 주어진 화학 반응에 대하여 화학 반응식, 전자 모형, 산화수 등을 포함하여 말이나 글로 설명을 구성하는 문항이 많이 제시되어 있기 때문인 것으로 보인다. 통합과학 교과서 평가 문항에는 과학적 탐구 능력의 '모형의 개발과 사용'이 많이 포함되어 있는 반면 '수학적 사고와 컴퓨터 활용'은 포함되어 있지 않았으나, 화학 I과 화학 II 교과서 평가 문항에는 '수학적 사고와 컴퓨터 활용'이 많이 포함되어 있었다. 또한 화학 I 교과서의 평가 문항에는 성취기준이나 교과서 활동에서와 같이, 과학적 탐구 능력의 하위요소가 통합과학이나 화학 II에 비해 매우 높은 비율로 포함되어 있었다. 통합과학과 화학 II 교과서의 '산화·환원' 관련 평가 문항에서는 화학 전지의 역사, 금속의 부식 등의 내용과 연관되어 과학적 참여와 평생 학습 능력의 '과학기술의 사회적 문제 관심 갖기'가 포함된 비율이 화학 I에 비해 높게 나타났다.

통합과학의 '산·염기·중화반응', '산화·환원' 관련 성취기준에는 5가지 과학과 핵심역량이 모두 포함되어 있어 교과서 활동이나 평가 문항에도 5가지 과학과 핵심역량이 화학 I이나 화학 II에 비해 고르게 반영되어 있었다. 화학 I의 '산·염기·중화반응', '산화·환원' 관련 성취기준에는 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 의사소통 능력만 포함되어 있어 교과서 활동과 평가 문항에서도 성취기준에 포함된 과학과 핵심역량이 높은 비율로 포함되어 있었다. 화학 II의 '산·염기·중화반응', '산화·환원' 관련 성취기준에는 과학적 사고력만 포함되어 있었으나 교과서 활동과 평가 문항에는 5가지 과학과 핵심역량이 모두 반영되어 있었고, 과학과 핵심역량별 하위요소가 통합과학이나 화학 I에 비해 다양하게 반영되어 있었다. 그러나 화학 II의 성취기준에 다양한 과학과 핵심역량과 하위요소가 명시적으로 반영되어 있지 않아, 교과서별로 과학과 핵심역량과 하위요소가 포함되어 있는 정도의 차이가 있었다. 이는 성취기준과 교과서 활동과 평가가 일관성 있게 구성되기 위하여 교수·학습의 기준이 되는 성취기준에 각 교과에서 강조하는 과학과 핵심역량과 핵심역량별 하위요소를 명시적으로 반영할 필요가 있음을 시사한다.

이진숙 외(2017)는 특정 교과의 특성에 따라 중점적으로 길러지기 기대하는 핵심역량 요소를 분명히 할 필요가 있다고 제언하였다.[24] 곽영순(2012)도 학습자의 핵심역량 제고를 위한 과학과 수업 개선 방안을 탐색하여 교사가 특정 교과에서 학생들이 성취해야 할 역량을 알고 교수·학습을 계획하는 것이 중요하며, 학습 주제별로 적절하게 함양될 수 있는 핵심역량 요소가 달라질 수 있으므로 상황에 따라 교사가 전문성을 발휘하여 관련된 핵심역량을 접목해야 한다고 주장하였다.[30] 이러한 관점에서 본 연구 결과를 바탕으로 화학 교과에서 중요하게 다루어지는 '산·염기·중화반응', '산화·환원' 학습을 통해 함양될 수 있는 과학과 핵심역량을 파악하고, 교과별로 중점적으로 함양될 수 있는 과학과 핵심역량과 하위요소를 명확하게 인지하여 효과적인 교수·학습 및 평가를 계획·실행할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구는 '산·염기·중화반응', '산화·환원' 관련 성취기준과 교과서 활동과 평가 문항을 분석 대상으로 하였기 때문에 연구 결과를 통합과학, 화학 I, 화학 II의 모든 내용 요소에 일반화 하기에는 한계가 있다. 따라서 통합과학, 화학 I, 화학 II에 포함된 다양한 내용 요소를 중심으로 하는 후속 연구가 진행된다면 학습 주제별로 함양될 수 있는 과학과 핵심역량에 대한 이해를 높일 수 있을 것이다. 또한 초·중·고등학교 모든 과정으로 확대하여 비교·분석하는 연구를 한다면 학년별, 학교급별 함양될 수 있는 과학과 핵심역량에 대해 더욱 포괄적인 논의도 가능할 것이다.

Acknowledgments. Publication cost of this paper was supported by the Korean Chemical Society.

REFERENCES

1. Ministry of Education. *The 2015 Revised National Curriculum*; Seoul, Korea, 2015.
2. Park, N. M. *Comparative Analysis of Achievement Standards of Physics Part in the 7th and 2015 Revision Science Curriculums: Focused on Bloom's Revised Taxonomy of Educational Objectives and Science Core Competency.* M.D. Thesis, Chosun University: Korea, 2016.
3. Lee, S. W.; Nam, I. K.; Lim, S. M. *New Physics* **2018**, *68*, 1081.
4. Choi, S. S. *A Study on the Analysis of the Evaluation Ratio of Science Core Competence by Analyzing the Question of CSAT Physics I according to 2009 Revised Curriculum.* M.D. Thesis, Incheon National University: Korea, 2017.
5. Kwon, T. I. *Comparative Analysis for the Inquiry Activity in Korea High School Physis? Textbooks Based on The Revised 2015 National Curriculim.* M.D. Thesis, Inha University: Korea, 2018.
6. Song, S. C.; Shim, K. C. *Biology Education* **2018**, *46*, 222.
7. Yun, D. U.; Ko, E. A.; Choi, A. R. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* **2018**, *24*, 1301.
8. Yun, D. U.; Choi, A. R. *Journal of the Korean Chemical Society* **2019**, *63*, 196.
9. Kim, S. K.; Park, C. Y.; Choi, H.; Paik, S. H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2017**, *61*, 65.

10. Lee, W. J.; Kang, S. H. *Journal of Research in Curriculum Instruction* **2014**, *18*, 321.
11. Lee, J. W.; Choi, A. R. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* **2017**, *17*, 85.
12. National Research Council. *The Next Generation Science Standards*; National Academy Press: Washington, DC, 2013.
13. Kang, Y. E.; Nam, J. H.; Cho, H. S. *Journal of the Korean Chemical Society* **2016**, *60*, 276.
14. Kang, J. Y. *High School Student's Usage and Understanding of Science Units*. M.D. Thesis, Korea National University of Education. Korea, 2009.
15. Kwon, S. A. *9th Grade Student's Perception of Induced-unit Appeared in Middle School Science Textbooks.* M.D. Thesis, Korea National University of Education. Korea, 2015
16. Park, H. N. *Development and Application of the Teaching and Learning Materials for Enhancing of the Concept Oxidation-Reduction Reaction of High School Student*. M.D. Thesis, Kangwon National University. Korea, 2011.
17. Song, J. W.; Na, J. Y. *The Korean Society for School Science* **2015**, *9*, 72.
18. Yang, I. H.; Jung, J. W.; Kim, Y. S.; Kim, M. K.; Cho, H. J. *Journal of the Korean Earth Science Society* **2006**, *27*, 509.
19. Cho, K. H. *Journal of Research in Curriculum Instruction* **2013**, *17*, 1405.
20. Choi, J. I.; Paik, S. H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2015**, *35*, 277.
21. Kang, O. K. *Journal of Educational Research in Mathematics* **2010**, *20*, 73.
22. Park, Y. S. *Journal of the Korean Earth Science Society* **2006**, *27*, 401.
23. Jo, H.; Choi, A. R. *Journal of the Korean Chemical Society* **2015**, *59*, 69.
24. Lee, J. S.; Kim, E. J.; Kim, D. H. *Journal of Curriculum Integration* **2017**, *11*, 1.
25. Park, H. J.; Jung, Y. E. *Studies in Educational Research* **2011**, *32*, 57.
26. Oh, H. S.; Lee, K. Y. *The Journal of Curriculum & Evaluation* **2006**, *9*, 405.
27. Song, S. B. *Analysis of Inquiry Activities of the High School Chemistry I Textbook on the 2015 Revised Curriculum.* M.D. Thesis, Jeju National University: Korea, 2018.
28. Yang, I. H.; Na, J. C.; Lim, S. M.; Lim, J. K.; Choi, H. D. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2008**, *27*, 221.
29. Paik, N. J.; Ohn, J. D. *The Journal of Curriculum Studies* **2014**, *32*, 17.
30. Kwak, Y. S. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2012**, *32*, 855.