

과학인재의 지속성장 기제로서의 창의성 탐색: 이공계 대학생 창의역량 모델링을 통해*

강정하** (KAIST)
박선희 (University of Virginia)
김 철 (George Mason University, Korea)
문경호 (공주대학교)
김영민 (KAIST)
석혜은 (이화여자대학교)

본 연구는 이공계 인재의 창의적 과학자를 향한 지속성장을 추동하는 역량이 무엇인지를 밝힘으로써 이공계 대학생의 창의역량을 모델링하는데 목적을 둔다. 이를 위해, 세계적 성취를 이룬 창의적 과학자의 창의역량모델을 기반으로 이공계 대학 학부생의 창의역량모델 개발 및 타당화를 실시하였다. 먼저, 세계적 과학자 12인의 인터뷰를 통해 3역량군_9역량_31하위역량으로 구성된 창의적 과학자의 창의역량모델이 구축되었다. 이 모델은 대학생에 부합하는 형태의 4역량군_31(잠재)역량으로 이루어진 이공계 대학생 창의역량모델(초안)로 재구성되었다. 이는 S대와 K대 교수 20인이 패널로 참여한 두 차례의 델파이조사에 토대 자료로 활용되었으며, 이로부터 수집한 자료 분석을 통해 이공계 대학생 창의역량모델(최종안)이 도출되었다. 1차에서는 6개 전공영역 공통적으로 4역량군_25역량_203활동지표로 이루어진 이공계 대학생 창의역량모델(수정안)이 도출되었고, 2차에서는 4역량군_21역량_171활동지표의 이공계 대학생 창의역량모델(최종안)이 산출되었다. 부가적으로, 이공계 대학생 창의역량모델(최종본)은 두 대학의 선발, 교육, 진로 관련 보직 교수와 관계자 20인을 대상으로 한 FGI(Focus Group Interview)를 통해, 그것의 현장 가능성 및 타당성을 확인하였다.

주제어 : 창의역량, 모델링, 대학생, 이공계

* 본 연구물은 정부(과학기술진흥기금/복권기금)의 재원과 대전과학기술대학교의 지원을 받아 수행됨.

** 교신저자: KAIST, kunjgha@kaist.ac.kr

I. 서 론

1973년에 McClelland는 “역량(Competence)이란 더 효과적이고 성공적인 수행을 이끌어내는 개인의 특성이며 습관”으로, 이것은 직업의 성공과 직무 역량들을 제대로 예언하지 못하는 전통적 성취도 검사와 지능 검사를 대체해야 한다고 주창하였다(McClelland, 1993). 이후, 세계 많은 나라에서 역량(competency)에 대한 연구가 진행되었고, 많은 정의가 제시되었다. Chouhan와 Srivastava는 2014년 ‘Understanding Competencies and Competency Modeling’이란 논문을 통해 1973년부터 2012년까지 많은 연구자들이 제시한 ‘역량의 정의들을 열거하고, 이를 종합하여 다음과 같이 정의한 바 있다. “역량(competencies)이란 특정 상황 내의 특정 직무 혹은 역할에서 중요한 결과를 성취하는데 필요한 성공 요인들의 집합체이다. 여기서, 성공 요인이란 지식과 스킬, 능력들로, 뛰어난 직무 수행자들에 의해 드러나는 특정 행동들이다.” 본 연구에서는 위의 개념정의를 바탕으로, 특별히, 지식창출 및 창의성이 과업의 요체(홍성민, 2012)인 과학 분야에 보다 적합한 Bartram, Robertson, Callinan(2002)이 내린 정의를 전제로 한다. 즉, “역량이란 창의적 성과와 결과물을 도출케하는 행동특성들이다.”

일반적으로, 성공 요인의 집합체로서의 역량은 기존의 학문 또는 교과 지식 및 기능에 초점을 맞춘 능력과는 달리, 실제로 직무 또는 과업을 수행하는 사람과 그를 둘러싸고 있는 환경에 초점을 맞추고 있다. 역량은 직무의 성과와 연관된 개인의 특성을 나타내며, 그 특성은 성공적 업무수행의 요인에 초점을 맞추는 준거를 중요시 한다. 또한, 이는 개인

을 둘러싸고 있는 환경과의 역동적 상호작용에 관심을 둬으로써, 배경 맥락을 중시하여 개인이 속한 조직 및 상황에서 일어나는 적응적 행동, 문제 해결 능력을 중요하게 고려한다(McClelland, 1993). 이는 개인의 역량을 복잡한 심리적 속성으로 보는 접근이다.

복잡성으로서의 역량은 개인이나 집단이 성공적 성취를 발휘하는 과정에서 역량을 최대한 활용함으로써 발전, 성장한다는 관점에서 출발하고 있다. Chouhan와 Srivastava(2014)에 의하면, 역량은 개인이나 기관이 탁월함을 추구하는 특정 과업 상황에서 중요한 성취를 하는데 필수적인 요인으로써, 개인이 자신의 역량을 쏟아 붓고 보상받는 과정에서 그것이 성장한다. 부연하면, 역량이란 본질적으로 총체성, 수행성/가동성, 맥락성, 그리고 학습가능성을 지님으로써, 경험을 통해, 수행을 통해, 맥락에 대한 내적 반응을 통해, 그리고 학습에 의한 변화를 통해 내적 특성과 행동의 재구조화와 성장을 이루어간다(윤정일, 김민성, 윤순경, 박민정, 2007). 이 같은 복잡계로서의 심리적 역량은 다양한 역량이 구조화된 역량모형을 통해 명시된다.

역량모형이란 특정한 업무를 성공적으로 수행하기 위한 역량의 수준과 범위 등을 규명하고 이를 체계적으로 조직화 한 것이다(McClelland, 1993). 이는 특정 직무를 수행하는데 필요로 하는 지식 및 스킬, 그리고 특성 등에 대한 최상의 준거와 그 수준을 이해하는데 유용하다(Chouhan & Srivastava, 2014). 역량모형에서 역량은 크게 개인적 역량과 기능적 역량으로 구분된다(Cheetham & Chivers, 2000). 전자는 고성과자의 수행에 영향을 미치는 개인의 행동과 특성에 중점을 두는 반면, 후자는 직무에서 요구하는 기능에 초점을 맞춘다.

따라서, 전자는 개인의 프로파일링이, 후자는 직무분석이 중요하다(유덕현, 유기원, 김민희, 신준석, 김부현, 윤세훈, 2013). 이러한 방법으로 수립된 역량모델은 유사한 역량들을 유목화한 역량군, 역량명, 역량의 정의, 그리고 그것을 실천하는 행동지표 등으로 조직, 완성된다(임정훈, 박용호, 김미화, 2015).

역량모델은 맥락적인 세밀한 정보를 제시함으로써 업무의 성공적 수행을 예측하는데 요긴하게 활용된다. 역량모델은 격렬한 경쟁, 첨예한 성취, 그리고 인적 혁신 등의 환경에서 기대되는 효과적인 수행에 대해 보다 명확하고 정교한 정보를 제시한다. 특히, 이는 개인에게 필요한 역량의 목표 준거를 제시함으로써 고난도의 업무 수행을 예측하는데 유용하며(McClelland, 1993), 개인은 물론 기관 전체가 나아가는 방향을 알려준다(Chouhan & Srivastava, 2014; Lucia & Lepsinger, 1999). 또한, 역량모델이 역량 수준을 차별화하고, 역량별 정의를 제시함으로써, 개인의 역량 개발은 물론, 평가와 보상 체계에서도 매우 중요한 기능을 한다(Lucia & Lepsinger, 1999). 지금까지, 역량모델은 기업이나 공공조직을 포함한 다양한 형태의 조직의 인적자원 개발 및 관리 분야에서 활용되어 왔다(임정훈 외, 2015).

지식기반 사회에 접어들면서, 교육학적 관심이 '지식의 세대를 잇는 전달'에서 변화하는 사회에 대처하는 '개인의 역량'으로 이동하게 되었다. 이제는 지식의 축적, 활용을 넘어서 지식의 재구성하는 개인 역량에 관심을 가진다(한영식, 이경화, 2015). '역량은 개인의 성공적 학습을 위한 선제 조건이며(Hasselhorn, 2008). 교육적 생산성, 교육과정, 효과 평가, 중재 등이 우선하게 되었다(Klieme, Hartig, & Rauch, 2008). 미래 사회의 주역이 될 대학생

은 어떤 역량을 지녀야할까? 특히, 이해화, 최명숙(2014)은 '국내 대학생 핵심역량과 그 진단도구에 대한 연구 동향 분석' 연구를 통해, 대학생의 역량은 대학 조직 및 학습 맥락에서 계발, 발전되는 학생 개인 또는 조직 부서에 대한 종합적이고 체계적인 역량범주라고 했다. 그리고 대학생 역량의 개념적 특성을 5가지로 요약하였다. (1) 복합적, 중의적 개념의 역량범주, (2) 상황-맥락적, 비가시적 질적 특성, (3) 조직의 역량과 성과관리 및 평가기준, (4) 개인 성공과 경쟁우위의 직무수행능력, (5) 학습전이성과 학습수행능력. 즉, 대학생 역량모델은 대학 설립 목적, 지역 특성, 학제를 바탕으로, 교육과정, 교수-학습, 학사 운영 등을 고려하여 차별화될 필요가 있다.

세계적으로 개인의 성취 또는 국가경쟁력 확보를 위한 과학 기술 혁신의 중요성은 더욱 커지고 있다. 세계적 과학자로서 첫 관문에 들어서게 될 이공계 대학생의 역량은 어떻게 차별화되어야 하는가? 과학 기술 혁신과 고난도의 과업 수행이 요구하는 창의성을 지원하는 역량모델의 수립은 국가의 미래 성장 동력을 책임질 인재를 발굴, 육성한다는 점에서 중요하면서도 시급한 일이다. 홍성민(2012)은 '신기술 분야 핵심과학기술인력의 역량 확보 전략' 연구에서, 핵심과학기술인력의 역량 규명은 우수 인력의 선별, 유입, 교육을 위한 체계적 시스템을 구축하는 출발이 되며, 이는 발달에 차이가 있다고 했다.

21세기에 들어서면서, 이러한 개념의 역량을 고등교육 현장에 적용하는 연구들이 국내외에서 다양하게 진행되어 왔다. 특히, 대학입학제도로 입학사정관제 전형(학생부 전형)이 도입된 2008년 이래 역량에 의한 입학 평가 기준의 설정과 이에 연계된 대학 교육의 평가

가 진행되었고, 개별 대학생의 진로 지도를 위한 역량 모델의 개발과 조사 연구가 활성화 되어 왔다. 일찍이, 주목할만한 대학생의 역량 모델 연구들은 사회적 요구사항과 대학의 특성을 파악하여 사회가 원하는 인재를 양성하기 위한 역량을 도출하고 이를 체계화하고자 했다. 김동일, 오헌석, 송영숙, 고은영, 박상민, 정은혜(2009)의 연구에서, 교육 전달자를 대상으로 피교육자, 대학생에게 요구되는 역량을 조사한 이래, 노윤신, 리상섭(2013)의 'D여대의 역량 모델 구축', 임정훈, 박용호, 김미화(2015)의 I대학교 사례를 근거로 한 대학생 역량모델 등을 제시하여 왔다. 특히, 이애화, 최명숙(2014)은 대학생 핵심역량 연구와 그 진단 도구에 대한 포괄적 연구를 수행하여, 당시까지의 연구 결과들과 대학생들의 핵심역량들을 요약, 제시하였다. 이러한 일련의 연구들은 대학생의 역량모델을 체계적으로 개발했음에도 불구하고, 역량모델 개발 시, 주요하게 고려해야 할 목표 성과의 성격, 발달적 지속성, 상황적 계속성 여부 등(Sanghi, 2007)을 간과하고 있다. 더군다나, 이공계 대학생의 역량을 구제화 한 모델이 보고된 바가 없다.

과학 기술 분야에서 여느 때보다 개인의 창조적 적응이 크고 심각하게 요구되는 지금, 이를 추동하는 영역 특정적 역량모델, 특히, 이공계 대학생의 역량모델의 수립이 절실하다. 특별히, 이공계 대학생이 목표 대상인 창의적 과학자의 성취가 오랜 세월을 통해 성장한다는 특징(강정하, 조선희, 김미진, 2014; Gruber, 2005)을 감안하여, 역량모델링의 축인 성공적 수행이 목표 수준 혹은 탁월성 수준인지, 한시적 충족 혹은 혁신 수준인지, 또는 현재의 활동 혹은 미래 활동인지를 고려한 이공계 대학생 창의역량모델의 개발이 시급하다.

따라서, 본 연구에서는 과학인재의 지속성장의 관점에서, 학생들이 나아가고자 하는 궁극적 과업 수행이 어떤 성격이며, 미래에 필요로 하는 역량은 무엇이며, 또, 현재(대학 4년 동안) 향상시켜야 할 역량은 무엇인지에 대한 질문을 통해 이공계 대학생(학부생) 창의역량모델을 구축하고자 하였다. 이어서, 이 모델의 적합성과 유용성을 확보하고자 하였다. 이를 위해 본 연구는 크게 세 단계로 진행되었다. 첫 단계는 세계적 과학자들의 창의적 성취 과정에 대한 전기적 접근 및 행동사건면접을 통한 창의적 과학자의 창의역량모델 개발 연구이다. 두 번째는 우리나라 최고 수준 이공계 대학생의 창의역량모델 개발 연구이다. 마지막은 대학생 창의역량모델의 현장 활용 가능성을 확인하는 과정이다. 이를 위한 연구문제는 다음과 같다.

연구문제 1. 창의적 과학자의 창의역량모델은 어떤 역량으로 구성되는가?

연구문제 2. 이공계 대학생 창의역량모델은 어떤 역량으로 구성되는가? 창의성을 지원하는 모델로 적절하고 유용한가?

II. 창의적 과학자 창의역량모델 개발)

본 연구는 세 단계의 소연구 가운데 첫 단계로, 과학 기술 분야 최상의 수준인 세계적 성취를 이루어낸 세계적 과학자 역량모델을 수립하는 단계이다. 이는 Rothwell과 Lindholm

- 1). 본 연구는 2011년 정부(과학기술진흥기금/복원기금)의 재원으로 수행한 연구를 재구성한 것으로, 영재교육연구_24(1)_2014에서 일부 내용을 확인할 수 있음.

연구 1. 창의적 과학자 창의역량모델 개발

- 이공계 대학생 창의역량모델의 기반이 되는 범위, 수준, 준거 산출
- 세계적 과학자 12인 인터뷰
- 창의적 과학자 창의역량모델(가설모델)
: 3역량군_9역량_31하위역량 도출



연구 2-1. 이공계 대학생 창의역량모델 개발

- 창의적 과학자 창의역량모델(가설모델)을 이공계 대학생 창의역량모델링을 위한 4개 역량군_잠재하위역량으로 재구조화
- S대/K대 교수 20인 델파이조사 2회 실시
- 이공계 대학생 창의역량모델(초안) 도출



연구 3. 이공계 대학생 창의역량모델 내용타당화

- 이공계 학부생 역량모델의 현장적용 가능성 확인을 위한 내용타당도 검토
- S대/ K대 선발/교육/진로 관계자 검토
- 이공계 대학생 창의역량모델(최종안) 도출

(그림 II-1) 전체 연구 절차

(1999)이 구분하고 있는(임정훈 외, 2015에서 재인용), 맞춤형 제작 방법에 해당한다. [그림 II-1]의 '전체 연구 절차' 중 '연구 1'에서 확인할 수 있다.

1. 연구 참여자

창의적 과학자 창의역량모델 개발을 위해 인터뷰에 참여한 인물은 과학 기술 분야에서 세계적 성취를 발휘한 한국인 과학자 12인이다. 참여자들의 전공 분야는 과학 기술 분야 전반에 걸쳐 균형있게 분포하고 있다. 기초과학 분야에서는 총 8인(이론연구 3인; 실험연구

<표 II-1> 창의적 과학자 창의역량모델 개발 연구참여자

구분	기초과학		구분	응용과학
	이론연구	실험연구		실험연구
물리학	1	1	전자공학	-
천문학	1	-	기계공학	1
화학	1	2	화학공학	2
생명과학	-	2	생명공학	1
소계	3인	5인	소계	4인

5인)이, 응용과학 분야에서는 4인이 참여했다. <표 II-1>과 같다.

참여자 선정은 창의적 창출을 발현한 자료, 학문적, 사회적 기여도에 대한 객관적, 주관적 평가 기준을 충족하는 자료 한정되었다. 창의적 창출이란 Thomson Reuters 사에 등록된 SCI 급 저널에 실린 연구물 가운데 영역별로 최상위에 위치한(피인용횟수 300회 이상) 한국인이 주저자인 결과물에 해당된다. 반면, 창의적 인물은 기 선정된 창출자 가운데, 국가 최고 수준의 과학 기술 부문상을 수상한 자이다. 그 외, 현존하는 인물, 영역별 균형, 그리고 연령대의 균형 등이 참여자 선정에 반영되었다. 이는 전문가 협의체를 통해 진행되었다.

2. 자료 수집

1) 인터뷰 실시

본 연구는 McClelland(1993)가 제안한 준거 표본의 성공적 자발적 사고와 행동 규명을 하는데 행동사건면접 방식에 따라, 면대면 인터뷰를 활용하였다. 이는 선정된 과학자 12인의 삶과 일의 맥락에서 그들이 생각, 행동한 것을 파악하는데 초점을 맞추고 있다.

인터뷰는 직접 방문을 통해 진행되었고, 시간은 2시간 내지 4시간 남짓 소요되었다. 인터뷰 내용은 연구 참여자의 허락을 받아 캠코더와 음성 녹음기에 녹화, 녹음, 전사되어 자료 분석에 활용되었다. 연구자들은 사전에 창의적 인물의 주요 업적, 주요 활동, 수상 등에 대한 자세한 정보를 수집, 숙지한 다음, 인터뷰에 참여하였다.

2) 질문지 개발

질문지는 인터뷰 참여자의 세계적 산물과 인물의 생애에 대한 내용 수집을 목적으로 조직되었다. 질문 유형은 반구조화 질문이며, 구성 항목은 (1) 산물의 독창성과 가치와 관련하여, (2) 산물의 산출과정과 관련하여, (3) 개인적 특성 및 삶과 관련하여, (4) 성장환경과 관련하여, (5) 과학적 창의성의 개념과 교육 등이다. 이는 Gruber(2005)와 Csikszentmihalyi (1996)의 창의적 업적 연구 방법론과 질문지를 기초로 재구성한 것이다. 질문지는 과학창의성 전문가 2인, 과학교육 전문가 2인, 문화인류학 전문가 1인의 내용타당도 검토 후, 수정, 완성되었다. 자세한 내용은 강정하 외(2014)에서 확인할 수 있다.

3. 분석 방법

자료 분석은 세계적 창출이 성장, 발전하는 과정과 그것에 기여하는 개인의 역량에 초점을 맞추고 있다. 분석은 근거이론에 따라 진행되었다. 이 과정에서 수집한 자료에 대한 범주화, 유목화, 통합, 도식화가 진행되어 전체 시스템과 변인들이 추출되었다. 이는 '연속적비교법(constant comparison)' 또는 '분석적 귀납법(analytic induction)(Hatch, 2008)을 활용하

여, 연속적으로 진행되는 사례별 비교를 통한 가설모델의 반복, 수정으로 최종의 역량모델이 산출되었다.

4. 연구 결과

연구 결과, 세계적 산물이 발현하는 과정은 크게 4단계 - 지식토대단계 · 지식탐색단계 · 지식구성단계 · 지식발현단계 - 를 거치는 것으로 밝혀졌다. 그리고, 이 과정에는 창의적 과학자의 개인역량군(특성, 경험, 소통 역량), 실제역량군(현상, 과제, 지식 역량), 사회역량군(지지역량)이 주요하게 기여하는 것으로 나타났다. 관련 내용을 기술하면 다음과 같다.

1) 창의적 산물 발현 과정

(1) 지식토대단계

연구 참여자는 산물 생성을 위해 토대를 마련하는 과정을 겪었다. 이 단계에서는 시대사조, 학문적 기초와 전문 기술, 기반연구 경험, 그리고 멘토 등이 주요하게 작용했는데, 훗날, 이 요소들이 창의적 산물을 만들어내는데 발판이 되었다. 대부분의 연구 참여자들은 당시, 학부, 석·박사, 그리고 박사 후 시절이었고, 그들이 특별한 관심이나 특정 주제에 대한 탐색, 시대사조에 대한 인식, 다양한 과제 및 문제 탐색, 그리고 지도교수의 훌륭한 가르침 등의 다양한 전문지식과 경험을 쌓는 기간이었다. 특히, 유년기, 청소년기의 남다른 관심과 자연에서의 경험이 복합적 사고, 유추적 사고, 은유적 사고, 도전 등에 기여함으로써 미래 발전 가능성이 큰, 영향력 있는 기반 연구에 참여하는 계기가 되었다고 한다.

(2) 지식탐색단계

본 과정은 연구 참여자가 기존 지식의 결핍, 모순이나 오류를 인식하고, 이를 수정하기 위해 문제를 구체화함으로써 창의적 산물이 생성될 수 있는 맥락을 마련한 단계이다. 이 단계는 연구참여자들이 대학의 교수로 부임하자마자, 경쟁력 있는 전문가로 활동하기 위한 터전을 구축하는 시기에 해당한다. 구체적으로, 그들이 경쟁 우위에 있게 하는 실재하는

문제를 선택, 해결을 위해 도전적인 독자적 가치 지킴의 시도 과정이다. 이 시기에는 세계 최고를 향한 분명한 목표, 복합적 사고, 유추적 사고, 은유적 사고, 자기초월적 도전, 그리고 운과 연구비 확보 등이 주요 변인으로 작용했으며, 전문가 인정 사례도 축적되어 갔다. 그들은 힘겹고 긴 지식탐색단계를 거치면서, 차차 안정적인 연구 여건을 갖추게 되었다.

<표 II-2> 창의적 산물 발현 4단계 및 단계별 주요 역량 (강정하 외, 2014의 모델을 수정함)

상부시스템	하부시스템	지식토대단계	지식탐색단계	지식구성단계	지식발현단계
		기본지식 구축	지식gap 찾기 문제정의	지식 재구성 및 문제해결 검증	지식의 재관화
실제	지식	시대사조 학문적 기반	시대사조 학문적 기반	특수기술	지식 창출
	과제	주어진 과제	쟁점문제 문제구체화	융합 과제	-
	현상	복잡계	복잡계	복잡계	-
개인	경험	기본연구경험	가지치기 우연한 계기	요동	-
	특성	논리적 사고 탐색적 사고 비판적 사고 분석적 사고	복합적사고 유추적사고 은유적사고 도전 높은 목표	통찰 복합적사고 유추적사고 은유적사고 도전 높은 목표	사명감
	소통	표현 기술	-	연구 동향 탐색 연구원과의 대화	표현의 논리성
사회	지지	멘토	운 연구비지원	전문가와의 협력 좋은 학생 좋은 연구환경	-
	평가	인정	인정	인정	세계 최초 놀라움
	선택	-	-	-	사회적기여 명성

(3) 지식구성단계

본 단계는 영향력 있는 문제를 정의하게 된 연구 참여자들이 문제 해결 전략을 개발, 검증하는 과정을 거치면서 하나의 새로운 산물을 산출하는 단계이다. 연구 참여자들은 복잡계의 난이한 현상을 규명하는 융합과제를 통해 기존 지식이 설명하지 못하던, 혹은 그것이 지니는 오류를 수정하는 창조적 활동을 했다. 이는 아직은 연구자 자신의 주관적 검증 과정으로, 이 과정에는 자신의 다양한 사고와 함께 새로운 경험에 의한 요동, 통찰, 세계적 연구 동향 파악, 연구원과의 소통, 그리고 전문가와의 협력 및 좋은 연구 환경 등이 주요하게 관여했다.

(4) 지식발현단계

마침내, 연구 참여자들은 창조적 활동에 대한 주관적 검증을 마치고, 설득력 있는 논문을 작성하여 동료 평가자의 검증을 받고서 객

관적 지식으로 채택되는 순간에 이른다. 이러한 결과는 학문적 기여를 일구어내고, 개인적 명성을 선사한다. 이 과정에서, 연구자는 연구 내용을 논리적으로 기술하고 이미지화 하는 작업을 해야 했고, ‘세계 최초’ 및 ‘놀라운’ 찬사와 평가를 받게 되었다. 연구자들은 이 과정이 어떤 다른 때보다 치열하고, 긴장된 시간을 보내는 것으로 보고했다.

이 과정은 오랜 세월에 걸쳐 지속되는 현상으로 지식성장을 꾀하는 과정이다. 창의적 산물 발현 4단계와 단계별 주요 역량이 <표 II-2>에, 창의적 과학자의 창의역량모델이 <표 II-3>에 제시되어 있다.

2) 창의적 과학자 창의역량모델 도출

창의적 과학자 창의역량모델은 개인 역량군, 실제 역량군, 사회 역량군으로 구성되며, 각각을 요약, 정리하면 다음과 같다.

<표 II-3> 창의적 과학자의 창의역량모델

역량군	역량	하위역량	역량군	역량	하위역량	역량군	역량	하위역량
개인 (11)	특성	- 복합적사고	실제 (9)	현상	- 복잡계	사회 (11)	평가	- 멘토
		- 유추적사고						- 운
		- 은유적사고						- 연구비지원
		- 도전						- 연구동향탐색
		- 높은 목표						- 연구원과의 대화
	- 사명감	- 협력						
	경험	- 기반연구경험	지식	시대사조	- 학문적 기반		- 세계최초, 놀라운	
		- 가지치기					- 좋은 학생	
		- 우연한 계기					- 좋은 연구환경	
		- 요동					- 사회적 기여	
- 표현 기술		- 명성						
소통	- 논리적 표현							

(1) 개인 역량군

개인 역량군은 '특성', '경험', '소통' 역량으로 이루어진다. 특성 역량은 개인의 인지적 요소, 동기 요소, 성격 요소와 관련된 것으로, 복합적 사고, 유추적 사고, 은유적 사고, 도전, 높은 목표, 사명감 등에 의해 특징 지워진다. 경험 역량은 일상 혹은 특정 환경에서 자신만의 특별한 성장을 통해 주관적 경험을 가지는 것으로, 기반연구경험, 가지치기, 우연한 계기, 요동 등에 의해, 소통 역량은 개인이 자신의 성취를 실현하는 사회화 과정으로, 표현 기술에 의해 발휘되는 것으로 보고되었다.

(2) 실재 역량군

실재 역량군은 과학자가 과학적 활동을 함에 있어서, 연구 맥락, 분야의 변화, 그리고 사회적 맥락과 관련된 것으로, 자신의 창출이 경쟁력을 가지도록 발휘하는 '현상', '과제', '지식' 관련 역량으로 구성된다. 현상 관련 역량은 과학적 활동 대상이 되는 것으로 개인이 관심을 가지는 자연 혹은 사회 현상을 의미하는 것이다. 창의적인 과학자는 자연 현상의 기반연구를 통해 복잡계에 관심을 가지는 계기가 있었고, 이 경험이 창의적 성취에 크게 작용했다고 한다. 복잡계에 관심을 가진 연구 참여자들은 융합과제, 21세기 쟁점 과제를 문제로 채택한 것은 당연한 현상이다. 이는 매우 어려운 문제로, 실제 연구 문제로 구체화함으로써, 경쟁 우위에 있는 연구에 돌입하게 되었다. 지식은 실제 문제를 발견하고, 해결하는데 필수적인 요소이다. 21세기의 시대사조, 학문적 기반, 전공 분야의 특수기술 획득이 지식 창출에 주요하게 작용한 것으로 참여자들은 보고했다.

(3) 사회 역량군

사회 역량은 창의적 과학자가 자신의 연구 환경을 유리하도록 조절하는 역량과 관련된 것으로, '지지' 역량이 주요하게 작용하는 역량군이다. 그들은 자신의 우수한 개인적 역량을 바탕으로 훌륭한 멘토를 만나는 기회를 가질 수 있었으며, 이 기회가 좋은 연구로 이어질 수 있었다. 또한, 그들은 연구 동향 탐색을 게을리 하지 않았으며, 연구원들과의 잦은 대화, 그리고 타 분야 전문가들과의 협력에 남다른 노력을 했다.

5. 논의 및 결론

세계적 성취를 이룬 창의적 과학자를 대상으로 산출된 '창의적 과학자 창의역량모델'은 과학 기술 분야 창의적 산물이 발현하는 4단계 - 지식도대단계 · 지식탐색단계 · 지식구성단계 · 지식발현단계 - 에 기여하는 개인 역량군, 실재 역량군, 사회 역량군으로 구성되었다. 이 모델은 창의적 산출 과정에 작용하는 개인의 내외적 심리적 기제와 그것들이 활동하는 맥락적 상황을 정교하게 제시하고 있다. 우선적으로, '창의적 과학자의 역량모델'에 대한 논의를 통해 그 특징을 밝히고, 다음으로, 이공계 대학생의 역량모델 개발을 위해 앞의 결과를 어떻게 활용할 것인지에 대해 논의하고자 한다.

첫째, '창의적 과학자 창의역량모델'은 과학 분야 창의적 활동이 과정적, 발달적, 그리고 사회적 요소 인해 그 범위와 수준이 점진적으로 성장, 변화하는 과정을 보여준다. 이 모델은 적어도 전문지식 습득에 전념하는 대학의 학부 시절부터 세계적 지식창출로 인정을 받는 시기까지 포괄하는 것으로, 세계적 성취가

발현되는 과정을 보여준다. 그 과정은 대략 15년에서 20년 동안 지속되었는데, 그 동안의 과업은 4단계로 성장, 변화를 맞이했고, 그 때마다 요구되는 개인의 역량도 달랐다. 이 모델은 이러한 과정과 구조를 결정하는 심리적 기제와 그것들의 상호 작용을 복잡계 시스템이다. 이 시스템적 접근은 특정 목표를 향해 지속성장하는 활동을 아주 잘 설명한다(Sanghi, 2007). 과학적 창의적 활동의 자기조직화 또한, 잘 설명한다(Gruber, 2005). 즉, '창의적 과학자 창의역량모델'은 창의적 활동이 요구하는 다양한 역량들-개인시스템·실재시스템·사회시스템-간의 상호 작용을 촉진하고, 또 스스로 성장하는 구조와 과정에 대한 세밀한 정보를 제공한다. 이 모델을 통해, 개인의 발달 시기별 과업이 그 범위와 수준이 점점 더 확장되고, 개인 역량은 더욱 복잡하고 고난도가 되는 것을 확인할 수 있다. 결국, 이는 과학적 성취의 과정별로, 그리고 발달별로 개인의 역량모델은 달라져야 함을 반증한다.

둘째, '창의적 과학자 창의역량모델'은 '이공계 대학생 창의역량모델' 수립을 위한 최상의 준거로, 그리고 과업의 범위와 수준 제시를 위한 지도로 활용하기에 적절하다. 이공계 대학생의 목표는 세계적 성취를 이루는 것으로, '창의적 과학자 창의역량모델'은 그들이 설정할 목표 과업과 요구 역량에 대한 최상의 준거를 제시한다. 앞서 밝힌 바와 같이, 이는 개인과 기관이 나아갈 방향을 알려준다(Chouhan & Srivastava, 2014; Lucia & Lepsinger, 1999). 또한, 과정별, 발달시기별 과업의 성격을 제시하는 이 모델은 지식토대단계에 속하는 대학생의 과업과 수행에 필요한 역량을 구체적으로 보여준다. 그럼에도, 창의적 과학자와 학부생은 주된 과업과 그 맥락이 다르

로, 대학생 창의역량모델 개발을 위해서는 '창의적 과학자 역량모델'의 재구성이 요구된다.

III. 이공계 대학생 창의역량모델 개발

본 연구는 두 번째 단계로, 이공계 대학생 창의역량모델 개발 단계이다. 이는 Rothwell과 Lindholm(1999)이 구분하고 있는(임정훈 외, 2015. 재인용), 맞춤 제작 방법과 차용한 것을 수정 보완하는 방법과의 혼합 방식에 해당한다. [그림 II-1]의 '전체 연구 절차' 중 '연구 2'에서 확인할 수 있다.

1. 연구 참여자

이공계 대학생 창의역량모델 도출을 위한 델파이 조사가 실시되었다. 여기에는 서울특별시 소재 S대학교 대전광역시 소재 K과학기술 대학이 참여했다. 대학별로 이공계열 6개 전공영역-수학·물리학·화학·생명과학·천체물리학·컴퓨터과학-교수가 각 10인씩, 총 20인이 패널로 참여했다. 수학 영역 4인, 물리학 영역 4인, 화학 영역 4인, 생명과학 영역 2인, 천체물리학 영역 3인, 그리고 컴퓨터과학 영역 3인. 이 때, 6개 전공영역별 세부전공을 3-4개로 구분하여, 영역별 세부전공자가 골고루 포함되도록 하였다. 참여자 선정은 각 대학 학과장의 추천으로 이루어졌으며, 참여자 대부분은 해당 분야에서 세계적 성취를 발휘해오면서, 교육에도 큰 관심을 가지고 있는 주요 보직자들이다. 이들 모두는 1차와 2차 설문조사에 참여하였다. 자세한 내용은 <표 III-1>과 같다.

<표 III-1> 이공계 대학생 창의역량모델 개발 연구참여자

전공	수학	물리학	화학	생명과학	천체물리학	정보과학
세부 전공	· 위상수학 · 정수론 · 응용수학1 · 응용수학2	· 고체물리학 · 입자물리학 · 통계물리학	· 유기화학 · 무기화학 · 물리화학 · 생분석화학	· 세포분열 · 행동유전학 · 신경생리학	· 관측천문학 · 은하진화 · 외부은하 · 항공공학	· 전기전산 · 신호처리 · 이동통신 · 정보이론
1차-2차 참여자수 (S대/K대)	4 (2/2)	4 (2/2)	4 (2/2)	2 (1/1)	3 (2/1)	3 (1/2)

2. 자료 수집

자료 수집은 델파이조사를 활용하였다. 역량모델 개발을 위해 학생을 새내기 수행자와 창의적 수행자로 구분하여 이를 수치화하는데 용이한 내용분석기법(Content Analysis of Verbal Expression: CAVE) (McClelland, 1993)을 활용하였다. 아직 명시적 지식으로 산출되지 않은 특정 이슈에 대한 전문가들의 합의 (consensus) 도출에 용이한 델파이조사 방법을 채택, 적용했다.

델파이조사는 개인의 의견보다 그룹의 의견이 더 뛰어나다는 것을 전제로 한다. 이 기법은 익명성이 보장되므로, 참여 전문가들이 대등한 입장에서 의견을 개진할 수 있으며, 반복을 통해 타인의 것과 상충되거나 새로운 부분을 반영하여 자신의 의견을 수정할 수 있는 기회가 주어지고, 또한, 전체 참가자들의 의견을 종합한 결과를 제공하는 등의 강점을 가진다. 델파이 조사에 참여하는 전문가 그룹을 '패널(panel)'이라 하는데, 패널수는 적게는 4명에서 11명, 많게는 100명이 넘기도 한다. Dalkey와 Cochran(1969, 안진성, 2011에서 재인용)은 패널수가 커지면 커질수록 신뢰도가 높아진다고 주장하는 반면, Anderson은 10~15명

의 소집단 전문가만으로도 유용한 결과를 도출할 수 있다고 주장한다.

델파이조사는 2회에 걸쳐 실시되었다. 1차 조사는 '창의적 과학자 창의역량모델(가설모델)'을 기반으로 이공계 대학생에게 요구되는 창의역량을 찾아내는 과정이다. 2차 조사는 1차 조사 응답 결과를 종합한 것에 대해 동의 여부를 묻는 과정이다. 이 때, 제시된 모델은 6개 전공 영역을 통합한 4역량군_25하위역량_204활동지표로 구성된 것이고, 2차 조사 결과는 4역량군_21하위역량_171활동지표이다. <표 III-2>에 자세한 내용을 제시하였다.

3. 자료 수집 도구

먼저, 자료 수집 도구 개발을 위해 창의적 과학자의 창의역량모델(가설모델)을 이공계 대학생 창의역량모델 개발에 적합한 개념들로 수정하였다. 이는 두 대학에서 공통으로 활용하기에 적합한 개별 및 집단의 특징을 모두 고려한 통합적 접근(임정훈 외, 2015)으로 재구조화 하는 과정이다. 부연하면, 개인차원에서 접근한 창의적 과학자의 성취 과정과 대학생의 학업 맥락에 부합하는 조직의 특징을 모두 고려한 것이다. 즉, 3역량군_9역량_31하위

〈표 III-2〉 델파이조사 1차에서 활용한 창의적 과학자 창의역량모델 기반 이공계 대학생 창의역량모델(초안)

역량군	창의적 과학자 역량모델		이공계 대학생 역량모델(초안)	
	역량명	역량수	역량명	역량수
지식 및 기술	1. 실제 역량군 · 지식: (1) 시대사조, (2) 학문적 기반, (3) 기본지식체 계, (4) 특수** 기술, (5) 지식창출**	7	(1) 기본지식체계 (2) 폭넓은 지식 (3) 기술 (4) 시대사조	10
	1. 실제 역량군 · 현상: (6) 복잡계		(5) 복잡계 (6) 지식의 구조와 과정 (7) 지식창출	
사고	2. 개인 역량군 · 소통: (7) 표현 기술, (8) 논리적 표현	10	(8) 의사소통능력 (9) 표현기술 (10) 표현의 논리성	10
	2. 개인 역량군 · 특성: (1) 복합적 사고, (2) 유추적 사고 (3) 은유적 사고		(1) 논리적 사고 (2) 탐색적 사고 (3) 비판적 사고 (4) 분석적 사고 (5) 유추적 사고	
사회 정서	1. 실제 역량군 · 과제: (4) 융합과제, (5) 쟁점문제** (6) 문제정의, (7) 문제구체화	4	(6) 융합적사고 (7) 창의적사고 (8) 통합적사고 (9) 문제발견 (10) 문제해결	7
	2. 개인 역량군 · 경험: (8) 요동 (9) 기반연구경험 (10) 우연한 계기**		(1) 자아실현의지 (2) 세계 최고 추구 (3) 사명감 (4) 도전 (5) 열정	
태도 및 가치	· 경험: (4) 가치치기	10	(6) 독자적 (7) 자기주도적	4
	1. 사회 역량군 · 지지: (1) 멘토, (2) 운** (3) 연구원과의 대화 (4) 협력, (5) 연구동향탐색**, (6) 연구비지원** · 평가 (7) 세계최초**, (8) 좋은 학생** (9) 좋은 연구환경** · 선택: (10) 사회적기여		(1) 대인관계역량 (2) 협력 (3) 윤리의식 (4) 봉사정신	
	4	31		31

주. ** 는 삭제 역량임. '___'는 변형된 역량임

역량으로 구성된 창의적 과학자 모델을 이공계 대학생 모델 수립을 위한 4역량군_31(잠재)역량 구조로 수정하였다. 이 4역량군은 McClelland(1993)의 5역량군(동기, 특질, 자기개념, 지식, 기술)이 본 연구를 위해 지식과 기술 역량군, 사고 역량군, 사회정서 역량군, 그리고 태도 및 가치 역량군으로 수정된 것이다(지식과 기술 역량군이 지식 및 기술 역량군으로 통합).

다음으로, 대학 내 대학생의 주요 활동 상황에 적합한 요소 및 요인들을 선별하는 과정 진행되었다. 이 과정에서 연구활동이 큰 비중을 차지하지 않는 대학생의 경우에 적합지 않은, 창의적 과학자에 한정된 창의역량 10가지(실재 역량군의 특수기술, 지식창출, 쟁점문제; 개인 역량군의 우연한 계기; 사회 역량군의 운, 연구동향탐색, 연구비지원, 세계 최초, 좋은 학생, 좋은 연구환경)와 사고 역량 2가지(복합적 사고, 은유적 사고)가 배제되었고, 배제된 2가지 사고 역량은 그 기초가 되는 논리적 사고, 분석적 사고, 탐색적 사고, 비판적 사고로 수정되었다(인터뷰 자료에서 추출, 2011). 여기서 도출된 개념들은 델파이조사의 설문지에 예시 목록으로 제시되었다. 이는 이공계 대학생의 창의역량모델링의 범위, 수준, 준거를 제시함으로써, 패널이 일관된 맥락 위에서 대학생의 차별적 역량을 도출하도록 하기 위함이다.

델파이조사를 위한 1차 설문지가 역량군별 역량을 도출하기 위해 조직되었다. 설문지는 4개 - 지식 및 기술 · 사고 · 사회정서 · 인성 - 역량군으로 구성되며, 각 역량군은 (1) 역량명 및 정의, (2) 역량 수준(입학시/졸업시), (3) 활동지표(노력, 활동, 태도, 자질 등) 등을 묻는 항목으로 이루어진다. 역량질문 형태는 '(1)

〈표 III-3〉 델파이조사 1차 설문지 구성

영역	설문지 구성
역량군	지식 · 기술, 사고, 사회정서, 태도 · 가치
항목	(1) 역량 종류 및 정의 (반구조화)
(질문 형태)	(2) 역량수준: 입학시-졸업시(Likert 5점 척도)
	(3) 활동지표(반구조화)

〈표 III-4〉 델파이조사 2차 설문지 구성

역량군	역량명	활동 지표수	세부항목
지식/기술	(1) 전문지식체계	52	
	(2) 복잡계이론		
	(3) 융합지식		
	(4) 의사소통기술		
사고	(1) 지적호기심	75	역량별 (1) 개념정의 (2) 역량수준 (3) 활동지표
	(2) 수식 · 기호의 과학적 이해		
	(3) 논리적사고		
	(4) 분석적사고		
	(5) 비판적사고		
	(6) 융합적사고		
	(7) 독창적사고		
	(8) 창의적사고		
	(9) 문제발견		
	(10) 문제해결		
정서	(1) 확률적사고	33	
	(2) 자아실현의지		
	(3) 열정		
	(4) 사명감		
	(5) 끈기와 인내		
	(6) 미학적감성		
태도 및 가치	(1) 올바른가치관	43	
	(2) 대인관계역량		
	(3) 윤리의식		
	(4) 민주시민의식		
4	25	203	

역량 종류 및 정의와 '(3) 활동지표'는 반구조화된 개방형이고, '(2) 역량 수준'은 '입학 시'와 '졸업 시' 각각에 대해 Likert 5점 척도(매우 높음; 높음; 보통; 낮음; 매우 낮음)가 적용되었다.

2차 설문지는 1차 조사를 통해 취합한 6개 전공영역 패널의 의견에 대한 합의를 이끌어내기 위해 조직되었다. 설문지는 6개 전공영역을 하나로 통합한 형태이며, 4역량군, 총 25개 역량, 역량별 정의, 수준, 그리고 활동지표로 구성되었다. 응답 방식은 패널이 자신의 새로운 의견을 제시하거나 동의 여부를 ✓표하는 형태이다.

1차, 2차 설문지(초안) 각각은 2명의 내용 전문가 및 2명의 창의성 전문가에 의해 내용 타당성을 검토 후 완성되었다. <표 III-3>과 <표 III-4>에 자세한 내용을 제시하였다.

4. 분석 방법

1차 자료분석은 빈도분석 및 백분위가, 2차 자료분석은 기술통계분석(입학시/졸업시의 평균수준)과 빈도분석과 백분위가 적용되었다. 1차 수집 자료에서 전공영역별로 2인 이상이 언급한 역량들이 먼저 추출되었고, 추출된 역량에 포함된 활동 지표 가운데 2인 이상이 언급한 지표가 추출, 목록화 되었다. 이 때, 영역별로 추출된 역량명의 다수가 동일하게 보고되었으며, 활동지표의 내용도 유사하게 보고되었다. 이러한 경향은 영역보편적 역량이 광범위하게 존재하고, (패널이 언급하지는 않았지만)다수 패널이 공감할 가능성이 큰 잠재 역량들이 존재하는 것으로 추정되어, 패널들이 보다 많은 선택지를 갖도록 6영역에서 추출된 모든 역량 및 활동지표가 통합되었다.

델파이조사 2차 자료는 6개 영역별로 2인 이상의 패널이 선택한 역량과 그에 속하는 활동지표를 추출, 목록화 하였다. 이에 대해 역량별로 10명(50%) 이상의 참여자가 언급한 것이 추출되었고, 영역별 활동지표도 같은 방법으로 추출되었다.

자료 분석에는 3인의 내용 전문가 및 창의성 전문가가 참여하였다.

이상의 '이공계 대학생 창의역량모델' 생성 과정은 3단계로 요약할 수 있다. 첫 단계에서는 '창의적 과학자 창의역량모델' 생성을 기반으로, 4역량군으로 이루어진 '이공계 대학생 창의역량모델'(초안)의 재구조화가 진행되었고, 두 번째 단계에서는 '이공계 대학생 창의역량모델' 개발을 위한 델파이조사 1차 자료 분석 결과에 따라 '이공계 대학생 창의역량모델(수정안)'이 도출되었다. 마지막으로, 델파이조사 2차 자료 분석 결과에 따라 '이공계 대학생 창의역량모델(최종안)'이 도출되었다. 이 과정은 <표 III-5>에 제시하고 있다.

5. 연구 결과

본 연구를 통해 도출된 이공계 대학생 창의역량모델은 역량군, 역량명, 역량 정의, 수준(입학시/졸업시 평균), 활동지표수, 그리고 활동지표별로 선택한 패널의 평균 빈도수로 요약된다. 여기서, 역량군은 '내외적 상호작용의 특징을 고려하여, 인지 영역(개인 내적), 사회정서 영역(개인 내적), 태도 및 가치 영역(개인과 사회 간), 지식 및 기술 영역(개인 외적)'으로 구분, 제시되었다. '역량군'별로 분류된 '역량'은 개인 내적 특성으로써 다양한 상황에서 일반적으로 나타나며, 시간과 장소에 일관되게 비교적 장시간 지속되는 행동과 사

〈표 III-5〉 이공계 대학생 창의역량모델 생성과정

역량군	이공계 대학생 창의역량모델(초안)		이공계 대학생 창의역량모델(수정안)		이공계 대학생 창의역량모델(최종안)														
	역량명	역량수	역량명	역량수	역량명	역량수													
지식 및 기술	(1) 기본지식체계 + (2) 폭넓은 지식 + (3) 기술 * (4) 시대사조 * (5) 복잡계이론 (6) 지식의구조와 과정 * (7) 지식창출 * (8) 의사소통능력 (9) 표현기술 * (10) 표현의 논리성 *	10	(1) 전문지식체계 + (2) 복잡계이론 (3) 융합지식 ** (4) 의사소통기술	4	(1) 전문지식체계 (2) 복잡계이론 (3) 융합지식 (4) 의사소통기술	4													
	사고		(1) 논리적사고 (2) 탐색적사고 * (3) 비판적사고 (4) 분석적사고 (5) 유추적사고 * (6) 융합적사고 (7) 창의적사고 (8) 통합적사고 * (9) 문제발견 (10) 문제해결		10		(1) 지적호기심 ** (2) 수식·기호의 과학 적 이해 **/* (3) 논리적사고 (4) 분석적사고 (5) 비판적사고 (6) 융합적사고 (7) 독창적사고 ** (8) 창의적사고 (9) 문제발견 (10) 문제해결 (11) 확률적사고 **/*	11	(1) 지적호기심 (2) 논리적사고 (3) 분석적사고 (4) 비판적사고 (5) 융합적사고 (6) 독창적사고 (7) 창의적사고 (8) 문제발견, (9) 문제해결	9									
			사회 정서				(1) 자아실현의지 + (2) 세계 최고 추구 * (3) 사명감 + (4) 도전 + (5) 열정 (6) 독자적 + (7) 근면		7		(1) 자아실현의지 + (2) 열정 (3) 사명감 + (4) 끈기와 인내 (5) 미학적감성 * (6) 사회적 기여	6	(1) 자아실현의지 (2) 열정 (3) 사명감 (4) 끈기와 인내 (5) 사회적 기여	5					
							태도 및 가치				(1) 대인관계역량 + (2) 협력 + (3) 윤리의식 (4) 봉사정신		4		(1) 올바른가치관 (2) 대인관계역량 + (3) 윤리의식 (4) 민주시민의식 *	4	(1) 올바른가치관 (2) 대인관계역량 (3) 윤리의식	3	
											4				31		25		21

주. * 는 삭제된 항목임 (14항목), ** 는 생성된 항목임 (4항목), + 는 통합된 항목 (8항목 → 4항목)

고방식을 의미한다(Spencer & Spencer, 1993). 각 역량은 그것의 의미, 기능, 가치 등으로 정의되며, 그 수준은 역량을 발휘하는 정도를 말하는 것으로, 행동의 완결성, 영향력, 혁신(Spencer & Spencer, 1993)에 대한 종합적 판단을 Likert 5점 척도로 평가하도록 하였다. 대학에서 얼마만큼의 노력을 필요로 하는지를 보여주기 위해 입학시와 졸업시의 역량 수준을 구분하고 있다. 활동지표는 이 역량을 발휘하는데 요구되는 태도, 자세, 활동, 인식 등을 말하며, 활동지표에 동의한 패널수를 평균 빈도수로 제시하고 있다.

1) 1차 조사를 통한 창의역량모델(수정안) 도출

델파이조사 1차에서는 6개 영역 보편적으로, 4역량군_25역량_203활동지표 모델이 적합한 것으로 분석되었다. 지식 및 기술 역량군에는 4역량, 52개 활동지표가, 사고 역량군에는 11역량, 75개 활동지표가, 사회정서 역량군에는 5역량, 33개 활동지표가, 그리고 태도 및 가치 역량군에는 4역량, 43개 활동지표가 산출되었다. <표 III-6>과 같다. 1차 조사 결과는 역량군별 역량명과 활동지표 수만 제시하고, 2차 조사 결과에서 자세하게 제시하고자 한다.

(1) 지식 및 기술 역량군

지식 및 기술 역량군에서는 4역량-전문지식체계·복잡계이론·융합지식·의사소통기술-이 추출되었다. 활동지표 수는 총52개로, 전문지식체계 34개, 복잡계이론 3개, 융합지식 7개, 의사소통기술 8이다.

(2) 사고 역량군

사고 역량군에서는 11역량-지적호기심·수

<표 III-6> 1차 조사 결과: 역량군, 역량수, 활동지표수

역량군	역량수	활동지표수
지식 및 기술	4	52
사고	11	75
사회정서	6	33
태도 및 가치	4	43
4	25	203

식 및 기호의 과학적 이해·논리적사고·분석적사고력·비판적사고·융합적사고·독창적사고·창의적사고·문제발견·문제해결·확률적사고-이 추출되었다. 활동지표 수는 총75개로, 지적호기심 6개, 수식 및 기호의 과학적 이해력 2개, 논리적 사고 9개, 분석적사고력 4개, 비판적사고력 8개, 융합적사고력 14개, 독창적사고력 3개, 창의적사고력 9개, 문제발견력 3개, 문제해결 15개, 그리고 확률적사고 2개이다.

(3) 사회정서 역량군

사회정서 역량군에서는 6역량-자아실현의지·열정·끈기와인내·미학적감성·사명감·사회적 기여-이 추출되었다. 활동지표 수는 총33개로, 자아실현의지 7개, 열정 7개, 사명감 8개, 미학적 감성 3개, 끈기와 인내 4개, 사회적 기여 4개이다.

(4) 가치 및 태도 역량군

가치 및 태도 역량군에서는 4역량-올바른가치관·대인관계·윤리의식·민주시민의식-이 추출되었다. 활동지표 수는 총43개로, 올바른 가치관 7개, 대인관계 27개, 윤리의식 8개, 민주시민의식 2개이다.

2) 2차 조사를 통한 창의역량모델(최종안)

도출

델파이조사 2차 자료 분석 결과, 6개 영역에서 총 21역량, 171활동지표가 산출되었다. 1차 분석에서 추출한 25역량 중, 1개 역량(사회정서 역량군의 미학적 감성)이 삭제되었고, 활동지표수가 3개 미만인 3개의 역량(사고 역량군의 수학 및 기호의 과학적 이해, 확률적 사고; 태도 및 가치 역량군의 민주시민의식)은 그 속성을 결정하기 어렵다고 판단되어 삭제되었다. 2차 자료 분석 결과는 다음과 같다.

(1) 지식 및 기술 역량군

‘지식 및 기술’ 역량군에서는 4역량-전문지식체계·복잡계이론·융합지식·의사소통기술-과 46개 활동지표가 추출되었다. 이에 속하는 역량은 전문지식체계(30개 활동지표, 이후부터 활동지표수만 제시함), 복잡계이론(3), 융합지식(5), 그리고 의사소통기술(8)이다. 역량별 수준은 입학시의 전체 평균이 1.89, 졸업시의 전체 평균이 3.75로 나타났다.

당 역량군에서 역량 수준이 가장 높은 것은 입학시는 전문지식체계($M=2.26$)이고, 졸업시는 의사소통기술($M=4.22$)이다. 반면, 가장 낮은 것은 입학시와 졸업시 모두 융합지식($M=1.35$; $M=3.12$)이다. 한편, 입학시와 졸업시 수준이 가장 큰 차이를 보이는 역량은 의사소통기술($M=1.94$, $M=4.22$)이다. 이는 입학시에는 크게 기대를 하지 않으나 재학 동안 높은 향상을 보여야 하는 주요 역량으로 인식하고 있다.

이러한 결과는 당 역량군에서 전문지식체계가 매우 큰 비중을 차지하며, 고난도의 역량을 요구하는 것이라 간주할 수 있다. 특히, 의사소통기술 역량은 과학 기술 분야에서는

물론 전문가 사회에서는 매우 중요한 것으로, 전문가와의 교류 및 전문성 확장에 필수적인 역량으로 정의되고 있다.

활동지표 수와 관련해서도 전문지식체계가 30개(65%)로 가장 많은 것으로 보고되었다. 반면, 복잡계이론은 3개(6.5%)로 가장 적은 것으로 보고되었다. 이는 대학 시절에 전문지식 및 기술을 체계적으로 습득하는 것이 매우 중요한 과업으로 패널은 인식하고 있음을 반영한다. 한편, 복잡계이론은 중요하지만 실제 세상의 전체성에 대한 이해나 연구활동에서 필요로 하는 고난도의 지식이므로 아직은 시기상조로 패널은 인식하는 것으로 추정된다.

역량별 활동지표를 선택한 패널의 평균빈도수는 의사소통기술이 가장 높게($M=15.4$, 77%) 나타났다. 이는 그 역량의 중요도를 어느 정도 반영하는 것으로 본다. <표 III-7>에 지식 및 기술 역량군의 역량별 개념정의를 비롯하여 자세한 내용이 제시되고 있다.

(2) 사고 역량군

사고 역량군은 역량모델(수정안)에서 2개 역량(수식 및 기호의 과학적 이해력, 확률적 사고력)과 12개 활동지표가 삭제되어, 총9개 역량과 63개 활동지표로 구성되었다. 이 역량군에 포함되는 역량은 지적 호기심(6), 논리적 사고(6), 분석적 사고(4)(노윤신, 리상섭, 2013), 비판적 사고(6), 융합적 사고(12), 독창적 사고(3), 창의적 사고(8), 문제 발견(3), 문제 해결(15) 등이다. 역량별 수준은 입학시 전체 평균이 2.04, 졸업시 전체 평균이 3.89로, 입학시 약간의 사고력 역량을 필요로 하며, 졸업시에는 비교적 높은 수준의 사고역량을 갖추어야 한다고 보고 있다. 입학시 가장 높은 수준의 사고 역량은 지적호기심($M=2.84$)이고, 가장

〈표 III-7〉 지식 및 기술 역량군의 역량명, 역량정의, 수준(입학시-졸업시 평균), 그리고 활동지표수 (N=20)

역량명	역량 정의	수준-(평균) 입학시/졸업시	활동 지표수	평균 빈도수 (%)
전문 지식체계	학문을 한다는 것은 새로 발견한 과학 현상을 기존의 언어나 기호를 사용하여 명확하게 개념화하는 과정이다. 따라서, 새로운 현상을 예측함에 있어서 기존의 전문지식체계는 학문의 근본이다. 즉, 전문지식체계란 고유 학문 영역을 탐구하는데 기본적으로 요구되는 개념 및 전문지식이며, 이들이 유기적, 통합적으로 연결된 체계를 의미한다.	2.26 / 4.16	30	13.5 (67.5)
복잡계 이론	세상 모든 것들은 다양한 요소들의 상호작용을 통해 나타나는 복잡계이다. 실제세상의 현상이란 그것을 구성하는 요소들 간의 상호작용이 더해져서 독특한 창의성을 드러내어 전체를 이룬다는 전체주의적(holistic) 접근으로 세상을 이해하는 이론이다.	1.82 / 3.35	3	12.7 (63.5)
융합 지식	배운 지식을 살아있는 지식으로 활용할 때, 과학적 활동이 가치를 지닌다. 이 때 고유 영역 내 세부 분야 간의 융합 지식과 영역 외 타 영역 간의 융합 지식 또는 인접해 있는 영역의 간 학문적 지식은 필수적이다. 뿐만 아니라, 타인의 신념 및 감정에 공감할 수 있는 인문학적 소양 또한 중요하다.	1.35 / 3.12	5	13.8 (69.0)
의사소통 기술	과학 및 기타 사회영역에서 협업은 다반사이므로 남들과 정확하게 소통하는 것은 매우 중요하다. 이에 의사소통 기술은 전문가들 간의 교류를 통해 학제적 인식의 폭을 넓히려는 학문적 능력 중의 하나로, 한글과 영어를 사용하여 글과 말로 자신의 지적 생각과 느낌을 타인에게 효율적으로, 그리고 설득력 있게 전달하는 표현능력을 의미한다. 쓰기, 말하기, 듣기 기술이 이에 속한다.	1.94 / 4.22	8	15.4 (77.0)
4		1.89 / 3.75	46	13.9

낮은 역량은 문제발견(M=1.40) 역량이다. 호기심이 높은 것은 과학 기술 분야의 창출이 호기심에서 시작하고 그것을 지속가능하게 하기 때문이며, 반면, 문제 발견이 낮은 것은 그 역량이 전문지식체계의 구축 위에서 발휘되는 것으로 인식하고 있다고 여겨진다.

졸업시, 가장 높은 수준의 역량은 논리적 사고(M=4.33)과 분석적 사고력(M=4.28)이고, 가장 낮은 역량은 융합적 사고(M=3.47)로 나타났다. 한편, 입학시와 졸업시 수준 간에

큰 차이를 보이는 역량은 문제발견(입학시 M=1.40, 졸업시 M=3.93)과 융합적 사고(입학시 M=1.47, 졸업시 M=3.47)이다. 이는 대학에서 체계적 전문지식의 습득과 실제 문제를 다루는 연구활동을 통해 향상시켜야 하는 중요한 역량으로 인식하고 있음을 반영한다.

이러한 결과는 다수 패널들이 대학과정에서 사고 역량군이 매우 중요한 역량으로 인식하고 있음을 반증한다. 이는 대학생들이 가까운 미래에 본격적으로 시작하게 될 연구활동

〈표 III-8〉 사고 역량군의 역량명, 역량 정의, 수준(입학시-졸업시 평균), 그리고 활동지표수 (N=20)

역량명	역량 정의	수준(평균) 입학시/졸업시	활동 지표수	평균 빈도수 (%)
지적 호기심	훌륭한 성취를 이룬 대부분의 과학자는 지적 호기심을 충족시키고자 학문을 하였으며, 궁극적으로는 인류의 지적 확장에 기여해 왔다. 지적 호기심이란 자연 현상 및 '알려지지 않은 지식'에 대한 강한 호기심, 열망으로 원리를 궁금해 하고 이를 밝히려는 지적 태도이다. 이것이 과학교육의 목표의 하나가 되어야 한다.	2.84 / 3.95	6	15.8 (79.0)
논리적 사고	모든 자연과학 분야에서 필요로 하는 핵심역량 중, 가장 기본이 되는 역량으로 논리적 사고를 들 수 있다. 이는 자신의 생각의 옳고 그름을 분명하게 판별하며, 명확한 근거를 가지고 결과를 도출해내는 사고 역량을 뜻한다.	2.50 / 4.33	6	14.3 (71.5)
분석적 사고	모든 자연과학 분야에서 기본이 되는 사고 활동으로 분석적 사고를 들 수 있다. 데이터와 이론을 포함하여 다양한 이론이나 주어진 대상을 여러 각도에서 체계적으로 분석하는 사고 역량을 말한다. 말하기, 듣기 기술이 이에 속한다.	2.33 / 4.28	4	14.5 (72.5)
비판적 사고	과학적 대상의 본질을 이해하기 위해 개념, 정보, 지식을 능동적으로 수집하고, 수집한 내용들을 통해 원리를 터득하는 반면, 이들을 의심하고 면밀하게 살피면서 새로운 시각에서 해석, 비판하여 새로운 사실을 탐구·추론하는 사고 역량을 의미한다.	2.06 / 3.94	6	13 (62.0)
융합적 사고	융합적 사고란 다채로운 현상들 또는 학습한 개별 지식들이 유기적으로 연결되어 있는 패턴을 찾아 통합하는 사고 활동으로서, 자연 현상의 본질을 근원적으로 이해하고 부분이 아닌 전체를 폭넓게 이해함은 물론 관련 지식을 체계적으로 정리하고, 실제 문제해결에 응용, 활용하는데 유용하다. 이는 연합적, 통합적, 종합적 사고 활동을 포함함으로써 조각 정보들을 통합하여 의미있는 대안을 창출하고 창의적 업적으로 이어지도록 한다.	1.47 / 3.47	12	11.9 (59.5)
독창적 사고	기존 지식의 틀에 갇히지 않고 자신만의 독자적인 방식으로 자연을 해석하고 이해하는 사고 역량이다.	1.80 / 3.73	3	13 (65.0)
창의적 사고	기존 지식을 바탕으로 문제해결을 위한 아이디어의 생성, 지식의 재구성, 응용 등으로 새로운 창출을 일구어내는 자기조직적 사고 역량을 의미한다.	2.00 / 3.63	8	12.4 (62.0)
문제 발견	과학적 현상에서 아직 밝혀지지 않은 부분을 찾아 그것을 구체적인 문제로 정의하는 사고 활동이다.	1.40 / 3.93	3	13.3 (66.5)
문제 해결	기존 지식을 활용하여 주어진 문제를 정확하게 이해한 다음, 과학적 사고체계를 통해 문제를 해결해 내는 활동 역량이다. 즉, 문제해결을 위해 관찰-가설설정-가설검증-분석-가설 재설정으로 이어지는 과정을 통해 새롭게 재구성한 지식을 검증하는 능동적인 학문적 역량이다.	2.00 / 3.73	15	12.9 (64.5)
9		2.04 / 3.89	63	13.5

을 위해, 더군다나, 글로벌 리더로 활약함에 있어서 다양하고 고차적인 사고 역량은 필수이기 때문으로 판단된다.

한편, 활동지표 수는 문제해결(15개, 24%) 역량이 가장 많고, 독창적 사고력(3개, 4.8%), 문제발견력(3개, 4.8%) 역량이 가장 적은 것으로 나타났다.

이러한 현상은 문제해결 역량이 이공계 대학의 랩에서 주로 이루어지는 활동으로, 학부생의 경우에는 연구활동 맥락과는 다소 거리가 있기 때문일 것이다.

역량별 활동지표 선택 평균빈도수가 가장 높은 것은 지적 호기심($M=15.8$, 79%) 역량이다. <표 III-8>에 사고 역량군의 역량별 정의를 비롯한 수준, 활동지표 수 등이 제시되고 있다.

(3) 사회정서 역량군

‘사회정서’ 역량군에서는 5역량-자아실현의지·열정·끈기와 인내·사명감·사회적 기여-과 23활동지표가 추출되었다. 이는 1차 조사 결과보다 1역량(미학적 감성)과 10개 활동지표가 삭제된 결과이며, 속해 있는 역량은 자아실현의지(5), 열정(7), 끈기와 인내(45), 사명감(3), 사회적 기여(4)이다.

역량별 수준은 입학시 전체 평균이 2.78, 졸업시 전체 평균이 3.95로 보고되었다. 입학시와 졸업시의 평균차가 가장 적은 반면, 각각의 평균치는 전체 역량군 가운데 가장 높다. 이는 대학생의 학업 및 활동이 개인의 심리적 요인에 달린 것으로 인식되며, 다양한 대학생활을 통해 이 역량을 성장시켜나갈 것을 기대하는 것으로 판단된다.

당 역량군에서 입학시 가장 높은 수준의 역량은 열정(입학시 $M=3.44$)이며 가장 낮은

역량은 사회적 기여($M=2.25$)이다. 유사하게, 졸업시 가장 높은 수준의 역량은 자아실현의지($M=4.31$)이고, 가장 낮은 수준의 역량은 끈기와 인내($M=3.73$)이다.

활동지표의 수가 가장 많은 역량은 열정(7개, 30.4%)이다. 이는 개인이 오랜 세월 동안 과학적 활동을 지속하기 위해서는 그 과정에서 만나는 고단함과 어려움을 개인의 의지, 신념, 그리고 능동적 자세를 가지고 성취와 기쁨으로 승화시켜야 하는 많은 노력이 요구됨을 말해준다.

역량별 활동지표 선택 평균빈도수 가운데, 가장 높은 것은 ‘자아실현의지’($M=14.4$, 72%) 역량으로, 이도 마찬가지로이다. 자세한 내용은 <표 III-9>와 같다.

(4) 가치 및 태도 역량군

가치 및 태도 역량군에서는 1차 조사 결과, 1역량(민주시민의식)과 3개 활동지표가 삭제되어, 총 3개 역량과 39개 활동지표가 추출되었다. 올바른 가치관, 대인관계, 윤리의식(김동일 외, 2009) 역량이 이에 속한다.

역량 수준은 입학시 전체 평균이 2.15, 졸업시 전체 평균이 3.83으로 사회정서 역량 다음으로 높다. 당 역량군에서 입학시 가장 높은 수준의 역량은 올바른 가치관(입학시 $M=2.44$)이고, 가장 낮은 역량은 대인관계($M=1.83$)이다. 졸업시 가장 높은 역량은 역시, 올바른 가치관($M=4.00$)이고, 가장 낮은 역량은 대인관계($M=3.67$) 역량이다.

활동지표 수는 대인관계 역량(26개, 66.7%)이 월등히 많았고, 가장 적게는 민주시민의식(2개, 5.13%)이다.

이러한 결과는 창의적 과학 활동에 올바른 가치관, 대인관계, 그리고 윤리의식이 매우 중

<표 III-9> 사회정서 역량군의 역량명, 역량정의, 수준(입학시-졸업시 평균), 그리고 활동지표수 (N=20)

역량명	역량 정의	수준(평균) 입학시/졸업시	활동 지표수	평균 빈도수 (%)
자아실현 의지	역사적 과학의 성취는 개인의 남다른 학문적 성취를 통한 자아 실현의지에서 발로되었다. 자아실현의지는 인간의 기본 욕구를 뛰어넘어 자아를 실현하고 그것을 바탕으로 사회 구성원으로서 책임을 다하려는 의지를 뜻한다. 이를 위해 자신의 목표를 구체 적으로 설정하고 거기에 도달하고자 스스로 방법을 제시하는 경 향성을 나타낸다.	3.25 / 4.31	5	14.4 (72.0)
열정	열정이란 자신이 하는 일에 자발적으로 성실하게 최선을 다하 는 마음이다.	3.44 / 4.25	7	12 (60.0)
끈기와 인내	끈기란 자신이 하는 일을 쉽게 포기하지 않고 결과를 얻기 위해 꾸준히 하는 노력이며, 인내는 그 과정에서 만나는 피로움, 어려 움을 참아내는 역량이다.	2.00 / 3.73	4	13 (65.0)
사명감	스스로 '할 수 있다'는 유능감을 가지고, 인류 문제를 해결하겠 다는 사명감은 과학자가 나아가야 할 방향을 결정한다. 사명감 이란 자신의 행동에 대해 스스로 지는 의무감, 책임감, 근기(근 본이 되는 힘)로, 학문하는 목적이 사회와 인류에 기여하는데 있으며, 이를 위해 자신의 처지에서 최선을 다하는 마음 자세이 다.	2.73 / 3.80	3	10 (50.0)
사회적 기여	개인의 성취가 신분상승이나 이익추구를 넘어서서 사회에 이바 지 할 수 있는 요소까지 고려한다. 이는 인류의 안녕 및 사회 발전에 공헌하고자 하는 이타적 자세와 과학적 활동으로 사회 를 섬기겠다는 사회적 서비스 정신을 의미한다.	2.25 / 4.00	4	12 (60.0)
5		2.78 / 3.95	23	12.3

요한 자질임을 말하고 있다. 역량별 활동지표
선택 평균빈도 수가 가장 높은 것은 '윤리의
식' 역량(M=15, 75%)이다. 대인관계 역량의
경우, 활동지표 수가 가장 많음에도 불구하고
선택 평균 빈도수는 가장 낮은 낮게 보고되었
다. 특정 영역(수학, 컴퓨터공학)의 경우, 대인
관계역량에 전혀 관심이 없는 것으로 나타났
다. <표 III-10>에 역량별 개념정의를 비롯하
여 자세한 내용이 제시되고 있다.

IV. 이공계 대학생 창의역량모델의 타당성 탐색

1. 연구 참여자

델파이 조사를 통해 도출한 이공계 대학생
창의역량모델(최종본)의 현장적용 가능성 및
내용타당성 확인을 위해 FGI를 실시하였다.
각 기관별로 선발, 교육, 진로관련 보직 교수
및 관계자 10인, 총 20인이 참여했으며, 기관

<표 III-10> 가치 및 태도 역량군의 역량명, 역량정의, 수준(입학시-졸업시 평균), 그리고 활동지표수(N=20)

역량명	역량 정의	수준(평균) 입학시-졸업시	활동 지표수	평균 빈도수 (%)
올바른 가치관	올바른 가치관은 이타적이고 거짓됨이 없이 진취적인 의사결정을 하고 행동하는 선도적 역량이다. 이는 개인이 자신 및 타인의 행동을 공평한 잣대로 바라볼 수 있는 보편적, 합리적, 객관적 판단을 할 수 있는 신념으로서, 사회와 국가 그리고 그 구성원들이 지향하는 바를 이해할 수 있고, 이해관계를 떠나 약자의 편에서 행동할 수 있는 인식이다. 과학자는 이러한 역량을 기반으로 특정 행위에 대한 평가 역량을 가질 필요가 있으며, 또한, 과학의 덕목과 인식적 가치를 이해할 필요가 있다.	2.44 / 4.00	5	12 (60.0)
대인 관계	대인관계역량이란 연구 활동 혹은 일상에서 타인을 배려하고 존중하며 서로 조화롭게 지내는 능력으로, 타 연구자와 진리 탐구를 위해 열린 마음을 가지고 연구 협력 및 지적 교류를 원만하게 지속하는 역량을 의미한다. 과학적 깨달음과 성장은 타인과의 지적 교류에서 비롯되는 것으로, 사람과의 관계 맺기와 예의범절은 학문함의 근본이 된다. 이는 자신과 다른 사람을 아끼고 존중하는 온심, 그리고 공공선을 위해 희생할 줄 아는 이타적 협력의 의미를 내포하고 있다. 실제 학계를 이끌어가는 대부분의 과학자들은 관련 분야 및 주변 사람들과 협력하고 좋은 관계를 지속하는 뛰어난 대인관계역량을 지니고 있다.	1.83 / 3.67	26	11.8 (59.0)
윤리 의식	윤리의식은 모든 과학자의 근간이 되는 자질이다. 이는 더불어 사는 사회 정의가 무엇인지를 잘 이해하고 판단함으로써 남을 속이거나, 남의 것을 훔치지 않으며, 결과를 속이지 않고 정직하게 과학 활동을 하는 - 사고하고 읽고 쓰고 행동하는 - 과학자로서의 사회적 책무를 다하려는 의지이다.	2.17 / 3.83	8	15 (75.0)
3		2.15 / 3.83	39	12.9

별로 진행되었다. <표 IV-1>과 같다.

2. 자료 수집

본 연구에서 FGI의 실행은 새로운 산출물인 ‘이공계 대학생 창의역량모델’의 성공적 활용을 위한 분석 과정으로서, 이는 사실과 인식을 확인하는데 가장 좋은 방법으로, 목적, 목표, 우선순위의, 어려운 문제 등을 보다 명확

하고 성공적으로 확인, 해결하는데 효과적이다(Van Tiem, Mosely, & Desiinger, 2012).

FGI를 통해 모델 소개와 모델의 현장 적합성 및 활용도 등에 대한 의견수렴에 초점을 맞추어 진행되었다. 모델 소개는 모델 개발의 목적, 개발 과정 및 내용 구성, 그리고 활용 등에 대한 이해, 그리고 인재상 수립, 선발 및 교육 평가, 진로선택의 근거자료로서의 활용을 돕기 위한 목적으로 진행되었다. 적합성 검토

〈표 IV-1〉 이공계 대학생 창의역량모델 타당화 참여자수

지원부서	선발/진로	교육
참여자수	12	8
(S대/K대)	(6/6)	(4/4)
계	20인	

는 모델이 제시하는 대학생의 역량 개발을 위한 교육 방법 및 교수-학습 전략의 개선에 대한 논의와 학생역량의 자기진단 및 자기관리를 위한 시스템 등에 대한 논의가 진행되었다. 소요시간은 약 2시간이다. 자세한 내용은 <표 IV-2>와 같다.

3. 자료 수집 도구

질문지는 이공계 대학생 창의역량모델의 적절성과 유용성에 대한 대학현장 전문가들의

〈표 IV-2〉 FGI 진행 내용

구분	세부 항목
목적	- 기관 경영자, 교수자, 학생의 교육관련 정보 공유 - 목표 설정 기반자료 제공
모델 소개	- 개발 과정 - 내용 구성 - 사용 방법
활용	- 인재상 수립 - 선발 평가 요소, 준거 - 교육 목표, 평가 요소 반영 - 증거기반 진로 선택
적합성 검토	- 교육 방법 확장 논의 - 교수-학습 전략 개선 논의 - 학생 자가 진단/관리 시스템 논의

검토, 확인을 위해 조직되었다. 질문은 6개의 반구조화 개방형 질문이다.

- ① 이공계 대학생 역량모델이 필요한가? ② 역량모델 개발 과정이 체계적이고 과학적인가? ③ 역량모델은 이공계 대학생들이 미래 창의적 과학자로 지속성장하는 데 필요한 역량과 활동지표로 구성되어 있는가? ④ 역량모델이 이공계 대학의 인재상, 선발체제, 교육 목표(Chouhan & Srivastava, 2014) 수립, 그리고 평가 요소 개발에 활용할 정교한 정보를 제공하는가? ⑤ 역량모델이 제시하는 학생의 역량 개발을 위해 어떤 교육적 노력이 필요한가? ⑥ 학생의 자기진단도구 및 자기관리 시스템으로 활용가능성이 있는가?

4. 분석 방법

FGI를 통해 수집한 자료는 수기로 요약되어 질적 분석이 이루어졌다.

5. 연구 결과

FGI에 참여한 관계자들은 모델 소개를 통한 이해를 기반으로 연구자가 제시한 6가지 질문에 대한 의견을 자유롭게 제시하였다. 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

1) 이공계 대학생 역량모델이 필요한가?

첫째, 한국의 국가 과학자의 삶을 토대로 준거가 설정, 제시되어 매우 가치있는 개념모델로 인식하였다. 둘째, 당 모델은 이공계 대학 학교 당국은 물론, 교수자, 학생 모두가 공유할 가치가 있으며, 동시에, 각자의 입장에서 보다 나은 학교 경영, 보다 적절한 수업 운영, 그리고 경쟁력 있는 인재로 성장하기 위한 자

기관리를 위해 필요하다고 공감하였다.

2) 역량모델 개발 과정이 체계적이고 과학적인가?

첫째, 면담 참여자는 본 연구가 학문적으로 역사적 성취 사례와 세계적 과학자의 성취 사례 연구에서 도출된 개념모델에 토대를 둬으로써 과학적인 접근으로 인식했다. 둘째, 면담 참여자는 본 연구가 학문적 체계, 연구참여자 선정체계, 타당화 체계 등, 일련의 연구가 방법론적으로 매우 계획적이고 체계적으로 진행된 것으로 평가하였다. 이를 테면, 연구 참여자들이 연구와 교육에 크게 기여하는 보직 교수가 참여함으로써, 내용의 신뢰성과 타당성을 인정한다고 했다.

3) 역량모델은 이공계 대학생들이 미래 창의적 과학자로 지속성장하는데 필요로 하는 역량과 활동지표로 구성되어 있는가?

첫째, 역량 및 활동지표가 특정 맥락에서 필요로 하는 학생의 지식 및 기술, 의지, 태도, 활동 등을 구체적으로 제시하고 있으므로, 현재의 상황과 해결해야 할 문제에 한 진단과 처치를 동시에 할 수 있는 유용한 도구가 될 것으로 인식했다. 둘째, 학생 스스로 할 수 있는 부분도 많지만, 학교 차원에서 지원해야 할 측면이 많다고 보았다.

4) 역량모델이 이공계 대학의 인재상 수립, 선발체제 수립, 그리고 교육 목표 및 평가 요소 개발에 활용할 정교한 정보를 제공하는가?

첫째, 본 연구가 역사적, 세계적 성취 사례에 근거를 둔 과학적이고, 체계적으로 진행됨으로써 인재상 수립 및 학생 선발에 유용함은 물론, 기관이 나아가야 할 방향을 설정하는데

큰 도움이 될 것으로 인식하였다. 둘째, 학생 평가를 위한 요소, 방법, 내용 등에 대한 근거 자료와 구체적인 정보를 얻을 수 있을 것으로 판단하였다.

5) 역량모델이 제시하는 학생 역량 개발을 위해 어떤 교육적 노력이 필요한가?

첫째, 학교 및 교수가 지원할 수 있는 다양한 수업 전략, 지원책을 제시하였다. 둘째, 학생을 이해하는데 많은 도움을 받을 수 있을 것으로 답변하였다.

6) 학생의 자가진단도구 및 자기관리 시스템으로 활용가능성이 있는가?

첫째, 학생스스로 학교 전체 속에서 자신의 위치를 점검하고, 다음으로, 타인과의 교류를 더욱 적극적으로 할 수 있는 방안을 마련하는 것이 필요하다고 인식하였다.

이러한 응답은 대부분의 참여자들이 이공계 대학생 역량모델의 필요성, 과학적 연구 개발, 선발 및 교육 전반에서의 높은 활용 가치 등에 대해 공감하고 있음을 반증한다. 특히, 참여자들은 역량모델을 실제로, 폭넓게 그리고 유익하게 활용할 수 있는 방법을 강구할 필요가 있다고 피력했다.

V. 논의 및 결론

본 연구는 크게 세 단계의 연구를 통해 진행되었다. 첫 번째는 세계적 성취를 이룬 창의적 과학자의 역량모델 개발 과정이었다. 다음은 세계적 성취를 지향하는 우리나라 최고 대학의 이공계 대학생 창의역량모델을 개발하

는 과정이었다. 마지막으로, 이공계 대학생 창의역량모델이 대학의 주요 기능인 학생 선발, 교육 및 수업, 평가, 그리고 학생의 진로에 유용하게 활용할 수 있는지에 대한 현장 적용 가능성 탐색과 내용타당성을 검토하기 위한 FGI를 실시하였다. 이는 이공계 대학생이 현재, 그리고 미래에 활동할 장을 펼쳐 보임으로써, 개인이 지녀야 할 역량의 범위와 수준, 그리고 나아갈 방향을 명확하게 한다. 또한, 격렬한 경쟁 속에서 참여한 성취를 위한 효과적인 수행을 위해 정교한 정보를 제시한다 (Lucia & Lepsinger, 1999). 이에 더하여, 학교의 선발/진로 및 교육을 전달하는 관계자와의 여러 차례의 면담을 통해, 역량모델의 활용 가능성을 확인함으로써, 그것의 적절성과 유용성을 탐색할 수 있었다.

첫째, 창의적 과학자의 창의역량모델은 어떤 역량으로 구성되는가? 창의적 과학자 창의역량모델은 그들이 창의적 업적을 발현하는데 요체가 되는 창의적 역량들로 구성된다. 개인 역량군은 특성(높은 목표, 도전, 다양한 사고, 사명감), 경험(기반연구경험, 가지치기, 우연한 계기, 요동), 소통(표현 기술 및 논리적 표현)으로 구성된다. 실제 역량군은 현상(복잡계), 과제(융합과제, 쟁점문제, 문제구체화, 문제 정의), 지식(시대사조, 학문적 기반, 특수 기술, 지식창출)으로 이루어진다. 마지막으로 사회역량군은 지지(멘토, 운, 연구비지원, 연구동향 검색, 연구원과의 대화, 협력), 평가(세계 최초, 좋은 학생, 좋은 연구환경), 그리고 선택(사회적 기여, 명성)으로 구성된다. 이들 역량군은 외부의 변화에 민감하게 반응하면서 짧게는 15년, 길게는 30년에 걸쳐 지속성장하면서 창의적 발현을 일구어내었으며, 4단계-지식토대

단계·지식탐색단계·지식구성단계·지식발현 단계-를 거쳐 성장, 진화해왔다.

창의적 과학자 창의역량모델은 과학 기술 분야에서 최고의 영예를 얻은 과학자들의 성공적 과업을 규정짓는 역량들의 집합체로, 분야 내 최상의 준거를 제시하며, 산출 과정에 초점을 맞추어 접근함으로써 구조와 과정을 정밀하게 보여주는 구조를 지니고 있다. 이 산출 과정은 특히, 시스템적 접근을 통해 성장의 기제와 과정을 모두 보여줌으로써, 현재와 미래의 활동에 대한 정보 제공과 예측을 가능하게 한다(Sanghi, 2007). 특히, 개인과 환경 모두를 포괄하는 총체적 접근을 함으로써, 복잡성, 복합성, 중의성을 필요로 하는 대학생의 역량모델링에 적합하다(김동일 외, 2009; 노운신, 이상섭, 2013; 유덕현 외, 2013; 윤정일 외, 2007; 이애화, 최명숙, 2014; 임정훈 외, 2015). 각 단계별로 서로 다른 과업이 주어지거나 혹은 개인이 선택을 함으로써 내재된 역량과 행동이 반응을 하면서 재구조화하고 성장하는 과정을 세밀하게 보여주기 때문이다 (McClelland, 1993).

둘째, 이공계 대학생 창의역량모델은 이공계 대학생의 창의적 성장을 지원하는 모델로 적절하고 유용한가?

이공계 대학생 창의역량모델은 최종적으로 4역량군-지식 및 기술 역량군, 사고 역량군, 사회정서 역량군, 가치 및 태도 역량군-과 21 역량_171활동지표로 구성되었다. 지식 및 기술 역량군은 전문지식체계, 복잡계이론, 융합 지식, 의사소통기술 역량으로 이루어진다. 강성주, 김은혜, 윤지현(2012)의 연구에서는 전문 지식체계가, 김혜숙(2013)과 노운신, 이상섭(2013)의 연구에서는 의사소통능력이 도출되었

다. 사고 역량군은 지적호기심, 논리적 사고(김동일 외, 2009), 분석적 사고, 비판적 사고, 융합적 사고, 독창적 사고, 창의적 사고(김동일 외, 2009; 김혜숙, 2013; 노운신, 리상섭, 2013), 문제발견, 문제해결(강성룡, 이경화, 2012; 송홍준, 이병임, 2016) 역량으로 구성된다. 사회정서 역량군은 자아실현의지, 열정, 끈기와 인내, 사명감, 사회적 기여 역량으로 이루어진다. 마지막으로, 가치와 태도 역량군은 올바른 가치관, 대인관계, 윤리의식으로 구성된다. 이 결과는 김동일 외(2009)의 연구에서 도출된, 전공분야지식, 논리적 사고, 학습능력, 창의성, 리더쉽, 가치관 및 태도 등으로 구성된 대학생 핵심역량모델과도 유사하다.

연구의 결과는 세 가지 점에서 차별화된다. 한 가지는 세계적 창의적 과학자 창의역량모델을 기반으로 이공계 대학생 창의역량모델을 수립했다는 점이다. 이는 창의적 과학자 창의역량모델은 창의적 산출 발현과정에 초점을 맞추므로써 지식창출의 출발부터 성취까지 그 구조와 과정을 모두 보여줌으로써 창의역량의 성장에 대한 자세한 정보와 대학생 창의역량모델의 발달적 차별성의 당위성을 시사한다. 학생들은 세계적 과학자의 대학생 시절부터 세계적 과학자로 성장해오기까지의 온전한 삶을 들여다볼 수 있을 것이다. 또한, 4단계의 그림은 지금 학생들의 대학생의 시작하는 시점과 꼭 일치하므로, 학생들은 전문가가 되기 위한 겸허하고 소박한 준비와 진정한 인간적 삶의 청사진이다.

다른 한 가지는 델파이조사에 패널로 참여한 전문가가 우리 학생들을 교육하는 훌륭한 스승들이라는 점이다. 참여 전문가들은 훌륭한 세계적 과학자이면서 학생들의 교육에도 노력을 아끼지 않는 교육자이다. 전문가들의

제안은 학생들을 향한 스승의 이상향이다.

나머지 한 가지는 지금이 이를 활용할 수 있는 사회적 분위기 형성된 시의적절한 시점이라는 점이다. 4차 산업혁명이 하루가 다르게 빠른 변화를 쏟아내고, 2015 개정 교육과정 시행이 되면서, 우리는 혼미함 속에서 벗어나지 못하고 있다. 이 시점에서, 많은 연구자들이 개발해오고 있는 역량모델은 먼 미래를 위한 나침반이 될 것이다.

무엇보다 중요한 것은 이공계 대학생 창의역량모델을 언제, 어디에서, 어떻게 활용할 지에 대해 많은 고민이 있어야 한다는 점이다. 대학생 창의역량모델이 궁극적으로 학생의 진로결정과 성장에 기여할 때, 그것의 의미와 가치를 발할 것이다. 실제로, 기관은 선발, 교육과정 계획(Lucia & Lepsinger, 1999) 및 관리, 진로 안내 차원에서, 교수자는 수업과 지도, 평가 장면에서, 그리고 학생은 자가 진단, 처치하는 활동지표의 활용 등을 통해 그 목적이 실현된다. 역량모델의 개념에서 바라보면, 그것의 실현은 대학 구성원 전체가 함께하는 특정 공간에서 가능할 것으로 사료된다. 역량모델이 목적과 비전을 함께 공유하는 다양한 구성원들이 한 공간에서 만나서 의견과 정보를 교류하는 가운데 유용한 피드백을 받게 된다. 이러한 맥락 속에서 기관은 물론 개인의 역량이 비교, 해석 및 평가되고 그것의 가치를 판단하게 된다. 개인이나 기관이 의미있고, 정확하고, 정교하며, 실효성 있는 정보를 지속적으로 얻기 위해서는 다양한 개인, 상황, 맥락, 그리고 변화가 공존하는 공간이 절대적으로 필요하다. 역량모델의 진면목은 그 곳에서 창조적 성장을 할 것으로 기대된다.

본 연구는 본 역량모델을 직접 사용할 학생들의 반응을 조사하는 기회가 없었다는 점

이 한계로 남는다. 추후, 학생을 대상으로 한 설문조사를 통해 학생의 개인 특성이나 소속된 학부, 계열, 성별, 학년, 지역, 그리고 학습과 관련된 제반 사항에 대한 반응을 확인, 반영할 필요가 있다(이애화, 최명숙, 2014). 이를 통해, 요인 구조의 개선 내용 목록 개발, 자료의 균형, 그리고 발달 요소의 정교한 반영 등의 개선이 뒤따라야 할 것이다.

참고문헌

- 강성룡, 이경화 (2012). 문화예술교육사의 역량과 창의성. **창의력교육연구**, 12(3), 5-27.
- 강성주, 김은혜, 윤지현 (2012). 과학 영재의 역량 탐색 및 역량 사전의 개발. **영재교육연구**, 22(2), 353-370.
- 강정하, 조선희, 김미진 (2014). 과학 분야 창의적 산물 발현 연구: 과학자의 주관적 경험이 객관적 지식으로 발현하는 초기조직화 과정의 사례 분석. **영재교육연구**, 24(1), 113-147.
- 김동일, 오현석, 송영숙, 고은영, 박상민, 정은혜 (2009). 대학 교수가 바라본 고등교육에서의 대학생 핵심역량: 서울대학교 사례를 중심으로. **아시아교육연구**, 10(2), 195-214.
- 김혜숙 (2013). 대학교육과정의 창의핵심역량 요소에 대한 전문가 집단의 인식. **창의력교육연구**, 13(3), 145-163.
- 노윤신, 리상섭 (2013). 국내 4년제 대학교 대학생의 역량모델 구축 사례: D여대를 중심으로. **기업교육연구**, 15(1), 79-101.
- 박소연 (2010). 사회적 기업가의 역량 모델 개발 연구. **HRD연구**, 12(2), 67-87.
- 송홍준, 이병임 (2016). 대학생 창의적 문제해결 역량 측정도구 개발. **창의력교육연구**, 16(4), 53-68.
- 안진성 (2011). 델파이 기법(Delphi)과 계층적 의사결정방법(AHP)의 적용을 통한 전통정원의 보존상태 평가지표 개발. 박사학위논문. 성균관대학교 일반대학원.
- 유덕현, 유기원, 김민희, 신준석, 김부현, 윤세훈 (2013). 이공계분야 국가연구개발사업 수행대학 연구인력의 역량모델 및 교육훈련로드맵 개발. **HRD연구**, 15(3), 247-271.
- 유현숙, 김남희, 김안나, 김태준, 이만희, 장수명 (2002). 국가수준의 생애능력 표준 설정 및 학습체제 질 관리 연구(I), 연구보고 RR2002-19, 한국교육개발원
- 윤정일, 김민성, 윤순경, 박민정 (2007). 인간능력으로서의 역량에 대한 고찰: 역량의 특성과 차원. **교육학연구**, 45(3), 233-260.
- 이애화, 최명숙 (2014). 국내 대학생 핵심역량과 그 진단도구에 대한 연구동향 분석. **교육공학연구**, 30(4), 561-588.
- 임정훈, 박용호, 김미화 (2015). 대학생 역량모델 구축 연구: I대학교 사례를 중심으로. **HRD연구**, 17(2), 125-153.
- 한영식, 이경화 (2015). 핵심역량 함양을 위한 사회과 수업이 중학생의 핵심역량과 창의적 리더십에 미치는 효과. **창의력교육연구**, 15(1), 1-20.
- 홍성민 (2012). 신기술 분야 핵심과학기술인력의 역량 확보 전략. **과학기술정책**, 22(1), 21-33.
- Bartram, D., Robertson, I. T., & Callinan, M. (2002). Introduction: A for examining organizational effectiveness. In I. T. Robertson, M. Callinan(Eds.), *Organizational*

- effectiveness: The role of psychology*(pp. 1-10). Chichester, UK: Wiley.
- Cheetham, G., & Chivers, G. (2000). A new look at competent professional practice. *Journal of European Industrial Training*, 24(7), 374-383. doi:10.1108/03090590010349827.
- Chouhan, V. S., & Srivastava, S. (2014). Understanding competencies and competency modeling-A literature survey. *IOSR Journal of Business and Management(IOSM-JBM)*, 16(1), 14-22.
- Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity*. New York: Harper.
- Gruber, H. (2005). *Creativity, psychology and the history of science*. In H. Gruber, & K. Bödeker (Eds.). Springer: The Netherlands.
- Hasselhorn, M. (2008). Competencies for successful learning: Developmental changes and constraints. In J. Hartig, E. Klieme, & D. Leutner (Eds.), *The assessment of competencies in educational contexts*(pp. 23-43). HOGREFE.
- Hatch, J. A. (2008). 교육상황에서 질적연구 수행하기. [진영은 역]. 서울: 학지사. (원본 출간년도: 2002).
- Klieme, E., Hartig, J., & Rauch, D. (2008). Ch. 1. The concept of competence in educational contexts. In J. Hartig, E. Klieme, & D. Leutner(Eds.), *The assessment of competencies in educational contexts*(pp. 3-22). HOGREFE.
- Lucia, A. D., & Lepsinger, R. (1999). *The Art and Science of Competency Models: Pinpointing Critical Success Factors in Organizations*. Pfeiffer.
- McClelland, D. C. (1993). Ch. 1. Introduction. In L. M. Spencer & S. M. Spencer(Eds.), *Competence at work. Models for superior performance*(pp. 3-8). John Wiley & Sons, Inc.
- Sanghi, Seema (2007). *The handbook of competency mapping: Understanding, designing, and implementing competency model in organizations(2nd)*. SAGE.
- Spencer, L. M., & Spencer, S. M. (1993). *Competence at work. Models for superior performance*. John Wiley & Sons, Inc.
- Van Tien, D. M., Mosely, J. L., & Desinger, J. C. (2012). *Fundamentals of performance improvement*. San Francisco, CA: Pfeiffer.

투고일자: 2017. 11. 21

심사완료일자: 2017. 12. 14

최종 게재확정일자: 2017. 12. 28

<ABSTRACT>

**Exploring creativity as a mechanism for sustained growth of
the gifted in science and technology:
Based on developing a creativity competency model on undergraduates**

Kang, Jungha (KAIST)
Park, Sunhee (University of Virginia)
Kim, Chul (George Mason University, Korea)
Mun, Gyungho (Kongju National University)
Kim, Youngmin (KAIST)
Seok, Hye Eun (Ewha Woman's University)

This study proposes the creativity competency model for undergraduate students in science or engineering fields, by the proceeding research on competency factors which repel the creative outputs of well-established scientists in Korea. This paper consists of competency modeling for the key behaviors required for creative and excellent performance in the view points of global standard, competency modeling for undergraduate students in science or engineering fields and its reliability-validity. At first, based on structured face-to-face interviews of 12 creative scientists in Korea who well-recognized in their fields world widely, we successfully constructed competency model for the key behaviors required for creative scientist, called 'scientist creativity competency model'. Secondly, the model which called 'creativity competency model of the undergraduates in science or engineering(1st)' was converted into 4 categories with 31 potential competency factors and used for structured tools for Delphi survey for developing 'creativity competency model for the undergraduates. The Delphi survey had performed twice with 20 panels who were actively involved in education of undergraduate of S and K Universities. In the second survey, when the structured survey was updated based on conformance with the 'creativity competency model of the undergraduates in science or engineering(final)'. Finally, the proposed competency model has been validated through Focus Group Interview with 20 faculties and staffs who were involved in admissions, educations and career guidance in S and K Universities.

Key Words : creativity competencies, modeling, undergraduate, science or engineering

부록. 이공계 대학생 창의역량모델의 역량별 활동지표

1-1. 지식 및 기술 역량군: 전문지식체계

1	고유 영역의 기본 지식을 차근차근 체계적으로 습득한다.
2	수학을 학습할 때 증명하는 방법을 익히기 위해 노력한다.
3	고유 영역의 깊이 있는 지식을 얻기 위해 노력한다.
4	예습-수업-복습-문제풀이 과정을 성실하게 이행한다.
5	기본 지식 습득을 위해 일정 기간 동안 겸허한 자세로 임한다.
6	습득한 지식을 적용하는 능력을 키운다.
7	(일상생활에서) 인과관계나 원리를 파악할 수 있는 현상들에 대해 깊이 생각한다.
8	(평소에) 자연을 관찰하고, 기후변화나 자연생태계 변화를 논리적으로 분석한다.
9	자연현상을 수리적으로 이해하고 설명하기 위해 노력한다.
10	서로 다르게 보이는 자연현상들이 내포하고 있는 공통원리를 통합적으로 이해하고자 한다.
11	인접한 과목의 지식을 병합하는 능력을 키운다.
12	기본 지식을 학습함에 있어서 절대적이지 않다는 생각을 가지고 항상 “왜”라는 물음을 품고 대한다.
13	기초적 개념어들에 대한 명확한 이해와 자연적 실현, 관찰 결과와 개념과의 관계성을 명확히 함으로써, 이론의 한계점과 실험 해석의 정확도와 가정에 관한 문제점을 파악하는 역량을 함양한다.
14	기본 이론의 오류와 한계를 올바르게 인지하고자 노력한다.
15	기본 이론의 오류와 한계를 인지함으로써 도전해야 할 문제를 명확히 한다.
16	개념을 계대로 이해하기 위해 인접한 대상의 유사성과 차이점을 비교, 분석한다.
17	기본 지식에 대한 충분한 이해를 위해 지식체계를 갖고자 노력한다.
18	습득한 지식을 체계적으로 분류한다.
19	분류한 지식 체계에 대한 기본 개념과 키워드를 숙지한다.
20	당대 최고의 과학적 발견이었던 기존 지식들의 발견 과정을 고찰하여, 과학적 발견이 과학자에게 주는 지적희열을 간접 경험하고 기존 지식을 뛰어넘는 발견에 이르는 데 필요한 소양을 익힌다.
21	궁금한 것이 있을 때마다 스스로 해답을 얻기 위하여 노력한다.
22	수학의 기초 지식(대수, 해석, 기하 등)을 충분히 익혀 이해한다.
23	실험 측정의 정밀도와 해석의 정확도를 확보하는 역량을 함양해야 한다.
24	직관에 기대기보다는 역학적 바탕 위에서 현상을 기술한다.
25	(수리언어습득) 수학 학문을 계속하기 위하여 반드시 대수학, 해석학, 기하/위상에 대한 기본 지식을 습득하고 관심 주제에 적용하여 해결하는 능력을 기른다.
26	(수리언어습득)미분적분학, 선형대수학, 미분방정식 등의 도구로서의 수학을 충분히 숙지하여 자연의 본질을 이해하는데 활용하기 위해 노력한다.
27	(입자물리: 수리탐구력)입자물리는 우주의 기본법칙(기본 힘과 기본입자)을 탐구하는 학문이므로, 수학이라는 언어를 사용하여 자연을 이해하고자 한다.
28	(신경과 뉴런의 전기 생리학)뇌 또는 뇌세포와 같은 생물학적 대상에서 전기적 물리 현상이 어떻게 만들어지는지 호기심을 가진다.
29	(신경과 뉴런의 전기 생리학)뇌 또는 뇌세포와 같은 생물학적 대상에서 전기적 물리 현상이 어떻게 만들어지는지 호기심을 가진다.
30	(신경과 뉴런의 전기 생리학) 뇌와 컴퓨터의 유사성과 차이점에 대해 생각한다.
31	(수학 및 역학 기초) 수학 및 역학 기초란 공학 전공을 이해하는 데에 필요한 수학과 역학의 기본적인 지식을 익힌다.
32	문제를 수학적으로 정식화 하고자 한다.
33	수학을 이해하는 데에 있어서 공학 문제와 결부하여 Context 내에서 생각한다.

1-2. 지식 및 기술 역량군: 복잡계 이론

- 1 세상의 모든 것들은 다양한 요소들의 상호작용을 통해 이루어지는 복잡계임을 이해한다.
- 2 주변 사물이나 현상들을 구성요소와 상호작용으로 나누어 각각을 이해하고 그들이 만나서 생기는 독특한 창발현상에 대하여 이해하도록 노력한다.
- 3 지식을 습득할 때 무비판적으로 받아들이지 않고 항상 의심하고 다양한 각도에서 생각한다.

1-3. 지식 및 기술 역량군: 융합지식

- 1 해당 전공 분야와 인접한 타 분야 전공과목에도 적극적인 관심을 보인다.
- 2 필요 시 복수전공 또는 부전공을 채택한다.
- 3 문제 해결 시 요구되는 축적된 지식의 융합을 위해 노력한다.
- 4 협소한 특정 과학 분야뿐만 아니라, 다양한 전문지식을 접함으로써 학문을 거시적인 관점에서 바라 볼 수 있는 소양을 기르도록 노력한다.
- 5 과학의 사회적 가치와 과학자의 사회적 책무를 제대로 인지하기 위해서는 인문사회학에도 관심을 가진다.
- 6 지식을 받아들이는 것에 그치지 않고 근본 원리의 이해부터 응용 단계에까지 이르도록 노력한다.
- 7 의식, 감정, 기억과 같은 정신현상을 이해하기 위해 물리, 화학, 생물, 심리학, 컴퓨터과학 등에 대해서도 폭넓은 지식체계를 가지고자 한다.

1-4. 지식 및 기술 역량군: 의사소통기술

- 1 자신이 생각하는 바를 타인이 이해하도록 논리적으로 표현하는 능력을 갖추기 위해 노력한다.
- 2 평소에 많은 글을 읽고 쓰는 연습을 통해 독해 및 작문 능력을 기르고자 한다.
- 3 설득력 있는 글쓰기 등 언어 능력을 기르기 위해 노력한다.
- 4 과학의 국제 언어인 영어로 된 글(책, 논문 등)을 읽고 쓰는 연습을 한다.
- 5 습득한 지식을 전공자는 물론, 대중과도 공유할 수 있는 소통 능력을 기르기 위해 노력한다.
- 6 과학 분야에서는 다른 사람들과의 공동의 노력을 통해서 지식을 얻거나 결론에 도달해야 하는 일이 빈번하게 발생하므로, 여러 사람 속에서 자신의 역할에 대하여 정확하게 이해하고 다른 사람들과 협동이 원활하게 이루어질 수 있도록 정확하게 의사소통하기 위해 노력한다.
- 7 e-mail 혹은 보고서 등, 일상과 학습에 관련된 글쓰기에서 정성스럽게 어휘를 선택하고, 문법에 맞는 문장을 구사하며, 상황에 맞게 표현하고, 또한 작성된 글을 되고하는 것을 생활화 한다.
- 8 생물학 뿐 아니라 심리학, 컴퓨터과학, 문학, 그리고 철학 관련 문헌이나 정보를 자주 접하도록 하며, 관련 전문가 및 학자 등과 교류하고 소통하여 인식의 틀을 확대하고자 한다.

2-1. 사고역량군: 지적 호기심

-
- 1 자연의 이치에 대한 근원적인 궁금증을 가지고 배움에 임한다.
 - 2 사물이나 현상의 인과관계나 원리를 파악하고자 스스로 질문을 던진다.
 - 3 지식을 습득하고자 하는 강렬한 동기, 열망을 가지고 있다.
 - 4 과학 학습의 목표를 새로운 지식을 얻는데 두고 있다.
 - 5 왜 지식을 얻어야 하는가라는 질문에 대한 해답을 얻고자 한다.
 - 6 알려지지 않은 질문들이 무엇인지를 생각한다.
-

2-2. 사고역량군: 논리적 사고

-
- 1 수학적 기호 및 논리를 활용하여 자신의 생각을 논리정연하게 발전시켜 나간다.
 - 2 사고의 흐름에서 비합리적인 논리의 비약이 있는지 검토하는 습관을 가진다.
 - 3 문제풀이 과정에 대해 꼼꼼하게 분석하는 시간을 가진다.
 - 4 자신의 수행에서 잘 한 부분 혹은 못한 부분을 확인한다.
 - 5 끊임없는 문제 풀이를 통하여 자신의 능력을 분명하게 파악한다.
 - 6 끊임없는 문제 풀이를 통하여 필요한 능력을 향상시킨다.
 - 7 수학사 및 과학사 등을 통하여 고유 영역 학문의 발전에 대하여 이해한다.
 - 8 정의나 정리, 개념 등을 이해할 때, 위배되는 반례를 찾는 연습을 꾸준히 한다.
 - 9 사물을 대할 때 세심하게 관찰하여 원리를 파악하는 습관을 가지도록 한다.
-

2-3. 사고역량군: 분석적 사고

-
- 1 사물을 대할 때마다 전문지식을 토대로 현상의 성질을 꼼꼼하게 살펴본다.
 - 2 사물을 대할 때마다 전문지식을 토대로 여러 가지 현상들을 서로 비교한다.
 - 3 특정 현상의 인과관계를 정확히 파악하고 다양한 원인들 중에 현상에 직접적으로 연관되는 원인을 추론, 구별해 낸다.
 - 4 특정 현상의 다양한 원인들과 여러 결과들이 복합적으로 연결되어 있을 때, 각각의 인과관계를 논리적으로 추론하여 분류한다.
-

2-4. 사고역량군: 비판적 사고

1	사물 및 현상의 이면에 알지 못하는 다른 요소와 원인이 있을 수 있다는 폭넓고 열린 사고력을 키운다.
2	사물을 대할 때 세심하게 관찰하여 원리를 파악한다.
3	스스로 원리를 생각해보고 관련 문헌들을 참고하여 학습한다.
4	스스로 생각한 원리와 참고문헌을 비교·분석한다.
5	기존 지식을 비판적으로 이해하고자 노력한다.
6	파악한 원리를 꼼꼼히 비교하며 비판적으로 사고한다.
7	기존 지식을 습득함에 있어 오류는 없는지, 한계는 어떤 것인지를 살펴본다.
8	모든 지식은 완벽하지 않고 한계가 있음을 인식하고 새로운 지식 창출을 위한 소양을 갖추고자 노력한다.

2-5. 사고역량군: 융합적 사고

1	기존 지식으로부터 새로운 지식을 창출하는 과학이라는 학문에 대한 인식을 높이고자 노력한다.
2	주어진 상황에서 기존 지식들을 연결, 활용하면서 새로운 패턴을 찾으려고 한다.
3	지식의 패턴을 완성하는 과정을 통해 성취를 경험한다.
4	습득한 지식을 융합, 응용하고자 스스로 모색한다.
5	스스로 가진 지식체계를 활용하여 문제를 해결하려고 노력한다.
6	특정 현상을 설명하는 기존의 수식이나 지식이 실제 자연현상을 이해하는 데 어떻게 사용되는지를 이해하고자 한다.
7	기존 지식이 자연현상을 설명하기 위한 지식임을 알고 그것을 이용하여 새로운 현상을 설명하는 과학자의 능력을 익힌다.
8	전기와 자기, 전자기력과 약력 등과 같이 전혀 달라보이는 자연현상을 통합적으로 이해하고자 노력한다.
9	지엽적인 지식과 함께 다양한 자연현상을 아우르는 기본원리를 통찰하는 사고를 하고자 노력한다.
10	과학적 대상 및 활동에 대해 나무뿐만 아니라 숲도 보는 섬세하면서도 폭넓은 시각의 균형을 이루기 위해 노력한다.
11	비판과 분석에 그치지 않고 대안까지 제시할 수 있는 종합적 사고력을 키우고자 한다.
12	생물학을 기반으로, 심리학, 컴퓨터 과학 등에 대한 기본 지식 및 기술을 습득한다.
13	개별 현상이나 이론을 종합적으로 연결하여 하나의 체계적인 스토리텔링이 될 수 있도록 흐름을 종합적으로 구성한다.
14	분석된 자료들을 한 눈에 파악하는 직관력을 가지기 위해 인문학을 비롯한 다양한 학문의 다양한 방법론을 터득하고자 한다.

2-6. 사고역량군: 독창적 사고

1	기존 지식체계를 학습할 때, 자신만의 방식으로 체계를 재구성하여 이해하려고 노력한다.
2	기존 지식을 자신만의 독자적 재구성을 통해 더 깊은 이해와 메타 인지를 갖고자 노력한다.
3	기존 지식체계에 대한 독자적 시각을 가지려고 노력함으로써 남들이 보지 못하는 자연 현상에 대한 새로운 지식창출이 가능할 수 있다.

2-7. 사고역량군: 창의적 사고

1	새로운 개념을 접할 때, 그것의 가치나 목적에 대해서 먼저 생각한다.
2	수학을 학습할 때 자신만의 관점에서 해석해보려고 애쓴다.
3	기존 지식에 대한 올바른 이해를 바탕으로 남들과 다른 새로운 창출을 이끌어내기 위해 노력한다.
4	기존 지식을 바탕으로 알려지지 않은 것을 탐색하고 체계적으로 접근하고자 한다.
5	모르는 것에 대하여 의미있는 질문을 시도한다.
6	자신이 제기한 질문에 대하여 스스로 답하고자 노력한다.
7	질문에 적절한 답을 구하지 못할 시, 전문가 또는 동료의 도움으로 해결한다.
8	좋은 질문 그리고 적절한 해답을 구하기 위한 좋은 사고 방향 등이 무엇인지를 시행착오를 통해 스스로 찾고자 한다.
9	다양한 각도에서 문제를 바라보면서 새로운 방향으로 문제를 이해하고자 한다.

2-8. 사고역량군: 문제 발견력

1	사물을 대할 때 세심한 관찰을 통해 원리를 파악하는 습관을 기른다.
2	기존 지식으로 대상을 얼마만큼 이해할 수 있는지를 확인한다.
3	기존 지식의 약점 및 한계를 찾아본다.

2-9. 사고역량군: 문제해결력

1	과학 전반에 걸친 기초 지식을 습득하기 위해 노력한다.
2	주변 사물이나 현상에 대해서 과학적으로 이해하려고 노력한다.
3	복잡한 실제 문제를 분석적으로 쪼개면서 이를 논리적으로 정의하고자 노력한다.
4	복잡한 실제 문제를 구성하는 작은 문제들을 단계적으로 해결하는 훈련을 한다.
5	문제 해결에 필요한 전문지식을 다각도에서 검토, 채택하는 습관을 가진다.
6	문제해결을 위해 수많은 반복과 실패를 경험하는 탐구를 계속한다.
7	주변 현상을 변화시켰을 때 나타날 상황을 예측하기 위해 사고실험을 한다.
8	사고실험을 통해 도출한 예측을 실제 실험을 통해 검증해 본다.
9	과학 활동은 문제해결의 연속이므로 스스로 문제를 발굴, 해결하고자 노력한다.
10	과학 활동은 문제해결의 연속이므로 능동적 문제해결 소양을 갖추고자 노력한다.
11	독립적 문제해결과정에서 필요 시, 적극적으로 전문가의 조언이나 도움을 구한다.
12	다른 사람과의 협력 및 협동을 통하여 문제를 해결하고자 한다.
13	주어진 문제에 대한 정답을 찾기보다는 문제를 정의하고 가설과 해결 방법을 설정하는 연구 과정을 체득하고자 한다.
14	대학원 과정의 연구 활동에 참여하고자 한다.
15	가능한 한, 실행에 옮기기 전에 모사실험(simulation)하는 자세를 가진다.

3-1. 사회정서적 역량군: 자아실현의지

-
- 1 선조들이 이룬 지적 성취의 놀라움을 이해하고, 새로운 성취를 위해 노력한다.
 - 2 자연의 법칙에 대한 이해가 인류의 삶을 바꾸는 위대한 업적으로 연결됨을 염두에 둔다.
 - 3 자아실현이 궁극적으로 인류에 기여할 수 있다는 것을 염두에 둔다.
 - 4 지적 성취를 통한 자아실현의 즐거움과 삶의 가치를 존중한다.
 - 5 자신이 좋아하고 능력을 발휘할 수 있는 분야를 발견하고 구체적인 목표를 설정한다.
 - 6 자아성찰을 통해 평생 즐겨할 수 있는 직업을 찾고자 한다.
 - 7 진정한 자아실현을 통하여 자신의 성장뿐만 아니라 사회 발전에 기여하고자 한다.
-

3-2. 사회정서적 역량군: 열정

-
- 1 자신의 일을 근기를 가지고 끝까지 임한다.
 - 2 자신의 능력에 대해 강한 믿음을 가지고 뜻하는 바를 지속한다.
 - 3 스스로를 사랑하는 마음을 가진다.
 - 4 하고 있는 일에 능동적인 자세를 가지고 임한다.
 - 5 하고 있는 일로부터 성취감을 경험한다.
 - 6 자신의 하는 일이 항상 재미있고 중요한 일이라는 생각을 가지고 임한다.
 - 7 자신이 좋아하는 분야에 대한 최신 지식을 계속 접하면서 흥미를 유지시킨다.
-

3-3. 사회정서적 역량군: 사명감

-
- 1 자신은 학문적으로 큰 기여를 해야 한다는 책임의식을 가진다.
 - 2 자신은 학문적 기여를 위해 학생으로서의 본분을 다하기 위해 노력한다.
 - 3 인류에 기여한 역사적 과학자들의 다양한 삶을 이해하고자 한다.
 - 4 국제적 리더로 성장하겠다는 포부와 응지를 가진다.
 - 5 과학이 직면한 최고의 난제인 의식과 마음의 문제를 해결하겠다는 사명감을 가진다.
 - 6 자신이 학문에 집중할 수 있게 된 사회구조적 상황에 대한 감사한다.
 - 7 사회, 정치, 문화의 긍정적 변화를 주도할 지식 창출의 사명감으로 학문에 임한다.
 - 8 자신의 학문은 체험을 통한 공동체 의식, 믿음, 봉사정신의 발로라고 생각한다.
-

3-4. 사회정서적 역량군: 끈기와 인내

-
- 1 확고한 신념을 가지고 자신이 추구하는 바를 찾아 꾸준히 해나간다.
 - 2 학문을 함에 있어서 쉽게 포기하거나 현상에 대한 피상적인 결론을 내리지 않고, 끈기를 가지고 일에 몰두한다.
 - 3 원하는 것을 이루기 위해 끈기를 가지고 험겨운 과정을 이겨낸다.
 - 4 문제해결을 위해 참을성과 끈기를 가지고 노력한다.
-

3-5. 사회정서 역량군: 사회적 기여

-
- 1 학업적 성취가 자아실현이나 꿈의 실현에 그치지 않고, 자신이 사회 구성원으로서 다양한 영역에서 소임을 다하고 사회를 섬기겠다는 공동체 의식을 가지고 있다.

 - 2 타인의 삶과 사회 및 인류에도 관심을 가지고, 현재의 사회 현상에 대하여 문제 의식을 가지기 위해 노력한다.

 - 3 인류가 직면하고 있는 현실적·잠재적 문제에 대해 고민한다.

 - 4 공적 영역에서의 자신의 역할에 대해 고민하고, 자신의 직업과 삶의 의미를 보다 폭넓은 사회적 영역에서 찾고자 한다.
-

4-1. 태도 및 가치 역량군: 올바른 가치관

-
- 1 자신의 행동을 타인의 관점에서 해석하고자 하고, 타인을 존중하는 태도를 가진다.

 - 2 “소탐대실”의 의미를 마음에 새겨둔다.

 - 3 자신의 가치관이 사회적 규범의 변화에 잘 부합하는지를 헤아리는 노력을 지속한다.

 - 4 다양한 동아리 활동을 통해 다른 사람들의 사고방식을 이해한다.

 - 5 의사결정 시에 분명한 자신만의 기준을 가지고 소신있게 대처하고자 노력한다.
-

4-2. 태도 및 가치 역량군: 대인관계 역량

-
- 1 학업적으로 혹은 일상에서 주변 사람들과 원만하게 지낸다.

 - 2 연구 활동 및 사회생활에서 남을 배려한다.

 - 3 연구 활동 및 사회생활에서 좋은 인간관계를 가진다.

 - 4 자신의 능력과 기대 수준을 이해한다.

 - 5 자신의 장단점을 정확하게 파악한다.

 - 6 자신의 위치를 명확히 한다.

 - 7 자신의 지적 능력이 축복받은 것임을 이해한다.

 - 8 자신이 사회로부터 받는 많은 혜택에 대해 깨우친다.

 - 9 학문을 계속할 수 있다는 것이 행복한 일임을 이해한다.

 - 10 과학이 많은 사람들의 전문성을 공유함으로써 발전하는 학문임을 이해하고 있다.

 - 11 현대과학은 거대과학이며 팀을 이루어 연구하는 기회가 많은 만큼, 타인의 주장에 귀 기울이고 논리적인 대화로 갈등을 풀어나가도록 노력한다.

 - 12 학문적 및 정신적 교류를 위해 다양한 사람과 대화하는 기회를 가지고자 한다.

 - 13 온라인상에서, 오프라인으로 다양한 사람들과 만나서 상호작용하고자 한다.

 - 14 다른 사람의 의견을 겸손히 경청하는 자세를 갖고자 노력한다.
-

4-2. 태도 및 가치 역량군: 대인관계 역량

(계속)

-
- 15 자신의 식견, 타인의 의견, 자연, 과학적 활동 등 모든 면에서 겸손한 태도를 가진다.

 - 16 자신 및 타인의 의견과 생각을 교류, 공유하는 기술을 향상시키고자 한다.

 - 17 동료들과 Group study 및 토론을 통해 생각을 교류한다.

 - 18 상대방의 발표에 대하여 질문하고 제언하는 연습을 한다.

 - 19 자신의 의견에 대해 끊임없이 비판적으로 질문함으로써 그것의 한계를 체득한다.

 - 20 과학적 활동을 시작하기에 앞서 타 연구자와 지식을 교류, 협력하여 사고한다.

 - 21 과학적 활동을 시작하기에 앞서 활동의 결과물이 단순히 개인의 소유물이 아닌 타 연구자와의 지식 교류를 위한 대화의 과정임을 인식하는 태도를 기른다.

 - 22 협업, 이해, 토의가 요구되는 문제해결의 관점에서 공학 문제를 대한다.

 - 23 감정적인 대응을 자제한다.

 - 24 자신이 본인의 이익만을 내세우거나 남을 무시하거나 앓는지 되돌아본다.

 - 25 대인관계에 문제가 있다고 생각될 경우 주변사람들의 조언을 받고자 한다.

 - 26 이타적인 행동을 통해서 스스로 보상을 주고받는 경험을 지니고 있다.

 - 27 자신이 그 동안 감수해 온 이타적인 희생에 대하여 감사하는 마음을 가지고 있다.
-

4-3. 태도 및 가치 역량군: 윤리의식

-
- 1 과학에 입문하는 과학도로서 확실한 연구윤리의식에 따른 기준을 정립하고자 한다.

 - 2 과학이 사회에 미치는 영향을 생각하는 사회적인 과학자가 되고자 노력한다.

 - 3 연구자로서의 윤리적 책무를 다하는 자질을 어릴 때부터 몸에 배도록 노력한다.

 - 4 시험이나 과제를 할 때 남의 것을 베끼거나 표절하지 않는다.

 - 5 리포트나 숙제를 할 때, 인용 및 출처를 명확하게 제시한다.

 - 6 인류의 보편적 윤리 기준이 무엇인지를 이해하고자 한다.

 - 7 스스로의 윤리 기준을 확립해 나가고자 한다.

 - 8 협력 과제를 수행한 경우에 공동 연구자로 한다.
-