

과학적 창의성 관점에서 살펴본 영재교육종합 데이터베이스(GED)의 초등 과학영재교육 프로그램 특징 분석

윤지현 · 강훈식[†]

Analysis on Characteristic of Elementary Science-Gifted Education Winner Programs in Gifted Education Database Focusing on Scientific Creativity

Yun, Jihyeon · Kang, Hunsik[†]

국문 초록

이 연구에서는 영재교육종합 데이터베이스(GED)에서 제공하는 초등 과학영재교육 프로그램 수상작을 과학적 창의성 관점에서 분석하였다. 이를 위해 해당 분석 기준을 개발한 뒤 우수 프로그램 55개에 포함된 840개의 탐구활동을 분석하였다. 연구 결과, 과학적 창의성 요소 5가지 중, ‘과학적 탐구기능’, ‘과학 지식 내용’, ‘창의적 사고’가 많이 포함되었다. 하지만 ‘문제해결력’과 ‘공통 요소’는 비교적 적게 포함되어 있었다. 통합의 측면에서는 2가지 요소의 통합과 3가지 요소의 통합이 자주 나타났으며, 통합이 없는 유형도 자주 나타났다. 4가지 요소의 통합이나 5가지 요소의 통합은 적게 나타났다. ‘과학 지식 내용’, ‘과학적 탐구기능’, ‘창의적 사고’ 등이 다른 요소들과 함께 통합되는 빈도가 높았다. 그러나 ‘공통 요소’ 또는 ‘문제해결력’이 다른 요소와 통합되는 경우는 적게 나타났다. 이에 대한 교육적 시사점을 논하였다.

주제어: 과학적 창의성, 요소, 통합, 영재교육종합 데이터베이스, 과학영재, 초등학교

ABSTRACT

This study analyzes the characteristic of elementary science-gifted education winner programs in Gifted Education Database (GED) focusing on scientific creativity. For this purpose, an analysis framework to analyze the programs was developed and a total of 840 inquiry activities from 55 winner programs were analyzed according to the analysis framework. The analysis of the results reveal that ‘scientific inquiry skill’ of the five scientific creativity components was most frequently included in the activities. ‘Scientific knowledge content’ and ‘creative thinking’ were also frequently included. However, ‘problem solving ability’ and ‘common factor’ were a little included. In the aspects of integration, the integrations between two or three components with five or eight types were frequently found. No integrations were also frequently included although less than the previous categories. The integrations among four with four types or five components were also slightly found. ‘Scientific knowledge content’, ‘scientific inquiry skills’, and ‘creative thinking’ with other components were more frequently found. However, the integrations of ‘common factor’ or ‘problem solving ability’ with the other components were less frequently found. Educational implications of these findings are discussed.

Key words: scientific creativity, components, integration, Gifted Education Database (GED), science-gifted, elementary school

I. 서 론

영재 학생의 잠재력은 다양한 영역에서 발휘되므로, 영재 학생들은 각 영역의 특성에 맞는 영재교육을 통해 자신의 잠재력을 발휘할 수 있다(Worrell *et al.*, 2019). 이에 2018년에 발표된 제4차 영재교육진흥종합계획에서는 학생 중심의 맞춤형 영재교육과정을 운영할 것을 권장하고 있다(교육부, 2018). 따라서 과학영재 학생의 다양한 특성을 계발하기 위해서는 과학영재 학생들의 특성에 부합하고, 개인의 잠재력을 개발할 수 있는 과제와 프로그램을 제공하여야 한다(이봉우와 손정우, 2017).

과학영재 학생의 특성에 대해서는 학자마다 다소 다르기는 하나, 과학적 창의성이 과학영재 학생의 필수적인 특성이자 공통으로 포함된 특성이라는 것에는 공감하고 있다(이신동 등, 2019; Worrell *et al.*, 2019). 특히 최근에는 다양한 영재교육 영역의 학문적 특성과 영재 학생의 고유한 특성에 따라 각 영역에서 요구하는 창의성 요소가 영역마다 차이가 있다는 점에서 영역·특이적 창의성(이신동 등, 2019; Barbot *et al.*, 2016)이 받아들여지고 있다. 이에 제4차 영재교육진흥종합계획(교육부, 2018)에서는 영재교육 영역을 다양화하고 있으며, 각 영역에 부합하는 창의적 인재 양성을 영재교육의 목표로 설정하고 있다. 따라서 과학영재교육의 내실화를 위해서는 과학영재교육 프로그램이 과학적 창의성을 신장시키는 방향으로 개발되어야 할 것이다.

과학적 창의성이 일반 창의성과는 다른 과학 영역에 특화된 지식과 기능을 주요 요소로 한다는 것에는 공감대가 형성되고 있으나, 과학적 창의성의 구성요소에 대해서는 학자마다 다소 차이가 있다. 가령 Hu and Adey (2002)는 산출물(기술적 산물, 과학 지식, 과학 현상, 과학 문제), 속성(유창성, 독창성, 융통성), 과정(사고력, 상상력)을 제안하였다. 또한 박종원(2004)은 과학 지식 내용, 과학적 탐구 기능, 창의적 사고와 함께 과학적 창의성에 공통으로 포함된 요소로 독창성, 정교성, 가치를 제안하였다. 임채성(2014)은 독창성과 융용성을 과학 창의성의 핵심 요소라고 주장하기도 하였다. 이 밖에도 문제발견력과 문제해결력을 과학적 창의성의 또 다른 중요한 인지적 요인이라고 주장한 연구자도 있다(임성만 등, 2009; Liang, 2002). 이러한 과학적 창의성 구성요소들은 별개로 존재하기보다는 상호

작용하면서 연계되어 있으므로(박종원, 2004; Yang *et al.*, 2019; Zainuddin *et al.*, 2020), 이 구성요소를 함께 활용할 때 과학적 창의성이 발현될 수 있다(박종원, 2004; Sun *et al.*, 2020).

한편 과학적으로 창의적인 사람과 일반적으로 창의적인 사람의 정의적인 특성은 큰 차이가 없다고 주장된다(임성만 등, 2009; Feist, 1998). 또한 과학적 창의성은 다양한 인지적 요인과 정의적 변인의 영향을 받는 것으로 알려져 있다(윤희정 등, 2015; Qiang *et al.*, 2020). 이러한 맥락에서 임성만 등(2009)은 일반 창의성과 과학 창의성의 가장 큰 차이를 보이는 과학적 창의성의 요소로 과학 관련 지식, 과학 탐구과정, 문제발견력, 문제해결력 등의 인지적 요소를 제시하였다. 따라서 과학영재교육 프로그램은 적어도 인지적 영역에서의 과학적 창의성 신장에 부합하도록 개발되어야 할 것이다.

이를 위해서는 먼저 현재 과학영재교육 프로그램을 과학적 창의성 프로그램 관점에서 분석할 필요가 있다. 이 맥락에서 지금까지 과학영재교육 프로그램을 분석한 연구들은 일부 있었다. 예컨대 설문지를 활용하여 초등 과학영재수업의 교수-학습 실태에 대한 초등학생의 인식을 교수-학습 내용, 교수-학습 과정, 학생 창의적 산출물, 학습 환경 측면에서 조사한 연구가 있었다(서혜애와 이선경, 2004). 학술지 발표 논문을 분석하여 영재교육진흥종합계획 시기별 과학영재교육 프로그램을 과학영재교육 요소, 교육활동 유형, 수업 적용 시 교수-학습 방법 및 그 효과 등의 측면에서 조사한 연구도 있었다(이갑정과 신동희, 2020; 조현수와 한기순, 2020). 특정 지역의 일부 초등 과학영재학급의 교육과정 운영 실태를 내용, 방법, 산출물, 평가 등의 측면에서 분석한 연구(김은주 등, 2004), 전국 13개 대학 부설 과학영재교육원의 과학영재를 위한 생물프로그램의 실태를 지식, 내용, 수준, 사고력, 탐구 과정, 수행 기간 등의 측면에서 조사한 연구(박지영 등, 2005)도 보고된 바 있다. 이처럼 지금까지 과학영재교육 프로그램을 분석한 연구들은 주로 일부 과학영재교육 기관의 프로그램을 개발 실태와 효과 측면에 초점을 두고 분석하는 경향이 있었다. 일부 연구에서는 과학적 창의성 구성요소 측면에 대한 분석이 포함되기도 했으나, 과학적 창의성에 초점을 두기보다는 여러 분석 내용 중 일부로만 다루어졌다. 특히 과학적 창의성 구성요소와 그 구성요소

의 연계나 상호작용 측면에서 분석한 연구는 찾아보기 힘들다. 따라서 좀 더 널리 활용되고 있는 과학영재교육 프로그램을 대상으로 과학적 창의성 구성요소와 그 구성요소 간의 상호작용 측면에서 분석하는 연구가 필요하다.

현재 초등 과학영재교육 프로그램은 주로 담당 교사가 개발하는 경우가 많다. 이때 담당 교사는 대체로 선배 또는 동료 교사 및 해당 영재교육기관으로부터 자료를 얻어서 사용하거나, 영재교육종합 데이터베이스(GED)에서 제공하는 프로그램을 활용하는 경우가 많다. GED에서는 한국교육개발원에서 개발한 과학영재수업 자료 및 한국교육개발원에서 실시하고 있는 좋은 영재수업 공모전에서 선정된 자료를 제공하고 있으며, 이 자료들을 교사들이 많이 활용하고 있다. 따라서 GED에서 제공하는 과학영재교육 프로그램 중 활용도가 높은 경진대회 수상작 프로그램을 과학적 창의성 관점에서 분석하여 잘된 점은 참고하고, 부족한 점을 개선한다면 과학영재교육의 수준을 높이고 내실화하는 데 이바지할 수 있을 것이다.

이에 이 연구에서는 GED에서 제공하는 초등 과학영재교육 프로그램 중 경진대회 수상작을 과학적 창의성 관점에서 분석하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구에서는 2013년부터 자료 분석 종료 시점인 2020년 12월까지 GED에서 제공하고 있는 초등학교 과학영재교육 프로그램 중 한국교육개발원에서 실시하고 있는 좋은 영재수업 공모전 수상작 프로그램 55개를 분석대상으로 선정하였다. 이때 수상작을 선정한 이유는 수상작이 비수상작에 비해 사용자가 추천과 다운로드를 많이 하여 교육적 과급 효과가 클 것으로 판단했기 때문이다. 각 수상작 프로그램을 구성하는 수업 주제는 3~10개로 다양하지만, 평균적으로 4~5개의 주제가 한 프로그램을 구성하고 있었다. 그리고 각 수업 주제를 구성하는 탐구활동은 1~6개로 다양하며, 그중에서도 3~4개의 탐구활동으로 구성된 수업 주제가 가장 많았다.

2. 연구 절차

인지적 측면에서의 과학적 창의성 요소에 관한

선행연구(박종원, 2004; 임성만 등, 2009; 임채성, 2004; Hu & Adey, 2002; Yang *et al.*, 2019; Zainuddin *et al.*, 2020), 과학영재교육 프로그램 분석 연구(김은주 등, 2004; 박종원과 김진국, 2013; 박지영 등, 2005), 과학과 교육과정에 제시된 내용 체계와 성취 기준 등을 분석하여 과학적 창의성의 정의와 구성 요소를 확정하고, 분석 기준을 개발하였다. 즉, 모든 연구자가 함께 참고 자료를 분석하여 분석 기준의 초안을 작성한 후, 연구진과 과학영재교육 전문가 1인 및 초등 과학영재교육 석사과정 교사 2~4명이 참여하는 세미나를 여러 차례 진행하여 분석 기준을 검토하고 수정하였다. 수정된 분석 기준에 따라 일부 수상작 프로그램을 분석하고 논의하는 과정을 반복하여 최종 분석 기준을 확정하였다. 최종 분석 기준에 따라 GED에서 제공하고 있는 초등 과학영재교육 프로그램 수상작에 포함된 과학적 창의성 요소를 분석하고 논의하였다.

3. 분석 기준

이 연구에서는 과학적 창의성을 ‘과학의 기본 지식과 탐구기능을 바탕으로 창의적 사고 과정을 통해 과학적 문제를 발견하고 해결하는 능력’으로 정의하였으며, 이를 토대로 과학영재 프로그램에 포함된 과학 창의성을 분석하기 위한 분석 기준을 설정하였다. 즉, 해당 분석 기준은 인지적 측면의 구성요소에 한정하여 크게 ‘과학 지식’, ‘과학적 탐구 기능’, ‘창의적 사고’, ‘문제해결력’, ‘공통 요소’의 5가지 하위 요소로 구성하였으며, 하위 요소별로 세부 기준을 설정하였다.

‘과학 지식’은 다시 ‘영역’과 ‘수준’으로 나누어 중복하여 분류하였다. ‘영역’은 기본적으로 2015 개정 과학과 교육과정에 제시된 내용 영역인 ‘운동과 에너지’, ‘물질’, ‘생명’, ‘지구와 우주’로 세분화되었다. 또한 영재교육 프로그램 특성상 과학 교과 내에서의 통합과 다른 교과와의 통합을 도모하는 경우가 많아 ‘교과 내 통합’과 ‘교과 간 통합’ 영역도 추가하였다. 이 외에 과학 교과라고 보기 힘든 경우와 과학 교과 내용이 없이 다른 교과의 내용만을 다룬 경우는 ‘기타’로 분류하였다. ‘수준’은 2015 개정 과학과 교육과정과 그에 기반을 둔 3~6학년 과학 교과서를 기준으로 하여 ‘초등학교’, ‘중학교 또는 고등학교’로 나누었다. 이때 중학교나 중학교 수준의 내용을 명시적으로 다루는 경우와 명시적으

로 다루지 않더라도 해당 탐구활동에 포함된 원리가 중학교나 고등학교의 내용일 경우 ‘중학교 또는 고등학교’로 분류하였다.

‘과학적 탐구기능’은 ‘관찰’, ‘분류’, ‘측정’, ‘추리’, ‘예상’, ‘의사소통’의 기초탐구기능과 ‘문제인식’, ‘가설설정’, ‘변인통제’, ‘자료변환’, ‘자료해석’, ‘결론도출 및 일반화’의 통합탐구기능으로 세분하였다. 이때 해당 기능이 명시적으로 강조되고 있는지를 분석하기 위해, 활동 맥락상 특정 기능이 포함되어 있더라도 각 탐구활동에 명시적으로 표현되지 않았을 때는 해당 기능이 포함되지 않는 것으로 분석하였다. 예컨대 탐구활동지에 ‘이야기해 봅시다’ 또는 ‘토의해 봅시다’ 등과 유사한 표현이 없는 경우에는 의사소통 기능이 포함되지 않은 것으로 분석하였다.

‘창의적 사고’는 ‘발산적 사고’, ‘수렴적 사고’, ‘연관적 사고’로 세분하였다. 확산적 사고라고도 불리는 ‘발산적 사고’는 얼마나 많이 다양하고 독특하게 사고하는가를 의미하며, 유창성, 융통성, 비관습적 사고 등을 포함한다. ‘수렴적 사고’는 산발적인 자료들을 수렴적으로 통합하여 하나의 전체적인 형태나 구조로 만들어내는 것을 의미하며, 정합성, 통합성, 단순성 등이 여기에 해당한다. ‘연관적 사고’는 두 개 이상의 사건을 서로 연관 지어 기존 사건에서 알려진 법칙, 설명, 특징을 새로운 사건에 적용하는 것을 의미하며, 유사성 사고(비유/은유/귀추), 비유사성 사고(결합/조합/연결) 등을 포함한다.

‘문제해결력’은 ‘문제발견력’과 ‘문제해결력’으로 세분하였다. ‘문제발견력’은 주어진 상황에서 새로운 문제를 발견해 내는 능력을 의미하며, ‘문제해결력’은 주어진 문제나 직접 찾은 문제를 스스로 해결하는 능력을 의미한다.

이러한 과학적 창의성 구성요소에 공통으로 포함된 ‘공통 요소’는 ‘독창성’, ‘정교성’, ‘유용성’으로 세분하였다. ‘독창성’은 제시한 아이디어가 얼마나 새로운가를 의미하며, ‘정교성’은 제시한 아이디어가 얼마나 정교한가를 의미하고, ‘유용성’은 제시한 아이디어가 얼마나 유용하고 가치가 있는가를 의미한다.

과학적 창의성 구성요소들의 상호 관련성(박종원, 2004; Yang *et al.*, 2019; Zainuddin *et al.*, 2020)과 이 구성요소들이 함께 연계되어야 과학적 창의성이 발현될 수 있다는 점(박종원, 2004; Sun *et al.*,

2020)에서 과학적 창의성 구성요소 간의 통합 수준도 분석하였다. 이를 위해 교사 전문성의 대표적인 지표인 PCK의 구성요소 간 통합 수준을 분석한 연구(강훈식, 2019)의 분석 기준을 참고하여 과학적 창의성 구성요소 간의 통합 수준을 분석하는 기준을 개발하였다. 즉, 각 탐구활동에 포함된 과학적 창의성 구성요소에 기반을 두어 과학적 창의성 구성요소 사이의 통합 수준을 분석하였다. 먼저 2개 이상의 과학적 창의성 구성요소가 단순히 병렬적으로 포함되지 않고 서로 연계되어 포함된 경우를 ‘통합’으로 규정하였다. 즉, 각 탐구활동에서 2개 이상의 과학적 창의성 구성요소를 함께 요구하는 경우를 ‘통합’으로 규정하였다. 그리고 함께 포함된 과학적 창의성 구성요소가 많을수록 통합 수준이 높아 과학적 창의성 발현 가능성도 크다고 해석하였다.

4. 분석 방법

각 수업 주제를 구성하는 각각의 탐구활동을 분석단위로 하였다. 분석의 신뢰성과 타당성을 높이기 위해 해당 분석 기준 개발에 참여한 초등 과학영재교육 석사과정 교사 1인과 연구자 중 1인이 분석대상 탐구활동에 포함된 과학 창의성 구성요소를 중복하여 분류하였다. 이때 분석이 모호한 경우에는 교사용 자료에 제시된 예시 답안과 주의점 등을 참고하여 분석하였다. 먼저 2명의 분석자가 일부 탐구활동을 각자 분석하여 결과를 비교하였으며, 의견이 일치하지 않는 부분에 대해서는 모든 연구진과 분석자, 과학영재교육 전문가 1명, 초등 과학영재교육 석사과정 교사 2~3명이 참여한 세미나를 통해 합의하는 과정을 여러 차례 거쳤다. 최종적으로 합의된 분석 기준에 따라 연구자 중 1인이 모든 탐구활동을 PDF 파일 상에서 메모하는 방법으로 분석하였다. 이 분석 결과에 대하여 다른 1명의 분석자가 자기 생각과의 일치 여부를 표시한 뒤 일치하지 않는 내용에 대해서는 모든 분석자가 합의하여 분석하였다.

분석 결과는 하위 범주별 빈도와 백분율 및 대표적인 사례를 제시하고 논의하였다. 연구의 타당성을 높이기 위해 모든 연구자가 함께 연구 결과를 해석하고 논의하였다. 또한 과학영재교육 전문가 1명과 초등 과학영재교육 석사과정 교사 2명이 참여한 세미나 및 초등 과학영재교육 석사과정 교사 1

명의 서면 검토를 통하여 연구 내용의 타당성에 대한 조언을 받아 수정하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 과학적 창의성의 구성요소 분석 결과

GED의 우수 초등 과학영재교육 프로그램에 포함된 과학적 창의성 구성요소를 분석한 결과는 Table 1과 같다. 총 840개의 탐구활동에서 과학적 창의성 구성요소 중 ‘과학적 탐구기능’이 1,305개(155.4%)로 가장 많이 나타났으며, 그 다음으로는 ‘과학 지식 내용’이 840회(100.0%), ‘창의적 사고’가 827회(98.5%), ‘공통 요소’가 218회(26.0%), ‘문제해결력’이 146회(17.4%)로 많이 나타났다. Table 1에는 제시하지 않았지만 각 구성요소가 적어도 1개 포함된 경우를 살펴보면, ‘과학 지식 내용’이 ‘기타’ 영역을 제외하면 744회(88.6%)로 가장 많이 포함되어 있었다. 그 다음으로는 ‘과학적 탐구기능’이 585회(69.6%), ‘창의적 사고’가 522회(62.1%), ‘공통 요소’가 166회(19.8%)로 많이 포함되어 있었다. ‘문제해결력’은 141회(16.8%)로 가장 적게 포함되어 있었다. GED의 교수학습 자료는 과학영재수업을 위한 프로그램이므로, ‘과학 지식 내용’이 가장 많이 포함된 것은 어찌 보면 당연한 결과이다. 그러나 과학적 탐구기능, 창의적 사고, 문제해결력, 공통 요소 등과 같이 과학영재수업을 일반 과학수업과 차별화할 수 있는 과학적 창의성 요소가 모든 탐구활동에 포함되지 않은 것은 개선이 필요하다. 다음에는 과학적 창의성 구성요소별로 분석하고 논의하였다.

1) 과학 지식 내용

‘과학 지식 내용’의 ‘영역’에 따른 분석 결과, 840개의 전체 탐구활동 중 ‘물질’ 영역이 192개(22.9%)로 가장 많은 부분을 차지했다. 이어서, ‘교과 간 융합’ 영역이 168개(20.0%), ‘운동과 에너지’ 영역이 156개(18.6%), ‘생명’ 영역이 113개(13.5%), ‘기타’ 영역이 96개(11.4%), ‘교과 내 융합’ 영역이 72개(8.6%), ‘지구와 우주’ 영역이 43개(5.1%) 순서로 많았다. 각 영역의 탐구활동 예로는 ‘물질’ 영역의 경우 ‘크로마토그래피를 활용하여 색소 분리하기’와 ‘기체의 성질 파악하기’ 등이 있었다. ‘운동과 에너지’ 영역에는 ‘전기회로 구성요소 이해하기’와 ‘소

리의 성질 이해하기’ 등이 있었다. ‘생명’ 영역에는 ‘인간과 동물의 감각 기관의 차이 이해하기’와 ‘식물과 동물에 대해 깊이 있게 알아보기’ 등이 있었다. ‘지구와 우주’ 영역에는 ‘남반구에서의 달의 모양 알아보기’와 ‘화석에 대해 알아보기’ 등이 있었다. 대체로 ‘과학 지식 내용’ 영역 측면에서는 영역별로 비교적 고르게 분포되어 있음을 알 수 있다. 초등학생 때에는 진로가 명확히 정해지지 않아 특정 영역에 치중하여 지도하기보다 모든 학문 영역을 두루 지도하는 것이 필요하다는 측면에서 볼 때, 이런 결과는 바람직하다고 할 수 있다.

‘물질’ 영역과 ‘운동과 에너지’ 영역이 비교적 많았던 것은, 실험을 활용한 탐구 수업이 많이 이루어지는 과학영재수업에서는 ‘물질’ 영역과 ‘운동과 에너지’ 영역에서의 탐구가 비교적 실험 도구를 구하기 쉽고 실험 결과를 즉시 확인할 수 있으며, 실험의 위험이 적다는 장점이 있기 때문이라고 볼 수 있다. 반면, ‘지구와 우주’ 영역이 가장 적게 나타난 것은, ‘지구와 우주’ 영역의 경우 탐구 장비와 시간 및 장소의 제한, 기상의 영향, 비교적 큰 탐구 규모 때문에 학생들이 탐구를 수행하는 데 많은 어려움과 제약이 있어 관련 과학영재수업 소재가 비교적 적기 때문이라고 해석할 수 있다(박재용과 이기영, 2011). ‘기타’ 영역은 과학 지식을 전혀 포함하지 않은 영역으로 전체 탐구활동 중 11.4%나 차지하였다. 기타 영역에 해당하는 탐구활동으로는 콘텐츠 학습하기, T퍼즐(Tangram 가운데 대표적인 퍼즐) 등과 같이 과학 내용보다는 기술 분야에 가까운 내용, 사전 동기 유발 활동 내용, 다른 교과와 활동 등으로 구성되었다.

한편, 과학과 국어 및 미술을 통합한 ‘트릭아트 사진 촬영 및 이야기 꾸미기’, 과학과 실과를 통합한 ‘과학적인 음식 만들기’ 등과 같이 ‘교과 간 융합’이나 ‘교과 내 융합’ 영역이 가장 많은 발생 비율을 보였다. 이는 STEAM 교육을 강조하는 사회적 분위기의 영향을 받은 것이라 해석할 수 있다. 최근에는 영재교육 프로그램 제작 시 STEAM 요소를 넣도록 제도적으로 안내하고 있다. 예컨대 서울특별시교육청 2020학년도 영재교육 세부 추진 계획에서는 총 영재교육 수업 시수의 10~15% 이상으로 STEAM을 반영하도록 권장하고 있다(서울특별시교육청, 2020). 이로 인해 교과 내 또는 교과 간 융합 영역이 많은 부분을 차지한 것이라 볼 수 있

Table 1. Number and percentage of scientific creativity components included in teaching and learning materials for elementary school students of Gifted Education Database¹

세부 항목	세부 요소	빈도(비율)	
과학 지식 내용	영역	운동과 에너지	156(18.6)
		물질	192(22.9)
		생명	113(13.5)
		지구와 우주	43(5.1)
		교과 내 융합	72(8.6)
		교과 간 융합	168(20.0)
		기타	96(11.4)
	소계	840(100)	
	수준	초등학교	629(74.9)
		중학교 또는 고등학교	211(25.1)
과학적 탐구기능	기초탐구기능	소계	840(100)
		관찰	378(45.0)
		분류	19(2.3)
		측정	60(7.1)
		추리	237(28.2)
		예상	53(6.3)
		의사소통	309(36.8)
	소계	1,056(125.7)	
	통합탐구기능	문제인식	14(1.7)
		가설설정	34(4.0)
변인통제		48(5.7)	
자료변환		41(4.9)	
자료해석		40(4.8)	
결론도출 및 일반화		73(8.7)	
소계	250(29.8)		
소계	1,305(155.4)		
창의적 사고	발산적 사고	발산적 사고	322(38.3)
		수렴적 사고	455(54.2)
		연관적 사고	50(6.0)
	소계	827(98.5)	
문제해결력	문제발견력	문제발견력	13(1.5)
		문제해결력	133(15.8)
	소계	146(17.4)	
공통 요소	독창성	독창성	13(1.5)
		유용성	141(16.8)
		정교성	64(7.6)
		소계	218(26.0)

¹ 전체 탐구활동의 개수(840개)를 기준으로 백분율을 산출하였으며, 각 탐구활동에 해당 항목이 포함되었는지에 따라 중복하여 분류하였으므로 전체 탐구활동의 개수보다 각 항목 전체의 빈도가 높거나 낮음.

다. 과학영재교육의 발전 방안 중 하나로 융합형 교육이 강조(이봉우와 손정우, 2017)되고 있다는 점에서, 융합 영역이 많이 나타난 것은 긍정적인 결과로 보인다.

‘과학 지식 내용’에서 ‘수준’의 경우, 초등학교 수준은 629개(74.9%), 중학교나 고등학교 수준은 211개(25.1%)로 초등학교 수준이 중학교나 고등학교 수준보다 약 3배로 현저히 많았다. 초등 과학영재교육의 경우, 속진학습보다 심화학습 과정에서 과학 영재성을 활용할 기회를 제공하는 것이 더 바람직하다고 주장된다(이신동 등, 2019). 이런 점에서 볼 때 중학교나 고등학교보다 초등학교 수준이 많이 나타난 점은 긍정적이라고 해석할 수 있다. 한편, 중학교나 고등학교 수준의 탐구활동은 표면장력, 베르누이의 원리, 삼투압의 원리, 불타전지의 원리 등과 같이 과학 실험에 포함된 과학원리가 중학교나 고등학교 수준인 경우가 많았다. 이는 과학영재 학생의 특성 중 하나인 높은 과학 지식수준(이신동 등, 2019)을 고려한 결과로 보인다.

2) 과학적 탐구기능

과학적 탐구기능의 경우, ‘관찰’ 기능을 사용한 탐구활동이 378개(45.0%)로 가장 많았으며, 그 다음 순서로는 ‘의사소통’이 309개(36.8%), ‘추리’가 237개(28.2%)였다. 나머지 탐구기능은 10% 미만으로 사용되었는데, 많이 나타난 순서로 제시하면 ‘결론도출 및 일반화’ 73개(8.7%), ‘측정’ 60개(7.1%), ‘예상’ 53개(6.3%), ‘변인통제’ 48개(5.7%), ‘자료변환’ 41개(4.9%), ‘자료 해석’ 40개(4.8%), ‘가설설정’ 34개(4.0%), ‘분류’ 19개(2.3%), ‘문제인식’ 14개(1.7%)이다. Table 1에는 제시하지 않았지만, 기초탐구기능과 통합탐구기능이 1회 이상 나타난 경우를 살펴보면 기초탐구기능(583회, 69.4%)이 통합탐구기능(126회, 15.0%)보다 4배 이상 많았다. 즉, 기초탐구기능이 통합탐구기능보다 더 많이 사용되었으며, 특히 기초탐구기능 중 관찰, 의사소통, 추리 기능이 가장 빈번하게 사용되었음을 알 수 있다.

‘관찰’이 가장 많이 사용된 것은 관찰이 가장 기본적인 탐구기능으로써 거의 모든 실험이나 탐구활동에서 항상 관찰이 필요하기 때문으로 해석할 수 있다. 이어서 두 번째로 빈번하게 사용되었던 탐구기능인 의사소통의 경우, 의사소통 역량을 국가 수준에서 과학과 핵심 역량 중 하나로 제시하고

있을 뿐만 아니라(교육부, 2015), 영재교육에서도 의사소통을 통한 집단지성과 협력을 강조하고 있기 때문이라고 볼 수 있다(이지원과 김중복, 2013). 학생들에게 자신이 관찰한 내용을 토대로 과학적인 이유나 근거를 생각해 볼 수 있도록 하는 교사 발문이 이어지는 경우가 많아 추리 기능의 활용 빈도도 높았다. 이처럼 관찰, 추리와 의사소통의 활용 비율이 높은 것은 현재 GED 초등 과학영재 프로그램의 활동이 관찰에서 바로 의사소통과 추리로 넘어가는 패턴으로 진행되는 경우가 많았음을 의미한다. 이러한 관찰, 추리, 의사소통 이외의 다양한 탐구기술을 활용할 기회가 적어져 보다 깊이 있는 탐구가 이루어지지 않을 우려가 있다. 따라서 보다 다양한 탐구기술을 활용할 수 있도록 활동을 구성할 필요가 있다.

3) 창의적 사고

‘창의적 사고’에서는 ‘수렴적 사고’가 455개(54.2%)로 가장 많았으며, 이보다는 적지만 ‘발산적 사고’도 322개(38.3%)로 비교적 많이 나타났다. 이에 비해 ‘연관적 사고’는 50개(6.0%)로 매우 적었다. ‘수렴적 사고’의 예로는 ‘바이오스피어 실험의 실패 원인 분석하기’와 ‘선생님의 설명 듣고 우주에 관한 내용 정리해보기’ 등이 있었다. ‘발산적 사고’의 예로는 ‘빛을 이용한 다양한 물건을 구상하여 만들기’와 ‘나만의 친환경 에너지 설계하기’ 등이 있었다. ‘연관적 사고’의 예로는 ‘물의 흐름과 비교하며 전기의 흐름 이해하기’와 ‘효모에 대해 알아본 후 비유로 표현하기’ 등이 있었다.

‘수렴적 사고’가 가장 많이 나타난 원인은 해당 프로그램의 교사용 자료에 제시된 교사 발문이나 유의점, 활동지를 분석하여 짐작할 수 있었다. 즉, 학습 내용이나 아이디어를 정리하거나 학생이 낸 아이디어가 논리성, 합리성, 일관성 등을 갖추도록 요구받는 경우가 많았던 것이 그 원인이라고 해석할 수 있다. ‘발산적 사고’는 대부분 다양한 유형의 아이디어를 가능한 한 많이 생각해 보도록 하는 발문에 포함되어 있었다. 발산적 사고는 다양한 아이디어를 생각해 보는 과정을 통해 독창적이고 유용한 아이디어를 생성할 가능성을 높여준다. 이처럼 수렴적 사고나 발산적 사고는 창의적 사고를 자극하는 데 중요한 역할을 담당하고 있으므로, 수렴적 사고와 발산적 사고를 자극하는 활동이 현재 GED

초등 과학영재 프로그램의 상당수에 포함되어 있던 점은 과학적 창의성 발현 측면에서 바람직한 결과라 할 수 있다. 하지만 절반 이상의 탐구활동에서 수렴적 사고와 발산적 사고가 포함되지 않은 점에 대해서는 개선이 필요하다.

한편, ‘연관적 사고’는 마인드맵 활동(손준호와 김종희, 2016), 과학 비유 만들기(노태희 등, 2011), 비유 실험(유지연 등, 2011), 인포그래픽 구성(이희우와 임희준, 2019), 과학 동시 쓰기(김민지와 강훈식, 2019), 과학 유머 만들기(권진희와 강훈식, 2019) 등의 활동에서 강조되는 사고인데, 현재 GED 초등 과학영재 프로그램에서는 매우 적게 포함되어 있었다. 연관적 사고가 포함된 경우에도 프로그램의 마무리 차시에 미미하게 활용하는 등 학생의 연관적 사고를 증진하기에는 부족한 활용 수준에 머무르고 있었다. 이는 연관적 사고를 강조할 수 있는 교수-학습 전략에 대한 초등 과학영재교육 담당 교사의 이해와 인식 및 활용 능력이 부족하여서 나타난 결과로 보인다.

4) 문제해결력

‘문제해결력’의 경우, ‘문제해결력’이 133개(15.8%)로 ‘문제발견력’의 13개(1.5%)보다는 많았다. 그러나 다른 과학적 창의성 구성요소보다는 전반적으로 비교적 적게 나타났다. 구체적인 예로는 ‘문제발견력’의 경우 ‘콜라와 관련하여 불편했던 점과 개선 가능성이 큰 문제 찾기’와 ‘친구의 관찰 보고서를 읽고 탐구해볼 만한 연구 문제 찾기’ 등이 있었다. ‘문제해결력’의 예로는 ‘내가 만든 실내정원의 문제점과 보완 방법 생각해보기’와 ‘우리 주변의 공기와 관련된 문제 상황에 대하여 해결 계획 수립하기’ 등이 있었다.

PBL (박일수, 2019), CPS (김석기 등, 2015), STEAM(김덕호와 홍승호, 2015), 프로젝트 학습(김상욱과 소금현, 2016) 등과 같이 문제해결력을 요구하는 전략이 다양하게 제안되고 있고, 관련 자료도 한국과학창의재단, 한국교육개발원, 교육부 등에서 보급되고 있다. 그런데도 해당 GED 프로그램에서 문제해결력과 관련된 내용이 적게 포함된 것은, 그 프로그램 개발자가 해당 전략에 대한 이해와 활용 능력이 부족하기 때문일 수 있다. 또한 부족한 수업 시간, 실험 재료나 기구, 실험실 등의 제약으로 문제 해결 전략 사용을 꺼렸을 수도 있다. 문제해

결력은 과학적 창의성의 구성요소로 비교적 최근에 포함된 요소(임성만 등, 2009; Liang, 2002)이자 최근 과학과 교육과정에서 매우 중요하게 생각하는 요소이다(교육부, 2015). 따라서 해당 GED 프로그램에서 문제해결력의 요소를 더 많이 포함시키기 위해 노력해야 할 것이다.

5) 공통 요소

‘공통 요소’에서는 ‘유용성’이 141개(16.8%)로 가장 많았다. ‘정교성’은 64개(7.6%), 독창성은 13개(1.5%)로 매우 적게 나타났다. ‘유용성’의 예로는 ‘외래 생물인 배스 처치 방법 토론하고 캠페인 하기’와 ‘공기의 과학적 원리를 활용한 모듬별 산출물 만들기’ 등이 있었다. ‘정교성’의 예로는 ‘종이 비행기 대회를 계획하여 발표하기’와 ‘적정기술을 이용한 정수 장치 설계하기’ 등이 있었다. ‘독창성’의 예로는 ‘자기 팀만의 독특한 버블 매직쇼 계획 세우기’와 ‘나만의 창의적인 광고 제작하기’ 등이 있었다.

‘공통 요소’는 과학적 창의성의 공통이 되는 요소로서 과학적 창의성 발현을 위한 핵심적인 요소라 할 수 있다(박종원, 2004; 임성만 등, 2009; 임채성, 2014; Hu & Adey, 2002). 그런데도 공통 요소가 20% 미만으로 나타난 것은 현재 GED 초등 과학영재 프로그램이 학생들의 과학적 창의성 발현에 있어 한계가 있다고 할 수 있다. 물론 특정 탐구활동을 수행할 때 암시적으로 공통 요소가 포함되었을 가능성도 있다. 하지만 선형연구(임채성, 2014)에 따르면 명시적으로 독창성이나 유용성 등을 요구하는 발문을 탐구활동에 제시하는 것이 과학적 창의성 증진에 도움이 된다고 하였다. 따라서 학생들의 과학적 창의성을 신장시키기 위해서는 공통 요소인 독창성, 유용성, 정교성을 탐구활동이나 교사의 발문에서 명시적으로 활용할 필요가 있을 것이다.

2. 과학적 창의성 구성요소 사이의 통합 수준 분석 결과

GED의 우수 초등 과학영재교육 프로그램에 포함된 과학적 창의성 구성요소의 통합 수준을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 전체 탐구활동 840개 중에서 과학적 창의성 구성요소 사이의 통합이 없는 경우는 168회(20.0%), 과학적 창의성 구성요소 사

Table 2. Number and percentage of integrations among scientific creativity components included in teaching and learning materials for elementary school students of Gifted Education Database

통합 유형	빈도(%)	
통합 없음	K	96(11.4)
	I	36(4.3)
	T	16(1.9)
	P	1(0.1)
	기타	19(2.3)
	소계	168(20.0)
2가지 요소의 통합	K, I	163(19.4)
	K, T	82(9.8)
	I, T	11(1.3)
	I, P	1(0.1)
	T, C	1(0.1)
	소계	258(30.7)
3가지 요소의 통합	K, I, T	221(26.3)
	K, T, C	15(1.8)
	K, T, P	7(0.8)
	K, I, P	3(0.4)
	K, P, C	1(0.1)
	I, T, C	2(0.2)
	I, T, P	2(0.2)
	T, P, C	3(0.4)
	소계	254(30.2)
4가지 요소의 통합	K, I, T, C	38(4.5)
	K, T, P, C	16(1.9)
	K, I, T, P	15(1.8)
	I, T, P, C	4(0.5)
	소계	73(8.7)
5가지 요소의 통합	K, I, T, C, P	87(10.4)
※ 각 측면을 중심으로 한 경우		
K와 다른 요소가 통합된 경우	648(77.1)	
I와 다른 요소가 통합된 경우	547(65.1)	
T와 다른 요소가 통합된 경우	504(60.0)	
C와 다른 요소가 통합된 경우	167(19.9)	
P와 다른 요소가 통합된 경우	139(16.5)	

¹ 총 840개 탐구활동에 대한 비율임.

K: 과학 지식 내용, I: 과학적 탐구기능, T: 창의적 사고, P: 문제해결력, C: 공통 요소.

이의 통합이 있었던 경우는 672회(80.0%)로 나타났다. 즉, 과학적 창의성 요소 사이의 통합이 없는 경우보다 통합이 있는 경우가 4배 정도 많았음을 알 수 있다.

구체적으로 살펴보면, 과학적 창의성 구성요소 중에서 2가지 요소의 통합은 258회(30.7%), 3가지 요소의 통합은 254회(30.2%), 4가지 요소의 통합은 73회(8.7%)로 나타났다. 5가지 요소가 모두 통합된 경우는 87회(10.4%)로 나타났다. 즉, 2가지 또는 3가지 요소의 통합이 비교적 많았으며, 4가지 또는 5가지 요소의 통합은 비교적 적게 나타났다. 해당 탐구활동에서 과학적 창의성 구성요소 사이의 통합 수준은 그리 높지 않았다고 볼 수 있다.

과학적 창의성 구성요소 별로 살펴보면, ‘과학 지식 내용(K)’과 다른 요소가 통합된 경우가 648회(77.1%)로 가장 많이 나타났다. 그 다음으로 많은 순서대로 제시하면 ‘과학적 탐구기능(I)’과 다른 요소의 통합이 547회(65.1%), ‘창의적 사고(T)’와 다른 요소의 통합이 504회(60.0%), ‘공통 요소(C)’와 다른 요소의 통합이 167회(19.9%), ‘문제해결력(P)’과 다른 요소의 통합이 139회(16.5%)로 나타났다. 즉, 과학 내용 지식, 과학적 탐구기능, 창의적 사고가 각각 다른 요소와 통합된 경우가 전체 탐구활동 중 절반 이상의 탐구활동에서 나타났음을 알 수 있다. 이는 GED의 우수 초등 과학영재교육 프로그램에서는 과학 내용 지식, 과학적 탐구기능, 창의적 사고가 상대적으로 더 강조되어 다른 요소와 연계되었음을 의미한다고 볼 수 있다. 이후에는 통합 유형별로 살펴본 결과에 대해서 논의하였다.

1) 통합이 없는 경우

통합이 없는 경우는 대부분 ‘과학 지식 내용(96

회, 11.4%)’만 있는 경우였으며, 다른 구성요소만 있거나 ‘과학 지식 내용’의 ‘기타’만 있는 경우는 각각 5% 미만으로 적게 나타났다. ‘과학 지식 내용’만 있었던 예로는 교사의 일방적인 과학원리나 지식 전달 활동, 교사의 안내에 따라 학생들이 수동적으로 실험을 수행하는 활동 등과 같이 교사 위주의 활동들이 있었다. 또한 학생들이 정보화 기기나 책을 통해 과학 지식이나 정보를 조사하여 습득하기, 과학자의 업적과 삶에 대해 알아보기, 올바른 실험 도구의 사용법 익히기 등과 같이 학생 위주의 활동이라도 의미 있는 과학적 탐구활동이 없는 단순 조사 활동과 실험을 위한 사전 준비 활동이 있었다. Fig. 1에서는 ‘수평 잡기’와 관련하여 교사가 제시한 활동 순서에 따라 실험을 한 후, 수평 잡기 규칙을 정리하는 내용의 빈칸에 알맞은 단어를 적는 과학 지식 내용 위주의 활동을 제시하였다.

2) 2가지 요소의 통합

2가지 요소의 통합은 ‘과학 지식 내용(K)’과 ‘과학적 탐구기능(I)’의 통합이 163회(19.4%), ‘과학 지식 내용(K)’과 ‘창의적 사고(T)’의 통합이 82회(9.8%)로 나타났다. 먼저 ‘과학 지식 내용(K)’과 ‘과학적 탐구기능(I)’의 통합 사례로는 실험 대상을 관찰하거나, 관찰한 내용을 토대로 그 원리를 추리하거나, 관찰 대상에 앞으로 어떤 일이 일어날지 예상하거나, 관찰 결과나 원리 등에 대해 모둠별로 토의하는 의사소통 활동이 많았다. 또한 학생들이 변인 통제 기능을 활용하여 실험을 설계하고, 자료변환과 자료해석 기능을 활용하여 결론 도출 및 일반화하는 활동도 있었다. Fig. 2의 왼쪽 그림은 K와 I의 통합 사례이다. 이 활동에서는 학생들이 ‘플라스틱 안으로 풍선을 거꾸로 불기’ 실험을 수행하면서 일

3. 수평잡기 규칙 찾기

- 설명서를 참고하여 ①~④까지 만든다.
- 무게가 비슷한 삼각형을 매달아 수평을 잡아 보게 한 후 회전시켜 보게 한다.
- 무게가 비슷한 삼각형을 매달아 한 쪽 물체를 이동하여 수평을 잡아보게 한 후 회전시켜 보게 한다.
- 한쪽에 다른 물체를 더 매달아 다른 무게로 수평을 잡아 회전시켜 보게 한다.

4. 수평잡기 규칙 완성하기

- ▶ 같은 무게의 추는 () 거리에서 ()을 이룬다.
- ▶ 서로 다른 무게의 추는 ()×()가 같은 지점에서 평형을 이룬다.
- ▶ 양쪽에 추를 매달았을 때 중심에는 두 추 무게의 ()이 작용한다.

Fig. 1. An example of ‘no integration’ in inquiry activity of GED program.

●역발상 : **대체하기** 암모니아 기체를 이용하여 '플라스틱 안으로 풍선을 거꾸로 불기' 실험을 해 봅시다.

1. 어떤 변화가 나타났나요?

2. 풍선의 변화를 통하여 알 수 있는 것을 모두 정리해 봅시다.

3. 물이 아닌 암모니아 기체를 이용하여도 나타나는 현상이 같은 이유는 무엇일까요?

<K와 I의 통합 예>

●기체의 성질에 대해 알 수 있는 실험이 있다면 역발상적 사고 기법의 여러 가지 유형을 적용하여 구상해봅시다.

<K와 T의 통합 예>

Fig. 2. Examples of integration between two components in inquiry activity of GED program.

어니는 현상을 관찰하고, 그 실험을 통해 알 수 있는 사실이나 관찰 현상의 원리를 추리하도록 하고 있다.

‘과학 지식 내용(K)’과 ‘창의적 사고(T)’의 통합이 포함된 탐구활동은 창의적 사고 중 수렴적 사고를 사용한 경우가 가장 많았다. 즉, 학습하거나 스스로 알아낸 과학 지식을 학생 스스로 재구성하여 정리하는 활동, 자신의 경험을 토대로 어떤 과학적 사실에 대한 증거를 제시하는 활동 등이 있었다. 발산적 사고를 활용하였을 때는 수업 제재나 학습한 과학 지식이 적용된 주변의 사례를 최대한 많이 찾기, 다양한 아이디어 자유롭게 생각해보기 등의 활동이 있었다. 예를 들어 Fig. 2의 오른쪽 그림처럼 기체의 성질을 알 수 있는 실험을 한 후, 기체의 성질을 알 수 있는 다른 실험을 직접 구상하는 활동이 있었다. 이 활동에서는 앞서 배운 기체의 성질에 대한 이해를 바탕으로 다른 실험을 구상하는 과정에서 역발상 아이디어를 가능한 한 다양하게 생성해내는 발산적 사고를 요구하고 있었다.

한편, ‘과학적 탐구기능(I)’과 ‘창의적 사고(T)’의 통합은 11회(1.3%), ‘과학적 탐구기능(I)’과 ‘문제해결력(P)’의 통합 및 ‘창의적 사고(T)’와 ‘공통 요소(C)’의 통합은 각각 1회(0.1%)로 매우 적게 나타났다. 이는 ‘과학 지식 내용’과는 관계없이 과학적 탐구기능, 창의적 사고, 문제해결력, 공통 요소 중 2가지를 함께 요구하는 경우이다. ‘과학적 창의성’이 다른 영역의 창의성과 구분 짓는 가장 핵심적이고 필수적인 요소는 ‘과학 지식 내용’이라고 할 수 있

다(임성만 등, 2009). 따라서 ‘과학 지식 내용’이 없는 통합을 요구하는 활동은 지양해야 할 것이다.

3) 3가지 요소의 통합

3가지 요소의 통합에서는 ‘과학 지식 내용(K)’, ‘과학적 탐구기능(I)’, ‘창의적 사고(T)’의 통합이 221회(26.3%)로 가장 많이 나타났다. 그 다음으로는 ‘과학 지식 내용(K)’, ‘창의적 사고(T)’, ‘공통 요소(C)’의 통합이 15회(1.8%), ‘과학 지식 내용(K)’, ‘창의적 사고(T)’, ‘문제해결력(P)’의 통합이 7회(0.8%), ‘과학 지식 내용(K)’, ‘과학적 탐구기능(I)’, ‘문제해결력(P)’의 통합이 3회(0.4%), ‘과학 지식 내용(K)’, ‘문제해결력(P)’, ‘공통 요소(C)’의 통합이 1회(0.1%) 나타났다. ‘과학 지식 내용’이 포함되지 않은 3가지 요소의 통합은 3가지 유형이 있었는데, 모두 3회 이하로 적게 나타났다.

3가지 요소의 통합 중 가장 많이 나타난 ‘과학 지식 내용(K)’, ‘과학적 탐구기능(I)’, ‘창의적 사고(T)’의 통합은 2가지 요소의 통합 유형이었던 K와 I의 통합 및 K와 T의 통합이 함께 나타난 경우라고 볼 수 있다. 따라서 K, I, T의 통합이 가장 많이 나타난 것은 K와 I의 통합 및 K와 T의 통합이 많이 나타난 것과 비슷한 맥락에서 이해할 수 있다. 예를 들어, 학생들이 탐구기능을 사용하여 과학원리를 추론하거나 적용하는 과정에서 수렴적 사고나 발산적 사고, 연관적 사고를 같이 사용해야 하는 활동이 있었다. Fig. 3의 사례에서는 관찰과 자료해석 등의 과학적 탐구기능을 활용하여 기압과 끓는

기온 물을 끓게 만들 수 있을까?	
1. 기온의 물을 만들어 봅시다.	
준비물	
실험 과정	
2. 간이 쪄공 실험 장치에 기온의 물을 넣고 쪄공 상태로 만들었을 때, 관찰한 모습을 적어봅시다. (그림으로 표현해도 좋습니다.)	
그림	그림

3. 기온과 끓는점은 어떤 관계가 있을까요?	
기온이 ()되면 끓는 점은 ()된다. 그 이유는 _____ 때문이다.	
4. 높은 산에서 밥을 잘 익히기 위한 아이디어를 생각해서 적어봅시다.	
	< 유용한 방법 >
내가 생각한 아이디어를 그립니다.	

Fig. 3. An example of integration among three components in inquiry activity of GED program (integration of ‘scientific knowledge content’, ‘scientific inquiry skill’, and ‘creative thinking’).

점 사이의 관계를 파악하는 과정에서 수렴적 사고를 요구한다고 할 수 있다. 그리고 이를 바탕으로 높은 산에서 밥을 잘 익히는 방법과 활용 방법을 생각하는 과정에서 발산적 사고도 요구함을 알 수 있다.

‘과학 지식 내용(K)’, ‘창의적 사고(T)’, ‘공통 요소(C)’의 통합에서는 탐구활동과 학습 내용을 정리하거나 분석하고, 이를 발전시키기 위한 아이디어를 다양하게 모색한 뒤 유용한 아이디어를 추리거나 유용한 아이디어로 개선하기 등의 활동이 있었다. 라이덴병 사례가 그 예이다. 이 탐구활동에서는 라이덴병의 원리에 대한 학습 내용을 바탕으로 라이덴병의 장단점을 생각해보는 과정에서 수렴적 사고를 요구하고, 오늘날 라이덴병과 비슷한 역할을 하는 것을 찾는 과정에서 연관적 사고를 요구하며, 라이덴병의 성능을 유용한 방향으로 개선하기 위한 방법을 찾는 과정에서 발산적 사고와 유용성을 요구하고 있다.

‘과학 지식 내용(K)’, ‘창의적 사고(T)’, ‘문제해결력(P)’의 통합에서는 수렴적 사고를 통해 탐구 결과를 정리하고, 탐구 결과나 과학 개념과 관련하여 더 궁금한 사항을 질문으로 기록하는 활동을 통해 문제발견력을 신장시키고자 하는 활동도 있었다. 예를 들어, 친구의 탐구 보고서를 보고 알게 된 점과 더 탐구해보고 싶은 탐구문제를 찾아보는 활동이 있었다. 이 활동에서는 친구들의 관찰 보고서를 읽고 알게 된 점을 정리하는 과정에서 과학 지식과

수렴적 사고를 요구하고, 더 알고 싶은 내용을 다양하게 생각해 보는 과정에서 발산적 사고와 문제발견력을 요구한다.

‘과학 지식 내용(K)’, ‘과학적 탐구기능(I)’, ‘문제해결력(P)’의 통합 사례로는 모듬별로 크로마토그래피의 색소를 찾아내는 활동이 있었다. 이 활동에서는 크로마토그래피에 대한 과학 지식 및 관찰, 예상, 의사소통, 자료변환, 자료해석 등의 과학적 탐구기능을 사용하여 사인펜의 구성 색소를 직접 알아내는 문제해결력을 요구함을 알 수 있다.

‘과학 지식 내용(K)’, ‘문제해결력(P)’, ‘공통 요소(C)’의 통합은 MAKEY MAKEY로 그림 악기를 만드는 활동만 있었다. 이 활동에서는 전기회로에 대한 과학 지식이 필요하며, 이를 바탕으로 MAKEY MAKEY를 활용한 그림 악기의 설계도를 그릴 때 정교성이 필요하다. 또한 그림 악기를 만드는 문제를 해결하기 위해 문제해결력을 요구한다고 볼 수 있다.

한편, ‘과학적 탐구기능(I)’, ‘창의적 사고(T)’, ‘공통 요소(C)’의 통합 사례로는 신발을 팔 판매 전략 짜기 활동, ‘과학적 탐구기능(I)’, ‘창의적 사고(T)’, ‘문제해결력(P)’의 통합 사례로는 문제점 해결 및 자동차 재주행 활동, ‘창의적 사고(T)’, ‘문제해결력(P)’, ‘공통 요소(C)’의 통합 사례로는 아프리카에 맞는 신발 그리기 활동 등이 있었다. 즉, 이 통합 유형들은 과학 내용과는 관계없는 활동에서 나타났다.

4) 4가지 요소의 통합

4가지 요소의 통합에는 4가지 유형이 나타났는데, 모두 5% 미만으로 낮은 비율을 나타냈다. 즉, ‘과학 지식 내용(K)’, ‘과학적 탐구기능(I)’, ‘창의적 사고(T)’, ‘공통 요소(C)’의 통합이 38회(4.5%), ‘과학 지식 내용(K)’, ‘창의적 사고(T)’, ‘문제해결력(P)’, ‘공통 요소(C)’의 통합이 16회(1.9%), ‘과학 지식 내용(K)’, ‘과학적 탐구기능(I)’, ‘창의적 사고(T)’, ‘문제해결력(P)’의 통합이 15회(1.8%), ‘과학적 탐구기능(I)’, ‘창의적 사고(T)’, ‘문제해결력(P)’, ‘공통 요소(C)’의 통합이 4회(0.5%)로 나타났다. 4가지 요소의 통합은 대체로 한 수업 주제의 마지막 차시 활동에서 많이 나타났다. 하나의 주제로 수업이 진행될 때 초반부에서는 목표 개념과 관련된 배경지식을 끌어내거나 학습 내용을 스스로 탐색하는 활동이 많았다면, 후반부에서는 학습한 목표 개념을 활용하여 창의적 아이디어나 산출물을 만들어내는 활동이 주를 이루고 있었기 때문이다.

Fig. 4에 4가지 요소의 통합 사례 중에서 ‘과학 지식 내용(K)’, ‘과학적 탐구기능(I)’, ‘창의적 사고(T)’, ‘공통 요소(C)’의 통합과 ‘과학 지식 내용(K)’, ‘창의적 사고(T)’, ‘문제해결력(P)’, ‘공통 요소(C)’의 통합 사례를 제시하였다. K, I, T, C의 통합 사례는 바다에 유출된 기름을 제거하는 방법의 하나인 오

일펜스를 만드는 활동이다. 이 활동에서는 간이 오일펜스를 만들기 위해 모둠별로 토의하여 다양한 아이디어를 산출해내고, 그 이유를 과학적으로 설명하는 과정에서 과학 지식 내용과 발산적 사고 등을 요구한다. 또한 생각한 대로 직접 실험하여 간이 오일펜스를 만든 후 보완할 점들을 생각해 보고 계속 수정해 나가는 과정에서 정교성과 유용성, 수렴적 사고 등을 요구한다. 모둠별로 완성도 높은 간이 오일펜스를 만들기 위해 다양하게 실험하여 결과를 기록하는 과정에서 관찰, 추리, 의사소통 등의 다양한 탐구기능도 활용된다.

K, T, P, C의 통합 사례로는 지금까지 배운 전기 회로와 LED의 특징을 바탕으로 나만의 ARTIENCE를 만드는 활동이 있었다. 이 활동에서는 지금까지 배운 내용을 정리하거나, 다양한 기기나 부품을 통합성 있게 정리하는 과정에서 수렴적 사고를 요구한다. 또한 LED와 MAKEY MAKEY가 모두 들어간 나만의 산출물을 만들기 위해 발산적 사고와 독창성을 요구한다. 직접 작동하며 수정 사항을 확인하는 과정에서 아이디어를 계속해서 다듬어 나가야 하므로 정교성을 요구한다. 누군가에게 위로가 되는 산출물을 만들어야 하므로 유용성과 문제해결력도 요구한다.

한편 ‘과학 지식 내용(K)’, ‘과학적 탐구기능(I)’,

활동지 1. 간이 오일펜스 설계하기

준비해 온 재료들을 가지고 만들 오일펜스를 설계하고 이유를 적어보시오.

오일펜스 설계 도안	

활동지 2. 간이 오일펜스 실험 정리하기

	수정된 점	결과
첫 번째 간이 오일펜스		
1차 수정 후		

<K, I, T, C의 통합 예>

13-15차시 나만의 ARTIENCE

전시학습 상기하기

- 지금까지 배운 내용을 정리하기
- LED와 MAKEYMAKEY의 특징, 사용방법 등

가이드

학생들과 함께 했던 각 차시별 산출물로 정리하면 좋다.

- 활동1) LED 모듈조사 보고서, 빛나는 LED 장난감
- 활동2) 감성조명 및 소개자료
- 활동3) MAKEYMAKEY 모듈 연주
- 활동4) 노래하는 대형 그림

제작하기 나만의 ARTIENCE 만들기

- 지금까지 모듬별로 만들었던 활동에서 배운 내용을 바탕으로 개인별로 만들기
- LED와 MAKEYMAKEY 모두 들어간 산출물을 만든다.
(모두 사용하기가 어려운 학생은 한 가지만 해도 되지만 되도록 둘 다 들어가도록 한다.)
- 누군가에게 위로가 될 수 있는 목적을 가지고 만든다.
- 직접 작동하며 수정 사항을 확인하기

<K, T, P, C의 통합 예>

Fig. 4. Examples of integration between four components in inquiry activity of GED program.

‘창의적 사고(T)’, ‘문제해결력(P)’의 통합 사례로는 소리가 나는 이유에 대한 과학적 원리를 학습한 후, 사운드 마블링을 이용하여 예술작품을 만드는 활동이 있었다. 작품을 만들기 위한 계획 세우기, 준비물 탐색하기 등의 과정에서 발산적 사고와 수렴적 사고가 요구되고, 준비물 탐색과 중간 점검 등의 과정에서 관찰과 의사소통 등의 과학적 탐구기능이 요구된다. 또한 사운드 마블링을 이용한 예술작품 만들기의 문제를 해결해야 하므로 문제해결력도 요구된다.

‘과학적 탐구기능(I)’, ‘창의적 사고(T)’, ‘문제해결력(P)’, ‘공통 요소(C)’의 통합 사례로는 감지기 선택 및 프로그래밍하기 활동, 다리를 만들기 위한 조건 탐구활동 등이 있었다. 이 사례는 과학 지식이나 원리를 다루지 않고 단순히 컴퓨터 프로그램이나 기술적인 측면을 위주로 다루는 활동이었다. 물론 이 활동들에서도 주어진 문제를 유용하게 해결하기 위한 다양한 실험과 사고 활동하는 과정에서 과학적 탐구기능과 창의적 사고, 유용성과 정교성 등을 요구하고 있다.

5) 5가지 요소의 통합

가장 높은 통합 수준인 5가지 요소의 통합은 4가

지 요소의 통합과 마찬가지로 주로 수업의 적용 활동으로서 창의적 아이디어 또는 산출물을 만들어 내는 활동이나 자유탐구 활동에서 많이 나타났다. 즉, 전반적으로 주어진 또는 스스로 찾은 문제 상황을 해결하기 위해 과학 지식을 활용하여 창의적인 아이디어나 산출물을 만드는 활동에서 과학적 창의성의 5가지 구성요소를 모두 요구하는 것으로 나타났다.

Fig. 5에 한 가지 사례를 제시하였다. 이 사례는 식물의 특징을 이용한 발명품을 만들어 발표하고 토론하여 발명품을 수정하는 활동이다. 이 활동에서는 식물 하나를 정하여 생김새, 특징, 쓰임새 등을 탐구하고 정리하는 과정에서 관찰, 측정, 추리 등의 과학적 탐구기능과 수렴적 사고 및 그 식물에 대한 지식이 필요하다. 그리고 이를 바탕으로 나만의 독창적인 발명품을 구안하는 과정에서 발산적 사고와 수렴적 사고가 요구된다. 또한 설계도를 그리는 과정에서 정교성, 발명품을 발표하고, 발명품의 보완점에 대해 조언 중 적절한 내용을 선택하여 발명품을 직접 수정하는 과정에서 의사소통 기능, 수렴적 사고, 유용성, 정교성, 문제해결력 등을 요구하고 있음을 알 수 있다.

또, 다른 사례로는 자유탐구 사례로써 발명가가



Fig. 5. Examples of integration between five components in inquiry activity of GED program.

되어 자신이 궁금했던 과학 현상이나 불편했던 점을 극복하기 위한 아이디어를 생각하여 실험을 통해 직접 확인해 보는 활동이 있었다. 이 활동의 경우 평소 궁금했던 과학 현상이나 불편했던 점을 최대한 많이 생각하는 과정에서 문제인식 기능, 문제발견력, 발산적 사고 등을 요구한다. 자신의 아이디어 중에서 실험으로 확인할 수 있거나 자신이 실제로 수행 가능한 아이디어를 선정하는 과정에서 수렴적 사고와 유용성 등을 요구한다. 또한 선정된 아이디어를 수행하기 위한 탐구 계획을 체계적으로 세우는 과정에서 정교성을 요구하며, 탐구 계획에 따라 탐구를 수행하는 과정에서 관찰, 예상, 추리 등의 다양한 과학적 탐구기능을 요구한다.

과학적 창의성 구성요소의 통합 수준에 관한 이상의 결과들은 현재 GED 우수 초등 과학영재교육 프로그램에서는 과학적 창의성 구성요소의 통합 수준이 높지 않음을 의미한다. 과학영재수업의 경우, 여러 개의 탐구활동으로 하나의 수업 주제의 내용을 구성할 때는 탐구활동 별로 수준을 달리하여 체계적으로 사고가 확장하는 형태로 수업을 구성하는 것이 바람직하다. 이 연구에서 분석한 과학영재수업도 하나의 수업 주제에 여러 개의 4~5개의 탐구활동이 있었는데, 이 탐구활동도 이런 맥락에서 구성되었을 가능성이 있다. 따라서 탐구활동마다 4가지 또는 5가지 과학적 창의성 구성요소의 통합을 기대하기 어려울 수도 있다. 하지만 과학적 창의성은 그 구성요소들을 병렬적으로 요구하는 것보다 함께 요구할 때 발현될 가능성이 크고(박종원, 2004; Sun et al., 2020), 그러한 사례도 10% 정도 나타났다는 점에서, 탐구활동 별로 분석하는 것의 의미를 찾을 수 있다. 또한 총 291개의 수업 주제를 기준으로 발생 비율을 계산해 보아도 4가지 또는 5가지 과학적 창의성 구성요소의 통합이 106회(36.4%)로 나타난 점은 해당 프로그램의 통합 수준이 높지 않았음을 알 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 영재교육종합 데이터베이스(GED)에서 제공하는 초등 과학영재교육 프로그램 수업을 과학적 창의성 관점에서 분석하였다. 연구 결과, 과학적 창의성 요소 5가지 중, ‘과학적 탐구기능’, ‘과학 지식 내용’, ‘창의적 사고’가 많이 포함되

었다. 하지만 ‘문제해결력’과 ‘공통 요소’는 비교적 적게 포함되어 있었다. 통합의 측면에서는 2가지 요소의 통합과 3가지 요소의 통합이 자주 나타났으며, 통합이 없는 유형도 자주 나타났다. 4가지 요소의 통합이나 5가지 요소의 통합은 적게 나타났다. 각 요소를 중심으로 살펴보면, ‘과학 지식 내용’, ‘과학적 탐구기능’, ‘창의적 사고’ 등이 다른 요소들과 함께 통합되는 빈도가 높았다. 그러나 ‘공통 요소’ 또는 ‘문제해결력’이 다른 요소와 통합되는 경우는 적게 나타났다. 이와 같은 연구 결과로 제시할 수 있는 시사점은 다음과 같다.

우선 이 연구는 향후 과학영재교육 프로그램을 개선하거나 새로 개발하는 데에 실질적이고 구체적인 시사점을 제공할 수 있다. 즉, 해당 프로그램의 주제는 학문 영역에 따라 고르게 분포되어 있을 뿐 아니라 융합 영역도 많았다. 또한 속진학습보다 심화학습 성격의 탐구활동이 많았으며, 수렴적 사고와 발산적 사고를 자극하는 활동이 많이 포함되어 있었다. 이러한 점은 초등 과학영재 학생들의 과학적 창의성 발현 측면에서 바람직하다고 볼 수 있으므로, 향후 초등 과학영재교육 프로그램을 구성할 때 이러한 점을 유지해야 할 것이다.

반면, 과학 창의성 측면에서 부족한 점도 다양하게 나타났다. 특히 이 연구에서 분석한 프로그램은 GED에서 제공하는 프로그램 중에서도 우수 프로그램이었으므로, 다른 과학영재 프로그램에서는 과학적 창의성 측면에서 부족한 점이 더 클 가능성이 있다. 따라서 이러한 부족한 점을 개선하기 위해 노력할 필요가 있다. 가령 과학적 탐구기능 중 측정 기능이 매우 적게 사용되고 있었으므로, 측정을 통한 수치화 과정을 활용하여 더 정교한 실험 결과를 얻을 수 있도록 개선하는 것이 필요하다. 또한 통합탐구기능의 활용 비율도 낮았으므로, 과학영재 학생의 높은 통합탐구능력(이신동 등, 2019)을 활용하여 더 심층적인 탐구가 진행될 수 있도록 활동을 구성하는 것이 필요하다. 절반 이상의 탐구활동에서 수렴적 사고와 발산적 사고가 포함되지 않았고, 연관적 사고와 문제해결력 및 공통 요소 등의 활용률도 매우 낮았으므로, 창의적 사고와 문제해결력 및 공통 요소에 대한 해당 교사들의 이해와 인식 및 활용 능력을 높이는 방안을 모색할 필요도 있다.

통합 측면에서 살펴보면 현재 GED 우수 초등 과학영재교육 프로그램에서는 과학적 창의성 구성요

소의 통합 수준이 높지 않은 것으로 나타났으므로, 향후 초등 과학영재프로그램의 탐구활동을 구성할 때 과학적 창의성 구성요소 사이의 통합 수준을 높이기 위해 노력해야 할 것이다. 또한 과학적 창의성의 가장 핵심 요소라 할 수 있는 과학 지식 내용이 포함되지 않는 통합이 있었으므로, 과학 지식 내용이 다른 과학적 창의성 구성요소와 통합될 수 있도록 활동을 구성할 필요도 있다. 이를 위해서는 과학적 창의성의 통합 수준의 우수 사례를 체계적으로 발굴하여 담당 교사에게 안내할 필요가 있다. 이때 이 연구에서 제시한 사례 등을 유용하게 활용할 수 있을 것이다. 또한 점검표 등을 활용하여 다양한 과학영재교육 프로그램을 과학적 창의성 구성요소의 통합 관점에서 분석해보고, 이를 토대로 실제로 과학적 창의성의 통합 수준이 높은 프로그램을 직접 개발하여 적용하여 보완해보는 연구도 필요하다.

이 연구에서 개발한 분석 기준과 사례는 추후 과학영재교육 프로그램 분석 연구에 유용한 시사점을 줄 수도 있다. 이 연구에서는 GED의 초등과학영재 프로그램 수상작에 포함된 과학적 창의성의 세부 구성요소 및 과학적 창의성 구성요소 사이의 통합 유형에 관한 분석 기준과 구체적인 분석 사례를 제공하고 있다. 지금까지 과학적 창의성 관점에서 과학영재교육 프로그램을 분석하는 선행연구가 없었으므로, 과학영재교육 프로그램을 과학 창의성 관점에서 분석하는 연구를 진행할 때 이 연구에서 개발한 분석 기준과 사례를 활용한다면 유용할 수 있을 것이다.

한편, 이 연구에서는 문서로 만들어진 프로그램을 분석하였으므로, 직접 수업을 관찰하며 분석하는 연구나 실제 과학영재수업 진행과는 차이가 있을 가능성이 있다. 따라서 과학적 창의성 관점에서 실제 과학영재수업을 직접 관찰하여 분석하는 연구를 다음에 진행할 필요가 있다. 또한 기초탐구기능이나 통합탐구기능의 관점 대신 최근 강조되고 있는 과학탐구 측면, 가령, ‘질문하기와 과학적 문제 정의’, ‘탐구 설계 및 수행’, ‘자료의 분석 및 해석’, ‘수학 및 컴퓨팅 사고 사용’, ‘과학적 모델의 개발과 사용’, ‘증거에 기초한 논증 참여’, ‘설명 구성과 해결책 제안’, ‘정보 수집과 평가 및 의사소통’ 등과 같이 미국 차세대 과학표준(NGSS)에서 제시

하고 있는 ‘실천’ 과정 측면(정준형과 강남화, 2016; NGSS Lead States, 2013)을 고려하여 분석하는 연구도 필요하다.

참고문헌

- 강훈식(2019). PCK에 근거한 초등교사 임용후보자 선정 경쟁시험의 과학과 문항 분석. 한국과학교육학회지, 39(5), 585-597.
- 교육부(2015). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제2015-74호(별책 9).
- 교육부(2018). 제4차 영재교육진흥종합계획. 세종: 교육부.
- 권진희, 강훈식(2019). 초등 일반 및 과학영재 학생의 과학 유머 유형과 창의성 수준, 과학 유머 만들기의 교육적 효과에 대한 인식 비교. 초등과학교육, 39(3), 415-426.
- 김덕호, 홍승호(2015). 초등 영재학생을 대상으로 한 지층과 화석 관련 STEAM 프로그램이 학업성취도, 창의적 문제해결력 및 과학적 태도에 미치는 효과. 교육과학연구, 46(4), 1-25.
- 김민지, 강훈식(2019). 초등 과학영재 학생과 일반 학생의 과학 동시 특성 및 과학 동시 쓰기에 대한 인식 비교. 초등과학교육, 38(1), 130-148.
- 김상욱, 소금현(2016). 스마트기기를 활용한 프로젝트 학습이 초등과학 영재아의 과학학습 동기, 창의적 인식 및 창의적 문제 해결력에 미치는 영향. 생물교육, 44(3), 364-371.
- 김석기, 김학성, 박용필, 위수민(2015). 초등 과학 영재의 창의적 문제 해결력 향상을 위한 과학사-CPS 수업 모형 기반 날씨 영역 수업 프로그램 개발과 적용 효과. 학습자중심교과교육연구, 15(12), 43-58.
- 김은주, 최선영, 강호감(2004). 인천지역 초등과학영재학급의 교육과정 운영실태 분석. 초등과학교육, 23(3), 192-198.
- 노태희, 양찬호, 강훈식(2011). 과학영재교육에서 비유 만들기 활동의 활용에 대한 초등학교 교사들의 인식. 초등과학교육, 30(1), 22-37.
- 박일수(2019). 문제중심학습(PBL)이 문제해결능력에 미치는 효과에 관한 메타분석. 한국융합학회지, 10(10), 197-205.
- 박재용, 이기영(2011). 중학교 과학 자유탐구 수행실태 및 교사와 학생의 인식. 교과교육학연구, 15(3), 603-632.
- 박종원(2004). 과학적 창의성 모델의 제안: 인지적 측면을 중심으로. 한국과학교육학회지, 24(2), 375-386.
- 박종원, 김진국(2013). 과학적 창의성 지도를 위한 활동 자료의 개발과 유형 분석. 한국과학교육학회지, 33(2),

- 310-327.
- 박지영, 이길재, 김성하, 김희백(2005). 과학영재교육 프로그램 분석 모형의 고안과 국내의 과학영재를 위한 생물프로그램의 실태 분석. *생물교육*, 33(1), 122-131.
- 서울특별시교육청(2020). 2020학년도 영재교육 세부추진 계획. 서울: 서울특별시 교육청.
- 서혜애, 이선경(2004). 초등 과학영재수업의 교수, 학습 실태 분석. *초등과학교육*, 23(3), 219-227.
- 손준호, 김종희(2016). 3단계 마인드맵 활동이 과학영재 학생들의 시스템 사고 향상에 미치는 효과: 친문 내용을 중심으로. *영재교육연구*, 26(2), 257-280.
- 유지연, 박연옥, 노태희(2011). 비유 실험을 활용한 탐구 학습이 과학영재의 실험설계 과정에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 31(6), 986-997.
- 윤희정, 박은미, 김지영, 이윤하, 방담이(2015). 중학생들의 과학적 창의성 관련 변인 간 관계 분석 연구. *교과교육학연구*, 19(4), 1005-1025.
- 이갑정, 신동희(2020). 영재교육진흥종합계획 시기별 과학 영재 교육 프로그램 분석. *교과교육학연구*, 24(1), 45-56.
- 이봉우, 손정우(2017). 과학영재 발굴·육성 종합계획 성과분석을 통한 과학영재교육 발전방안 탐색. *한국과학교육학회지*, 37(5), 775-785.
- 이신동, 이정규, 박춘성(2019). 최신 영재교육학개론. 서울: 학지사.
- 이지원, 김중복(2013). 과학영재들은 협업적 문제 해결 과정에서 무엇을 공유하는가? *영재교육연구*, 23(6), 1099-1115.
- 이희우, 임희준(2019). 초등 과학 수업에서 학생주도 인포그래픽 구성 활동의 효과. *한국과학교육학회지*, 39(5), 625-635.
- 임성만, 양일호, 임재근(2009). 영역 특수적인 입장에서의 과학적 창의성에 대한 정의, 구성요인에 대한 탐색. *과학교육연구지*, 33(1), 31-43.
- 임채성(2014). 과학창의성 평가 공식의 개발과 적용. *초등과학교육*, 33(2), 242-257.
- 정준형, 강남화(2016). 우리나라 2015 과학 교육과정 성취기준과 미국 차세대 과학표준(NGSS) 수행기대의 물리 영역 비교 분석. *새물리*, 66(6), 705-718.
- 조현수, 한기순(2020). 초등 영재교육 프로그램 효과에 관한 메타분석: 영재교육진흥종합계획 시기(2003-2019)를 중심으로. *영재교육연구*, 30(3), 277-303.
- Barbot, B., Besançon, M., & Lubart, T. (2016). The generality-specificity of creativity: Exploring the structure of creative potential with EPoC. *Learning and Individual Differences*, 52, 178-187.
- Feist, G. J. (1998). A meta-analysis of personality in scientific and artistic creativity. *Personality and Social Psychology Review*, 2(4), 290-309.
- Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-404.
- Liang, J. C. (2002). Exploring scientific creativity of eleventh grade students in Taiwan. Doctoral dissertation, Texas State University.
- NGSS Lead States (2013). Next generation science standards: For states, by states. The National Academies Press.
- Qiang, R., Han, Q., Guo, Y., Bai, J., & Karwowski, M. (2020). Critical thinking disposition and scientific creativity: The mediating role of creative self-efficacy. *The Journal of Creative Behavior*, 54(1), 90-99.
- Sun, M., Wang, M., & Wegerif, R. (2020). Effects of divergent thinking training on students' scientific creativity: The impact of individual creative potential and domain knowledge. *Thinking Skills and Creativity*, 37: Online. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100682>
- Worrell, F. C., Subotnik, R. F., Olszewski-Kubilius, P., & Dixson, D. D. (2019). Gifted students. *Annual Review of Psychology*, 70, 551-576.
- Yang, K., Hong, Z., Lee, L., & Lin, H. (2019). Exploring the significant predictors of convergent and divergent scientific creativities. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 252-261.
- Zainuddin, S., Dewantara, D., Mahtari, S., Nur, M., Yuanita, L., & Sunarti, T. (2020). The correlation of scientific knowledge-science process skills and scientific creativity in creative responsibility based learning. *International Journal of Instruction*, 13(3), 307-316.

윤지현, 서울청담초등학교 교사(Yun, Jihyeon; Teacher, Seoul Cheongdam Elementary School).

† 강훈식, 서울교육대학교 교수(Kang, Hunsik; Professor, Seoul National University of Education).