교양 교육 연구 (제13권 제2호)
Korean Journal of General Education
2019. 4. Vol. 13. No. 2. PP. 57~90

대학 교양교육으로서의 통합과학의 방향과 내용체계 구성[1)]

김원섭[2)], 정진수[3)], 이덕환[4)], 김응빈[5)], 김혜영[6)], 권영균[7)], 이보경[8)]

목 차

1. 서론
2. 연구방법
3. 대학 교양과학으로서 '통합과학'의 필요성
4. FGI에 나타난 대학 교양과학 교과과정 구성의 방향
5. 통합과학 교과목 내용체계 구성안
6. 결론 및 제언
7. 부록

1. 서론

1. 연구의 배경

제4차 산업혁명 시대가 빠르게 실현되면서 창의·융합형 인재의 양성이 중요한 과제로 부상하

1) 이 연구는 한국교양기초교육원의 연구비지원(RR-2018-11-673)으로 진행된 대학 교양기초교육 과학 콘텐츠 개발 기획연구로 진행되었으며, 연구보고서의 일부를 요약 재구조화한 논문임.
2) 제1저자, 충북대학교 물리학과 강사, wskim89@gmail.com
3) 충북대학교 물리학과 교수, chung@chungbuk.ac.kr
4) 서강대학교 화학과 교수, duckhwan@sogang.ac.kr
5) 연세대학교 시스템생물학과 교수, eungbin@yonsei.ac.kr
6) 한국체육대학교 교양교직과정부 교수, hykim@knsu.ac.kr
7) 경희대학교 물리학과 교수, ykkwon@khu.ac.kr
8) 교신저자, 연세대학교 학부대학 교수, bklee@yonsei.ac.kr

고 있다. 과학과 기술이 견인한 제4차 산업혁명 시대에 필요한 인력을 양성하기 위해서 대학은 교양교육으로서의 기초과학교육을 강화시키고, 학생들에게 과학적 사고력을 신장시키는 일이 무엇보다 중요하다. 특히 문과와 이과로 구분된 절름발이 교육을 받고 대학에 입학하는 한국에서는 모든 학생들에게 과학적 소양을 교육하는 일은 더 이상 미룰 수 없는 상황이다.

그러나 국내 대학의 교양기초교육에서 과학적 소양에 대한 교육은 턱없이 부족한 형편이다. 교양과목으로 제공되는 기초 과학·수학(Basic Science and Mathematics, BSM) 과목은 대부분 이공계 학생들의 전공기초로 개설된 것이기 때문에 진정한 의미의 '교양교육'의 역할을 기대할 수 없는 형편이다. 대학수준의 과학교육에 대한 연구도 매우 부족하여 교양과학의 실태 파악조차 되지 않은 형편이다.

반면, 세계적으로는 과학교육의 중요성이 강조되면서 중등교육뿐 아니라 고등교육에서 과학교육에 대한 국가적 관심이 증가되는 추세가 뚜렷하다. 고등교육에서 과학이 강조되는 배경에는 미래의 경제적 번영은 젊은 세대의 과학기술 수준에 의해 결정될 것이라는 기대(Bradley, 2005: 1-6)와 과학기술의 발달로 촉발된 급격한 변화로 인해 지속가능하면서 동시에 민주적인 사회가 되려면 시민의 높은 과학적 소양이 요구된다는 인식이 깔려 있다(Burmeister, Rauch, & Eilks, 2012: 59-68). 전통적으로 교양교육이 강조되는 미국 대학 대부분은 학생이 학부과정에서 수학과 과학(혹은 과학기술) 분야에서 적어도 각각 1과목 이상을 이수하도록 하고 있다(손향구, 2018: 199-224; 이보경 등, 2009: 205-226). 대학 교양과정의 과학교육에 대한 연구도 활발하여 개인연구자 뿐 아니라 정부의 재정지원을 받아 국가나 학회차원에서 연구도 활발하다. 예를 들면, 2006년 미국과학재단(National Science Foundation: NSF)은 대학 생물학 교육의 새로운 방향을 모색하는 광범위한 논의와 연구 활동을 지원하였는데, 연구자, 생물학 교수, 교육학자, 산업계 인사 및 학부와 대학원 학생을 포함하여 연인원으로 거의 천명에 달하는 많은 전문가들이 참여하였고, 보고서 '학부 생물교육의 비전과 변화'를 통해 모든 학생을 위한 생물학적 소양을 제시하였다(AAAS, 2011). 1989년 미국화학회는 정부의 재정지원을 받아 비전공자를 위한 대학 교재를 개발하기 시작하여 1993년 'Chemistry in Context: Applying Chemistry to Society'를 출판하였다(Schuwartz 등, 1994). 과학계의 최고 권위지로 알려진 'Science'는 2011년과 2013년 각각 과학교육 특집호를 통해 과학교육의 중요한 이슈들을 중점적으로 다루었다 (Albert, 2013; Serageldin, 2011: 1041-1044).

한국의 사정은 상당히 다르다. 국내에서 진행된 교양과학관련 연구 대부분 중등교육에 치중되어 있고, 대학수준의 과학교육에 대한 연구는 부족하다(한재영과 이상철, 2012: 295). 대학의 교양과학 교육에 대한 연구의 상당부분은 교육목표와 취지 제고에 집중되어 있다. 강윤재(2017: 87-91)는 '과학기술 시민권' 혹은 '시민 과학'의 관점에서 교양과학 교육의 목적은 시민의 과학역량 강화에 두어야 한다고 주장하였고, 김동광(2004: 33-66)과 오준영(2013: 103-150)은 과학이론의 형성이나 과학기술의 발전을 사회적·문화적 맥락 속에서 이해하도록 하는데 기여해야 한다고 주장하였다. 고연주와 이현주(2017: 395-405)는 교양과학 강의 수강생 31명에 대한 측정 결과를 토대로

과학관련 사회이슈(Sientific Social Issues, 이하 SSI)를 다룬 과학교과가 대학생의 인성과 가치관 함양에 긍정적인 영향을 준다면서 인성교육으로서의 과학교육의 중요성에 주목하였다. 안호영(2013: 237-266; 2014: 357-383)은 현대 과학의 성과에 기반을 두고 생명에 대한 올바른 이해가 가능하도록 과학적 설명과 철학적 반성이 조화를 이룬 관점 속에서 교과목 구성의 필요성을 주장하고, 다른 한편으로는 과학이 내포하고 있는 시간성을 체험함으로써 인간의 심성을 고양시킬 수 있다고 주장하면서 교양과학을 통한 인성교육의 가능성을 제시한바 있다. 논리학의 탐구방법과 과학기술철학의 내용을 접목한 교양과목의 모형을 제시한 우정규(2010: 103-128)은 진(眞)이야 말로 논리학, 인식론과 함께 과학이 추구할 목표라고 보았다. 이보경(2018)은 지식이 형성된 과정과 과학적 개념을 사용하는 맥락을 강조함으로써 과학의 본성과 가치가 드러나도록 하는 것이 중요하다고 주장하였다. 박종석과 박상민(2014: 118-125)은 과학교육은 자연을 주제로 한 통합교육, 자연과의 교감 및 학습자의 인격형성에 큰 영향을 준다고 보았다. 이들은 각각 과학기술사회(STS), 논리학 및 철학적 접근을 강조하기는 하지만, 공통적으로 대학 교양과학은 과학지식이라는 좁은 범위를 넘어 포괄적인 과학 활동을 추구해야 한다는 관점을 가지고 있다. 이러한 관점은 과학기술적 쟁점을 둘러싼 사회적 논의가 매우 빈번해진 현재, 더 이상 과학은 전문가들만의 영역이 아니라 모든 시민이 참여하고 누려야 하는 것으로 보는 시각으로 전환되고 있음을 나타낸다.

개별 대학에서 교양 과학관련 교과목 운영사례와 성과에 대한 발표도 늘고 있다. 컴퓨터를 활용한 자연현상의 이해(김양희와 김혜영, 2012: 363-394), 영상매체를 활용한 STS적 접근을 강조한 강좌(주양선 등, 2018: 61-79), 과학과 예술을 접목한 교과목의 사례와 성과 분석(정형기, 2016), 탐구과제와 협동학습을 통한 문제해결형 프로젝트 수업(이은경 등, 2016: 397-324), 진화과학에 근거한 인간 본성의 탐구로 구성된 교양과학수업(신주옥과 장수철, 2014: 591-635) 등이 그 예이다. 최근 비전공자를 위한 수학 및 과학교육의 중요성에 대한 인식이 확대되면서, 경제·경영학과 학생을 위한 수학교육의 문제와 개선방향을 제시하거나(김성옥, 2005: 587-597), 비전공자를 위한 과목으로 일반생물학의 핵심 개념과 원리를 대부분 포함하되, 연구방법이나 이론적 설명의 일부를 포기하고 대신 비유와 실생활 예를 보강한 생물 교과목(장수철과 신주옥, 2017: 591-635) 등 비전공자를 위한 교과목의 성과와 개선방안에 대한 연구결과도 발표되기 시작하였다.

대학생들의 교양과학에 대한 기대와 평가에 대한 연구나 국내 대학의 교양과학 교과과정과 교과목의 실태분석에 대한 연구 결과는 매우 적다. 이보경 등(2009: 205-226)은 교양과학 수강생 384명 대상 설문조사를 통해 학생들의 교양과학에 대한 관심과 수요는 높은데, 학생들은 교양과학을 통해 과학 기초지식 (63.8%), 과학적 소양 (47.1%), 과학기술관련 활동 참여능력 (30% 내외) 및 과학적 방법과 문제해결능력 함양 (28.9%) 등을 기대하고 있으나, 수준에 맞지 않는 강의 내용과 과목의 다양성 부족으로 학생들의 교양과학 교과목에 대한 만족도는 낮은 것으로 파악하였다. 김혜영 등(2017: 373-411)은 수도권 내 7개 대학의 교양교육과정에 대한 분석에서 과학기술관련 과목의 구성과 내용을 개괄적으로 소개한 바 있고, 이보경 등(2009: 205-226)은 국내 주요대

학에 개설된 교양과학 교과목의 수는 미국주요대학의 1/10 수준으로 적고, 의무이수 학점수도 현저히 적은 것을 문제로 지적한 바 있다.

전국적인 규모로 대학교양과정의 과학 교육에 대한 실태와 문제를 파악하고, 시사점을 도출한 연구결과로는 최근에 발표된 손향구 등(2018: 199-224)의 연구가 유일하다. 이 연구에서 비이공계 학생이 과학교양과목을 이수 규정을 가지고 있는 대학은 전국 50개 대학 중 56%인 28개 뿐이며, 나머지 대학은 과학 의무이수 규정이 없다는 것을 보였다. 또한 이수규정을 가진 대학도 수학과 과학을 포함한 교과목 중 한 과목만 이수하도록 한 대학이 대부분이어서, 모든 학생이 수학과 과학 영역에서 각각 1개 이상의 과목을 이수하도록 한 미국의 대학과 비교할 때, 국내 대학은 수학 및 과학영역의 이수 의무가 적음을 확인하였다. 연구팀은 또한 극히 일부 대학에서 비전공자를 위한 기초 수학 및 과학 과목(basic science and math, 이하 BSM)을 개설한 사례는 있지만, 대부분의 교양과학은 과학 자체에 대한 이해를 바탕으로 삼기보다는 주제형 특히 '과학과 ○○'라는 관계적 측면에 집중되어있어 과학의 기본개념과 원리에 대한 이해가 배제되고, 결과적으로는 과학교육 본래의 목적과 취지에서 벗어나있음을 문제로 지적하였다.

한국의 대학사회에서 교양교육으로서의 과학에 대한 논의는 여전히 시작에 단계에 머물러 있고(손향구 등, 2018: 199-224), 그 내용의 구성과 교수학습방법은 물론 과학교육의 취지와 목표에 대한 광범위한 합의를 만들어내지 못하였다. 이 연구는 모든 학생을 위한 교양과학의 목표와 내용은 무엇인가에 대한 탐구를 통해 대학 교양교과목의 모형을 제시하는데 목적이 있다. 이를 위해 물리, 화학, 생명과학 등 다양한 기초과학 전공의 전문가로 구성된 연구팀의 브레인스토밍, 과학기술 분야는 물론 타 학문영역의 전문가를 포함한 초점집단면담(focus group interview, 이하 FGI) 및 다수의 전문가 평가와 포럼을 통해 대학 교양과학의 목표와 취지 및 내용 구성에 대한 광범위한 논의를 진행하였다. FGI, 전문가 평가 및 포럼에서 제시된 것들은 연구진 전원이 참여한 집단 논의를 통해 범주화·구조화하였다. 이 논문은 대학교양과학 교과목의 모형으로 통합과학적 접근을 제시한 배경과 이와 같은 결론에 이르게 된 과정, 그리고 이 과정에서 도출된 통합과학 교과목의 내용을 구성할 주제와 핵심개념의 체계를 제시할 예정이다. 아울러 통합과학에 적절한 교수-학습 방법, 평가 및 강좌운영방식에 대해 제기된 전문가들의 의견을 제시할 예정이다.

2. 연구 방법

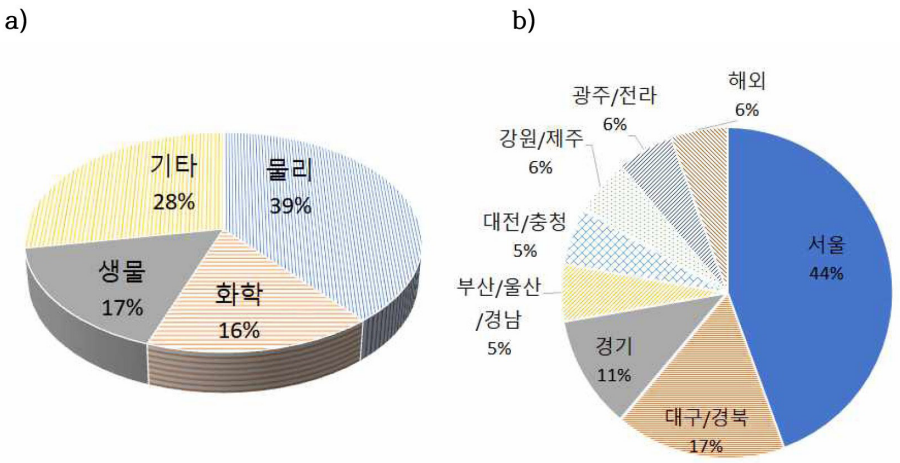
2.1 연구팀의 구성과 연구진행 방법

연구팀은 교육과 연구 경험 10년 이상의 전문가 7인으로 구성되었다. 전공별로는 물리학 전공

3인, 화학 전공 2인, 및 생물학 전공 2인 이며, 지역별로는 수도권 소재 대학 소속 5인과 지방소재 대학 소속 2인 이다. FGI을 위한 질문지 구성, FGI 결과의 해석, 범주화 및 재구조화는 연구진 전원이 참여하는 브레인스토밍과 자유토론을 통해 진행하였다. 브레인스토밍 전후 국내외 다양한 교양과학교과목의 사례조사 결과를 질문지 작성과 내용 체계의 구조화에 반영하였다. FGI 질문지와 전문가의 개별응답은 정진수 등(2018)의 연구보고서부록에 제시되었다.

2.2 초점집단면접(focus group interview, 이하 FGI)

대학 교양과학의 취지와 목표, 교과내용 구성 및 교수–학습방법 등을 도출하기 위하여 물리, 화학, 생명과학, 공학 등 과학기술 관련 전문가와 철학, 과학철학, 교육학 및 과학커뮤니케이션 활동가를 포함한 전문가 18인으로 구성된 FGI 참여자를 선정하고, 한 차례의 서면 면접과 한 차례의 좌담회를 실시하였다. 구체적으로는 연구팀의 브레인스토밍을 통해 얻은 대학 교양과학의 구성요소의 핵심과 강좌의 전형에 기반하여 구조화된 질문지를 나누어 준 후, 전문가 대답을 듣고, 이 중 7인 (물리 2인, 생명과학 1인, 교육학 2인, 공학 1인)을 모아 좌담회를 진행하였다. 대학 수준별, 지역별 편중을 피하기 위하여 되도록 참여자는 전국적으로 고르게 분포되도록 하였다. FGI 대상자 전공과 지역분포를 그림 1에 나타내었다. 질문지는 교양과학교과목 설계 방향, 통합과학 교과목의 필요성, 내용구성 및 교수–학습방법 및 현재의 교양과학 교과과정에 대한 의견 등 다섯 가지 주제의 각각 2, 3, 4, 1, 1개의 하위문항으로 구성하였다. 모든 문항은 개방형이어서 전문가적 견해를 주관적으로 서술하도록 하였고, 모든 질문에 답하도록 하였다. 좌담회는 연구책임자가 FGI에서 수렴한 의견을 범주화하여 제시한 후, 주요 쟁점에 대한 자유토론으로 진행하였다. 원활한 토론을 위해 연구책임자가 토론 진행자(moderator)의 역할을 담당하였다.



[그림 1] FGI 대상 전문가의 a) 전공분포와 b) 지역 분포

2.3 타당성 판단을 위한 전문가 평가와 포럼

교양과학 교과의 내용체계와 방법에 대한 중간 결과물은 1회 전문가 평가, 최종 결과물은 1회의 전문가 평가와 1회의 공개포럼을 통한 의견수렴을 진행하였다. 이 과정에서 제시된 문제와 개선방안을 반영하여 재구조화하여 교양과학 내용체계 구선의 최종안을 도출하였다.

3. 대학 교양과학으로서 '통합과학'의 필요성

3.1 통합적 접근 강조의 배경

삶과 사회의 문제는 인문학, 사회과학, 자연과학 등 한 학문 영역의 지식이나 접근법만 가지고 해결하기 어려운 측면이 있다. 물론 현대 과학기술 그리고 그로 인해 발생하는 개인과 사회의 문제는 물론이고 자연도 물리, 화학, 생물학과 같은 한 학문 영역의 지식과 접근 방법만 가지고 이해하기 어려운 측면이 있다. 또한 학문은 서로 연결되고 공통의 인식론적인 전제도 있기 때문에 그 자체가 통합적인 측면이 있다(Case, 1991: 215-224; Venville, 2002: 43-83). 대학 교양과정에서 물리학이나 화학과 같은 분과학문적인 접근보다 통합적 접근이 더 강조되어야 한다는 주장의 배경이 여기에 있다. 통합과학 옹호론자들은 통합 과학은 상호 연계된 자연세계를 설명하기 위해 지식이 어떻게 학문의 경계를 넘어 작동하는지를 잘 보여주지만, 분과학문적인 접근은 학습자의 관점을 제한하고, 학습 과정의 효율성 면에서도 좋지 않다고 주장한다.(Harrell, 2010: 145-165; Vars, 1991: 14-15; Venville et. als, 2002: 43-83; Yager & Lutz, 1994: 338-346). 통합교과를 구성할 때 내용을 통합하는 방법과 수준은 다르지만, 통합과학은 자연 현상을 설명할 때 한 분야 이상에서 가져온 개념을 분명하게 동화(assimilation)시키고(Harrell, 2010), 한 학문영역의 지식 일부를 포기하더라고 지식을 응용할 수 있도록 하는 지식의 전이를 보다 강조한다(Venlle, et. als., 2002: 43-83). 반면 통합과학 비판론자들은 각 학문은 고유의 인식론적인 전제가 있고, 기본이 달라 조정되기 어렵다고 주장한다(Lederman & Niess,1998: 281-284; Venvile et. als., 2002: 43-83). 그들은 물리, 화학, 생물 등은 그 각각이 굳건하고 고도로 정립된 개념체계를 가지고 있다고 믿는다.

이 연구에서 교양과학으로 통합과학을 제시한 배경에는 현실적인 문제도 같이 고려되었다. 한국사회는 전반적으로 대학 교양교육의 중요성에 대한 인식이 높지 않고, 그중에서도 과학에 대한 인식수준은 더욱 낮다. 손향구 등(2018: 199-224)이 밝힌 것처럼 전국적으로 비이공계 학생도 교양수학이나 과학 영역에서 이수 의무를 두고 있는 대학은 전국적으로 절반밖에 되지 않고, 그 극

소수의 대학을 제외하면 단 한과목만 이수하면 졸업할 수 있는 현실을 고려할 필요가 있다. 즉, 대부분의 대학이 단 하나의 과목만으로 과학의 지식과 방법론에 기반 하여 학생이 스스로 개인과 사회의 문제를 해결할 수 있도록 도와야 한다는 과학교육의 취지를 달성하려면 물리학, 화학, 생명과학 등 개별 학문의 기초과학을 개설하여 선택하여 이수하도록 하는 것 보다는 통합과학의 형태가 적절하다는 것이 대다수 전문가가 공감하였다. 실제 북미 대학에서도 최근 대학 교양과정에 통합과학 교과목이 증가하는 추세이고, 전교생이 공통필수로 통합과학 교과목을 이수해야 하는 대학도 있었다. 최근 국내 수도권 소재 사립대학 한 곳에서 통합과학을 공통필수 과목으로 개설하여 모든 학생이 이수하도록 한 것도 같은 취지로 이해된다.

3.2 통합과학의 유형

대학 교양과정의 통합과학의 국내외 사례조사 결과 통합과학을 세 가지 유형으로 구분할 수 있음을 알 수 있었다(표 1). A형은 물리학, 화학, 생물학 및 지구과학의 핵심개념을 하나의 교과로 구성한 것으로 전통적인 자연과학 개론과 비슷한 접근이다. 즉, 학문의 경계를 넘어 서로 연관성을 제시하지 않고 개별 분과학문의 내용과 방법을 단순병렬식으로 제시한다. B형은 각 학문의 핵심개념과 방법을 사회적으로 중요한 주제나 역사적 순서에 따른 큰 줄거리를 토대로 재구성한 것으로 스토리텔링과 주제중심의 접근이 혼합된 형태의 통합적 접근이다. 마지막으로 C형은 전통적인 통합과학의 방식에서 흔치 않은 상대적으로 새로운 형태인데, 과학적 방법론과 사고 방법을 훈련시켜 과학적 문제해결능력을 함양하는데 초점이 있다. 아래 표에 각각의 유형에 해당하는 전형적인 사례를 적었다. A형 즉, 분과적 나열형의 전형으로 제시된 교과내용의 구성과 체계는 미국의 대규모 주립대의 실제 교과내용이다. B형 즉, 주제중심의 스토리텔링형의 내용 체계로 제시된 사례는 빅뱅에서 생명의 탄생까지의 스토리라인을 따라 현대과학기술의 핵심 개념을 구조화한 것으로, 국내 주요 사립대학 중 한곳에서 교양필수과정으로 개발되어 지난 수년 동안 운영된 강좌이다. C형 즉, 과학적 문제해결형의 내용 체계는 미국 유명 사립대학의 공통필수 과목(core curriculum)으로 개설한 강좌의 것이다. 국내외 대학에 개설된 통합과학의 다양한 사례와 비교분석 결과는 정진수 등(2018: 70–118)의 연구보고서에서 자세히 제시되어 있다.

〈표 1〉 대학 통합과학의 3가지 유형을 대표하는 사례의 교과 내용체계.

A 형분과적 나열형	B 형주제중심의 스토리텔링형	C 형과학적 문제해결형
ㅇ 과학이란? ㅇ 물리학 – 운동의 기술 – 뉴턴의 운동법칙 – 에너지와 운동량 – 중력 – 열 – 전기와 자기 – 파동—소리와 빛 ㅇ 화학 – 원자 – 핵물리학 – 물질 탐구 – 화학 결합과 혼합물 – 화학 반응 – 유기 화학 ㅇ 생물학 – 생명의 기본 단위—세포 – 유전학 – 생명의 진화 – 생물학적 다양성 – 인간 생물학 Ⅰ—제어와 발생 (Control and Development) – 인간 생물학 Ⅱ—돌봄과 유지 (Care and Maintenance) – 생태계와 환경 ㅇ 지구과학 – 판 구조로 – 암석과 광물 – 지표면—육지와 바다 – 지표면 변화 과정 (Surface Processes) – 기상 – 환경 지질학 ㅇ 천문학 – 태양계 – 우주	ㅇ 우주 파트 – 우주: 미시에서 거시까지 – 시간과 공간 – 과학과 상상력 1: 토론/발표/활동 등 – 별의 생과 사 – 양자역학과 불확정성 원리 – 과학과 상상력 2: 토론/발표/활동 등 ㅇ 물질 파트 – 물질의 진화 – 에너지와 엔트로피 – 과학과 상상력 3: 토론/발표/활동 등 – 과학과 문명 – 과학과 상상력 4: 토론/발표/활동 등 ㅇ 생명 파트 – 생명체의 기원과 속성 – 생명의 연속성과 유전 – 과학과 상상력 5: 토론/발표/활동 등 – 개체의 정체성과 개체 간 상호작용 – 진화의 메커니즘 – 과학과 상상력 6: 토론/발표/활동 등 ㅇ 인류 파트 – 인류와 문명 – 뇌와 문명 – 과학과 상상력 7: 토론/발표/활동 등 ㅇ 환경 파트 – 지구환경과 인류의 발자취 – 기후변화와 위기의 생태계 – 과학과 상상력 8: 토론/발표/활동 등 ㅇ 추가 활동 – 특강 2회 – 자연사 박물관 또는 과학관 관람	ㅇ 척도의 느낌 – 사람의 크기는 큰가 작은가? – 인지의 한계: 공간의 척도 – 직접 경험을 넘어서 – 인지의 한계: 시간의 척도 ㅇ 어림짐작을 통한 발견 – 정성적 정량적 추론 – 뉴스에 민감해 하지 않기 – 권위 의심하기 – 유명한 페르미 문제 – 알 수 없는 답을 추정하기 – 이치에 맞는지 확인하기 – 컨텍스트(문맥) 제공하기 – 균형 잡기 – 결론 만들기 ㅇ 선과 점들에 대한 고찰 – 그래프의 종류 – 한계 및 불확실성 – 혼란과 허위진술 – 그래서 얼마나 많은 붉은 퀘이사가 존재한다는 것인가? ㅇ 그래프 – 소개를 위한 예제: 인구수, 에이즈(HIV) – 옛날 옛적 터키의 동굴에서… – 그래프의 종류 – 데이터를 잘 표현하기 위한 방법 – 해볼 만한 예제 ㅇ 거짓말, 새빨간 거짓말, 그리고 통계 – 통계로 거짓말하지 않는 방법 – 정확도와 정밀도 – 오류 및 불확실성 ㅇ 상관관계, 인과관계… 혼동과 명료성 – 상관관계(correlation)의 정의 – 상관관계의 응용 ㅇ 과학이란 무엇인가? – 진실과 위조가능성 – 데이터 – 실험과 관찰 – 모델, 가설 – 이론과학의 자기교정

4. FGI에 나타난 대학 교양과학 교과과정 구성의 방향

4.1 한국대학 교양과학의 문제점

한국 대학의 교양과학에 대한 의견을 묻는 질문에 전문가 다수가 대학 과학교육이 어려운 배경에 중등교육의 문제가 있음을 지적하였다. 이들은 한국의 중·고등학생의 과학 분야의 학업성취도는 세계적으로 높은 수준이지만 과학에 대한 자신감과 흥미는 현저히 낮은데 그 이유는 지나친 입시 경쟁, 단편적인 지식의 암기나 지나친 분과학문적 접근으로 "과학 개념에 대한 큰 틀의 얼개"를 구성하고 있지 못했기 때문으로 보았다. 전문가들은 또한 PISA[9]과 같은 국제적인 비교 평가에서 과학의 학업성취도가 평균적으로 높은 것은 사실이지만 최상위 학생은 상대적으로 적은 것도 문제로 지적되었는데 이것도 같은 이유 때문이라고 해석하였다.

대학 사회 내부적으로는 학과중심의 강좌개설과 운영이 문제로 지적되었다. 한국의 대학이 지나치게 학과중심적이어서 파생한 문제가 다양하게 제기되어왔지만, 교양과학교육의 관점에서는 지나치게 분과학문적인 접근으로 통합적이고 포괄적인 큰 그림의 개념 확립에 취약한 점, 타 전공학생에 대한 교과목 개설이나 범대학 차원의 협업이 어려운 대학사회의 구조적 문제도 교양과학의 내실화에 걸림돌이 되고 있다고 지적되었다. 연구 성과에 대한 지나친 경쟁과 사회적 압력과 교육에 대한 보상이 적절치 못한 결과 교수들의 교육에 대한 관심이나 책무성이 줄어든 것과 전공기초 성격의 과학 과목에 치중된 것도 문제로 지적되었다. 교양과학의 내용과 수준과 관련해서는 일부는 지나치게 '쉽고' '대중적'인 것을 문제로 꼽았고, 일부는 지나치게 '어렵고' '전문적'인 것이 문제라고 지적하였다.

교양과학이 제 역할을 하려면 범 대학적으로 경험을 공유하고, 비이공계 학생들을 위한 교양과학 강좌도 실험실습이 가능하도록 조교를 포함한 지원이 필요하며 교양과학을 강의하는 교수자의 양성도 고려해볼 필요가 있다는 주장도 제기되었다. 전문가들의 진술 중 일부를 아래에 제시한다.

> "현재의 교양교과과정은 개별적으로는 그 중요성과 교과 내용의 충실함 있으나 융합적이고 포괄적인 big picture의 개념 확립에는 취약하다고 판단됩니다. 오늘날 지향하고 있는 과학사회 추구에 걸 맞는 철학·사상사적 접근으로서의 과학 문명, 인문학적 사고와 수리학적 사고의 융합 , 사회적 측면에서의 과학적 접근 등 보다 다양한 각도에서의

9) PISA(Programme for International Student Assessment), OECD에서 시행하는 국제 학업성취도 평가로 15세를 대상으로 함. 평가 영역은 읽기, 수학 및 과학.

과학 교양교육이 필요합니다."

"교양교과목의 대부분은 고교교육과정에 대한 심도 있는 고찰이 충분히 고려되지 않은 채 '쉬운' 과학, '대중' 과학의 분야 일부에 대한 강의가 이루어지고 있습니다."

"너무 어렵게 나열되고 가르치는 경향이 있어 보입니다. 교양 교과목이라면 학생들의 눈높이에 맞는 예와 과학 자료에 대한 알아들을 수 있는 해설과 설득이 필요합니다. (중략) 실제로 인문사회계 학생들을 대상으로 위에 제시한 방법(강의, 글쓰기, 발표)으로 가르친 경험이 있다. 의외로 많은 학생들이 호응하고 과학자료, 신문기사, 생활에서 궁금한 문제들을 스스로 해결하는 노력을 해 본 경험에 대해 자신들 또한 매우 대견하다고 느낍니다."

"강사진이 관련 과학 내용에 대해 전문성을 갖지 못한 채 섣부른 문학적 해석을 시도하는 경우(문예비평 전공자가 현대과학 교양과목을 가르치는 경우)와 반대로 과학 내용에 대한 전문성은 있지만 전공과목으로서의 과학 과목을 '약간 쉽게' 가르치는 방식으로 교양과학을 가르치는 경우가 모두 존재하는 것이 현실입니다."

4.2 통합과학의 필요성

아래 표 2에 FGI의 서면 논의와 좌담회에서 제시된 통합과학의 필요성을 요약하였다. 전문가 한 사람이 복수의 이유를 제시하였기 때문에 전체 빈도수는 전문가 수보다 많다. 맨 왼쪽 열의 이유는 전문가의 의견을 범주화하여 연구팀이 재구조화한 것이고, 둘째 열의 추가 키워드는 전문가들이 제시한 이유 중에서 핵심이 되는 낱말을 골라 제시한 것이다. 가장 많은 전문가가 제시한 의견은 과학적 소양함양을 위해서 분과적 접근이나 단순 나열식 체계가 아닌 통합적인 접근이 필요하다(10회)는 것이었다. 그렇게 답한 배경에는 지나치게 분과학문의 개념과 이론에 치우친 과학교육이 비전공자의 과학기피를 초래했다는 비판이 자리 잡고 있다. 그밖에도 통합적 접근이 필요한 이유로 사회적 맥락을 파악하거나(8회), 과학적 사고와 방법을 익히기 위해서(6회), 연구와 현실생활에서도 분과적 구분이 모호하기 때문(4회)이라는 응답이 상대적으로 많이 제기되었다. 이에 대한 전문가 진술 중 일부를 그대로 옮기면 다음과 같다.

"세상의 돌아가는 이치는 자연에 대한 이해와 인간에 대한 이해, 두 가지에서 옵니다. 인간에 대한 이해인 인문학을 배우는 만큼 자연이 돌아가는 이치를 배워야 합니다. 이는 분과학문으로서가 아니라 자연을 있는 그대로 이해하는 것이어야 합니다. 현재의 분과학문 체계에서 할 수 없는 일이므로 통합과학과 같은 과목이 필요합니다."

"과거 상당 기간 동안 대학 과학 교육의 목표가 국가발전의 틀 속에서 '전문가의 양성'에 맞춰져 있다 보니, 자연계에서 실시하는 과학 교육의 내용이 일부 소수의 과학 전공자들만을 위한, 심지어 대학원 진학생들에 주로 초점을 맞춘, 전문 과학지식으로 점

철되어 있는 측면이 강합니다. (중략) 이처럼 전문가 양성이라는 한쪽으로만 치우쳐 있는 대학 과학 교육의 균형을 맞추기 위해서는 비전공자, 특히 문과, 예체능 계열 학생들에 대한 통합과학 교양 교과목에 대한 투자가 필요합니다."

"과학기술은 만능이 아니며 오히려 인간사회와 자연에 다방면으로 심각한 문제들을 야기합니다. 이러한 문제를 진단하고 해결 가능성을 찾기 위해서는 우리 사회 전 구성원의 협력과 나아가 전 지구적 협력이 필요합니다. 기술의 발전 속도가 빠를수록 이면의 폐해 또한 그만큼 커질 것이니, 기술문명의 풍요를 누리고 추구하는 사회의 일원으로서 전공 분야를 막론하고, 자연의 일부로써 우리가 어떤 존재인지 알고, 과학과 기술의 흐름에 대한 안목을 기르며 동시에 인류가 지향할 공동체적, 개인적 가치가 무엇인지에 대한 전반적인 성찰이 필요합니다"

앞서 설명한 것처럼 전문가들은 현재와 같이 고도화된 과학기술기반 사회에서는 전통적인 분과학문 보다는 융합형 연구 및 사고가 매우 중요함을 공통적으로 지적하였다. 따라서 대학 교양과정에서는 물리학, 화학, 생물학, 지구과학을 순서대로 단순 나열하는 '자연과학 개론'의 틀을 벗어날 필요가 있음을 시사한다.

〈표 2〉 FGI에서 제시된 교양과학에서 통합적 접근이 필요한 이유

이유	전문자 진술의 키워드	빈도
비전공자/전공자 모두를 위한 (분과 나열이 아닌) 체계적 통합과학 교육필요	중/고교 개념중심의 파편적 과학학습, 이공계 위한 전공교양, 인문계 과학교양 기피	10
현대 생활 속 깊숙이 들어온 과학기술의 맥락적 이해	인간/자연에 심각한 문제야기, 수리/과학적 사고, 현대사회 운영철학	8
과학적(비판적/분석적/합리적/논리적)사고, 과학적 판단(정량화)는 현대 개인의 필수 능력	중/고 과학자체의 논의, 과학적 사고체험 불가능, 안전, 경제적, 올바른 판단, 객관적 자료 추적	6
현실(연구/교육)에서는 과목/분야별 구분 모호	융합과학 분야 이해 증진	4
공동체/개인의 지향점 판단	진로 선택, 자신의 삶 지향	3
인문/과학을 아우르는 현대적 교양인	과학적 성취, 과학소양, 일반시민, 인류문화유산	3
소통/협력을 위한 필수 지식	문제해결, 사회 전 구성원	2
과학의 개념적, 방법론적 접근방법 이용한 다양한 자료 해석 능력 함양		2
급격한 사회변화 속 과학기술 흐름에 대한 안목 배양		2
인문학/과학기술 융합 통한 새로운 통찰	자연과학의 인문학적 확장성	2
고교 통합과학 과정 반영한 대학 교과개편 필요		1
창의적 분야 인재 양성을 위해 과학교육 필수		1
좋은 통합과학 과목 도출하여 자발적 참여 유도		1

4.3 통합과학 교과목의 교육목표

전문가들이 제시한 통합과학의 교육목표를 범주화하여 표 3에 요약하였다. 가장 많이 언급된 것은 합리적·비판적 사고능력의 함양(11회)이며, 실제 문제의 해결(9회), 고등교육을 받은 교양인으로서 소양(8회), 과학상식 습득(6회) 등이 교육목표로 제시되었다. 대다수의 전문가들은 고도화된 사회에서 복잡하고 난해한 문제를 해결하는데 과학적 소양이 필요함을 인식하고, 통합과학 교육의 목표가 과학적 사고를 통해 이러한 문제를 해결하는 데 있어야 한다는 것에 인식이 같이하는 것으로 보인다. 또한 전문가들은 공통적으로 과학교육을 통해 학생들이 교양인(지성인)으로써 합리적이고 비판적인 사고의 중요성을 인식하도록 하고, 습득한 과학적 지식 및 사고방식을 실생활에 응용하여 합리적인 삶의 영위할 수 있도록 해야 한다고 생각하는 것을 알 수 있다.

전문가의 의견을 종합하자면, 제대로 된 대학 교양과정의 통합과학 교육을 통해 과학을 대하는 사회 전반적인 태도의 변화를 유도하고, 과학적 이해도 향상을 통한 모든 사회 구성원의 지성을 높여 궁극적으로 우리 사회의 진보를 이룰 수 있도록 토대를 마련해야 한다는 것이었다. 또한 전문가들은 통합과학 교육의 활성화를 통한 구체적 실천 목표로 '사회적 논의에 참여할 수 있는 현대적 교양인 배양'을 제시하기도 했다. 전문가의 진술 중 일부를 그대로 옮기면 다음과 같다.

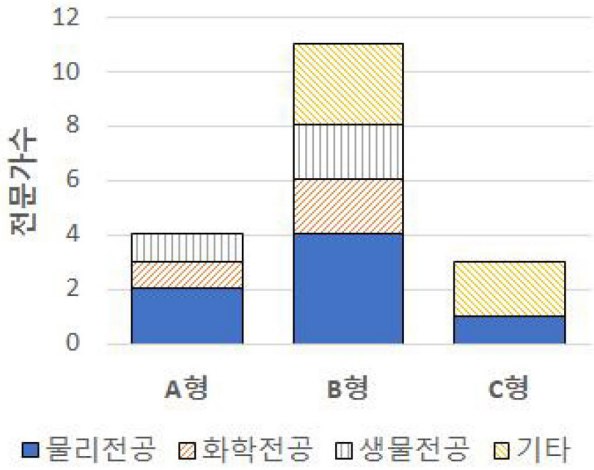
> "인문학의 교육목표와 다르지 않습니다. 통합과학은 하나의 과목이 아니라 우주를 이해하는 방식이고, 이 세상은 인간만으로 이루어져 있지 않고 인간을 포함한 우주라는 체계로 되어 있으며 그 체계를 이해하는 가운데 인간을 이해해야 인간에 대한 이해도 올바르게 될 수 있습니다."
>
> "비판적 사고능력의 함양과 더불어 우리를 둘러싸고 있는 세상을 바라보는 합의된 객관적인 시각을 제공합니다."
>
> "과학기술에 대한 이해와 반성을 통해 어떻게 새로운 과학기술을 만들어 낼 수 있는지, 전통적인 인문학적 질문에 대해 과학기술이 어떤 새로운 통찰을 줄 수 있는지, 인문학적 가치와 과학기술의 가치가 어떻게 상호작용하여 새로운 문화를 만들어 내는지, 그리고 인류 공통의 산적한 문제들을 왜 인문예술과 과학기술이 협동하여 풀어 나가야 하고 어떻게 그리할 수 있는지를 보여주는 교육이어야 합니다."
>
> "사적인 혹은 공적인 생활 속에서 부딪치는 현실적인 문제(사적인 건강 문제라든지 공적인 환경문제, 에너지 문제)에 대해 나름대로 자기의견을 가질 수 있기 위해서는 일정 수준의 식견이 있어야 합니다."

〈표 3〉 통합과학 교과목의 교육목표에 대한 전문가 의견

교육목표	추가내용/키워드	빈도
합리적/비판적 사고를 습득한다.	과학적, 논리적, 통합사고, 실증적, 지식습득의 수월성/용이성, 합리적 판단/선택, 창의적 발상	11
과학적 사고의 습관화를 통하여 실생활 속 문제를 해결한다.	사회생활 적용 가능한 문제 해결 능력, 사회/생활내에 과학기술/사상 내제, 생활 속 과학적 사고 습관화	9
현재적 교양인이 되기 위한 소양(과학/인문/예술)을 갖춘다.	과학도 예술/인문/사회학과 동일한 교양 항목, 인간을 포함한 우주 체계, 우우체계 이해통한 인간에 대한 이해도 향상, 우주 내 인간의 위치 파악할 수 있는 교양인, 합리적 교양인 배양, 인문학적 질문에 새로운 과학적 통찰, 인문학적/과학적 가치 상화작용 통한 새로운 문화 창출	8
과학기술 시대를 살기 위한 다양한 과학적 상식을 갖춘다.	전 스케일(미시~우주), 무생물 생물계 모두 이해, 다양한 기초 과학 지식 함양, 과학의 본질, 시사점 이해, 과학의 발전에 따른 사회 변화 이해	6
과학적 지식을 사용하여 사회적 논의에 참여할 수 있다.		3
언론에 등장하는 과학적 내용을 이해한다.	비판적 검토, 활용능력	3
학제간 융합적 사고방법을 습득한다.	과학/기술/환경 문제 종합적 이해, 학제간 융합적 사고방법 교육, 인문/과학 융합 통한 인류 공통 문제 해결	3
유사과학에 속지 않는 현명한 소비자가 된다.	적극적 과학 문명 소비자	2
과학기술의 중요성을 인식하고, 이에 대한 투자를 지지한다.		1

4.4 통합과학 교육의 방향과 내용체계의 구성

앞의 표 1에 제시한 서로 다른 지향을 가진 통합과학의 세 가지 전형을 제시하고 전문가들에게 선호도를 물었다. 세 가지 유형에 대한 선호도는 전공분야별로 다소 차이를 나타냈지만, 전공분야를 막론하고 B 유형에 대한 선호도가 두드러지게 높았다(그림 2). A와 C 유형에 대한 선호도는 전공에 따라 다소 차이가 나는 것으로 보이는데, C 유형을 선호한 생물분야 전문가는 없었고, A 유형을 선호한 타학문 분야(물리 과학 생물외) 전문가는 없었다.



[그림 2] 통합과학의 세 전형에 대한 전문가의 선호도 비교

FGI에 참여한 전문가들이 진술한 A, B, C 유형의 장·단점을 다음에 표로 정리하여 제시하였다(표 4). 분과적 접근은 단순 나열하여 병합한 A 유형에 대해서는 기초지식의 정리에 효과적이라고 보았지만, 다수의 전문가들은 연관성이나 맥락 없이 핵심개념만 제시된 것에 대해 비판적이었다. A 유형에 대해서는 대부분의 전문가가 비판적 이었는데, 예를 들면 다음과 같다.

> "물리학, 화학, 생물학, 지구과학 등 기존 중등 교육의 교과목 구별을 하지 않고 그 모두를 하나의 교과목에 포함시켰다는 사실만으로 '통합과학'이 되지는 않습니다. (중략) 게다가 이런 방식의 교육은 이미 지난 시대에 대학을 다녔던 수많은 인문사회계 학생들의 경험을 통해 '실패'라는 점이 충분히 입증된 '자연과학개론'의 복제판입니다. 이런 무늬만 '통합과학'식 교육으로는 모든 전공 학생을 위한 통합과학 교육의 지향점을 결코 달성할 수 없을 것이라고 생각합니다."

A 유형을 선택한 전문가는 주로 현재의 국내대학 환경, 즉 교양교육에 대한 무관심과 지원체계가 극도로 부족한 상황에서 강의개발과 수업 진행의 편의성에 주목할 필요가 있음을 지적하였다. 주제중심의 스토리텔링 방식인 B 유형은 빅 히스토리식 접근에 대해 주로 긍정적으로 평가받았으나, 통합적 접근에 대해서는 긍정적인 평가(4회)와 통합성이 부족하다는 부정적인 평가(2회) 모두 제기되었다. 난이도와 수준에 대해서도 난이도가 적절하다는 평가(1회)와 너무 쉽다는 평가(2회)로 다소 엇갈렸다. 과학적 문제해결능력을 지향한 C 유형 대해서는 다수의 전문가가 과학적 방법론과 문제해결능력 함양에 적합하다는 것을 장점으로 꼽았으나, 지나치게 수학과 통계에 치

중하고, 과학의 실체를 알 수 있는 내용이 부족함을 단점으로 지적하였다. C 유형을 지지한 전문가들은 매우 적극적으로 과학적 방법론의 도입을 옹호한 것과는 대조적으로 이를 지지하지 않은 다수의 전문가들은 과학적 내용과 가치가 구체적으로 드러나지 않음에 대한 우려를 나타냈다.

〈표 4〉 통합과학의 세 가지 전형의 장단점에 대한 전문가의 의견

	A 형 분과적 접근의 나열형	B 형 주제중심의 스토리텔링 형	C 형 과학적 문제해결 능력 중심형
장점	·전반적 기초지식 정리에 효과적이다. (2) ·교재 준비가 용이하다. (1)	·미시부터 거시까지 전 영역, 우주의 탄생시점부터 다루는 빅히스토리이다. (7) ·통합 과학적 내용 구성하고 있다. (4) ·과학적 사고 배울수 있는 내용 포함하고 있다. (2) ·기존방법에서 진일보한 형태이다. (2) ·난이도 적당하다. (1)	·과학적사고/문제해결 방법 에 특화된 내용이다. (5) ·과학뿐만 아니라 타 영역에서도 필요한 과학적 방법론를 포함하고 있다. (3) ·도전적이고 흥미로운 주제들을 많이 담고 있다. (2) ·새로운 사고의 틀을 제시하는 내용이다. (1) ·높은 수준의 과학교육을 가능하게 하는 내용이다. (1)
단점	·기존의 각 분과 핵심 내용을 단순 나열한 형태다. (8) ·교수자 중심 수업 될 가능성 높다. (1)	·구체적 과학내용이 부족하다. (2) ·낮은 수준의 내용들로 구성되어있다. (2) ·주제간 통합성 부족하다. (2)	·너무 수학적(통계) 방법론 치중하고 있다. (7) ·구체적 과학내용 부족하다. (5) ·낮은 수준 내용들로 구성되어있다. (2) ·강의 가능한 교수진 확보에 문제가 생길 수 있다. (1)

괄호 ( ) 안 숫자는 자문위원들의 언급횟수 의미.

소수이기는 하지만 통합과학의 모형을 하나로 제시하는 것이 가능하지도 않고 바람직하지도 않다는 의견도 있었다. 이들은 통합과학은 대학별 특성에 따라 목표와 내용은 물론 교수학습방법까지 달라질 수 있어야 한다고 보았다. 이러한 주장을 그대로 소개하면 다음과 같다.

> "일단 '통합과학' 모형으로 단 하나의 '정답'이 있다는 생각에서 벗어날 필요가 있다고 봅니다. 통합과학 교과목을 통해 어떤 교육 목표를 달성하고자 하는지에 따라, 그리고 그 교육이 이루어지는 대학교의 교육 여건에 따라 교육 모형이나 내용, 어떤 경우에는 교습 방법까지 달라질 수가 있기 때문입니다. 그러므로 일단 '가장 적합한' 통합과학 교육모형은 그 교육이 이루어지는 해당 대학의 교육 여건과 교육 목표에 합당하게 이루어져야 한다는 점을 강조하고 싶습니다. (중략) 그러므로 제 생각에는 B 대학과

C 대학의 교육 모형이 각기 다른 이유에서 적절한 통합과학 모형이라 생각합니다. (중략) 물론 이 두 모형이 유일하게 적절한 통합과학 모형인 것은 아닙니다. 적절한 다른 모형도 충분히 가능합니다."

각 유형을 선호하는 이유에 대한 전문가의 진술 중 각각 하나씩을 제시하면 다음과 같다.

A 형: "현재 고등학교의 과학 교육 과정을 고려할 때, 과학 분야에 대한 기초지식이 거의 없는 학생을 대상으로 한다는 점에서, 그리고 일반인이 아닌 대학교육을 받은 사람의 교양 수준의 기초 지식을 제공함이 필요하고 생각하기 때문입니다. (중략) A 형은 이공계 수강생의 경우 전문 전공 지식을 위한 토대를 제공하고, 인문사회계의 경우 연관성의 이해와 융합으로의 발전을 위한 기본 지식을 제공할 수 있다고 생각됩니다."

B형: "통합과학에서는 기본 지식보다는 수강생들로 하여금 과학지식이 자신의 일상적인 생활 속 모든 곳에 연관되어 있다는 사실을 깨닫게 하고, 이를 통해 과학지식에 대한 호기심과 흥미를 갖게(잃어버린 것을 다시 되찾게) 하면 좋을 듯합니다. 그렇게 함으로써, 과학지식이 자연계 학생이나 과학 전문인만의 배타적인 소유물이 아니라 모든 평범한 사람들이 쉽게 호주머니에 넣고 다니며 만지작거릴 수 있는 것임을, 자신은 미처 깨닫지 못하고 있었지만 항상 자신의 바로 옆에 함께 있었던 것임을 알게 하면 좋겠습니다. 무엇보다도 자신이 현대의 고도로 발달된 환경 속에서 안녕하게 살아가려면 기본적인 과학지식이 반드시 필요하다는 사실을 깨닫게 할 필요가 절실합니다."

C형: "교양과학은 관련 전공이 아닌 비이공계 학생들에게 과학적인 사고방식과 결론 도출 및 검증의 방법론에 대한 일반적이고 개념 전달적인 수업방식이 현재의 고교교육 과정을 수학한 학생들에게 적합하다고 생각합니다. 인문계 학생들의 경우 아예 과학과 인문학을 분리하여 생각하는 것에 익숙해져 있는데 C 형은 이공계열 뿐만 아니라 인문사회계열에서 사용하는 통계와 그래프, 추정 등에 대한 폭넓은 방법론에 대하여 학생들에게 교육하는 좋은 커리큘럼으로 생각되어 우리대학도 도입하고 싶습니다."

4.5 통합과학의 내용요소

전문가들에게 통합과학에 포함되어야 하는 내용을 자유롭게 제시하도록 하였는데, 제시하는 내용과 방식 및 수준이 전문가들마다 상당히 달랐다. 즉, 핵심 개념을 일목요연하게 제시 한 경우, 개념 뿐 아니라 수준과 다루는 방법까지 구체적으로 제시한 경우, 개념과 맥락을 함께 제시한 경우 및 내용을 제시한 이유와 단원의 목표까지 상세히 기술한 경우 등 다양하였다. 연구진 전원이 참여한 자유토론에서 전문가에 의해 제시된 내용 중에서 추출한 핵심 개념을 도표와 같은 형태로 아래 표 5 제시하였다. 도표의 글자 크기가 크고 진할수록 전문가들에 의해 필수적인

내용으로 자주 언급된 것이다.

전문가 대부분이 공통적으로 제시한 개념은 별의 탄생과 진화, 생명의 기원과 속성, 과학기술 문명과 인류문명 등의 과학기술기반 현대 사회의 소위 '큰 그림(big picture)'에 해당하는 것이었다. 다음으로는 지구환경, 생명의 진화, 물질세계(원자/분자/화합물) 등 현대 과학의 큰 주제가 뒤를 이었다. 개별적인 개념 중에서는 에너지, 유전, 운동법칙, 열역학법칙, 시공간 등이 많은 전문가들에 의해 통합과학에 포함되어야 하는 내용으로 제시되었다.

〈표 5〉 통학과학 교과과정에 포함되어야 하는 주제와 개념

우주(별) 탄생/진화/구조	인류 문명	생명의 기원과 속성	과학/기술/문명
지구 환경	생명의 진화	원자/분자/화합물	지구 구조/특징
태양계/천체 운동	생태계	기후변화	화학반응
과학적 방법론	유전	에너지	뉴턴의 운동법칙 (힘)
열역학 법칙	과학이란 ?	스케일(척도)	시간과 공간
실험/관찰/불확정성	통계	생물학적 다양성	어림짐작 (모델링)
전기와 자기	신경/뇌	양자역학, 불확정성 원리	

4.6. 통합과학 교과목의 수준과 난이도

대학 교양과정의 통합과학으로 적절한 수준과 난이도를 묻는 질문에 대한 답과 답을 제시하는 방법도 전문가들 마다 차이가 있었다. 전반적인 수준과 난이도를 포괄적으로 제시한 경우도 있었지만, 주제별 혹은 내용별로 적절한 수준과 난이도를 상세히 구분하여 구체적으로 제시한 경우도 있었다. 대부분의 전문가들은 상위의 소수 대학을 제외하면 대학별, 학생별 수준차이가 매우 크기 때문에 대학 특성이나 분반 특성에 따라 교수자가 수준과 내용을 적절히 선택하여 맞춤형으로 사용할 수 있도록 하는 것이 바람직하다고 주장하였다.

학생들의 흥미를 유발하고 집중도를 높이기 위해선 스토리텔링 형식의 스토리 라인을 먼저 구성하고 이에 따라 개념을 배치하여 교과 내용 구성을 해야 효과적인 교육이 진행될 수 있을 것이라는 의견도 빈번히 제기되었다. 이들은 이 요구를 충족하려면 '전자책(e-book) 형태의 모듈식 내용 구성'이 적절하다고 제안하였다. 즉, 다양한 교과 내용들을 모듈식으로 만들어 일종의 데이터베이스를 구성하고, 개별 교수자는 대학 특성이나 수강생의 특성과 수준에 따라 교수자 자신의 스토리라인을 구성하여 적절한 내용을 자율적 선택하여 맞춤형 교재나 강좌를 만들 수 있도

록 하는 것이다.

이처럼 전자 자료의 풀(Pooj)이나 데이터베이스 형태는 자료 업그레이드가 용이하고, 맞춤형 교재의 제작이 가능하다는 장점이 있다. 반면 교수자들의 다양한 요구를 충족하기 위해서 방대한 내용을 포함한 모듈의 개발이 필요하다. 더욱이 현대과학의 핵심이 교수자의 전공지식이나 관심에 따라 교과내용에서 제외될 경우, 해당과목이 통합과학의 교육 목표에 부합하기 어려울 가능성도 배제할 수 없고, 자칫 지나치게 자세하게 내용 분할을 할 경우 기존의 개론식 강좌와 같은 단순 나열식 분과적 접근으로 회귀할 우려도 제기 되었다. 이에 대한 대안으로 전문가들은 제시한 주제와 내용을 핵심적이어서 반드시 포함되어야 하는 내용과 취사선택이 가능한 것으로 구분하여 제시하거나, 내용을 제시할 때 중요성과 위계성을 같이 나타낼 필요가 있다고 보았다.

4.7 통합과학 교육을 위한 교수–학습 전략

대다수의 전문가들은 대학 교양과정의 통합과학 개설을 위한 환경 조성이 시급함을 주장하였다. 통합과학은 모든 학생이 이수하는 공통필수교과목으로 개설하는 것이 적절하지만 대학 사회에 만연한 교양 특히 필수교양에 대한 반감을 고려할 때, 이 과목의 중요성에 대한 공감대 형성이 시급하다고 보았다. 또한 인문사회계열 학생의 과학에 대한 학습경험과 선행지식의 한계 때문에 가지는 학습 부담을 경감하면서 동시에 지나치게 쉽거나 연성화되는 것을 피하고 교과 본래의 취지를 달성하려면 다양한 지원과 제도적 장치가 필요하다고 지적하였다.

강좌 운영방식으로는 여러 방법이 제안되었으나, 같은 방법이라고 하여도 대학, 교수자 및 학생의 특성과 강의 환경에 따라서 달라질 수 있기 때문에 획일적으로 장단점을 제시하기는 어렵다는 데 의견이 같았다. 다만, 제시된 방법의 장점과 예상되는 문제를 보완할 수 있는 방법을 제시하는 것은 의미가 있다고 보아 표 6에 요약하여 제시하였다. 예를 들어 교수자에 의한 일방적인 강의는 익숙한 전통적인 방법이기는 하지만 교수–학생의 상호작용 강화와 학생의 관심을 지속적으로 이끌어내기 위한 장치가 보완되어야 하며, 팀티칭은 통합과학이 다양한 학문 분야의 개념을 포함하고 있기 때문에 교수 전문성 면에서는 유리하지만 교수–학생의 유대감 약화나 교수자 간의 균형을 이루기 위한 보완이 필요하다. 학생참여를 강조하는 토론식이나 프로젝트형 수업은 공간배치, 소규모 강의, 조교 지원 등의 대학차원의 지원이 전제되어야 한다. 성공적인 플립러닝(flipped learning)을 위해선 학생들의 자발적 수업참여가 필수적이기 때문에, 온라인 수업자료의 탑재뿐 아니라 학생을 사전학습에 참여하도록 하는 장치가 필요하다.

〈표 6〉 강좌 진행 방식의 장단점

	교수자 중심 강의	팀티칭	토론/프로젝트 수업	플립러닝
강점	·교수자의 연속성으로 인한 학생과의 유대 강화 ·현 교양교육 특성상 대규모 강의	·충실한 내용(전문적) 강의 ·통합과학을 전공한 교수의 부재 상황에서 가장 현실적인 방안임	·학생 참여도 증가 ·학생이 원하는 주제에 대한 맞춤형 강의/토론/글쓰기	·논쟁적 성격이 강한 주제의 경우 온라인에서 핵심을 정리한 후 오프라인 토론 가능
보완할점	·학생들이 지루해 함 ·좋은 참고도서 제시가 필요함 ·이미지/동영상/시연자료 적극 활용해야 할 것임	·교수와의 유대감이 약화된다는 학생들의 불만 ·교수자간 각 전공 분야에 대한 지식/정보공유 할 수 있는 교재개발 및 강의 개발 기간 확보 요구됨	·공간 및 조교 확보 필요 ·조교 지도하의 소규모 토론 및 실험실습이 필요함	·강의 당 학생 수 적을 때 유용함 ·학생들의 높은 자발성이 요구됨

국가교육과정에서 문·이과 구분이 사라졌으나, 현실적으로 대다수 고등학교에서는 수학 및 과학의 학습경험이 문·이과에 따라 크게 다르기 때문에 이과 학생(이공계, 의학)과 문과 학생(인문, 사회, 예술)을 구분하여 강의하는 방안과 문·이과 구분없이 한 과목으로 운영하는 방안에 대한 논의가 있었다. 문·이과를 구분하는 이른바 투 트랙 접근은 강의실 내 학생의 균질성 확보로 교수자의 강좌운영이 편리한 반면 문·이과 구분의 고착화 우려와 통합과학의 취지가 축소될 수 있다는 우려가 제기되었다. 문·이과 구분 없는 통합강좌의 운영은 다양한 배경의 학생구성으로 다양한 관점을 경험하도록 함으로써 통합과학의 취지에 부합할 수 있다는 장점이 있지만, 학점취득의 용이성이나 학습량 면에서의 문·이과 학생이 차이가 클 수 있기 때문에 학생의 불만이 예상된다.

〈표 7〉 통합과학 강좌의 문·이과 통합분반 운영과 분리운영 방식의 장점과 예상되는 문제점

	문·이과 분리 운영	문·이과 통합 운영
강점	· 현실적으로 교수자의 강좌운영 편리 · 문과학생들에게 필요한 내용/난이도 선별 강의할 수 있음 · C 형 (과학적 방법론) 위주 교육 · 학생(문과) 학점 불만 완화	· 통합과학교육의 취지 · 자기전공과 다른 학생들의 새로운 관점 확인 / 토론 · 인문/사회 계열 교양과목은 학생 구별 없이 진행하고 있음, 과학 교육이라고 달라야 할 이유 없다.
보완할점	· 통합과학 교육의 취지와 다른 교육 · 문/이과 구별 고착화	· 문과 학생 학점 불만 (이과 학생들 보다 낮은 학점 받을 거라는 불안감) · 문과 학생들의 교과 이탈

물리, 화학, 생물 등의 교과목은 교과 개념을 이해하는 측면에서 학습 성과를 평가하기가 비교적 쉽다. 반면 통합과학은 학습 성과가 여전히 잘 정의되지 않은 측면이 있다. 평가는 학생들의

동기, 학습 참여 및 학습 성과와 직접적으로 연결되기 때문에 통합과학 교과목을 설계할 때 중요하게 고려되어야 하며, 통합과학의 평가 방법과 내용에 대해서는 향후 많은 연구와 논의가 필요하다는데 전문가들은 인식을 같이하였다. 평가에 대한 논의는 절대평가, 상대평가, 구술시험, 팀 티칭과 채점 등 가능한 방법에 대해 논의하되, 강좌 진행과 운영방식과 마찬가지로 같은 평가방식이라고 하여도 대학의 특성과 강의환경에 따라 서로 다르게 작용할 수 있기 때문에 보다 체계적인 연구가 필요하기 때문에 추후 과제로 남기는 것으로 결론지었다. 다만, 대부분의 전문가들은 평가가 학생들의 수업 집중도 및 학습 향상을 위한 방법으로 작동해야 하며, 학생이 노력하고 가치를 부여한 만큼 보상하는 것이어야 한다는 점에 주목할 필요가 있다는데 의견이 일치하였고, 관련하여 전문가가 제시한 의견은 다음과 같다.

> " '공정한'평가만을 강조하다 보면 교육목표가 변질될 우려됩니다. 한국에서는 고등학교 교과과정 개편 시 평가 문제가 대학입시문제와 맞물려 이슈가 되면서 실패한 경험이 있습니다. 일선 교육현장에선 교육보다는 평가를 우선시하는 좋지 않은 풍토가 팽배합니다. '좋은' 평가의 예시를 제공하는 것 또한 대학 내에서 특정 평가방법을 고착화할 가능성이 우려됩니다. (중략) 새로 개발하는 통합과학의 교과 과정과 내용은 큰 틀에서의 방향만 제시하고 자세한 내용은 담당 교수의 자율적으로 결정하게 유도하는 것이 바람직할 것입니다. 이를 위한 선결조건으로는 유능한 통합과학 교수진 확보가 가장 중요합니다. 대학에서는 '공정한 평가'보다는 교육목표에 충실한 교육에 더 중점을 두어야 할 것입니다."

5. 통합과학 교과목 내용체계 구성안

FGI, 전문가 평가 및 포럼의 결과와 국내외 통합과학 사례조사 결과를 기반으로 연구진은 모든 학부생을 위한 교양 통합과학 교과목의 내용체계를 제안하였다. 내용 체계의 가장 익숙한 구성 방법은 물리, 화학, 생물, 지구과학 등의 전통적인 구분을 활용하는 것이지만, 분과적 접근이 고착화 된 초중등 교육을 받은 학생들에게 이 방법은 진부하여 동기와 관심을 이끌기 어렵다는 공감대가 있었다. 2009 개정 고등학교 과학 교육과정과 같이 현대과학의 내용을 우주, 지구, 생명으로, 현대과학기술의 내용을 정보, 식량, 에너지로 구분하여 관련된 개념과 이론을 구조화하는 방법도 대안으로 제시되었다. 현대사회에서 과학의 가치와 역할 그리고 과학적 방법론, 공학적 접근 및 소통 등 FGI 등을 통해 추출한 내용 요소도 중요하게 고려하였다. 연구진은 특히 SNS 등의 매체를 통해 엄청난 정보가 빠르게 확산되고 있는 지금 과학적 사실과 유사과학이나 엉터

리 과학을 구분할 수 있는 능력의 함양에 중점을 두고, 학술적 개념 위계를 다소 포기하더라고 학습동기와 관심을 유도하기 위한 '스토리라인'의 구성에 초점을 맞추었다.

전 과정에서 추출한 통합과학의 내용요소를 과학의 본성, 우주, 지구, 과학법칙, 물질, 생명, 기술·공학·정보 등 7개의 대분류 영역으로 구조화하였다(부록 1). 각 대분류 각 대분류 안의 중분류 수준의 핵심 개념을 표의 맨 왼쪽 '개념 구분'으로 제시하고, 각 핵심 개념을 설명하는데 필요한 하부 개념이나 내용 요소들을 그 오른쪽에 각각 제시하였다. 내용 요소는 모든 학생들에게 필요한 기본적인 것과 어렵지만 더 알아두면 좋은 심화내용으로 구분하여 제시하였다. 교수자가 스토리를 구성하는데 도움이 되도록 대분류와 핵심 개념마다 적절한 제목을 복수로 제시하였다.

앞서 설명했듯이 제시된 개념체계는 대학과 교수자의 특성과 교육목표에 따라 자유롭게 선택하여 구조화할 수 있다. 다만, 통합과학은 과학이 다른 학문과 어떻게 다른지, 과학적 방법론은 무엇이고 왜 유용한지를 과학사에서 중요한 다양한 사례들과 함께 제시함으로써 관심과 동기를 이끌어 내는 것이 필요하기 때문에 첫 장은 '과학의 본성'으로부터 시작하는 것이 좋다. 제안된 내용은 물리학, 천문학, 화학, 생명과학, 지구과학 등 기초과학과 공학 및 STS의 중요한 개념을 대부분 포함하며, 분과학문의 경계를 넘어 맥락과 연계성이 드러나도록 구조화하였다. 통합과학의 취지와 교육목표를 고려할 때 각 교수자들도 분과학문의 개념 체계보다는 맥락과 연계를 고려하여 강좌내용을 구성하는 것이 좋다.

예를 들어 별의 탄생부터 태양계와 천체 운동 및 시공간 등 전통적인 천문학의 주제를 다룰 때, 우주가 어떻게 만들어지고 변화하고 있는지 전체적인 스토리라인을 살리면서 천체물리, 입자물리, 핵화학 등 서로 다른 학문 영역의 개념을 서로 연결하여 큰 주제를 이해할 수 있도록 한다. 자연의 기본 원리를 다루고자 할 때, 전통적인 물리적 접근인 뉴턴의 운동 법칙 뿐 아니라 에너지 법칙과 열역학 법칙을 함께 다루어서 이들이 자연을 이해하는 기본임을 인식하도록 하는 것도 필요하다. 에너지를 다룰 때 에너지의 보존과 전환 등 물리학적인 개념 뿐 아니라 이들을 다양한 반응에너지나 물질대사 등 화학이나 생명과학의 핵심 개념과 연계하여 설명하는 것이 바람직하다. 이 연구에서 제안한 내용 체계는 이후 대학 통합과학 교재의 개발이나 강의 구성에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

6. 결론 및 제언

과학기술의 발전이 견인한 현대사회에서 대학 교양과학은 미래에 필요한 과학기술인력 양성의 측면과 모든 시민이 과학기술 관련 이슈와 정책에 참여하는 민주사회를 실현한다는 측면에서 세

계적으로 그 중요성이 커지고 있다. 한국대학의 교양과학은 교과목의 적절성, 타당성, 다양성 등 교육 측면에서도 부족할 뿐 아니라, 대학 교양과학의 목표에 대한 대학사회의 합의도 충분치 못하다. 대학 교양과학 관련연구도 이제 시작단계여서 전국적 규모의 실태파악이 어려운 실정이다. 이 연구에서는 과학자, 과학교육자, 공학자, 철학자, 교육학자 등 과학기술관련 학자뿐 아니라 대학교육 관련 연구와 활동 경험이 있는 학자들 중심으로 대학 교양과학의 목표와 방향을 탐색하고, 이를 구현할 수 있는 실질적인 방법으로 통합과학 교과목의 모형을 제시하였다. 대학 교양과학교육으로 통합과학이 적절하다는 주장은 삶과 사회 그리고 과학기술관련 제반 문제의 이해와 해결이 단일 학문 체계를 넘나드는 통합적인 접근이 필요하다는 인식에서 출발하였지만, 현재 대부분의 대학이 교양과정에서 단 한 하나의 수학·과학 관련 과목만 이수하도록 하는 현실도 함께 고려한 것이다. 제안된 통합과학은 모든 학생들을 위한 공통필수교과목으로 개설하는 것이 바람직하나, 대학의 사정에 따라 다양하게 운영될 수 있을 것이다. 또한 이 연구에서는 대학, 학생 및 교수자 특성에 따라 학점 수, 내용의 수준과 범위 등을 취사선택하여 재구성할 수 있도록 내용체계를 모듈화하여 제시하였다. 이 연구는 대학 교양과학에 대한 교육 목표에서 내용체계, 교수학습방법 등 광범위한 논의의 시작으로서의 의미를 가지며, 제한된 연구기간, 참여인원 등의 몇 가지 한계에도 불구하고 이 연구에서 제시된 통합과학 내용체계의 모형은 대학 교양과학 강좌구성이나 교재 집필에 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

강윤재(2017), “과학 역량강화를 위한 교양과학교육의 가능성과 과제”, *한국교양교육학회 학술대회 자료집*, 87-91.

고연주, 이현주 (2017), “과학관련 사회쟁점을 활용한 대학생 인성교육의 효과:개인-집단 중심성향에 따른 비교”, *한국과학교육학회지*, 37(3), 395-405.

김동광(2004), “현대 과학문화의 간학문적 이해에 대한 연구 – 과학기술과 사회 교양강좌 사례분석을 중심으로”, *과학기술학연구*, 4(2), 33-66.

김성옥(2005), “사회과학 전공을 위한 대학 수학 교육”, *한국수학교육학회지*, 19(4), 587-597.

김양희, 김혜영(2012), “과학·기술 영역 교양 교육의 현황 연구: 한국체육대학교의 ‘자연현상의 이해‘, 컴퓨터 활용1’ 과목을 중심으로”, *교양교육연구*, 6(1), 363-394.

김혜영, 이은하, 주양선 (2017), “교양교육으로서 과학교육의 현황 분석:수도권 대규모 대학 중심으로”, *교양교육연구*, 11(2), 373-411

박종석, 박상민(2014), “미국 Nature-Study 형성 과정과 과학교육에의 시사점”, *대한화학회지*, 58(1), 118-125.

손향구, 박진희, 이관수 (2018), “대학 과학교양교육의 현황과 개선안 모색”, *교양교육연구*, 21(4), 199-224.

신주옥, 장수철(2014), “진화과학에 근거한 인간본성의 탐구로 구성된 교양과학수업이 통합적 세계관과 성정체감에 미치는 영향”, *교양교육연구*, 10(8), 591-635.

안호영(2013), “교양교육을 위한 현대과학과 생명교육”, *교양교육연구*, 7(3), 237-266.

안호영(2014), “인성교육과 나를 일깨우는 과학, 과학을 통한 시간성의 체험”, *교양교육연구*, 8(2), 357-383.

오준영, 김용기, 김영호 (2013), “융·복합 기초교양교육을 위한 과학의 본성교육:Kuhn의 과학철학의 이해중심으로”, *교양교육연구*, 7(1), 103-150.

우정규(2010), “교양(기초)교육으로서의 논리학 및 과학기술철학의 현황과 그 확대 방안”, *교양교육연구*, 4(2), 103-128.

이보경, 장수철, 이재성(2009), “대학교양교육에서 자연과학의 자리매김에 대한 소고”, *교육과정연구*, 27(2), 205-226.

이보경(2018), “대학 일반화학 교과과정의 변화의 쟁점과 함의”, *교양교육연구*, 12(6), 341-361.

이은경, 이기원, 정남호(2016), “과학기술시대의 교양과학 교육: 〈자연과학프로젝트〉 교과목 사례를 중심으로”, *교양교육연구*, 11(3), 297-324.

장수철, 신주옥 (2017), “비이공계 또는 생물학 미전공자를 위한 ‘생명과학과 삶’ 교과목

개설과 운영", *교양교육연구*, 11(2), 669-688.

정진수, 권영균, 김원섭, 김응빈, 김혜영, 이덕환, 이보경 (2018), *대학 교양기초교육 과학 콘텐츠 개발 기획 연구*, 한국교양기초교육원 연구보고서 #RR-2018-11-673

정형기(2016), "대학 교양교육의 과학·예술교과(프로그램) 개별심층(In-deep) FGI(focus group interview) 연구", *한국상품문화디자인학회 논문집*, 47(0), 273-284.

주양선, 이은하, 김혜영(2018), "기초교양으로서 생명과학 핵심개념의 이해를 위한 영상매체 활용", *교양교육연구*, 12(5), 61-79.

한재영, 이상철(2012), "국내외 학술지를 토대로 분석한 화학교육 연구의 최근 동향 비교", *대한화학회지*, 56(2), 290-296.

American Association for Advancement of Science (2011), *Vision and Change in Undergraduate Biology Education*: A Call to Action, Final report of a national conference organized by AAAS, Ed. Carol A. Brewer, Diane Smith, ISBN#: 978-0-87168-741-8

Alberts, B. (2013), "Prioritizing Science Education, *Science* 340(6130), 249.

Bradley, J. D.(2005). "Chemistry education for development", *Chemical Education International* 6(1), IUPAC, 1-6. from old.iupac.org/publications/cei/vol6/index.html.

Burmeister, M., Rauch, F., & Eilks, I.(2012). "Education for Sustainable Development (ESD) and secondary chemistry education", *Chemistry Education Research and Practice* 13(1), 59-68.

Case, R (1991). "The Anatomy of Curricular Integration", *Canadian Journal of Education*, 16(2), 215-224.

Harrell, P. E. (2010). "Teaching an Integrated Science Curriculum: Linking Teacher Knowledge and Teaching Assignments", *Issues in Teacher Education*, 19(1), 145-165.

Lederman, N.G. & Niess, M. L. (1998). "5 apples + 3 oranges = ?", *School Science and Mathematics*, 98(6), 281-284.

National Science Foundation(1989). *Report on the National Science Foundation Disciplinary Workshops on Undergraduate Education : Recommendations of the Disciplinary Taskforces Concerning Critical Issues in the U.S. Undergraduate Education in the Science, Mathematics and Engineering*, (ERIC # ED318626)

Serageldin, I. (2011), "The Values of Science", *Science*, 332(6034), 1127.

Schwartz, A. T., Bunce, Diane M., Silberman, Robert G., Stanitski, Conrad L., Stratton, Wilmer J., & Zipp, Arden P.(1994). "Chemistry in Context: Weaving the Web", *J.*

Chemical Education, 71(12), 1041–4044.

Vars, G. F. (1991). "Integrated curriculum in historical perspective", *Educational Leadership*, 49(2), 14–15.

Venville, G. J., Wallace, J., Rennie, L. J., & Malone, J. A. (2002). "Curriculum Integration: Eroding the High Ground of Science as a School Subject?", *Studies in Science Education*, 37(1), 43–83.

Yager, R. E., & Lutz, M. V. (1994). "Integrated science: The importance of "how" versus "what", *School Science and Mathematics*, 94, 338–346.

※ 이 논문은 2019년 3월 15일에 투고 완료되어
2019년 3월 25일 편집위원회에서 심사위원을 선정한 뒤
2019년 4월 14일까지 심사를 완료하여
2019년 4월 15일 편집위원회에서 게재가 결정된 논문임.

부 록 1

대학 교양교육과정의 통합과학 교과 내용 체계 모형

(대분류 1) 과학의 본성

학문 영역	각 장의 가능한 제목
서론(과학이란 무엇인가?)	ㅇ 과학 둘러보기 ㅇ 세상을 이해하는 두 가지 방법: 인문학과 자연과학

개념 구분	각 절에서 제시해야 하는 내용	제안된 제목
1. 과학의 본성	과학의 필요성, 과학의 대상, 과학적 사고, 과학지식, 과학의 본질 (심화) 과학혁명, 과학윤리, 다학제적 특성, 과학/기술/사회	ㅇ 과학이란? ㅇ 학교에서 배우지 못했던 과학
2. 과학 법칙	○○법칙, ○○이론, ○○설, ○○이론의 차이(자연과학에는 법칙과 이론이 있지만, 인문사회에는 그런 개념이 거의 없음)	ㅇ 과학과 다른 학문의 차이: 증거, ㅇ 법칙과 이론의 차이
3. 과학의 관통개념	규칙성, 원인과 효과: 메커니즘과 설명, 규모/비례/양, 시스템과 모형, 에너지와 물질 (흐름, 순환, 보존), 구조와 기능, 안정성과 변화	ㅇ 모든 과학이 사용하는 개념 ㅇ 이것만 알면 과학을 잘 할 수 있다.
4. 과학적 실천	(과학적) 질문을 하고 (공학적인) 문제를 정의 한다. 모형을 개발하고 이용한다. 조사 또는 연구를 계획하고 실천한다. 자료를 분석하고 설명한다. 수학을 사용하고 논리적인 사고를 한다. (과학적) 설명을 하고 공학적인 해결책을 제시한다. 증거를 바탕으로 결과에 대해 토론한다. 정보를 습득하고 평가하며 교류한다. 운동방정식	ㅇ 과학적 방법론 ㅇ 과학은 이런방법으로 문제를 해결한다.
5. 과학사	천동설과 지동설(뉴턴의 설명), 지구의 나이, 산업혁명, 생명(진화, 유전, DNA), (심화) 불/블로지스톤과 산화, 열역학, 엔진, 병균, 미생물, 원자, 원자핵, 핵반응, 대륙 이동설	ㅇ 과학적 사고가 기여한 사례
6. 어림계산	Fermi Problem 소개: 시카고에 사는 피아노 조율사는 몇 명일까? 우주선 1단 로켓에 필요한 연료와 이를 회수하기 위해 필요한 연료의 비	ㅇ 과학적 사고가 유용한 이유 ㅇ 너무 큰 수, 너무 작은 수

7. 통계	대표값, 평균, 중앙값, 분포, 편차 통계의 의미	ㅇ 거짓말, 새빨간 거짓말, 통계
	(심화) 통계의 허와 실, 상관관계와 인과관계, 신뢰도	

(대분류 2) 우주

학문 영역	각 장의 가능한 제목
천문학, 천체물리학, 우주론, 입자물리 및 핵화학	ㅇ 우주: 모두의 어머니 ㅇ 텅 비었지만 조직적인 우주 ㅇ 우주는 어떻게 만들어지고 어떻게 변하고 있을까?

개념 구분	각 절에서 제시해야 하는 내용	제안된 제목
1. 우주(별) 탄생, 진화, 구조	빅뱅 (우주배경복사, 우주팽창), 물질/암흑물질/암흑에너지, 별의 탄생과 진화, 별/태양계/은하, 물질의 탄생 (기본입자, 원자의 형성), 빛	ㅇ 우주는 텅 비어 있지만, 생각보다 조직화 되어 있다. ㅇ 터지고, 밝아지고, 생기고, 멀어지고, 빨라지고
	(심화) 우주관의 변천	
2. 태양계/천체 운동	천동설/지동설, 케플러 법칙, 만유인력	ㅇ 별과 행성들은 정밀한 시계처럼 정확히 움직인다. ㅇ 새총을 잘 쏘면 해왕성에 갈 수 있다.
	(심화) 연주시차, 상대론, 태양계/은하/은하단/우주	
3. 시간과 공간	상대론 (갈릴레이 vs. 아인슈타인), 특수상대성이론 (시간 지연, 길이 수축, 동시성) 일반상대성이론 (등가원리, 중력효과, GPS)	ㅇ 빠르거나 큰 세상은 새로운 방법으로 보아야 한다. ㅇ 우리가 몰랐던 시간, 우리가 몰랐던 공간
	(심화) 빛: 전자기파	

(대분류 3) 지구

학문 영역	각 장의 가능한 제목
지질학, 해양학, 대기과학, 생태학	ㅇ 우리가 살아가는 터전 ㅇ 살아 움직이는 지구 ㅇ 먼지 같은 행성에 존재하는 매우 다른 환경

개념 구분	각 절에서 제시해야 하는 내용	제안된 제목

1. 지구 구조 특징	판구조론 지구 구조: 내핵, 외핵, 맨틀, 지각, 대기 자전, 공전, 조석 지구가 따뜻한 이유	ㅇ 갈 수도 없고 보이지도 않는 세상 알아보기 ㅇ 길거리 돌멩이가 알려주는 지구의 역사
	(심화) 불안정한 지구: 화산, 지진, 해일/대멸종	
2. 생태계	개체군/군집/생태계, 생물의 다양성, 상호작용: 공생, 기생, 포식 에너지 흐름, 물질 순환	ㅇ 독가스가 산소로, 동그라미가 조각으로 ㅇ 생긴 것은 대칭인데, 변화가 무쌍한 이유
	(심화) 종의 종말, 생태적 약자, 자연과 인공, 보존생물학	
3. 기후변화	날씨와 기후 지구온난화, 온실효과 기후변화의 증거/원인/해결방안 화석연료, 원자력, 신재생에너지	ㅇ 열대와 한대를 만드는 간단한 원인 ㅇ 물과 공기가 열을 만날 때
	(심화) IPCC, 1.5도, 에너지 효율, 교란과 생물군계	

(대분류 4) 과학 법칙

학문 영역	각 장의 가능한 제목
역학, 전자기학, 열역학, 통계역학, 정보과학	ㅇ 자연이 움직이는 원리 ㅇ 세상을 설명하는 가장 기본적인 법칙 ㅇ 변하는 것 설명하기, 변하지 않는 것 찾기

개념 구분	각 절에서 제시해야 하는 내용	제안된 제목
1. 뉴턴의 운동법칙	상호작용(힘)의 개념과 종류, 관성, F=ma, 점입자의 운동, 작용–반작용, 평형	ㅇ 하나의 법칙으로 세상의 운동을 설명하기 ㅇ 법칙의 원형: 모든 것을 설명한다!
	(심화) 전기장/자기장에서 전하의 운동	

2. 에너지 보존 법칙	에너지의 개념과 정의 에너지의 크기와 종류 에너지의 보존과 변환 패러데이법칙(전자기유도): 유도기전력, Eddy current	ㅇ 하나의 법칙으로 모든 변화 설명하기 ㅇ 내가 쓴 에너지, 과연 남아있을까, 바뀌었을까?
	(심화) 반응 에너지 물질대사 자유에너지와 생명	
3. 열역학 법칙	0법칙: 열평형, 온도계 1법칙: 에너지 보존, 1종 영구기관 2법칙: 엔트로피, 2종 영구기관 쓸 수 있(없)는 에너지	ㅇ 세 개의 법칙으로 쓸모 있는 에너지 찾기 ㅇ 우리가 쓸 수 있는 에너지는 어디에 있을까
	(심화) 네겐트로피, 정보, 생명 고립계, 닫힌계, 열린계 (복잡한 생물 진화) 평형과 비평형 복잡계와 카오스	

(대분류 5) 물질

학문 영역	각 장의 가능한 제목
양자역학, 양자화학, 고체물리학, 화학반응론, 생화학	ㅇ 보이지 않는 작은 세상의 모습 ㅇ 세상의 모든 변화를 설명하는 이론 ㅇ 모든 물질을 설명하는 결합과 분리

개념 구분	각 절에서 제시해야 하는 내용	제안된 제목
1. 원자, 분자, 화합물	원자론 (돌턴 이후), 주기율표 이온결합, 고유결합, 금속결합, 수소결합 분자의 구조 및 특성(물, 핵산, 인지질) 탄소화합물 (탄수화물, 단백질, 핵산, 지질)	ㅇ 원자로 플라스틱 만들기 ㅇ 레고(lego)로 만드는 공룡
	(심화) 원자 구조의 미시적 설명: 양자역학 유해물질, 유독물질 신소재	

2. 화학반응	물질의 구조와 성질 평형, 화학반응, 반응속도 산화와 환원, 발효와 세포호흡, 광합성 산/염기	ㅇ 원자들이 결합하는 이유, 헤어지는 이유 ㅇ 전자 몇 개가 바꾸는 어마 어마한 변화
	(심화) 효소 단위체와 거대분자 되먹임 조절	

(대분류 6) 생명

학문 영역	각 장의 가능한 제목
유전과 진화, 생화학 및 분자생물학	ㅇ 생명: 물질의 창발 (emergence) ㅇ 세상의 모든 살아있는 것들을 설명하는 이론 ㅇ 우리가 몰랐던 생명, 알았지만 새롭게 보이는 생명

개념 구분	각 절에서 제시해야 하는 내용	제안된 제목
1. 생명의 기원과 속성	중심원리 (central dogma) 다양성과 통일성, 창발성과 복잡계 복제자와 물질대사	ㅇ 어떤 반응이 우리를 만들었을까? ㅇ 원자를 잘 조합하면 생명체!
	(심화) RNA 세상과 세포의 탄생 자극과 반응 탄소화합물	
2. 생명의 진화	생명의 속성, DNA 이중나선구조, 진화론과 변형혈통, 돌연변이, 자연선택과 적응	ㅇ 조금씩 변했지만, 완전히 다른 생명체로의 변신 ㅇ 방사능(우주선)이 미생물을 우리로 만들었다고?
	(심화) 유전적 부동과 흐름, 멸종과 종분화, 환경 원핵세포/진핵세포, 단세포와 다세포 생물 정보, 복잡계	
3. 유전	멘델의 법칙, 유전, 자연선택과 인공선택 세포분열과 감수분열 DNA, 유전자, 염색체	ㅇ 내 얼굴이 부모를 닮는 이유 ㅇ 네 가지 핵산이 만드는 어마 어마한 다른 생명체의 스펙트럼
	(심화) 현대종합설 인간유전체 사업 유전자형과 표현형 유전자 가위, 유전자 치료	

(대분류 7) 기술, 공학 정보

학문 영역	각 장의 가능한 제목
자연 인류학, 정보과학, 기술과 공학	ㅇ 문명과 미래 ㅇ 과학과 기술이 만들어 가는 세상 ㅇ 과학과 기술이 만드는 마법

개념 구분	각 절에서 제시해야 하는 내용	제안된 제목
1. 인류 문명	농경/목축, 식량 질병, 항생제 소재(철기/플라스틱/합금)의 개발 기억, 언어, 문자, 인쇄	ㅇ 지식을 저장하고 전달하는 방식의 변화 ㅇ 단단한 것에서 무른 것으로: 석기, 철기, 정보기
	(심화) 삶의 질, omics와 미래의학 디지털, 빅데이터, 집단학습, 민주주의(인권)	
2. 정보	정보의 발생, 정보의 습득, 정보의 분류와 분석, 정보와 불확실성, 오감(시각,미각,촉각,후각,청각), 센서 정보의 흐름: 유전자, 화학신호와 전기신호	ㅇ 다양한 모습으로 나타나는 정보 ㅇ "정보"라고 부르는 것의 정체?
	(심화) 샤논과 비트, 아날로그와 디지털 정보, 정보의 저장	
3. 과학, 기술, 문명	과학과 기술의 차이, 과학의 정신, 과학적 사회, 과학적 삶 산업혁명과 과학적 발견 및 기술발명	ㅇ 무섭게 바뀌는 문명: 50년 전의 친구, 50년 후의 친구 ㅇ 지구에 머물면 결국 멸종하게 되어 있는 인류
	(심화) 불의 문명사적 의미 화석연료, 원자력, 신재생에너지 화학제품 생명공학, 유전자조작, 백신	

❖ 초 록 ❖

대학 교양교육으로서의 통합과학의 목표와 내용 체계의 탐색

김원섭(충북대학교)
정진수(충북대학교)
이덕환(서강대학교)
김응빈(연세대학교)
김혜영(한국체육대학교)
권영균(경희대학교)
이보경(연세대학교)

대학 교양과정의 과학교육의 바람직한 방향을 모색하기 위해 기초과학의 다양한 전공분야 전문가로 구성된 연구진은 국내외 문헌과 사례분석, 과학기술계와 철학, 교육학, 사회과학 등 다양한 학문영역 전문가를 대상으로 한 초점집단면접(FGI)을 진행하였다. FGI로부터 제기된 의견은 범주화·구조화 하고, 좌담회, 전문가 평가 및 포럼 등 다양한 방법을 통해 점검하고 재구조화하였다. 전문가들은 현재 한국대학의 교양과학은 중등 과학교육의 왜곡, 교수와 학생을 포함한 대학사회 전체의 무관심으로 인해 제 역할을 하지 못하는 것으로 인식하고 있었다. 국내외 문헌과 전문가들로부터 대학 교양과학은 고도화된 과학기술 전문분야 뿐 아니라 보편적 지성교육, 과학과 기술에 대한 긍정적인 태도, 및 일상적인 문제 해결을 통한 삶의 질 향상 등 구체적 실천 목표를 가진 시민 교육으로서 새롭게 인식되고 있음을 확인했으며, 이를 위해서는 분과학문적 접근보다는 통합과학적 접근이 더 유용하다는데 인식을 같이하였다. 대학 교양과학은 우주 탄생과 진화, 생명의 기원과 속성, 과학기술문명 등 현대 과학과 과학기술기반의 현대 문명을 통합적으로 이해할 수 있도록, 기초 과학의 핵심 개념을 다루되 개별 학문의 경계를 넘어 상호 관련성과 개념이 사용되는 맥락이 드러나도록 구성하는 것이 바람직하다. 이 논문에서는 7개의 현대 과학과 기술문명의 핵심 주제를 토대로 대학 교양과학의 내용구성 체계의 모형을 제시하였는데, 대학과 학생 특성에 따라 주제별, 수준별로 다양한 교과내용 구성이 가능하도록 하는데 중점을 두었다. 이 연구는 연구기간과 참여인력의 한계가 있지만, 다양한 학문적 배경의 전문가가 참여하여 대학 교양과학의 취지와 목표, 문제점, 교수–학습방법, 및 내용구성과 체계를 포함한 종합적인 탐색과 논의를 결과라는 점에서 이후 교양 과학교육에 관한 연구와 실천에 긍정적인 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

주제어: 대학 교양교육, 교양과학, 통합과학, 교과내용 체계, 초점집단면접

❖ Abstract ❖

Exploring the goals and contents of integrated science as a liberal arts education in universities

Kim, Won Sup(Chungbuk National University)
Chung, Jean Soo(Chungbuk National University)
Lee, Duckhwan(Sogang University)
Kim, Eungbin(Yonsei University)
Kim, Hye Young(Korea National Sport University)
Kwon, Young-Kyun(Kyung Hee University)
Lee, Bokoung(Yonsei University)

In order to explore the direction of science education in university liberal arts, a group of scientist have analyzed literatures and science courses in general education curriculums and then focus group interviews(FGI) with the experts from science and technology, philosophy, education, and social science were conducted. Opinions raised from FGI were categorized and structured by the research team and reviewed and restructured through various methods such as expert evaluation, and open forum. Experts have recognized that science as a general education at Korean universities is not effective because of the distortion of secondary science education, unconcern of the entire university society including professors and students. From literatures and experts, we found that universal liberal arts science is newly recognized not only as a sophisticated science and technology specialty but also a civic education with specific practical goals such as universal intellectual education, positive attitude toward science and technology, and improvement of quality of life through daily problem solving. For this, an integrated scientific approach is more useful than a disciplinary approach. In order to understand space birth and evolution, the origin and characteristics of life, and the modern civilization based on science and technology, not only the core concepts of the basic science, but also the relationship of the concepts and the context using the concept beyond the boundary are need to be presented in the liberal arts science. A model of the integrated science for all students, based on the seven important themes of modern science and technology advanced civilizations was presented in this paper, in which we

focused on making various subjects with theme and contents composition according to students' level and characteristics of university. Although the limit of research duration and the number of participants, it is expected that this results contribute positively to the study and practice of liberal arts science education in Korean universities since experts from various academic backgrounds participated in the comprehensive research and discussion including purpose, problem, teaching–learning method, contents, and structure of the liberal arts science.

〈Keywards〉 general education, liberal arts science, integrated science, contents , focus group intervie