

수학·과학 성취도의 요인 분석으로 본 과학고등학교 학생들의 화학 교과에 대한 인식 연구

신동선 · 최호준[†] · 김봉곤*

경상대학교 화학교육과 대학원, 거제옥포고등학교 교사

[†]경상대학교 화학교육과

(접수 2019. 12. 6; 게재확정 2020. 2. 19)

A Study on the Students' Cognition of Chemistry in Science High School by Factor Analysis of Mathematics and Science Achievement

Dong-Seon Shin, Hojun Choi[†], and Bong Gon Kim*

Department of Chemistry Education, Gyeongsang National University, Geoje Okpo High School, Geoje 53211, Korea.

[†]Department of Chemistry Education, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea.

*E-mail: ombgkim@gnu.ac.kr

(Received December 6, 2019; Accepted February 19, 2020)

요 약. 과학 고등학교에서 다양한 재능을 지닌 학생들의 효과적인 교수-학습 활동을 위해서, 교수자는 학생들의 다양한 재능과 교과목의 특성에 따라 자연세계의 정보를 인식하고 처리과정에서의 개인차를 이해하는 것이 중요하다. 본 연구의 목적은 수학/과학 성취도의 교과 간 상관 및 요인 분석으로 과학고 학생들의 화학 교과에 대한 인식을 규명하는데 있다. 아울러 R&E 학급에 따른 화학 교과의 인식을 알아보고자 하였다. 연구 대상은 입학 전형과 교육과정의 개편 시기에 따른 G과학고 3학년 입학생(296명)이 주 연구 대상자이고, 경남·울산 지역 2개 과학고를 포함하였다. 성취도의 상관 및 요인 분석은 SPSS 25를 이용하여 탐색적 요인분석법으로 수행하였다. 본 연구의 수행 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 수학·과학 성취도 간의 상관분석에서 화학의 Pearson 상관계수는 다른 교과목들에 비해 높은 정적 상관을 보이는 것이 확인되었다. 둘째, 수학·과학 성취도의 요인 분석에서 요인 지표는 수리-논리(수학, 물리)와 자연 이해(생명과학, 지구과학)의 2개 요인으로 구분되는 것이 확인되었다. 셋째, 요인 분석에서 화학 교과는 수리-논리와 자연 이해 능력이 모두 요구되는 교과로 인식하고 있음을 확인할 수 있었다. 마지막으로, R&E 학급에 따라서 화학 교과에 대한 학생들의 인식이 다르다는 것을 확인하였다. 즉, R&E 화학반 학생들은 다른 학생들과 달리 화학 교과를 수리-논리가 요구되는 과목으로 인식하고 있음이 확인되었다.

주제어: 과학고, R&E, 화학, 성취도, 탐색적 요인분석

ABSTRACT. For effective teaching-learning activities for students with diverse talents in science high schools, it is important for teachers to understand students' individual differences in perceiving and processing information in the natural world, depending on the students' various talents and subject characteristics. The purpose of this study is to examine the students' cognition of chemistry in science high school through correlations and factor analysis of mathematics/science achievement. In addition, this study attempted to examine the cognition of chemistry subject according to R&E classes. The main participants of the study were freshmen of G science high school (296 students) who entered after three times of curriculum reforms and new admission processes and the students in two other science high schools in Gyeongnam and Ulsan were included. The correlation and factor analysis were conducted by exploratory factor analysis by IBM SPSS Statistics 25 programs. The results of this study were as follows: First, in the correlation analysis between mathematics and science achievement, it was confirmed that the Pearson's coefficient of chemistry showed higher positive correlation coefficient than that of other science subjects. Second, in the factor analysis of mathematics and science achievements, it was found that the factor indicators were divided into two factors as logical-mathematical (mathematics and physics) and naturalistic (life science and earth science). Third, in the factor analysis, it was confirmed that the chemistry is recognized as the subject that requires both logical-mathematical and naturalistic intelligence. Finally, it was confirmed that students' cognitions of chemistry subject were found to differ according to the R&E classes. In other words, the participants of R&E chemistry class, unlike other students, were found to recognize chemistry as the subject that logical-mathematical intelligence is needed.

Key words: Science high school, R&E, Chemistry, Achievement, Exploratory factor analysis

서 론

연구의 필요성 및 목적

최근 세계 선진국가들은 급격한 과학 기술 발전에 따라 자국의 국가 경쟁력을 높이고 변화에 대응하는 인재 양성 차원에서 과학 교육의 혁신을 위하여 많은 노력과 관심을 기울이고 있다. 특히, 미국에서는 과학의 본성을 잘 이해하고 과학적 탐구가 익숙한 학생들이 국가 성장의 밑거름이 된다는 사실을 인식하고 과학 교육의 중요성을 강조하고 있다.^{3,20}

우리나라에서는 2002년 영재교육진흥법의 시행으로 2003년에 KAIST 소속의 한국과학영재학교가 설립되었고, ‘연구를 통한 교육(Research and Education; R&E) 프로그램’이라는 명칭으로 사사교육 프로그램을 정규 교육과정에 포함하여 운영하는 등 새로운 과학 분야의 영재교육이 시도되었다. 영재학교의 R&E 프로그램 효과가 입증되면서 과학고에서도 학생들의 사사교육을 위하여 R&E 프로그램이 도입되었다. 1984년 설립된 G과학고등학교에서는 정규 교육과정에 ‘과제 연구’ 전문 과정을 개설하여 학습자 중심의 R&E 프로그램을 운영해왔으며, 2005년이후 과학기술부와 한국과학재단(한국연구재단)의 지원으로 한국과학영재학교 및 과학고등학교 학생들이 자기 주도적 연구 활동을 통하여 과학적 탐구 능력과 창의적 문제 해결력 등을 신장시킬 수 있는 전문가 지도형 R&E 프로그램을 동시에 운영할 수 있었다.¹³

과학고등학교(이하 과학고)는 과학 기술 분야의 국제 경쟁력 제고를 위해 국가적 차원에서 수학·과학 분야에 소질과 적성이 있는 학생을 조기에 발굴 및 육성하려는 특수목적으로 1982년 경기과학고등학교를 시작으로 2002년까지 16개 과학고가 운영되어 왔다. 그동안 많은 졸업생을 배출하여 90% 이상이 과학기술 분야 대학에 진학하여 국가 산업 발전에 기여한 것으로 평가받았지만, 설립 취지와 다르게 의학 계열 진학 또는 명문 대학 입시를 위한 수단으로 작용한다는 비판도 있었다.²⁵ 1999년에 영재교육진흥법 제정과 영재학교 설립의 필요성이 대통령 자문 기구인 ‘국가과학기술자문회의’에서 제안되었다. 정부에서는 영재교육진흥법 제6조 및 시행령에 따라 2003년 부산과학고를 한국과학영재학교로 전환하였고, 이어서 서울·경기과학고를 비롯해서 광역시 중심으로 기존 5개 과학고가 영재학교로 전환되었다. 영재학교로 전환된 지역은 과학고를 새로이 신설하여 현재 20개 과학고와 8개 영재학교가 운영되고 있다.²² 이처럼 과학 기술 인력 양성을 위한 과학고의 양적 팽창과 함께 영재교육의 질적 문제가 제기되었고 이를 개선하기 위해 정부는 과학고에 특화된 교육과정 운영, 과학고 교원들의 전문성 향상, 과학고 교

사와 학생들의 연구 활동 확대 등의 내용을 골자로 과학고 발전 방안을 발표하였다.¹⁸ 현재 과학고등학교에 적용되는 교육과정은 교과 총 이수 단위인 180 단위 중에서 수학과 과학 관련 전문 교과를 72 단위 이상 편성하여 운영하여야 하고, 아울러 영재학교에서 실시했던 R&E (Research and Education) 프로그램이 일반고와 구분되는 특징이라고 할 수 있다.

과학고 학생들의 수학과 과학 교과 간 상관성에 대한 연구가 필요한 이유는 과학고의 환경 변화에 따른 학생들의 화학 교과에 대한 인식 변화에 있으며, 환경 변화를 자세히 기술하면 다음과 같다. 첫째, 과학고 입학 전형의 변화이다. 과학고 입학 전형은 2010학년도 입학생 이전에는 심층 면접 형태의 과학 창의성 전형에 의해서 선발하였으나, 2010학년도 이후부터 연차적으로 자기주도 학습 전형으로 선발하여 2013년 입학생들은 100% 자기주도 학습 전형으로 선발된 학생들이다. 자기주도 학습 전형에는 사회 통합(사회적 배려 대상자: 입학생의 20%) 전형이 포함되어 있으므로 입학생들의 학업 성취 수준의 편차가 예상된다. 둘째, 과학고 교육과정의 변화이다. 과학고에서 07 개정 교육과정은 2009년부터 과학고 1학년에 적용되었고, 09 개정 교육과정은 2011년 입학생부터 적용되었다. 2016학년도에 AP(Advanced Placement)과정이 신설되었고, 2018학년도에는 창의융합형 인재 육성을 강조하는 2015개정 교육과정이 과학고 1학년에 적용된 해이다.

화학은 흔히 물리학과 생물학의 중간 영역에 해당하는 것으로 인식하고 수리/논리 영역과 자연 이해 능력이 함께 요구되는 것으로 짐작하고 있지만, 그에 대한 체계적인 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 이 연구에서는 수학·과학 교과 성취도 요인 분석을 통해 화학 교과의 위상을 확인하고 이를 통해 과학고 학생들의 화학 교과에 대한 인식을 알아보고자 한다. 또한 R&E 활동 영역과 학업 성취도는 어떤 상관성이 있는지 분석하고자 하였다.

연구문제

이러한 연구 필요성에 따른 연구 목적을 실현하기 위해 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다. 첫째, 과학고 학생들의 수학과 과학 과목(물리, 화학, 생명과학, 지구과학) 간의 학업 성취도 상관 관계는 어떠한가? 둘째, 수학과 과학 교과의 성취도의 요인 분석을 통한 과학고 학생들의 화학 교과에 대한 인식은 어떠한가? 셋째, 수학과 과학 분야의 R&E 활동반과 화학 성취도 간의 상관 및 요인 분석 결과가 의미하는 것은 무엇인가?

따라서 본 연구는 입학 전형과 교육 과정의 변화가 있었던 2009, 2013, 2018학년도 입학생들의 수학과 과학 4 과목 간의 성취도 상관 및 요인 분석 등의 방법으로 학생

들의 화학 교과에 대한 인식 특성을 밝히는데 의의가 있다. 또한 본 연구를 통해 화학 교과의 교수-학습 및 교육과정의 재구성에 참고 자료가 될 수 있다는 점에서도 의미를 가진다.

이론적 배경

과학고 학생 선발 및 교육과정(전문 교과) 운영

과학고의 학생 선발은 1996년 이후부터 2010학년도 이전까지 특별 전형과 일반 전형 형태로 실시되었다. G 과학고에서는 2009학년도에 각종 수학과학경시대회 수상자 중 교과 성적이 3~5% 이내이거나 학교장이 추천한 학생 중 19.6%를 특별 전형으로 선발하고, 나머지 80.4%는 내신 성적과 심층 면접에 의한 일반 전형으로 선발하였다. 2010년 1월 26일 발표된 ‘고등학교 선진화를 위한 입학제도 및 체제 개편 방안’에 근거하여 ‘초중등교육법 시행령’이 공포되었다. 기존의 점수 위주의 경쟁적이고 획일적인 학생 선발에 대한 문제점을 보완하기 위해서 지원자의 잠재성, 성장 가능성 등을 평가하여 자기주도 학습 전형을 도입하였고 2013학년도 과학고등학교 입학생부터 100% 적용하게 되었다. 과학고의 교육과정은 학교마다 조금씩 다르게 운영되지만, 대체로 전문 과정의 심화 수학, 고급 수학, 고급 물리학, 고급 화학, 고급 생명과학, 물리학 실험, 화학 실험, 생명과학 실험, 지구과학 실험 등의 교과서를 바탕으로, 학교 자체로 제작된 자료를 함께 사용하고 있는 실정이다.¹⁹ 또한, 조기 졸업의 축소로 3학년 과정의 학생들이 이수하는 일반 물리학, 일반 화학 등의 AP과정도 개설되어 있다. 입학 연도 별 G과학고의 입학 전형 및 교육과정의 특징을 Table 1에 나타내었다.

2009, 2013, 2018년 입학생들이 적용 받은 교육과정의 특징을 살펴보면 과학고에서 강조되고 있는 전체 교과에 대한 수학·과학 교과의 비율이 각각 53.3%, 60.2%, 55.4%로 나타났고, 특히 일반계 고등학교에서 개설되지 않는 전문 교과의 비율은 모두 40% 이상으로 나타났다.

과학 영재교육과 R&E

R&E는 ‘연구를 통한 교육’, ‘교육을 통한 연구’를 의미하며, PBL(Project-Based Learning)의 한 형태로써 과학영재 학생들의 연구 체험 활동을 통한 경험 학습 중심 영재 교육 프로그램으로 사사교육에 기초한다. 과학 영재들을 위해 개발된 R&E 프로그램은 한국과학영재학교 및 전국의 과학고등학교에서 주로 고등학교 1, 2학년을 대상으로 운영되고 있다.⁶

현장에서 이루어지는 R&E 활동은 대학이나 연구소 연계, 지도 교사 주도 및 학습자 중심 등 여러 형태로 운영되고 있다.¹² 2017년 한국과학 창의재단에서 지원한 8개 분야(수학, 물리, 화학, 생물, 지구과학, 정보, 융합, 공학) 406개의 R&E 추진 과제 중 312개 과제(76.8%)를 과학고에서 수행하였다.¹⁴

본 연구의 주 대상인 G과학고의 경우, 한국과학창의재단 지원에 의해서 실시되는 대학이나 연구소의 전문가 활동에 참가하는 사사교육 프로그램과, 전문가의 자문에 의한 교사 지도 프로그램의 형태로 운영되고 있다. 그리고 1학년 동안의 영재학급 활동과 1학년 2학기부터 1년 동안 정규 교육과정에 편성된 학습자 중심의 ‘과제 연구(project research)’ 형태의 R&E가 이루어지고 있다. ‘과제 연구’의 자기주도형 R&E 활동에서 연구팀의 구성은 3~4명이 1개조로 편성되며, 연구 주제 선정, 연구 방법의 설계 및 실험 수행, 분석 및 결론, 보고서 작성 및 산출물 발표회 등의 자기주도적인 연구 활동을 통해서 학습하는 경험을 가진다.

수학·과학 학업 성취도에 대한 선행 연구

수학과 과학의 성취도의 요인에 대한 연구는 다양한 관점에서 많이 이루어져 있다. 일반적인 학업 성취 결정 요인에 대한 외국의 연구 사례는 학생들의 사회 경제적 배경,^{1,8,10} 부모의 교육수준과 역할,¹⁷ 부모의 교육과 직업, 학문적 태도, 성별² 및 교사의 학생에 대한 기대감^{4,23,24} 등을 학업 성취 변인으로 보고하였다. 국내 연구 사례는 학원 및 과외여부, 교육의 계층화, 대입전형 유형, 학부모/교사/교우 관계 등 다양한 연구가 소개되고 있다. Lee는 학업 성취도의 핵심 요인으로 개인의 사회 경제적 지위가 작용

Table 1. Characteristics of Research Participants on the Admission Year vs Entrance Examination and Curriculum in the G Science High School

Characteristics			Curriculum				
Applied Curriculum	Entrance Examination		Intensive Course Subject			Project Research	PS/OS
			Math	Chem	Other Science		
2009	07 revised	R&I	32	20	54	2	90/115
2013	09 revised	SDLS	39	26	67	2	93/98
2018	15 revised	SDLS	36	21	68	2*	79/107

R & I=Recommendation and deep interview; SDLS=Self-Directed Learning Screening
PS=professional curriculum; OS=ordinary curriculum; *=fusion science inquiry

하지만, 특히 학생들의 영재성과 성공적인 학교 생활 및 진로 결정에 수학과 과학 성취도가 핵심적인 역할을 하므로 성취 결정 요인에 대한 사회의 관심이 매우 높다고 하였다. 연구 결과 부모관계, 교사관계, 자아관 및 진학계열 등이 수학과 과학 학업 성취도의 주요한 요인으로 작용하는 것으로 조사되었다.¹⁵

수학과 과학 교과의 학업 성취도 간의 상관성을 밝히는 것은 현장 학교는 물론 과학 교육 관계자들의 관심의 대상이다. 특히, 과학영재학교와 과학고는 수학·과학 교과를 중심으로 학습하지만, 영재교육 현장에서 교사들은 자신의 경험적 사실로 상관 관계를 추론할 뿐 관련 연구는 거의 이루어지지 않았다. Lee는 PISA 2003의 분석에서 수학-과학의 상관 관계가 0.83으로 읽기-수학의 상관 관계보다 높다는 것만 보여주었을 뿐, 수학과 과학(물리, 화학, 생명과학, 지구과학) 학업 성취도 간의 상관 관계에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다.¹⁶ 또한, Byun은 과학고 1, 2학년 학생들의 수학-과학 교과의 학업 성취도 간의 상관 관계 분석에서 학년/학기마다 약간의 차이가 있으나, 수학-물리(.674~.744**), 수학-화학(.612~.674**), 수학-생명과학(.425~.545**) 및 수학-지구과학(.604~.636**)으로 수학-화학은 물리 다음으로 상관성이 높은 것으로 보고하였다.⁵ Chun & Park은 한국과학영재학교 1학년 학생들의 학교 생활과 화학 성적의 상관 관계에 대한 연구에서, 수학-물리(.558**), 수학-화학(.636**), 수학-생명과학 (.332**), 물리-화학(.606**)을 나타내는 것으로 수학과 과학의 성취도 간의 상관 관계를 보고하였다.⁷ 과학고와 영재학교 학생들을 대상으로 한 연구에서 수학-화학의 상관 계수가 다른 이유는 다루었던 교과 내용과 교수자의 편차가 크게 기인된 것이라 생각된다. 따라서 화학 교과와 수학 및 다른 과학 교과의 성취도 간 상관 관계에 대한 연구는 학생들의 교과목 인식을 의미하므로 효과적인 교수-학습의 보조 자료로 연구의 활용 가치가 매우 클 것으로 생각된다.

연구 방법

연구 대상

수학/과학 성취도의 요인 분석은 2010~2018년 동안 수행된 중단 연구로써 경상남도 소재의 G 과학고 3개년 입학생(296)들을 대상으로 실시하였다. 7차 교육과정 개편 이후 3차례 개정 교육과정(07, 09 및 15개정)이 적용된 시기의 학생들을 연구 대상으로 선정하였다. 또한, 학교에 따른 영향을 검증하기 위하여 2018입학생을 대상으로 경남 C과학고(81명)와 울산 U과학고(72명)를 함께 분석하였다. 연구 대상 학생들의 R&E 활동 반과 연도별 학생의 분포는 Table 2와 같다.

학업 성취도

수학·과학 교과의 학업 성취도는 학교 내에서 운영하는 R&E를 이수한 연구 대상자들의 1학년 2학기 학기말 성적을 활용하였다. 수학/과학(물리, 화학, 생명과학, 지구과학) 교과의 성취도는 교과의 특성과 평가 요소의 적용이 다르고 성취도의 평균과 표준 편차도 차이가 있었으므로 모두 표준화 점수를 사용했다. 성취도 수준의 명확한 비교를 위하여 수학·과학 교과의 요인 분석 결과로 얻어진 요인 점수에서 33.3%와 66.7%를 기준으로 성취도 수준을 ‘상’, ‘중’, ‘하’로 분류하여 활용하였다. 입학 연도에 따른 화학 교과의 특징과 평가 요소는 Table 3에 나타내었다.

입학 연도가 다른 3개년 입학생에 적용된 화학 교과의 내용은 ‘물질의 구조’, ‘물질의 상태’, ‘화학 반응’, ‘반응 속도’ 등이 공통으로 포함되어 있고, 평가 요소 또한 지필과 수행 평가의 비율, 지필 평가에서 선택형과 서술형의 비율도 동일하였다.

통계처리

통계처리는 IBM SPSS Statistics 25와 Microsoft Office Excel 16 프로그램을 활용하였다. 화학 교과가 어떤 특성을 가지고 있는지 확인하기 위해 상관 분석을 수행하였고,

Table 2. Composition of Research Participants on the R&E Class vs Admission Years

R&E Classes	Admission year			Total
	2009	2013	2018	
Mathematics	18(33.3)	18(33.3)	18(33.3)	54(100)
Physics	20(35.7)	18(32.1)	18(32.1)	56(100)
Chemistry	20(35.7)	18(32.1)	18(32.1)	56(100)
Biology	20(37.7)	15(14.6)	18(17.5)	53(100)
Geology	8(27.6)	12(41.4)	9(31.0)	29(100)
Information	4(23.5)	4(23.5)	9(31.0)	17(100)
Conversed Science	0(0.0)	18(58.1)	13(41.9)	31(100)
Total	90	103	103	296

Table 3. Learning Contents and Assessment Elements in Chemistry Courses

Admission year	Learning Contents		Type of Test (%)	
	Subject	Contents	PPT (MC:Des)	PA
2009 (07 revised curr)	Structure of Atoms & Molecules	Atomic Structure, Molecular Structure, Transition Metal & Coordination Compounds, Chemical Bonds	70(30:70)	30
	States of Matter	Gases, Liquids & Solids, Solution & Colloids		
	Chemical Reaction	Chemical Thermodynamic, Equilibrium in Aqueous Solution, Chemical Kinetics		
2018 (15 revised curr)	Structure of Substance	Atomic Orbital, Chemical Bonds, Molecular Orbital, Molecular Structure & Properties	70(30:70)	30
	States of Matter & Solution	Mole & Chemical Formula Weights, Gases, Liquids, Solids, Solution		
	Chemical Reaction	Principle of Chemical Equilibrium, Acid-Base Equilibrium		
	Chemical Kinetics	Reaction Rate Equation, Reaction Mechanisms, Collision Model		

PPT=Paper-Pencil Test; MC=Multiple Choice; Des=Descriptive; PA=Performance Assessment

수학·과학 교과 성취도의 탐색적 요인 분석(Exploratory Factor Analysis)은 표본적합도를 알아보는 Kaiser-Meyer-Olkin(KMO) 값과 상관 계수의 행렬이 대각 행렬 여부를 알아보는 Bartlett 값을 확인한 후 실시하여 요인을 추출하였다.

교과 성취도는 관찰 변수에 대한 측정오차가 없으므로 주성분 분석(Principal Component Analysis)을 사용하여 요인을 추출하였고, 요인의 해석을 쉽게 하고 판별 타당도를 높이기 위해 베리맥스(Varimax) 직각 회전을 실시하였다. 또한, R&E 활동 영역과 학업 성취도의 관계를 알아보기 위해 빈도 분석과 교차 분석, 일원배치 분산분석(ANOVA)을 활용하였다.

연구 결과 및 논의

본 연구에서는 과학고 학생들의 화학 교과에 대한 인식 및 R&E 활동 영역에 따른 인식 차이를 규명하고자 다음과 같은 연구를 수행하였다. 첫째, 화학 교과에 대한 인식을 파악하기 위해서 수학/과학 성취도에서 교과목 간의 상

관 및 요인 분석을 실시하였다. 둘째, 교과 선호와 개인적 재능에 의해 선택하는 R&E 활동 영역이 화학 교과의 인식에 미치는 영향을 규명하였다.

교과 성취도 간의 상관 관계 및 요인 분석

화학·수학·과학 성취도 간의 상관 관계. 과학고 학생들은 수학/과학 분야에 남다른 특성을 나타내는 집단이지만, 정부의 산업 육성 정책이나 교육과정 및 대학 입시 정책의 변화 등이 집단 특성에 영향을 미친다. 따라서 제7차 교육과정 이후(07, 09 및 15개정 교육과정) 적용된 3개년 G 과학고 학생들을 대상으로 수학·과학 교과 성취도의 요인 분석을 통해서 화학 교과에 대한 인식을 규명하고자 하였다. 먼저, 수학·과학(5개 교과) 성취도 간 상관 관계를 분석하였고, 아울러 입학 연도 별 화학 교과와 다른 교과목 성취도 간 상관 분석을 수행하였다. 그 결과는 Table 4에 나타내었다.

Table 4에서 알 수 있듯이, 모든 교과목 간에서 Pearson 상관 계수는 통계적으로 유의미($p < .01$)하게 비교적 높은 상관성을 확인할 수 있었다. 수학은 물리 교과와 .715의 높

Table 4. Pearson Correlation Coefficient between Math-Science Subjects (N=296)

		Math	Phys	Chem	Bio	Geo
Inter-Subject	Math	1				
	Phys	.715**	1			
	Chem	.597**	.614**	1		
	Bio	.371**	.397**	.518**	1	
	Geo	.428**	.573**	.587**	.642**	1
Chem	2009(90)	.498**	.475**		.361**	.498**
	2013(103)	.535**	.578**		.537**	.586**
	2018(103)	.746**	.773**		.636**	.666**
	Total(296)	.597**	.614**		.518**	.587**

** $p < .01$

은 상관 계수를 보였고, 생명과학은 지구과학 교과와 두 번째로 높은 .642의 상관 계수를 보임을 확인할 수 있었다. 그러나 수학과 생명과학 교과 간에는 .371의 가장 낮은 상관계수를 보였다. 특히, 화학 교과는 다른 교과와 달리 전 교과와 0.518~0.614 범위에서 비교적 높은 정적 상관을 보여주었다. 이러한 현상은 화학의 특성이 거시적 수준의 화학 변화를 원자/분자 등의 입자 개념을 사용해서 양적 관계를 설명하고, 화학식 또는 반응식을 사용해서 설명해야 하므로 화학 학습에는 수리적 및 자연이해 능력이 동시에 요구되기 때문에 나타난 결과라 생각된다. 이 결과는 과학고 및 영재학교 학생들을 대상으로 조사한 선행 연구 결과와 잘 일치한다.^{5,7}

입학 전형의 변화 시기에 따른 수학·과학 성취도의 상관성을 연구한 Shin & Kim의 선행연구²⁷에서 교과 간 상관계수는 개정 교육과정 목표와 입학전형 유형에 따라서 차이가 있으나, 일반전형으로 선발하는 최근 입학생들일수록 상관성이 유의미하게 높았으며, 각종 경시대회, 전람회 수상 및 학교장 추천과 특별전형에 의해 선발한 2009년 입학생의 경우, 교과목 간의 상관계수의 편차가 있음을 확인하여, 교육과정의 개편 시기에 따른 과학고 입학전형의 변화가 수학·과학 교과에 대한 인식 차이를 보이는 원인을 밝힌바 있다. 화학 교과 역시 최근 입학생일수록 상관계수가 높아지는 양상을 보였지만, 다른 교과와 달리 상관계수의 차이는 거의 보이지 않았다.

화학·수학·과학 성취도의 요인 분석. 수학·과학 교과 간 상관 분석 결과에서 수학·물리와 생명과학-지구과학 교과에서 보인 높은 상관성에 주목하여, 그 요인을 심층으로 분석하기 위해서, G과학고 3개년 전체 학생(296명)을 대상으로 수학·과학 성취도의 탐색적 요인 분석을 수행하였다. 수행 결과 교과목에 따른 요인 1과 2의 요인 적재 값을 Table 5에 나타내었다. 요인 적재 값이 0.5 이하인 값은 생략하였다.

Table 5. Results of Exploratory Factor Analysis of Math-Science Subjects in G Science High School

Subjects	Factor		Communality
	1	2	
Mathematics	.903		.842
Physics	.857		.820
Chemistry	.657	.521	.703
Biology		.904	.844
Geology		.812	.790
Eigenvalue	2.139	1.860	
% of Variance	42.77	37.20	
Cumulative %	42.77	79.97	

Extraction method: Principal Component Analysis; Factor Rotation: Varimax

Table 5에서 알 수 있듯이 G과학고의 수학·과학 성취도의 요인 분석 결과는 요인 1의 분산이 42.77%, 요인 2의 분산이 37.20%로 두 요인이 전체의 79.97%를 설명하고 있다. 결과에서 알 수 있듯이 동일한 요인에서 유사한 요인 적재 값을 가지는 교과목들은 성취도의 공통적 요인으로 취급할 수 있다.

Gardner의 다중 지능 이론에서 논리적 문제나 방정식을 풀어 가는 정신적 과정에 관한 능력인 논리-수학적 지능(Logical-Mathematical Intelligence)과 자연 현상에 대한 유형을 규정하고 분류하는 능력인 자연이해 지능(Naturalist Intelligence)이 있다.⁹

다중 지능 이론에 따라 요인 1을 ‘수리-논리’ 요인으로, 요인 2는 ‘자연 이해’ 요인으로 볼 수 있다.

논리-수리적 능력이 요구되는 수학과 물리 교과는 요인 1에서 0.8이상으로 교과목의 공통성이 있는 것으로 확인되었으며, 자연에서 생명체와 그 환경(무생물)에 관심을 보이는 자연 이해 교과의 특성을 지닌 생명과학과 지구과학은 요인 2에서 0.8이상의 공통성을 보였다. 따라서 과학고 학생들의 성취도는 논리-수리적 능력과 자연 친화-이해 능력으로 약 80%를 설명할 수 있음을 짐작할 수 있다. 다른 교과와 달리 화학은 요인 1과 2에서 0.521, 0.657의 요인 적재 값을 보였다. 이는 과학고 학생들이 화학 문제 해결에 있어서 수리-논리와 자연 이해 능력이 모두 요구되는 것으로 인식하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

G과학고 학생을 대상으로 한 연구 결과를 검증하기 위해서, 2018년 입학한 경남·울산 지역 3개 과학고(G: 103, C: 81, U: 72) 학생들을 대상으로 수학·과학 성취도의 요인 분석을 실시하였다. 그 결과는 Table 6과 Fig. 1에 각각 나타내었다.

Table 6과 Fig. 1에서 알 수 있듯이, 2018학년도 동일한 입학 전형으로 선발된 3개 과학고 학생들의 수학/과학 성취도의 요인 분석 결과도 앞서 본 G 과학고에서 보인 결과와 같이 3개의 교과군으로 나누어지는 것을 확인할 수 있었다. 성취도 요인 분석에서 물리, 화학 및 생명과학 교과는 요인 1, 2의 요인 적재 값이 거의 유사한 경향을 보였다. 그러나 수학과 지구과학 교과의 경우 다른 교과와 달리 학교마다 유의한 차이가 있었다. 이는 각 학교의 해당 교과 내용과 평가 방법의 차이가 크게 반영된 것으로 생각된다.

R&E 학급에 따른 화학 교과에 대한 인식

G 과학고에서는 입학생을 대상으로 학생의 지원과 여건을 고려하여 영재학급을 편성하여 운영하고 있다. 영재학급에서는 관심 분야에 대한 자기주도 학습과 R&E 활

Table 6. Results of Exploratory Factor Analysis of Math-Science Subjects in Three Science High Schools

Subjects	G (103)			C (81)			U (72)		
	F1	F2	Com	F1	F2	Com	F1	F2	Com
Mathematics	.918		.893	.892		.898	.877		.930
Physics	.867		.873	.869		.889	.843		.897
Chemistry	.755	.510	.831	.687	.572	.799	.734	.603	.903
Biology		.895	.873		.913	.921		.890	.937
Geology		.850	.848		.818	.890	.567	.703	.816
Eigenvalue	2.362	1.956		2.332	2.065		2.487	1.995	
% of Variance	47.23	39.12		46.64	41.30		49.73	39.91	
Cumulative %	47.23	86.35		46.64	87.94		49.73	89.64	

Extraction method: Principal Component Analysis; Factor Rotation: Varimax; Com=Communality

동이 이루어진다. 학생들의 R&E 활동이 화학 성취도와 어떤 상관성을 가지는지에 관심을 가지고 수행하였다.

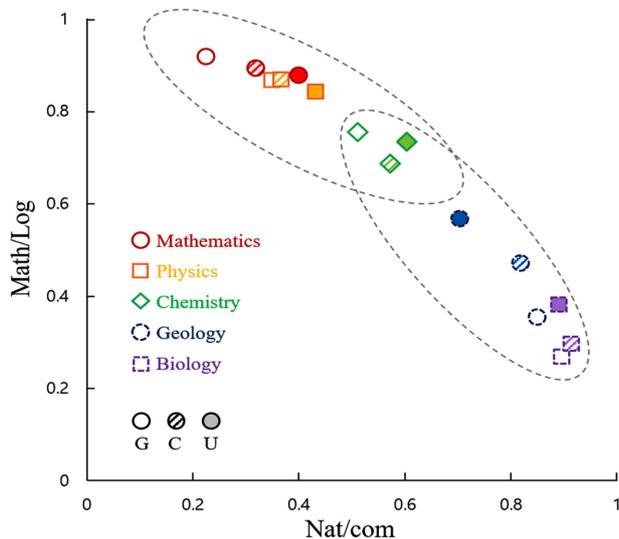


Figure 1. Distribution plots of mathematics and science subjects on the logical-mathematical vs naturalist intelligence in three Science High Schools.

R&E 활동 영역에 따른 화학 교과 성취도의 요인 분석.

R&E 활동반에 따른 화학 성취도 차이를 확인하기 위해 R&E 활동 영역 별로 수학·과학 성취도의 탐색적 요인 분석을 실시하였다. 그 결과는 Table 7에 나타내었다.

R&E 활동에서 수학반 학생들은 자연 이해 영역인 생명과학과 지구과학 교과 성취도가 제1 요인으로, 수리-논리 영역인 수학과 물리 교과 성취도가 제2 요인으로 작용하는 것으로 나타났다. 이 두 요인이 수학반 전체의 81.9%를 설명한다. 물리와 생명과학반에서도 수학반과 같은 경향을 보였으며, 두 요인이 각각 전체의 80.42%, 82.95%를 설명하고 있다. 그러나 화학과 지구과학반 학생들은 화학을 수리-논리 영역의 수학과 물리와 같이 제1 요인으로 인식하고, 자연 이해 요인인 생명과학과 지구과학 교과를 제2 요인으로 인식하고 있었다. 두 요인이 전체의 분산을 각각 79.60%와 76.74%를 설명하고 있다. 수학·과학 성취도의 요인 분석 결과에서 보인 R&E 활동 반에 따른 과학고 학생들의 화학 교과에 대한 인식에서 수학반은 화학 교과를 자연 이해(암기가 요구되는) 교과로 인식하고, 물리반과 생명과학반은 수리-논리와 자연 이해가 모두 요구되는 교과로 인식하였다. 화학반과 지구과학반은 수리-논리(이해

Table 7. Results of Exploratory Factor Analysis on the Math-Science Subjects vs R&E Classes

R&E Class		Subject			Eig	Var	Cum
		Math/Phys	Chem	Geo/ Bio			
Math (54)	F1		0.677	.903/.890	2.30	46.1	46.1
	F2	.935/.745	0.520		1.79	35.8	81.9
Phys (56)	F1		0.612	.818/.928	2.16	43.3	43.3
	F2	.927/.673	0.617		0.86	37.1	80.4
Bio (53)	F1		0.635	.820/.899	2.12	42.4	42.4
	F2	.893/.763	0.638		2.03	40.6	82.9
Chem (56)	F1	.811/.780	0.791		2.13	42.6	42.6
	F2			.912/.837	1.85	36.9	79.6
Geo (29)	F1	.834/.870	0.808		2.11	42.2	42.2
	F2			.875/.906	1.72	34.5	76.7

Extraction method: Principal Component Analysis; Factor Rotation: Varimax; Eig= Eigen value; Var= % of Variance; Cum=Cumulative %

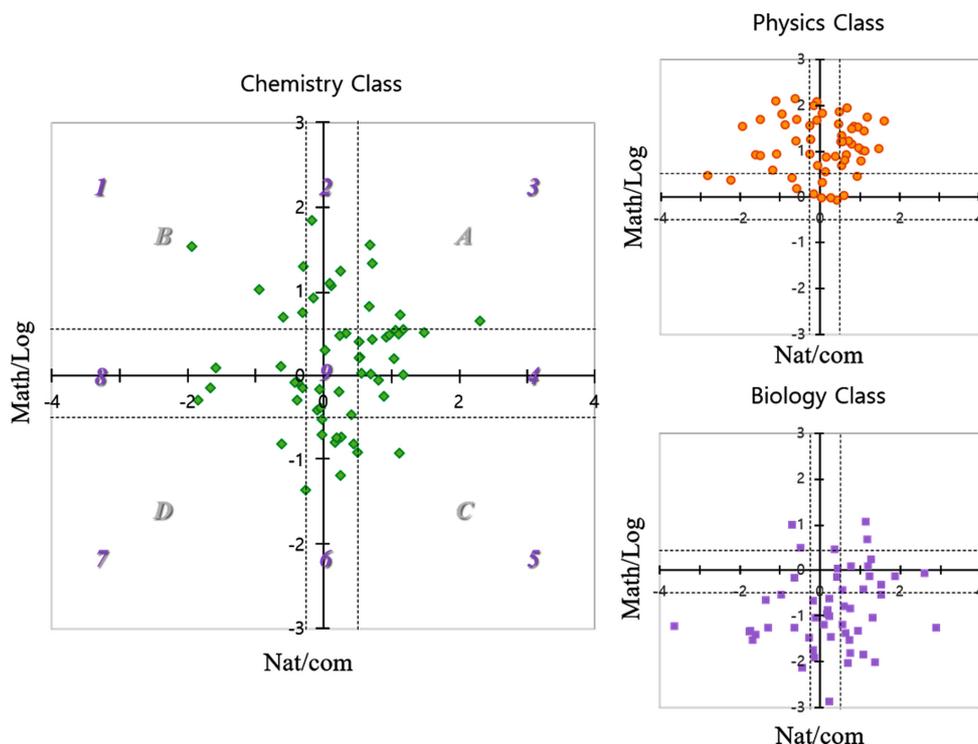


Figure 2. Scatter plot of students distribution on the logical-mathematical vs naturalist in R&E (Chemistry, Physics, Biology) classes.

가 요구되는) 교과로 인식하는 차이가 있었다.

또한, 학생들의 교과 선호, 관심 및 장래 희망에 따라 선택한 R&E 학급의 특성을 알아보기 위해 R&E 활동 영역과 성취도 요인 분석 결과에 의한 집단 간 교차 분석을 수행하였다. 요인분석 결과, 요인에 따른 학생들의 분포에서 뚜렷한 특징을 보이는 물리, 화학 및 생명과학 학급의 산점도는 Fig. 2에 나타내었다.

Fig. 2에서 물리반의 경우 A, B군에서 집중되어 분포하고 있고, 생명과학반의 경우 C, D군에 주로 분포되어 있음을 확인하였고 수정된 잔차 값과 χ^2 값을 통해 유의한 결과를 얻을 수 있었다. 화학반에서는 물리반과 생명과학반과 다르게 한 집단에 집중되지 않고 퍼져 있음을 확인할 수 있었다. R&E 활동 반에 따른 학생들의 분포 집단을 보다 자세히 규명하기 위해 각 요인 점수를 ‘상, 중, 하’로 구분하고 1(H_{F1} , L_{F2}), 2(H_{F1} , M_{F2}), 3(H_{F1} , H_{F2}), ..., 9(M_{F1} , M_{F2})까지 9개 집단으로 분류하여 각 집단에 따른 분포를 비교하였고, 분포를 점선(---)으로 구분하여 Fig. 2에 나타내었다.

수리-논리와 자연 이해 능력에서 뚜렷한 차이를 보이는 1군과 5군에 속하는 학생들의 분포 특징으로 R&E 활동반의 특성을 알아보았다. 1군(수리-논리: ‘상’, 자연 이해: ‘하’)의 분포에서 물리반은 13명(23.2%), 화학반은 4명(7.1%), 생명과학반은 2명(3.8%) 나타났다. 1군과 반대되는 성향을 가진 집단인 5군(자연 이해: ‘상’, 수리-논리: ‘하’)

의 분포에서 물리반은 0명(0.0%), 화학반은 1명(1.8%), 생명과학반은 14명(26.4%)으로 나타났다. 이를 통해 수리-논리 영역에서 강점을 보이는 물리반, 자연 이해 영역에서 강점을 보이는 생명과학반 학생들과 달리 화학반 학생들의 분포는 강점을 보이는 영역이 편중되어 있지 않으므로 물리반과 생명과학반 중간의 성격을 가진다고 할 수 있다.

초·중등 수학·과학·정보 영재의 다중지능 비교에서 수학 영재는 논리 수학적 지능에서 강점을 보이고 자연 지능에서 약점을 보이며, 자연 지능에서만 과학 영재의 지능이 높게 나타났다는 연구가 있었고,²⁸ 중학교 과학 영재 중 수학 분과 학생들은 생물 교과에 흥미 수준이 낮고, 생물 분과 학생들은 수학 교과에 흥미가 낮게 나타났다는 선행연구 결과와 유사함을 알 수 있다.²⁶

R&E 활동 영역에 따른 화학 교과 성취도 구조모형. G

과학고 학생들은 입학과 동시에 R&E 활동을 위해 자신의 희망에 따라 영재학급에 편성된다. 과학고 학생들에게 R&E 활동 영역은 일종의 교과 선호나 흥미로 생각할 수 있다. Yoon & Kim²⁹이 일반계 학생들의 교과 흥미와 학업 성취도와의 관계를 밝혔지만 과학고 학생을 대상으로 한 연구는 없었다.

요인 점수에 따른 성취도 집단의 분포에서 R&E 활동영역 별로 유의미한 집단 분포 차이가 있음을 확인하였다.

Table 8. Achievement of Chemistry Subject According to the R&E Classes

R&E Class (N)	M	SD
Mathematics (52)	63.40	16.77
Physics (56)	71.81	12.32
Chemistry (56)	75.28	9.55
Biology (53)	60.37	15.62
Geology (29)	59.35	13.98
etc. (48)	59.53	16.95
F	25.435***	

***p<.001; etc.=Information & Converged science Class; M=Mean; SD=Standard Deviation

과학고 학생들에게 교과 선호나 흥미로 대변할 수 있는 R&E 활동 영역과 화학 교과의 성취도 사이에 어떤 상관관계가 있는지 알아보기 위해 일원배치 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. R&E 활동반에 따른 화학 성취도(M, SD) 및 사후 검정 결과는 각각 Table 8과 Table 9에 나타내었다.

5개 R&E 활동반에 따른 화학 교과 성취도의 ANOVA분석 결과를 나타낸 Table 8에서 알 수 있듯이, p<.001범위

에서 통계적으로 유의미한 평균 차이를 확인하였다. 화학 성취도는 화학반이 75.28(9.55)로 가장 높았으며, 다음으로 물리반이 71.81이었다. R&E 학급별 차이를 보기 위해 실시한 사후 검정 결과를 나타낸 Table 9에서 알 수 있듯이, 화학 성취도가 큰차이를 보이지 않는 물리반을 제외하고, 다른 R&E 학급들은 화학반과 성취도의 평균에서 유의미한 차이를 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 학생들의 R&E 활동반 선택이 자신의 교과에 대한 흥미/관심 및 재능이 반영된 교과 선호도가 반영된 결과라는 Park²¹의 연구 결과를 뒷받침한다.

수학·과학 교과 성취도 간의 상관 관계 및 요인 분석을 통해 R&E 활동반에 따라서 화학 교과에 대한 인식차이가 있음을 확인하였다. 수학·과학 교과목 간의 상관 계수, 성취도의 요인 분석 결과, R&E 활동에 따른 화학 교과 성취도 요인들의 관계도를 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3에서, 화학 교과와 성취도 요인의 관계에서는 요인 1에서 0.657, 요인 2에서 0.521의 요인 적재 값으로부터 학생들은 화학 교과를 수리-논리(이해 과목)와 자연 이해(암기 과목) 능력이 모두 요구되는 것으로 인식하고 있음을

Table 9. Results of Post Test with Scheffe Method

R&E Classes		AD (I-J)	SE	SP	95% CI	
I	J				Min	Max
Chem	Math	12.93*	2.71	0.001	3.85	22.01
	Phys	4.36	2.69	0.755	-4.64	13.36
	Bio	15.21*	2.72	0.000	6.09	24.34
	Geo	17.05*	3.25	0.000	6.15	27.95
	etc.	16.13*	2.80	0.000	6.76	25.50

*p<.05; etc.=Information & Converged science Class; AD=Average difference; SE=Standardization error; CI=Confidence interval; SP=Significance probability

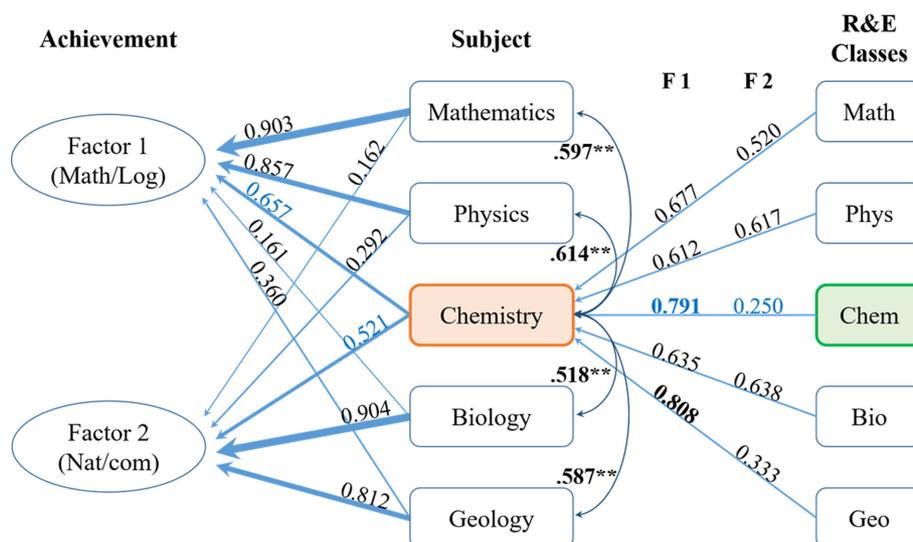


Figure 3. Structural models of factor analysis results on the mathematics-science academic achievements and R&E activities.

확인할 수 있다. 또한 화학과 다른 교과와의 Pearson 상관계수는 $p < .01$ 의 유의한 0.518~0.614범위에서 높은 상관성을 확인할 수 있었다. 또한, R&E 활동 반에 따른 요인 분석을 통해 화학 교과에 대한 인식은 R&E 활동 영역에 따라 다른 것을 확인하였다. 수리-논리 능력이 요구되는 수학과 물리반, 자연 이해 능력이 요구되는 생명과학반 학생들은 화학을 두 능력이 모두 요구되는 과목으로 인식하고 있으나, 화학과 지구과학반 학생들은 화학을 주로 수리-논리 능력이 요구되는 과목으로 인식하고 있었다. 특히, 화학반 학생들은 다른 반에 비해 화학 교과 성취도 ($M:75.28, SD:9.55$)가 높고, 요인1(0.791)과 요인2(0.250)의 적재 값에서 수리-논리와 자연 이해의 뚜렷한 인식 차이를 보였다.

화학은 관찰/실험 활동으로 자연 현상에서 물질의 변화를 원자/분자 등 입자적 개념을 사용하여 양적 및 상관 관계를 밝히고, 화학식과 화학 반응식을 사용하여 설명하는 학문이다.¹¹ 따라서 화학 학습에서 거시적(관찰 사실) - 준 미시적(원자/분자 입자) - 상징적(화학식, 화학반응식) 수준의 3가지 표상 간의 전환이 쉽게 이루어지지 않는 학생들은 각 수준의 지식을 따로 암기해야 한다고 생각한다. 이러한 표상 간 전환의 어려움은 학습량의 증가를 가져와 화학 학습 과정에서 인지 과부하를 초래하는 요인이 된다. 그러나 화학 교과에 대한 남다른 흥미와 재능을 가진 R&E 화학반 학생들은 화학 학습에서 요구되는 3가지 표상 간의 전환이 쉽게 이루어지므로 새로운 화학 학습에서 인지 과부하에 대한 부담을 느끼지 않는다는 것을 말해 준다.

결론 및 제언

화학 교과와 수학 · 과학 교과 성취도의 상관 분석 및 요인 분석을 통해 과학고 학생들의 화학 교과에 대한 인식을 알아보았고, 교차 분석과 일원배치 분산분석(ANOVA)을 통해 R&E 활동 영역에 따른 화학 교과에 대한 인식을 알아본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 화학 교과와 수학 · 과학 교과 성취도 간의 상관 분석에서 화학의 Pearson 상관계수는 다른 교과목들에 비해 높은 정적 상관을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 성취도의 요인 분석 결과 ‘수리논리’와 ‘자연이해’의 두 가지 요인을 얻을 수 있었다. 과학고 학생들은 화학 교과를 수리논리와 자연이해 영역이 모두 요구되는 교과로 인식함을 확인하였다.

셋째, 과학고 학생들은 R&E 활동 반에 따라 화학 교과에 대한 인식에서 차이를 보였다. 수학반은 화학 교과를 자연 이해 (암기가 요구되는) 교과로 인식하고, 물리반과 생

명과학반은 수리-논리와 자연 이해가 모두 요구되는 교과로 인식하였다. 화학반과 지구과학반은 수리-논리(이해가 요구되는) 교과로 인식하는 차이가 있었다.

넷째, R&E 학급 별 교과 성취도의 두 요인에 따른 학생들의 분포는 수학-물리 반(논리-수학 지능)과 생명과학-지구과학(자연 이해 지능) 반에서 뚜렷한 분포 특성을 보였다. 반면, 화학은 다른 R&E 학급과 달리 요인 1과 요인 2의 중간 영역에 집중되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 이는 화학 교과의 특징인 다양한 물질세계의 성질, 추상적 개념인 결합 이론과 3차원의 분자구조에 대한 이해가 필요하여, 학생들은 2가지 요인이 함께 요구된다고 인식하는 것으로 생각된다.

다섯째, R&E 화학반 학생들은 화학 성취도에서 다른 R&E 활동반에 비해 유의미하게 높은 성취를 보였다. 화학반 학생들은 다른 반 학생들에 비해 화학 교과에 대한 흥미와 재능을 가지고 있어 화학 학습에서 요구되는 거시적-준 미시적-상징적 수준 간의 전환이 쉽게 이루어져 화학 교과를 이해 과목으로 생각하고 새로운 과제의 학습에서 학습에 대한 부담을 가지지 않는다는 것을 확인하였다.

영재학교와 새로운 과학고의 설립으로 인해 영재교육을 받는 학생의 수가 급격하게 증가하여 과학고 학생들의 영재성에 대한 의문이 있었지만, 여전히 과학고 학생들은 일반계 고등학생들에 비해 수학 · 과학 영역에서 뛰어난 능력과 성취 동기를 가진 동질성이 높은 학생들이다. 이러한 학생들이 과학고에 입학하여 자신의 진로나 성향에 따라 수학 · 과학 교과 중에서 자신에게 적합한 교과 영역을 선택한다는 것을 알 수 있었다. 그리고 과학고 학생들은 자기주도적 학습 능력이 우수해 많은 시간을 자신이 선택한 교과에 매진한다는 것을 알 수 있었다. 또한, 학생들의 개인적 특성이 다양하고 저마다 강점을 가지는 영역이 다르다는 것을 알았다. 이러한 특징을 가진 학생들을 지도하는 과학고 교사의 입장에서 효과적인 교수-학습 방법에 대해 고민할 필요가 있다. 과학고에서 R&E를 비롯한 학습 활동의 대부분은 PBL형태로 진행된다. PBL 형태의 학습 활동들은 개인 혼자 할 수 있는 활동이 아니므로 주로 3~4명으로 팀을 편성하여 이루어진다. 이 연구 결과를 팀편성에 활용한다면 학습 활동 지도에 매우 효과적인 방법이 될 수 있을 것이라 판단된다. 다양한 특성의 학생들로 이루어진 팀 안에서 저마다 자신의 강점을 활용하여 아이디어를 내고 문제 해결에 적용한다면 지도 교사가 오랜 시간 책과 씨름하고 지도 방법을 고민하지 않아도 교사의 능력 밖의 문제를 팀 안에서 학생들 스스로 충분히 쉽게 해결할 것이다.

마지막으로, 화학 교육의 측면에서 과학고 학생들에게

화학 교과는 수리논리와 자연이해의 중간 영역으로 인식되고 있고, R&E 활동 영역에 따라 화학 교과를 다르게 인식함을 알았다. 효과적인 화학 학습을 위해서는 거시적-준 미시적-상징적 수준의 3가지 표상 간의 전환이 쉽게 이루어져야 한다. 따라서 화학 교수-학습 활동에서 교수가 3가지 수준 간의 전환이 잘 이루어질 수 있도록 수업을 설계하고 이를 적용한다면 과학고의 모든 학생들이 화학 학습에 부담을 느끼지 않고, 보다 친근하고 깊이 있게 화학을 마주할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- Alexander, L.; J. Simmons *World Bank Staff Working Paper* No. 201 (mimeo). 1975.
- Alexander; McDill. *American Sociological Review* **1976**, *41*, 963.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). *Science for All Americans: Project 2061*. Washington DC: AAAS. 1989.
- Brophy, J. E.; Good, T. L. *Journal of Educational Psychology* **1970**, *60*, 365.
- Byun, T. J. *Korean Association for Learner-centered Curriculum and Instruction* **2017**, *17*, 1.
- Choe, H. S.; Kang, H. G.; Seo, H. A.; Park, I. Y.; Lee, H. W.; Lee, J. H.; Park, K. H.; Park, J. H. *Korea Science and Engineering Foundation* **2003**.
- Chun, M. S.; Park, J. K. *Contemporary Educational Research* **2018**, *30*, 169.
- Coleman, J. S.; Campbell, E. Q.; Hobson, C. J.; McPartland, F.; Mood, A. M.; Weinfeld, F. D. *Equality of Educational Opportunity* Washington, DC: U.S. Government Printing Office 1966.
- Gardner, H. *Intelligence Reframed: Multiple Intelligences for the 21st Century* Basic Books: New York, 1999.
- Jencks, C.; Smith, M.; Acland, H.; Bane, M. S.; Cohen, D.; Gintis, H. *Inequality: A Reassessment of the Effect of Family and Schooling in America* New York: Basic Books 1972.
- Johnstone, A. H. *Journal of Computer Assisted Learning* **1991**, *7*, 75.
- Jung, H. C.; Chae, Y. J.; Ryu, C. R. *Journal of Gifted/Talented Education* **2012**, *22*, 597.
- Kim J. D.; Shim, J. Y.; Kim. Y. J. *The Korean Society for the Gifted* **2005**, *30*, 151.
- Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity (KOFAC) *2017 Science Creative Annual Statistics KOSIS* **2017**, 46.
- Lee, H. C. *Journal of Science Education* **2010**, *34*, 1.
- Lee, M. K. *PISA 2003 Results Analysis Study* 2004.
- McDill; Nariello. *Sociology of Education* **1986**, *59*, 18.
- Ministry of Education and Science Technology. *Development Strategies of Science High School*, 2009.
- Ministry of Education. *2015 Revised Science National Curriculum*. Ministry of Education, 2015.
- National Research Council (NRC). Washington DC. 1996.
- Park, J. H. Doctoral dissertation. *Graduate School of Gyeongsang National University*. 2010.
- Park, K. J.; Ryu, C. R. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **2017**, *37*, 625.
- Robinson, L. A. *Unpublished Doctoral Dissertation*, Indiana University. 1973.
- Rosenthal, R.; Jacobson, L. *Psychological Reports* **1966**, *19*, 115.
- Seo, H. A.; Jung, H. C.; Son, J. W.; Kwak, Y. S.; Kim, J. H.; Koo, O. C.; Park, J. E. *Reform Direction for Science High School*. Seoul: Korean Educational Development Institute. 2006.
- Shim, K. C.; So, K. H.; Kim, H. S.; Chang, N. K. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **2001**, *21*, 135.
- Shin, D. S.; Kim, B. G. *Journal of Science Education for the Gifted* **2019**, *11*, 199.
- Yeo, S. I.; Heo, J. S.; Choi, S. Y. *Journal of the Society for the International Gifted in Science* **2010**, *4*, 1.
- Yoon, M. S.; Kim, S. I. *Research Institute of Education Korea University* **2004**, *20*, 51.