

특별호

초등 과학 교육과정의 변화와 쟁점 - 물리 영역을 중심으로 -

변태진

Changes and Issues Regarding the Elementary Science Curriculum: Focusing on Physics

Byun, Taejin

국문 초록

본 연구는 차기 교육과정 개정을 앞둔 시점에서 지난 몇 차례 동안의 초등학교 물리 영역에서의 교육과정 변화를 분석하고 초등 과학 교육과정의 쟁점을 논의하기 위해 수행되었다. 이를 위해 제7차 교육과정부터 2015 개정 교육과정까지 내용 요소의 변화를 분석하고, 2015 개정 교육과정 이후 수행된 교육과정 연구들을 살펴보았다. 더불어 물리교육 전공 교수 3인이 교육과정 분석 결과에 대해 논의하였다. 연구 결과 제7차 교육과정 이후의 초등 물리 교육과정은 전반적으로 내용이 축소되거나 어려운 개념들이 삭제하거나 상위 학교급으로 이동하는 형태로 변화가 이루어졌다. 과학 교육과정 쟁점은 현 교육과정의 내용 적정성과 난이도, 수학 교과와의 연계성, 누리과정과 초등 1,2학년 통합 교육 과정과 연계 문제, 성취기준 서술어 문제를 다루었다.

주제어: 과학과 교육과정, 물리 교육과정, 초등학교, 성취기준

ABSTRACT

This study aimed to analyze the changes in the physics curriculum of elementary schools over the past years and to discuss the issues faced by the science curriculum for elementary education prior to the next curriculum revision. We analyzed changes in the elements of the contents from the 7th curriculum to the 2015 revised curriculum and reviewed studies conducted after the revision in 2015. Additionally, three professors majoring in physics education discussed the results of the curriculum analysis. The result indicates that content of the physics curriculum for elementary education was generally reduced after the 7th curriculum. Specifically, difficult concepts were omitted or designated to a higher school level. Concerns related to the science curriculum pertain to the content adequacy and difficulty of the current curriculum, its relationship with mathematics, connection between the Nuri curriculum and the integrated curriculum for the 1st and 2nd grades, and the achievement standard predicate problem.

Key words: science curriculum, physics curriculum, elementary school, achievement standards

I. 서론

우리나라는 1954년 제1차 교육과정 이후 짧게는 5년, 길게는 10년 주기로 국가 주도하에 교육과정을 지속적으로 개편해왔다.¹⁾ 이러한 양태는 미국, 캐나다와 같은 연방 국가의 교육과정 개편과 다른 모습을 지니고 있다.²⁾ 우리나라 교육과정은 총론과 각 과목별 각론이 함께 개편되어, 인재상, 교육 목표, 교과목, 공통과목과 선택 과목 체계와 같은 큰 틀에서 시작하여 과목 내에서의 학습내용(성취기준), 교수학습 방법, 평가 방법까지 많은 요소들이 교육과정이 바뀔 때마다 연동하여 변하는 체계를 가지고 있다. 교육과정 개편 주기도 다른 나라에 비해 상대적으로 짧고, 개편될 때마다 바뀌는 내용이 많아 우리나라 교사들은 교육과정 변화에 따른 적응적 전문성(adaptive expertise)이 더 요구되기도 한다(정미경과 김경자, 2006).

과학과 교육과정 역시 국가 교육과정 개편될 때마다 지속적인 변화가 이루어졌다. 7차 교육과정부터 2015 개정 교육과정까지 최근 25년간의 교육과정 변화를 간략하게 살펴보면 다음과 같다. 7차 과학과 교육과정은 지식정보화 사회, STS 교육, 구성주의를 표방하였다(교육부, 1997a). 국민공통 기본 교육과정을 초1~고1로 지정하고, 수준별 교육과정을 실시하여 보충과 심화과정이 신설되었다. 또한 교육과정의 내용을 30% 축소하여 초등학교 4~6학년 과학 단위(시간) 수가 4단위에서 3단위로 줄어들게 되었다(교육부, 1997b). 물리, 화학, 생물, 지구과학을 에너지, 물질, 생명, 지구라는 기본개념으로 정하였다. 2007 개정 교육과정은 지식정보화 사회, STS 교육, 구성주의라는 7차 교육과정의 기본 철학과 체계를 유지하면서 시대변화와 사회적 요구를 반영하였다(교육인적자원부, 2007a). 주 5일제 시행 확대에 의해 2005년은 월 1회 토요일 휴업, 2006년

월 2회 토요일 휴업, 2012년엔 전면 토요일 휴업을 실시하였다(교육인적자원부, 2007b). 에너지, 물질, 생명, 지구로 구분하던 영역 구분의 명칭은 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주로 바뀌었으며 자유탐구가 도입되고, 초등학교 3학년 과학시간이 1단위 줄어 3~6학년 모두 3단위 수업을 하게 되었다(교육인적자원부, 2007a, 2007b). 2009 개정 교육과정에서는 7차 이후 지속적으로 표방해 온 지식정보화 사회, STS 교육, 구성주의와 더불어 창의적 문제해결력과 의사결정력을 강조하였다(교육과학기술부, 2011). 초등학교와 중학교를 공통교육과정으로 두고, 고등학교 전학년을 선택교육과정을 설정하였다. Big History 철학을 바탕으로 신설된 융합과학이 도입된 것이 특징이다(교육과학기술부, 2009, 2011). 2015 개정 교육과정의 모토는 2009 개정 교육과정의 것을 대부분 이어받고, 융합인재교육과 문이과 통합형 교육과정을 표방하였다(교육부, 2015b). 한국사가 사회과에서 완전하게 독립되고, 초1~고1까지 공통교육과정, 고2~고3은 선택 교육과정으로 편성하였으며, 고등학교 교육과정에 통합과학, 과학탐구실험 과목이 신설되었다(교육부, 2015b). 2015 개정 교육과정은 역량 기반 교육과정을 추구하는 세계적 흐름에 따라(곽영순 등, 2013), 범교과적 일반 역량과 각 교과별 교과 역량을 설정한 핵심역량(core competency)을 공식적으로 도입하였다(교육부, 2015b).³⁾ 2015 개정 교육과정 개발 이후 과학과 교육과정에 대한 지속적인 연구 활동이 필요하다는 의견이 제기되었다. 일반적인 각 교과별 각론의 개발과정이 1년이며, 교육과정 개정 전 기초 연구가 1년 수행되는 것을 고려하면 차기 교육과정 개편 이전에 교육과정에 대한 숙고를 통해 좀 더 좋은 교육과정을 만들자는 것이 목적이었다. 이러한 목표 아래 ‘2030 미래사회 인재상 및 핵심 과학역량 마일스톤 연구’, ‘모든 한국인을 위한 과학’, ‘미래세대 과학교육표준 개발’ 연구가

1) 2009 개정 교육과정은 2007 개정 교육과정이 만들어지고 불과 2년 만에 개편이 이루어지기는 했으나 이는 우리나라 교육과정 개정사에서 매우 이례적인 일이다. 제1차 교육과정 9년, 제2차 교육과정 10년, 제3차 교육과정 8년, 제4차 교육과정 6년, 제5차 교육과정 5년, 제6차 교육과정 5년, 제7차 교육과정 10년의 수명을 가졌었다.

2) 미국과 캐나다는 주마다 교육제도가 다르게 운영되어 연방 정부 수준의 국가 수준의 교육과정을 하기보다 과목별 교육과정 수정이 이루어진다. 미국의 경우 1996년 미국 국가과학교육 기준(National Science Education Standards: NSES) 개발한 후, 17년 만인 2013년에 이르러서야 차세대 과학교육 표준(Next Generation Science Standards: NGSS)을 제정하였다(NRC, 2013).

3) 역량 기반 교육과정은 출발점은 OECD(Organization for Economic Cooperation and Development)의 DeSeCo(Definition and Selection of Competencies) 프로젝트를 보는 것이 일반적이다(곽영순, 2016). OECD는 DeSeCo 프로젝트를 통해 21세기 개인에게 요구하는 역량이 무엇인지를 규명하고자 하였다(OECD, 2003).

수행되었다(김도훈 등, 2016; 송진웅 등, 2019; 전승준 등, 2017). 이중 미래세대 과학교육표준(Korean Science Education Standards for the Next Generation; KSES)는 과학적 소양을 이루는 근간으로 역량과 지식 및 참여와 실천 차원을 설정하고, 과학과 핵심역량(교과역량)에 대해 보다 상세하게 조작적으로 정의했다는 점에 긍정적 발전을 이루었다고 할 수 있다(변태진, 2021).

교육부는 2021년 11월 24일 ‘2022 개정 교육과정 총론 주요사항’을 발표하였다(교육부, 2021). 교육부는 보도자료를 통해 미래 변화에 대응하는 역량과 기초 소양 함양 강화를 위해 교육과정 개편이 필요하다고 역설하였다. 더불어 고교학점제 등 학생 맞춤형 교육 강화, 생태전환 교육과 민주 시민 교육을 통한 학습자의 공동체 가치 함양, 초·중·고 학생의 디지털·AI 소양 함양을 강조하고 있다. 이러한 총론의 기본 방침에 맞춰 2022년에는 과학과 교육과정(각론)이 개발 중에 있다.

교육과정과 관련된 연구는 크게 정책연구와 학술연구로 구분할 수 있는데, 정책연구 중 과학과 교육과정에 대한 거대 담론은 한국과학창의재단이나 한국교육과정평가원과 같은 기관에서 지속적으로 수행하고 있으며, 최근의 학술 연구는 교육과정 내용 요소보다 핵심역량, 기능, 국제비교 연구의 비중이 높은 편이다. 교육과정 내용 요소에 관한 연구는 직전 교육과정과의 내용 체계 비교, 교과서 비교를 중심으로 교육과정 전환 초기에 많이 이루어지지만⁴⁾ 오래 기간 특정 교과의 교육과정의 역사를 살펴보는 장기 변화에 대해서는 다른 연구는 거의 없다. 따라서 연구자는 초등 물리 교육과정 내용 요소를 중심으로 조금은 긴 시간 동안의 변화의 역사를 살펴보고, 2015 개정 교육과정을 중심으로 개선 방향을 모색하였다. 더불어 초등 과학과에서 다루어져야 한다고 생각하는 쟁점도 더불어 논의하였다. 본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 제7차 교육과정~2015 개정 교육과정까지 초등 물리 교육과정은 어떻게 변해왔는가?

둘째, 초등 과학과 교육과정과 관련된 쟁점은 무엇인가?

II. 연구 방법

본 연구는 ‘Ⅲ장. 초등 물리 교육과정의 변화’와 ‘Ⅳ장. 초등 과학과 교육과정 관련 쟁점에 대한 논의’로 구성되어 있다. Ⅲ장에서는 제7차 과학과 교육과정(교육부, 1997a), 2007 개정 과학과 교육과정(교육인적지원부, 2007a), 2009 개정 과학과 교육과정(교육과학기술부, 2011), 2015 개정 과학과 교육과정(교육부, 2015a) 문서와 교과서를 바탕으로 초등 물리 교육과정이 어떻게 변화하였는지 살펴보았다. 초등 물리 교육과정 변화에서는 1차적으로 총론 차원의 변화와 연계하고 단원 수준에서 내용의 이동, 추가, 삭제를 살펴보았다. 다음으로 역학, 전자기학, 광학(파동 포함), 열역학 분야로 구분하여 세부적인 성취기준 수준에서 내용 변화를 분석하였다. 연구자의 1차 분석 후 분석 내용에 대한 타당도를 검증하기 위해 교육대학의 과학교육과에 근무하는 교수 2인에게 분석 내용에 대한 서면 검토를 받았다. 이후 연구자를 포함하여 물리 교육 전공 교수 3인이 온라인 화상 회의(2022년 3월 시행)를 통해 물리 교육과정 변화 방향에 대해 논의의 시간을 가졌다. 회의 내용은 전사하여 본 연구 내용에 일부 포함하였다. Ⅳ장에서는 초등 과학과 교육과정 관련 쟁점에 대해 다루었다. 쟁점은 과학과 교육과정과 관련하여 2015년~2022년 사이 수행된 연구 문헌을 연구자가 정리하고, 이를 바탕으로 연구자가 물리 영역뿐만 아니라 다른 과학 교과와도 관련되었다고 판단되는 4개 쟁점을 도출하였다. 2015 개정 교육과정의 내용 적정성과 난이도, 수학 교과와의 연계성, 유치원의 누리과정과 초등 1, 2학년 통합 교육과의 연계 문제, 성취기준 서술어의 4개 주제로 나누어 해당 쟁점에 대해 논의하였다.

III. 초등 물리 교육과정의 변화

1. 7차 교육과정부터 2015 개정 교육과정까지의 변천에 대한 개관

이 절에서는 1997년에 발표한 7차 교육과정부터 2015년에 발표한 2015 개정 교육과정까지 초등학교 과학과 교육과정 중 물리(에너지) 영역에 해당

4) 예를 들면 김정애와 노석구(2003)는 제7차 교육과정 초등 3, 4학년 과학 교과서 내용체제에 대해 연구하였고, 신상민(2012)은 제7차 교육과정과 2007 개정 교육과정의 초등 물리 영역을 비교하였다.

하는 내용의 변천에 대해 정리하고자 한다. 7차 교육과정은 학년군이 아니라 학년 체제였으며, 단원의 크기가 작아 내용이 보다 세분화 되어 있었다.⁵⁾ 그로 인해 학년 당 물리 영역의 단원이 평균 4개였다. 7차 교육과정은 수준별 교육과정을 표방하였는데, 이러한 특징의 일환으로 초등 과학과에서도 6학년 성취기준에 [심화 과정]이 존재하였다.⁶⁾ 예를 들면 6학년 물속에서의 무게와 압력 단원에서 기본 성취기준인 “(가) 용수철 저울로 여러 가지 물체의 무게를 공기 중에서와 물 속에서 재어 비교한다.”, “(나) 물의 깊이에 따라 물체에 작용하는 압력의 크기가 다를 수 있음을 통하여 관찰하고, 물 속에서 압력이 작용하는 방향을 찾는다.” 외에 추가로 “[심화과정] 무게가 같고 밑넓이가 다른 물체의 압력 비교하기”라는 내용 요소가 교육과정 문서에 서술되어 있었다. 또한 ‘실전화’와 같은 고전적 실험 기구를 이용한 활동이 존재했다. 6학년에서는 부력과 압력 개념을 가르쳤는데, 초등학교에서 유체 부분을 다룬 마지막 교육과정으로 2007 개정 교육과정 이후 부력이나 유체 역학과 관련된 내용은 제시되지 않았다.

2007 개정 교육과정은 7차 교육과정에 비해 1개 단원의 크기를 늘리면서 학년당 2개의 단원(6학년의 3개)의 물리 영역 단원이 구성되었다. 또한 교육과정 문서에 [탐구활동]이 제시되었다(예: 6학년 빛 단원-잠망경 만들기). 전반적으로 단원의 수가 줄면서 파동 역학(소리내기)과 유체 역학(물속에서의 무게와 압력) 단원이 삭제되었다. 3학년의 온도재기는 지구과학 영역의 기온 측정으로 이동하였다. 열의 의한 물체의 부피 변화 역시 중학교 8학년 열에너지 단원으로 이동하였다. 단원 수 감소에 따른 통합된 단원들이 존재하였는데, 4학년의 열에 의한 물체의 부피변화와 열의 이동과 우리 생활은 열전달과 우리생활로 통합되었다. 열전달에서는 7차 교육과정의 전도, 대류 이외에 복사와 관련된 내용이 추가되었다. 또 다른 통합은 7차 교육과정의 4학년의 수평잡기와 용수철 늘이기가 2007 개정 교육과

정에서는 무게재기 단원으로 통합되었다. 또한 7차 교육과정에서 5학년 에너지, 6학년 편리한 도구가 2007 개정 교육과정에서는 6학년 에너지와 도구 단원으로 통합되었다. 세부적으로는 해당 단원에서 다루는 도구를 살펴보면 기존에 다루던 도르레, 지레 외에도 경사면이 추가되었다. 또한 4학년의 전구의 불 켜기와 5학년의 전기회로 꾸미기가 통합되어 5학년 전기회로 단원이 만들어졌다.

2009 개정 교육과정에서는 학년 체제에서 학년군 체제로 바뀌었다. 학년군 체제로 바꾼 것은 교육청, 학교, 교사 단위의 교육과정의 재구성에서의 자율성을 부여하고자 시행했지만 과학 교과서가 학기별로 나누어 발행되고 있어 학교 현장에서는 이전과 마찬가지로 학년을 구분하여 수업이 진행되고 있다. 2009 개정 교육과정은 2007 개정 교육과정 이후 2년 만에 발표된 것이라 새로운 내용의 신설이나 삭제의 폭이 작았다. 대신 물리 영역에서의 학년 간 이동이 많았다. 2007 개정 교육과정에서 3학년에 편성되었던 빛과 그림자는 2009 개정 교육과정에서는 4학년 거울과 그림자로 이동하였고, 4학년 열전달과 우리 생활은 5학년 온도와 열로 이동하였다. 5학년 물체의 속력은 물체의 빠르기로 이름이 변경되었다. 5학년 전기회로와 6학년 자기장은 5학년 전기의 작용으로 통합되었다.

2015 개정 교육과정에서는 2009 개정 교육과정의 학년군 체제를 유지하였다. 더불어 초등학교 과학에서는 학년군별로 통합단원을 1개씩 신설하였다. 5~6학년군의 에너지와 생활은 에너지의 형태와 전환에 관한 내용으로 생명과학 영역과 물리 영역의 융합 단원으로 구성되어 있다. 2015 개정 교육과정은 이전의 2차례의 변화에 비해 내용 요소에서 전반적인 변화폭이 적은데, 이는 당시 교육과정을 개발할 때 교사들의 교육과정 변화에 대한 피로도를 고려하여 변화폭을 최소화 하자는 데 개발진 내에서 어느 정도 공감대가 형성되었기 때문이다. 지금까지 제시된 초등학교 교육과정 물리 영역의 내용 체계 변화를 나타내면 Fig. 17)과 같다. Fig.

5) 신상민(2012)에 따르면 7차 교육과정 3학년 1학기 교과서 자석놀이 단원은 14p인 반면, 2007 개정 교육과정의 자성의 성질 단원은 34p이다.

6) 7차 교육과정에서는 영어, 수학 과목의 경우 보충과 심화 과정이, 과학의 경우 보충은 없고 심화 과정만 존재하였다. 실제 학교 현장에서 영어, 수학 교과 수업에서 수준별 반을 편성해 수업을 실시하였다(교육부, 1997b).

7) 교육과정에서의 단원명과 교과서의 단원명이 다른 경우가 있는데, 이 경우는 교과서의 단원명을 기준으로 표기하였고, 학년군 체제에서는 학기 순서가 관계없지만, 실제 초등 과학 교과서가 여전히 학기 단위로 발행되는 것을 고려하여 학기 단위로 구분하여 표시하였다.

학년	7차	2007 개정	학년군	2009 개정	2015 개정
3	온도재기	자석의 성질	3~4	자석의 이용	자석의 이용
	자석놀이				자석의 이용
	빛의 나아감	빛과 그림자		소리의 성질	소리의 성질
4	수평잡기	무게재기	5~6	무게재기	물체의 무게
	전구에 불켜기				거울과 그림자
	열에 의한 물체의 부피변화	열전달과 우리생활		거울과 그림자	그림자와 거울
	용수철 늘이기				
열의 이동과 우리 생활					
5	거울과 렌즈	전기회로	5~6	온도와 열	온도와 열
	물체의 속력	물체의 속력		물체의 빠르기	물체의 운동
	전기회로 꾸미기			물체의 속력	
	에너지	빛		렌즈의 이용	빛과 렌즈
6	전자석	자기장	5~6	렌즈의 이용	빛과 렌즈
	물속에서의 무게와 압력	에너지와 도구		전기의 작용	전기의 이용
	편리한 도구	에너지와 도구		[통합]에너지와 생활	

The Solid Lines Mean Continuous Change and the Dotted Lines Mean Discontinuous Change. The Blue Letters Mean Deleted Contents and the Red Letters Mean Added Contents.

Fig. 1. A Change of Physics Area (7th~2015 revised curriculum).

1에서 점선은 비연속적인 변화를 의미하는데, 예를 들어 7차 교육과정의 소리내기는 2007 개정 교육과정에서 사라졌다가 2009 개정 교육과정에서 소리의 성질로 다시 등장한다.

2. 교육과정 변천에 따른 물리 영역 학습 내용 구성 변화

1) 역학

Table 1은 ‘역학’ 영역에 관한 교육과정별 학습 내용 구성 변화에 대한 분석이다.

역학 분야는 7차~2015 개정 교육과정까지 전자기학, 광학 분야와 더불어 초등 물리 영역에서 많은 부분을 차지한다. 7차에서는 3개 학년 5개 단원에 걸쳐 제시되다 2007 개정에서는 3개 단원, 2009 개정에서는 2개 단원, 2015 개정교육과정에서는 3개 단원에 편성되었다. 4번의 초등 물리 교육과정에서 빠지지 않고 등장한 개념은 ‘무게’와 ‘속력’이다. 무게와 관련하여 양팔저울, 용수철 저울 개념이 꾸준히 함께 제시되고 있으며, 속력과 관련해서는

이동 거리, 걸린 시간이 함께 등장한다. 속력 개념은 2009 개정 교육과정에서 물체의 빠르기라는 표현을 쓴 부분을 제외하면 ‘속력’이라는 용어를 명확하게 제시하고 있다. ‘속도’라는 용어를 사용하지 않은 것은 초등학교 수준에 벡터 개념을 도입하지 않기에 지속적으로 ‘속력’이라는 용어로 통일하여 사용하고 있다.

무게와 속력에 관한 개념은 교육과정 변화와 관계없이 꾸준히 제시되고 있으나, 에너지, 도구, 부력 개념은 교육과정 개정 때마다 변화를 겪었다. 부력은 7차 교육과정에서 압력과 함께 부력에 대한 개념이 제시되었으나 2007 개정 이후 초등 교육과정에서는 제시되지 않고, 중학교 교육과정에서 중력, 전기력, 자기력, 마찰력, 탄성력 등 다른 힘과 함께 힘의 한 종류로 소개하는 형태로 비중이 대폭 축소되었다. 도구와 관련해서는 7차 교육과정에서는 도르래, 지레, 빗면, 축바퀴가 제시되고, 2007 개정 교육과정에서는 에너지 단원과 연결하여 도르래, 경사면, 지레가 제시되었다가, 2009 개정 교육과정 이후에는 도구의 사용 부분이 중학교로 넘어

Table 1. The contents of Mechanics.

교육과정	학년	단원명	성취기준 등
7차	4	수평잡기	(가) 시소놀이 를 통하여 여러 가지 방법으로 수평 을 만들어 보고, 널빤지에 여러 개의 나무토막을 올려놓아 수평을 이루게 한다. (나) 양팔 저울 을 만들어서 여러 가지 물체의 무게를 비교한다.
		용수철 늘이기	(가) 손으로 쥔 물체의 무게 와 용수철 에 물체를 매달았을 때의 용수철이 늘어나는 정도를 비교하여, 물체의 무게에 따라 용수철이 늘어나는 정도가 다름을 안다. (나) 용수철 저울 을 만들어 여러 가지 물체의 무게 를 잰다.
	5	물체의 속력	(가) 여러 가지 물체의 운동을 관찰하여 속력 을 정성적으로 비교한다. (나) 물체가 이동한 거리 와 걸린 시간 을 측정하여 속력을 구한다.
		물속에서의 무게와 압력	(가) 용수철 저울로 여러 가지 물체의 무게를 공기 중에서도 물속에서 재어 비교한다. (나) 물의 깊이에 따라 물체에 작용하는 압력 의 크기가 다름을 실험을 통하여 관찰하고, 물속에서 압력 이 작용하는 방향을 찾는다. [심화 과정] 무게가 같고, 밀집도가 다른 물체의 압력 비교하기
	6	편리한 도구	(가) 지레 를 사용하여 물체를 들 때의 힘의 크기를 비교함으로써 지레의 원리를 알고, 지레가 실생활에서 이용되는 예를 찾는다. (나) 에너지가 전환되는 예로 일상생활에서 찾아 그 과정을 설명할 수 있다.
			(가) 지레 를 사용하여 물체를 들 때의 힘의 크기를 비교함으로써 지레의 원리를 알고, 지레가 실생활에서 이용되는 예를 찾는다. (나) 에너지가 전환되는 예로 일상생활에서 찾아 그 과정을 설명할 수 있다. [심화 과정] 빛면과 축바퀴 를 이용하는 사례 조사하기
2007 개정	4	무게	(가) 수평잡기 에서 거리와 무게의 관계를 설명할 수 있다. (나) 물체의 무게와 용수철 의 늘어난 길이의 관계를 설명할 수 있다.
		물체의 속력	(가) 일정 거리를 가는 데 걸리는 시간 으로 빠르기를 비교할 수 있다. (나) 일정 시간에 간 거리 로 빠르기를 비교할 수 있다. (다) 속력 의 의미를 알고, 단위 를 사용하여 나타낼 수 있다.
	6	에너지와 도구	(가) 위치 에너지, 운동 에너지, 열에너지, 전기 에너지 를 알고, 에너지가 일을 할 수 있는 원천임을 안다. (나) 에너지가 전환되는 예를 일상생활에서 찾아 그 과정을 설명할 수 있다. (다) 도르래, 경사면과 지레 를 사용할 때의 이로운 점을 설명할 수 있다.
2009 개정	3	물체의 무게	(가) 여러 가지 물체 중에서 가벼운 것과 무거운 것을 구분하며, 무게 를 정확히 재기 위해 저울 이 필요함을 안다. (나) 양팔 저울 을 사용하여 물체의 무게를 재는 원리를 이해한다. (다) 용수철 저울 을 사용하여 물체의 무게를 재는 원리를 이해한다. (라) 일상생활 속에서 쓰임새에 따라 다른 저울을 사용함을 이해한다.
		6	물체의 빠르기
	4	물체의 무게	[4과09-01] 일상생활에서 물체의 무게 를 측정하는 예를 조사하고 무게 측정이 필요한 이유를 설명할 수 있다. [4과09-02] 수평 잡기 활동을 통해 물체의 무게를 비교할 수 있다. [4과09-03] 용수철 에 매단 물체의 무게와 용수철의 늘어난 길이의 관계를 조사하고 물체의 무게를 재는 원리를 설명할 수 있다. [4과09-04] 간단한 저울 을 설계하여 제작하고 그 결과물을 평가할 수 있다.
2015 개정	5	물체의 운동	[6과07-01] 일상생활에서 물체의 운동을 관찰하여 속력 을 정성적으로 비교할 수 있다. [6과07-02] 물체의 이동 거리 와 걸린 시간 을 조사하여 속력을 구할 수 있다. [6과07-03] 일상생활에서 속력과 관련된 안전 사항과 안전장치의 예를 찾아 발표할 수 있다.
		6	[통합] 에너지와 생활

The Bold Words Mean Keyword and the Blue/Red Words Mean Deleted/Added Concepts

가 초등 교육과정에서는 해당 내용이 삭제되었다. 에너지와 관련해서는 2007 개정 교육과정에서 위치 에너지, 운동 에너지, 열에너지, 전기 에너지, 에너지 전환 내용이 제시되었다가 2009 개정 교육과정에서는 다시 빠지고, 2015 개정 교육과정에서는 생명과학 영역과 통합단원으로 에너지의 형태와 전환 관련 내용이 제시되었다.

역학 분야에 변화에 대해 물리 교육 전문가 회의에서는 ‘부력’과 ‘에너지’가 주요 이슈로 다루어졌다. 부력은 7차 개정 교육과정 이후 초등학교에서 학습하지 않는데, 전문가 회의에서는 다음 의견이 제시되었다.

“B: 부력은 초등학교에서 빠진 이후 특별히 (고등학교나 대학교 때) 물리를 선택하지 않으면 도대체 부력이 뭔지도 모르고 이제 세상을 살아가는 상황이 될 수도 있네요.”

위 대화는 힘의 종류 차원에서도 부력을 다루지 않다 보니, 초등부터 고등학교 교육과정까지 해당 개념을 배울 기회가 없음에 대해 아쉬움을 표현한 것이다.⁸⁾ 전문가 C의 경우 부력을 초등학교에 다루는 것은 조금 어렵다는 의견을 피력했으며, 다른 힘을 다룰 때 함께 다루는 것이 좋겠다는 의견도 제시하였다.

“C: 부력이라는 것이 교육과정에 있다가 빠졌는데요. 일반적으로 힘에 대해 안 다루고 있다면 부력 개념을 초등 과정에서 다루는 것이 조금 어렵지 않을까 생각이 들고요. 나머지 다른 힘을 전체적으로 다룰 때 그 단원에서 부력을 다루는 것이 더 일관성 있지 않을까 생각이 듭니다.”

부력 외에 2015 개정 교육과정에서 6학년 에너지 단원에서 에너지를 다루는 방식에 대한 의견도 논의되었다.

“B: 운동 에너지, 위치 에너지에 대한 (자세한) 설명도 없이, 에너지 전환에 대해 막 도입되어 있고...(에너지 단원은 어떤 맥락도 없이 갑자기 툭 튀어나온 것 같아요. ...)(중

략)… 기후 변화 관련해서 에너지 절약이라든지 이런 부분에 대해 초등학교 때부터 해야 한다고 계속 이야기하고 있는데, 6학년에 가서야 비로소 과학에서는 에너지 개념을 배우게 되는 데 정확한 개념이 아니라 두루뭉술하게 운동 에너지, 위치 에너지, 전기 에너지, 빛 에너지 어떤 용어만 이야기하고, 뭔가 체계적이지 않고 산발적인 것 같아요.”

전문가 B의 의견은 에너지라는 용어가 여러 의미와 맥락과 연결되면서 발생하는 문제로 볼 수 있다. 조현국(2021)은 초등학교에서 에너지가 열에너지, 빛 에너지, 운동 에너지, 위치 에너지, 전기 에너지, 화학 에너지 등 6가지 종류의 에너지를 중심으로 소개하고 있는데, 하나의 에너지가 다양하거나 중첩된 의미로 사용되고 있는 부분에 대해 지적하였다. 그는 각각의 에너지 형태로 식별될 수 있는 명확한 사례를 제시하거나 하나의 물질이나 계가 다양한 에너지의 형태를 가질 수 있음을 강조할 필요가 있다고 주장하였다.

2) 전자기학

Table 2는 ‘전자기학’ 영역에 관한 교육과정별 학습 내용 구성 변화에 대한 분석이다.

전자기학 분야는 7차~2015 개정 교육과정까지 역학, 광학 분야과 더불어 초등 물리 영역에서 많은 부분을 차지한다. 7차에서는 3~6학년까지 매 학년에서 제시되다 2007 개정 교육과정에서는 3개 단원, 2009 개정 교육과정과 2015 개정 교육과정에서는 2개 단원에 편성되었다. 4번의 초등 물리 교육과정에서 빠지지 않고 등장한 개념은 ‘자석’, ‘인력과 척력’, ‘전지, 전구의 연결’, ‘전자석’⁹⁾이다. Table 2에서 볼 수 있듯이, 전자기학 분야는 역학 분야에 비해 교육과정에 따른 변화의 폭이 적은 편이다. 제7차 교육과정과 2007 개정 교육과정에서는 전기회로도도 명시되어 있지만, 2009 개정 교육과정 이후 전기회로도에 관련된 내용이 빠졌고, 대신 전기 절약과 안전에 대한 부분이 포함되었다. 2009 개정 교육과정과 2015 개정 교육과정에서 가시적

⁸⁾ 이 부분에 대해 오해가 있을 것 같아 추가적으로 기술하면 현 시점을 기준으로 초중고 전체 교육과정에서 부력이 완전히 배제된 것은 아니다. 2015 개정 교육과정에서는 중학교 과학과 교육과정에 용수철 저울을 통해 부력 측정을 하는 탐구 활동이 있다. 하지만 2007 개정 교육과정에서는 전기력, 중력, 마찰력 등과 함께 가벼운 수준으로 다루고 있고, 2009 개정 교육과정에서는 등장하지 않는다. 2009 개정 교육과정에서는 물리 I에서 부력과 베르누이 정리 관련 내용이 제시되었으나, 2015 개정 교육과정에서는 물리학 I, II와 과학고등학교나 과학중점고등학교에서 학습하는 전문교과의 고급물리학에서 조차 유체역학 관련 내용이 빠져 있다.

⁹⁾ 전자석은 2007 개정 교육과정 성취기준에는 포함되어 있지 않으나, 탐구활동에 ‘전자석을 만들고 극 찾기’ 활동이 있다.

Table 2. The contents of Electromagnetics.

교육과정	학년	단원명	성취기준 등
7차	3	자석놀이	(가) 자석 끼리는 서로 끌어당기거나 미는 힘 이 작용함을 확인하고, 자석 주위에 철가루가 늘어선 모양을 관찰하고 그린다.
			(나) 자석놀이를 통하여 자석은 일정한 방향을 가리키는 성질이 있음을 알고, 나침반 을 사용하여 방위를 알아본다.
	4	전구에 불 켜기	(가) 전지 한 개를 이용하여 전구 에 불을 켜보고, 전지 두 개로 전구에 불을 켤 수 있는 여러 가지 방법을 안다.
			(나) 회로 검사기 를 만들어서 전류가 흐르는 물체와 전류가 흐르지 않는 물체를 분류한다.
	5	전기회로 꾸미기	(가) 전지와 전구 를 여러 가지 방법으로 연결하여 불을 켜 본다.
			(나) 기호를 이용하여 전기회로 를 나타내고, 여러 가지 전기회로도 를 보고 불이 켜지는 것을 찾는다.
6	전자석	(가) 나침반 을 이용하여 전류가 흐르는 도선 과 자석 주위에 자기장 이 생김을 확인하고, 전류의 방향을 바꾸면서 자기장의 방향을 조사한다.	
		(나) 전자석 을 만들어 그 성질을 알아보고, 실생활에서 전자석이 이용되는 예를 찾는다. [심화 과정] 센 전자석 만들기	
2007 개정	3	자석의 성질	(가) 자석 끼리는 서로 끌어당기거나 미는 힘 이 작용함을 안다.
			(나) 자침 은 일정한 방향을 가리키는 성질이 있음을 안다.
	5	전기회로	(가) 전기회로 를 꾸미는 방법을 설명할 수 있다. (나) 전기회로를 보고 전기회로도 로 나타낼 수 있고, 전기회로도 보고 전기회로를 꾸밀 수 있다. (다) 전구의 연결 방법 과 밝기와의 관계를 설명할 수 있다.
2009 개정	3	자석의 이용	(가) 자석 끼리는 미는 힘과 당기는 힘 이 작용함을 안다.
			(나) 자석은 일정한 방향을 가리키는 성질이 있음을 안다. (다) 자석의 성질을 이용하여 놀이 기구를 만들 수 있다. (라) 일상생활에서 자석이 사용되는 예를 찾고, 새로운 쓰임새를 고안한다.
	5	전기의 작용	(가) 전지, 전선, 전구 를 연결하여 전구에 불을 켜고, 불이 켜지는 조건을 안다. (나) 전구의 연결 방법 에 따른 밝기를 비교한다. (다) 전기를 절약 하고 안전 하게 사용하는 방법을 알고 실천한다. (라) 전류가 흐를 때 전선 주위에 생긴 현상을 이용하여 전자석 을 만들 수 있다.
2015 개정	3	자석의 이용	[4과02-01] 자석 사이에 밀거나 당기는 힘 이 작용하는 현상을 관찰하고 두 종류의 극을 구별할 수 있다.
			[4과02-02] 나침반 의 바늘이 일정한 방향을 가리키는 성질이 있음을 관찰을 통해 설명할 수 있다. [4과02-03] 일상생활에서 자석이 사용되는 예를 조사하고, 자석의 성질과 관련지어 그 기능을 설명할 수 있다.
	6	전기의 이용	[6과13-01] 전지와 전구, 전선 을 연결하여 전구에 불이 켜지는 조건을 찾아 설명할 수 있다. [6과13-02] 전구를 직렬연결 할 때와 병렬연결 할 때 전구의 밝기 차이를 비교할 수 있다. [6과13-03] 전기를 절약 하고 안전 하게 사용하는 방법을 토의할 수 있다. [6과13-04] 전자석을 만들어 영구 자석과 전자석 을 비교하고 일상생활에서 전자석이 사용되는 예를 조사할 수 있다.

The Bold Words Mean Keyword and the Blue/Red Words Mean Deleted/Added Concepts

인 변화가 없는 영역도 전자기학 분야이다.

전문가 논의에서는 [6과 13-04] 성취기준에 대한 논의가 있었다. 전문가 B는 “영구자석과 전자석을 비교에 관한 내용이 교과서에 어떻게 구현되었는지를 살펴보았더니, 교과서에 ‘영구자석은 N극과 S극이 일정하지만 전자석은 전지의 극이 바뀌면 반대로 바뀝니다.’라는 글로 진술되어 있다”는 것을 지적하였다. 전문가 B는 해당 내용이 탐구활동을

통해서도 학생들이 충분히 발견할 수 있는 지식임에도 불구하고 교사 전달식 구성을 통해 지식을 전달하고 있는 것에 대해 지적하였다.

“B: 초등학교 교과서가 (예전에는) 탐구를 통해 아이들이 자연을 경험하고 지식을 구성하는 것을 도와주는 쪽으로 구성되어 있었는데, 내용을 드러내다 보니까 만들기로 축소된 거예요. 과거에는 그걸 만들어서 탐구를 하도록 했다면 지금은 만드는 것에 끝나고 있다는 생각

이 들어요.”

“C: 전기 절약과 안전인데 개념 위계상으로 Power (일률)나 Wh(전기 에너지 단위)를 모르는 데 전기 절약에 대해 얘기해도 되나 하는 생각이 들어요? 안전은 무엇이 안전한 것이지? 전류의 양에 따른 이런 것을 모르는데.”

교육과정이 개편될 때마다 과학 교과는 내용 축소(성취기준 또는 단위 수 축소)에 대한 외적 압력을 받아왔다. 그로 인해 어려운 개념은 지속적으로 상위 학년으로 올라가고, 이전에 다른 개념이라도 전반적으로 내용의 깊이나 수준이 낮아진 경향이 있다. 이러한 과정이 수차례 지속되다 보니 과학 용어가 교육과정에 남아 있더라도 제대로 된 설명 체계를 갖추지 못하거나, 탐구를 통한 발견적 지식의 구성을 추구하기 어려워졌다.

3) 광학(파동 포함)

Table 3은 ‘광학’ 영역에 관한 교육과정별 학습 내용 구성 변화에 대한 분석이다.

광학 분야는 2007 개정 교육과정을 제외하면 매년 3개의 단원으로 구성될 만큼 초등학교 물리 영역에서 차지하는 비중이 큰 분야이다. 2007 개정 교육과정에서 소리와 관련된 단원에 빠지고, 거울과 렌즈에 관련된 내용이 삭제되는 등 내용이 축소되긴 했으나, 2009 개정 교육과정 이후 비중이 증가한 영역이다. 광학은 ‘빛의 직진(그림자)’을 제외하면 이 영역에서 다루는 주요 개념의 내용과 깊이가 꾸준히 변화되어온 영역이기도 하다. 그동안의 교육과정 개편에도 변화가 없는 빛의 직진은 초등학교에서 그림자의 크기까지 다루고 있다. 소리는 2007 개정 교육과정을 제외한 3번의 교육과정에서 나타나며, 7차 교육과정에서는 소리의 발생과 전달만 다루던 것에서, 2009 개정 교육과정에서는 소리의 세기와 높낮이가 추가되고, 2015 개정 교육과정에서는 소리의 반사와 소음과 관련된 내용이 추가되어 비중이 점차적으로 증가하였다. 반면 거울과 렌즈는 비중이 축소된 대표적인 영역이다. 7차 교육과정에서는 여러 가지 거울, 여러 가지 렌즈 단원에서 평면 거울 외에도 볼록 거울, 오목 거울, 볼록 렌즈, 오목 렌즈를 모두 다루었다. 2009 개정 교

육과정에서는 볼록 거울, 오목 거울에 관한 부분이 빠지고, 2015 개정 교육과정에서는 오목렌즈에 관한 부분도 빠지게 되어, 초등교육과정에서는 평면 거울, 볼록렌즈만 다루게 되었다. 대신 2015 개정 교육과정에서는 2009 개정 교육과정에서 중학교 과정에 위치하였던 프리즘(빛의 분산) 내용이 추가되었다. 2015 개정 교육과정 시안 개발과정에서는 이 부분에 대해 “일상에서 쉽게 관찰할 수 있고 학생의 흥미유발이 가능한 프리즘을 도입하고 학습량 적정화를 위하여 여러 가지 렌즈를 다루기보다는 볼록 렌즈에 중점을 두어 렌즈의 특징을 이해하도록 함(장영록 등, 2015)”라고 이유를 설명하였다. 무지개와 같은 자연 현상이 초등학생들에게 친숙하며 흥미를 높일 수 있는 소재임은 분명하다. 하지만 볼록 렌즈와 오목 렌즈는 함께 제시하는 것이 더 좋다는 것이 연구자의 의견이다. 그 이유로 두 가지를 들 수 있는데, 첫째로 초등학교에서 안경을 쓴 학생의 상당수가 원시 교정용 안경(볼록 렌즈)보다 근시 교정용 안경(오목 렌즈)를 착용한다는 것이다.¹⁰⁾ 오목 렌즈가 실생활 측면에서 친숙한 소재이며, 2009 개정 교육과정에서도 그런 연유로 ‘안경’을 명시한 것으로 판단된다. 두 번째 이유로 볼록 렌즈와 오목 렌즈를 함께 제시하면 오슈벨의 의미 학습에서의 비교 선행조직자로 활용할 수 있다는 점이다(Ausubel, 2000). 광선 추적법을 통한 상의 위치와 크기를 정확히 알아내는 것은 초등학교 수준을 넘겠지만, 렌즈 종류에 따라 상의 크기라든지, 정립/도립상과 관련해서는 관찰을 통해 쉽게 비교하여 설명해볼 수 있는 경험을 제공할 수 있다. 전문가 회의에서는 2015 개정 교육과정에 도입된 프리즘(빛의 분산)이 학문적 위계에 맞지 않는다는 의견이 제기되었다.

“C: 빛과 렌즈 2015 개정 교육과정에서 프리즘이 들어 온 것이 단위 전체의 일관성을 봤을 때 조금 이상해 보이기도 하는 것 같아요. 광학 책을 봐도 처음에는 단색광이라고 가정한 다음에 렌즈랑, 프리즘을 설명한 다음에 색수차가 등장하잖아요.”

빛의 굴절에 대해 학습하고, 파장별 빛의 굴절률이 다르다는 성질을 바탕으로 빛의 분산을 학습하

10) 초등학생은 저학년에서 고학년으로 갈수록 근시도가 증가한 것으로 나타났으며(박은규, 2009), 도시지역 초등학생들의 평균 근시도가 농촌 지역 보다 높게 나타났다(김인숙과 장정운, 2016).

Table 3. The contents of Optics.

교육과정	학년	단원명	성취기준 등		
7차	3	소리내기	(가) 여러 가지 종류의 피리를 만들어 소리 를 내어 보거나, 얇고 긴 물체를 두드리거나 흔들면 다른 소리가 남을 안다. (나) 실전화놀이를 통하여 먼 곳까지 소리를 전달 시키는 방법을 찾는다.		
		그림자놀이	(가) 햇빛을 이용하여 여러 가지 모양의 그림자 를 만들어 보고, 종이에 여러 가지 모양의 구멍을 내어 햇빛에 비추어 봄으로써 그림자가 생기는 까닭을 이해한다. (나) 그림자놀이를 통하여 빛이 물체에 비추어지는 방향과 거리에 따라 그림자의 모양과 크기 가 달라짐을 안다.		
	5	거울과 렌즈	(가) 여러 가지 거울 에 생긴 물체의 상 을 관찰하여 물체가 거울에 생긴 상의 특징을 비교하고, 실생활에서 이용되는 예를 찾는다. (나) 여러 가지 렌즈 로 물체를 보았을 때 나타나는 상의 특징을 비교하고, 실생활에서 이용되는 예를 찾는다. 그리고 렌즈를 이용하여 간단한 사진기 를 만든다.		
2007 개정	3	빛의 직진	(가) 그림자 가 생기는 까닭을 빛의 직진 현상으로 설명할 수 있다. (나) 그림자의 크기 에 영향을 주는 요인을 안다.		
	6	빛	(가) 빛의 직진, 반사, 굴절 을 이해하고, 주변에서 그 예를 찾을 수 있다. (탐구활동: 바늘구멍 사진기) (나) 물체가 보이는 과정을 빛의 진행과 관련지어 설명할 수 있다.		
2009 개정	4	소리의 성질	(가) 사물에 따라 소리가 다르고 소리 를 내는 방법도 다양함을 안다. (나) 물체가 떨 때 소리가 남을 이해한다. (다) 소리의 세기와 높낮이 를 알고 여러 가지 소리를 비교할 수 있다. (라) 소리를 멀리까지 전달 하는 방법을 고안한다.		
		거울과 그림자	(가) 거울 에 비친 물체의 모습을 관찰하여 거울의 성질을 이해한다. (나) 여러 가지 물체의 그림자 를 비교하고, 그림자가 생기는 원리를 이해한다. (다) 전등과 물체 사이의 거리에 따라 그림자의 크기 가 달라짐을 안다. (라) 일상생활에서 거울이나 그림자를 사용하는 예를 찾는다.		
	6	렌즈의 이용	(가) 돋보기 나 여러 가지 안경 을 통해 보이는 물체의 모습과 실제 모습의 차이를 안다. (나) 돋보기 를 사용하여 햇빛을 한 점으로 모을 때 나타나는 현상을 안다. (다) 일상생활에서 렌즈 가 사용되는 예를 찾고 그 기능을 설명한다. (라) 렌즈 를 사용한 도구를 고안한다.		
2015 개정	3	소리의 성질	[4과08-01] 여러 가지 물체에서 소리 가 나는 현상을 관찰하여 소리가 나는 물체는 떨림이 있음을 설명할 수 있다. [4과08-02] 소리의 세기와 높낮이 를 비교할 수 있다. [4과08-03] 여러 가지 물체를 통하여 소리가 전달 되거나 반사 됨을 관찰하고 소음 을 줄이는 방법을 토의할 수 있다.		
			4	그림자와 거울	[4과15-01] 여러 가지 물체의 그림자 를 관찰하여 그림자가 생기는 원리를 설명할 수 있다. [4과15-02] 전등과 물체 사이의 거리에 따른 그림자의 크기 변화를 관찰하여 서술할 수 있다. [4과15-03] 물체와 평면거울 에 비친 모습을 비교하여 거울의 성질을 설명할 수 있다. [4과15-04] 일상생활에서 거울을 이용하는 예를 조사하고 거울의 성질과 관련지어 그 기능을 설명할 수 있다.
					6

The Bold Words Mean Keyword and the Blue/Red Words Mean Deleted/Added Concepts

는 순서가 빛의 분산이 발생하는 원인에 대해 자연스러운 이해를 도모한다는 의견이다.

교과서에서 렌즈를 다루는 방식에 대한 의견들도 다음과 같이 제시되었다.

11) 2009 개정 교육과정에서 ‘렌즈’는 볼록렌즈와 오목렌즈를 모두 포함한다. 성취기준에서는 해당 부분이 잘 나타나 있지 않지만, 교육과정 단원 설명 부분에 “이 영역에서는 돋보기나 근시 안경 등의 렌즈에 ~” 부분을 통해 오목렌즈까지 포함하고 있음을 알 수 있다.

Table 4. The contents of Thermodynamics.

교육과정	학년	단원명	성취기준 등
7차	3	온도계기	(가) 온도계 의 구조를 살펴보고, 온도계를 다루는 방법 및 눈금을 읽는 방법을 안다. (나) 온도계가 쓰이는 곳을 알아보고, 여러 곳과 여러 가지 물질의 온도 를 정확하게 측정한다.
	4	열에 의한 물체의 온도와 부피 변화	(가) 물, 금속 등을 가열하면서 열 에 의한 물체의 온도 변화 를 관찰한다. (나) 공기, 물, 금속 등을 가열하면서 열 에 의한 물체의 부피 변화 를 관찰하고, 실생활에서 열에 의한 물체의 부피 변화가 이용되는 예를 찾는다.
2007 개정	4	열의 이동	(가) 여러 가지 금속판이나 금속 막대를 가열할 때, 열이 이동 하는 방향과 빠르기를 조사한다. (나) 물을 가열 할 때, 물이 움직이는 모양을 관찰한다.
		열전달과 우리생활	(가) 전도, 대류, 복사 에 의한 열 전달을 설명할 수 있다. (나) 실생활에서 전도, 대류, 복사 현상의 예를 찾을 수 있다.
2009 개정	5	온도와 열	(가) 차가운 것과 따뜻한 것을 구분하고, 온도계 를 사용하여 온도 를 잴 수 있다. (나) 물체나 장소의 온도는 시간이 지남에 따라 달라질 수 있음을 이해한다. (다) 온도가 다른 두 물체가 접촉할 때 열은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하며 시간이 지남에 따라 두 물체의 온도가 같게 됨 을 이해한다. (라) 주위에서 온도가 변하는 물체를 관찰하여 열이 이동 하는 예를 들 수 있다.
2015 개정	5	온도와 열	[6과01-01] 일상생활에서 온도 를 어림하거나 측정하는 사례를 조사하고 정확한 온도 측정이 필요한 이유를 설명할 수 있다. [6과01-02] 온도가 다른 두 물체를 접촉하여 온도가 같아지는 현상을 관찰하고 물체의 온도 변화를 열의 이동 으로 설명할 수 있다. [6과01-03] 고체 물질의 종류에 따라 열이 전도 되는 빠르기를 관찰을 통해 비교하고 일상생활에서 단열을 이용하는 예를 조사할 수 있다. [6과01-04] 액체나 기체에서 대류 현상을 관찰하고 대류 현상에서 열의 이동을 설명할 수 있다.

The Bold Words Mean Keyword and the Blue/Red Words Mean Deleted/Added Concepts

“B: 2015 개정 교육과정에서는 볼록 렌즈 하나만 다루더라도 상에 대한 이야기는 빠져 있는 걸로 기억하고 있어요. 그런데, 상에 대한 이야기는 빠졌는데, 간이 사진기 만들기가 또 나와요. …(중략)… 간이 사진기 앞에 볼록 렌즈를 붙여서 만드는데 볼록 렌즈가 어떤 역할을 하는지에 대해서는 아이들이 생각해보거나 학습할 수 있는 요소가 남지 않았어요.”

“C: 볼록 렌즈만 다룰 것이라면 볼록 렌즈에 의한 상 정도는 다루어야 하지 않을까 생각이 들어요. …(중략)… 눈으로 보면 어떻게 보인다 이야기하고 뒤에서는 볼록 렌즈는 빛을 모으는 성질이 있다. 차라리 현상에 초점을 맞춰서 하나만 기술하는 것이 나올 것 같아요. (하략)”

두 전문가가 모두 상에 대한 부분이 보강되었으면 하는 공통된 의견을 제시하였다. 초등학교 수준에서 ‘광선 추적법’을 적용하여 설명하는 것은 무척 어려운 일이다. 실제 학생들을 지도하다 보면 중고등학교에서도조차 광선 추적법으로 상의 위치나 형상을 설명하는 것이 어렵다는 것이 보고된다(이

재봉 등, 2004).¹²⁾ 연구자가 주장하고자 하는 바는 간이 사진기와 같은 탐구활동이 제시되어 있다면 정립상과 도립상이나 상의 크기만이라도 현상적으로 관찰해보는 내용이 차기 교육과정에서는 포함되기를 기대한다.

4) 열역학

Table 4는 ‘열역학’ 영역에 관한 교육과정별 학습 내용 구성 변화에 대한 분석이다.

열역학 분야는 초등 교육과정에서 비중이 적은 분야이다. 7차 교육과정에서는 3개 단원으로 제시되고, 2007 개정 이후부터는 1개 단원만 제시되고 있다. ‘온도’와 ‘열의 이동’이 초등학교 열역학 분야의 주요 개념이다. 7차 교육과정에서는 열팽창 및 열량 개념을 학습하였지만 2007 개정 교육과정 이후 해당 내용은 중학교에서 다루고 있다. 온도는 온도계를 이용한 측정과 연관 지어 제시되어 있는데, 2007 개정 교육과정에서 온도가 빠진 것은 기온과 연관 지어 지구과학에서 온도 측정을 다루고

¹²⁾ 이재봉 등(2004)의 연구에서는 중학교 과학교사 10명과 학생 328명을 대상으로 광선추적법과 스펙트럼 관련 문항을 질문하였는데, 대부분 교사와 학생들은 상이 생기는 근본 원리에 대해 정확하게 알지 못했다.

있기 때문이다. 열의 이동에 대해서는 교육과정 개편 때마다 변화가 있는 부분이다. 7차 교육과정에서는 전도와 대류만 다루었던 것을 2007 개정 교육과정에서는 복사를 포함하여 다룬다. 2009 개정 교육과정에서는 범위를 명시하지 않다가 2015 개정 교육과정에서는 전도와 대류만을 다루는 것을 명문화 한다. 2015 개정 교육과정 시안 개발 과정에서는 이 부분에 대해 “열의 이동 방법 중 전도와 대류를 다룰 것을 명시함. 단열의 경우 일상생활과 연계하기 위해 다루되 복사에 의한 단열은 다루지 않음을 명시함(장영록 등, 2015)”라고 서술하였다. 2015 개정 교육과정에서는 중학교 성취기준 “[9과 15-01] 다양한 냉난방 기구를 제시하여 열의 이동 방식인 전도, 대류, 복사를 모두 다룰 수 있도록 한다.”에서 ‘복사’를 학습하게 되어 있다. 연구자는 세 가지 측면에서 복사를 함께 다루는 것이 이득이 많다고 생각한다. 첫 번째 이유는 볼록 렌즈와 오목 렌즈의 관계에서 설명했던 것과 마찬가지로 전도, 대류, 복사는 서로 비교하여 비교 선행조직자를 이용하여 한 번에 설명하기 좋은 개념이기 때문이다. 두 번째로 그늘보다 햇볕을 쬐 때 더 따뜻함을 느끼거나 겨울철 계절가전에서 복사열을 이용한 제품을 통해 복사를 일상생활에서 쉽게 경험할 수 있기 때문이다. 마지막으로 2015 개정 교육과정에서는 ‘태양 복사 에너지’를 6학년 지구과학 계절의 변화 단원에서 다루고 있기에 5학년 때 온도와 열 단원에서 ‘복사’ 개념을 학습하는 것이 지구과학 학습에도 도움이 된다. 초등 과학과 교육과정의 에너지 부분을 분석한 조현국(2021)의 연구에서도 빛 에너지의 경우 태양광을 중심으로 설명하고 있는데, 복사를 설명하지 않아서 빛과 열을 서로 어떻게 구분해서 설명해야 하는지 불명확할 수 있다고 한 부분 역시 이 주장을 뒷받침하는 근거로 제시될 수 있다. 전문가 회의에서도 열의 전달 중 ‘복사’에 대한 의견이 제기되었다.

“B: 대류를 설명하는 것은 너무 어려운데 대류는 얘기하고 있으면서 복사가 어렵다고 뺐다는 것이 이해하기 어려워요. 복사는 우리 주변에서도 많이 관찰할 수 있는 현상이잖아요.”

“C: 실제 현상이 복합적인데 이거 두 개(전도, 대류)만 배운 상태에서는 설명이 안 되는 것이 많을 것 같아요.”

두 전문가의 의견 역시 열의 전달과정에서 전도, 대류뿐만 아니라 복사도 함께 다루는 것이 더 낫겠다는 의견이다.

IV. 초등 과학과 교육과정 관련 쟁점에 대한 논의

1. 2015 개정 교육과정에 대한 내용 적정성과 난이도

이 절에서는 2015 개정 교육과정에서 체제에서 수행된 연구를 기반으로 내용 적정성과 내용 수준의 난이도와 관련된 쟁점에 대해 먼저 논의해 보고자 한다. 주형미 등(2020)은 2015 개정 과학과 교육과정에서 초등학교 교육내용의 필수(핵심) 내용 선정에 대해 질문하였는데, 초등교사의 응답은 매우 그렇다(25.6%), 그렇다(57.1%)로 긍정 응답이 81.5%로 부정 의견 1.8%에 비해 매우 높게 나타났다. 해당 연구에서는 내용 수준의 난이도에 대한 응답 역시 3~4학년 군에서는 어렵다 또는 매우 어렵다의 합이 20%를 넘어가는 것이 없었다. 이는 초등학교 과학 3~4학년군을 조사한 김현정(2020)의 연구에서도 단위별 내용 수준이 적절하다가 평균 95%에 이르고, 물리 영역 중 가장 어려움이 큰 그림자와 거울 단위에서도 적절하다(96.3%), 어렵다(4.2%)로 3~4학년 군에서는 전반적으로 난이도가 매우 적절하다는 연구 결과가 나타났다.

반면 주형미 등(2020)의 연구의 5~6학년군 결과에서는 난이도가 어렵다고 인식하는 비율이 높아졌다. 어렵다와 매우 어렵다의 합이 20%가 넘는 단원은 태양계와 별, 날씨와 우리 생활, 물체의 운동, 지구와 달의 운동, 전기의 이용, 계절의 변화 등 총 6개로, 지구과학 4개 단원, 물리 2개 단원이었으며, 화학과 생명과학 영역은 하나도 없었다. 가장 어려워하는 단원은 ‘지구와 달의 운동’으로 어렵다가 34.5%, 매우 어렵다가 6.5%로 나타났고, 물리 영역의 물체의 운동은 어렵다가 22.6%, 매우 어렵다가 2.4%, 전기의 이용은 어렵다가 20.8%, 매우 어렵다가 2.4%로 나타났다. 3~4학년군에 비해서는 어렵다고 인식하는 비율이 높아지긴 해도 5~6학년군 역시 적절하다는 응답이 다수를 차지하였다. 초등교사 커뮤니티인 인디스쿨의 물리 영역 질문을 분석한 김윤화와 유준희(2019) 연구에서는 ‘전류의

흐름 변화에 따른 나침반의 움직임 변화'와 '전구의 직렬연결에서 예상치 못한 탐구 결과 오류'와 같이 전기 단원 지도에 어려움을 겪는 것으로 나타났다.

여기서 연구자가 말하고 싶은 바는 해당 성취 기준이 학생들이 어렵다고 느끼기에 그 내용을 상위 학년을 이동시킨다든지 해당 내용을 제외하자는 것이 아니다. 교육과정이 개편되면서 과학의 경우 지속적으로 내용이 축소되었다. 주형미 등(2020)에 따르면 TIMSS 8학년 평가 기준과 비교할 때 오히려 우리나라 과학과 교육과정에서 다루는 내용이 TIMSS 평가 내용 범위보다 더 작다고 보고하고 있다. 이제는 교육과정에서 필수적이고 핵심적으로 판단되는 내용 중 빠진 것이 없는지 점검해야 하는 시점에 돌입했다. 난이도 문제에 대해서는 각 내용 요소에 대해 학생들이 구체적으로 어려워하는 요소는 무엇이며, 이를 해결하기 위한 교수학습 전략을 개발하는 데 더 초점을 두어야 한다. 초등교사 양성 기관인 교육대학에서도 이 부분에 대해 인지하여 예비교사 양성 단계에서 해당 내용에 대한 집중적이고 전략적인 교수학습 활동이 이루어져야 할 것이다.

2. 수학 교과와의 연계성

수학을 언어적 도구로 활용하는 물리학은 (Redish, 2005) 수학 교과와의 연계성을 살펴보는 것이 필수적이다. 사칙연산 수준의 수학만 사용하는 초등학교 과학에서는 중고등학교에 비해 해당 이슈가 크게 쟁점화되지 않았다. 하지만 최근 수학 교육 연구자와의 만남에서 이와 관련된 쟁점을 찾을 수 있었다. 첫 번째는 수학과 교육과정에서 g, kg을 무게의 단위로 사용하고 있다는 점이다. 2015 개정 수학과 교육과정에는 “[4수03-08] 무게를 나타내는 표준 단위의 필요성을 인식하여 1 g과 1 kg의 단위를 알고, 이를 이용하여 무게를 측정하고 어렵

할 수 있다(교육부, 2015c, p. 19).”라고 성취기준이 제시되어 있다. 초등 과학에서는 “[4과09-01] 일상생활에서 물체의 무게를 측정하는 예를 조사하고 무게 측정이 필요한 이유를 설명할 수 있다.”라는 성취기준이 제시되어 있는데, 질량과 무게를 구분하는 내용이 제시되어 있지는 않지만, 교과서에서는 g중, kg중, N(뉴턴) 단위를 표시한다. 물론 일상생활에서 g, kg으로 사용하기도 한다는 말을 보조단에서 설명하고 있지만, 본문에서는 g중, kg중, N 만을 사용하고 있다.

이 문제는 수학 교과의 연계 문제와 함께 과학 교과에서 무게와 질량 개념을 구분하고 각각의 단위를 도입할 것인가에 대한 논의와도 연결되어 있다. 박준형과 전영석(2020)은 Wallace and Loudon (2002)의 연구를 인용하면서 과학교육자 역시 ‘정확성’과 ‘학생들이 이해할 만한 수준’ 사이에 대한 교육적 고민을 가지고 있다고 하였다. 해당 연구에서는 초등학교에서 무게 개념의 도입 목적이 학생들의 ‘힘’ 개념에 대한 이해 증진에 있으므로, 무게와 질량을 엄밀하게 구분하여 학습하기보다 현재와 같이 힘으로써 도입하는 것을 제안하고 있다. 본 연구자도 이러한 주장에 대해 동의하며, 이 경우 수학 교과서에서의 단위가 다르게 사용됨에 대해 상호 협의가 필요할 것으로 판단된다.

수학과 연계된 또 다른 부분은 백분율(%)이다. 2015 개정 수학과 교육과정에는 “[6수04-03] 비율을 이해하고, 비율을 분수, 소수, 백분율로 나타낼 수 있다(교육부, 2015b, p. 26).”. 2015 개정 과학과 교육과정에서는 5학년의 용해와 용액 단원에서 “[6과03-03] 물의 온도에 따라 용질의 녹는 양이 달라짐을 실험할 수 있다. [6과03-04] 용액의 진하기를 상대적으로 비교하는 방법을 고안할 수 있다(교육부, 2015a, p. 38).”라는 성취기준이 있다. 용해도는 중학교 교육과정에 제시되고 있고, 초등학교에서는 용액의 농도라는 표현도 사용하고 있지 않으며, 대

물체의 무게는 지구가 물체를 끌어당기는 힘의 크기입니다. 무게의 단위는 'g중', 'kg중', 'N' 등을 사용해 나타내고 읽을 때에는 '그램중', '킬로그램중', '뉴턴'이라고 읽습니다.



Fig. 2. The description of 'weight' in the science 4-1 textbook (MOE, 2017a: 79, 80)

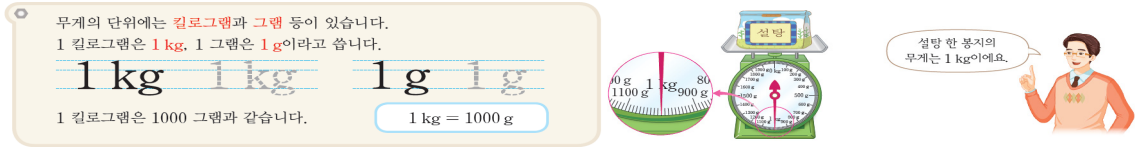


Fig. 3. The description of ‘weight’ in the mathematics 3-2 textbook (MOE, 2017b: 108)

신 ‘진하기’라는 용어 사용과 색깔이나 맛을 통한 정성적인 진하기 비교를 활동으로 포함하고 있다. 반면 수학 교육과정에서는 백분율을 설명하면서 퍼센트 농도를 예시 문제로 제시하고 있다. 과학과에서는 학생의 이해를 고려해 ‘농도’라는 용어의 사용을 절제하고 있으나, 수학 교과에서는 이를 활용한 응용 문제까지 제시되고 있으니, 해당 용어의 사용 시작 시기를 다시 점검해볼 필요가 있다.

3. 유치원의 누리과정과 초등 1, 2학년 통합 교육과의 연계 문제

이채영과 조경진(2022)은 2021년 기준 시행되고 있는 제4차 표준보육과정, 2019 개정 누리과정, 2015 개정 초등 통합교육과정을 분석하였는데, 3개 교육과정 모두 물리 영역이 없다고 분석하였다. 유아교육에서는 자석을 교구로서는 활용하지만 교육 내용으로서는 전자기 영역을 다루고 있지 않다(김주희 등, 2021). 이채영과 조경진(2022)의 연구에서는 도구와 활용이나 에너지 절약 내용을 공학으로 분류하였기에 물리 영역을 0건으로 분석하였지만, 이를 물리 영역으로 포함하더라도 화학, 생명과학, 지구과학 영역에 비해 지나치게 적다라고 볼 수 있다. 더불어 지구과학 영역의 경우 표준보육과 누리과정, 초등 통합교육과정이 잘 연계되어 있으나, 생명과학은 부분적으로 연계되어 있고, 화학은 연계 정도가 떨어진다고 분석하였다. 이와 같이 교육과정 간 연계성이 떨어지고 과학 영역별 내용 분포가 차이는 원인으로 누리과정이나 초등학교 통합교육과정이 과학의 세부 영역별 분포를 고려하기보다 주제 중심 활동으로 구성되기 때문이라는(최혜윤, 2020)의 주장에 연구자도 동의하는 바이다.

과학과는 교육과정 문서상 초등학교 3학년에서 시작하다 보니, 초등학교 1, 2학년은 교육과정 개발

때도 과학교사나 과학교육 연구자들 관심에서 조금 벗어나 있는 영역이기도 하다. 실제 교육과정 개발 작업에서도 초등학교 1, 2학년은 통합교육 전공자들이 주도하고, 과학 또는 과학 교육전공자들이 일부 참여하는 식으로 진행되기에 교육과정 개발과정에서 과학교육 전공자들의 참여는 매우 제한적이다. 제한적인 참여와 학문 간의 소통의 부족은 교육과정 개발 시스템의 정교화와 학문 간 교류 증대를 통해 개선할 부분이며, 우리가 자성할 부분은 과학교육 연구자들이 해당 교육과정에 대한 연구가 부족하다는 것이다.¹³⁾ 반면 유아 교육 및 초등 통합교육 분야 연구자들은 유아 교육과 초등 과학과의 연계성에 대해 꽤 오랫동안 연구를 수행해왔다(곽향림, 2006; 최성진과 조성연, 2015; 최혜윤, 2020; 황윤세, 2012).

과학은 개념의 위계성이 상대적으로 두드러지는 학문이기에 내용 간 연계성 확보는 중요하다. 2015 개정 교육과정 문서에도 내용 체계에서 핵심개념과 일반화된 지식 옆에 초등학교 3~4학년, 5~6학년, 중학교 1~3학년군의 내용 요소를 표기하여 일목요연하게 연계성을 파악할 수 있게 해 두었다. 더불어 교육과정 문서에서 <나. 성취기준-(다) 교수·학습 방법 및 유의 사항>에는 해당 내용이 다른 학년군의 어느 내용과 연계되는지 설명되어 있다.¹⁴⁾ 교육과정 문서에서 초등학교 1, 2학년이나 유아 교육과정까지 연계성을 기록하는 것은 해당 교육과정 개발이 동시에 이루어지는 측면에서 쉬운 일은 아니다. 하지만 교육과정 개발진 간의 소통의 창구를 열어 두어 내용 위계나 연계성에 대해서는 점검 기회가 제공되어야 할 것이다. 더불어 과학교육 연구자들이 유아 과학 교육과정에 대한 관심도 지속적으로 늘릴 필요가 있다고 판단된다.

¹³⁾ 초등과학교육 저널에서 ‘유아’를 키워드로 검색하면 김주희 등(2021)의 연구 1편이 검색된다.

¹⁴⁾ 예를 들면, 3~4학년군 자석의 이용 단원은 “초등학교 3~4학년군의 ‘혼합물의 분리’, 5~6학년군의 ‘전기의 이용’, 중학교 1~3학년군의 ‘전기와 자기’와 연계된다(교육부, 2015a: 15).”라고 교육과정 문서에 기술되어 있다.

4. 성취 기준 서술어

2015 개정 초등학교 과학과 성취 기준의 서술어를 보면 ‘이해할 수 있다’는 0건이며, 가장 많은 빈도를 차지하는 것은 ‘설명할 수 있다.’이다. 중학교와 고등학교 물리 영역을 분석한 연구에서도 ‘설명할 수 있다’의 비율이 69%에 이르렀다(변태진 등, 2019). 참고로 2009 개정 교육과정을 포함한 이전 과학 교육과정을 보면 ‘이해한다’와 ‘안다’가 차지하는 비중이 높았다(조광희, 2015). 이전 교육과정의 물리 교과서의 학습 목표를 분석한 연구에서도 ‘설명하다’, ‘이해하다’의 비중이 높아, 미국이나 싱가포르에 비해 우리나라 교육과정은 서술 동사가 다양하지 못하다는 비판을 받아 왔었다(동효관 등, 2015; 태진순 등, 2015). 이러한 비판은 다른 교과도 마찬가지여서 역사 교과의 경우 외국의 경우 다양한 서술어 사용하는 반면, 한국은 역사 지식과 사실을 성취기준에 주로 포함하고 기능에 대한 부분이 포함되지 않는다는 연구가 있다(김동국, 2013; 김민정, 2014).

과학 성취 기준의 서술어가 ‘설명할 수 있다’가 많아지고, 이전에 비해 다양해진 것은 2015 개정 교육과정 개발 과정에서 ‘이해한다’라는 서술어 대신 성취 기준에 담긴 내용 지식이 발현되는 것을 측정(평가)할 수 있는 행동 동사로 표현해달라는 지침이 있었기 때문이다. 이러한 지침으로 인해 ‘설명할 수 있다’, ‘비교할 수 있다’, ‘발표할 수 있다’, ‘토의할 수 있다’ 등 다양한 서술어가 사용되었다. 이러한 다양성은 ‘전기의 이용’ 단원의 성취기준만

살펴보아도 잘 드러난다.

- [6과13-01] 전지와 전구, 전선을 연결하여 전구에 불이 켜지는 조건을 찾아 설명할 수 있다.
- [6과13-02] 전구를 직렬연결 할 때와 병렬연결 할 때 전구의 밝기 차이를 비교할 수 있다.
- [6과13-03] 전기를 절약하고 안전하게 사용하는 방법을 토의할 수 있다.
- [6과13-04] 전자석을 만들어 영구 자석과 전자석을 비교하고 일상생활에서 전자석이 사용되는 예를 조사할 수 있다.

비록 이러한 급진적인 변화의 계기가 Top-down 방식의 의사결정이라는 비판도 존재하지만 이전 교육과정과 대비하여 서술어의 다양성 높아지고 행동 동사로 표현하여 측정 가능한 형태로 수정된 것은 긍정적으로 받아들일 수 있다. 하지만 우리에게 남겨진 과제도 있는데 그 중 한 가지는 교육과정 서술어 어미의 통일적 표기이다. 참고로 2015 개정 교육과정을 기준으로 과학과 교육과정과 수학과 교육과정을 보면 ‘설명할 수 있다’, ‘토의할 수 있다’라고 서술어가 표기되어 있다. 반면 사회과, 음악과, 국어과 교육과정을 보면 ‘읽는다’, ‘설명한다’, ‘발표한다’, ‘표현한다’로 표기되어 있다. 이러한 원인은 교육과정 개발 주관 기관에 따라 ‘~할 수 있다(한국과학창의재단)’, ‘~한다(한국교

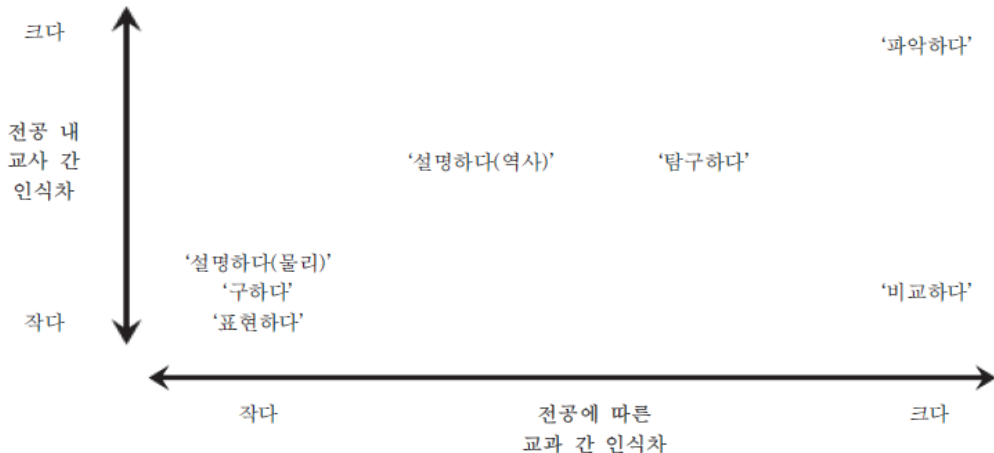


Fig. 4. Comparison of recognition differences between majors and between teachers (Byun et al., 2019)

육과정평가원)로 다르게 표기했기 때문이다. 교육부는 2009 개정 교육과정 이후 복수의 기관에게 교육과정 각론 개발을 맡기고 있는데, 이 과정에서 기관 간 상호 의사소통이 부족해 서술어의 어미가 다르게 개발되었다. 두 번째 과제는 서술어에 대한 교사의 인식 문제이다. 변태진 등(2019)은 물리 교사와 역사 교사 간 서술어에 대한 인식 차이가 존재함을 확인하였다. 해당 연구에서는 전공 간에 따른 인식차가 존재하는 경우도 있었지만, 같은 전공 내 교사 사이에서도 교육과정 성취 기준의 서술어를 교수학습 활동으로 전환할 때 인식의 차이가 큰 경우가 있었다. 해당 연구는 고등학교 교사를 대상으로 한 것이어서 이를 초등 교사를 대상으로 한 연구가 필요하다. 초등 교사의 서술어에 대한 이해가 교육과정 개발진의 의도가 다르거나 같은 내용을 가르치는 교사 사이에서도 다르게 인식된다면 교사 간 교수학습 방법의 큰 차이가 발생할 가능성이 내포되어 있다.

V. 맺음말

본 연구에서는 ‘제 7차 교육과정~2015 개정 교육과정까지 초등 물리 교육과정은 어떻게 변해왔는가?’와 ‘초등 과학과 교육과정과 관련된 쟁점은 무엇인가?’라는 두 가지 연구 문제에 대해 살펴보았다.

시대순으로 먼저 살펴보면 초등 물리 교육과정은 제7차 교육과정에서 2007 개정 교육과정으로 변화할 때 내용 변화의 폭이 가장 컸으며, 2009 개정 교육과정, 2015 개정 교육과정으로 최신 개정 교육과정으로 올수록 변화의 폭은 적었다. 제7차 교육과정에서 2007 개정 교육과정으로 진행될 때는 단위 수도 감소하였기에 전반적으로 큰 폭의 변화가 있었다. 영역별로 살펴보면 초등 물리 교육과정에서는 역학, 전자기학, 광학(파동 포함)이 많은 비중을 차지하고 있고 열역학 분야가 상대적으로 적은 비중(1개 대단원)으로 분포해왔다. 하나씩 살펴보

면 역학 영역은 ‘무게’와 ‘속력’ 개념은 교육과정 변화와 관계없이 꾸준히 제시되고 있는 개념이며, 에너지, 도구(도르래 등), 부력 개념은 교육과정 변화에 따라 변동이 있었는데, 주로 내용이 축소되거나 상위학교급으로 이동하였다. 전자기학 영역은 ‘자석’, ‘인력과 척력’, ‘전지, 전구의 연결’, ‘전자석’이 꾸준히 등장한 개념이고 큰 변화가 없이 단원의 병합 정도의 변화가 있었다. 광학 영역은 ‘빛의 직진(그림자)’ 분야만 거의 4차례 교육과정에서 일정한 내용 수준으로 등장하고, 다른 개념들은 제시 여부나 다루는 내용 수준의 변화가 상당히 큰 영역이었다. 소리는 제7차 교육과정에서 2007 개정 교육과정으로 변화할 때 빠졌다가 2009 개정 교육과정에서 다시 부활하고 2015 개정 교육과정에서는 다루는 개념 범위가 확장되었다. 반면 거울과 렌즈는 다루는 내용 수준이 축소되었는데 제7차에서 볼록/오목 렌즈, 볼록/오목 거울 모두 다루는 것에서 점진적으로 축소되어, 2015 개정 교육과정에 이르러서는 평면거울과 볼록렌즈만 다루고 있다. 열역학 영역은 ‘온도’와 ‘열의 이동’이 주요 개념이며, 2007 개정 교육과정 이후는 큰 변화가 없지만 열의 이동 중 ‘복사’ 개념이 들어왔다 나갔다 하는 것을 확인할 수 있었다.

다른 과학 분야도 비슷한 상황이겠지만 7차 이후의 초등 물리 교육과정은 전반적으로 내용이 축소되거나 어려운 개념들을 삭제하거나 상위 학년군(또는 학교급)으로 이동하는 형태로 변화가 이루어졌다. 이러한 변화는 초등학교 급에만 국한된 것이 아니라 중고등학교 급에도 그대로 적용되며 가장 최근까지도 일어나고 있는 일이다. 일반 상대성 이론, 돌림힘(토크), 슈뢰딩거 방정식이 어떤 과목의 성취기준에 있는지 2009 개정 교육과정과 2015 개정 교육과정을 비교가 하나의 예가 될 수 있다. 이렇게 내용이 축소된 것의 가장 큰 원인은 총론 차원에서 과학 수업 시간 수의 감소¹⁵⁾나 교육과정에 대한 사회적 요구¹⁶⁾에 따른 것이다. 연구자는 지속적인 내용 축소(다루는 개념의 범위 감소나 내용 깊이 수준이 알아짐)에 대해 심히 우려하는 바이다. 앞서 각 영역별 분석에서도 다루었지만 비교

¹⁵⁾ 2007 개정 교육과정이나 2009 개정 교육과정이 발표될 때는 학교 현장이 주 6일제 수업(토요일 수업)에서 주 5일제 수업(토요일 휴업)으로 전환되는 시기라 모든 교과에서 내용 축소가 불가피하게 이루어졌다.

¹⁶⁾ 2015 개정 교육과정을 개발할 당시 성취 기준을 30% 줄여 달라는 지침이 내려왔다. 이는 교육청, 단위학교, 교사의 교육과정 자율성(교육과정 재구성)을 부여하기 위해 교육과정의 여백이 필요하다는 이유였다.

대상으로 함께 학습하면 이점이 많은 오목 렌즈나 복사(radiation) 개념이 빠진 것은 상당히 아쉬운 대목이다. 바로 직전과 비교하면 한두 가지라고 생각할 수 있지만 이러한 내용축소가 지속적으로 누적되면 이전 세대와 학습 내용과의 격차가 매우 커진다. 제5차나 제6차 교육과정 시대에 학령기를 보내신 분들이 있다면 지금의 중고등학교 수학 교과서를 다시 보기를 권한다. 아마 자신이 배웠던 수학 교육과정과 많은 차이를 느낄 것이다. 더군다나 지금은 선택 교육과정 체제로 기하, 벡터, 미적분, 행렬 등은 아예 배우지 않고 고등학교를 졸업할 수도 있다.

초등 과학 교육과정 관련 쟁점으로 돌아와 논의해 보자. 첫 번째 쟁점으로 내용 적정성과 난이도에 대한 연구를 분석하였다. 김현정(2020)의 연구나 주형미 등(2020)의 연구를 보면 3~4학년 군에서는 난이도가 매우 적절하며, 5~6학년군 역시 몇몇 난이도가 상대적으로 높은 단원이 있지만 적절하다는 의견이 다수이다. 내용 요소 측면에서도 TIMSS 8학년 평가 기준과 비교할 때 우리나라의 과학과 교육과정에서 다루는 범위가 더 작다고 보고하고 있다. 즉 현 교육과정 수준에서는 내용을 더 빨 것이 아니라 다른 나라 학생들은 배우는데 우리나라 학생들은 배우지 않는 것이 없는지 점검할 시점에 왔다는 것이다. 두 번째는 수학 교과와의 연계성 문제였다. 수학과 교육과정에서는 g, kg을 무게의 단위로 사용하고 있다고 보고하였다. 반면 초등 과학 교과서에서는 g중, kg중, N을 무게의 단위로 표시하고 있다. 초등학교 급에서 무게와 질량의 구분의 논쟁은 별도로 이루어져야겠지만, 교과서 상의 통일은 수학교육자와 협의가 반드시 필요하다고 생각한다. 세 번째는 누리과정, 초등 1, 2학년 통합 교육과정 연계 문제에 대해 논의했고, 네 번째는 성취 기준 서술어에 대한 연구들을 정리하였다. 세 번째와 네 번째 쟁점의 가장 좋은 해결책은 과학 교육 연구자들의 관심이라 생각한다. 관심을 가지는 사람의 수가 절대적으로 적기에 미완의 문제로 남아 있을 뿐 이 부분에 대한 문제의식을 가진 사

람의 수가 늘면 예상보다 빠르게 해결될 수 있는 부분이라고 판단된다.

이 글을 작성하면서 ‘내가 이런 주제의 글을 작성할 자격이 있나?’라는 자성적 질문을 수없이 되풀이하였다. 연구자는 2015 개정 과학과 교육과정에 개발진으로 참여하였다. 이 사실 하나만으로도 비판의 대상이 될 수 있고, 내 자신이 스스로 던지는 질문에 대한 비판에서도 자유롭지 못하다. 당시를 회상하자면 교육과정과 관련해 ‘전쟁터’에 비유될 만큼 이슈가 많았고, 우리나라에서 교육과정 체계가 시작된 이래로 처음으로 문이과 통합형 교육과정을 표방하며 설계된 교육과정이었기에, 통합과학, 통합사회 교과 개발에 많은 인력과 시간이 투입되었다.¹⁷⁾ 2014년 12월부터 2015년 10월까지 물리학 분야만 15회에 걸친 회의가 진행되었고(심지어 대부분의 회의는 일요일 오전부터 저녁까지 진행되었다), 교과 영역 회의와는 별도로 학교급별로 초·중·고·전문교과 팀 회의가 진행되었고, 통합과학 역시 별도 TF팀이 존재하였다. 이렇게 고생하여 참여하였지만, 모든 사람들에게 환영받을 수 있는 결과물은 되지 못한 것 같다. 개인적으로는 7년이 지난 현 시점에서 돌아볼 때 내 자신 스스로가 부족했고, 조금 더 공부했어야 했다고 생각된다. 개인 스스로가 역량이 부족했음을 인지하며, 내 자신이 현 교육과정에 대한 비판적 분석에서 자유롭지 못함에도 이 글을 쓰게 된 가장 큰 동인은 당시 교육과정을 개발에 참여할 때 ‘2009 개정 교육과정 이후 과학과 교육과정과 관련하여 정리된 연구가 있으면 좋겠다’라는 생각이 머릿속 한편에 맴돌았기 때문이다. 교육과정 개발진에 참여하는 순간, 빠듯한 일정으로 인해 교육과정과 관련된 연구를 일일이 찾아가면서 선행 연구를 정리하고 숙고할 시간이 충분하지 않기 때문이다. 부족하나마 본 연구가 현재 2022 개정 교육과정을 개발하느라 땀 흘리고 계신 분들께 조금이나마 도움이 될 수 있는 기초 자료가 되기를 희망한다.

17) 2015 개정 교육과정에서는 이전 교육과정에 없었던 통합과학, 통합사회, 과학탐구실험이라는 신설교과가 만들어졌다. 통합과학은 이전의 융합과학(2009 개정), 공통과학(6차 교육과정)과 비교하여 과목 신설 배경이나 교육 목표가 달랐고, 개발과정에서 물리, 화학, 생명과학, 지구과학 전공자들의 협치가 필수적인 과목이었다. 같은 시기에 개발되고 4개의 전공이 융합된 과목이라는 측면에서 통합사회와 통합과학은 개발과정이나 운영 측면에서 비슷한 수준의 어려움이 있을 것으로 예상하기 쉽지만, 통합사회의 전공별 내용 비중이나 가르치는 교사의 전공 문제는 통합과학이 가진 어려움의 수준이나 문제 성격과 다소 차이가 있다(차조일 등, 2019).

참고문헌

- 곽영순(2016). 과학과 역량중심 교육과정. 교육과학사.
- 곽영순, 구자옥, 김미영, 손정우, 노동규(2013). 미래 사회 대비 국가 수준 교육과정 방향 탐색: 과학 (CRC2013-23). 한국교육과정평가원.
- 곽향림(2006). 초등과학교육과의 연계를 위한 유아과학 교육내용에 관한 연구. 유아교육학논집, 10(3), 211-236.
- 교육과학기술부(2009). 초·중등학교 교육과정 총론. 교육과학기술부 고시 제2009-41호 [별책 1]. 교육과학기술부.
- 교육과학기술부(2011). 과학과 교육과정. 교육과학기술부 고시 제2011-361호 [별책 9]. 교육과학기술부.
- 교육부(1997a). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제1997-15호 [별책 9]. 교육부.
- 교육부(1997b). 초등학교 교육과정 총론. 교육부 고시 제1997-15호 [별책 2]. 교육부.
- 교육부(2015a). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제2015-74호 [별책 9]. 교육부.
- 교육부(2015b). 초·중등학교 교육과정 총론. 교육부 고시 제2015-74호 [별책 1]. 교육부.
- 교육부(2015c). 수학과 교육과정 총론. 교육부 고시 제2015-74호 [별책 8]. 교육부.
- 교육부(2017a). 초등학교 과학 4-1 교과서. 교육부.
- 교육부(2017b). 초등학교 수학 3-2 교과서. 교육부.
- 교육부(2021). '2022 개정 교육과정' 총론 주요사항 발표: 더 나은 미래, 모두를 위한 교육. 2021.11.24. 보도자료.
- 교육인적자원부(2007a). 과학과 교육과정. 교육인적자원부 고시 제2007-79 [별책 9]. 교육인적자원부.
- 교육인적자원부(2007b). 초등학교 교육과정. 교육인적자원부 고시 제2007-79 [별책 2]. 교육인적자원부.
- 김도훈, 한경희, 장덕호(2016). 2030 미래사회 인재상 및 핵심 과학역량 마일스톤 연구. 한국과학창의재단.
- 김동국(2013). 초등 사회과 역사영역 성취기준 분석에 따른 대안 제시. 역사교육연구, 17, 47-86.
- 김민정(2014). 역사과 교육과정 내용체제의 대강화와 성취기준 제시 방식에 대한 재검토. 사회과교육연구, 21(3), 1-13.
- 김윤화, 유준희(2019). 자생적 온라인 교사 공동체의 질문분석을 통한 초등교사의 과학 교수 관련 어려움 탐색 -인디스쿨의 물리 관련 질문 게시글을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 39(1), 73-88.
- 김인숙, 장정운(2016). 도시와 농촌지역 초등학생들의 굴절상태 비교에 관한 연구. 한국안광학회지, 21(2), 147-152.
- 김정애, 노석구(2003). 제7차 교육과정에 따른 초등학교 3, 4학년 과학 교과서의 체제와 내용에 대한 인식 조사. 초등과학교육, 22(1), 37-50.
- 김주희, 강은주, 박종호(2021). 유치원과 초등학교 교육 과정에 나타난 과학교육 내용의 연계성 분석, 40(3), 295-310.
- 김현정(2020). 2015 개정 과학과 교육과정 초등학교 3~4학년 운영 실태 분석. 현장과학교육, 14(3), 307-320.
- 동효관, 하소현, 김용진(2015). 미국 차세대과학표준(NGSS) 수행기대와 한국 과학교육과정 성취기준의 비교 분석. 교육연구, 64, 95-125.
- 박은규(2008). 초등학생들의 굴절이상과 시력과의 관계. 한국안광학회지, 13(4), 141-143.
- 박준형, 전영석(2020). 초등학교에서 무게와 질량 단위 도입의 문제에 대한 고찰, 새물리, 70(7), 603-612.
- 변태진(2021). 과학과 역량 및 기능 체계화 방안에 대한 연구. 학습자중심교과교육연구, 21(17), 545-564.
- 변태진, 이해영, 김종운(2019). 물리와 역사 교육과정 성취기준 서술어에 대한 물리 교사와 역사 교사의 해석 비교 연구. 교육과정평가연구, 22(3), 61-86.
- 송진웅, 강석진, 곽영순, 김동진, 김수환, 나지연, 도종훈, 민병곤, 박성춘, 배성문, 손연안, 손정우, 오필석, 이준기, 이현정, 임혁, 정대홍, 정용재, 정종훈, 김진희(2019). 미래세대 과학교육표준. 서울: 한국과학창의재단.
- 신상민(2012). 초등학교 7차 교육과정과 2007년 개정교육과정의 과학 교과서 물리 영역 비교 분석. 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 이재봉, 남경운, 손정우, 이성목(2004). 광선추적과 스펙트럼에 대한 교사와 중학생의 개념 유형 분석. 한국과학교육학회지, 24(6), 1189-1205.
- 이재영, 조경진(2022). 제4차 표준보육과정, 2019 개정 누리과정, 2015 개정 초등학교 통합교과과정 과학교육 내용의 연계성 분석. 미래유아교육학회지, 29(1), 105-132.
- 장영록, 강남화, 강석철, 고선영, 곽영순, 권홍진, 김기상, 김명화, 김순옥, 김윌, 김재우, 김해동, 김현경, 김현정, 나지연, 민병욱, 박권태, 박병철, 박상희, 박선영, 박창용, 박현주, 방담이, 변태진, 손정우, 송진웅, 신영준, 심규철, 안종재, 안필현, 오상욱, 오원근, 윤혜경, 이기영, 이명제, 이미경, 이미하, 이양락, 이용철, 이인호, 이준규, 이한민, 이현숙, 임혁, 장신호, 전화영, 정원선, 좌용주, 최임정, 최중철, 최현동, 최호성, 현종오, 홍준의, 황의욱, 황인신(2015). 2015 과학과 교육과정 시안 개발 연구. 한국과학창의재단.
- 전승준, 고훈영, 이영식, 곽영순, 최성연, 강훈식, 박민아(2017). 모든 한국인을 위한 과학 개발. 한국과학창의재단.
- 정미경, 김경자(2006). 교사의 교육과정 변화 능력(change

- capacity) 함양을 위한 적응적 전문성(adaptive expertise) 신장방안. *교육과학연구*, 37(3), 25-45.
- 조광희(2015). 초, 중학교 과학과 교육과정의 내용 진술에 사용된 서술어 비교: 제7차 교육과정 이후를 중심으로. *과학교육연구지*, 39(2), 239-254.
- 조현국(2021). 2015 개정 과학과 교육과정의 에너지 관련 내용에 대한 과학적 관점에서의 접근: 초등학교 3~6학년 군을 중심으로. *에너지기후변화교육*, 11(3), 321-333.
- 주형미, 김중윤, 배화순, 변희현, 유금복, 서지영, 장근주, 박소영, 배주경(2020). 2015 개정 교육과정에 따른 초, 중학교 교과 교육내용의 적정성 분석: 수학, 과학(RRC 2020-6-2). 한국교육과정평가원.
- 차조일, 안유민, 변태진(2019). 통합사회, 통합과학 교수 학습 및 평가 개선 방안 모색(RRI 2019-2). 한국교육과정평가원.
- 최성진, 조성연(2015). 0-2세 표준보육과정, 3-5세 누리과정, 초등 통합교과과정 과학교육내용의 연계성 분석. *교과교육학연구*, 19(1), 69-91.
- 최혜운(2020). 2019 개정 누리과정과 초등학교 통합교과과정 과학교육 내용의 연계성 분석연구: 과학개념을 중심으로. *학습자중심교과교육연구*, 20(16), 341-363.
- 태진순, 윤은정, 박윤배(2015). 한국, 미국, 싱가포르 물리 교과서의 학습목표에 사용된 서술어 비교. *한국과학교육학회지*, 35(3), 375-382.
- 황윤세(2012). 유치원과 초등학교의 새 교육과정에 대한 통합적 관점에서의 연계성 분석. *유아교육연구*, 32(5), 569-345.
- Ausubel, D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Kluwer Academic Publishers. ISBN 9780792365051.
- National Research Council (NRC) (2013). *Next generation science standards*. Washington, DC: National Academies Press.
- OECD (2003). *Definition and selection of competencies: Theoretical and conceptual foundation*. OECD Press.
- Redish, E. F. (2005). Problem solving and the use of math in physics courses. *World View on Physics Education in 2005: Focusing on Change*, 21-26 Aug, Delhi.
- Wallace, J., & Louden, W. (2002). *Dilemmas of science teaching perspectives on problems of practice*. Routledge.