

기초과학과 응용과학의 융합에 관한 학생들의 이해와 관련된 변인 분석

하민수 · 이준기*

오하이오주립대학교 · ¹전북대학교

Exploring Variables Related to Students' Understanding of the Convergence of Basic and Applied Science

Ha, Minsu · Lee, Jun-Ki*

The Ohio State University · ¹Chonbuk National University

Abstract: Understanding the relation between basic science and applied science is important for students in understanding the importance of learning science, the relationship between scientific knowledge and human life, and for enhancing their science motivation. In this study, we evaluated the statistical validity of this hypothetical model and explored the effect of gender and students' preferred courses (e.g., humanities, science, and art) on four dependent variables. We also evaluated the differences of students' understanding across scientific domains and students' understanding concerning basic and applied scientific knowledge. Three hundred and twenty five 10th grade students participated in this survey research. Statistically, we employed bivariate correlation, partial correlation, path analysis, two-way ANOVA, and repeated measures ANOVA. Our findings illustrated that our hypothetical model was statistically valid. In addition, the significant interaction effects of gender and students' preferred courses on each dependent variable were shown. Students have different levels of understanding of the convergence of basic and applied science, the relation between scientific knowledge and human life, and the importance of learning science across scientific domains (e.g., physics, chemistry, earth science and biology).

Key words: STEM education, basic and applied science, gender difference, science motivation, convergence

I. 서 론

도플러 효과나 화학 반응 속도와 같은 기초과학 개념의 이해는 과학적 문제 해결의 원동력이 되며 과학 기술과 공학적 지식 개발에 큰 역할을 담당한다. 하지만 학생들의 수준에서 기초과학 개념은 우리 생활과 동떨어진 과학자들만의 지식으로 이해될 수 있으며, 이와 같은 잘못된 이해는 기초과학개념 학습의 의미를 찾지 못하게 하여 능동적인 과학교육의 장애 요인으로 지적되어 왔다(Pilot & Bulte, 2006; Rossouw *et al.*, 2011). 이와 같은 장애 요인을 극복하기 위하여 Pilot & Bulte(2006)는 지식의 적용 상황을 고려하고 그것에 기반을 둔 교육을 할 것을 강조하였고, Rossouw *et al.*(2011)은 공학과 기술 교육에서 인간 생활과 관련성이 높은 소재를 사용하면 학습

효과가 높을 것이라 하였다. 이와 같은 필요성에 근거하여 최근의 과학교육은 수학, 과학, 기술, 공학이 융합된 형태의 과학교육을 지향할 것을 강조하고 있다(신영준, 한선관, 2011). 이와 같은 융합과학은 과학 지식들이 각각의 지식으로 조각난 것이 아니라 응용 과학과 연계성을 가지고 궁극적으로 인간의 생활을 윤택하게 하는 인간 문명의 산물로 인식하게 하는데 있다(Hurd, 1998). 하지만 이러한 융합과학기술 시대에 우리 과학교육은 영역간 분리와 실제 세계에서 개념과리로 인하여 여러 가지 자연 현상 및 생활 과학 기술 및 공학적 상황과 연계된 교육이 현실적으로 쉽지 않다는 지적들도 많았다(이미경, 정은영, 2004). 우리나라에서는 대개 공학관련 교과 전문가들이 실생활과의 연관성이나 과학-기술-공학-수학의 연계 교육(STEM, Science, Technology, Engineering,

*교신저자: 이준기(junki@jbnu.ac.kr)

**2012.01.09(접수) 2012.02.23(1심통과) 2012.03.19(2심통과) 2012.04.04(최종통과)

Mathematics) 및 융합 교육에 대해 논의 해온 바 있다(신영준, 한선관, 2011). Choi *et al.*(2011)의 연구에서도 과학과 인간 생활의 관련성을 이해하고 과학의 융합에 대한 바른 이해가 21세기 민주 시민이 가져야 할 과학적 소양이라 하였다.

미국과학재단(NSF)은 미래 사회를 주도할 융합과 학기술로 나노기술(nano-technology), 생명공학 기술(bio-technology), 인지과학(cognitive science), 정보과학(information science)을 들고 있으며 유럽 연합은 여기에 인문-사회(social science & humanities) 영역을 첨가하여 중요성을 강조하고 있다(Nordmann, 2004; 신영준, 한선관, 2011). 이러한 맥락에서 주창된 교육운동이 STEM이다. 최초에는 주로 방과후 운동으로 시작된 STEM은 현재는 미국 미래과학 교육의 방향이 되면서 많은 지역으로 확대되고 있다. 2003년 미국에서 처음 주창된 STEM 교육은 결국 그동안 학교가 학생들에게 주입해 온 '사용할 곳 없는 지식'에 대한 반성에서 시작되었다고 할 수 있다(Bybee, 2010).

우리나라에서도 최근 교육과정과 현장 교육의 괴리 등에 대한 끊임없는 지적과 제 7차 교육과정 이후부터 지적된 이공계 기피 현상의 문제점을 해결하기 위하여 일부 개정을 통하여 2007 개정 과학과 교육과정이 발표되었고 곧이어 2009년 개정 교육과정이 발표되었다. 2009 개정 과학과 교육과정은 그 필요성에서 사회·문화적 환경의 변화, 학생의 과학 흥미의 상실 등을 강조하였다. 특히 개정교육과정의 첫 번째 필요성에는 미래 과학 기술 시대의 인재상은 단편적인 과학 지식을 알고 있는 것이 아닌 현대 과학의 의미와 가치를 이해할 수 있는 인재임을 강조하였다. 또한 네 번째 필요성에는 학교에서 가르치는 지식과 현실 사회에서 필요한 과학 지식의 괴리를 극복해야 함을 강조하였다. 다시 말하면, 개정 과학과 교육과정은 과학 지식의 의미와 가치를 이해하고 현실 생활에서 일상적으로 직면하는 과학 문제를 해결하는 능력의 중요성이 강조되고 있다. 이는 특히 「과학과 인류문명」이라는 영역의 신설 등을 통해 잘 드러나고 있다(교육과학기술부, 2009). 또한 이와 같은 개정 교육과정의 목표를 구현하기 위하여 새로 출판된 과학 교과서들은 기초과학 개념 교육에서 관련된 응용과학을 함께 가르치는 전략을 사용하고 있다. 이와 같은 전략은 학생들이 과학 지식이 인간 생활과 격리된 것이 아니라 인

간 문명의 한 부분임을 인식시키기 위함이며, 아울러, 중국에는 학생들에게 과학 개념 학습의 필요성을 이해시키고 과학에 대한 흥미와 동기를 고취시키는데 목적이 있다.

이 연구는 국내·외 과학 교육 동향과 2009 개정 과학과 교육과정에서 강조하고 있는 기초과학과 응용과학의 융합적 이해, 과학의 실생활과의 관련성에 대한 이해, 기초과학 학습의 필요성, 과학 동기 사이의 구조를 분석하여 기초과학과 응용과학에 대한 이해가 과학 학습의 필요성과 과학 학습 동기에 어떤 영향을 미치는지 탐구하는 것을 목표로 한다. 이 연구의 가설 모델은 기초과학과 응용과학의 상호 관련성에 관한 이해는 나아가 기초과학과 인간 생활의 관련성의 이해를 촉진하고 궁극적으로 기초과학 개념의 학습 필요성과 과학 동기를 촉진하는 것이다. 또한 이 모델을 확인함과 동시에 관련 변인들이 성별과 선호 계열별로 어떤 차이를 나타내는지 확인하여 교육과정을 지도하는데 성별과 선호 계열에 관한 정보가 어떻게 활용될 수 있는지 탐색하였다. 또한 10학년 과학에서 강조하는 기초과학 개념별로 관련 변인들의 차이를 확인하여 과학 개념별 학생들의 인식이 어떻게 다른지 확인하였다. 마지막으로 10학년 학생들이 기초과학과 관련된 응용과학, 응용과학의 근거가 되는 기초과학에 관한 지식수준을 점검하여 현장 교육에 관한 시사점을 탐색하였다.

II. 연구 방법

1. 참여자

이 연구에 참여한 학생은 서울특별시 소재 남녀공학의 한 학교의 10학년 전학생이다. 설문은 2학기 기말고사 이후에 실시되었다. 참여 학생들은 6명의 과학 교사에 의하여 지도받았다. 지도 교사 모두 융합과학 교육 연수를 받았다. 6명의 교사는 정기적으로 교육과정과 교수 방법에 관한 회의를 실시하고 수업 계획을 공동으로 계획하였다. 6명의 교사 중 과학교육학 박사 1명, 석사 2명이 포함되어 있다.

이 연구에서 성별과 선호 계열의 두 가지 독립변수를 조사하였다. 선호계열의 조사에서는 인문, 사회, 자연, 공학, 예체능의 5개 항목으로 조사하였지만 인문과 사회를 인문으로, 자연과 공학을 자연으로 묶어

분석하였다. 이 연구에 참여한 학생들의 인적 정보는 표 1에 제시되어 있다.

표 1
참여 학생들의 인적 정보

요인	분류	빈도	비율(%)
성별	남	190	58.5
	여	133	40.9
	무응답	2	0.6
선호 계열	인문·사회	141	43.4
	자연·공학	100	30.8
	예·체능	56	17.2
	무응답	28	8.6
전체		325	100

2. 검사도구

이 연구를 위하여 사용한 검사지는 크게 두 가지로 구분된다. 먼저 2009 개정 교육과정에서 중요 학습 목표로 제시한 8가지의 기초과학 개념을 선정하고 각 개념별로 응용과학과의 관련성, 인간 생활과의 관련성, 해당 과학 개념의 학습 필요성에 대해 질문하였다. 과학 교육 전문가, 과학 교육 박사 과정, 과학 교사 3명의 협의를 통하여 선정된 8가지 기초과학 개념은 물리, 화학, 생물, 지구과학 영역의 각 2개 개념으로 도플러 효과, 초전도, 나노 구조, 화학 반응 속도, 유전자 재조합, 항원-항체 반응, 지구자기장, 지진파이다. 각 개념별로 3가지 변인인 응용과학과의 관련성, 인간 생활과의 관련성, 해당 과학 개념의 학습 필요성을 측정하는 문항을 개발하고, 개발된 문항은 과학 교사들과 연구 대상과 동일 학년인 10학년 학생을 대상으로 문항의 이해 정도에 관한 타당도를 확인하였다. 세 변수 모두 6단계의 Thurstone scale을 사용하였다. 세 변수의 신뢰도(Cronbach alpha)는 응용과학과의 관련성이 0.873, 인간 생활과의 관련성이 0.870, 해당 과학 개념의 학습 필요성이 0.873이었다.

두 번째로 학생들의 과학 동기를 측정하는 검사도구로 Glynn *et al.*(2011)이 개발한 과학 동기 검사지를 사용하였다. 이 검사도구는 Glynn *et al.*(2009)의 검사도구를 기반으로 확인적 요인 분석을 통하여 수

정 보완한 것이다. 이 검사도구에서 과학 동기는 내재 동기(Intrinsic motivation), 직업 동기(Career motivation), 자기 의지(Self-determination), 자아 효능(Self-efficacy), 과학 점수 동기(Grade motivation)의 5개 변인으로 구성되어 있다. 모든 문항은 5단계의 Thurstone scale을 사용하였다. 검사도구는 과학교육 전문가와 과학교육 박사과정생에 의하여 번역되었으며, 영어전문가에 의하여 확인하였다. 또한 번역문을 10학년 과학교사에 의뢰하여 이해 수준을 확인하였다. 이 연구에서 이 검사도구의 신뢰도(Cronbach alpha)는 내재 동기가 0.921, 직업 동기가 0.948, 자기 의지가 0.919, 자아 효능이 0.929, 점수 동기가 0.945로 높은 신뢰도를 보였다. 이 연구에서 이 5개 변수의 합산 점수를 전체 과학 동기 점수로 활용하였는데 그 근거는 다섯 가지 변수의 상관관계가 모두 높고 요인 분석결과 하나의 요인으로 확인되었기 때문이다(요인적재값: 0.813-0.912).

마지막으로 학생들의 기초과학 개념이 활용된 응용과학의 지식과 응용과학에서 활용된 기초과학에 대한 지식을 확인하기 위하여 서술형 평가를 사용하였다. 먼저 기초과학에서 응용과학 지식을 확인하기 위하여 앞서 추출한 8가지 기초과학개념(도플러 효과, 초전도, 나노 구조, 화학 반응 속도, 유전자 재조합, 항원-항체 반응, 지구자기장, 지진파)이 활용된 응용과학(산업, 공학, 의학 등)은 어떤 것이 있는지 작성하게 하였다. 두 번째는 8가지의 응용과학에서 어떤 과학 지식이 활용되었는지 질문하였다. 8가지 응용과학 개념은 금속탐지기, 3D TV, 살충제 내성, 진공포장기술, 손난로, 플라스틱, 연대 측정, 조력 발전이다. 서술형 평가는 과학교육 전문가와 과학교육 박사과정생에 의하여 정답과 오답으로 채점하였다.

3. 분석 방법

이 연구에서 분석 변인으로 성별, 선호 계열의 두 독립 변인과 응용과학과의 관련성, 인간 생활과의 관련성, 기초과학 개념의 학습 필요성, 과학 동기의 4가지 종속 변인으로 구성된다. 이론적 모델의 점검하기 위하여 이원상관분석, 편상관분석, 경로분석이 활용되었다. 두 번째로 성별과 선호 계열의 두 독립 변인과 4가지 종속 변인의 관련성을 탐색하기 위하여 선형모형에서 이원 변량 분석을 사용하였다. 또한 8가

지 기초과학개념 별로 응용과학과의 관련성, 인간 생활과의 관련성, 학습 필요성의 3가지 종속변인의 차이를 확인하기 위하여 선형모형에서 반복측정분석을 사용하였다. 모든 통계 분석은 SPSS 19.0과 AMOS 19.0 버전을 사용하였다.

서술형 평가의 결과는 검사에 포함된 8가지 기초과학 개념, 8가지 응용과학 개념의 정답자의 비율을 비교하였다. 또한 학생들의 응답에서 나타나는 중요한 특징을 질적으로 기술하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 응용과학, 실생활, 학습 필요성, 과학 동기에 관한 모델의 적합도 분석

기초과학과 응용과학의 관련성의 이해는 기초과학이 인간 생활과 관련되어 있음을 이해하게 하고 궁극적으로 학생들로 하여금 과학 학습의 필요성을 높이고 과학 동기를 향상시킬 수 있게 할 것이다. 이와 같은 모델에서 기초과학과 인간 생활의 관련성에 대한 이해는 기초과학과 응용과학의 관련성의 이해 변인과 과학 학습 필요성과 과학 동기 변인 사이의 매개 변인이 된다(그림 1 참조). 첫 번째 분석으로 기초과학과 인간 생활의 관련성에 대한 이해를 통제 변인으로 한 편상관 분석에서 상관관계 계수가 이 변인을 통제하지 않은 이원 상관관계 계수에 비하여 작는지 확인하여 매개 효과를 확인해 보았다. 표 2를 보면, 각 변수는 상호 관련성이 높음을 알 수 있다. 하지만 이론적 모델에서 매개 변인으로 제시한 인간 생활과의 관련성 변수를 통제한 편상관계수(표

2에서 대각선 아래)는 통제하기 이전의 이원 상관관계 계수에 비하여 상당히 작다. 그러므로 기초과학과 인간 생활과의 관련성 변수가 다른 세 변수를 매개하거나 조절하는 효과를 가지고 있음을 알 수 있다(표 2).

이 모델의 적합도를 확인하기 위하여 경로 분석 활용하였다(그림 1). 모델 적합도 확인 결과 Chi square는 0.534($p = 0.465$), GFI는 0.999, AGFI는 0.988, NFI는 0.999, TLI는 1.004, CFI는 1.000, RMSEA는 0.001보다 작게 나타나 이 모델은 타당한 모델로 확인되었다(김계수, 2007; Schumacker & Lomax, 1996). Keith(1993)는 표준화된 경로계수를 0.05에서 0.10은 약한 영향, 0.11에서 0.25는 보통 영향, 0.25 이상은 큰 영향으로 구분하였다. 이 기준으로 경로 분석의 표준화 계수를 확인하면 기초과학과 응용과학의 관련성 이해 전략은 기초과학이 인간생활과의 관련성 이해를 향상시키는데 매우 큰 영향력을 보이며 이 효과는 기초과학의 학습 필요성과 과학 동기에 다시 높은 수준의 영향력을 보인다. 물론 기초과학과 응용과학의 관련성 이해는 직접적으로 기초과학의 학습 필요성에도 영향을 미치나 직접적인 효과인 0.26에 비하여 인간 생활과 관련성 이해를 경로하는 간접적인 효과 0.57이 두 배 이상 높은 것으로 보아 매개 효과가 상대적으로 강한 효과를 보이는 것을 확인할 수 있다. 또한 기초과학과 응용과학의 관련성 이해는 과학 동기에 직접적인 영향을 미치지 않고 인간 생활과의 관련성 이해를 경로하여 영향을 미친다는 것도 확인할 수 있다.

표 2
이원상관관계 및 편상관관계

	(1)	(2)	(3)	(4)	
(1) 응용과학과의 관련성	1.00				
(2) 인간 생활과의 관련성	0.86**	1.00			
(3) 기초과학 개념의 학습 필요성	0.83**	0.30**	0.89**	1.00	
(4) 과학 동기	0.38**	0.01	0.44**	0.41**	1.00

** $p < 0.001$, 대각선 아래는 편상관계수

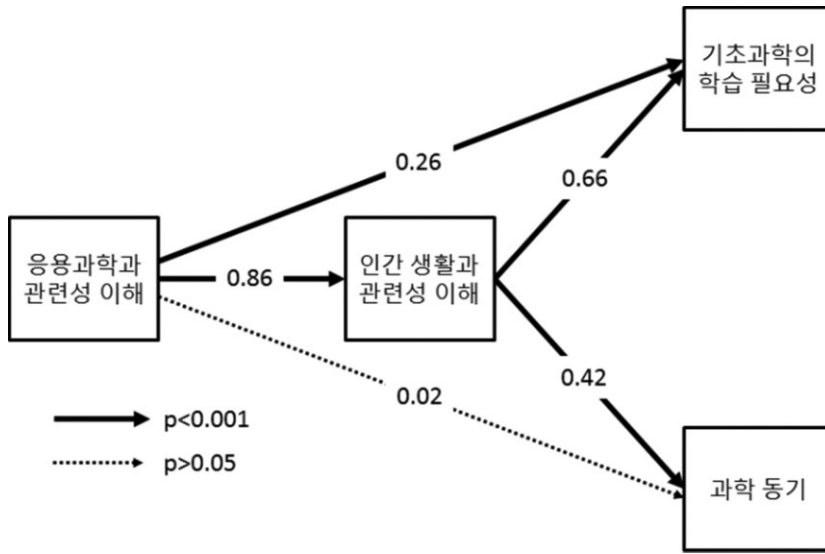


그림 1 융합과학 개념의 학습에 관한 경로 분석 결과($\chi^2 = 0.534, p = 0.465, GFI = 0.999, AGFI = 0.988, NFI = 0.999, TLI = 1.004, CFI = 1.000, RMSEA < 0.001$)

2. 성별과 선호계열에 따른 융합과학의 이해

그림 2는 성별과 선호 계열 별 이원변량 분석 결과를 보여준다. 성별은 남학생과 여학생으로 구분하였으며, 선호 계열은 인문, 자연, 예체능으로 구분하였다. 이원 변량 분석에서 성별, 선호 계열별, 그리고 두 변수의 복합 효과의 3가지로 구분하였다. 이원변량 분석의 그래프의 모양으로 두 변인간 효과 크기를 이해할 수 있는데(Lomax, 2007), 부등호 ‘<’ 모양의 그래프는 X 축의 변인인 성별에 관한 평균 차이는 없으며, 다른 변인인 선호 계열의 차이와 변인간 복합효과가 나타난다. 그러므로 응용과학 관련성, 인간 생활과의 관련성의 이해와 기초과학의 학습 필요성 모두 성차는 없으며, 선호 계열별 차이와 성차와 선호 계열별 복합효과가 나타난다는 것이다. 각 변인별로 통계치를 확인하면, 응용과학과의 관련성 이해에서는 성별($F[1, 234] = 0.2, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.00$)의 효과는 없는 반면, 선호계열별($F[2, 234] = 12.5, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.10$), 변인간 복합 효과($F[2, 234] = 5.7, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.05$)는 유의미한 차이를 보였다. 인간 생활과의 관련성에서도 성별($F[1, 236] = 0.3, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.00$)의 차이는 없는 반면 선호 계열별($F[2, 236] = 10.3, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.08$)과 변인간 복합 효과($F[2, 236] = 7.2, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.06$)는 유의미하였다. 기초과학개념의 학습 필요성

역시 성별($F[1, 235] = 0.5, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.00$)은 유의미한 차이가 없었으며 선호 계열별($F[2, 235] = 9.3, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.07$)과 변인간 복합 효과($F[2, 235] = 8.4, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.07$)가 나타났다. 과학 동기에서는 성별, 선호 계열, 두 변인간 복합효과 모두 나타났다(성별: $F[1, 263] = 5.9, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.02$; 선호 계열별: $F[2, 263] = 49.9, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.28$; 복합 효과: $F[2, 263] = 3.9, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.03$).

과학 동기의 경우 성차, 선호 계열차, 복합 효과 모두 나타나고 있다. 최경희 등(2008)은 PISA연구 결과에 나타난 우리나라 남녀 학생들의 과학 성취도 및 태도의 성차가 다른 국가의 학생들의 비하여 상대적으로 큰 것을 강조하였다. 주영주 등(2011)의 연구에서도 남학생이 과학에 대한 외부 동기, 흥미, 효능감이 여학생에 비하여 더 높음을 강조하였다. 과학 동기와 달리 융합 과학에 대한 이해에서는 성차가 나타나지 않고 선호 계열과 복합효과로 성차가 나타난다. 융합 과학에 대한 인식에서 남학생의 경우 선호 계열과 관계없이 일관된 이해 수준을 보인 반면 여학생의 경우에는 선호 계열에 따른 관련 변인의 차이가 매우 높음을 알 수 있다. Glynn et al.(2007)은 성차와 함께 전공 유무가 과학 태도에 대한 조사에서 중요한 변인으로 지목하였다. 그 이유는 과학을 전공하지 않는 학생의 경우 성별과 관계없이 과학에 대한 긍정적이 태도

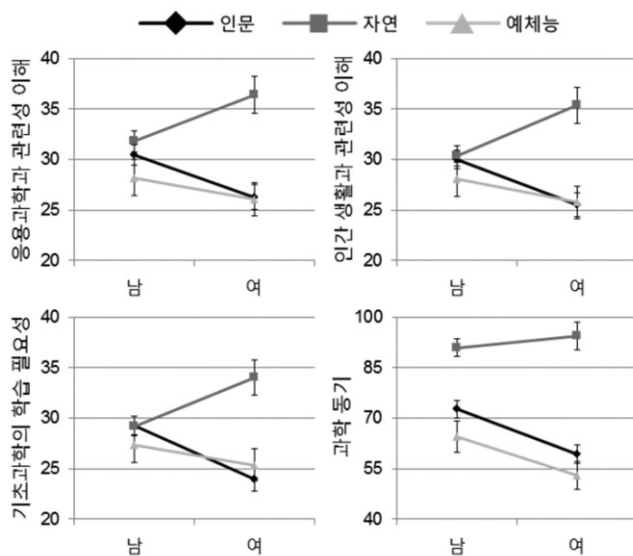


그림 2 성별과 선호 계열 별 이원변량 분석 결과

가 필요하지 않기 때문이다. 그러므로 Glynn *et al.*(2007)은 과학 관련 성차 연구에 있어서 직업적 관심에 대한 변인을 추가로 조사할 것을 강조하였다. 이 연구에서와 같이 기초과학과 응용과학의 융합이나 과학 지식의 인간 생활과의 관련성에 관한 인식에서 여학생의 경우 선호 계열 별로 높은 차이가 나타나는 것은 향후 과학 관련 태도 조사에서 성별과 함께 선호 계열에 대한 조사가 이루어져야 함을 보여준다. 또한 응용과학, 과학 관련 직업 등을 강조하는 2009 개정 과학과 교육과정을 지도함에 있어서도 성별과 함께 선호 계열을 조사하여 지도할 필요성이 있을 것이다.

3. 기초과학 개념에 따른 융합과학 학습 변인들의 관련성 탐색

이 연구에서는 8가지 기초과학 개념별로 응용과학과 관련성 이해, 인간 생활과 관련성 이해, 기초과학 개념의 학습 필요성에 관한 3가지 항목으로 조사하였다. 8가지 기초과학 개념은 물리에서 도플러 효과, 초전도 현상, 화학에서 나노 구조와 화학 반응 속도, 생물에서 유전자 재조합과 항원-항체 반응, 지구과학에서 지구자기장과 지진파였다. 이 연구에서는 이 8가지 개념별로 3가지 종속 변인의 차이가 발생하는지 확인하였다.

먼저 응용과학과의 관련성 이해에서 8개의 개념 간

에 차이가 나타났다($F[7, 250] = 23.4, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.40$). 생물 영역의 유전자 재조합, 항원-항체 반응이 가장 높은 이해를 보였으며, 물리 영역의 초전도 현상이 가장 낮은 이해 수준을 보였다. 인간 생활과 관련성의 이해에서도 각 개념간 차이가 나타났다 ($F[7, 251] = 33.9, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.49$). 생물 영역에서 유전자 재조합, 항원-항체 반응이 높은 반면 물리 영역에서 도플러 효과와 초전도 현상이 낮았다. 마지막으로 학습 필요성에서도 차이가 나타났다($F[7, 251] = 28.3, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.44$). 기초과학의 학습 필요성에 대해서는 생물 영역의 항원-항체 반응이 가장 높았으며, 물리 영역에 초전도 현상이 가장 낮았다.

8가지 기초과학 개념 중에서 응용과학과 인간 생활과의 관련성에서 유의미한 차이가 난 과학 개념은 도플러 효과와 나노 과학이다(그림 3 별표, 도플러 효과: $F[1, 314] = 6.9, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.02$; 나노 구조: $F[1, 272] = 14.3, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.05$). 그 외 과학 개념은 응용과학과 관련성과 인간 생활과 관련성에서 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

물론 이 연구에 사용된 8가지의 기초과학개념들이 해당 세부 영역 전체를 대표할 수 없기 때문에 일반화는 어려우나 이 연구결과를 바탕으로 이해했을 때 물리와 화학 영역의 4가지 개념이 전체적으로 낮음을 확인할 수 있다. 또한 이런 현상은 장차 학생들의 과학 세부 영역 선택에 영향을 미칠 수도 있을 것이다.

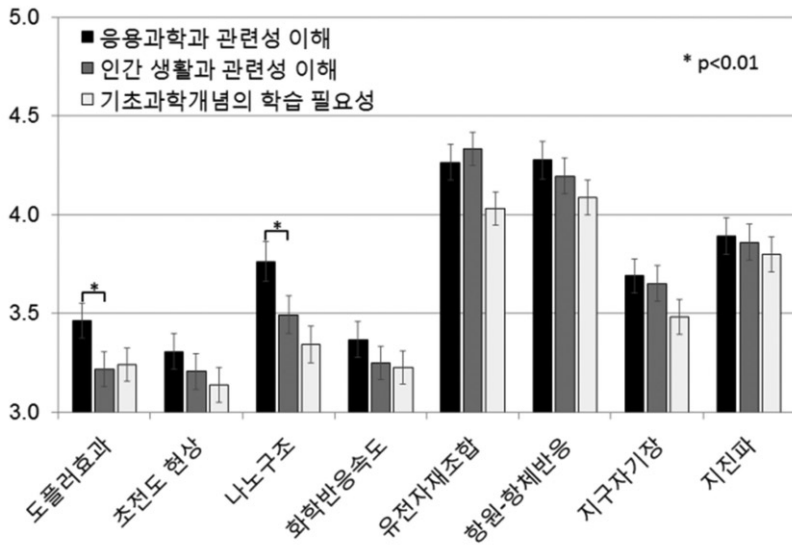


그림 3 각 기초과학 개념별 비교

그러므로 이 자료를 바탕으로 향후 개정 교육과정에서는 물리와 화학의 학습 개념들을 학생들이 이해할 수 있는 수준으로 향상 시켜 과학 세부 영역 간 격차를 해소해야 될 것이다.

4. 공학적 추론과 역공학적 추론에 따른 융합과학적 이해

10학년 학생들의 기초과학 개념과 관련되는 응용과학 개념, 응용과학에서 근거가 되는 기초과학 개념 지식을 확인하기 위하여 서술형 평가를 실시하였다. 그림 4는 이 평가에서의 정답자 비율을 나타낸다.

먼저 기초과학개념과 관련되는 응용과학을 묻는 질문에서 유전자 재조합(49.5%)과 항원-항체 반응(41.2%)의 생물 영역에서 많은 학생들이 관련 응용과학 영역을 제시하였다. 반면 8.6%의 학생들만이 화학 반응 속도 개념이 활용될 수 있는 응용과학 영역을 제시하였다. 반대로, 응용과학영역에서 근거가 되는 기초과학 개념을 묻는 질문에서는 금속탐지기의 원리를 묻는 질문에서 가장 많은 학생들이 응답하였다(30.2%). 두 영역의 평균을 비교하면 기초과학과 관련된 응용과학을 묻는 질문에서는 24.6%의 정답률을 보였으며, 반대로 응용과학에서 관련된 기초과학을 묻는 질문에서는 15.0%의 정답률을 보였다. 그림 4에서 알 수 있듯이, 이 연구의 참여 학생들은 전반적으로

로 기초과학적 지식을 어떻게 공학적으로 응용할 것인가에 대해 묻는 첫 번째 질문(공학적 추론)과 반대로 응용과학의 산물로부터 그 기반 원리 혹은 기초 개념을 추론해 내라는 두 번째 질문(역공학적 추론)에서도 역시 저조한 정답률을 보였다.

일반적으로 역공학(reverse engineering)이란 주어진 시스템의 외부로부터 관찰된 사실과 관련 정보를 이용하여 그 시스템의 내부를 추론하는 과정으로 정의되고 있다(김상우, 이도현, 2006). 또한 실생활에서 사용되는 인공물 혹은 특정 기술을 환원적으로 분석하여 제작이나 구성의 기초가 되는 원리를 추론해 내는 학습방법이자 문제해결 방법이다. 과거 우리나라는 이러한 방식을 제7차 과학과 교육과정의 ‘생활과 과학’ 과목에서 이러한 역공학적 학습방식을 잠시 도입한바 있다(교육부, 1997). 이는 당시 선택과목이던 ‘생활과 과학’의 목적이 ‘과학’에서 학습한 기본 개념 이상의 새로운 개념을 얻도록 하는 학습보다는 이미 습득한 개념이 어떻게 우리의 삶을 풍요롭게 하는지를 알아 그 유용성을 확인하고 이 개념들을 어떻게 실생활에 활용하여 보다 편리한 삶을 도모할 수 있는지 그 방안을 찾아보게 하는 것이었기 때문이다. 실제로 실생활에는 복잡하고 어려운 개념보다 단순하고 쉬운 개념이 더욱 유용하게 활용되는 예가 많다. 따라서 ‘과학’에서 익힌 개념이라 하더라도 얼마나 적절히 활용하는가에 따라 그 가치는 얼마든지 높아질 수

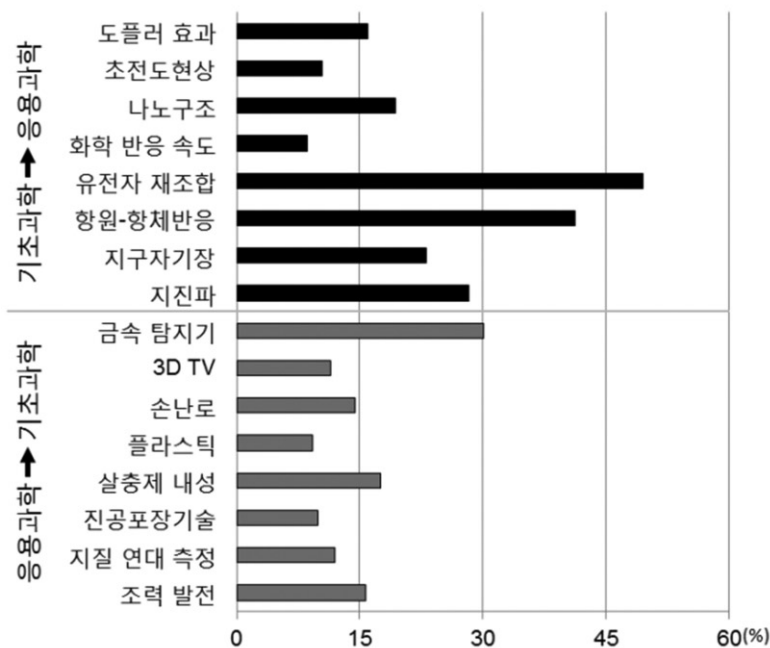


그림 4 서술형 평가에서 정답자 비율

있는 것이다. 그러한 맥락에서 생각해보면 학생들 자신의 삶을 통해 접하고 활용하는 많은 과학기술의 산물들을 기반 원리에 대한 이해 없이 활용하고 있다고 판단되며, 이에 대한 올바른 이해는 융합과학에 대한 보다 폭넓은 이해를 도울 것이다. 따라서 현재 부족한 역공학적인 사고를 활용한 소재와 단원의 교수-학습을 보다 강화한다면 학생들의 기초과학과 응용과학의 개념간의 양방향적 사고를 인간의 생활문화 이해라는 실질적 맥락 안에서 원활히 하는데 큰 도움을 주리라 기대된다.

학생들이 작성한 답안을 살펴보면 몇 가지 흥미로운 사례들을 찾아 볼 수 있는데, 다음은 연구에 참여한 고등학생들이 융합과학적 내용(기초에 대한 응용 및 응용에 대한 기초개념)에 대해 답한 내용들을 일부 예시한 것이다.

- 예시 1. 소방차가 옆에 지나갈 때 소리가 커졌다, 작아졌다 하는 것
- 예시 2. 우주를 연구할 때 도움을 준다.
- 예시 3. 별과 지구의 거리의 변화와 그로 인해 우주가 팽창하고 있고 우주의 중심이 없다는 것을 알아낼 수 있다.

- 예시 4. 가까이 다가오는 물체 감지
- 예시 5. 스피드건
- 예시 6. 종양표지검사, 화학 요법으로 암 치료, 질병과 면역에 대한 작용을 이해
- 예시 7. 병을 치료할 때
- 예시 8. 전자센서가 이용됨
- 예시 9. 앙페르 법칙, 페르데이 법칙 → 전자기 센서를 이용해 유도전류 현상, 전파
- 예시 10. 액체가 고체로 응고될 때 열을 방출하는 원리
- 예시 11. 석유를 정제할 때 열을 가해서 분리한다. 그래서 물질이 녹는 녹는점에 차이를 이용한 것 같다

첫 번째로 학생들의 응답을 살펴보면 예시 2, 7처럼 모호하고 추상적 수준의 응용에 그치는 경우가 있었는데 이와는 반대로 기초과학 영역에서는 예시 3, 4, 5, 6, 그리고 응용과학 영역에서는 예시 9, 10, 11과 같이 구체적인 수준의 개념을 제시하는 경우도 나타났다. 또한 비록 구체적 답안을 제시한 것들 사이에도 차이가 존재하는데, 가장 구체적으로 연구에의 응용방안을 제시한 예시 3, 범용적 원리 수준에서 응

용방안을 제시한 예시 4, 그리고 '도플러 효과'라는 개념이 적용된 실제 사례를 통해 응답한 예시 5로 나누어 생각해 볼 수 있다. 학생들이 어떤 것을 고안해 내거나 응용영역을 사고할 때 능력에 따른 단계가 있으며, 추상적 수준보다는 구체적 수준의 개념이나 대안을 생각해 내는 것이 많은 인지부담을 요함은 선행 연구들을 통해 언급된 바 있다(권용주 등, 2011). 만약 학생이 예시 2와 같은 추상적 수준의 응답에 그치고 있다면, 교사가 먼저 예시 4와 같은 개념을 먼저 파악하게 한 후 이를 융합하여, 이혜정 등(2004)이 제시한 적용적 의문(applicative question) 중 '도플러 효과의 특성을 거리 파악에 활용한다면 우주를 연구하는데 어떻게 활용될 수 있을까?'와 같은 실례탐색 의문(example exploration question)을 제시하여 학생이 예시 3과 같은 수준의 구체적이지만 확신성이 떨어지는 생각을 스스로 끌어냈을 때 나타나는 적용적 의문의 유형인 실례확인 의문(example verification question)이 나타날 때까지 반복 지도해 주는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

두 번째로 기초과학 개념의 대등사례와 응용사례에 대한 혼동하는 경우가 종종 발견되었다. 예시 1은 소방차 사이렌 소리의 강약에 대해 이야기 하고 있는데, 이것은 도플러 효과가 나타나는 생활 속의 사례이지 그러한 원리를 응용하여 공학적으로 무엇인가를 구현해 낸 사례는 아니다. 그럼에도 불구하고 학생들은 다른 기초과학 개념에서도 반복적으로 이들 두 경우를 혼동하고 있었다. 이는 학생의 기초과학 개념 이해를 돕기 위해 등장하는 여러 가지 자연현상 등의 사례와 그 원리나 개념을 바탕으로 공학적으로 적용된 사례에 대해 학생들이 혼동하고 있기 때문으로 보이며, 학생들의 보다 폭 넓은 융합과학적 이해와 학습을 위해서는 이들 둘을 구별하여 가르칠 필요가 있다.

세 번째로 역공학적 사고(reverse engineering thinking)의 어려움이 나타나고 있다. 학생들은 공학적 산물이 고안되기 까지 기반개념으로 활용된 기초과학개념을 묻는 질문에 지식이나 개념이 아닌 제시된 인공물이나 기술의 하위 구성요소를 대는 경우가 많았다. 금속탐지기에 활용된 기초과학적 개념을 묻는 질문에 일부 학생들은 예시 8과 같이 금속탐지기의 물리적 하위 요소(부속품)인 전자센서를 답안으로 내어놓고 있는 것을 살펴볼 수 있다. 이와는 대조적으로 한차례 더 사고하여 그러한 금속 센서가 제작되

된 보다 궁극적인 전자기원리에 대해 설명해 낸 학생도 있었는데 예시 9가 바로 그 예이다.

예시에서 살펴볼 수 있듯이, 이러한 경우는 학생들에게 해당 응용물에 활용된 기초과학 개념에 대한 지식이 전혀 없다가보다는 바로 가장 하위 단위인 기초과학 개념까지 응답하기에 인지부담이 느껴지는 것으로 생각해 볼 수 있다. 따라서 학생들이 해당 응용과학이 무엇을 바탕으로 이루어졌는가에 대한 보다 완전한 개념습득을 위해서는 예를 들어 '그렇다면 우리 한번 만 더 생각해볼까? 금속탐지기를 만드는데 필수적인 부품이라고 이야기 한 전자센서는 어떤 과학적 원리를 응용해야만 만들 수 있을까?'와 같은 추가적인 질문을 통한 비계설정을 해 준다면 능동적으로 기초과학 개념을 응용과학의 적용 사례에 연관 지어 생각할 수 있는 보다 효율적인 융합과학적 개념 습득이 가능할 것으로 판단된다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 기초과학과 응용과학 내용에 관한 융합적 이해가 과학 지식과 실생활의 관련성에 대한 이해를 높이고 궁극적으로 과학 학습의 필요성과 과학 학습 동기를 향상시키는지 경로모델의 적합도를 분석하는 방법으로 확인하였다. 10학년 학생들을 대상으로 기초과학과 융합과학의 관련성, 기초과학과 인간 생활의 관련성, 기초과학 개념의 학습 필요성, 과학 동기의 4가지 변인을 측정하여 분석하였다. 또한 성별, 선호 계열별에 따라 4가지 관련 변인의 차이를 분석하였다. 마지막으로 8가지 기초과학과 관련된 응용과학, 응용과학과 관련된 기초 과학에 대한 이해 수준을 조사하였다. 이 연구 결과를 종합하여 내린 결론은 다음과 같다.

먼저, 기초과학과 응용과학이 융합에 대한 이해는 기초과학과 인간 생활의 관련성을 이해하게 하고, 궁극적으로 기초과학의 학습 필요성과 과학 동기를 고취시키는 이론적 모델은 통계적으로 적합하였다. 편상관분석과 경로 분석을 통하여 제시된 일관된 연구 결과는 이 경로모델의 적합도를 지지하고 있다. 그러므로 과학 지식의 융합을 강조하는 교수 전략은 효과가 있을 것으로 예상할 수 있다.

두 번째, 기초과학과 응용과학의 관련성 이해, 기초과학과 인간 생활과의 관련성 이해, 기초과학 개념의

학습 필요성에 대한 성별과 선호 계열별 강한 복합효과가 나타나고 있다. 남학생의 경우 선호 계열의 구분 없이 통계적으로 차이가 없는 반면, 여학생의 경우 선호 계열에 따라 큰 차이를 보였다. 과학 동기는 성별, 선호 계열별, 복합효과 모두 나타났다. 이와 같은 현상을 통해 보았을 때 융합과학에 대한 지도는 성별과 선호 계열을 모두 고려하여 지도할 필요성을 제기한다.

세 번째, 물리, 화학, 생물, 지구과학에서 추출한 8가지 기초과학 개념에 따라 학생들의 기초과학과 응용과학의 관련성 이해, 기초과학과 인간 생활과의 관련성 이해, 기초과학 개념의 학습 필요성에 대한 인식은 차이가 나타났다. 특히 생물 영역에서 높은 이해 수준을 보인 반면, 물리와 화학의 경우 낮은 수준을 보였다. 10학년 과학 수업을 통해 형성된 인식은 장기적으로 학생들의 진로나 단기적으로 11학년과 12학년의 선택과목에 영향을 줄 수 있을 것이다. 그러므로 향후 수정될 교과서에서는 학생들의 인식이 낮은 기초과학개념들과 관련된 응용과학을 보다 많이 소개하여 학생들의 이해 수준을 높일 필요성이 있을 것이다.

마지막으로 학생들은 기초과학에서 파생된 응용과학에 비하여 일상생활에 접하는 응용과학의 근거가 되는 기초과학에 대한 지식, 즉 역공학적 사고가 부족하였다. 그러므로 역공학적 사고를 활용한 소재와 단원의 교수-학습을 보다 강화할 필요성과 함께 학생들의 기초과학과 응용과학의 개념간의 양방향적 사고를 인간의 생활문화 이해라는 실질적 맥락 안에서 이해할 필요성이 제기된다.

국문 요약

기초과학과 응용과학의 관련성에 관한 이해는 과학 지식과 인간 생활의 관련성을 이해하고 과학 지식 학습의 필요성과 과학 동기를 향상 시킬 수 있을 것이다. 이 연구는 과학 지식의 융합에 대한 이해와 학습 필요성, 과학 동기에 관한 경로모델의 적합도를 분석하는 것을 목표로 한다. 또한 4가지 변인에 대한 성별과 선호 계열 별 차이, 과학 개념 별 인식의 차이, 기초과학과 응용과학에 대한 학생들의 이해를 조사하였다. 서울특별시 소재 남녀공학 고등학교 1학년(10학년) 학생 325명이 참여하였다. 연구 결과, 기초과학과

응용과학의 관련성을 강조한 전략은 기초과학이 인간 생활과 관련성이 있음을 이해하게 하고 과학 지식의 학습 필요성과 과학 동기를 형성할 수 있게 한 이론적 모델은 타당한 것으로 확인되었다. 기초과학과 응용과학의 관련성 이해, 기초과학과 인간 생활과의 관련성 이해, 기초과학 지식의 학습 필요성, 과학 동기에서 성별과 선호 계열별 복합효과가 나타났다. 기초과학 개념 별로 학생들의 인식은 통계적으로 차이가 있었다. 학생들은 기초과학에서 파생되는 응용과학에 대한 지식보다 응용과학에서 기초과학을 추론하는 지식은 더 낮은 것으로 확인되었다.

감사의 글

이 연구의 자료 수집 과정에서 많은 도움을 주신 유상근 선생님과 논문에 대해 소중한 조언을 아끼지 않으신 익명의 학회 심사자분들께 진심어린 감사의 마음을 전합니다.

참고 문헌

- 교육부 (1997). 과학과 교육과정, 교육부 고시 제 1997 15호.
- 교육인적자원부 (2007). 과학과 교육과정. 교육인적자원부 고시 제 2007-79호.
- 권용주, 정진수, 신동훈, 이준기, 이일선, 변정호 (2011). 과학적 탐구력 향상을 위한 과학지식의 생성과 평가 2판. 서울, 학지사.
- 김계수 (2007). 구조방정식모형 분석. 서울: 한나래출판사.
- 김상우, 이도현 (2006). 바이오시스템 역공학 기술. News & Information for Chemical Engineers, 24(1), 42-46.
- 신영준, 한선관 (2011). 초등학교 교사들의 융합인재교육(STEAM)에 대한 인식 연구. 초등과학교육, 30(4), 514-523.
- 이미경, 정은영 (2004). 학교 과학교육에서 과학에 대한 태도에 영향을 미치는 요인 조사. 한국과학교육학회지, 24(5), 946-958.
- 이혜정, 정진수, 박국태, 권용주 (2004). 초등학생들과 초등예비교사들이 관찰활동에서 생성한 과학적 의문의 유형. 한국과학교육학회지, 24(5), 1018-1027.

주영주, 정영란, 이유경 (2011). 고등학생의 학업적 자기 효능감, 외적동기, 흥미, 과학 과목 성취도의 구조적 관계와 성별에 따른 잠재평균 분석. *한국과학교육학회지*, 31(6), 876-886.

최경희, 신동희, 이향연 (2008). 과학교육에서의 성별 차이 현황과 해결 방안. *여성학논집*, 25(2), 117-158.

Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *The Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.

Choi, K, Lee, H, Shin, N., Kim, S. W., & Krajcik, J. (2011). Re-conceptualization of scientific literacy in South Korea for the 21st Century. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(6), 670-697.

Glynn, S. M., Brickman, P., Armstrong, N. & Taasoobshirazi, G. (2011). Science motivation questionnaire II: Validation with science majors and nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 1159-1176.

Glynn, S. M., Taasoobshirazi, G., & Brickman, P. (2009). Science Motivation Questionnaire: Construct validation with nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 127-146.

Glynn, S. M., Taasoobshirazi, G., & Brickman, P. (2007). Nonscience majors learning science: A theoretical model of motivation. *Journal of Research in Science*

Teaching, 44(8), 1088-1107.

Hurd, P. D. H. (1998). Scientific literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, 82(3), 407-416.

Keith, T. Z. (1993). Causal influences on school learning. In: H. J. Walberg (Ed.), *Analytic methods for educational productivity* (pp 21-7). Greenwich, CT: JAI Press.

Lomax, R. G. (2007). *An introduction to statistical concepts* (2nd edn). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Nordmann, A. (2004). *Converging technologies—shaping the future of European societies*. European Commission Report.

Pilot, A., & Bulte, A. M. W. (2006). The use of “contexts” as a challenge for the chemistry curriculum: Its successes and the need for further development and understanding. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1087-1112.

Rossouw, A., Hacker, M., & de Vries, M. J. (2011). Concepts and contexts in engineering and technology education: An international and interdisciplinary Delphi study. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(4), 409-424.

Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (1996). *A beginner's guide to structural equation modeling*. Mahwah, NJ: Erlbaum.