

STEAM 문제 상황에서 중등 영재반 학생들이 나타난 문제의 발견과 해결 특성

이은선 · 심재호*

부산대학교

Features of Problem-Finding and Problem-Solving of the Secondary Gifted Students in the Context of STEAM Convergent Problems

Eunseon Lee · Jaeho Sim*

Pusan National University

Abstract : This study is to investigate the characteristics of problem-finding and problem-solving abilities demonstrated by the secondary gifted students in the context of STEAM convergent problems. For this, using the STEAM convergence problem solving ability test, we qualitatively and quantitatively compared and analyzed the workbook outputs written in the process of finding and solving problems for each student in the gifted class. The results are as follows: First, we found that the speciality of the major of the proposed activity paper influenced the preference for questions and pattern of finding problems. Second, it was found that the difference in the ability to find and solve problems for a specific task was not by the major of the gifted class, but by the composition of the group. Third, in finding and solving the STEAM convergent problem, the individual creativity and the cooperative creativity of the group were more significant than the major. These results suggest that it is necessary to include the affective factors of gifted students and the concept of cooperation in problem-finding and problem-solving ability evaluation, and there is a need to develop a teaching and learning strategy that can improve cooperative problem-solving skills so that group creativity can be exhibited well.

keywords : STEAM convergent problem situation, giftedness, problem finding, problem solving ability, individual creativity, group creativity

I. 서론

선진 각국에서는 우수한 인재를 양성하는 것이 국가 경쟁력과 직결된다는 것을 인식하고 학교교육을 변화시키고자 힘쓰고 있다. 미래를 이끌 글로벌 인재는 과학기술 관련 지식뿐만 아니라 창의성, 인문·예술적 소양, 의사소통능력 등 다양하고 통합적인 능력을 갖추어야 한다. 이런 흐름에 발맞추어 우리나라도 미래 과학기술 발전을 주도할 창조·융합 인재를 양성하기 위해 「제2차 과학기술인력 육성·지원 기본계획(’11~’15)」에 ‘과학기술-예술융합의 STEAM’을 중점 추진과제로 설정하였다.

STEAM 교육은 과학과 수학 그 자체의 이론적 학습을 넘어 이들 학문을 실생활에서의 문제해결과 연계하여 공학적인 접근, 실용성과 문제 해결을 경험하게 하는 것이다. 공학적 접근이란 문제 상황에 내포된 제약을 파악하고 문제 해결에 필요한 다양한 자원을 선택하며, 최적의 해결방안을 모색하고, 실행한 후 효과를 검증하는 일련의 과정을 포함한다. 이러한 과정에서 여러 학문 내용과 기능, 공학적 사고와 실행 등이 요구된다. STEAM 교육의 효과성을 알아보는 다수의 연구들은 STEAM 교육 프로그램을 개발하고 적용한 뒤 STEAM 교육이 학생들의 문제해결력에 미치는 영향에 대하여 조사하였는데, 여러 연구에서 학생들의

* 교신저자: 심재호 (sim307@pusan.ac.kr)

** 이 논문은 이은선의 2020년도 석사 학위 논문의 데이터를 활용하여 재구성하였음.

*** 2021년 2월 25일 접수, 2021년 4월 4일 수정원고 접수, 2021년 4월 4일 채택

<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2021.45.1.23>

창의적 문제해결력 향상에 효과가 있는 것으로 나타났다(Kim & Pang, 2015; Na, 2016; Woo & Hong, 2017; Lee, Kim, & Moon, 2013; Choi *et al.*, 2016). Sim *et al.* (2017)는 STEAM 교육이 초·중등학교 학생들의 융합적 문제해결력에 미치는 영향을 알아보기 위해서 STEAM 교육이 융합적 문제해결력에 미치는 영향에 대하여 살펴보았다. Sim *et al.* (2017)의 연구에서는 단순한 문제해결력 측정이 아닌 STEAM 상황에서 융합적 문제해결력 검사지를 개발하고 STEAM 교육의 효과를 융합적 문제해결력 측면에서 살펴본 연구로 이전의 연구들과는 차별성이 있다. 이러한 맥락에서 본 연구에서도 STEAM 문제 상황에서 영재학생들이 나타내는 문제해결력의 특성에 관심을 두고 연구하였다.

한편, 최근 어느 한 개인의 노력만으로는 해결하기 어려운 복잡한 문제들이 등장함에 따라, 여러 사람이 협력하여 문제를 해결하는 사례가 나타나고 있다. 다양한 사람들의 협력을 통해 더 나은 결과물을 생성할 수 있기 때문에 이러한 경향은 앞으로도 가속화될 전망이다(Lee, 2012; Malone, 2008). OECD에서 주관하는 시험 중 하나인 국제학업성취도 평가인 PISA (Programme for International Student Assessment)의 평가는 개인수준의 문제해결력에서 협력적 문제해결력의 형태로 전환되어 시행되고 있다 (Chi, Seong, & Lee, 2015). 이처럼 평가 대상을 집단으로 확대한 것은 각 개인이 지닌 성과 수준을 넘어 집단 수준에서 정의적 요인과 협력의 개념을 포함하는 평가가 필요하다는 인식에서 출발하였음을 알 수 있다(Kim, Lim, & Jung, 2018).

이러한 시대적·사회적 요구에 따라 교육부는 2015 개정 과학과 교육과정에서 과학적 의사소통능력을 핵심 역량으로 제시하였다. 모둠의 구성을 통해 사회적 상호작용을 강조하여 설계한 수업은 전통적인 수업에 비해 과학 탐구 능력이 신장되었고(Kim & Choe, 2002) 과학 학업성취도의 향상에 효과적이며(Kim *et al.*, 2001), 협력적 문제해결전략이 중학생의 실천적 인성역량과 협력적 문제해결에 유의미한 영향을 미친다(Cho *et al.*, 2018)는 연구결과와 효과적인 모둠 구성을 통해 협동학습의 효과를 극대화할 수 있음을 뒷받침한다. 또한 집단구성원이 서로 소통하고 협업함에 따라 집단의 사고와 통찰력을 이끌어내어 인간의 사고를 더욱 창의적으로 만들 수 있기 때문에(Ha, Ryu, & Lee, 2011) 집단 창의성(group creativity)에 대한 중요성이 부각되고 있다(Shalley *et al.*, 2004).

집단 창의성은 구성원들이 자기 정체성을 확인한 집단 속에서 협력적으로 상호작용하며, 공동의 목표달성을 위해 아이디어를 개발하고 표현하는 과정에서

발현된다(Paulus & Nijstad, 2003). Kim & Seol (2014)는 집단특성이 개인창의성과 집단창의성에 긍정적인 효과를 나타내고 집단의 통합능력이 개인창의성과 집단창의성 간의 관계를 완전히 매개함을 밝혔으며, Baek & Han (2008)은 관계갈등과 리더의 역할이 집단창의성에 유의미한 영향을 미칠 수 있음을 밝혔다. 그러나 초·중등교육 현장에서 일반학생을 대상으로 집단 창의성을 연구한 문헌은 많지 않으며, 이들은 집단 활동을 통한 개인 창의성의 변화 혹은 학교급별 집단창의성 점수와 개인창의성 점수를 비교한 연구(Kang, 2010; Lew, 2015)가 있다.

과학 영재교육에서도 집단 창의성을 다룬 연구가 시도되고 있는데, Lee, Yoon, & Kang (2016)는 집단 창의성의 발현을 도울 수 있는 디자인적 사고기반 교육프로그램을 개발하고 중등 화학분과의 영재에게 적용하여 효과를 검증하였으며, Cho & Jin (2016)은 초등학교 과학영재 학생들이 집단 과제를 수행하는 과정을 통하여 집단 창의성의 본질적 구조를 밝히고자 하였다. 그러나 이와 같은 선행연구는 집단 창의성이 발현되는 과정에 초점을 맞추었으며, 집단 창의성이 발휘된 결과물인 산출물을 분석한 연구는 없었다.

이러한 시대적 배경과 필요성에 따라 본 연구의 목적은 중등영재 학생들이 집단 내에서 STEAM 문제 상황에 대하여 나타내는 문제발견 능력과 융합적 문제해결 능력을 알아보기 위해 Sim *et al.* (2017)에 의해 개발된 STEAM 융합적 문제해결 검사지를 활용하여 STEAM 문제 상황에 따른 영재반별로 나타내는 문제의 발견과 문제해결 특성을 알아보는 데 있다.

문제해결력에 흔히 문제의 발견 단계를 포함하는 경우가 많으며, 이 둘을 구분하기 애매한 측면들이 있으나 본 연구에서는 문제의 발견을 문제 해결과 구분하여 연구하고자 한다. 문제의 발견은 문제 해결 전에 문제를 생성하는 사고 과정(Treffinger, Isaksen & Dorval, 1994)으로, 이것을 평가하기 위해 보통 유창성, 융통성, 독창성 등 하위 요소를 활용한다(Hu *et al.*, 2010). 본 연구에서는 연구자가 제시한 잘 정의되지 않은 상황에 대해 영재 학생들이 발견할 수 있는 문제를 최대한 제시하는 것으로 시작된다. 이렇게 발견한 문제를 어떻게 해결할 수 있는지에 대해 영재 학생들이 다양한 아이디어를 제시하고 구체적인 해결 및 설계 방안을 제시하는 문제 해결 과정으로 연결된다. 따라서 본 연구에서 사용한 문제는 통찰 문제로 잘 구조화되지 않은 문제 유형이며 영재학생들이 이 상황과 관련된 새로운 문제를 발견해야 문제를 해결할 수 있는 문제이다(Deyoung, Flanders, & Peterson, 2008; Wakerfield, 1985)

본 연구는 3가지 서로 다른 STEAM 문제 상황에

대해 중등 과학영재반별 문제발견과 문제해결 특성에서 유사점과 차이점이 어떻게 나타나는지를 알아보는 것이므로 귀납적인 연구 방법을 취한다. 본 연구의 첫 번째 문제는 “‘화성탐사 수행을 위한 조건 설계하기’, ‘바다 위에서 자급자족할 수 있는 주택 설계하기’, ‘엽록체 이식 인간’이란 3가지 STEAM 문제 상황에 대해 영재반별 문제발견 능력 및 융합적 문제해결 특성은 어떤 차이가 있는가?”이고, 두 번째 연구 문제는 “STEAM 문제 상황에서 영재반별 문제의 발견과 문제 해결 능력의 차이가 있다면 이 차이를 만든 것은 무엇인가?”이다.

본 연구의 제한점은 본 연구의 대상이 P광역시 대학부설 과학영재교육원의 중등영재반 심화과정 학생 116명이기 때문에 이 연구의 결과를 타 대학 부설 영재원의 중등영재반 학생의 문제발견이나 문제해결 특성으로 일반화하는 것은 한계가 있을 수 있다. 두 번째는 영재교육의 특성상 각 영재반별 참여 학생 수가 적고 이들의 집단 창의성을 보기 위하여 2~6명 단위의 모둠활동을 수행하였기 때문에 산출물의 수가 적어 반별 학생들의 특성을 일반화하기에는 한계가 있을 수 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 수업 프로그램

본 연구는 P대학교 부설 과학영재교육원에서 STEAM 융합적 문제해결력 활동으로 개발된 ‘실생활 문제의 발견과 해결 경험하기’ 수업에 참여한 학생들을 연구대상으로 설정하였다. 결석자와 활동 과제를 제출하지 않은 5명의 학생을 제외하고 115명(수학반 20명, 물리반 20명, 화학반 20명, 생물반 19명, 지구과학반 19명, IT·수학융합반 17명)을 최종 연구 대상으로 선정하고 수집된 활동지, 수업참여관찰지와 동영상 자료를 분석하였다. 연구의 분석 자료는 3월부터 5월에 걸쳐 수집된 다양한 자료들이다. 수업의 구성은 Table 1과 같다.

본 연구에서는 과학 영재학생들에게 세 가지 문항(‘화성탐사 수행을 위한 조건 설계하기’, ‘바다 위에서 자급자족하며 살 수 있는 주택 설계하기’, ‘엽록체 이식’)을 제시한 후 본인에게 가장 흥미롭고, 해결하고 싶은 문제를 자유롭게 선택하게 하여 개인 창의성을 최대한 높이고자 하였다. 같은 문항을 선택한 학생끼리 한 조를 구성하게 하였으며, 한 문제에 대한 지원자가 5명 이상이 될 경우에 적절히 인원을 분배하여 여러 개의 조를 구성하였다. 반별로 선호하는 STEAM

Table 1. Classes to discover and solve real-life problems

오전반 / 오후반	차시	활동
9:00~9:45 / 12:35~13:20	1차시	활동지 배부 학습목표 소개 창의적 사고력 증진 활동 식물 관찰을 통한 과학적 탐구 설계 다양한 창의적 사고 기법 소개 및 활동 예) 연꽃기법, TRIZ 기법
9:45~9:55 / 13:20~13:30	-	쉬는 시간
9:55~10:40 / 13:30~14:15	2차시	융합적 문제해결력 문항 소개 화성탐사 수행을 위한 조건 설계하기 바다 위에서 자급자족하며 살 수 있는 주택 설계하기 엽록체 이식 인간 선호하는 문항에 따라 모둠 구성 개별적인 문제 탐색 조별 활동을 통한 문제 해결방안 논의 산출물 설계
10:40~10:50 / 14:15~14:25	-	쉬는 시간
10:50~11:35 / 14:25~15:10	3차시	산출물 발표 및 질의응답 수업 마무리

문항이 달랐으며, 어떤 문항에 대해 한 반에서 적게는 한 개의 모둠, 많게는 세 모둠까지 형성하여 문제해결을 수행하였다. 중등 영재반은 대체적으로 특정 전공 지식을 요구하는 상황보다는 특정 전공 지식을 요구하지 않는 상황에서 문제를 발견하고 문제를 해결할 수 있는 '바다 위에서 자급자족하며 살 수 있는 주택 설계하기'의 과제를 주로 선택하였으며, 전공 특수성이 강한 '엽록체 이식 인간'은 중등 생물반을 제외하고 모두 하나의 모둠만 과제를 선택하였다.

2. 자료 분석

본 연구에서는 각 반별로 4명의 수업관찰자가 각 수업에 참여하면서 영재학생들의 개별, 모둠별 행동특성을 관찰하여 기록한 자료를 수집하여 활용하는 참여 관찰 질적 연구방법을 활용하였다(Cho, 2005; Jo, 2015). 또한 관찰자료의 객관성을 확보하기 위해 수업 과정을 동영상으로 촬영하였고, 학생들이 수업시간에 작성한 활동지와 최종산출물을 활용하였다. 본 연구에서는 2, 3차시에 진행된 STEAM 문제해결력 프로그램에서 학생들이 작성한 활동지와 프로그램의 최종 산출물, 수업동영상, 행동특성 기록 관찰지를 분석하였다.

수업관찰자는 사범대학 생물교육 전공 3학년 예비 생물교사 4명으로, 수업현장에서 과학영재들이 나타내는 개별 행동특성을 구체적이며 상세하게 관찰하고 문장으로 기록하였다. 수업관찰자 1명당 5명의 과학영재를 수업별 전체 3시간 동안 지속적으로 관찰하면서 수업 중간에 개별 관찰영재들이 나타내는 두드러지는 행동특성을 객관적 관점에서 구체적으로 기록하였다. 본 연구의 객관적인 자료 수집을 위하여 연구자는 수업관찰자 대상 사전교육을 통해 개별 행동특성을 객관적으로 관찰하고 사실을 구체적으로 상세히 기록하는 방법을 안내하였다.

Sim *et al.* (2017)은 융합적 문제해결력을 측정하기 위한 검사지를 개발하고 이에 대한 평가틀을 사고력, 설계 및 실행, 융합적 소양의 3가지 측면으로 구성하였다. 사고력 차원은 하위요소로 논리·비판적 사고, 창의적 사고, 경제적 사고를, 설계 및 실행 차원은 설계 및 실행의 타당성과 구체성을, 융합적 소양은 다양한 학문 영역을 연관하는 능력을 평가하는 것으로 설정하였다. 본 연구에서는 이를 바탕으로 영재학생들이 생성한 자료와 동영상을 분석하는 평가 영역으로 사용하였다(Table 2).

본 연구의 대상자와 대상 영역은 영재와 영재교육으로서 창의성과 융합적 문제해결력을 양적 분석으로만 보기에는 연구대상자가 가지고 있는 특수성이 존재한다. 따라서 영재와 영재교육의 특정 사례에 대하여 특수성과 개별성을 연구할 필요가 있다(Stake, 1995). 이러한 필요에 따라 본 연구에서는 정량적 및 정성적 분석을 하는 양적·질적 혼합 분석을 하였으며, 이를 통해 융합적 문제해결력의 양상에 대하여 보다 세밀하게 관찰하고 분석하여 이해하고자 하였다. 본 연구를 위하여 수집한 자료를 분석한 후, 과학교육 전문가 교수 1인과 석사과정 대학원생 2인의 검토를 통해 해석이 서로 불일치할 경우 협의를 통해 더 적합한 해석을 결정하고 양적·질적 분석 결과를 수정하였다.

본 연구에서는 영재 학생들의 집단 창의성을 보기 위하여 발표영상을 전사한 후 최종 산출물과 함께 양적 질적 혼합 분석을 하였다. 이때, 발표 영상에서 문제해결방안은 제시하였으나 그 근거를 찾을 수 없는 경우에는, 개인별로 작성한 활동지를 참고하여 근거를 제시하였음을 확인하였다. 이는 연구 대상인 영재 학생들이 중학교 1~2학년에 해당하여 개인별로 발표 능력에는 차이가 있을 수 있음을 고려하여, 발표 시 미처 언급하지 못한 창의적인 사고 또한 인정하기 위해서이다.

Table 2. Sub-specific evaluation areas of STEAM convergent problem situations

평가 차원 하위 영역 문항 번호	사고력		설계 및 실행		융합적 소양
	논리·비판적 사고	창의적 사고			과학, 수학, 기술/공학예술 등
		유창성	유연성	독창성	
1-문제발견		○	○	○	
2-아이디어 생성	○				○
3-설계 및 실행				○	○

Ⅲ. 연구 결과

본 연구는 중등영재 학생들이 집단 내에서 다양한 STEAM 문제 상황에 대하여 나타내는 문제발견 능력과 융합적 문제해결 특성을 분석하기 위한 것으로, 이 과정에서 나타나는 두드러진 특성을 중심으로 분석하였다.

1. ‘화성탐사 수행을 위한 조건 설계하기’ 문항에서 나타난 영재반별 문제발견 및 문제해결 특성

‘화성탐사 수행을 위한 조건 설계하기’ 문항에 대해 중등영재반 학생들이 발견한 문제와 그에 상응하는 문제해결방안에서 나타난 여러 요소들을 유사 내용으로 계속 유목화하여 얻어진 영재반별 ‘공통적으로 제시한 문제’와 영재반별 ‘차별적으로 제시한 내용’을 정리하였다. 각 중등영재반별로 ‘화성탐사 수행을 위한 조건 설계하기’란 문제 상황에 대해 발견한 문제들과 문제해결 내용을 유목화하고 정리한 것은 Table 3, Table 4와 같다. 모든 영재반에서 화성탐사 수행을 하기 위해 ‘에너지 공급’ 문제와 ‘식량과 식수 공급’ 문제를 제약 조건으로 제시하였다. 화성 탐사에서 생존에 가장 필수적인 요소를 에너지와 음식의 해결 문제를 든 것으로 보아 이것은 누구나 생각할 수 있는

보편적인 아이디어라고 할 수 있다. 영재반별로 차별적으로 발견한 문제는 전공 영역의 특성이 많이 드러났다. 예를 들면 물리반의 경우 ‘우주방사선, 자외선, 우주선, 화성에서 산소 공급, 지구와의 통신, 무중력 상태’와 같은 물리 분야에서 다루는 개념과 연관된 문제를 차별적으로 발견한 반면, 생물반은 ‘깨어있는 채로 가면 너무 많은 음식물을 소비, 무중력 상태에서 칼슘 손실, 생존을 위해 방대한 양의 물건 필요, 배설물 처리’와 같은 인간의 안전한 생명체 유지와 같은 문제를 차별적으로 발견하고 있는 것이다. 화학반의 경우 ‘산소의 부피, 우주선으로 거주지를 가져갈 수 없음, 지구와 다른 환경의 탐사, 탐사 후 지구로 복귀 방법, 외계인 발견, 방사능, 혜성 감지, 우울감’과 같이 다양한 제약조건을 발견하였으나 ‘산소의 부피, 방사능’과 같은 화학 관련 개념들이 제시되었고, 지구과 학반의 경우 ‘한 번의 발사로 화성까지 도착하기 어려움, 안전 착륙, 거주시설을 들고 가는 것은 낭비임, 태양풍, 우주 입자, 지구로 복귀 시 버려지는 모선’과 같이 다른 반에서 제시되지 않은 지구과학에서 다루는 개념들이 다수 제시되고 있으며, IT·수학융합반의 경우 ‘우울증, 비용적 문제, 산소 공급, 통신, 탐사 방법, 우주선의 고장’과 같이 IT와 수학에서 다루는 개념들이 다수 제시되었다. 이러한 문제 발견 단계에서는 선택적 부호화, 선택적 재조합 및 선택적 비교 (Davidson, 2003)와 같은 재구조화 기제들이 작동된

Table 3. Comparison of problem finding by gifted classes for the question of ‘Designing conditions for conducting Mars exploration’

영재반 구분	공통적으로 발견한 문제	반별 차별적으로 발견한 문제
수학반		화성의 낮은 기압. 거주지에서의 공기 누설. 통신
물리반	A조	우주방사선, 자외선. 우주선에서 산소 공급. 무중력 상태
	B조	우주방사선. 화성에서 산소 공급. 지구와의 통신
화학반	A조	산소의 부피. 우주선으로 거주지를 가져갈 수 없음. 지구와 다른 환경의 탐사. 탐사 후 지구로 복귀 방법
	B조	방사능. 혜성 감지. 우울감
생물반	에너지 공급 식량과 식수 공급	깨어있는 채로 가면 너무 많은 음식물을 소비. 무중력 상태에서 칼슘 손실. 생존을 위해 방대한 양의 물건 필요. 배설물 처리
지구과학반		한 번의 발사로 화성까지 도착하기 어려움. 안전 착륙 거주시설을 들고 가는 것은 낭비임. 태양풍. 우주 입자. 지구로 복귀시 버려지는 모선
IT·수학융합반		우울증. 비용적 문제. 산소 공급. 통신, 탐사 방법. 우주선의 고장

Table 4. Comparison of the solution contents of the problem by the gifted classes for the question 'Designing conditions for conducting Mars exploration'

영재반 구분	영재반별 특이적인 문제해결 방안
수학반	집을 돔 형태로 만들고 육각형 구조로 만들어 놓아 최대한 힘을 버틸 수 있게 함. H ₂ , O ₂ 기체를 가져와 전기충격 스파이크를 일으켜 물을 생성, 인간이 내보내는 수증기, 식물이 증산작용으로 내뿜는 수증기를 제습기를 이용해 물탱크에 다시 받아서 물을 사용, 풍력발전기를 설치해 화성의 모래폭풍에서 오는 마찰력을 이용. 태양빛으로 태양광 발전. 원자력 발전. 로봇을 이용. 땀에서 박테리아를 얻어 감자를 재배
물리반	A조 개폐막을 이용해 우주방사선을 막아냄. 콩이나 감자를 재배해서 식량을 얻음. 물을 전기 분해해 산소를 얻음. 우주선의 회전력을 다르게 해 중력을 조절. 일차적으로 연료선을 보급하고 8달 뒤에 화성에 가서 화성에 있는 연료선으로 2차 보급을 함. 착륙선만 분리해서 착륙한 다음 활동을 마치고 다시 이륙한 후 지구로 귀환
	B조 얇은 얼음으로 겹겹이 얼음집을 만들어 방사선을 피하고 태양에서 오는 자기폭풍도 막아 줌. 산소 발생 반응으로 산소를 만들어 내거나 발생한 산소를 식물을 이용해서 산소를 다시 걸러냄. 화성의 흙을 이용해 화성에서 식물 재배. 원자력 발전기 설치. 통신위성을 이용해 지구에서 화성까지 통신 시간을 줄임. 오차를 줄이기 위해 위성을 세 개 설치
A조	물과 건조식품을 가져감. 액화산소를 가져감. 거주지 모듈을 들고 가서 조립. 태양광 발전기로 전력 공급. 적은 연료로 갈 수 있게 최단 거리 계산. 전문적인 탐사 장비를 준비해 토양 채취나 생명체 발견. 탐사가 다 끝난 다음 미리 준비한 상승선을 타고 본 우주선에 도킹
화학반	B조 농사실 구비, 동결건조식품이나 통조림을 가져감. 방사선을 막기 위한 특수메탈로 우주선 코팅. 카메라가 혜성 감지해 레이저로 혜성을 폭발시킬 수 있는 기능을 설치. 보급선에 로봇무기, 통신기기, 식량 등을 싣고 보급선을 이용해 탐사 기지를 만들. 지구와 화성과의 최단거리가 되는 때를 구함. 정착하기 위해 로봇탐사선을 보냄. 베이스캠프, 병원, 여가생활을 즐길 수 있는 자유실
	생물반 동면. 우주선을 회전시켜 지구 중력을 만들. 물품(물, 식량 등)을 화성궤도에 먼저 올려놓음. 배설물을 바이오 연료로 이용해 지구로 돌아감.
지구과학반	사전에 물이나 식량을 보급. 공중에서 작은 우주선을 여러 개 조립해서 큰 우주선으로 만들고 화성으로 출발. 탐사선만 모선에서 분리해서 화성에 진입. 낙하산과 로켓을 써서 안전하게 착륙
IT · 수학융합반	여가시설(게임, 탁구장, 러닝머신, 컴퓨터) 마련, 한 번에 많은 사람들이 탐. 창고에 음식 구비. 진공포장 음식과 감자 칩 같은 건조식품 준비. 중간에 우주정거장에서 공급 받음, 태양열 전지판에서 에너지 획득. 국가에서 지원 받음. 우주정거장과 통신장치가 연결되어 통신. 로봇을 내려 보내고 위에서 조종함. 똑같은 우주선을 하나 더 준비

것으로 추정된다. 또한 먼거리 연합, 유추, 패턴 인식 등이 작동(Ansburg, 2000)했을 것으로 추측되지만 본 연구에서 문제의 발견에서 나타난 특성에 대한 사후 면담을 진행하지 못하여 영재 학생들이 발견한 문제와 관련하여 분명한 작동 기제를 연관시키기에는 한계가 있다.

문제해결단계의 아이디어들도 각 반별로 전공 특성이 많이 나타났다. 예를 들면 수학반의 경우 '집을 돔 형태로 만들고 육각형 구조로 만들어 놓아 최대한 힘을 버틸 수 있게 함'. 물리반의 경우 '우주선의 회전

력을 다르게 해 중력을 조절, 얇은 얼음으로 겹겹이 얼음집을 만들어 방사선을 피하고 태양에서 오는 자기폭풍도 막아줌', 화학반의 경우 '방사선을 막기 위한 특수메탈로 우주선 코팅', 생물반의 경우 '배설물을 바이오 연료로 이용해 지구로 돌아감', 지구과학반의 경우 '공중에서 작은 우주선을 여러 개 조립해서 큰 우주선으로 만들고 화성으로 출발', IT · 수학융합반의 경우 '로봇을 내려 보내고 위에서 조종함'과 같이 각 전공별 개념을 활용한 문제해결 방안을 제시하고 있는 것이다.

영재학생들이 소집단을 구성하여 나타난 융합적 문제해결력을 채점한 결과는 Table 5와 같다. 각 중등 영재반별 문제발견의 창의성 점수를 보면 3점에서 8점까지 획득하였으며, 물리반이 가장 낮은 점수를 보인 반면, 화학반 B조와 IT·수학융합반이 상대적으로 높은 점수를 나타내었다. 특히, 독창성 점수에서 물리반과 화학반 A조의 경우 1점밖에 나오지 않아 이 반들의 경우 문제 발견 능력이 잘 표현되지 않았음을 알 수 있다. 문제 해결 단계의 점수는 11점에서 13점까지 획득했으며, 가장 낮은 점수는 물리반 A, B조와 생물반이었다. 이 결과를 볼 때 반별에 따른 문제발견의 능력 차이는 보이지 않았으며, 문제발견 능력은 모둠별 차이가 큰 반면, 문제해결능력은 모둠별 차이가 거의 없음을 알 수 있다. 이는 문제발견은 개별적으로 수행된 반면, 문제해결 과정에는 협력이나 리더십이 작동하는 집단 창의성이 발휘된 결과로 판단된다(Kim *et al.*, 2001). 화성탐사 수행이라는 과제 측면을 고려할 때 물리반이 문제발견과 문제해결에서 더 높은 점수를 얻을 것으로 예상하였으나 가장 낮은 점수를 획득한 것을 볼 때, 전공 영역별 창의성 발현 능력을 예측하는 것은 쉽지 않으며, 창의성이 표현되는 데는 다양한 요인이 작용함을 알 수 있다.

각 중등영재반별로 '화성탐사 수행을 위한 조건 설계하기'란 문제 상황에서 문제 발견과 문제해결과정에서 나타난 특징의 예시는 다음과 같다.

1) 수학반

수학반의 학생들은 우주비행 시 일어나는 문제보다는 화성에 무사히 착륙한 후 6개월 간 어떻게 거주할지에 초점을 맞추고 문제를 발견하였다. 학생들이 발견한 문제의 개수는 6개로 다른 반과 비교하였을 때 평균적인 유창성을 보이나 다양한 범주의 아이디어를 제시하지는 않았기 때문에 유연성은 다소 떨어졌다. 그러나 화성의 낮은 기압과 그로 인해 거주지에서 공기가 빠져나갈 수 있음을 문제점으로 제시한 것은 다른 반에서는 발견하지 못한 문제점이므로 독창성에서 높은 점수를 받았다.

학생들은 특히 화성에서 생활할 거주지의 구조에 대하여 심도 있게 고민하였는데, 다른 반의 경우 '거주지 모듈을 들고 갈 것'이라고 답변하는 것에 그쳤으나 수학반의 학생들은 거주지를 어떤 형태로 설계하였으며 그 이유는 무엇인지에 대하여 화성의 환경과 연관 지어 발표하였다. 예를 들어, 지구와 달리 화성은 기압이 낮기 때문에 거주지의 구조 또한 달라져야 함을 주장하였는데, 수학, 물리적인 지식을 사용하여 거주지를 구체적으로 설계하였다. 또한 거주지 내부의 공기가 빠져나가지 않게 이중문을 설계하였으며, 화성의 지리적 환경을 근거로 들어 에너지를 얻는 방법을 자세히 설명하였다.

Table 5. Results of problem solving ability scoring about 'Designing conditions for exploration of Mars

반	문제 발견			문제 해결							총점	
	사고력			사고력		설계 및 실행		융합적 소양	소계			
	유창성	유연성	독창성	소계	논리·비판적 사고	경제적 사고	타당성			구체성		
수학반	2	1	3	6	3	2	3	2	3	13	19	
물리반	A조	1	1	1	3	1	1	3	3	3	11	14
	B조	1	2	1	4	1	2	3	2	3	11	15
화학반	A조	2	2	1	5	1	3	3	2	3	12	17
	B조	3	2	2	7	2	2	3	3	2	12	19
생물반	1	1	3	5	1	3	3	2	2	11	16	
지구과학반	2	1	3	6	2	3	3	3	2	13	19	
IT·수학융합반	3	3	2	8	2	2	3	2	3	12	20	

수학반 해결방안 사례 1. 저희는 돔 형태를 선택했고 돔 형태를 선택한 이유는 이 집안에는 기압이 존재하는데 화성에는 기압이 낮기 때문에 바깥으로 당기는 힘이 많이 작용할 것입니다. 그런데 이 작용하는 힘을 최대한 분산시킬 수 있게 이렇게 육각형 구조로 만들어놓으면 최대한 힘을 잘 버틸 수 있습니다. 그리고 들어오거나 나갈 때 공기가 새면 안 되기 때문에 이중문을 만들어서, 사람이 들어오려고 하면 이 안(이중문 사이의 공간)의 공기를 빼고 들어온 다음에 다시 공기를 넣어서 (사람이) 들어올 수 있는 식으로 만들었고 (중략)

이러한 면에서 수학반은 문제해결 단계에서 논리·비판적 사고, 타당성, 융합적 소양에서 높은 점수를 받았으며, 자원의 손실을 막기 위한 설계를 개략적으로 제시하였으므로 이에 대하여 경제적 사고와 구체성 또한 점수를 부여하였다.

그런데 수업관찰자가 기록한 행동 특성 관찰 기록에 따르면 조원들은 문제를 해결하는 데 있어 흥미가 없었던 것으로 보인다. 과제를 완성시키긴 했지만 조별활동 시간에 휴대폰을 자주 보거나 “이 시간에 수학공부를 하고 싶다”고 말하였다. 이러한 수업 관찰 기록을 볼 때, 이 학생들에게는 수학적 사고를 직접적으로 활용하여 문제를 해결하는 수학과 밀접하게 연계된 문제 상황이 제시되었다면 더 적극적이고 과제에 몰입하는 태도를 유도했을 것으로 추측된다.

2) 생물반

생물반의 학생들은 화성으로 가는 동안 우주선 안에서 나타날 수 있는 문제점을 생물학적으로 접근하여 인체에서 나타나는 신체적 변화를 문제점으로 꼽았다. 이는 다른 반에서는 찾아볼 수 없었으므로 독창적이며 영역특수성을 지닌 사례라고 볼 수 있다. 다음 사례는 학생들이 산출물 발표 시 제시했던 화성탐사 수행을 위한 조건 설계하기 문항에서 발견할 수 있는 문제점 중 영역특수성이 잘 드러난다.

생물반 문제 발견 사례 1. 화성을 가야 될 때 깨어있는 채로 가면 너무 많은 음식물을 소비하게 되고 그러면 한 우주선 안에 있는 음식을 감당하지 못합니다.

생물반 문제 발견 사례 2. 중력을 안 만들면 칼슘이 빠져나가서 건강에 좋지 않습니다.

다만 6개의 학급 중 생물반에서 문제를 발견한 개수가 가장 적어 유창성과 유연성에서 낮은 점수를 부여하였다. Mackworth (1965)는 문제발견과 같은 활동이야말로 과학에서의 창의적 사고와 독창성의 핵심이라고 볼 수 있다고 하였다. 이로 미루어 보아 화성탐사 수행을 위한 조건 설계하기 문항이 지구과학, 수학 등의 전문지식을 많이 요구하므로 창의적인 사고를 펼치기에는 생물반에게 다소 어려운 주제였으리라 예상된다.

생물반의 학생들은 우주비행선 안에 너무 많은 식량 자원을 싣고 가야 한다는 비용적인 문제를 해결하기 위해 생물학적 지식을 이용하여 ‘동면’을 제시하였다. 동면을 함으로써 얻을 수 있는 경제적인 이득을 상세히 설명하였고, 우주비행 시 에너지를 얻는 방법 또한 다른 반에서는 언급되지 않았던 ‘바이오연료’를 제시하였다. 또한 우주에서의 체내 칼슘 손실을 해결하기 위하여 인공적으로 중력을 만드는 해결방안을 제시함으로써 생물학적 지식과 기술/공학적인 사고를 융합한 해결방안을 발표하였다.

생물반 해결방안 사례 1. 깨어있는 상태일 땀 호흡이나 움직이기 때문에 칼로리를 더 소비하니까 섭취해야 할 영양분이 많아지는데 동면일 때는 살아갈 만큼만 공급하면 되기 때문입니다.

생물반 해결방안 사례 2. 화성에 도착해서 탐사를 할 때 배설물을 배출할 것 아닙니까? 그 배설물을 바이오연료로 써서 나중에 돌아갈 때 연료로 사용하는 방법을 생각했습니다.

생물반 해결방안 사례 3. 우주선을 회전시켜서 지구 중력을 만들어서 칼슘이 빠져나가는 것을 막습니다.

이를 통하여 생물반의 학생들은 문제 상황을 해결하기 위하여 생물적인 지식을 기술/공학과 융합하여 차별화된 독창적인 사고를 하였음을 알 수 있다. 다만 이러한 설계가 구체적이지는 않았고 산출물에서도 정보를 거의 내포하지 않은 수준의 간단한 그림과 줄글로만 표현하였다. 이는 생물반 학생들이 상대적으로 기술/공학적인 지식에 대한 이해가 부족하기 때문이라고 생각되며, 이러한 이유로 논리·비판적 사고와 구체성에서 낮은 점수를 부여하였다.

창의적으로 문제를 해결하기 위해서는, 문제를 발견할 때 다양하고 많은 수의 아이디어를 내는 것도 좋지만 이들을 정리하거나, 평가하고 판단하거나, 또는 가장 유용한 것을 선택하는 수렴적 사고 또한 필수적

Table 6. Comparison of problem finding by gifted classes for the question of 'Designing a self-sufficient home on the sea'

영재반 구분	공통적으로 발견한 문제	반별 차별적으로 발견한 문제
수학반		건강 유지. 시체와 배설물 처리. 교육. 언어. 가용면적. 밤에 충돌 위험. 통신.
물리반	에너지 공급.	특이적인 문제 발견 없음.
화학반	식량과 식수 공급.	통신. 향수병.
생물반	바다 위의 위협요인(자연재해, 바다생물의 공격).	식물을 심을 흙 부족. 약탈.
지구과학반	주택의 안정성(집의 고정, 이동, 내구성).	배설물 처리.
IT·수학융합반		외부인의 침입. 생활시설.

Table 7. Comparison of the solution contents of the problem by the gifted classes for the question 'Designing a self-sufficient home on the sea'

영재반 구분	영재반별 특이적인 문제해결 방안
수학반	A조 뗏목 식으로 지어 파도를 예방. 파도를 피할 수 없을 때를 대비하여 개폐식으로 지음. 10살까지는 가정교육을 함. 그 후로는 인터넷으로 공부. 집 벽에다가 밭을 만들어 식물을 키움. 부력을 이용하는 부력발전소와 태양광을 설치. 집 면적을 27000m ² 로 이용.
	B조 집 밑에 프로펠러를 설치해 프로펠러가 돌아가는 것을 전기로 바꿔서 사용. 고층아파트에 있는 불빛처럼 지붕에도 밝게 빛나는 불빛을 달아놓음. 집 밑에다가 커다란 추를 단다. 집과 집 사이를 연결해 서로 오갈 수 있음.
	C조 다른 모둠이 제시한 내용에 비해 차별화된 특이 내용 제시 없음.
물리반	A조 안테나를 이용해 큰 바다생물이 싫어하는 전파나 음파를 보내어 쫓아냄.
	B조 모듈은 태양광으로 에너지 획득. 바다 곳곳에 태양열 전지판을 설치해 모듈이 에너지가 부족해지면 전지판 근처로 가 에너지 획득. 에너지가 부족할 땐 바다정거장으로 도킹해 잠깐 주거하며 에너지를 가져올 수 있음. 모듈을 바다 속으로 집어넣어 최대한 피해를 줄임.
화학반	A조 쓰레기 처리장에서 바이오에너지를 생산.
	B조 쓰레기에서 생성되는 발효에너지. 주택이 있는 곳과 바깥의 보호막 사이에 베어링이 설치되어 있어 건물이 기울어지거나 흔들리지 않음. 바닷물을 전기분해해 물과 산소 획득.
생물반	A조 뽀족한 가시로 이루어진 방어시설. 각 집에서 배출하는 오물들을 거름으로 이용.
	B조 물 밑의 공간 위에 물 위에 공간이 떠있을 수 있도록 부력체도 여기 가운데 설치. 방어시설(포탑) 설치.
지구과학반	A조 암초 위에 비닐하우스 설치. 문어발원리를 이용한 고정 장치로 울퉁불퉁한 암초 위에 잘 설 수 있고 태풍이나 쓰나미 등에도 날아가거나 파괴되지 않게 고정. 잠수함의 형태를 띠었다가 펼쳐지면 굴 모양의 형태로 펼쳐질 수 있음. 공기탱크로 물을 넣고 빼어 위험할 때 바다 속으로 들어갔다다 다시 위로 올라옴.
	B조 주거시설을 수면 밑에 설치. 진동을 느끼면 창문 위에서 철판이 내려와 창문이 깨지지 않도록 함. 상대적으로 해수면이 낮은 곳에 집을 설치.
IT·수학융합반	A조 부식에는 잘 버티는데 가벼운 재질인 초경합금으로 바닥을 만듦. 소변을 정화해 수경재배 시설에 이용. 거주 공간에 보안시설 설치. 부레 달기. 표류를 막기 위해 고층빌딩과 집을 탄소나노튜브로 연결함.
	B조 다른 모둠이 제시한 내용에 비해 차별화된 특이 내용 제시 없음.

으로 동반되어야 함을 시사한다. 따라서 창의력 수업 시 창의적이고 효과적인 문제해결을 위해서는 발산적 사고와 수렴적 사고가 상보적으로 이루어져야 함을 학생에게 지도할 필요가 있다.

2. ‘바다 위에서 자급자족할 수 있는 주택 설계하기’ 문항에서 나타난 영재반별 문제발견 및 문제해결 특성

‘바다 위에서 자급자족하며 살 수 있는 주택 설계하기’ 문항에 대해 중등영재반 학생들이 발견한 문제와 그에 상응하는 문제해결방안에서 나타난 여러 요소들을 유사 내용으로 계속 유목화하여 얻어진 영재반별 ‘공통적으로 제시한 문제’와 영재반별 ‘차별적으로 제시한 내용’을 정리하였다. 각 중등영재반별로 ‘바다 위에서 자급자족할 수 있는 주택 설계하기’란 문제 상황에 대해 발견한 문제들과 문제해결 내용을 유목화하고 정리한 것은 Table 6과 Table 7과 같다. 모든 영재반에서 바다 위에서 살 수 있는 주택을 설계하기 위해 ‘에너지 공급’, ‘식량과 식수 공급’, ‘바다 위의 위협요인’, ‘주택의 안정성’과 같은 문제를 제약 조건으로 제시하였다. 자급자족에 가장 필수적인 요인을 식량과 에너지, 집의 안정성으로 들었고, 바다 위라는 조건을 고려하여 위협요인을 해결하여야 할 문제점으로

로 제시한 것으로 보아 이것은 누구나 생각할 수 있는 보편적인 아이디어라고 할 수 있다. 그런데 영재반별로 차별적으로 발견한 문제는 몇몇을 제외하고는 전공 영역의 특성이 드러났다고 말하기 어렵다. 예를 들어, 수학반은 주택을 지을 수 있는 면적을 계산할 수 있는지에 관하여 문제를 제시한 것은 수학적 사고로부터 나온 것이고, 식물을 심을 흙이 부족하다는 생물반이 제시한 문제점은 환경과 생물 지식을 모두 고려한 사례이다. 그러나 수학반은 이외에 ‘교육’, ‘언어’, ‘통신’과 같은 사회적 문제를 더 많이 제시하였고, 생물반은 ‘약탈이 있을 수 있다’는 사회적인 문제를 제시하였다. 다른 반 또한 전공 영역과 무관한 문제점을 많이 제시한 것으로 보아 이 문항은 영역특수성이 약하게 나타나는 특성을 지니고 있음을 알 수 있다.

이 문항에서는 다른 두 문항과 달리 반마다 제시한 문제의 발견과 그에 상응하는 해결 방안이 중복되는 경우가 많았으므로, 반별로 차별화되었거나 영역 특수적 지식을 활용한 아이디어를 위주로 추출하여 정리하였다. 각 반별로 제시한 문제해결 방안이 차별화된 것은 주로 자신의 전공 분야와 관련한 내용을 더 많이 구체적으로 제시하고 있음을 알 수 있다. 예를 들어 수학반의 경우 ‘집 면적을 27000m²로 이용’, 물리반의 경우 ‘바다 곳곳에 태양열 전지판을 설치해 모듈이 에너지가 부족해지면 전지판 근처로 가 에너지 획

Table 8. Results of problem solving ability scoring about ‘Designing a self-sufficient home on the sea’

반	문제 발견					문제 해결						총점
	사고력				소계	사고력		설계 및 실행		융합적 소양	소계	
	유창성	유연성	독창성	논리·비판적 사고		경제적 사고	타당성	구체성				
수학반	A조	3	3	3	9	3	2	3	3	3	14	23
	B조	3	3	2	8	3	2	3	2	2	12	20
	C조	1	2	1	4	3	2	3	3	2	13	17
물리반	A조	2	2	1	5	2	2	3	3	2	12	17
	B조	1	2	1	4	1	2	3	3	2	11	15
화학반	A조	1	2	2	5	1	2	3	2	2	10	15
	B조	3	2	3	8	1	1	3	1	3	9	17
생물반	A조	1	1	1	3	1	2	3	2	2	10	13
	B조	3	2	3	8	2	2	3	2	3	12	20
지구과학반	A조	2	3	1	6	3	2	3	3	2	13	19
	B조	1	2	1	4	1	2	3	2	2	10	14
IT·수학융합반	A조	3	2	1	6	3	2	3	2	3	13	19
	B조	1	2	1	4	1	2	3	1	2	9	13

득’, 화학반의 경우 ‘바닷물을 전기분해해 물과 산소 획득’, 생물반의 경우 ‘각 집에서 배출하는 오물들을 거름으로 이용’, 지구과학반의 경우 ‘문어발원리를 이용한 고정 장치로 울퉁불퉁한 암초 위에 잘 설 수 있고 태풍이나 쓰나미 등에도 날아가거나 파괴되지 않게 고정’, IT·수학융합반의 경우 ‘거주 공간에 보안시설 설치’와 같이 각 전공별 개념을 활용한 문제해결 방안을 제시하고 있다.

영재학생들이 소집단을 구성하여 나타난 융합적 문제해결력을 채점한 결과는 Table 8과 같다. 각 중등 영재반별 문제발견의 창의성 점수를 보면 3점에서 9점까지 획득하였으며, 생물반 A조가 3점으로 가장 낮은 점수를 보인 반면, 수학반 A조가 9점, 수학반 B조와 화학반 B조, 생물반 B조가 8점 또는 9점으로 상대적으로 높은 점수를 나타내었다. 특히, 독창성 점수에서 수학반 C조, 물리반 A, B조, 생물반 A조, 지구과학반 A, B조, IT·수학융합반의 경우 1점밖에 나오지 않아 이 반들의 경우 문제 발견 능력이 잘 표현되지 않았음을 알 수 있다. 문제 해결 단계의 점수는 9점에서 14점까지 획득했으며, 가장 낮은 점수는 화학반 B조와 IT·수학융합반 B조로 9점이었다. 이 결과를 볼 때 반별에 따른 문제발견의 능력 차이는 보이지 않았으며, 문제발견과 문제해결 능력은 모듈별 차이가 크게 나타났음을 알 수 있다. ‘바다 위에서 자급자족하여 살 수 있는 주택 설계하기’라는 과제 측면을 고려할 때 특정 전공의 영재반이 더 문제발견을 더 잘하거나 문제해결 능력을 더 잘 나타내지는 않았을 것임을 알 수 있다.

각 중등영재반별로 ‘바다 위에서 자급자족하여 살 수 있는 주택 설계하기’ 문제 상황에서 문제 발견과 문제해결과정에서 나타난 특징의 구체적 예시는 다음과 같다.

1) 수학반

수학반은 6개의 반 중 3개의 조가 바다 위에서 자급자족하며 살 수 있는 주택 설계하기 문항을 선택하여 문제해결을 수행하였다. 따라서 수학반에서 과반수의 학생이 세 가지 문항 중 바다 위에서 자급자족하며 살 수 있는 주택 설계하기 문항을 가장 선호하였음을 알 수 있다.

수학반의 세 조는 평균 8개 정도의 문제를 발견하였는데 이는 다른 반과 비교하였을 때 많은 개수의 문제를 발견한 편이다. 또한 모든 반이 공통적으로 고안한 ‘주택의 안정성, 바다 위의 위협요인, 에너지의 공급, 식량과 식수의 공급 방법’ 이외에 사회문화, 교

육, 의료에 관하여 가장 많은 아이디어를 내었으므로 유연성이 높은 사고력을 나타낸다. 특히 A조는 전 세계의 사람들과 공평하게 가용면적을 나눠야 함을 제안하였으며, 이는 다른 반에서는 발견할 수 없는 독창적인 사고이다. 따라서 바다 위에서 자급자족하며 살 수 있는 주택 설계하기 문항은 수학반의 학생들이 가진 발산적 사고력을 잘 나타낼 수 있는 문항이라고 할 수 있다.

수학반의 A조와 B조는 많은 수의 문제를 발견한 만큼, 풍부한 해결방안을 제안하였다. 거주지의 외관은 다른 반과 크게 다르지 않지만, 집의 벽에 받을 설치해 식물을 키우는 경제적인 방안을 채택하였으며 아동을 교육하는 방법이나 집과 집 사이를 연결하여 서로 교류할 수 있는 해결책을 고안해내었다. 특히 A조는 수학적 사고를 이용하여 집의 크기를 현실적으로 계산하는 융합적인 사고를 발견할 수 있었다. 이러한 면에서 문제해결방안의 평가 요소인 논리·비판적 사고와 경제적 사고, 설계의 타당성 및 구체성, 융합성 소양에서 고득점을 획득하였다.

수학반 해결방안 사례(A조): 집에서 살 때 면적이 필요하죠. 저희는 수학이니까 계산을 할 수 있을 겁니다. 일단은 지구의 반지름을 구한 다음, 지구의 반지름은 $6400km$ 입니다. 그걸 사용하여 지구 표면을 구한 다음에 물의 양과 같다고 치고 지금 인구인 60억 명으로 나누었더니 약 $273,000m^2$ 로 나왔는데 사람이 다닥다닥 붙어있으면 사람이 살 수 없잖습니까? 그래서 집을 다 나눌 수 있도록 저희는 100정도로 나눠서 면적을 $27000m^2$ 로 하면 될 것 같습니다.

수학 과목은 어려운 지식 또는 학교 내의 지식의 활용에 한정되고 실생활에서 문제 해결의 적용에 활용될 가능성이 낮을 것으로 예상할 수 있다. 하지만 위의 사례에서 보듯이 수학적 사고는 실생활에서 다양한 문제해결에 유용한 아이디어로 생성될 수 있음을 보여준다.

A와 B조의 수업관찰기록지를 보면 다양한 영역의 아이디어에 관한 주제에 대하여 논의하거나, 구성원끼리 낸 아이디어에 대하여 칭찬을 주고받고 기억이 나지 않는 개념은 인터넷을 참고하여 문제를 해결하였다고 기록되어 있다. 반면 C조는 다른 모듈과 비교하였을 때 문제의 발견 단계에서의 점수가 낮은 편이고, 참신하거나 차별화된 문제해결방안을 제시하지 못하였다. 이는 리더의 부재, 흥미와 관심의 부재 등 다양한 이유가 있을 수 있는데, 수업관찰기록지에 따르면 4명

의 모둠원 모두 토의에 집중하지 못하고 주제에 관계 없는 이야기에 동조하였다고 기록되어 있다. 이로 인해 문제해결을 위하여 조원 사이의 충분한 논의가 이루어지지 못하고, 집단 창의성이 적극적으로 발휘되지 못하여 일반적인 상식, 지식을 이용한 산출물이 나왔을 것이라고 예상된다. 과학 영재학생들은 과학 분야에 특별한 과제집착력을 보이며(Park *et al.*, 2003) 토론학습을 즐기는 것으로 알려져 있지만(Seo, 2009) 모둠원 간의 심도 있는 논의가 이루어지기 위해서는 모둠원의 역할을 잘 분배하여 산출물이 원활하게 나올 수 있게 돕는 리더를 뽑거나, 필요시에 적절한 교사 개입이 요구될 수 있을 것이다.

2) 지구과학반

지구과학반의 두 조가 발견한 문제의 수는 각각 6개와 5개로, 이는 평균적이거나 약간 못한 수치다. 아이디어의 유연성은 높거나 평균적인 수준을 나타내었다. 다만 지구과학반만이 제안한 독창적인 아이디어는 찾을 수 없었다. 지구과학반의 A조는 상당히 구체적으로 거주지의 구조를 설계하였는데, 어떠한 원리를 이용하여 주택을 설계하였는지에 대해 구체적이게 발표하여 설득력을 높였고 물속에서와 물 위에서의 거주지 형태를 각각 고안하였다. 또한 거주지의 형태로 물 위에 떠 있을 때 부력을 높이기 위하여 펼쳐진 굴껍질 모양의 형태를 채택하여 타당성을 높였다. 이를 통해 지구과학영재반은 주로 거주지의 구조와 기능에 초점을 두고 아이디어가 생성되고 논의되고 있음을 알 수 있다. 잠수함의 형태는 일반적인 학생들도 생각해 낼 수 있는 아이디어지만, 굴껍질이라는 아이디어는 다른 반이나 모둠에서는 제시되지 않은 독창적인 아이디어임을 알 수 있다.

지구과학반 해결방안 사례: 이것은 문어발 원리를 이용한 고정 장치 같은 건데 울퉁불퉁한 암초 위에 잘 설 수 있고 태풍이나 쓰나미 등에도 날아가거나 파괴되지 않게 고정시켜주는 역할을 합니다. 이것은 집 형태의 모양인데 원래 이렇게 잠수함의 형태를 띠었다가 이렇게 펼쳐지면 굴 모양의 형태로 이제 바다 표면에서 넓게 쉽게 떠있을 수 있는 모양으로 지었고 (생략)

A조의 구성원은 아이디어를 계속해서 제시하고, 이에 대해 비판적인 시각을 가지고 설명이 필요한 부분에 대하여 의견을 나눴다. 또한 필요한 자료가 있을 때 스마트 기기를 이용해 자료를 검색하고 리더가 의

견을 종합하여 수렴하여 산출물이 완성되었다. 이러한 조별활동을 통해 집단 창의성이 잘 발휘되었고 높은 수준의 문제해결력을 보여주었다.

B조는 센 파도로 인해 창문이 깨지지 않게 진동을 감지하여 창문 위에서 철판이 내려오게 설계하겠다는 독창적인 아이디어를 제시하였다. 그러나 산출물의 형태는 구체성이 떨어지고 발표 분량도 상당히 짧았는데, 이는 조별활동 시간에 구성원 간에 논의가 제대로 이루어지지 않았기 때문이라고 예상된다. 행동특성 관찰 기록지에서 B조의 한 학생은 토론하는 동안 논의의 방향이 다른 곳으로 새지 않게 이끌어가고 노력했으나 다른 학생들이 게임 이야기를 하는 등 토론의 방향을 흐렸다고 기록되어 있다. 이러한 상황에서 구성원 간 의견교환이 충분히 이루어지지 않았을 것이며, 학생들이 문제해결 상황에 집중하며 집단 창의성이 발휘될 수 있도록 교사의 적절한 지도가 필요할 것이다.

3. ‘엽록체 이식 인간’ 문항에서 나타난 영재반별 문제발견 및 문제해결 특성

‘엽록체 이식 인간’ 문항에 대하여 중등영재반 학생들이 발견한 문제와 그에 상응하는 문제해결방안에서 나타난 여러 요소들을 유사 내용으로 유목화하여 얻어진 영재반별 ‘공통적으로 제시한 문제’와 영재반별 ‘차별적으로 제시한 문제’를 정리하였다. 각 중등영재반별로 ‘엽록체 이식 인간’란 문제에 대해 발견한 문제들과 문제해결 내용은 Table 9와 Table 10과 같다.

모든 영재반에서 인간에게 엽록체를 이식한 후 나타날 수 있는 문제점으로 ‘광합성의 장애 요인’을 꼽았으며, 광합성을 하는 데에 있어 필수적인 요소인 햇빛, 물, 이산화탄소의 부재를 문제로 든 것으로 보아 이것은 누구나 할 수 있는 보편적인 아이디어라고 할 수 있다. 영재반별로 차별적으로 발견한 문제는 전공 영역의 특성이 강하게 드러났다. 예를 들어 화학반의 경우 ‘대기 중 산소 농도의 증가로 인한 인체의 부작용’, 생물반의 경우 ‘소화기관의 퇴화’, ‘이식 도중 피부병 발생’ 등 인체의 안전한 유지에 집중하고 있다. 반면 엽록체 이식이라는 상황과 전공 특성이 크게 연관되지 않는 반의 경우 사회적 문제에 집중하는 경향이 있는데, 예를 들어 수학반의 경우 ‘일조량이 많은 지역에 인구 밀집’, 물리반의 경우 ‘피부색으로 인한 차별’, IT·수학융합반의 경우 ‘농부와 음식판매자의 이익 감소’와 같은 새로운 관점에서의 문제점을 제시하였다.

문제해결단계의 아이디어들도 각 반별로 전공 특성이 많이 나타났다. 예를 들면 물리반의 경우 ‘바닷물

을 반투막을 이용해서 담수로 만듦’, 화학반의 경우 ‘공장에서 수소와 산소를 결합해서 물이 되는 원리를 이용해 산소 농도를 줄이고 물 섭취량 증가 문제를 해결’, 생물반의 경우 ‘소화기관 퇴화 시 영양소가 포함된 수액 투입, 엽록체에 해로운 신종 바이러스에 대

항하는 백신을 발명’, 지구과학반의 경우 ‘금성과 같이 이산화탄소로 이루어진 행성으로부터 이산화탄소 가져옴’, IT·수학융합반의 경우 ‘태양광 칩을 판매해 자신이 얻고 싶을 때 영양소를 보충’과 같이 각 전공별 개념을 활용한 문제해결 방안을 제시하고 있다.

Table 9. Comparison of findings of problems by gifted classes for the question of 'Chlorophyll Transplant Humans'

영재반 구분	공통적으로 발견한 문제	반별 차별적으로 발견한 문제
수학반		건강과 음식의 필요성 감소. 산소량 증가로 인해 화재 발생률 증가. 생물의 크기 증가. 식품업 종사자의 일자리 감소. 일조량 많은 지역에 인구 밀집.
물리반		양분과 공복감의 불균형. 피부색으로 인한 차별.
화학반	광합성의 장애 요인(물 부족, 이산화탄소 부족, 흐린 날 일조량 감소)	대기 중 산소 농도의 증가로 인한 인체의 부작용. 영양 불균형. 증산작용으로 인해 대기가 습해져 홍수와 같은 자연재해.
생물반		소화기관의 퇴화. 새로운 바이러스의 출현. 이식 도중 피부병 발생. 햇빛에 의한 피부병.
지구과학반		비만.
IT·수학융합반		농부와 음식판매자의 이익 감소.

Table 10. Comparison of the solution contents of the problem by the gifted classes for the question 'Chlorophyll Transplant Humans'

영재반 구분	영재반별 특이적인 문제해결 방안
수학반	사람이 광합성을 하게 됐으므로 이러한 것에 관련된 일자리를 마련. 이산화탄소 공급 장치를 집마다 설치. 인공해를 만들어 집집마다 설치.
물리반	바닷물을 반투막을 이용해서 담수로 만듦. 해양심층수는 염분이 거의 없기 때문에 이용. 공복감을 곤약으로 해소한다.
화학반	공장에서 수소와 산소를 결합해서 물이 되는 원리를 이용해 산소 농도를 줄이고 물 섭취량 증가. 문제를 해결. 식당에서 탄수화물, 단백질, 그리고 지방을 섭취할 수 있는 식품을 판매. 광합성을 위한 LED 발명. 나무심기, 댐, 하수구 만들기.
생물반	소화기관 퇴화 시 영양소가 포함된 수액 투입. 꾸준히 음식물을 섭취해 소화기관의 퇴화 혹은 축소 방지. 엽록체에 해로운 신종 바이러스에 대항하는 백신을 발명. 필요한 빛을 투과시키고 해로운 빛, 세균, 물질을 반사시키는 옷 제작. 유전자 조작(해충이나 바이러스를 사람의 몸 안에 먼저 넣어서 이겨낼 수 있게 하면 사람이 그 엽록체 때문에 바이러스에 감염되지 않음). 엽록체가 들어있는 마이크로칩을 개발해 엽록체를 반만 이식했다가 반만 빼낼 수 있어 효율성을 높임. 햇빛에서 오는 해로운 물질을 반사시켜주고 빛과 대기나 이런 것은 다 들어올 수 있는 돔에서 거주.
지구과학반	금성과 같이 이산화탄소로 이루어진 행성으로부터 이산화탄소 가져옴. 임시방편이지만 해수담수화 시설 이용. 식수를 공급하는 동안 다른 행성을 찾아 이동할 준비를 함. 냉동 다이얼트법 이용.
IT·수학융합반	농부가 농사를 지어 식재료를 만든 다음 음식점에서 음식 판매. 정부에서 음식판매자(농부 포함)들에게 태양광칩 만드는 법을 알려줌. 태양광 칩을 판매해 자신이 얻고 싶을 때 영양소를 보충.

Table 11. Results of problem solving ability scoring about ‘Chlorophyll Transplant Humans’

반	문제 발견				문제 해결						총점	
	사고력			소계	사고력		설계 및 실행		융합적 소양	소계		
	유창성	유연성	독창성		논리·비판적 사고	경제적 사고	타당성	구체성				
수학반	3	2	3	8	2	2	3	1	2	10	18	
물리반	1	2	3	6	1	1	3	2	2	9	15	
화학반	3	2	1	6	3	1	3	2	2	11	17	
생물반	A조	1	1	3	5	2	1	3	1	1	8	13
	B조	2	1	2	5	2	2	3	2	2	11	16
지구과학반	2	2	1	5	3	1	3	2	1	10	15	
IT·수학융합반	1	1	1	3	2	2	3	2	2	11	14	

영재학생들이 소집단을 구성하여 나타낸 융합적 문제해결력을 채점한 결과는 Table 11과 같다. 각 중등 영재반별 문제발견의 창의성 점수를 보면 3점에서 8점까지 획득하였으며, IT·수학융합반이 가장 낮은 점수를 보인 반면, 수학반이 상대적으로 높은 점수를 나타내었다. 특히, 독창성 점수에서 화학반, 지구과학반과 IT·수학융합반의 경우 1점밖에 나오지 않아 이 반들의 경우 문제 발견 능력이 잘 표현되지 않았음을 알 수 있다. 문제 해결 단계의 점수는 8점에서 11점까지 획득했으며, 가장 낮은 점수는 생물반 A조였고, 가장 높은 점수는 수학반이었다. 이 결과를 볼 때 전공영역과 관련이 깊은 STEAM 문제 상황에서 반별에 따른 문제발견과 문제해결의 유불리 문제는 나타나지 않았고, 모둠별 점수 차이가 크게 나타남을 알 수 있었다. 이는 앞서 ‘화성탐사 수행을 위한 조건 설계하기’와 ‘바다 위에서 자급자족할 수 있는 주택 설계하기’에서 나타난 문제발견과 문제해결 능력의 차이의 경향성과 유사하다.

각 중등영재반별로 ‘엽록체 이식인간’이란 문제 상황에서 문제 발견과 문제해결과정에서 나타난 특징의 예시는 다음과 같다.

1) 수학반

수학반의 학생들은 6개의 반 중 가장 많은 수의 문제를 발견하였으며, 특히 엽록체를 이식함으로써 나타날 수 있는 사회경제적인 문제를 많이 제시하였다. 또한 대기 중의 산소와 이산화탄소의 농도의 변화로 인해 나타날 수 있는 문제를 구체적으로 언급하였다. 다음의 사례에서 볼 수 있듯 수학반의 학생들은 다른 반이 발견하지 못한 문제점을 많이 제시하는 독창성을 보인다.

수학반 문제 발견 사례 1. 건강음식의 필요성이 없어지게 되고 맛을 더 추구하게 되며 식물의 중요성이 감소하게 됩니다. 그리고 음식에 대한 수요가 전에 비해서는 확연하게 감소하므로 식품계열 경제가 침체하고 식품업에 종사하던 사람들이 직장을 잃는 경우가 많습니다.

수학반 문제 발견 사례 2. 광합성을 하려면 햇빛이 필요한데 그러면 햇빛이 많은 곳에 사람들이 밀집됩니다.

수학반 문제 발견 사례 3. 이산화탄소를 흡수하고 산소를 배출하면 산소량이 많아지게 되어서 불이 자주 일어나고 생물들의 크기가 전체적으로 커지는 현상이 일어납니다.

이에 대하여 수학반의 학생들은 일자리 감소라는 사회경제적인 문제를 해결하기 위해 일자리를 창출하여야 하고, 사람이 수용할 수 있는 이산화탄소의 양을 늘리기 위해 이산화탄소 공급 장치를 제공해야 함을 주장하였다. 또한 행동특성 관찰 기록지에서는 학생들이 구상한 해결방안이 가져올 2차, 3차적인 결과까지 고려하는 모습을 볼 수 있다고 기록되어 있다. 이를 통해 수학반의 학생들은 활발한 토론을 통해 문제를 해결하는 과정에서 추가적으로 문제를 검토하고 새로운 문제를 더 발견해내는 순환적인 과정을 거치고 있음을 알 수 있다.

수학반 해결방안 사례 1. 식품계열 경제가 침체하고 식품업에 종사하던 사람들이 직장을 잃는 경우가 많은데 그런 사람들을 위해서 사람이 광합성을 하게 됐으므로 이러한 것에 관련된 일자리를 마련하는 것이 해결방안이라고 할 수 있습니다.

수학반 해결방안 사례 2. 식물들만 흡수하던 이산화탄소를 전 세계의 사람들이 함께 공급받아야 하므로 이산화탄소의 수요가 크게 늘어나고 인간들은 원래 이산화탄소를 내뿜었는데 이런 인간들이 더 이상 이산화탄소를 내뿜지 않게 되므로 (중략) 이산화탄소를 인공적으로 만들어서 공급할 수 있는 이산화탄소 공급장치를 집마다 설치하게 될 수 있습니다.

그러나 학생들이 제시한 해결방안이 상세하지 못하고 구체적인 기작이나 절차를 고려하지 않아 설계 및 실행의 구체성에 낮은 점수를 부여하였다. 또한 사례 2에서 볼 수 있듯 광합성을 하게 됨으로써 호흡을 더 이상 필요로 하지 않는다는 오개념을 가지고 있음을 알 수 있었다. 그리고 일어날 수 있는 문제를 가장 많이 발견한 반이었던 것에 비해 그중 일부는 해결방법을 제안하지 못하여 논리·비판적 사고력은 다소 떨어지는 모습을 보였다.

이러한 산출물로 미루어 보아 수학반의 학생들에게 엽록체 이식 인간 문항은 다소 해결하기 어려웠으리라고 생각되며, 그 이유는 생물학에 대한 전문지식이 부족했기 때문이라고 짐작할 수 있다. Klieme (2004)는 적절한 선행 지식을 갖고 있지 않은 사람은 문제 상황을 적절히 탐색하지 못하고 체계적인 방법으로 계획을 세우지 못하며 주로 시행착오 방법을 사용하려고 한다고 설명하였다. 이러한 결과를 볼 때 학생들에게 융합적인 문제해결능력을 길러주기 위하여 영재 학생들에게 부족한 영역의 지식을 채워주고 특화된 지식은 더욱 발휘할 수 있는 개별화된 수업이 필요함을 시사한다.

2) 생물반

생물반의 학생들은 6개의 반 중 유일하게 2개의 조가 '엽록체 이식 인간' 문항을 선택하여 문제의 해결을 수행하였다. 주제 자체가 생물학적 지식을 요구하였기 때문에 상대적으로 이에 관련한 지식이 풍부한 생물반에서 선호도가 높았음을 유추할 수 있다. 과제를 수행한 두 조 모두 많은 수의 문제를 발견한 것은 아니었지만, 광합성에 장애가 되는 요인과 엽록체 이식으로 인해 인체에서 나타날 수 있는 부정적인 변화를 문제점으로 꼽은 것이 특징이다. 특히 엽록체 이식 인간으로 인해 발생할 수 있는 질병에 대하여 생각한 반은 생물반이 유일하므로 독창적 사고의 사례에 해당한다.

생물반 문제발견 사례 1(A조). 엽록체를 이식함에 따라 현재의 바이러스 상태에서 더 치명적인 바이러스가 발생할 수 있고 메르스나 에볼라, 신종플루같은 바이러스가 엽록체에 많이 해로울 수 있기 때문에 엽록체에 해로운 새로운 바이러스가 생겨납니다.

생물반 문제발견 사례 2(B조). 엽록체를 이식해서 사람이 광합성을 하는 도중에 피부에 해로운 물질이나 바이러스가 들어가 피부암에 걸리거나 해로울 수 있는데 (중략)

학생들은 문제해결 방안의 대부분을 생물 영역의 지식을 활용하여 제안하였다. 특히 생물반에서는 다른 반에서 나오지 않았던 질병, 백신, 면역 등의 면역학적 개념과 원리를 이용한 아이디어를 발견할 수 있었다. 다만 생물학적 지식에 치중하는 바람에 다양한 영역의 지식을 활용하지는 못하는 모습을 보여, 융합적 소양에서 낮은 점수를 부여하였다.

생물반 해결방안 사례 2(B조). 또 다른 해결방안은 유전자 조작인데 (중략) 저희가 바이러스를 막으려고 몸 안에다가 바이러스를 넣어서 몸에서 이겨낸 다음에는 그 병에 걸리지 않게 되어 있잖아요. 그러면 그 병이 걸리지 않는 거니까 만약에 씨 있는 바나나의 엽록체를 사람의 몸에다 넣으면 씨있는 바나나의 해충이나 바이러스를 사람의 몸 안에 먼저 넣어서 이겨낼 수 있게 하면 사람이 그 엽록체 때문에 바이러스에 감염되지 않아서 바이러스를 백신처럼 만든다고 생각을 했고 (중략)

생물반의 학생들은 면역학적 지식에 대한 오개념을 일부 가지고 있었으며 설계 과정에서 구체성이 떨어지는 모습을 보였다. B조가 제시한 사례 2와 같이 '유전자 조작'이라는 잘못된 용어를 사용하였으나 능동면역과 백신의 원리를 어느 정도 파악하고 있는 듯 보였다. 또한 '엽록체를 포함하고 있는 마이크로칩, 해로운 물질을 반사하는 옷'과 같은 융합적 사고를 활용한 해결방안을 구상한 것으로 보아, 추후 연구에서 정보와 검색과 활용을 더욱 충분히 할 수 있도록 활동 시간과 수업 환경을 조성한다면, 정교하면서도 독창적인 산출물이 나올 것이라 기대된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 STEAM 융합적 문제 상황에 대하여 중등 영재반별로 나타내는 창의적, 논리적, 경제적, 융합적 사고력을 활용한 문제발견과 문제해결 능력의 특성을 알아보는 데 있다. 이를 위해 STEAM 융합적 문제해결 검사지를 활용하여 부산광역시에 소재한 P대학교 부설 과학영재교육원 심화과정의 중등 영재학생을 115명을 대상으로 문제의 발견과 문제해결 특성을 조사하였으며, 이 학생들이 문제의 발견과 문제 해결 과정에서 작성한 활동지, 산출물, 비디오로 촬영한 발표 내용을 정량적 및 정성적으로 분석하였다. 또한 학생 간의 상호작용으로 일어나는 집단 창의성을 보기 위해 수업참여관찰지를 활용하여 조별활동도중 나타내는 특성을 질적으로 분석하였다.

‘화성탐사를 수행하기 위한 조건 설계하기’ 문항에서 영재반별 문제 발견 및 문제해결의 특성을 비교분석한 결과는 다음과 같다. 영재반별에 따른 문제발견의 능력 차이는 보이지 않았으며, 문제발견 능력은 모둠별 차이가 큰 반면, 문제해결능력은 모둠별 차이가 거의 없었다. 화성탐사 수행이라는 과제 측면을 고려할 때 물리영재반이 문제발견과 문제해결에서 더 높은 점수를 얻을 것으로 예상하였으나 가장 낮은 점수를 획득하였다. 이러한 결과를 볼 때 STEAM 융합적 문제 상황에서 문제의 발견과 문제해결에 전공 영역보다 개별 창의성과 모둠의 협력적 창의성이 더 크게 작용했음을 알 수 있다.

‘바다 위 주택에서 자급자족할 수 있는 주택 설계하기’ 문항에서 영재반별 문제 발견 및 문제해결의 특성을 비교분석한 결과는 다음과 같다. 영재반별에 따른 문제발견의 능력 차이는 보이지 않았으며, 문제발견과 문제해결 능력은 모둠별 차이가 크게 나타났다. ‘바다 위에서 자급자족하여 살 수 있는 주택 설계하기’라는 과제 측면을 고려할 때 특정 전공의 영재반이 더 문제발견을 더 잘하거나 문제해결 능력을 더 잘 나타내지는 않았을 것임을 알 수 있다.

‘엽록체 이식 인간’ 문항에서 영재반별 문제 발견 및 문제해결의 특성을 비교 분석한 결과는 다음과 같다. 영재반별 문제의 발견 능력과 해결능력은 반별 차이가 있다고 말하긴 어렵고 모둠별 차이를 보였다. 엽록체 이식이라는 과제 측면을 고려할 때 생물반이 문제발견과 문제해결에서 더 높은 점수를 얻을 것으로 예상하였으나 생물반에서 가장 낮은 점수를 획득한 것을 볼 때, 전공 영역에 따라 더 높은 창의성이 발현될 것을 예측하는 것은 쉽지 않으며, STEAM 융합적 문제 상황에서 문제의 발견과 문제해결에 전공 영역

보다 개별 창의성과 모둠의 협력적 창의성이 더 크게 작용했음을 알 수 있다.

이와 같은 연구결과에 따라 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다. 첫째, 제시한 문제해결력 검사지가 지닌 전공 특수성이 문항에 대한 선호도와 문제를 발견하는 양상에 영향을 미친다. ‘화성탐사 수행을 위한 조건 설계하기’ 문항과 ‘엽록체 이식 인간’ 문항은 영역 특수성이 강하게 드러나는 문항이며, 전공지식을 갖추어야 문제 상황을 빠르게 파악하고 해결하여야 할 문제점을 확인할 수 있다. 반면 ‘바다 위에서 자급자족하며 살 수 있는 주택 설계하기’ 문항은 보다 보편적인 영역의 지식을 요구한다. 학생들의 문항에 대한 선호도를 반영한 결과, 반별 구분에 상관없이 ‘바다 위에서 자급자족하며 살 수 있는 주택 설계하기’에서 가장 많은 모둠이 형성되었다. 이는 중등영재들은 전공 지식을 많이 필요로 하지 않는 문제 상황에 비교적 부담감을 덜 느끼고 도전의식을 갖는 경향이 있음을 시사한다. 또한 ‘화성탐사 수행을 위한 조건 설계하기’와 ‘엽록체 이식 인간’ 문항에서 발견된 문제의 개수는 평균 4~5개인 반면 ‘바다 위에서 자급자족하며 살 수 있는 주택 설계하기’ 문항에서 학생들이 제시한 문제의 개수는 6개 이상이며 많게는 10개의 문제를 발견한 조도 있었다. 그러나 이 문항은 다수의 반에서 차별성이 떨어지는 문제 발견 양상을 보였다. 이는 전공특성이 강한 문제 상황을 학생들에게 제시하였을 때 유연하고 독창적인 문제를 발견하여 창의적인 산출물을 생산하는 데에 긍정적인 영향을 미치나, 전공특성이 약한 문제 상황은 영재반별 특이점을 발견하기 어려울 수 있음을 시사한다.

둘째, 영재반별로 특정 과제에 대해 영재반에 따른 문제의 발견과 문제의 해결 능력의 차이를 보이는 것이 아닌 모둠별로 차이를 보이는 것으로 나타났다. 즉, 모둠 구성이 어떻게 되는가에 따라, 모듬원의 각 구성원의 문제 발견과 문제 해결 능력의 차이를 가져온다고 할 수 있다. 창의성의 최종 결과물인 창의적 산출물은 영역-특수적 지식을 개인이 어느 정도 지니고 있으며 그 분야에 대해 얼마나 능통한가에 따라 영향을 받는다(Amabile, 1996; Feldhusen, 1986; Kim & Choe, 2002). 그러나 개인이 모여 팀을 구성하고 문제를 해결하여야 하는 상황에서는 모듬 구성원이 적극적으로 상호 협력하고, 각자 자율적인 리더의 역할을 수행할 때 영재성의 발현이 더욱 잘 이루어지는 것으로 판단할 수 있다. 즉, 주어진 과제의 특성이나 과제와 관련된 전공의 밀접성보다 과제에서 문제를 발견하고 해결하는 집단 창의성이 중요함을 알 수 있다. 이때 모듬 구성원의 수가 많다고 해서 문제해결능력이 증가한다고 보기는 어려운데, 중등 영재

학생의 경우 구성원의 수가 많아 오히려 협력의 정도가 떨어지거나 의견 조율이 되지 않은 채 논의가 길어져 산출물의 수준이 떨어지는 사례가 있었다. 이는 개인창의성에서 집단창의성으로 연결되는 창의성의 집합화가 단순합산이 아니며(Woodman, Sawyer & Griffin, 1993) 다양한 전략과 요건이 충족되어야 한다(Sawyer, 2007)는 선행 연구의 견해와 일치한다. 집단 창의성이 효과적으로 발현되기 위해서는 모둠 내에서 서로를 이해하며, 타인의 필요에 공감하고, 공동의 목표를 위해 협력하는 것이 필요하다(Seelig, 2012). 따라서 집단 창의성의 발현을 위해 모둠 내에서 구성원의 협력을 통해 공동의 문제를 해결하도록 하는 수업방법을 통해 의사소통능력, 갈등해결능력 등을 포함하는 인성교육 요소를 교과내용에 적절히 녹여내어 수업을 진행할 필요가 있다.

셋째, 협력적인 문제해결 활동을 통해 개별 창의성의 편차를 줄일 수 있다. 본 연구에서 문제의 발견은 개별적으로 이루어졌고, 채점 결과 문제의 발견 단계에서 점수 차이가 많이 낮음을 확인하였다. 그렇다면 문제의 발견 단계에서는 각 모둠을 구성하는 학생들의 개별적인 창의성이 어느 정도인지에 따라 모둠 창의성의 정도가 크게 나타났다고 할 수 있다. 반면 모둠별 문제해결 활동은 개별 창의성과 집단 창의성이 함께 작용했으며, 문제해결에서는 모둠별 점수의 차이가 크지 않은 것을 볼 수 있었다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 집단 창의성이 개별창의성의 차이를 줄여주었다고 볼 수 있다. 즉, 협력적인 문제해결 활동을 통해 개별 창의성의 편차를 줄여준 것으로 추측할 수 있다.

이 연구에서는 중등영재 학생들이 집단 내에서 STEAM 문제 상황에 대하여 나타내는 문제발견 능력과 융합적 문제해결 능력을 알아보았다. 이 연구에서 이끌어낸 결과로부터 다음과 같은 제언을 하고자 한다. 첫째, 미래형 교육을 위해서는 핵심역량 증진에 필요한 기초교육뿐만 아니라 인성교육을 통해 타인을 공감하고 협력할 수 있는 자세를 길러주는 교육이 중요하다. 중등 과학영재를 평가하는 데에 있어 각 개인이 가진 성과의 수준을 넘어 집단의 수준에서 정의적 요인과 협력의 개념을 포함할 필요가 있음을 시사하며, 집단 창의성이 잘 발휘될 수 있도록 협력적 문제해결능력을 향상시킬 수 있는 교수·학습 전략을 개발할 필요가 있다. 둘째, 변화하는 사회에서 누구나 접할 수 있는 문제를 해결하기 위해서 학생들은 다른 사람들과의 의사소통을 통한 상호작용으로 해결책을 제시하거나 의사결정을 하여야 한다. 연구는 같은 반의 영재학생끼리 집단을 구성하여 문제해결을 수행하였지만 변화된 사회에서 맞닥뜨리게 될 여러 문제들

은 다양한 분야의 사람들이 모여서 해결하여야 할 가능성이 크다. 따라서 진정한 의미의 집단창의성을 발휘하기 위하여 여러 전공의 영재반을 섞어 문제 해결을 수행하거나 반별 구분 없이 혼합하여 수업을 진행하여 문제의 발견과 해결 양상을 보는 후속 연구를 제안한다.

국 문 요 약

본 연구의 목적은 STEAM 융합적 문제 상황에 대하여 중등영재반별로 나타내는 문제발견과 문제해결 능력의 특성을 알아보는 데 있다. 이를 위해 STEAM 융합적 문제해결력 검사지를 사용하여 중등영재반별로 문제의 발견과 문제해결 과정에 작성한 활동지, 산출물 등을 정량적 및 정성적으로 비교·분석하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 제시한 문제해결력 검사지가 지닌 전공 특수성이 문항에 대한 선호도와 문제를 발견하는 양상에 영향을 미침을 알 수 있었다. 둘째, 영재반별로 특정 과제에 대해 영재반에 따른 문제의 발견과 문제의 해결 능력의 차이를 보이는 것이 아니라 모둠별로 차이를 보이는 것으로 나타났다. 셋째, STEAM 융합적 문제 상황에서 문제의 발견과 문제해결에 전공 영역보다 개별 창의성과 모둠의 협력적 창의성이 더 크게 작용했음을 알 수 있었다. 본 연구결과에 의하면 문제의 발견과 문제해결력 평가에서 영재 학생들의 정의적 요인과 협력의 개념을 포함할 필요가 있고, 집단 창의성이 잘 발휘될 수 있도록 협력적 문제해결능력을 향상시킬 수 있는 교수·학습 전략을 개발할 필요가 있음을 시사한다.

주제어: STEAM 융합적 문제 상황, 과학 영재, 문제 발견 능력, 문제 해결능력, 개별 창의성, 집단 창의성

References

- Amabile, T. M. (1996). *Creativity and innovation in organizations*. Harvard Business School.
- Ansburg, P. I. (2000). Individual differences in problem solving via insight. *Current Psychology: Developmental, Learning,*

- Personality, Social, 19*, 143-146.
- Baek, Y., & Han, S. (2008). The effects of group conflict on group creativity: Moderating effects of leadership style and communication. *Academy of Management Journal, 9*(3), 1-19.
- Chi, E., Seong, Y., & Lee, S. (2015). Effects of collaborative performance assessment on group efficacy and creative leader competency for the secondary school language class. *The Journal of Curriculum and Evaluation, 18*(2), 131-152.
- Cho, H., Kwon, D., Kang, E., Park, J., Son, J., & Nam, J. (2018). Impacts of collaborative problem solving for character competency (CoProC) strategy on the practical character competency and collaborative problem solving competency in middle school science. *Journal of the Korean Association for Science Education, 38*(5), 681-691.
- Cho, M., & Jin, S. (2016). A phenomenological study on group creativity emerging process experiences of gifted students in elementary schools. *The Journal of Creativity Education, 16*(2), 35-59.
- Choi, Y., Kim, D., Yang, J., & Hong, S. (2016). The influences of STEAM program using infragram for plant health monitoring on elementary student's creative problem solving ability, scientific process skills and affective domain. *Biology Education, 44*(1), 72-86.
- Davidson, J. E. (2003). Insights about insightful problem solving. In J. E. Davidson, & R. J. Sternberg (Eds.), *The psychology of problem solving* (pp. 149-195). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- DeYoung, C. G., Flanders, J. L., & Peterson, J. B. (2008). Cognitive abilities involved in insight problem solving: An individual differences model. *Creativity Research Journal, 20*(3), 278-290.
- Feldhusen, J. F. (1986). A new conception of giftedness and programming for the gifted. *Illinois Council for the Gifted Journal, 5*, 2-6.
- Ha, J., Ryu, H., & Lee, B. (2011). Study on the creativity of an individual and a group level, and the effects of rewards in a group level. *Korean Society for Creativity Education, 11*(1), 89-108.
- Hu, W., Shi, Q. Z., Han, Q., Wang, X., & Adey, P. (2010). Creative scientific problem finding and its developmental trend. *Creativity Research Journal, 22*(1), 46-52.
- Jo, Y. D. (2015). *The qualitative research methodology of institutional space*. Seoul: Education Science Publishing.
- Kang, S. M. (2010). *A study on the collaboration design process to improve group creativity for elementary school students: Focused on 'Group investigation model'* (Unpublished master's thesis). Hanyang University, Seoul, Korea.
- Kim, H., & Choe, I. (2002). A structural model of creativity. *The Korea Journal Educational Psychology, 16*(4), 229-245.
- Kim, H., & Seol, H. (2014). *Mediating effects of integrative capability on the relationship between individual creativity and group creativity*. Paper session presented at the 2014 The Korean Academic Association of Business Administration, Seoul, Korea.
- Kim, J., Shin, A., Park, K., & Choi, B. (2001). The effects of science inquiry experiments emphasizing social interactions and the analysis of social interactions by cognitive level of the students. *Journal of the Korean Chemical Society, 45*(5), 470-480.
- Kim, Y., & Pang, J. (2015). A study of the potentials of math based convergence instructional model. *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. C: Education of Primary School Mathematics, 18*(2), 107-122.
- Kim, S., Lim, H., & Jung, H. (2018). The Relationship between Collaborative Problem-solving and Attitudes towards Collaboration for Korean Students in PISA 2015. *The Journal of Curriculum and Evaluation, 21*(3), 155-179.
- Klieme, E. (2004). Assessment of cross-curricular problem-solving competencies. In J. J. Morskowitz, & M. Stephens, (Eds.),

- Comparing learning outcomes: International assessment and education policy.* Madison, NY: Routledge.
- Lee, D., Yoon, J., & Kang, S. (2015). The suggestion of design thinking process and its feasibility study for fostering group creativity of elementary-secondary school students in science education. *Journal of the Korean Association for Science Education, 35*(3), 443-453.
- Lee, M., Kim, M., & Moon, E. (2013). The effect of STEAM instruction on math creative problem solving ability and creative attitude in elementary math gifted students. *The Journal of the Korean Society for the Gifted and Talented, 12*(3), 75-94.
- Lee, S. S. (2012). New directions in educational innovation as a response to the networked society. *Teacher Education Research, 51*(2), 282-296.
- Lew, K. H. (2015). A comparative study on effects of home and classroom environment on individual creativity and group creativity. *The Journal of the Korean Society for the Gifted and Talented, 14*(1), 201-222.
- Malone, T. W. (2008). *What is collective intelligence and what will we do about it.* Collective Intelligence: Creating a Prosperous World at Peace, Earth Intelligence Network, Oakton, Virginia, 1-4.
- Na, W. Y. (2016). *STEAM education program using unplugged computing on creative problem-solving abilities in elementary students* (Master's thesis). Gyeongin National University of Education, Gyeonggi, Korea.
- Park, S., Cho, S., Kim, H., Lee, J., Yun, Y., Jin, S., & Han, G. (2003). *Theory of gifted education.* Seoul: Education Science Publishing.
- Paulus, P. B., & Nijstad, B. A. (2003). *Group creativity: Innovation through collaboration.* Oxford, England: Oxford University Press.
- Sawyer, R. K. (2007). *Group genius: The creative power of collaboration.* NY: BasicBooks.
- Seelig, T. (2012). *InGenius: A crash course on creativity.* Carlsbad, CA: Hay House, Inc.
- Seo, H. A. (2009). Characteristics of middle school students in a biology special class at science gifted education center: Self-regulated learning abilities, personality and learning preferences. *Journal of Gifted/Talented Education, 19*(3), 457-476.
- Sim, J., Park, H., Baek, Y., & Byun, S. (2017). The development of assessment tools to measure STEAM problem solving abilities for elementary and secondary school students. *Teacher Education Research, 56*(2), 190-210
- Stake, R. E. (1995). *The art of case study research.* Thousand Oaks, CA: Sage.
- Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Dorval, K. B. (1994). Creative problem solving: an overview. In M. A. Runco (Ed.), *Problem finding, Problem Solving, and Creativity* (pp. 223-236). Norwood, NJ: Ablex.
- Wakefield, I. F. (1985). Towards creativity: Problem finding in a divergent-thinking exercise. *Child Study Journal, 75*(4), 265-270.
- Woo, Y., & Hong, S. (2017). The effects of ecosystem related STEAM program on creative problem solving ability and scientific attitude of elementary science gifted students. *Biology Education, 45*(1), 159-168.
- Woodman, R. W., Sawyer, J. E., & Griffin, R. W. (1993). Toward a theory of organizational creativity. *Academy of management review, 18*(2), 293-321.

저 자 정 보

이 은 선 (부산대학교 대학원생)

심 재 호 (부산대학교 교수)