

STEM 소양과 역량을 위한 과학과 교육과정 개정 방향¹⁾

송진웅

(서울대학교 물리교육과, jwsong@snu.ac.kr)

1. 도입

가. 과학과 교육과정 개정의 맥락

□ 과학과 교육과정 개정의 방향은 무엇이어야 하는가?

- 1960-70년대 미국/영국 등의 과학교육과정 혁신의 핵심 주제는 “아이러니컬하게도, 과학은 과학으로서 가르쳐져야 한다. (It is, ironically enough, that science is taught as science.)” (J. J. Schwab, 1962:4-5)는 것이었다.
- 여기서, ‘과학다운 과학’은 과학자들이 수행하는 탐구로서의 과학이며, 학교 과학교육은 ‘탐구로서의 과학’을 학생들로 하여금 제대로 경험하고 학습하게 하는 것이라는 믿음에 기초하고 있다.
- 그럼, 21세기를 살아가야 할 미래의 시민들에게는 어떤 과학을 어떻게 가르치고 경험하게 할 것인가? 과학은 이미 순수 자연과학으로부터 통합적인 과학 그리고 교과외 경계를 허무는 STE(A)M으로 변화하였으며, 교사와 학생이 있던 닫힌 교실 공간에는 이미 인터넷과 AI가 매개하는 초연결의 학습 공간으로 급속하게 변화하고 있다.

□ 흔히 국가 교육과정 개정의 장면을 ‘전쟁터’ 비유한다.

- 아군과 적군이 대치한 치열한 전장에서 필사의 각오로 경쟁하는 상황을 비유하는 것으로, 그렇다면 왜 사람들은 교육과정 개정에 목숨을 걸고 임하는가?
- 흔히 집단이기주의를 탓하지만, 사실은 각 교과에 대한 신념과 철학 간의 충돌이며, 그래서 결코 물러설 수 없으며 절충과 타협이 대단히 어려울 수밖에 없다. 이러한 차이를 이해하고 서로 다른 입장과 의견을 조정해 가는 것이 교육과정 개정의 출발점이 되어야 할 것이다.

□ (과학) 교육과정의 개정에서 아군은 누구이고, 적군은 누구인가? 이는 각 장면마다 다를 수 있다.

1) 이하의 내용은 송진웅(2020). “과학과 교육과정의 과제와 지향”. 조영달 등(2020), 한국 교육과정 개정의 성찰 -2015 교육과정 개정의 역학과 새로운 지향의 탐색- (서울대학교 교육종합연구원 연구총서1), 교육과학사, 157-180.

- (총론개발의 장면) 교육과정 전문가 vs. 교과교육 전문가
- (시수배분의 장면) 교육과정 전문가 vs. 타교과 전문가 vs. 과학과 전문가
- (학교과학의 장면) 과학교육학자 vs. 과학기술자 vs. 과학교사 vs. 관료 (교육부, 평가원, 창의재단)
- (각론개발의 장면) 초등 vs. 중등, 물 vs. 화 vs. 생 vs. 지, 과학교육연구자 vs. 과학 교사
- 교육과정 개발의 각 단계에서 적과 동지의 역할은 끊임없이 변화하고 뒤바뀐다. 결국 교육과정의 개정은 집단간 소통, 협의 그리고 타협의 과정일 수밖에 없다. 그리고 이러한 과정은 (과학) 교육과정을 균형 잡히고 실행가능하게 만드는 기초가 될 것이다.

나. 2015 과학과 교육과정의 특징²⁾

- 2015 과학과 교육과정 개정의 구조적 측면의 특징 (참고: 교육부, 2015).
 - 2015 개정 교육과정은 ‘창의융합형 인재’가 갖추어야 할 ‘일반 핵심역량’ 6가지 (지식 정보처리 역량, 창의적 사고 역량, 공동체 역량, 의사소통 역량, 심미적 감성 역량, 자기관리 역량)을 도입하였다.
 - 이에 더하여, 과학과 교육과정에서는 5개의 과학과 핵심역량 (과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생학습 능력)을 도입하였다.
 - 대체적으로, 3 - 9학년의 ‘과학’에는 큰 변화 없었다. 다만, 학년별 ‘통합단원’들이 좀 더 적극적으로 도입되었다 (3-4학년군: 물의 여행; 5-6학년군: 에너지와 생활; 중학교: 과학과 나의 미래, 재해·재난과 안전, 과학기술과 인류 문명).
 - 10학년(고1)에서 가장 큰 변화가 있었으며, 통합과학(8단위), 과학탐구실험(2단위)의 도입이 그것이다.
 - ‘통합과학’은 전통적인 물/화/생/지 내용을 통폐합 및 융합하여, ‘물질과 규칙성’, ‘시스템과 상호작용’, ‘변화와 다양성’, ‘환경과 에너지’의 4개 영역으로 구성되었다.
 - ‘과학탐구실험’은 “과학탐구 활동과 체험 그리고 산출물 공유의 경험을 제공하는 과목”으로서, “학생들이 즐겁게 실험 활동을 할 수 있도록 워크북 형태로 구성하여 성취감, 즐거움, 흥미를 느낄 수 있게” 하기 위해, ‘역사 속의 과학탐구’, ‘생활 속의 과학탐구’, ‘첨단 과학탐구’의 3부분으로 구성되었다. (교육부, 2015; 113)
 - 11-12학년(고2-3)을 대상으로 일반선택과목 4개 (물리학1, 화학1, 생명과학1, 지구과학1), 진로선택과목 7개 (물리학2, 화학2, 생명과학2, 지구과학2, 과학사, 생활과 과학)

2) 2015 과학과 교육과정에 대한 보다 상세한 내용은 다음을 참고하기 바람: 송진웅, 나지연 (2015). 2015 과학과 교육과정 개정의 주요 방향 및 쟁점 그리고 과학교실문화. 현장과학교육, 9(2), 72-84.

학, 융합과학), 전문교과 12개 (고급물리학, 고급화학, 고급생명과학, 고급지구과학, 물리학실험, 화학실험, 생명과학실험, 지구과학실험, 정보과학, 융합과학탐구, 과학과제연구, 생태와 환경)을 제공하고 있다.

□ 정의적 영역을 강조하는 목표의 도입

- 1980년대 이후 국내외 학교 과학교육의 주요 목표는 일반적으로 크게 지식, 탐구, 태도, STS (science-technology-society) 4가지였다.
- 우리나라 과학교육과정의 4대 주요 목표는 제7차 개정, 2007 개정, 2009 개정 등에서 과학적 개념의 이해 (지식) → 과학 탐구 능력 (탐구) → 흥미·호기심·태도 (태도) → 과학기술사회(STS) 관계의 이해 순이었다.
- 2015 과학과 교육과정의 총괄목표는 “자연현상과 사물에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 ...”로 설정하고 있으며, 이에 따른 세부 목표의 첫 번째 항목은 “가. 자연현상에 대한 흥미와 호기심을 갖고, 문제를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다. ...”로 정하였다.
- 과학에서의 이러한 정의적 영역(흥미, 호기심, 태도 등)의 일차적 강조는 TIMSS, PISA 등 국제비교연구들에서 지속적으로 심각하게 지적되었던 우리나라 학생들의 높은 성취도와 낮은 정의적 영역 사이의 간극 문제(Song, 2013; 이미경 등, 2007)을 우선적으로 해결하기 위한 의지의 표현이었다.

□ 과학의 평생학습을 위한 목표 및 교과역량의 도입

- 2015 과학과 교육과정에서는 그 마지막 (다섯 번째) 세부 목표로 “마. 과학 학습의 즐거움과 과학의 유용성을 인식하여 평생 학습 능력을 기른다.”를 역사상 처음으로 포함시켰다.
- 이는 학교 과학학습의 경험을 바탕으로 이후 시민으로서 성장한 이후에도 지속적으로 과학을 공부하고 실천하는 능력과 자세를 갖추어야 함을 강조하는 것이다. 100세 시대 미래사회에서 고등학교 졸업 이후에도 80년 이상을 더 생활해야 하고 또 그러한 미래사회는 4차산업혁명, 초연결, 빅데이터, AI 등으로 더욱 과학기술에 의존하는 사회가 될 것임을 염두에 둔 것이었다.
- 이러한 과학에 대한 평생학습 능력의 강조는 과학과 핵심역량에도 반영되어 있는데, 2015 과학과 핵심역량 5가지에는 ‘과학적 참여와 평생학습 능력’이 설정되어 있다. 학교 과학과 교육과정에서의 이러한 “평생학습능력”의 강조는 국제적으로 그 선례를 찾아보기 어려운 혁신적 시도라 할 수 있겠다.

□ 핵심개념 중심의 내용 체계표 도입과 통합과학적 접근

- 2015 과학과 교육과정에서는 핵심개념을 중심으로 3-12학년에서 학습하게 될 과학 개념의 내용을 일목요연하게 정리한 ‘내용 체계표’를 도입하였다. 예를 들어, ‘물리학’은 크게 ‘힘과 운동’, ‘전기와 자기’, ‘열과 에너지’, ‘파동’, ‘현대물리’ 등 5개의 영역으로 구성되고, 이 중 ‘힘과 운동’은 다시 ‘시공간과 운동’, ‘힘’, ‘역학적 에너지’의 3개 핵심개념으로 구성되며, 각 핵심개념은 다시 1-3개의 ‘일반화된 지식’으로 구성되었다.
- 그리고 각각의 일반화된 지식의 내용들이 초등 3-4, 초등5-6, 중학교 1-3, 고등 물리학1 및 물리학2에서 각각 어떻게 포함되는지를 하나의 큰 표로 제시하고 있다.
- 하지만, 고등학교 1학년의 ‘통합과학’의 물리학 내용들은 이러한 내용 체계표에 별도로 표시되어 있지 않아서 활용하기에 상당한 불편함이 있다. 이는 통합과학이 중학교까지 배운 과학 내용을 기초로 새로운 개념의 도입 없이 과학에 대한 기본 학습을 추구한다는 당초의 도입 취지와 관련이 있다.
- 2015 과학과 교육과정의 내용적 구성에서의 또 다른 중요한 특징은 ‘통합과학적 접근’이다. 이는 초등학교 및 중학교 단계에서는 ‘통합단원’의 도입으로, 고등학교 단계에서는 ‘통합과학’ 및 ‘과학탐구실험’ 과목에서의 ‘통합적 구성’의 방식으로 구현되었다.
- 통합과학에서는 4개의 단원구성(즉, 물질과 규칙성, 시스템과 상호작용, 변화와 안정성, 환경과 에너지)으로, 과학탐구실험에서는 3개의 영역(즉, 역사 속의 탐구, 생활 속의 탐구, 첨단과학 탐구) 형태로 구성되어 있다.

2. 과학과 교육과정 개정의 과제

가. 목표의 문제: 지식인가, 태도인가, 참여인가?

- 하락세를 보이는 과학 성취도의 수준 (단, PISA 2018에서는 다소 순위가 회복됨: 6-10위)
 - TIMSS 비교 연구: 1995년 4위 → 1999년 5위 → 2003년 3위 → 2007년 4위 → 2011년 3위 → 2015년 4위 (송진웅·나지연 2018)
 - PISA 비교 연구: (15세 학생 대상) 2003년 4위 → 2006년 7-13위 → 2009년 4-7위 → 2012년 5-8위 → 2015년 9-14위
- 여전히 세계 최저 수준의 정의적 영역
 - 2015 TIMSS에서, 우리나라 초등학교 4학년의 경우 과학에 대한 자신감 47위/47개국, 과학 학습에 대한 흥미 39-42위/47개국. 중학교 2학년의 경우 과학에 대한 자신감 27위/29개국, 과학 학습에 대한 흥미 29위/29개국로 나타났다.

- 과학(학습)에 대한 부정적 태도와 낮은 흥미는 100세 고령사회에서는 더욱 심각한 문제가 아닐 수 없다. 이런 상황에서 ‘하기도 싫고 자심감도 없는’ 과학 공부를 더 이상 지속할 이유가 없는 고등학교 (실질적으로는 중학교) 이후에 학생들이 스스로 과학 공부를 지속하겠는가?

□ **자발적인 참여와 실천이 없다면, 유의미한 과학학습은 불가능함**

- 우리나라의 과학교육은 대개 상급학교 진학용이거나 직업과 진로를 위한 준비과정이었다.
- 때문에, 학생 자신들의 일상생활이나 개인적 사회적 문제해결에 과학학습의 경험을 적용해 본 경험은 매우 부족하다. 즉, 과학은 학생들 자신의 삶과 괴리되어 있으며, 그만큼 과학을 배울 이유는 찾기 어려운 상황이다.
- 하지만, 초연결 및 디지털 혁명이 일상적으로 일어나는 미래사회에서 참여와 실천이 동반되지 않는 지식의 습득과 태도의 함양은 거의 불가능하거나 무의미하다. ‘참여와 실천’은 지식과 태도의 학습에 기본이 된다.

나. 주체의 문제: 누가 교육과정 개정을 주도할 것인가?

□ **주체에 따라 영향을 받는 교육과정 개정의 방향**

- 교육과정 개정에 참여하는 과학계 내의 이해당사자는 다양하다 (과학교육연구자, 과학기술계, 과학교사, 교육관료 등).
- 2009 및 2011 개정에서는 학교 과학교육의 비판적 관심이 많았던 과학자 그룹이 개정의 주도권을 가지고 진행된 바 있다. 이때 과학 내용의 혁신과 현대화가 과학과 교육과정 개정의 주된 초점이었다. (예: 우주의 탄생과 현대과학 내용이 강조된 ‘융합과학’의 도입과 Big Idea 중심의 내용 재편)
- 2015 개정에서는 과학교육 전문가(과학교육자 및 과학교사)가 개정의 중심축을 이루었고, 이때에는 상대적으로 학교 과학교육의 지향, 교육내용의 재구조화와 체계성, 현장 적용 가능성 등이 중요하게 고려되었다. (예: 적당한 수준의 융합과 체계성을 갖춘 통합과학의 내용구성, 과학탐구의 본성과 실행이 강조된 과학탐구실험의 도입)

□ **법적 구속력을 갖는 국가 교육과정 개정의 기초**

- 의견이 다른 다양한 집단들이 공동 작업하는 것은 미래지향적이고 현장적용성이 높은 교육과정 개발의 필수 요건이다. 특히 이러한 현장적용성은 법적 구속력을 갖는 국가 교육과정의 성격상 매우 중요한 고려사항이다.

다. 소통의 문제: 총론과 각론은 어떤 관계이어야 하는가?

□ 2015 이전의 교육과정 개정에서의 상황

- 교육과정 학자들로 구성된 소위 ‘총론 연구팀’에서 새로운 국가 교육과정의 방향성, 특징, 교과별 상대적 비중, 시수, 교육과정 문서틀 등을 결정하고, 이를 각론 개발팀에 전달하는 top-down 방식이었다.

□ 2015 교육과정 개정에서의 상황

- 총론 연구팀에 해당하는 ‘국가교육과정개정연구위원회’에 일부 핵심 교과 전문가들이 처음부터 참여함. 총론과 각론 사이의 민주적 소통이 상당히 향상되었다.
- 그리고 각론 개발 과정에서 총론 수준의 공통 핵심역량의 개발 및 교육과정 문제체제의 결정이 각론팀에서의 교과별 핵심역량 개발 및 성취기준 등의 개발과 거의 동시에 이루어졌다 (일종의 bottom-up 방식).
- 이 때문에, 총론-각론 간의 소통의 민주성과 쌍방향적 소통은 많이 개선되었으나, 교육과정 개발의 전체 과정에 있어 새로운 절차 및 효과적인 의사소통을 위해 많은 시간과 노력을 집중해야 했던 비효율성이 심각하게 부각되었다. 또한, 총론의 공통 핵심역량과 각론의 교과 핵심역량 간의 개념적 위계, 교과간 중복성과 차별성, 교과별 핵심역량의 통일성 등등에 있어 많은 어려움을 겪었다.

□ 2015 교육과정 개정에서의 총론-각론 관계

- 이러한 현실 속에서, 과학과 5개 핵심역량 (과학적 사고력, 과학적 탐구능력, 과학적 문제해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생학습 능력)은 총론 수준의 6개 핵심역량과 유의미한 연계를 전혀 갖지 못한 상태에서 개발되었다.
- 또한, 과학과에서는 총론팀에서 제시하는 교육과정 문서양식에 맞춰 8개의 (교과)기능을 제안한 바 있다 (문제 인식, 탐구 설계와 수행, 자료의 수집·분석 및 해석, 수학적 사고와 컴퓨터 활용, 증거에 기초한 토론과 논증, 결론 도출 및 평가, 의사소통).
- 문제는 이러한 ‘기능’의 정확한 성격과 개념에 대한 합의가 이루어지지 못하였다는 점이다. 특히, ‘기능’은 ‘교과 핵심역량’과 어떤 관계이어야 하는가? ‘기능’은 학생의 교수학습 활동을 말하는가? 또는 과학과에서 강조되어 왔던 ‘과학탐구기능’과는 어떤 관계인가? 등등의 과학 교과교육에서의 개념적 기초와 관련되는 여러 논쟁점들이 드러났다.

라. 자유도의 문제: 교육과정의 서술은 얼마나 상세해야 하는가?

□ 2015 교육과정에서의 성취기준

- 학교 현장에 미치는 영향력에 있어 ‘성취기준’은 교과서 개발, 내신 평가, 수능시험 등 학교 현장의 실질적인 교수학습 활동과 학생들의 학습에 대해 매우 큰 영향력을 미치는 부분이다.
- 그런데, ‘성취기준’에는 단원별로 단원의 명칭, 내용 요약, 성취기준 목록, 탐구 주제 및 활동(예시), 학습요소, 성취기준 해설, 교수·학습 방법 및 유의 사항, 평가 방법 및 유의 사항 등 해당 내용의 수준과 관련 탐구 활동 그리고 학습지도 방식 등에 대한 구체적인 사항들이 모두 담겨 있다.
- 이처럼 국가 수준의 교육과정에 포함된 성취기준에 어떤 내용을, 어떤 탐구 활동을 통해, 어떤 교수·학습 방법으로, 어떤 평가 방법과 함께 가르쳐야 함을 매우 구체적이고 치밀하게 규정하고 있다.

□ 교육과정 대강화의 필요성

- 이러한 상황에서 다양한 특징의 교과서 집필과 차별화된 개인별·수준별 수업 그리고 창의적이고 융합적인 교수학습 활동은 원천적 불가능하다. 실질적으로 이는 전국의 과학 수업을 교사와 학교의 창의적 재구성과 다양성을 봉쇄하는 EBS 스타일로 옥죄는 역할을 하게 된다.
- 소경희(2015)는 2015 교육과정의 쟁점으로서 ‘강한 교수법적 제시’를 비판하면서, “특정 학교의 맥락에서 교사들에 의해 만들어지고 학생들이 경험한 교육과정, 즉 학교 교육과정은 국가가 제시한 틀보다 더 풍성하고 심오한 것이 될 수 있으며, 실제로 그러해야 한다”(소경희, 2015: 201)고 지적하였으며, 이는 국가 교육과정의 대강화 필요성에 대한 언급이다.

마. 내용의 문제: 융합적 과학교육을 어떻게 달성할 것인가?

□ 과학과 교육과정에 대한 외부의 비판

- 통상 과학과 교육과정의 개정에 대해 외부로부터 제기되는 가장 큰 비판은 물/화/생/지 사이의 4등분 전통이며, 이를 반드시 극복해 달라는 것이 핵심 요청 사항이다. 사실, 획일적인 4등분의 방식은 과학의 내용적 측면에서나 아동의 인지 발달적 측면에서나 결코 합리적이지 않다. 과학의 대상이 되는 자연현상도 그러하지 않으며, 과학적 현상에 대한 효율적 이해도 그러하지 않을 것이다.
- 외부로부터 강하게 제기되는 또다른 요청사항은 (특히 2015 개정에서는 매우 강하게) 물/화/생/지의 벽을 허물고 융합적/통합적으로 과학 교과의 내용을 구성해 달라는 것였다. 하지만, 과학은 학문적 특성 때문에 개념의 위계성과 순차성이 매우 강한 특징

을 갖는다. 과학 개념의 계열성과 순차성을 무시한 획일적인 융합과 통합은 비효적일 뿐만 아니라 불가능한 것이 사실이다.

□ 현실적이고 효과적인 대안의 탐색

- 과학과 교육과정 개정의 핵심 문제는 “4등분 전통을 극복하고 융합적/통합적 접근을 위한 현실적이고 효과적인 대안이 무엇인가?”이다.
- 이에, 단원 또는 중단원 수준에서 개별 과학 분야의 계열성과 순차성을 지킴으로써 교수학습의 효율성을 유지하면서도 동시에 전체적으로는 자연현상과 과학탐구의 융합적/통합적 성격을 보일 수 있는 최적의 솔루션을 찾는 것이 현실적으로 매우 중요하다.
- 또한, (과학을 하나의 과목으로 배우는) 중학교와 10학년 수준에서는 물/화/생/지의 학문적 특성과 인접 분야와의 연계성 그리고 학생들의 학습효율성 등을 고려하여, 획일적 학년별 4등분의 전통을 극복할 수 있는 효과적 해결방안을 찾는 것이 중요하다. 이는 단일 전공의 전문가로 양성된 과학 교사들이 학교 현장에서는 나머지 과학 과목들을 가르쳐야 하는 문제점의 해결방안이 될 수도 있을 것이다.
- 뿐만 아니라, 대학의 과학교사 양성과 임용시험 등에서 최소한 과학의 2개 전공 이상을 공부할 수 있는 복수/부전공의 도입 또는 통합과학 교육이 대폭 강화되는 방향으로의 변화가 뒤따라야 할 것이다.

3. 2022 과학과 교육과정 개정의 방향

이상의 논의들과 ‘고교 학점제’를 지향하는 2022 교육과정의 특징을 종합적으로 고려할 때, 차기(과학과) 교육과정의 개정은 다음과 같은 방향성을 갖는 것이 필요할 것으로 판단된다.

□ 각론 개발 전, 각론팀과의 협의를 통해, 총론의 전체적인 방향성이 결정되어야 한다.

- 각론 개발의 기초가 되는 핵심역량의 개념적 정의, 공통 핵심역량, 공통 및 교과별 핵심역량의 관계, 교육과정 진술 양식, 교육과정 포함 요소 등에 결정이 미리 결정되어야 할 것이다.
- 물론 이러한 과정은 총론팀과 각론팀 간의 민주적이고 효율적인 의견수렴을 통해 이루어져야 하며, 그 결과는 각 교과의 학문적 특수성 및 차별성을 담아낼 수 있는 유연한 구조일 필요가 있다.

□ 과학과에서 목표, 핵심역량, 기능, 탐구과정 등에 대한 개념적 관계가 미리 이루어져야 한다.

- 전통적으로 우리나라 과학과 교육과정에서는 넓은 의미의 과학탐구의 “과정” 또는 “기능”의 개념을 사용해 왔으며, 이는 2015에서 도입되었던 교과 핵심역량, 기능 등과 중첩되는 부분이 많다.
- 총론 단계에서 핵심역량, 공통 핵심역량과 교과 핵심역량의 관계, 기능, 일반화된 지식 등에 대한 의사결정이 이루어지면, 이어서 이러한 총론 단계에서의 방향성과 개념적 논리적으로 잘 어울리는 과학과의 관련 하위 개념과 요소들에 대한 체계적 개발과 개념화가 이루어질 수 있을 것이다.

□ 저출산·고령화의 사회 변화를 대비한 개정이어야 한다.

- 우리나라 합계출산율은 0.92명(2019년 기준)은 세계 203개국 중 꼴찌이고, 저출산 문제는 우리 교육이 직면하고 있는 가장 심각하고도 긴급한 문제이며, 이는 현재 진행 중인 디지털 혁명과 COVID19에 따른 비대면 교수학습보다 더 지속적인 현상일 수 있다. 이러한 저출산의 상황에서, 새로운 과학 교육과정은 “모든 학생”의 창의력과 역량을 “세계 최고 수준”으로 이끄는 것을 구체적인 목표로 삼아야 할 것이다.
- 고령화 속도 역시 세계 최고임. 지금의 아동들은 고등학교를 마치고도 80-100년 더 살아가야 하고, 미래사회의 과학기술혁신을 더욱더 가속화될 것임. 이러한 이유에서 새로운 과학 교육과정은 (2015에서 새로 추가된) 과학 평생학습의 목표를 더욱 구체적으로 실현할 수 있는 모습일 필요가 있다.

□ 초연결, 빅데이터, AI 등 디지털 혁명을 담아내는 개정이어야 한다.

- 디지털 혁명은 과학기술은 물론 모든 인류의 일상을 지배하는 거대 변화이다. 과학 교육과정의 목표, 내용, 교수학습 활동, 평가 등 전 분야에 걸쳐 이러한 변화를 담아내는 교육과정이어야 할 것이다.
- 과학과 전 학년에 걸쳐 이러한 디지털 기술들의 과학적 기초, 과학탐구 활동에서의 디지털 기술의 활용, 디지털 혁명의 영향 등을 적극적으로 다루어야 한다. 또한, 고등학교에서는 “디지털 과학탐구”, “빅데이터와 과학” 등의 새로운 선택 과목의 개발이 적극적으로 이루어질 필요가 있다.

□ 과학적 소양과 융합적 이해를 지향하는 개정이어야 한다.

- 과학적 지식과 역량 그리고 참여와 실천을 함께 길러주는 과학적 소양을 위한 교육과정이어야 한다.

- 융합적 접근은 창의력의 중요한 기초이며, 이를 위해서는 과학 각 영역을 두루 공부하는 폭넓은 기초가 필요하다. 새 교육과정에서도 2015의 통합과학과 과학탐구실험 같은 기초 과목들이 유지되어야 한다.

□ **물/화/생/지가 고르게 학습될 수 있는 개정이어야 한다.**

- 과학 선택과목의 구성 또한 일부 한두 과목에 편중된 선택이 아닌 다양한 과학 분야를 폭넓게 경험할 수 있는 방식으로 구성될 필요가 있다.
- 2020학년도 과학탐구 영역 과목별 응시자는 물리1 (54,792명), 화학1 (73,663명), 생명과학1 (128,033명), 지구과학1 (148,540명) 그리고 물리2 (2,738명), 화학2 (2,934명), 생명과학2 (7,190), 지구과학2 (6,656명)으로서, 기초가 되는 물리학 및 화학 과목 응시자의 수는 생명과학 및 지구과학 과목의 응시자에 비해 크게 작다. 이는 대학 이후의 이공계 공부에 심각한 문제를 야기하고 있다.
- 이를 해결하기 위한 방안으로, 현재 1 & 2의 체제로 구분되어 있는 과학의 각 분야 과목을 단일 과학 체제(물리학, 화학, 생명과학, 지구과학)로 일원화 하는 것을 심각하게 고려해야 할 필요가 있다. 이를 통해 가능한 다양한 과학 분야들을 폭넓게 공부할 수 있는 기회를 마련할 필요가 있다.

□ **대학에서 학생 선발 및 기초교육에 대한 적극적인 노력이 있어야 한다.**

- 대학의 모집 단위별로 특히 필요한 과학 과목들의 선이수와 수능 선택 과목들을 명시할 필요가 있다. 고교 졸업생의 해당 전공 공부에 대한 준비부족을 고등학교의 탓으로만 돌려서는 안 될 것이다. 예를 들어, 화학/화공/환경 관련 분야에서는 화학 분야의 고교 과목 이수와 수능 시험 응시에 유효한 정도의 가점을 부여하거나 응시조건으로 제시할 필요가 있다.
- 하지만, 현재의 우리나라 교육 체제에서 미국의 AP, 영국의 A 레벨, IB 등 선진국에서의 특정 과학 과목에 대한 학습량을 요구하는 것은 매우 어려운 현실이다. 따라서 대학 수준의 학업을 무리없이 따라갈 수 있도록 입학전 또는 신입생 시기에 과학 분야에 대한 적절하고 효과적인 기초교육을 보다 적극적으로 제공할 필요가 있다.

□ **비대면 환경과 AI 기반 과학학습을 위한 적극적인 대비가 있어야 한다.**

- COVID19과 인공지능(AI)에 의한 교육의 혁신은 이제 불가피한 선택이다. 전혀 새로운 관점에서 과학의 교수학습 활동에 대한 검토가 필요한 시점이다.
- 비대면 과학수업과 탐구활동, 인공지능 기반 수업지도와 평가 등의 방안이 전향적으로 도입되어야 할 것이다. 예컨대 물리 공식 및 상수, 화학 주기율표와 기호, 생물학 관련 수많은 명칭과 분류체계, 지구과학 관련 정보와 그래프 등에 대한 교수학습 활동은

AI와 인터넷 환경 속에서 어떤 변화가 있어야 하는지에 대한 근본적인 검토와 대안 탐색이 필요할 것으로 보인다.

□ 다양한 진로선택과 현대사회의 이해를 돕는 선택과목들이 제공되어야 한다.

- 고교 학점제 체제에서는 2-3단위의 단 학기용 유익하고 매력적인 과학 과목들이 다양하게 개발될 필요가 있다 (예컨대, 물리학 분양 경우, “시공간과 운동”, “전자기 현상과 전자기파”, “에너지와 엔트로피”, “반도체 물리학” 등).
- 융합적이면서 진로 탐색과 현대사회의 과학적 이해에 도움이 되는 선택과목의 개발도 필요하다 (예컨대 “보건의료를 위한 과학”, “로봇의 과학적 기초”, “글로벌 위기와 과학적 대응” 등).



□ “미래세대 과학교육표준”의 방향을 반영하는 개정일 필요가 있다.

- 최근 교육부, 과학기술부, 과학창의재단이 공동으로 지원하는 “미래세대 과학교육개발” 작업이 수년 간 이루어져 왔다 (한국과학창의재단, 2019; 송진웅 등, 2019).
- 과학교육표준은 “과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람”을 과학교육이 추구하는 인간상으로 정하고, 3개의 차원(역량, 지식, 참여와 실천), 각 차원별 5-6

개의 영역을 포함하는 총 16개 영역, 그리고 총 65개의 하위 영역을 상정하고, 각각에 대한 6단계의 수행기대를 제시하고 있다.

- 과학에서의 참여와 실천 그리고 융합적 지식과 미래지향적 역량을 담고 있는 미래세대 과학교육표준은 새로운 과학과 교육과정의 실천적인 가이드라인으로 기능할 것으로 기대된다.
- 또한, 과학교육표준은 지금까지의 우리 과학(STEM)교육에서 약점으로 지적되었던 미래세대를 대비하고 학생들의 참여와 실천을 이끌어 흥미와 호기심을 자극하고 보다 통합적이고 균형 과학의 이해를 달성하는 데 크게 기여할 것으로 기대된다.

< >

교육부 (2015). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제2015-74호 [별책 9].

소경희 (2015). 2015 개정 교육과정 총론 개정안이 남긴 과제: 각론 개발의 쟁점 탐색. 교육과정연구, 33, 195-214.

송진웅, 강석진, 광영순, 김동건, 김수환, 나지연, 도종훈, 민병곤, 박성춘, 배성문, 손연아, 손정우, 외필석, 이준기, 이현정, 임혁, 정대홍, 김진희, 정종훈, 정용재 (2019). 미래세대를 위한 ‘과학교육표준’의 주요 내용과 특징. 한국과학교육학회지, 39(3), 465-478.

송진웅, 나지연 (2015). 2015 과학과 교육과정 개정의 주요 방향 및 쟁점 그리고 과학교실문화. 현장과학교육, 9(2), 72-84.

송진웅, 나지연 (2018). 동아시아 과학교육의 특징과 문화적 접근의 필요성. 송진웅, 정용재, 마틴산야, 나지연, 장진아, 강다연 (공저) 『교실과 문화: 동아시아 과학 교실문화의 이해』, 1-26. 교육과학사: 서울.

이미경, 손원숙, 노연경 (2007). PISA 2006 결과 분석 연구 - 과학적 소양, 읽기 소양, 수학적 소양 수준 및 배경 원인 분석 -. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2007-1.

조영달 등(출판예정), 한국 교육과정 개정의 성찰 -2015 교육과정 개정의 역학과 새로운 지향의 탐색- (서울대학교 교육종합연구원 연구총서1), 교육과학사.

한국과학창의재단 (2019). 모든 한국인을 위한 과학적 소양: 미래세대 과학교육표준. 한국과학창의재단.

Schwab, J. J. (1962). The teaching of science as enquiry. In J. J. Schwab and P. F. Frandwein, The Teaching of Science, 1-103.

Massachusetts: Harvard University Press.

Song, J. (2013). The disparity between achievement and engagement in students' science learning: a case of East-Asian regions. In D. Corrigan, R. Gunstone, & A. Jones (Eds.) *Valuing Assessment in Science Education: Pedagogy, Curriculum, Policy*, (pp. 285-306). Dordrecht: Springer Netherlands.