교육과정평가연구
The Journal of Curriculum and Evaluation
2020, Vol. 23, No. 3, pp. 23~50

2015 개정 교육과정의 「과학탐구실험」이 고등학생의 과학 및 일반 핵심역량에 미치는 효과: 교수학습 방법을 중심으로

이경건 (서울대학교 대학원 박사수료)*
김유정 (서울대학교 대학원 박사과정)
장원형 (서울대학교 대학원 석사과정)
이재용 (서울대학교 학사과정)
홍훈기 (서울대학교 교수)**

요약

본 연구에서는 2015 개정 교육과정의 「과학탐구실험」이 고등학생들의 과학 및 일반 핵심역량에 미치는 효과를 조사하였으며, 이를 「통합과학」의 효과와 구별해내기 위하여 「과학탐구실험」의 교수학습 방법에 초점을 두었다. 연구 방법으로서는 사전-사후 검사를 활용하였다. 검사는 2019년 2학기 이수 전과 후에 이루어졌으며, 전국 5개 시도의 9개 고등학교 1학년 학생 489명과 과학 교사 13명이 참여하였다. 조사 도구로서는 학생을 대상으로 한 과학 및 일반 핵심역량 총 11개 항목의 검사지, 그리고 교사를 대상으로 한 반구조화 설문지를 활용하였다. 연구 결과 사전-사후 검사에서 학생들의 과학 핵심역량 점수는 5개 항목 모두와 총점이 유의미하게 증가하였으며, 일반 핵심역량 점수는 5개 중 2개 항목만이 유의미하게 증가하였다. 회귀분석 결과 '실험 실습' 및 '기타' 방법은 과학 및 일반 핵심역량에 유의미하게 긍정적인 효과를 나타내었고, '실험 시연'은 과학 및 일반 핵심역량에, '비실험 활동'은 과학 핵심역량에 유의미하게 부정적인 효과를 나타내었다. 이러한 효과가 나타난 원인은 각 교수학습 방법들이 학생들의 실제적 참여를 유발하느냐의 여부에 달려 있는 것으로 생각된다. 또한 연구 참여 학교들의 교수학습 방법의 분포를 살펴볼 때, 회차가 많은 편인 '실험 실습'을 중심으로 고등학생 핵심역량이 증가하였다는 예측이 가능하였다. 이와 함께 교사 개방형 설문을 참조한 결과, 「과학탐구실험」을 실험 실습 위주로 운영하되 평가방식 개선, 블록타임제 운영, 「통합과학」 교과와의 연계 등의 지원이 이루어진다면 학생들의 핵심역량 함양을 더욱 효율화할 수 있을 것으로 판단된다.

주제어 : 과학탐구실험, 과학 핵심역량, 과학 교과역량, 일반 핵심역량, 2015 개정 교육과정

* 제1저자: crusaderlee@snu.ac.kr
** 교신저자: hghong@snu.ac.kr

I. 서론 및 문헌 리뷰

오늘날 21세기 미래 교육과정 담론은 국내외를 막론하고 역량기반 교육과정(competency-based curriculum)이 주도하고 있다고 해도 과언이 아니다(교육부, 2015a; 2015c; OECD, 2018). 역량은 학생들이 살아갈 미래 사회의 문제 상황에서의 “지식, 기능, 태도, 가치의 동원(mobilisation)” 정도로 이해할 수 있다(OECD, 2018). 여기서 전통적인 교과 지식이 중요하지 않은 것은 아니지만(소경희. 2009; 2015) 그 개념적 기원이 직업 훈련에 가깝다는 점에서 지식보다는 수행에 강조점이 있었던 것도 사실이다(Hodge, 2007). 또한 역량기반 교육과정은 이러한 역량들 중에서도 핵심적인 것들을 선정하여, 이를 교육의 목표 혹은 방향성과 유사한 것으로서 설정하는 특징을 지닌다(윤지영, 온정덕, 2016; 이광우, 백경선, 이수정, 2017; e.g. OECD, 2005; OECD, 2018). 이러한 흐름에 부응하듯이, 한국의 2015 개정 교육과정은 본격적으로 총론 수준의 일반 핵심역량과 각론 수준의 교과 핵심역량을 도입하였다(교육부, 2015a; 2015c). 그리고 2015 개정 교육과정은 개발 당시 문·이과 통합형 교육과정으로 불리기도 하였던 만큼, 「통합과학」 및 「과학탐구실험」을 공통 필수 교과로 지정하면서(교육부, 2015a; 2015c) 2009 개정 교육과정에서 9학년까지로 축소되었던 공통 교육과정을 사실상 10학년까지로 다시 확대하였다. 이러한 두 교과는 일차적으로는 2009 개정 교육과정에서 적지 않은 비판을 받았던 융합형 「과학」(e.g. 양찬호, 김민환, 노태희, 2015)을 대체하는 역할을 하며, 이차적으로는 기존에 시도된 바가 적었던 새로운 교과라는 성격을 지닌다. 특히 기존 과학교육에서도 탐구실험 자체가 과학적 소양을 지닌 민주시민을 길러내는 데도 중요한 요소로서 받아들여져 왔던 바(Anderson, 2002; Herron, 1971), 「과학탐구실험」의 신설은 고등학교 1학년 절대 다수에게 과학 교과의 핵심인 탐구실험을 경험하면서(김주훈, 2018) 핵심역량을 기를 수 있도록 하는 의미를 지닌다(교육부, 2015a). 이에 과학교육계에서는 「과학탐구실험」에 주목한 연구를 보고하여왔으며(곽영순, 2020; 신소연 외, 2018), 해당 교과의 효과성 입증을 위한 연구의 필요성이 제기되어 왔다(e.g. 이경건, 홍훈기, 2017; 김민환 외, 2019).

1. 2015 개정 과학과 교육과정의 효과

2015 개정 교육과정은 학교 급에 따라 순차적으로 적용되어 2018년부터 고등학교 1학년에서 시행되었으며, 이에 2020년 초 현재까지 새로운 과학과 교육과정에 대한 연구들이 적지 않게 이루어져 온 것이 사실이다. 하지만 이러한 선행 연구들은 「과학탐구실험」이나 「통합과학」에 대한 이론적 검토(이경건, 홍훈기, 2017), 교사 및 학생들의 인식 조사(손정우, 2016; 윤지현, 강성주, 2016), 운영 실태 조사 및 사례 연구(변태진 외, 2019; 신영준, 곽영순, 2019; 곽영순, 2020; 신소연 외, 2018) 등에 집중된 면이 있었다. 이러한 연구들은 새로 도입된 과학과 교육과정의 어떠함을 고찰하는 데 있어 필수적이고 기초적인 작업에 해당하지만, 새로 도입된 교과들이 어떠한 효과를 갖는지를 실질적으로 조사한 경우가 상대적으로 드물었다.

여기서, 「과학탐구실험」과 「통합과학」의 효과에 주목하였던 주요 사례들을 살펴보고자 한다. 먼저 김민환 외 (2019)에서는 해당 교과들이 학생들의 과학에 대한 흥미, 과학적 태도, 과학-기술-사회(STS)와 과학의 본성(NOS)에 대한 견해에 미치는 영향을 조사하였다. 수도권 소재 5개 고등학교에 재학 중인 223명을 대상으로 2018년 3월 초와 12월 말에 해당 구인들에 대한 검사지를 적용한 결과, 과학에 대한 흥미 점수와 과학적 태도 점수는 유의미하게 향상되었으며 STS에 대한 견해의 점수와 NOS에 대한 견해의 점수는 대체로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 기존 선행문헌에서 조사한 2009 개정 교육과정의 융합형 「과학」의 경우(양찬호, 김민환, 노태희, 2015) 이수 전후에 NOS와 STS에 대한 견해, 과학에 대한 흥미와 포부를 향상시키지 못하였다는 보고와는 대비되는 것이며 2015 개정 과학과 교육과정이 이전보다 바람직한 형태로 구현되었을 수 있음을 함의한다. 하지만 김민환 외 (2019)의 경우 「통합과학」과 「과학탐구실험」의 효과를 분리하여 측정하는 것에는 큰 중점을 두지 않은 면이 있으며, 기존의 과학교육 맥락에서 중요하게 여겨졌던 구인들을 측정하였으나 2015 개정 교육과정의 중점이라고 할 수 있는 핵심역량을 측정하지는 않았다는 두 가지 아쉬움을 연구자들 스스로 표현하고 있다. 다음으로 하민수 외 (2019)의 경우 과학중점학교 1학년 프로그램의 효과를 분석하였다. 2018년 3월부터 11월까지 연구에 참여한 1개교 169명의 설문 응답을 분석한 결과, 약 40~60%의 학생들의 과학 핵심역량과 과학학습동기가 증가한 것으로 나타났다. 하민수 외 (2019)의 경우 핵심역량이라는 관심에 구인을 두었지만, 연구의 맥락이 실질적으로 과학중점학교에서만 운영 가능한 8개월의 장기적 프로젝트 학습이었으며 비교집단이 설정되지 않은 특수한 형태의 연구였다는 면이 있다. 또한 해당 연구에서도 「과학탐구실험」과 「통합과학」의 효과의 구별에 대하여는 역시 큰 중점을 두지 않은 것으로 보인다.

여기서 다음과 같은 두 측면에서 새로운 연구의 필요성을 발견할 수 있다. 첫째로, 공통 필수과목의 일부로서 새로 도입된 「과학탐구실험」에 초점을 맞추고 해당 교과만의 교육적 효과를 조사하고자 한 연구는 거의 이루어지지 않은 것으로 보인다. 이는 대부분의 고등학교 1학년 학생들이 「과학탐구실험」과 「통합과학」을 동시에 이수하기 마련이므로, 이 두 과학 교과의 효과를 개별적으로 조사하는 일이 쉽지 않았기 때문일 수 있다. 그럼에도 불구하고 국가 교육과정에서 탐구실험을 장려하는 교과가 필수로 지정된 것은 한국의 과학교육 전반에 미치는 영향력이 작지 않은 상징적인 사건에 해당하므로, 해당 교과의 효과를 조사하려는 시도가 갖는 가치가 작지 않다고 하겠다. 둘째로, 교육의 다양한 결과 변인들 중 특별히 핵심역량 함양에 초점을 둘 필요가 있다. 핵심역량이야말로 2015 개정 교육과정에서 추구하는 인간상을 구현하기 위해 함양해야 할 것이기 때문이다(이광우, 백경선, 이수정, 2017). 예컨대, 「과학탐구실험」 교과가 2015 개정 교육과정의 핵심역량을 증진하는 데 긍정적인 영향을 미친다면 향후의 국가 교육과정에서도 탐구 실험을 주 내용으로 하는 과학 교과의 유지를 검토할 수 있을 것이다. 다만 핵심역량이라는 개념이 갖는 교육적 함의가 넓고 다양할 수 있기에, 그 중에서도 어떠한 부분에 초점을 두어야 할지가 논의되어야 할 필요가 있다.

2. 일반 핵심역량과 과학 교과역량

역량기반 교육과정은 본래 일반 핵심역량을 위주로 구성되고 이를 교과교육에 적용하는 형태가

일반적이나(e.g. OECD, 2005; 2018), 2015 개정 교육과정의 경우 일반 핵심역량 뿐 아니라 그와 구별되는 교과별 핵심역량을 설정하였다는 특징을 지닌다(교육부, 2015a; 2015c). 예컨대, 2015 개정 교육과정에서 일반 핵심역량은 6가지, 과학 교과역량은 이와 유사한 층위에서 5가지가 설정되었다. 교육과정 총론에서는 '교과 교육을 포함한 학교 교육과정 전 과정을 통해' 일반 핵심역량이 함양되는 것을 의도하였으며(교육부, 2015c, p. 2), 이와 관련한 이론적 논의에서도 학생들의 학습 경험에 직접 연관되는 교과 지식 및 역량을 통하여 일반 핵심역량이 길러지는 방향이 기대되어 왔다(소경희, 2015). 교육과정 개발 당시의 문헌을 살펴보면 교과역량은 "교과 학습의 결과로 지식, 기능, 태도 등을 통합적으로 운용하여 문제를 해결할 수 있는 능력"으로 정의되며, "핵심역량은 교과 교육의 방향을 가리키고 교과 역량은 교과 교육과 핵심역량 함양을 이어주는 매개로서 2015 개정 교과 교육과정에서 설정된 개념"에 해당한다(한혜정 외, 2018). 예컨대, 과학 교과 학습을 통하여 길러야 할 역량에는 과학 교과역량과 일반 핵심역량이 모두가 해당할 수 있는 것이다(cf. 이광우, 백경선, 이수정, 2017). 이러한 맥락에서, 2015 개정 교육과정 개발 과정에서도 과학을 비롯한 교과 교육과정을 핵심역량 위주로 재구조화하기 위한 정책 연구들이 이루어졌던 바 있다(e.g. 송진웅 외, 2014; 이근호 외, 2013). 물론 이상은 (2019)의 경우와 같이 교육과정 개발 과정에서 총론과 각론 사이의 논의와 소통의 부재로 일반 핵심역량과 교과역량 간에 간극이 있음을 지적하는 경우가 없지 않으나, 이러한 논의들 또한 양자 간의 관계 설정의 필요성을 견지하고 있다. 그러므로, 2015 개정 교육과정에서 설정한 핵심역량을 연구 변인으로 삼을 경우, 과학 교과와 관련하여 해당 교과역량뿐 아니라 일반 핵심역량을 살펴보아야 한다(이경건 외, 2019).

지금까지 과학 교과역량과 관련된 연구들이 적지 않게 이루어져 온 것은 사실이다. 먼저는 과학 교과역량의 개념적 측면에 대하여 진행된 논의들이다. 2015 개정 교육과정의 고시 이전에도 과학과에서의 핵심역량에 대한 현장 교사들의 인식이나(고은정, 정대홍, 2014) 과학과 교육과정 개선방향 등에 대한 연구(곽영순 외, 2014) 등이 보고되었다. 2015 개정 교육과정의 고시 및 이행 이후로는 문헌 연구와 양적 연구가 모두 증가하는 경향이 있었다(고은정, 정대홍, 2019). 문헌 연구들은 상당한 경우 주로 교육과정과 교과서(김현섭, 이태교, 방경현, 2019; 송신철, 심규철, 2019)에 나타난 핵심역량 요소들을 분석하는 방식으로 이루어진 면이 있다. 한편 이경건 외 (2019)나 이진숙, 김은주, 김대현 (2017)과 같이 국내외의 주요 문헌으로부터 과학 및 일반 핵심역량 요소들을 분석하여 이들 간의 관계에 대한 시사점을 제공하고자 한 경우도 있었다.

하지만 앞으로는 핵심역량 점수를 보고하는 연구들이 더욱 중요성을 지니게 될 것이다. 역량기반 교육과정의 국제적 패러다임이 핵심역량에 대한 평가에 주목하며 발전해나가고 있기 때문이다(OECD, 2018). 이와 관련하여 과학 교과에서는 앞서 살펴보았던 하민수 외 (2019) 외에도 학교급별 사례들을 살펴볼 수 있다. 김재덕, 고연주, 이현주 (2017)는 과학관련 사회쟁점 수업이 초등학생의 과학과 핵심역량 함양에 미치는 효과를 보고하였다. 하지만 과학과 핵심역량들 중 '과학적 문제해결력'과 '의사소통능력'에만 초점을 맞추었다는 아쉬움이 있다. 김성기, 유정웅, 백성혜 (2020)는 디지털 리터러시를 강조한 중학교 1학년 과학 수업의 효과를 보고하였다. 이는 과학 및 일반 핵심역량을 동시에 언급한 최근 사례에 해당한다. 하지만 과학 핵심역량 요소들을 세분화하지 않은 면이 있으며, 학생들이 '자신에게 의미 있는 성장'을 기록한 산출물의 문장들을 핵심역량 요소들로 코딩한 결과이므로

검사지를 사용하여 점수를 산출하는 일반적인 양적 연구와는 다소 다른 결을 보인다. 한편 정해련, 신동훈 (2018)의 경우 '환경과 에너지' 주제를 중심으로 한 통합프로그램이 고등학교 1학년의 과학 핵심역량에 긍정적인 영향을 미친 사례를 보고하였다. 하지만 이는 대조군이 없는 단일 집단 설계에 기반한 연구로서의 한계를 지니고 있었으며, 여러 교과를 넘나들며 교수된 통합 프로그램의 효과를 살펴보았던 만큼 이를 본 연구에서 주목하는 과학 교과에 한정지어 해석하기는 어렵다.

지금까지의 연구들을 돌아볼 때, 교과교육으로부터 교과 핵심역량과 일반 핵심역량이 어떻게 함양되는지를 함께 살펴본 사례는 드물었다. 역량기반 교육과정에 대한 적지 않은 선행연구들에도 불구하고, 교과역량과 일반 핵심역량 간의 관계에 함의를 제공할 수 있는 연구가 여전히 이루어질 필요가 있는 것이다(한혜정 외, 2018; Willbergh, 2015). 또한 과학 핵심역량에 대해서 양적 연구와 질적 연구가 혼합된 연구가 필요하다는 점(고은정, 정대홍, 2019)을 고려할 필요가 있다.

3. 연구 문제

이러한 논점들을 기반으로 연구가 풀어나가야 할 문제들을 다음과 같이 세분화하여 단계적으로 생각해볼 수 있다. 우선 사전-사후 검사를 통해 고등학생들의 핵심역량 점수 변화를 살펴보는 일이다. 선행연구에 준하여 살펴본다면, 5-8개 고등학교에 재학 중인 200명 이상의 학생 연구 참여자를 모집하여 특정 교과 이수의 전반적인 효과를 추정하는 일이 가능하다(양찬호, 김민환, 노태희, 2015; 김민환 외, 2019). 하지만 이것만으로는 동시에 교수되는 「과학탐구실험」 및 「통합과학」 교과의 효과를 구별해내기 어려우며, 이를 우회하여 해결할 방법이 필요하다. 이에 본 연구에서는 교사들이 「과학탐구실험」 운영에 있어서 어떠한 교수학습 방법을 도입하였는지를 핵심 변인으로 삼았다. 「과학탐구실험」 내에서도 수업이 다양한 방식으로 이루어질 수 있으므로, 그 중에서 어떠한 교수학습 방법이 효과가 있는지를 판별하고, 해당 방법이 얼마나 자주 활용되었는지를 살펴보면 연간 교과 이수의 효과를 살펴볼 수 있다고 판단하였기 때문이다. 이후에는 교수학습 방법을 비롯한 「과학탐구실험」의 수업 실천에 관하여 교사들이 가진 인식을 조사함으로써, 학생들의 핵심역량 함양을 위해 탐구실험 관련 교과가 나아가야 할 방향을 함께 제시할 수 있을 것이다.

이에 따라 본 연구에서 설정한 세부 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 2015 개정 교육과정의 「과학탐구실험」 이수 전후로 고등학생의 과학 및 일반 핵심역량은 어떻게 변화하는가?

둘째, 2015 개정 교육과정의 「과학탐구실험」의 교수학습 방법들은 고등학생의 과학 및 일반 핵심역량에 어떠한 영향을 주는가?

셋째, 2015 개정 교육과정의 「과학탐구실험」에서 효과적인 교수학습 방법의 실천에 대한 교사들의 인식은 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구 참여자 및 절차

본 연구의 학생 참여자는 전국 5개 시도에 있는 9개 고등학교에서 재학 중인 고등학교 1학년 중에서 모집하였으며 초기에 수집된 응답은 총 509건이었다. 여기서 연구자들은 결측 변인이 5%(3개) 이상인 설문지 17건을 제거하고, 또한 후술할 회귀분석 과정에서 잔차의 정규성을 보장하기 위하여 심각한 이상치 3건을 제외하였다. 결과적으로 본 연구에 최종적으로 사용된 응답은 489건에 해당하였으며 이 때 남학생 응답은 375건, 여학생 응답은 114건에 해당하였다.

한편 본 연구의 교사 참여자는 학생 참여자들이 재학 중인 9개 고등학교에서 1학년을 가르치는 과학 교사 각 1-3명씩 총 13명에 해당하였으며, 연구자는 학교에 대한 범주 코드(A-I)와 함께 필요한 경우 교사에 대한 추가 코드(1-3)를 부여하여 응답을 정리하였다.

본 연구는 2019년 1학기 종료 시기인 5월 말 - 6월 초의 1차 검사(사전검사)와 2학기 종료 시기인 12월 말 - 1월 초의 2차 검사(사후검사)로 이루어졌다. 곧, 1개 학기 간격을 둔 사전-사후 검사를 기본으로 하였다. 연구자들은 연구 참여 교사들의 「과학탐구실험」을 비롯한 과학 교과의 운영에 대하여 전혀 개입하지 않았다. 연구 참여자들이 속한 학교들에서는 「통합과학」의 경우 1년간 주당 수업 시수의 변화가 없었다. 다만, 「과학탐구실험」의 경우 사전-사후 검사 사이의 1개 학기 중 주당 수업 시수가 1-2시간에 해당하였다. 「과학탐구실험」 시수가 2시간인 학교들의 경우 연구 이전의 1학기에 학생들이 해당 교과를 이수하지 않고, 연구 시기인 2학기에만 집중적으로 이수한 경우이다.

2. 조사 도구

가. 핵심역량 검사지

본 연구에서 측정하고자 하는 구인은 2015 개정 교육과정에서 설정한 핵심역량이었으므로 이를 위하여 제작된 검사지를 활용하였다(<표 1>). 먼저 6개 일반 핵심역량에 대한 검사지로서는 백순근 외 (2017)가 각각에 대하여 15개 문항으로 구성한 총 90개 5점 리커트 척도 문항을 6개 역량에 대하여 각 5문항, 곧 30개 문항의 버전으로 축소하여 사용하였다. 검사지 문항의 축소에는 과학교육 박사과정 2인 및 석사과정 1인 뿐 아니라, 역량중심 교육과정과 관련 있는 분야인 교육과정 석사과정 1인 및 교육공학 석사과정 2인이 반복적인 논의를 거쳐 합의함으로써 안면타당도를 확보하였으며, 서울 소재 5개 고등학교 학생 30명을 대상으로 예비적 검사를 실시하여 신뢰도를 잠정적으로 확인하였다. 다음으로 5개 과학 핵심역량에 대한 검사지로서는 하민수 외 (2018)가 각각에 대하여 5개 문항으로 구성한 총 25개 5점 리커트 척도 문항을 그대로 사용하였다. 이렇듯 과학 및 일반 핵심역량에 대하여 총 55개 문항으로 이루어진 검사지를 본 연구의 참여자들에게 적용한 결과의 신뢰도(Cronbach's α)는

<표 1>과 같이 대체로 0.7-0.8 이상으로 양호하게 나타났다. 한편 학생들이 해당 검사들에 1회 응답하는 데는 대략적으로 20분 정도의 시간이 소요되었다.

<표 1> 본 연구에서 사용한 핵심역량 검사지의 신뢰도

역량 종류 (검사지)	역량 항목	문항 수	신뢰도 (Cronbach's α)	
			사전검사	사후검사
과학 교과역량 (하민수 외, 2018)	과학적 사고력	5	.840	.861
	과학적 탐구 능력	5	.882	.901
	과학적 문제 해결력	5	.863	.886
	과학적 의사소통 능력	5	.851	.864
	과학적 참여와 평생학습 능력	5	.780	.850
	전 체	25	.956	.965
일반 핵심역량 (백순근 외, 2017)	자기관리 역량	5	.797	.821
	지식정보처리 역량	5	.868	.897
	창의적 사고 역량	5	.856	.872
	심미적 감성 역량	5	.750	.775
	의사소통 역량	5	.802	.827
	공동체 역량	5	.738	.805
	전 체	30	.933	.942

나. 교수학습 방법 조사 및 교사 설문

2015 개정 과학과 교육과정에서는 고등학교 1학년 때 「과학탐구실험」과 「통합과학」이 동시에 교수되도록 되어 있으며(교육부, 2015a), 이는 두 과목의 효과를 별개로 측정하는 일을 어렵게 만드는 요소 중 하나이다. 본 연구에서는 교사 설문에서 「과학탐구실험」의 교수학습 방법별 수업 회차를 조사하여 이러한 분리를 가능케 하고자 하였다. 「과학탐구실험」의 교수학습 방법은 2015 개정 과학과 교육과정(교육부, 2015a), 「과학탐구실험」 교과서 3종, 그리고 관련 선행문헌(신영준, 곽영순, 2019; cf. 신명경, 이수정, 2013)을 참조하여 <표 2>와 같이 나누어 제시하였으며 총 수업 회차와 응답 당시의 주차를 함께 조사하였다. 연구에 참여한 교사들은 대체로 교육과정 및 교과서에 제시된 수업 내용 및 교수학습 방법을 준수하며 「과학탐구실험」 교과를 운영하였으며, 이와 구별되는 특수한 사례들의 경우 '기타'로 분류되었다. 예컨대, 과학송(song) 및 과학연극 등의 수업이 '기타'에 해당하였다.

또한 이와 함께, 「과학탐구실험」에서 효과적인 교수학습 방법의 실천에 관하여 교사들이 추가적인 의견을 제시할 수 있도록 하는 개방형 문항을 또한 포함하였다. 연구에 참여한 교사들은 「과학탐구실험」 수업의 진행 실태, 그와 관련한 어려움, 더 나은 수업을 위한 개선 방향들을 자발적이면서도 자유롭게 개진하였다.

〈표 2〉 교사 설문에서의 교수·학습 방법

교수·학습 방법		
강의식 수업		- 선생님의 설명 위주로 이루어진 전통적 수업
비실험 활동	사례 조사 학습	- 과학자 및 역사적 과학 실험 등에 대한 조사와 발표 등
	토론·토의 학습	- 자연 현상을 과학적으로 설명하는 모형 구성하기 - 과학 관련 사회 이슈에 대하여 토론하기 등
실험 실습(hands-on)		- 학생들이 직접 실험을 수행하는 경우
실험 시연(minds-on)		- 선생님만 직접 실험을 수행하고 시연하는 경우
방문 학습		- 과학관 방문 등
기 타		- 위의 교수학습 방법에 해당하지 않는 특수한 경우 (e.g. 과학송, 과학연극)

3. 분석 방법

분석에 앞서, 결측 변인이 5%(3개) 이상인 설문지 17건은 상술한 바와 같이 제거하였으며, 일부 결측치를 포함한 설문지의 경우에는 결측치마다 해당 변인에 대한 전체 응답의 평균으로 대치(imputation)를 실시하였다.

분석 방법으로서는 우선 1-2차 검사 사이에 과학 및 일반 핵심역량 점수가 달라졌는지에 대한 대응표본 t-test를 실시함으로써 통계적으로 유의미한 차이가 발생하였는지를 검토하였다. 이는 위에서 언급한 선행문헌들(김민환 외, 2019; 양찬호, 김민환, 노태희, 2015)과의 비교 가운데 우선 고등학교 1학년 시기의 「과학탐구실험」과 「통합과학」이 전체적으로 갖는 효과를 살펴보기 위한 것이었으며, 후술할 회귀분석을 위한 예비적 단계로 계획한 것은 아니다.

다음으로는 과학 및 일반 핵심역량 총점의 사후검사 점수를 종속변인으로 하는 다중회귀분석을 실시하였다. 이 때 「과학탐구실험」의 효과를 「통합과학」과 구별하여 조사하기 위하여 「과학탐구실험」의 교수학습 방법별 회차와 학생 성별 범주(기본: 여자)를 독립변인으로 투입하였다. 또한 과학 및 일반역량의 사전검사 점수를 일종의 공변인과 같은 의도에서 투입하였다. 상술하였듯 아직까지 2015 개정 교육과정에서 교과 역량과 일반 역량 간의 논리적 관계 뿐 아니라 인과적 관계 또한 아직 명확하지 않아 다소간 혼란이 있는 상황이므로(이광우, 백경선, 이수정, 2017; 이진숙, 김은주, 김대현, 2017) 이를 통계적 모델에서 포괄적으로 고려하여야 할 필요가 있었기 때문이다. 예컨대, 아래와 같은 회귀모형을 적합하게 되면 핵심역량 사후검사 점수에 대한 교수학습 방법의 단위 수업 당 효과를 계수의 추정량으로 얻게 된다.

$$post_{k,i} = \beta_{k,0} + \beta_{k,gc}pre_{gc,i} + \beta_{k,sc}pre_{sc,i} + \beta_{k,sex}X_{sex,i} + \sum\beta_{k,method}X_{method,i} + \epsilon_{k,i}\,(k = gc \text{ or } sc)$$

교사 설문지와 결합한 학생 데이터에서 본 연구의 분석에 투입된 변인들의 기술통계는 〈표 3〉과 같았다. 단, 분석 과정에서 '과학관 방문'의 경우 전체 응답 중 1개 학교에서만 1회 실시하였으므로 기존의 '기타'와 함께 새로운 '기타' 변수로 병합하였다.

〈표 3〉 변인들의 기술통계 결과 (N = 489)

변인	평균	표준편차	최소값	최대값
과학역량 - 사후	3.65	0.69	1.24	5.00
일반역량 - 사후	3.81	0.54	2.03	5.00
과학역량 - 사전	3.56	0.66	1.12	5.00
일반역량 - 사전	3.8	0.51	2.47	5.00
강의식	8.39	6.61	0	22
비실험 활동	8.56	3.62	2	16
실험 실습	12.93	4.59	5	20
실험 시연	1.80	1.29	0	3
기 타	1.65	2.30	0	6

회귀분석에 투입된 변수들 간의 상관관계는 〈표 4〉와 같았으며, 변수들 간 상관관계의 절대값이 0.8 미만이므로 회귀분석 결과의 타당성을 저해할 수 있는 다중공선성의 문제는 허용 가능한 수준이라고 할 수 있다(Katz, 2006: 69). 이 때 학교 범주 변수와 전체 주차(시간) 등 다중공선성을 유발할 수 있는 추가 변인들의 경우에는 이를 포함한 예비적 분석을 실시한 결과 설명력(R^2)이 거의 증가하지 않는다는 점을 확인하였으며, 회귀분석에서는 이러한 경우 해당 변수를 모형에 투입하지 않는 것이 일반적인 절차이므로(e.g. Agresti, 2015: 148) 본 연구에서도 이를 따랐다.

〈표 4〉 회귀분석에 투입된 변인들 간의 상관관계

	검사 점수				교수학습 방법				
	과학역량 -사후	일반역량 -사후	과학역량 -사전	일반역량 -사전	강의식	비실험 활동	실험실습	실험시연	기타
과학역량 - 사후	1								
일반역량 - 사후	.7349	1							
과학역량 - 사전	.7091	.5459	1						
일반역량 - 사전	.6009	.7085	.7387	1					
강의식	-.1426	-.1905	-.0671	-.096	1				
비실험 활동	-.0934	-.0165	-.0685	-.0815	-.3306	1			
실험실습	.1137	.1673	.0466	.1129	-.7915	.1059	1		
실험시연	-.0195	-.0403	.0689	.1192	.5236	-.3898	-.0669	1	
기 타	.0756	.0554	.0707	.0169	-.0399	.3128	-.4876	-.4598	1

회귀분석 과정에서는 상술하였듯이 잔차의 분포에서 사분위 범위(interquartile range)가 상·하위 25%에 해당하는 심각한 이상치를 3건 제거하여 회귀모형 적합 결과 허용 가능한 수준에서 잔차의 정규성을 확보하였다. 또한 적합된 회귀모형에서 잔차의 등분산성(homoscedasticity) 또한 Breusch-Pagan 검정 결과 기각되지 않는 것으로 나타났다(p 〉 .05). 정리하자면, 비록 교수학습

방법이라는 변인의 분포가 다소 이산적(discrete)이기는 하나 적합 결과로서의 회귀모형은 그 계수의 추정량과 유의미성 검정에 있어서 타당하다고 할 수 있다.

본 연구에서 자료의 사전 처리에는 R 3.6.2를, 통계 분석에는 STATA 16을 활용하였다.

한편 개방형 문항에 대한 교사들의 응답을 분석하는 데 있어서는 3명의 연구자들이 자료를 반복적으로 읽고「과학탐구실험」교과와 관련한 합의점들을 논리적으로 유목화한 뒤 합의된 결과를 도출하였다.

III. 연구 결과 및 해석

1. 핵심역량 사전-사후 검사

1-2차 검사에서 과학 및 일반 핵심역량 점수에 대한 대응표본 t-test의 결과는 〈표 5, 6〉과 같았다. 여기서 대체로 과학 핵심역량 점수 평균(3.49-3.7)이 일반 핵심역량 점수 평균(3.64-4.07)에 비하여 낮은 것을 확인할 수 있는데, 이는 학생들이 과학 역량에 대하여 지닌 자기효능감과 관련이 있을 수 있다. 한편 그 변화를 요약하자면, 1개 학기를 간격으로 한 사전-사후 검사에서 과학 핵심역량 총점의 경우 점수가 통계적으로 유의미하게 증가하였으나(3.56 → 3.65; $p < .001$), 일반 핵심역량 총점의 경우 점수의 변화가 유의미하지 않은 것으로 나타났다(3.8 → 3.81; $p > .05$). 과학 핵심역량 5가지 하위 요소에서는 모두 통계적으로 유의미한 점수 증가가 나타났으며($p < .05$), 이 중 평균 점수의 상승 폭이 가장 큰 것은 ‘과학적 사고력’과 ‘과학적 문제 해결력’이었고 가장 작은 것은 ‘과학적 의사소통 능력’이었다. 반면, 일반 핵심역량 6가지 하위 요소 중에서는 ‘지식정보처리 역량’과 ‘창의적 사고 역량’의 2가지에서만 통계적으로 유의미한 점수 증가가 나타났으며, ‘심미적 감성 역량’, ‘의사소통 역량’, ‘공동체 역량’의 경우 통계적으로 유의미하지는 않았으나 오히려 점수가 감소한 것으로 나타났다.

〈표 5〉 과학 핵심역량에 대한 사전-사후검사 t-test 결과 (N = 489)

과학 핵심역량	평균(표준편차) 사전검사	사후검사	t	p
과학적 사고력	3.52 (.74)	3.65 (.73)	4.54	.000***
과학적 탐구 능력	3.49 (.77)	3.56 (.78)	2.29	.022*
과학적 문제 해결력	3.55 (.76)	3.65 (.78)	3.33	.001***

과학 핵심역량	평균(표준편차)		t	p
	사전검사	사후검사		
과학적 의사소통 능력	3.53 (.74)	3.59 (.76)	2.07	.039*
과학적 참여와 평생학습 능력	3.7 (.70)	3.79 (.75)	3.02	.003**
전체	3.56 (.66)	3.65 (.69)	3.88	.000***

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

〈표 6〉 일반 핵심역량에 대한 사전-사후검사 t-test 결과 (N = 489)

일반 핵심역량	평균(표준편차)		t	p
	사전검사	사후검사		
자기관리 역량	3.66 (.67)	3.7 (.7)	1.42	.156
지식정보처리 역량	3.66 (.71)	3.72 (.71)	2.52	.012*
창의적 사고 역량	3.64 (.69)	3.69 (.71)	2.05	.041*
심미적 감성 역량	3.83 (.64)	3.81 (.65)	-.83	.406
의사소통 역량	3.92 (.64)	3.89 (.66)	-.93	.348
공동체 역량	4.07 (.58)	4.04 (.62)	-1.35	.177
전체	3.8 (.51)	3.81 (.54)	.71	.480

* $p < .05$

2009 및 2015 개정 교육과정의 고등학교 1학년 과학 교과가 과학에 대한 흥미와 과학적 태도에 미치는 효과에 대하여 조사한 선행 연구들(김민환 외, 2019; 양찬호, 김민환, 노태희, 2015)에서는 별도의 처치나 변인의 고려 없이 단순히 사전-사후 검사 결과를 통하여 해당 교과들의 효과성을 주장하였던 바 있다. 이는 종속 변인들에 해당 시기 과학 교과들만이 영향을 미친다는 가정을 필요로 한다. 만약 이러한 가정을 동일하게 수용할 경우, 본 연구의 사전-사후 검사 결과는 「과학탐구실험」 및 「통합과학」이 2015 개정 과학과 교육과정에서 설정한 6가지 과학과 핵심역량을 두루 함양하는 데 긍정적인 효과가 있을 만큼 잘 구성되고 실행된 교과임을 나타낸다고 할 수 있다. 곧, 「과학탐구실험」 및 「통합과학」은 과학에 대한 흥미나 과학적 태도 등 기존 과학교육 연구에서 중요하게 다루어져 온 구인들 뿐만 아니라 핵심역량이라는 비교적 새로운 구인들까지 향상시키는 고무적인 효과를 지닌 것으로 보인다. 해당 교과목들이 학교 현장에서 구현되는 데 있어서의 어려움과 우려들(신소연 외, 2018; 손정우, 윤지현, 강성주, 2016)에도 불구하고 학생들에게 긍정적인 학습 효과가 유발된 것이다.

이는 하민수 외 (2019)나 정해련, 신동훈 (2018)이 고등학교에서 적용된 특정한 교육 프로그램 맥락에서 과학 핵심역량이 대체로 증가하였음을 보고하였던 것과도 어느 정도 일치한다.

다만 이러한 결과를 선행 연구에 비추어 좀 더 고찰해보아야 할 필요성도 존재한다. 우선 교과서에 나타난 핵심역량 항목들에 관한 연구들이다. '과학적 의사소통 능력'의 평균 점수 증가량이 가장 작은 것으로 나타난 위의 결과는 「과학탐구실험」 교과서에 나타난 핵심역량 요소들을 분석하였을 때 '과학적 참여와 평생학습 능력' 항목이 다소 적게 나타나고 나머지 4개 역량 항목이 고루 나타났다는 선행 연구(송신철, 심규철, 2019), 그리고 「통합과학」 교과서에서 역시 '과학적 참여와 평생학습 능력'이 가장 적게 나타나고 '과학적 의사소통 능력'이 3번째로 많이 나타나고 있다는 선행 연구(김현섭, 이태교, 방경현, 2019)와는 다소 다른 양상을 보인다. 이는 교과서에 나타난 핵심역량 항목들과 실제 수업을 통해 접근하게 되는 핵심역량 항목들이 다소 다를 수 있다는 점, 그리고 교과서 및 실제 수업에서 다루어지는 빈도 자체가 유사하다 하더라도 개별 역량 항목마다 발달이 이루어지는 데 소요되는 자원(시간 등)이 다를 수 있다는 점에서 이해할 수 있다.

한편, 일반 핵심역량의 사전-사후 검사 결과의 해석에는 더욱 주의가 요구된다. 2015 개정 교육과정에서는 여러 개별 교과의 지식 및 핵심역량을 통해 총론 수준의 일반 핵심역량을 함양하도록 의도하고 있다. 그러므로 일반 핵심역량에 대한 본 사전-사후 검사 점수 차이에는 과학 교과 학습뿐만 아니라 여타의 교과 학습 결과가 다함께 반영되어 있다고 보아야 하고, 이를 단순히 「과학탐구실험」 및 「통합과학」의 효과로 해석하기는 어렵다. 결국 본 연구의 검사에서 일반 핵심역량의 평균 점수가 1개 학기가 지난 이후에도 유의미한 증가를 보이지 않았다는 점은, 교육과정 개발 과정에서 학생들이 실제 경험하는 교과와 총론 수준의 일반 핵심역량 간의 관계가 모호한 채로 남아(송진웅, 나지연, 2015; 이진숙, 김은주, 김대현, 2017; 한혜정, 김영은, 이주연, 2015) 교과 내용과 연관 짓기에는 일반 핵심역량이 다소 추상적일 수 있다는 우려와 관련이 있는 것으로 해석이 가능하다. 예컨대 과학 핵심역량은 과학 교과의 내용 요소들과 긴밀한 연관을 지니며 설정되었기에 1개 학기 동안의 수업 후에 점수가 증가하였을 수 있지만, 일반 핵심역량의 일부 요소들의 경우 실제 학생들이 과학을 비롯한 여러 교과에서 접하는 내용들과는 다소 거리가 멀었을 수 있음을 방증한다. 보다 구체적으로는 '지식정보처리 역량'과 '창의적 사고 역량'의 경우 과학을 비롯한 고등학교 1학년 교과들의 내용 요소 및 핵심역량과 어느 정도의 인과적 관계가 있기 때문에 점수가 증가하였을 수 있으나, '자기관리 역량', '심미적 감성 역량', '의사소통 역량', '공동체 역량'의 경우 상대적으로 그렇지 못하였을 수 있다. 이는 교육과정 개발 당시 역량과 관련하여 총론과 각론 사이의 연계가 부족한 상황이었다는 선행 연구의 지적을 재확인하는 것이다(이광우, 백경선, 이수정, 2017; 이상은, 2019).

이는 비록 과학 교과를 중심으로 한 설명이며 반드시 인과관계를 암시하는 것은 아니지만, 핵심역량에 대한 총론 수준에서의 논리적 고찰과 교과 수준에서의 경험적 데이터가 대응하는 의미 있는 사례라고 하겠다. 실제로 2015 개정 교육과정 개발 당시 교육부 내부 자료에서는 일반 핵심역량과 과학 교과역량 간의 관계를 〈표 7〉과 같이 제시하고 있다. 단, 여기서 제시한 관계의 경우 "연계의 적절성, 타당성보다는 … 참조 자료로 구성된 것인 바, 분석 관점에 따라 다른 방식의 연계가 가능할 수 있"는 성격의 것이었으므로(이광우, 백경선, 이수정, 2017: 81) 실제 경험적 데이터에 기반한 논의가 추가적으로 필요한 상황이었다. 이를 본 연구에서 보고하는 분석 결과와 함께 참조한다면, 과학 교과를 중심으로

다음과 같은 설명이 가능할 것이다. 일반 핵심역량 중 ‘지식정보처리 역량’은 ‘과학적 문제 해결력’ 및 ‘과학적 사고력’과, 그리고 ‘창의적 사고 역량’은 ‘과학적 탐구 능력’과 연관이 된다. 가설검정 결과 ‘과학적 문제 해결력’, ‘과학적 사고력’, ‘과학적 탐구 능력’이 모두 유의미하게 증가하였으므로, 이와 연관된 ‘지식정보처리 역량’ 및 ‘창의적 사고 역량’이 함께 유의미하게 증가하였을 수 있다. ‘의사소통 역량’은 ‘과학적 의사소통 능력’과 연관되지만, 후자의 점수 증가량이 상대적으로 작은 편이었기 때문에 전자가 유의미하게 증가하지 못하였을 수 있다. 이 외에 ‘자기관리 역량’, ‘심미적 감성 역량’, ‘공동체 역량’은 과학 교과 핵심역량과 관련성이 크지 않았으며 역시 유의미하게 증가하지 않았다. ‘과학적 참여와 평생학습 능력’은 유의미하게 증가하였지만 일반 핵심역량과 관련성이 작았고 그에 영향을 미치지 못하였을 것이다.

〈표 7〉 2015 개정 교육과정 개발시 잠정적으로 파악된 과학 및 일반 핵심역량의 관계 (교육부, 2015b; 이광우, 백경선, 이수정, 2017에서 재인용)

일반 핵심역량						교과특수역량
자기관리 역량	지식정보처리역량	창의적 사고역량	심미적 감성역량	의사소통역량	공동체역량	
	과학적 문제해결력, 과학적 사고력	과학적 탐구 능력		과학적 의사소통 능력		과학적 참여와 평생학습 능력

다만, 본 절에서 보고한 가설검정은 앞서 언급하였듯이 몇몇 선행 연구와 유사한 형식을 취하여 비교를 가능케 하려는 의도가 있었던 것이며(김민환 외, 2019; 양찬호, 김민환, 노태희, 2015) 이 자체로서는 여전히 「과학탐구실험」 및 그 교수학습 방법별 효과를 「통합과학」과 구별하여 확인할 수 없는 형태라는 점에 유의하여야 한다. 이에 아래 회귀분석 결과를 함께 참조하여야 할 필요가 있다.

2. 다중회귀분석

과학 및 일반 핵심역량에 대한 회귀분석 결과는 〈표 8〉과 같았다. 여기서 본 연구의 관심사가 「통합과학」과 구별되는 「과학탐구실험」의 효과를 살펴보는 데 있었음에 유의할 필요가 있다. 두 교과목 내에서 이루어진 수업들을 각각 하나의 전체로서 파악할 경우 일반적으로 학기 내 동시에 교수되는 이 둘의 효과를 구별해내기가 매우 어려워지므로, 「과학탐구실험」 교과 내에서 이루어진 교수학습 방법별 단위 차시의 효과를 조사하여 이 문제를 우회하고자 한 것이다.

요약하자면, 「과학탐구실험」의 교수학습 방법 중 ‘실험 실습’(hands-on) 그리고 ‘기타’의 경우 과학 및 일반 핵심역량 모두에 통계적으로 유의미하게 긍정적인 효과가 있었다(전자의 경우 $p < .05$, $p < .01$; 후자의 경우 모두 $p < .05$). 또한 ‘실험 시연’(minds-on)의 경우 과학 및 일반 핵심역량 모두에 통계적으로 유의미하게 부정적인 효과가 있었다(각각 $p < .05$, $p < .01$). ‘비실험 활동’ 수업의 경우 과학 핵심역량에 있어서만 통계적으로 유의미한 부정적인 효과가 있었다($p < .05$). ‘강의식 수업’은 두 경우 모두에서 유의미한 효과를 갖지 못하는 것으로 나타났으나, 그 계수 추정량은 양(+)의 값을

나타냈다. 한편 여학생을 기준 변수로 하여 더미코딩한 성별에 따른 효과 역시 유의미하지 않은 것으로 나타났지만, 남학생 변수의 계수 추정량이 과학 역량에서는 양(+)으로, 일반 역량에서는 음(-)으로 나타났다. 적합된 회귀모형의 설명력(R^2)은 .53-.54로, 양호한(moderate) 수준(.25)을 상회할 뿐 아니라 강한(strong) 수준(.64)에 근접하고 있었다(Ferguson, 2009).

한편 그 계수 추정량의 크기의 관점에서 보자면 위에서 언급한 교수학습 방법들의 경우 통계적으로 유의미한 효과를 보인 경우에도 그 절댓값이 0.1 미만이었으며, 과학 및 일반 핵심역량의 사전검사 점수의 효과가 통계적으로 유의미한 경우 계수 추정량의 크기가 최대 0.7 이상으로 나타나 그 영향력이 상대적으로 크다는 것을 알 수 있었다. 이와 함께 회귀모형 적합 결과 전반적으로 교수학습 방법별 효과 크기가 상당히 작게 나타난 것이 사실이다($\eta^2 < 0.1$). 하지만, 본 연구의 맥락에서는 이러한 통계량들이 수업 1차시에 해당하는 효과를 추정한 것임에 유의하여야 한다. 곧, 교수학습 방법별 1개 차시가 단위가 되었으므로 효과 크기는 작게 추정되지만, 그러한 수업들이 20차시 이상 모여 이루어진 1개 학기 전체 동안의 효과는 그보다 크다고 보아야 한다(〈표 3〉). 효과 크기와 관련한 여타의 쟁점들에 대하여는 다음 장에서 연구의 한계점으로서 후술하도록 하겠다.

〈표 8〉 과학 및 일반 핵심역량에 대한 선형 회귀 모형 적합 결과 (N = 489)

	모형 1 : 과학역량 사후점수				모형 2 : 일반역량 사후점수			
	계수 (표준오차)	t	p	부분 η^2	계수 (표준오차)	t	p	부분 η^2
과학역량 - 사전점수	.601 (.049)	12.35	.000***	.241	.046 (.039)	1.19	.236	.003
일반역량 - 사전점수	.219 (.063)	3.45	.001***	.024	.708 (.050)	14.11	.000*	.293
성별 - 남	.027 (.064)	0.67	.67	.000	-.064 (.051)	-1.25	.210	.003
강의식 수업	.014 (.012)	1.23	.220	.003	.016 (.009)	1.69	.092	.006
비실험 활동	-.019 (.008)	-2.28	.023*	.011	-.009 (.007)	-1.37	.171	.004
실험 실습	.037 (.018)	2.11	.035*	.009	.0367 (.014)	2.66	.008**	.015
실험 시연	-.058 (.027)	-2.13	.033*	.009	-.0658 (.022)	-3.03	.003**	.019
기 타	.041 (.019)	2.13	.034*	.009	.0345 (.015)	2.27	.023*	.011
절 편	.258 (.351)	.74	.462		.537 (.278)	1.94	0.054	
R^2	.54				.53			

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

그렇다면 세부적인 각 교수학습 방법에 따라 왜 이러한 차이가 발생하는지를 고찰해보는 일이 필요할 것이다. 교수학습 방법별로 계수 추정량의 부호(+/-)가 달라졌다는 점은 「과학탐구실험」이라는 교과의 도입 자체가 어떠한 효과를 지닌다기보다는, 그 실행 과정에서 교사가 어떠한 교수학습 방법을 채택하고 실행하느냐의 노력에 따라 해당 교과를 통한 학생들의 핵심역량 함양 정도가 달라질 수 있음을 의미하기 때문이다.

이는 아마도 「과학탐구실험」내의 교수학습 방법들이 본래 교육과정의 취지에 준하여 학생의 실제적 참여를 유발하느냐의 여부에 따른 것으로 생각된다(김현경, 정은영, 2018; 교육부, 2015a).

먼저, 핵심역량에 대하여 긍정적인 효과를 지닌 것으로 나타난 '실험 실습' 및 '기타' 교수학습 방법이다. 첫째로 실험 실습(hands-on)은 기존 과학교육 문헌들에서 지속적으로 강조되어 오던 교수학습 방식으로서 학생들의 과학 학습에 대한 동기를 부여하고, 과학에 대한 호기심과 흥미를 증진(박현주, 2013; Hofstein, & Mamlok-Naaman, 2007)시킬 뿐 아니라 탐구능력을 향상하고 추상적인 과학 개념을 보다 구체적으로 경험(한수진, 이인혜, 노태희, 2010; Tamir, 1976)하는 데에 있어 유의미한 효과가 있다고 알려져 왔다. 특히 실험 실습이 핵심역량을 증가시킬 수 있을 것이라는 이론적 논의들 또한 변태진 외 (2019) 및 고은정, 정대홍 (2014) 등으로 보고된 바 있다. 거시적인 의미에서 핵심역량이 "지식, 기능, 태도, 가치의 동원(mobilisation)"이라면(OECD, 2018), 「과학탐구실험」은 이와 유사하게 기존 교과 지식의 성격을 뛰어넘는 면이 있는 2015 개정 교육과정의 일반 핵심역량(이광우, 백경선, 이수정, 2017; 이경건 외, 2019)까지도 증진시키는 데 역시 유의미한 효과가 있을 것임을 짐작하기 어렵지 않으며, 본 연구에서 보고하는 데이터 분석 결과가 이를 입증하는 것이다. 둘째로 '기타' 수업방법에 대해서는 그 자세한 사항을 파악하기 쉽지 않은 것이 사실이나, 교사들의 응답을 참조하자면 "실험보다는 과학송, 과학연극 등 융합관련 주제"로 이루어진 것으로 보인다(교사 I-2). 이에 따라 "정형화되고 답이 정해진 실험 수업이 아닌, 학생들이 자유롭게 탐구하여 창의성도 발휘되는 수업"이(교사 I-1) 가능하였을 수 있는 것이다. 결국 「과학탐구실험」에서 기존의 교수학습 방법에 갇히지 않은 다양한 방식의 수업이 일어날 때, 과학 교과역량 뿐 아니라 범교과적인 일반 핵심역량에 긍정적인 효과를 미쳤을 수 있다.

다음으로는 핵심역량에 대하여 부정적인 효과를 지닌 것으로 나타난 '실험 시연' 및 '비실험적 활동' 교수학습 방법이다. 첫째로 실험 시연(minds-on)의 경우 구성주의적 개념 학습에서 중요시되어 오던 교수학습 방식임은 분명하나(Chang, & Lederman, 1994; Gunstone, 1990), 학생들이 실제적으로 교사의 시연에 집중하며 수업에 참여하지 않을 경우에는 교육적 효과가 떨어질 수 있다는 단점이 존재한다(양일호 외, 2006; Schamel, & Ayres, 1992). 실험 시연이 본 연구에서 과학 및 일반 핵심역량에 부정적인 영향을 끼친 것으로 나타난 데는 이러한 원인이 작용하였을 개연성이 있는 것이다. 둘째로 사례조사 및 토론·토의 등의 '비실험적 활동' 수업의 경우 역시 마찬가지이다. 예컨대 본 연구에서 선행 문헌들을 참조하여 제시한 '과학자 및 역사적 과학 실험 등에 대한 조사와 발표' 자체는 긍정적인 의미를 지닌다고 하겠지만, 교사가 주도적으로 수업을 구조화하지 않을 경우 학생들의 적극적인 참여가 유발되지 못하고 결과적으로 학습의 효과가 저해되었으리라는 해석이 가능할 것이며, 토론 · 토의 학습 또한 협력학습(collaborative learning)이라는 큰 이론적 틀 안에서 해석할 때 협력 과정에서 적절한 수준의 상호작용이 일어나지 않을 경우 오히려 그 단점이 드러날 수 있는 것이다(e.g. Collazos et al., 2004).

결국 「과학탐구실험」에서 학생들의 실제적 참여를 촉진하는 '실험 실습' 회차가 늘어날 때마다 학생들의 핵심역량에 긍정적인 효과를 미친다고 할 수 있다. 그리고 이에 따라, 일반계 고등학교에서 이루어진 「과학탐구실험」 수업은 학생들의 핵심역량에 긍정적인 효과를 가져왔을 것으로 볼 수 있다. 예컨대, 본 연구에서「과학탐구실험」 수업을 이수한 학생들은 1개 학기 동안 평균적으로 8.39번의 '강의식 수업', 8.56번의 '비실험 활동', 12.93번의 '실험 실습', 1.80번의 '실험 시연', 1.65번의 '기타' 수업을 경험하였다 (<표 3>). 이를 본질상 예측 모델(predictive model)인 선형회귀분석 적합 결과(<표 8>)에 투입하면, 수업 회차가 많은 편이면서도 계수 추정량이 양수인(+.037) '실험 실습'을 위주로 종속변인에 대한 예측 점수가 양(+)의 방향으로 증가함을 알 수 있다.

3. 개방형 교사 설문 응답 결과

위의 분석 결과와 관련하여, 「과학탐구실험」의 보다 나은 운영을 위해 사전-사후검사 당시 교사들이 응답한 개방형 문항의 분석 결과를 참조하고자 한다. 「과학탐구실험」의 운영에 관한 교사들의 의견을 조사한 선행 연구가 없었던 것은 아니지만(e.g. 변태진 외, 2019; 신소연 외, 2018, 김현경, 정은영, 2018), 위의 통계적 분석 결과 '실험 실습' 수업의 중요성이 확인되었다는 맥락에서 이에 관한 교사들의 견해를 다시 한 번 보고하여 논의를 풍부하게 하는 일이 의미가 있을 것이다.

우선, 본 연구에 참여한 교사들은 대체로 「과학탐구실험」이 실험 실습 위주로 운영되는 것이 바람직하다는 견해를 지니고 있었다. 이는 교육과정상 「과학탐구실험」에서 권장되는 사항으로서 (교육부, 2015b) 교사들이 이를 올바로 이해한 것으로 볼 수 있으며, 이후의 응답들 또한 실험 실습이 중요하다는 관점을 견지한 교사들로부터 나온 것임에 유의하여야 한다.

"실험실습을 좀 더 할 수 있도록 교과서 교육과정 구성 필요." (교사 G-1)
"전통 실험실습 관련 주제를 더 많이 하는 것이 바람직해 보임." (교사 I-2)

이러한 실험 실습 위주의 「과학탐구실험」 수업이 가능해지는 데는 석차 등급을 매기지 않는 성취도 기준의 절대평가, 그리고 서답형 문항을 지양하는 평가 방식이 도움이 된 것으로 보인다. 이는 「과학탐구실험」이 적용 2년차(2019년)에 들어서면서, 그 실행 이전에 입시 위주의 교육으로 인하여 해당 과목이 파행적으로 운영될 수 있다는 우려가 제기되었던 것(윤지현, 강성주, 2016)과는 대조적이다. 곧, 학교 현장에서는 「과학탐구실험」의 내실 있는 운영을 위한 나름대로의 노력을 기울여온 것으로 보인다.

"9등급 상대평가, 석차등급 제도가 폐지되어 수업하기 용이함." (교사 A-1)
"작년[2018년]과 다르게 성적산출이 되지 않아 학생들에게 부담이 없어서 좋으나" (교사 E-1)
"2018: 9등급 성적 산출 -> 실험 시간 등급은 무리 → 2019년 성취도로 수정 (good) …(중략)… 실험은 지필 평가를 없애는 것이 바람직하다고 생각." (교사 I-1)

하지만, 「과학탐구실험」 교과를 운영하는 데 있어서 적지 않은 어려움이 있었던 것 또한 사실로 보인다. 특히 실험 실습 주제를 정하는 데 어려움이 따르는 것으로 나타났으며, 이에 관하여 교사들은 실험 내용의 개선이나 관련 수업자료의 개발 및 보급 등을 촉구하였다. 이는 선행 연구에서 예상되거나 지적되었던 바와 유사하다(e.g. 윤지현, 강성주, 2016; 변태진 외, 2019).

"학생들의 수준 및 가용시간 내에서 할 수 있는, 할 수 있을 법한 실험이 거의 없음. ...(중략)... 실험 내용과 주제에 대한 개선이 시급합니다." (교사 F-1)
"실험관련 연수를 개설하면 적극적으로 수강할 의향이 있을 만큼 실험 주제를 정하기가 쉽지 않습니다." (교사 E-2)
"어렵고 심오한 내용의 실험을 하기보다는 신기하고 학생들의 호기심을 자극할 수 있는 실험이 진행될 수 있도록 실험주제를 연구하고 공유할 필요가 있습니다." (교사 E-3)

한편, 「과학탐구실험」 운영에는 과학 교사들의 전공(물/화/생/지) 고려 및 수업 협의의 문제 뿐 아니라 이러한 신설 교과를 경력이 적은 초임 교사가 담당하게 되는 등의 문제가 뒤따르고 있었다(cf. 신소연 외, 2018).

"교과서의 모든 주제를 다룰 수는 없으므로 지도교사들의 협의로 지도 내용에 대한 재구성이 필요함." (교사 C-1)
"실험 과목 특성상 많은 학생들을 이끄는데 어려움이 많아 일선 학교 교사들은 기피하는 경향이 큽니다. [저희 지역에서] 기간제 선생님이나 시간 강사 선생님께 과탐실 수업을 온전히 모두 맡겨버리는 일이 비일비재하다고 알고 있습니다. 저희 학교 통합과학 과목에 경우는 물, 화, 생, 지 선생님이 골고루 시수를 쪼개어 수업이 진행되는데 반해, 과탐실의 경우는 시수가 1이다보니 그러하지 못합니다." (교사 E-1)
"교사의 전공에 상관없이 수업을 진행할 수 있도록 교과서 구성[해야 합니다]." (교사 G-1)

그런가 하면, 「과학탐구실험」을 실험 실습 위주로 원활하게 운영하기 위하여 필요한 점으로서 수업을 주별 1차시가 아닌 2차시 이상의 블록형으로 계획하는 일이 언급되었다. 유연한 블록타임제는 해당 교과의 수월한 운영을 위하여 큰 도움이 될 것으로 여겨졌음에도 약 8.5%의 학교에서만 이를 실시하는 것으로 나타난 바 있다(변태진 외, 2019). 본 연구에서도 교사들은 블록타임제를 위해 시간표를 유동적으로 운영한 경우를 긍정적으로 평가하였으며, 교사 H-1이 속한 학교의 경우 실제로 이러한 변화를 통해 교사들을 지원하고자 하였던 것으로 보인다.

"실험 수업을 한 시간 안에 해야 한다는 부담감이 있습니다. 두 시간을 블록타임으로 운영한다면 보다 더 효과적인 수업이 이루어질 수 있을 것 같습니다." (교사 B-1)
"우리학교에서는 과학탐구실험을 2시간 연강으로 운영하였는데, 한시간씩 하는 것보다 실험수업이 더욱 내실있게 진행되었다고 생각됨." (교사 C-1)
"2학년 선택형 이동수업 관계로 1학년 블록타임 수업 시간표 작성이 어려워 1시간 수업을 진행하면서

선택할 수 있는 실험 종류가 제한됨.” (교사 D-1)
“작년(2018): 1시간/1주일 - 실험하기에 부족 - 2019년 2학기 2시간 블록수업 운영.” (교사 H-1)

이러한 블록형 시간표가 확보되지 못한 경우에는, 교사가 주당 1회의 수업 시간을 최대한 활용하여 일련의 계열성을 지닌 수업을 구성하려는 노력을 기울인 경우도 있었다. 블록타임 자체의 필요성에 대하여는 선행 연구에서 언급된 바가 있었으나(변태진 외, 2019), 그것이 이루어지지 않았을 경우에 교사들이 수업을 구성하는 과정에서 일종의 사이클 형식을 도입하였다는 점은 본 연구에서 처음 보고하는 것으로 보인다.

“본교는 1개의 실험을 3차시로 구성하여 첫 시간에는 이론이나 배경지식 설명 수업을 진행하고, 2차시는 학생들이 자발적으로 실험 안내서를 읽고 스스로 실험을 개인이나 모둠별로 진행하고, 3차시는 실험한 내용을 개별 발표하면서 평가하는 수업을 진행함.” (교사 D-1)
“대개 첫 차시는 오리엔테이션. 두 번째 차시는 조사. 세 번째 차시는 [산출물을] 만들거나 연습 네 번째 차시는 발표[로 진행하였습니다].” (교사 I-2)

마지막으로, 교사들은 「과학탐구실험」의 운영에 있어서 「통합과학」 교과와의 연계 및 조응이 필요하다고 하였다. 이는 「통합과학」 내용 요소와의 연계를 의미하기도 하였지만 서로 실험 활동의 중복을 피하고 수업을 병렬적으로 진행하는 것까지를 포함하는 넓은 맥락에서 언급되었다. 예컨대, 본래 과학과 교육과정 문서상 「과학탐구실험」의 탐구활동 13개 중 10개가 「통합과학」에도 등장하면서(김주훈, 2018) 오히려 그것으로부터 일선 현장의 혼란이 초래될 수 있음을 확인할 수 있었다.

“통합과학 실험수행평가의 실험내용과 별도의 실험 관련 수행평가를 설계하는데 어려움이 많은 듯합니다.” (교사 E-1)
“통합과학과 보다 연계성을 높여 수업 중(1시간 이내)에 할 수 있는 실험 및 실습으로 구성해야 할 필요성이 있음.” (교사 F-1)
“통합과학과 병행하여 1학기에 통과 4단위 2학기에 통과 2단위 + 실험 2단위 => 이러한 운영이 합리적이라고 생각” (교사 H-1)

정리하자면, 과학 교사들은 「과학탐구실험」이 실험 실습 위주로 구성되는 것이 바람직하다고 생각하고 있었으며, 이를 위하여 평가 방식을 개선하고 블록타임으로 수업을 운영하는 일이 도움이 된다고 응답하였다. 한편으로는 적절한 난이도의 실험 실습 수업 자료의 개발 및 보급, 그리고 「통합과학」과의 연계성 제고 등이 언급되기도 하였다. 이러한 언급들 및 교사들의 개선 노력은 선행 연구들에서와 대체로 유사하나(e.g. 변태진 외, 2019; 신소연 외, 2018; 김현경, 정은영, 2018), 실험실 제반 환경 및 실무사 배치 등의 문제는 본 연구에 참여한 교사들이 언급하지 않았다는 면에서 약간의 차이가 있다.

Ⅳ. 논의 및 결론

본 연구에서는 2015 개정 교육과정의 「과학탐구실험」이 고등학생들의 과학 및 일반 핵심역량에 미치는 효과를 조사하고자 하였으며, 이 때 「과학탐구실험」의 효과를 「통합과학」과 구별해내기 위하여 「과학탐구실험」실험 내에서의 교수학습 방법에 초점을 두었다. 연구 방법으로서는 사전-사후 검사를 활용하였다. 검사는 2019년 2학기 이수 전과 후에 이루어졌으며, 전국 5개 시도의 9개 고등학교 1학년 학생 489명과 과학 교사 13명이 참여하였다. 조사 도구로서는 학생을 대상으로 한 과학 및 일반 핵심역량 총 11개 항목의 검사지, 그리고 교사를 대상으로 한 반구조화 설문지를 활용하였다. 연구 결과 사전-사후 검사에서 학생들의 과학 핵심역량 점수는 5개 항목 모두와 총점에서 유의미하게 증가하였으며, 일반 핵심역량 점수는 5개 중 2개 항목만이 유의미하게 증가하였고 총점은 유의미하게 증가하지 않았다. 또한 적합된 회귀모형에서는 '실험 실습' 및 '기타' 방법은 과학 및 일반 핵심역량에 유의미하게 긍정적인 효과를 나타내었고, '실험 시연'은 과학 및 일반 핵심역량에, '비실험 활동'은 과학 핵심역량에 유의미하게 부정적인 효과를 나타내었다. 이러한 효과가 나타난 원인은 각 교수학습 방법들이 학생들의 실제적 참여를 유발하느냐의 여부에 달려 있는 것으로 생각된다. 연구 참여 학교들에서 교수학습 방법의 분포를 살펴볼 때, 회차가 많은 편인 '실험 실습'을 중심으로 고등학생 핵심역량이 증가하였다는 예측이 가능하였다. 교사 설문 응답을 참조한 결과 「과학탐구실험」을 실험 실습 위주로 운영하되 평가방식 개선, 블록타임제 운영, 「통합과학」 교과와의 연계 등의 지원이 이루어진다면 학생들의 핵심역량 함양을 더욱 효율화할 수 있을 것으로 판단된다.

한편 해석상의 유의점 및 본 연구의 제한점에 대하여 논의하고자 한다. 이는 주로 회귀분석과 관련된 사항들이다.

우선은 과연 본 연구의 회귀분석 결과가 정말로 「과학탐구실험」의 고유한 효과를 「통합과학」의 그것과 구별하여 입증할 수 있느냐 하는 쟁점이다. 이는 본 연구에서 독립변인으로 삼은 「과학탐구실험」의 교수학습방법에 대하여 「통합과학」의 그것이 혼동변인(confounding variable)으로 작용할 수 있느냐의 여부와도 같다. 두 과목이 내용 측면에서나 교수학습방법의 측면에서 서로 유사하게 운영될 가능성이 있기 때문이다. 이는 어느 정도 타당한 지적이 될 수 있으나, 다음과 같은 답이 가능할 것이다. 첫째로, 두 과목에서 주로 사용하는 교수학습방법의 분포가 서로 다를 수 있음을 짚고 넘어가고자 한다. 예컨대, 본 연구의 조사 결과 「과학탐구실험」에서는 '실험 실습'이 가장 많이 활용되었으나, 신영준, 곽영순 (2019)의 보고에 따르면 「통합과학」에서는 '강의형' 수업이 주를 이루었으며 그와 대조되는 '참여형' 수업에서도 실험과 관련된 수업 비율은 낮았다. 둘째로, 본 연구에서 관측하고 투입한 독립변인은 「과학탐구실험」 수업시간 내에서의 교수학습방법별 차시로서, 「통합과학」의 그것과는 전혀 별개의 것이다. 예컨대, 본 연구의 회귀모델에서는 「통합과학」에서 '실험 실습'을 몇 차례 수행하든 무관하게 「과학탐구실험」으로 구획된 수업시간 내에서 '실험 실습'을 1번 수행하였을 경우의 효과를 추정한 것이 된다. 여기서 「통합과학」에서 다루는 내용 및 그 교수학습 방법이 「과학탐구실험」과 유사하다는 점 등은 본 연구의 변인과 그 층위가 달라 통계적 추정에 큰 영향을 주지 못한다고 할 수 있다. 「통합과학」의 교수학습방법이 혼동변인으로 작용하려면, 「과학탐구실험」에서의 교수학습방법별

차시 수와 「통합과학」에서의 교수학습방법별 차시 수가 각각 대응하며 상관관계를 가져야만 한다. 말하자면 「통합과학」에서 ‘실험 실습’을 많이 할수록 「과학탐구실험」에서 ‘실험 실습’을 많이 한다는 식의 가정이 필요하지만, 이는 성립하기 어려운 강한 가정이다. 이에 대하여 참조할 만한 사례로서, 곽영순 (2020)은 전국 244명의 과학 교사들이 「과학탐구실험」의 실험 활동을 「통합과학」 수업과 연계하느냐는 질문에 대하여 5점 리커트 척도 기준으로 ‘보통’ (3.03)이라고 답하였음을 보고한 바 있다. 셋째로, 본 연구의 회귀모델의 설명력이 높은 편(R^2 = .53 이상)이라는 점도 추가적인 변인을 고려할 필요성을 낮춘다. 결국, 「과학탐구실험」과 「통합과학」이 교수학습방법별 회차의 측면에서 서로 영향을 주고받을 가능성은 높지 않은 것으로 생각된다. 그러므로 본 연구의 회귀분석에서 투입된 「과학탐구실험」의 교수학습방법 변인은 「통합과학」 수업과 독립적이며 그에 의한 혼동효과에 영향을 받지 않았다고 할 수 있다. 그리고 본 연구에서 추정한 통계량들은 「과학탐구실험」에 타당하게 귀인될 수 있다.

이에 대하여 본 연구의 관점을 다시 설명하고자 한다. 본 연구에서는 핵심역량에 대한 「통합과학」의 효과 혹은 이와 「과학탐구실험」의 상호작용 효과를 부정하려거나 전부 규명하려는 것이 아니다. 실제로는 「과학탐구실험」 및 「통합과학」 모두가 학생중심의 운영 방향을 견지하여 긍정적인 효과를 가질 가능성이 있으며(cf. 〈표 5〉), 두 교과가 서로 연계됨으로써 발생하는 상호작용 효과 또한 존재할 수 있다. 다만, 본 연구에서는 그러한 전체적인 효과 중에서 「과학탐구실험」에만 귀인될 수 있는 효과가 어느 정도 존재한다는 점을 보이고자 한 것이다. 본 연구에서 「과학탐구실험」의 교수학습방법이 독립적인 변수로 작용할 수 있음을 가정하고 그것이 어느 정도 타당함을 논증하였던 것은 이러한 연유에서이다.

다음으로는 회귀분석 결과에서 나타난 낮은 계수 추정량 및 효과 크기로(〈표 8〉), 이는 본 연구의 결과가 갖는 일말의 한계점일 수 있다. 본 연구에서는 이러한 통계량들이 작게 나타날 수밖에 없는 요인들이 상당히 많았다. 우선 연구 결과에서 서술하였듯 독립변인들의 단위가 단 1회의 수업이었으므로 추정된 효과 크기는 작아질 수밖에 없었다. 이에 비하여 일종의 공변인으로서 투입한 사전 검사의 점수는 양적 연구에서 일반적으로 큰 효과 크기를 지닌다. 또한 여기서는 본 연구에서의 자료 수집이 연구자의 의도가 개입된 실험계획 환경이 아니라, 일반계 고등학교들에서 자연스럽게 운영된 수업의 환경에서 이루어졌음 또한 고려하여야 한다. 연구 맥락상 통년이 아닌 1개 학기 동안 이루어진 「과학탐구실험」 수업 내에서 달라지는 교수학습 방법은, 그 분포가 이산적이며 분산의 크기가 작은 특성을 지녔다고 하겠다. 데이터 처리 과정에서 일부 결측치들을 해당 변인의 평균값으로 대치하였는데, 이 역시 데이터의 분산이 작아지는 쪽으로 작용한다. 하지만 이러한 수많은 불리한 조건들에도 불구하고 1개 수업 단위의 효과가 유의미하게 긍정으로 나타났다는 사실은 부인할 수 없으며, 오히려 1개 학기(혹은 통년) 동안의 전체 「과학탐구실험」 수업을 통하여는 수업 내에서 학생들의 핵심역량이 증가하였을 것이라는 판단의 타당성을 높여 준다.

경우에 따라서는 일반 핵심역량의 경우 사전-사후 검사 사이의 평균 차이가 통계적으로 유의미하지 않았는데 회귀분석을 수행하는 것이 어떠한 의미가 있느냐는 질문이 제기될 수 있다. 하지만 통계적 연구 방법론의 측면에서 회귀분석의 요건으로 사전-사후 검사 점수에 통계적으로 유의미한 차이가 있어야 하는 것은 전혀 아니다. 결국 본 연구에서 회귀분석 결과를 추가로 살펴보는 이유에 대한 고려가

약간 더 필요할 뿐이라고 하겠다. 이는 일반 핵심역량의 경우 과학 교과뿐만 아니라 국어, 영어, 수학, 사회 등을 비롯하여 학생들이 접하게 되는 모든 교과와 연관되어 있는 구인이므로 이를 증가시키거나 감소시키는 다양한 요인들이 존재할 수 있는 가운데, 특별히 「과학탐구실험」의 교수학습 방법이 갖는 효과를 자세하게 조사하는 과정으로 이해하면 큰 무리가 없을 것이다.

연구 방법 부분에서 논의하였듯이 본 연구의 회귀모형 적합 결과는 허용 가능한 범위의 다중공선성, 잔차의 정규성, 잔차의 등분산성 등 통계학적으로 볼 때 충분히 타당하다고 볼 수 있는 여러 조건들을 충족하였으며 표본의 수도 모델의 복잡도에 비하여 적절히 큰 상황이다. 이러한 사항들을 종합적으로 고려할 때 본 연구의 회귀분석 결과는 「과학탐구실험」 내에서 이루어진 단위 차시별 교수학습 방법의 효과를 추정하였다고 할 수 있고, 결과적으로 교수학습 방법의 분포에 따라 그 누적에 해당하는 「과학탐구실험」 교과의 효과를 주장할 수 있다.

이에 본 연구의 의의를 정리하면서 추후 연구 및 과학 교육과정 편성·운영의 지향점에 대하여 제언하고자 한다.

첫째, 본 연구는 「과학탐구실험」의 효과를 「통합과학」과 분리하고자 한 드문 사례에 해당한다. 상술하였듯 이러한 연구는 그 필요성에도 불구하고 지금까지 이루어지지 않은 면이 있었으며(김민환 외, 2019; 이경건, 홍훈기, 2017) 그 원인은 이 두 과학 교과가 고등학교 1학년 때 동시에 교수되기 때문으로 생각할 수 있다. 이에 본 연구에서는 「과학탐구실험」 내에서의 교수학습 방식에 집중함으로써 단위 수업들의 효과를 구별하고자 하였고, 특히 실험 실습 수업이 핵심역량 점수에 통계적으로 유의미한 효과를 발생시킴을 제시할 수 있었다. 다만 본 연구에서 활용한 데이터가 본질적으로 자기보고식 검사지를 통해 측정한 핵심역량 점수였다는 면에서, 이러한 점수의 상승이 구체적으로 어떤 의미를 지는 것으로 해석될 수 있는지에 대하여는 심도 있는 고찰이 뒤따라야 할 필요가 있다(cf. 하민수 외, 2018; Baek et al., 2019).

이와 관련하여 둘째, 과학 교사들의 노력으로 「과학탐구실험」교과가 실험 실습 위주로 운영됨으로써 학생들의 핵심역량 향상에 기여하고 있음을 보였다. 인터뷰에서 확인할 수 있듯 연구자들이 거의 개입하지 않은 자연스러운 상황에서도 교사들은 자신들의 권한과 능력을 발휘하여 「과학탐구실험」의 효과적인 운영을 꾀하였고, 그것이 학생들의 역량을 향상시키는 방향으로 작용한 것이다. 하지만 여기서 「과학탐구실험」의 더 나은 운영을 위한 지원을 중단하여도 된다는 것은 전혀 아니며, 수업의 주체로서의 과학 교사들이 경험하는 모순을 해결하기 위한 방안을 모색해야 한다(신소연 외, 2018). 「과학탐구실험」을 비롯한 과학 교과의 효과성은 학교 교육과정의 편성 및 운영 뿐 아니라(cf. 곽영순, 2014) 개별 교과의 수업 단위에서도 이를 적극적으로 재구성하려는 노력에 따라 달라질 수 있기 때문이다. 결국, 「과학탐구실험」 교과의 재구성에 있어서도 해당 수업을 실질적으로 운영하는 교사의 자율성이 강조되어야 할 필요가 있으며 이를 위하여 학교 및 교육청을 비롯한 다양한 층위에서의 행 · 재정적 지원이 이루어져야 한다. 이 때, 본 연구의 결과에서 제시하였듯 학생들의 실제적 참여를 유발하는 실험 실습 위주의 수업 구성을 위한 자료 개발 및 보급의 측면 또한 소홀해서는 안 될 것이다.

셋째, 본 연구는 2015 개정 교육과정에서 과학(교과) 및 일반 핵심역량 검사 점수를 동시에 측정하여 보고하였다. 지금까지 2015 개정 교육과정의 맥락을 비롯한 핵심역량 관련 연구들은 과학 핵심역량 및 일반 핵심역량 각각을 과학학습동기(하민수 외, 2019) 혹은 학업성취도(Baek et al., 2019) 등의

연구자들의 관심 구인과 연관 지어 왔으나, 정작 많은 이론적 논의와 고찰의 대상이 되어 온 교과 및 일반 핵심역량 간의 관계를(e.g. 한혜정, 김영은, 이주연, 2016; 이진숙, 김은주, 김대현, 2017; 한혜정 외, 2018; 이경건 외, 2019) 경험적 데이터에 기반하여 고찰할 수 있는 계기를 제공한 선행 연구는 매우 드물었다. 본 연구는 연구 결과의 해석에 있어서 과학 및 일반 핵심역량의 개별 요소들 간의 관계를 염두에 두었다는 점에서(Ⅲ-1 등) 선행 연구들과의 차별점을 지닌다. 또한 본 연구는 과학 및 일반 핵심역량의 사전-사후 검사 점수를 보고하였으며 회귀분석에서 각각의 사전검사 점수를 공변인과 같이 투입하였다. 그 결과, 과학 핵심역량 사전검사 점수가 일반 핵심역량 사후검사 점수에 유의미한 효과를 나타내지 않았으며 그와 함께 일반 핵심역량 사전검사 점수가 과학 핵심역량 사후검사 점수에 유의미한 영향을 나타냈다(<표 8>). 이러한 결과는, 핵심역량 간의 발달 순서가 단순히 교과역량에서 일반역량으로 향하는 것이 아닐 수 있음을 방증하는 것이다. 다양한 가능성을 염두에 두면서 과학 및 일반 핵심역량 간의 인과적 관계를 엄밀히 규명하기 위한 후속 연구가 이루어져야 할 필요가 있으며, 이 때 핵심역량 세부 항목들 간의 관계를 살펴보기 위하여는 보다 정교한 통계적 모델을 구축하여야 할 것이다. 한편 본 연구에서는 핵심역량의 설정 자체 혹은 그 개별 요소들의 적절성을 살펴보려는 의도는 갖지 않았다. 그 각각을 심도 있게 검토하는 작업 또한 이루어진다면, 역량기반 교육과정의 세계적 추세 안에서 향후의 국가 교육과정이 더 나은 형태로 구현되는 데 기여할 수 있을 것이다.

본 연구의 결과에 따르면 2015 개정 교육과정의 「과학탐구실험」 교과 내에서 이루어진 실험 실습 수업이 학생들의 과학 및 일반 핵심역량 함양에 긍정적인 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 따라서 미래 사회를 살아갈 학생들에게 필요한 핵심역량을 함양하는데 도움이 될 수 있도록 앞으로의 국가 교육과정에서도 실험 실습 위주의 과학 교과들이 유지되는 것이 바람직하다.

참고문헌

고은정, 정대홍(2014). 과학교과에서의 핵심역량에 대한 세계의 동향에 준거하여 우리나라 현장 교사들의 인식 연구. **한국과학교육학회지, 34**(6), 535-547.

고은정, 정대홍(2019). 핵심역량 관련 국내 과학 교육 연구 동향 분석. **현장과학교육, 13**(4), 359-376.

곽영순(2014). 과학 교사의 학교 교육과정 편성, 운영 역량 실태. **한국지구과학회지, 35**(3), 203-212.

곽영순(2020). 2015 개정 통합과학과 과학탐구실험 교육과정의 2차 년도 적용 현황 추이 분석. **대한지구과학교육학회지, 13**(1), 53-63.

곽영순, 손정우, 김미영, 구자옥(2014). 핵심역량과 융합교육에 초점을 둔 과학과 교육과정 개선방향 연구. **한국과학교육학회지, 34**(3), 321-330.

교육부(2015a). **과학과 교육과정.**

교육부(2015b). **제6차 국가교육과정각론조정위원회 회의 자료** (2015. 7. 29).

교육부(2015c). **초·중등학교 교육과정.**

김민환, 김성훈, 노태희, 최숙영(2019). 2015 개정 과학과 교육과정의 통합과학과 과학탐구실험이 학생들의 과학에 대한 흥미, 과학적 태도, STS와 과학의 본성에 대한 견해에 미치는 영향. **한국과학교육학회지, 39**(6), 791-797.

김성기, 유정웅, 백성혜(2020). 디지털 리터러시를 강조한 과학 수업이 중학교 1학년 학생들의 과학 태도 및 핵심역량 성장 인식에 미치는 영향. **한국과학교육학회지, 40**(2), 227-236.

김재덕, 고연주, 이현주(2017). 과학관련 사회쟁점 수업이 초등학생의 과학과 핵심역량 함양에 미치는 효과. **학습자중심교과교육연구, 17**(7), 339-362.

김주훈(2018). 2015년 개정 교육과정에서 통합과학과 과학탐구실험 통합 운영 방안. **생물교육, 46**(1), 39-54.

김현경, 정은영(2018). 2015 개정 고등학교 과학과 교육과정의 적용 방안. **교육과정평가연구, 21**(1), 61-77.

김현섭, 이태교, 방경현(2019). 과학과 핵심역량에 대한 통합과학 교과서의 반영 순위 및 학생들의 인식 비교 분석. **현장과학교육, 13**(1), 63-77.

박현주(2013). 중학교 과학교사의 실험수업 실태 및 인식 조사. **과학교육연구지, 37**(1), 79-86.

백순근, 윤승혜, 신안나, 손주영, 김연경(2017). 고등학생용 여섯 가지 핵심역량 측정도구 개발 및 타당화 연구. **교육평가연구, 30**(3), 363-395.

변태진 , 백종호 , 심현표 , 이동원(2019). 2015 개정 교육과정 '과학탐구실험' 운영 실태 조사.

한국과학교육학회지, 39(5), 669-679.
소경희(2009). 역량기반 교육의 교육과정사적 기반 및 자유교육적 성격 탐색. **교육과정연구, 27**(1), 1-20.
소경희(2015). 2015 개정 교육과정 총론 개정안이 남긴 과제 : 각론 개발의 쟁점 탐색. **교육과정연구, 33**(1), 195-214.
손정우(2016). 공통과학 전공 과목의 2015 과학과 교육과정 '통합과학'과 '과학탐구 실험' 대비 가능성에 대한 예비 과학교사들의 인식. **교사교육연구, 55**(4). 472-484.
송진웅, 강남화, 곽영순, 나지연, 방담이, ... , 최임정(2014). **문·이과 통합형 과학과 교육과정 재구조화 연구**. 교육부.
송진웅, 나지연(2015). 2015 과학과 교육과정 개정의 주요 방향 및 쟁점 그리고 과학교실문화. **현장과학교육, 9**(2), 72-84.
송신철, 심규철(2019). 고등학교 과학탐구실험 교과서의 탐구 활동에 나타난 과학과 핵심역량 분석. **학습자중심교과교육연구, 19**(22), 363-383.
신명경, 이수정(2013). 과학탐구의 핸즈온 활동 내용, 사고 활동 내용, 논리적 구조 측면에서의 초등 과학 교과서 분석 : 지구와 우주 영역의 사례. **교과교육학연구, 17**(4), 1483-1499.
신소연, 박철규, 이창윤, 홍훈기(2018). 2015 개정 교육과정의 '과학탐구실험' 실행에 대한 사례연구 -문화역사적 활동이론(CHAT) 측면에서의 이해-. **한국과학교육학회지, 38**(6), 885-899.
신영준, 곽영순(2019). 2015개정 교육과정의 통합과학 과목 편성ㆍ운영 실태 분석. **과학교육연구지, 43**(1), 64-78.
양일호, 정진우, 허명, 김영신, 김진수, 조현준, 오창호(2006). 초등학교 과학 실험 수업 분석. **초등과학교육, 25**(3), 281-295.
양찬호, 김민환, 노태희(2015). 2009 개정 교육과정에 의한 융합형 과학이 학생들의 과학의 본성과 STS에 대한 견해, 과학에 대한 흥미 및 포부에 미치는 영향. **한국과학교육학회지, 35**(4), 549-555.
윤지영, 온정덕(2016). 역량의 총체성에 따른 교육과정 설계 방향 탐색. **교육과정연구, 34**(2), 19-45.
윤지현, 강성주(2016). 2015 개정 교육과정에서 통합과학과 과학탐구실험 교과에 관해 고등학교 과학 교사들이 기대하는 부분과 우려하는 부분에 대한 분석. **학습자중심교과교육연구, 16**(5), 515-546.
이경건, 박정우, 이선경, 홍훈기, 심한수, 신명경(2019). 과학교과 역량의 다면적 이해와 쟁점의 탐색: 일반 핵심역량과의 관계를 고려하여. **과학교육연구지, 43**(1), 94-118.
이경건, 홍훈기(2017). 핵심 개념으로 비교한 2015 개정 교육과정의 「통합과학」과 「융합과학」. **한국과학교육학회지, 37**(6), 981-992.

이광우, 백경선, 이수정(2017). 2015 개정 교육과정에서의 핵심역량 관련 이슈 고찰: 인간상, 교육목표, 교과 역량과의 관계. **교육과정연구, 35**(2), 67-94.

이근호, 이광우, 박지만, 박민정(2013). **핵심역량 중심의 교육과정 재구조화 방안 연구**. 교육부.

이상은(2019). 2015 개정 교과 교육과정 개발 참여 경험을 통해 살펴본 교과역량 설계의 실태 분석. **교육학연구, 57**(3), 287-316.

이진숙, 김은주, 김대현(2017). 2015 개정 과학과 공통 교육과정에서의 핵심역량-교과역량, 교과역량-성취기준의 관계 분석. **통합교육과정연구, 11**(2), 1-25.

정해련, 신동훈(2018). '환경과 에너지' 주제중심통합프로그램이 과학과 핵심역량에 미치는 효과. **에너지기후변화교육, 8**(2), 195-205.

하민수, 박현주, 김용진, 강남화, 오필석, 김미점, 민재식, 이윤형, 한효정, 김무경, 고성우, 손미현(2018). 2015 개정 과학과 교육과정에 기초한 과학과 핵심역량 조사 문항의 개발 및 적용. **한국과학교육학회지, 38**(4), 495-504.

하민수, 이기영, 최은환, 김일찬, 유지혜, 원복연(2019). 집단중심 추세모형을 이용한 과학중점학교 1학년 프로그램이 고등학생들의 과학과 핵심역량과 과학학습동기에 미치는 영향 탐색. **한국과학교육학회지, 39**(6), 799-807.

한수진, 이인혜, 노태희(2010). 고등학생들의 이론과 자료에 대한 인식론적 관점과 과학 과정 기술, 선호하는 실험 학습 환경에 대한 인식, 실험 수업에 대한 태도 사이의 관계. **대한화학회지, 54**(5), 643-649.

한혜정, 김기철, 이주연, 장경숙(2018). 역량기반 교육과정에 대한 국내 선행연구의 이론적 논의 분석 및 쟁점 탐색. **교육과정평가연구, 21**(3), 1-24.

한혜정, 김영은, 이주연(2016). 교육 목적으로서 "일반 능력" 설정에 대한 논의 고찰: 2015 개정 교육과정의 핵심역량과 교과 역량의 관계에 주는 함의. **교육과정연구, 34**(2), 1-18.

Agresti, A. (2015). *Foundations of Linear and Generalized Linear Models*. John Wiley & Sons.

Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education, 13*(1), 1-12.

Baek, S. -G., Yoon, S. -H., Shin, A., Son, J., & Kim, Y. -K. (2019). Profile analysis of Korean high school students' core competencies and their correlations with academic achievement. *KEDI Journal of Educational Policy, 16*(2), 3-20.

Chang, H. P., & Lederman, N. G. (1994). The effect of levels of cooperation within physical science laboratory groups on physical science achievement. *Journal of*

Research in Science Teaching, 31(2), 167-181.

Collazos, C. A., Guerrero, L. A., Pino, J. A., & Ochoa, S. F. (2004). A method for evaluating computer-supported collaborative learning processes. *International Journal of Computer Applications in Technology, 19*(3-4), 151-161.

Ferguson, C. J. (2009). An effect size primer: A guide for clinicians and researchers. Professional Psychology: *Research and Practice, 40*(5), 532-538.

Gunstone, R. F. (1991). *Reconstructing theory from practical experience*. In B. Woolnough (Ed.), Practical Science. Milton Keynes: Open University Press, 67-77.

Herron, M. D. (1971). The nature of scientific enquiry. *The School Review, 79*(2), 171-212.

Hodge, S. (2007). The origins of competency-Based training. *Australian Journal of Adult Learning, 47*(2), 179-209.

Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry education research and practice, 8*(2), 105-107.

Katz, M. H. (2006). *Multivariable Analysis: A Practical Guide for Clinicians (2nd ed.).* Cambridge University Press.

OECD (2005). *The definition and selection of key competencies: Executive summary.*

OECD (2018). *The future of education and skills: Education 2030.*

Schamel, D., & Ayres, M. P. (1992). The minds-on approach: student creativity and personal involvement in the undergraduate science laboratory. *Journal of College Science Teaching, 21*(4), 226-229.

Tamir, P. (1976). *The role of the laboratory in science teaching. (Tech. Rep. 10).* Iowa City, IA: The University of Iowa, Science Education Center.

Willbergh, I. (2015). The problems of ‘competence’ and alternatives from the Scandinavian perspective of Bildung. *Journal of Curriculum Studies, 47*(3), 334-354.

· 논문접수 : 2020.07.06. / 수정본접수 : 2020.07.31. / 게재승인 : 2020.08.12.

ABSTRACT

The Effect of 「Science Inquiry Experiment」 of 2015 Revised National Curriculum Towards High School Students' Science and General Core Competencies

Lee Gyeong-Geon
Doctoral Candidate, Department of Chemistry Education, Seoul National University
Kim Yu-Jung
Doctoral Student, Department of Chemistry Education, Seoul National University
Jang Wonhyeong
Master's Student, Department of Chemistry Education, Seoul National University
Lee Jaeyong
Bachelor's Student, Department of Chemistry Education, Seoul National University
Hong Hun-Gi
Professor, Department of Chemistry Education, Seoul National University

This study investigated the effect of 「Science Inquiry Experiment」 of 2015 Revised National Curriculum towards high school students' science and general core competencies. To discern its own effect from that of 「Integrated Science」, researchers focused on the teaching & learning methods within the classes. We utilized pre- and post-test design between the end of 1st and 2nd semesters. Research data were from 489 high school 1st grader students from 5 regions of South Korea, using questionnaires about 5 science and 6 general core competencies. As a result, all the 5 science core competencies and total science competency score were increased significantly, but only 2 general core competencies were increased significantly and total general core competency score did not. In the regression analysis, among teaching & learning methods 'hands-on' and 'others' showed significant positive effect on science and general core competencies. And significant negative effect were shown in 'non-lab activity' for science core competency, and 'minds-on' for science and general core competencies. It is probably because those teaching & learning methods were different in the extent of guiding students to actively engage in the classes. Thus, the subject can foster students' core competencies when introducing enough hands-on sessions. Referring to the teacher survey, researchers suggested that the subjectivity of science teachers should be emphasized and supported to help their practice in the 「Science Inquiry Experiment」classes. And ultimately, to help

students foster core competencies which are required in the future society, hands-on experiment centered science subject should remain in the next national curriculums.

Key Words: *Science Inquiry Experiment, science core competency, science subject matter competency, general core competency, 2015 Revised National Curriculum*