

인지적 영역 중심의 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 초등 과학 수업에서 학생들의 과학 창의성 분석

옥찬미[†] · 임채성^{**} · 김성하^{***} · 홍준의^{****}

(의정부청룡초등학교)[†] · (서울교육대학교)^{**} · (한국교원대학교)^{***} · (서원대학교)^{****}

Analyses of Elementary School Students' Scientific Creativity in Cognitive Domain by Applying a Brain-Based Evolutionary Approach to Science Instruction

Ok, Chanmi[†] · Lim, Chae-Seong^{**} · Kim, Sung-Ha^{***} · Hong, Juneuy^{****}

(Uijeongbu Cheongnyong Elementary School)[†] · (Seoul National University of Education)^{**} ·
(Korea National University of Education)^{***} · (Seowon University)^{****}

ABSTRACT

A brain-based evolutionary approach developed by reflecting the brain functions and authentic science is consisted of Affective, Behavioral, and Cognitive domains, and within each domain the processes of Diversifying, Evaluating, and Furthering are proceeded (ABC-DEF). Two core components of creativity of originality and usefulness are inherent in each step. So, this study analyzed scientific creativity with the originality and usefulness components in cognitive domain, which is composed of diversifying the meanings inherent in the results of observations or experiments (C-D), evaluating the meanings (C-E), and furthering (C-F) in learning of 'World of Plants' unit which includes two topics of 'Plants on Land' and 'Plants in Water and Special Environment'. A total of 20 fourth grade students at Y elementary school in Gyeonggi province participated in the study. The main results of this study are as follows. First, the scientific creativity in step C-D (Diversifying stage) was assessed according to the scientific creativity assessment formula. The scores of scientific creativity were quite different with topics and showed different pattern in the originality and usefulness components. Second, when the students compare and evaluate the values of each meaning (C-E stage), they weighed more on usefulness than originality, such as "because it is useful" or "because it solve many everyday problems". Third, the overall scores of scientific creativity in step C-F (Furthering stage), as compared with those of step C-D, were low and showed decrease in the average scores of originality from 9.8 to 7.5 points, whereas increase in the average scores of usefulness from 5.4 to 6.1 points. In conclusion, these results showed that, even though the levels were not so high, the students, as scientists, can exhibit the scientific creativity in the processes of diversifying, comparing and evaluating, and applying the meanings about the results obtained by observations or experiments. The specific and various strategies to help students express their potential scientific creativity more effectively need to be developed.

Key words : brain-based evolutionary approach, science education, cognitive domain, scientific creativity, diversifying, evaluating, furthering, world of plants

이 논문은 한국연구재단의 2014년도 일반공동연구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구의 일부임(과제번호: NRF-2014S1A-5A2A03065539).

이 논문은 옥찬미의 2015년도 석사 학위논문의 데이터를 활용하여 재구성하였음.

2016.11.22(접수), 2016.11.24(1심통과), 2016.11.28(2심통과), 2016.11.29(최종통과)

E-mail: cslim@snu.ac.kr(임채성)

I. 서 론

우리나라 7차 교육과정에서 창의적인 인간상을 제시한 이후, 계속해서 자연 현상과 사물에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 과학의 기본 개념을 이해하고, 과학적 사고력과 창의적 문제 해결력을 길러 일상생활의 문제를 창의적이고 과학적으로 해결하는 데 필요한 과학적 소양을 함양하는 것을 강조하고 있다(교육과학기술부, 2011). 그러나, 교사를 비롯하여 일반인들은 창의성을 구체적으로 표현하기도 어렵고, 창의성 수준을 명확히 구분하기도 어렵다(임채성, 2014; Kaufman & Beghetto, 2013). 창의성 연구는 매우 다양하고 활발하게 진행되어 왔으나, 그 개념은 문화, 시대, 연구자에 따라 매우 다양하여 오히려 혼란을 야기하기도 한다(최인수, 2011; DasGupta, 1994; Weisberg, 1992) 그러나, 창의성 연구자들은 대부분 창의성의 정의에 독창성과 유용성이라는 두 가지 핵심 요소가 포함되어야 한다는 데 동의한다(Sternberg, 1998). 즉, 창의성은 새롭고 유용한 것을 만들어 내는 능력이라고 정의할 수 있다.

또한, 창의성을 발휘하는 주체나 수준을 고려하여, 빅-C 창의성과 리틀-c 창의성으로 구분하기도 하고(Richards, 1993; Gardner, 1993; Boden, 1996), 더 세분하여 빅 창의성(Big-C creativity), 전문 창의성(pro-c creativity), 리틀 창의성(little-c creativity), 미니 창의성(mini-c creativity)으로 구분하기도 한다(Kaufman & Beghetto, 2009). 학생들에게 이 세상에 새롭고 유용한 것을 만들어내는 빅-C창의성을 요구하는 것은 비현실적이므로, 학교 과학에서는 리틀-c 창의성에 초점을 맞추는 것이 바람직하다(임채성, 2014). 새로운 방법으로 집에서 요리하여 친구들이나 가족들에게 칭찬을 받는다거나, 교실에서 수업 시간에 교사가 가르쳐주지 않은 새로운 방법으로 문제를 해결하는 것 등은 리틀-c 창의성의 예들이라고 할 수 있다. 리틀-c 창의성은 누구든지 창의 잠재력을 가지고 있다는 전제를 기반으로 한다(Kaufman & Baer, 2006; Plucker *et al.*, 2004; Sternberg *et al.*, 2004). 그러므로, 교실에서 학생들에게 창의성을 교육하였다는 것은 학생 모두가 창의적 잠재력을 가지고 있다고 가정하고 있음을 의미한다.

창의성을 바라보는 두 가지 입장인 영역일반성(domain generality) 관점과 영역특수성(domain specificity)

관점은 자주 논란된다(Baer, 1998; Kaufman & Baer, 2004). ‘산물(product)’에 초점을 맞추면, 창의성은 영역특수적인 경우가 많다(Baer, 1993). 반면에, 창의적 ‘사람(person)’에 초점을 맞추면, 영역일반적인 경우가 많다. 창의성의 필수적이고 바람직한 다양한 특성들에 대한 강조점은 맥락에 따라 달라진다. 예를 들면, 예술가들은 적절성보다는 독창성을 더 강조하고, 건축가들은 참신성보다는 기능성을 더 강조하는 경향이 있다. 일반적으로, 건축가의 창의 활동은 예술가의 창의 활동보다 간결성, 상황, 물리학에 의해 더 많은 제약을 받는다(Gluck *et al.*, 2002). 영역특이적 지식과 기능들이 창의성의 주요소라는데 일반적인 의견일치를 보인다. Alexander(1992)와 Amabile(1987)은 창의적 사고를 발휘하기 위해서는 특수한 영역의 지식과 기능이 필요하다고 강조한다. Findlay와 Lumsden(1988) 및 Mumford *et al.*(1991)도 창의적인 사람을 개념적으로 잘 조직화된 지식 베이스를 가지고 있어서 직면한 문제해결 상황에서 요구되는 정보를 유창하고 효율적으로 인출하여 활용하는 사람이라고 정의하였다. 새롭고 유용한 것을 만들어내는 것이 창의성이라는 정의에 비추어 볼 때, 어떤 과정이나 산물이 창의적인지의 여부를 판단하려면 무엇에 비추어 새롭고 유용한 것인가를 고려해야 하기 때문에 창의성의 영역특수성을 고려해야 한다.

그러므로 관련 연구를 종합해볼 때, ‘초등과학 창의성’은 창의성의 핵심 요소, 창의성의 수준, 그리고 내용이라는 세 가지 요소를 반영하여 ‘초등학생 수준에서 과학적으로 새롭고 유용한 것을 만들어내는 능력’으로 정의할 수 있다(임채성, 2015).

학생이 진정한 의미의 과학 창의성을 발휘하려면 교사나 교과서 등 외부로부터 주어지는 문제를 해결하는 방식보다, 학생 자신이 자연 사물·현상에 대해 흥미나 관심이 있는 호기심 문제를 직접 탐색·선택하고, 그 문제를 해결할 수 있는 방법들을 안출하여 실행한 다음, 그 결과의 의미를 분석하고 해석하여 새로운 상황에 적용하고 확장해야 한다(임채성, 2014). 이를 위해 실제 과학자의 활동에 내재된 정의적·행동적·인지적(Affective - Behavioral - Cognitive; ABC) 영역과 각 영역에서 다양화 → 비교·선택·실행 → 확장·적용(Diversifying → Estimating, Executing, Evaluating → Furthering; DEF)이라는 진화적 과정을 반영하여 학생들이 창의적

과학 문제해결을 비롯한 실제적 과학(authentic science)을 수행하게 하는 뇌기반 진화적 접근법(Brain-based Evolutionary Approach; ABC-DEF)이 개발되었다(임채성, 2009; 2012). 각 영역과 단계의 활동 자체와 활동 결과에는 본질적으로 독창성과 유용성이라는 창의성의 두 가지 핵심 요소가 내재되어 있다.

활용할 시간이 많고, 다뤄야 할 주제가 정해져 있지 않은 상황에서는 학생 스스로 과학 문제를 찾아내고 해결하며, 그 결과의 의미를 탐색하게 하는 자유탐구 방식이 뇌기반 진화적 접근법의 전체 범위(ABC-DEF)를 적용하기에 적절하다. 그러나, 정규 과학 수업 상황에서는 교육과정 내용을 다뤄야 하기 때문에 해결해야 할 문제와 해결 방법까지 제시되고, 학생들은 제시된 방법대로 수행하고, 그 결과를 단순히 기록하는 요리책식으로 이루어지는 경우가 많으므로(Clark *et al.*, 2000; Peters, 2005), 시간이 제한된 정규 과학 수업에서는 실제적 과학 속성을 반영하는 뇌기반 진화적 접근법의 전체 범위(ABC-DEF)를 경험하게 하기는 어렵다. 따라서, 이 접근법을 근간으로 하되, 과학 교육과정 운영이라는 현실에서 학생들이 실제적 과학을 부분적으로 경험하게 할 수 있는 방안, 즉 학습 내용의 성격에 따라 A-DEF, B-DEF, C-DEF 중 한 가지나 두 가지를 수행하게 할 수 있다. 최근, 일련의 연구들에서 뇌기반 진화적 접근법의 이러한 부분적 적용 가능성과 효과를 검증하였다(김지은 등, 2015; 옥찬미 등, 2016; 최효선 등, 2016). 이처럼 과학 교수학습에서 이 접근법의 부분적 적용의 가능성과 효과가 검증되었고, 각 영역에서 다양화 → 비교·선택 → 확장·적용하는 과정에는 창의적 속성이 있으므로, 이 과정에서 학생들의 과학 창의성이 어떤 양상으로 발현되는지를 알아볼 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 정규 과학 교육과정에 뇌기반 진화적 접근법의 인지적 영역을 부분 적용하여 식물에 대한 학생들의 사실적·현상적 설명과 궁극적인 설명(Mayr, 1997)의 다양화, 비교·선택, 확장·적용 단계들에서 나타나는 과학 창의성을 과학 창의성 평가 공식(임채성, 2014)에 따라 평가하여 분석하였다. 그러므로 이 연구는 단일 집단을 대상으로 한 탐색적 연구이다. 본 연구에서 다루는 창의성은 영역일반적 창의성(domain-general creativity)이 아니라, 영역특수적 창의성(domain-specific creativity)으로서의 과학 창의성(scientific creativity) 중 과학 주

제관련 창의성(science topic-related creativity)이지만, 의사소통의 편리성을 위하여 과학 창의성이라는 용어를 사용한다. 또한 과학 창의성의 독창성과 유용성별로 점수를 유형화하여 학생들의 과학 창의성 양상을 살펴보고, 창의성을 효과적으로 발현시킬 수 있는 교수학습이나 교육과정을 탐색하였다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

본 연구는 경기도 양주시 소재 Y초등학교 4학년 학생 20명을 대상으로 하였다. 학교는 읍 소재지에 위치하여 학원 및 과외 시설이 부족하고 과학 학습의 많은 부분을 학교 교육에 의존하는 상황이다. 과학을 배우는 3~6학년 학생 중 자신이 학습하여 이해한 내용을 비교적 적절히 표현하고, 새로운 학습법에 대한 흥미도가 높은 편인 4학년 1개 학급을 연구 대상으로 선정하였다. 또한, 이 논문의 저자 중 한 사람이 4학년 담임교사이므로 면담과 자료 수집도 용이하다고 판단하였다.

연구에 적용한 단원은 4학년 2학기 과학 ‘식물의 세계’ 단원으로 식물 관찰과 조사 활동을 통해 얻은 결과에 대한 과학적 의미를 다양화, 비교·선택, 확장·적용하는 인지적 영역 중심의 뇌기반 진화적 접근법에 적합하다고 판단하였다. 본 연구에서는 결과의 타당성을 높이기 위해, 같은 학년 1학기 ‘식물의 한살이’ 단원을 통해 뇌기반 진화적 접근법에 적용하게 한 다음 2학기 ‘식물의 세계’ 단원에 적용하였다.

2. 연구 설계

본 연구는 인지적 영역 중심의 뇌기반 진화적 접근법을 통해 나타나는 학생들의 과학 창의성을 혼합연구를 적용하여 조사·분석하였다. ‘C-DEF(인지적 영역의 다양화 → 비교·선택 → 확장·적용) 활동지’를 투입하여 학생들이 제시한 사실적·현상적 설명, 근접적인 설명, 궁극적인 설명에 대한 과학 창의성을 분석·평가하였고, ‘과학 창의성 검사지’를 투입하여 정량적인 변화를 알아보았다. 이들 중 특히 유형 학생과의 면담 내용을 정성적으로 분석하였다.

과학교육과정에 따르면, 이 단원은 여러 가지 식물의 생김새와 특징, 적응 방법 등을 알게 함으로

씨 식물의 다양성을 인식하게 하는 것을 목표로 한다. 이 단원은 ‘여러 식물의 생김새와 특징’, ‘사는 곳에 따른 식물의 생활 방식’, ‘여러 식물의 공통점과 차이점’ 등의 내용을 포함한다.

위 학습 내용을 뇌기반 교수학습 원리의 핵심 영역인 정의적·행동적·인지적 영역에 기초하되, 인지적 영역을 중점으로 뇌기반 진화적 접근을 부분 적용하여 재구성한 수업을 실시하였다. 재구성한 수업은 총 10차시였고, 기본적으로 교육과정 상의 내용이 결여되지 않게 하기 위해 핵심적이거나 기본적인 내용들에 대해 1개 차시는 교사 설명중심 수업, 4개 차시는 전통적 교사 안내 수업, 4개 차시는 C-DEF 단계를 적용한 수업, 마지막 1개 차시는 평가로 재구성하였다.

3. 자료 수집 및 분석

‘식물의 세계’ 단원에 대해 인지적 영역 중심의 뇌기반 진화적 접근법을 통해 학습할 때 초등학생들의 과학 창의성이 어떤 양상으로 발현되는지를 알아보기 위하여 다음과 같이 다양한 방법을 통하여 신뢰도와 타당도를 높일 수 있게 자료를 수집·분석하였다.

첫째, ‘식물의 세계’ 단원 내용을 학습한 후 C-DEF 단계별로 응답 내용을 정리하였다. C-DEF 활동지는 크게 ‘들과 산, 땅에 사는 작은 식물’ 주제와 ‘연못이나 강가, 특수한 환경에 사는 식물’ 주제 2가지를 선정하였다. 먼저 학습한 내용을 실험관찰 책에 정리하기 전에 알아낸 사실과 생각을 활동지에 모두 적어 배운 내용을 다양화한다(C-D). 이렇게 적은 내용 중에서 중요하다고 생각하는 순위를 적고, 가장 높은 순위를 매긴 것에 대해서는 이유를 적어 자신에게 중요한 지식을 비교·선택한다(C-E). 마지막으로, 새롭게 알고 싶어진 것들이나, 더 알아내고 싶은 것들을 적는 방식으로 학습한 내용을 확장·적용한다(C-F).

둘째, 위의 C-DEF 활동지에 작성한 내용에 대하여 참신성 혹은 독창성과 유용성 혹은 과학적 타당성 측면에서 과학 창의성을 평가하였다. Batey(2012)는 창의성을 정의하는 두 가지 핵심 요소인 ‘새로운 것’과 ‘유용한 것’을 어떻게 해석하는가에 따라 평가 방식이 결정된다고 하였다. 따라서 ‘새롭다’에 해당하는 독창성은 자신이 속한 집단 내에서 아이 디어나 산물의 희귀성을 객관적으로 정량화하는 공

식에 따라 평가하였다. 그러나 유용성에 대한 기준은 사람마다 다를 수밖에 없다. 본 연구에서는 독창성과 유용성 속성을 창의성의 정의와 부합되게 반영하여, 독창성 점수와 유용성 점수의 곱으로 계산하도록 개발된 공식(임채성, 2014)을 사용하여 과학 창의성을 평가하였다. 독창성 점수는 이 공식에 따라 객관적으로 산출한 반면, 유용성 점수는 교육전문대학원에서 초등과학교육을 전공하는 교사 17명에게 학생들의 응답 내용에 대해 초등학교 4학년 수준을 고려하여 유용성 혹은 과학적 타당성을 평가하게 하였다. 유용성 점수의 평가자간 일치도는 87.6%였다. 점수를 더 정밀하게 하기 위하여 독창성과 유용성 점수를 각각 100점 만점으로 평가한 후, 10점 만점으로 소수첫째자리까지 환산하여 100점 만점의 과학 창의성 점수를 계산하였다. 직접 해보는 행동적 영역의 활동을 통해 얻은 결과와 관련된 다양한 과학적 의미들을 탐색하는 C-D 단계에서는 학생들이 답변한 사실적·현상적 설명, 근접인적 설명, 궁극인적 설명들에 대하여 독창성과 유용성을 평가하였다. 탐색한 의미들의 가치를 비교·평가하는 C-E 단계에서는 학생들이 과학 창의성의 두 가지 핵심 요소인 독창성과 유용성 중 어느 요소에 비중을 두는지를 분석하였다. 그리고 알아낸 내용을 확장·적용하는 C-F 단계에서는 학생들이 제시한 내용에 대해 역시 독창성과 유용성을 평가하였다. C-D 단계와 C-F 단계에서는 복수로 응답한 경우가 많으므로 평균 점수를 과학 창의성 점수 분석에 사용하였다.

창의성의 두 핵심 요소에 대한 점수의 수준에 따라, 학생 개인의 과학 창의성 특성을 미발현형(unexpressed), 독창형(original), 유용형(useful), 창의형(creative)으로 범주화하였다(임채성, 2014). 미발현형은 독창성과 유용성이 모두 낮고, 올바르게 않은 과학 지식이 다소 포함되어 있거나, 불필요한 내용으로 이루어진 답변을 제시한 경우이다. 독창형은 다른 학생들이 많이 제시하지 않아 특이하기는 하지만, 과학적 타당성, 유용성, 혹은 문제에 대한 적합성은 낮은 답변을 제시한 경우이다. 유용형은 다수의 학생들이 제시하여 참신성은 낮더라도 내용이 어느 정도 타당하거나, 적절한 답변을 제시한 경우이다. 마지막으로 창의형은 독창성과 유용성이 모두 높은 응답을 한 경우이다.

셋째, 설문지를 통해 수업 시간에 학생들이 수행

한 인지적 영역의 활동들에 대해 독창성과 유용성 측면에서 창의성 평가에 대하여 질문하였다. 독창성, 유용성 측면에서 도움이 된 자료나 활동을 순위를 매겨 적고, 얼마나, 어떻게, 왜 도움이 되었는지 이유와 함께 작성하여 분석하였다.

넷째, 미발현형, 독창형, 유용형, 창의형 각각을 대표한다고 판단되는 학생들이 제시한 내용들을 범주별로 분류하여 비교하고 분석하였다.

다섯째, 면담은 과학 창의성 점수에 따라 유형화한 학생들의 응답에서 드러나지 않았던 반응을 중점으로 살펴보았다. 따라서 구조화되지 않은 개방적 질문으로 심층적 정보를 수집하였다. 면담 대상자는 4가지 유형에 속하는 대표적 학생을 선정하였는데, 각 유형에서 과학 창의성 점수가 가장 높은 학생들이 그 유형의 특징을 많이 가지고 있을 것으로 판단하여 이들을 대상으로 면담하였다.

III. 연구 결과 및 논의

본 연구의 핵심 내용은 인지적 영역 중심의 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 수업에서 각 단계(C-D, C-E, C-F)별 과학 창의성의 발현 양상이다. 이에 대한 자세한 연구 결과를 인지적 영역의 다양화(C-D), 비교·평가(C-E), 확장·적용(C-F) 단계로 나누어 다룬다. 학생들이 활동 결과에 대해 다양하게 탐색한 의미들의 가치를 비교·평가하는 C-E 단계와 관련된 창의성 요소는 옥찬미 등(2016)의 연구에서 C-DEF 활동 자체를 분석하는 맥락에서 다루졌지만, 여기에서는 과학 창의성의 맥락에서 분석하고 논의한다.

1. 다양화 단계에서 나타난 과학 창의성 분석

행동적 영역에서 직접 해보기를 통해 얻은 결과들에 내재되어 있는 과학적 의미들을 탐색하는 다양화(C-D) 단계에서는 오늘의 공부를 통해 ‘알아낸 사실과 생각’을 모두 적게 하였다. 학생들은 평균적

으로 3~4가지를 적었다. 각 응답 내용별로 과학 창의성 점수를 산출하였다. 한 학생이 두 가지 이상을 제시한 경우, 평균 점수로 분석하였다.

첫 번째 주제인 ‘들과 산에 사는 여러 가지 식물’과 두 번째 주제인 ‘연못이나 강가, 특수한 환경에서 사는 식물’에 관한 활동에서 나타난 과학 창의성 점수는 Table 1과 같다. 여기에서 독창성 점수는 공식에 따라 각 항목에 대해 객관적으로 계산된 값들의 평균이고, 유용성 점수는 본 연구자들과 교육전문대학원에 재학 중인 현장 교사들이 학생들의 학년 수준을 고려하여 평가한 점수들의 평균이다.

Table 1에서 알 수 있는 바와 같이, 활동 주제에 따라 과학 창의성 점수가 통계적으로 유의하게 달랐다. 즉, ‘산과 들, 땅에 사는 작은 식물’ 주제보다 ‘연못이나 강가 특수한 환경에 사는 식물’ 주제에서 더 높았다. 창의성 구성 요소별로 더 자세히 살펴보면 두 주제에 대해 독창성은 비슷하게 높은 수준을 보였지만, 유용성 요소, 즉 과학적 논리성이나 타당성은 낮은 수준을 보였다. 이는 두 주제에 대해 학생들이 제시한 의미들이 특이하거나 참신하기는 하지만, 과학적 유용성은 낮은 수준임을 의미한다. 이에 대한 구체적 사례들은 뒤에서 더 자세히 분석하고 논의한다.

리틀-c 창의성 측면에서, 독창성은 학급이나 학교 등 학생이 속한 집단 구성원들 중 다른 사람들이 생각해내지 못한 새로운 것을 생성해내는 것이고, 유용성은 일반적인 성인이나 과학자 수준이 아닌 학생 수준에서 유용하거나 적절한 것을 만들어내는 것이다. 창의성의 영역 일반성과 영역 특수성과 관련하여 영역에 따라 창의성이 발현되는 정도와 양상이 다르기 때문에, 일반적인 수준에서는 과학 창의성이라는 용어가 필요하지만, 위 표에서 보는 바와 같이 다루는 주제에 따라라도 창의성이 발현되는 정도와 양상이 다르기 때문에, 구체적인 단원이나 학습 주제를 다루는 맥락에서는 과학 창의성보

Table 1. Comparisons of the scores of originality, usefulness, and scientific creativity by topics in C-D stage

주제	독창성		유용성		과학 창의성	
	M(SD)	t(p)	M(SD)	t(p)	M(SD)	t(p)
산과 들, 땅에 사는 작은 식물	9.8(0.86)	0.731(.971)	4.9(0.78)	2.042(.021)	47.9(4.56)	4.381(.033)
연못이나 강가 특수한 환경에 사는 식물	9.8(1.21)		5.9(0.67)		61.3(5.71)	
평균	9.8(1.04)		5.4(0.73)		52.6(5.14)	

Table 2. Distribution pattern of the scores of scientific creativity in C-D stage

N(%)

			유용성		$\chi^2(p)$
			하위	상위	
산과 들, 땅에 사는 작은 식물	독창성	상위	8(40.0)	6(30.0)	0.087(.574)
		하위	3(15.0)	3(15.0)	
연못이나 강가, 특수한 환경에 사는 식물	독창성	상위	7(35.0)	3(15.0)	5.051(.035)
		하위	2(10.0)	8(40.0)	

다 ‘과학주제관련 창의성(science-topic-related creativity)’이라는 용어가 더 적절할 것이다. 이에 관해서는 더 심도 있는 논의와 연구가 필요하다.

두 가지 주제에 대한 학습 활동에서 나타난 창의성을 두 가지 핵심 요소인 독창성과 유용성 혹은 과학적 타당성의 점수 수준에 따라 각각 상위과 하위로 나누어 4분면으로 나타내면 Table 2와 같다.

Table 2에서 알 수 있는 바와 같이, ‘산과 들에 사는 작은 식물’ 주제에서는 ‘연못이나 강가 특수한 환경에 사는 식물’ 주제와 달리 각 유형별로 통계적으로 유의한 분포 차이를 보였다. 또한, 이 자료와 Table 1의 자료를 함께 고려할 때 후자의 주제에서 전체적인 창의성 점수가 높은 것은 독창성 요소보다 유용성 요소의 점수가 더 높기 때문임을 알

수 있다.

두 가지 주제에 대해 학생들이 제시한 아이디어들을 임채성(2014)이 제시한 과학 창의성 유형별로 대표적인 사례들을 나타내면 Table 3과 같다.

이 사례들을 성인의 직관적 관점에서 보면 적절치 않은 것처럼 보일 수 있다. 예를 들면, 어떤 교사는 위에 제시된 ‘독창형’의 사례들이 독창성과 과학적 타당성을 어느 정도 갖추었기 때문에 ‘창의형’에 속한다고 직관적으로 볼 수 있으나, 이 범주로 분류된 것은 창의성을 구성하는 요소별 점수의 수준에 따른 것이기 때문이다. 학생의 활동에 내재된 창의성에 대해 교사가 직관적·종합적으로 평가할 필요성은 있지만, 이 방법의 타당성에 대해서는 논란이 많다(Newton, 2010).

Table 3. Cases of students' responses by the types of quadrant of scientific creativity in C-D stage

		주제 1 : 들과 산에 사는 여러 가지 식물
창의형		· 이끼는 그늘지고 습기가 많은 곳에서 쉽게 관찰할 수 있고 꽃이 피지 않는 작은 식물이다. 이끼가 눈에 띄지 않는 곳에 있어서 꽃이 피지 않아도 살아가는데 어려움이 없을 것이다. · 이끼는 그늘지고 습기가 많은 곳에서 자라면서 다른 식물도 시들지 않도록 습기를 유지해준다.
유용형		· 우산이끼의 수그루는 펼쳐진 우산 모양이다. 벌레들에게 잡아먹힐 부분이 적을 것이다. · 이끼의 암그루에는 포자주머니가 있어서 우리 주변에서 암그루와 수그루를 구분하기 쉽다.
독창형		· 우산이끼는 번식하는 방법이 2가지이다. 1가지가 불가능할 경우, 다른 하나로 할 수 있다는 점이 좋다. · 작은 이끼지만 여러 종류가 있다는 사실이 새롭다. 이끼라 할지라도 한 종류만 있으면 지루할 것이다.
미발현형		· 숲이끼는 숲을 닳았다. · 이끼는 그늘에서 자란다.
		주제 2 : 연못이나 강가, 특수한 환경에서 사는 식물
창의형		· 갯메꽃은 나팔꽃과 비슷하게 생겼지만 모래사장에서 잘 자라기 위해 줄기와 뿌리가 기어가듯이 사방으로 퍼져 있어서 바닷가에서도 잘 자란다. · 선인장은 사막에는 물이 별로 없어서 수분(물)을 줄기에 담아놓아 더운 날씨에도 죽지 않는다.
유용형		· 갯벌은 소금 성분이 있기 때문에 갯벌에 사는 식물은 소금 성분이 있어도 살 수 있다. · 통통마디는 염생식물의 한 종류로 바닷가의 여러 영양분을 담고 있다. 먹으면 몸이 건강해지는 좋은 식물이다.
독창형		· 높은 산(고산)지대 식물들은 강한 바람에 견디기 위하여 땅 속 깊이 뿌리가 있다. 땅 속 깊이 뿌리가 박히면 강한 바람에도 잘 날아가지 않을 것이다. · 갯메꽃은 잎이 두꺼워 햇빛을 반사시켜 강한 햇빛에도 견딜 수 있다.
미발현형		· 바닷가의 식물은 잎이 크다. 소금 때문에. · 바오밥 나무는 물을 저장한다.

2. 비교 · 선택 단계에서 고려되는 과학 창의성 요소

인지적 영역의 비교 · 선택(C-E) 단계에서는 오늘의 공부에 대하여 다양화한 내용 중 ‘중요하다고 생각하는 순위’를 매긴 것으로 C-D 단계에서 학생들을 공식에 의한 과학 창의성 평가에 따라 유형화하였다. 이에 대한 유형별로 각 내용의 중요도를 평가할 때 학생들이 과학 창의성의 독창성과 유용성 요소 중 어디에 비중을 두는지를 분석하였다. 두 가지 주제에 대한 유형별 선택 기준과 그에 대한 응답 사례는 Table 4와 같다.

첫 번째 주제에 대해서, 총 20명의 학생 중 11명의 학생이 독창성보다는 “쓸모가 있어서”, “환경오염이나 생활의 문제를 해결할 수 있어서” 등의 유용성에 더 많은 비중을 두는 경향을 보였다. 창의형 학생들은 유용성을 기준으로 ‘생활의 병을 치료해줘서’라고 구체적인 쓰임을 언급하였다.

그러나, ‘연못이나 강가, 특수한 환경에 사는 식물’ 주제에 대해서는 총 20명의 학생 중 8명이 ‘들과 산, 땅에 사는 작은 식물’ 주제와는 다르게 비중을 두었고, 13명의 학생이 독창성에 더 비중을 두었다. 특히 창의형 학생의 경우, 처음에는 익숙한 생활과 삶에서 유용성의 구체적인 기준을 찾고, 점

차 독창성에 대한 기준도 고르게 생각하는 경향이 나타났다. 미발현형의 경우, 일정 기준이 없이 유용성과 독창성 요소 안에서 선택하였지만, 구체적인 이유가 나타나지 않았다. 독창형과 유용형은 주제를 달리하여 2회에 걸쳐 학습을 진행하면서 점차 학생들마다의 기준이 분명해짐을 알 수 있었다.

3. 확장 · 적용 단계에서 나타난 과학 창의성

인지적 영역의 확장 · 적용(C-F) 단계에서 오늘의 공부를 통해 ‘새롭게 알고 싶어진 것들이나 더 알아내고 싶은 것, 궁금해진 것’으로 학생들은 평균적으로 3개의 응답을 하였다. C-D 단계의 과학 창의성과 마찬가지로 학생들이 제시한 내용에 대한 평균 점수를 분석에 사용하였다.

각 주제별 독창성, 유용성, 과학 창의성 점수를 비교 · 분석한 결과는 Table 5와 같다.

앞서 나타난 인지적 영역의 다양화(C-D) 단계의 과학 창의성과 비교해보면, 독창성 요소에서의 점수가 더 낮아 과학 창의성 점수가 더 낮은 것을 알 수 있다. 이는 학생들이 알고 있는 것을 새로운 상황에 적절히 적용하거나 확장하는 것에 익숙치 못함을 시사한다. 그러므로, 이러한 측면에서의 교수 학습 노력이 필요하다.

Table 4. Criteria for evaluation of the meanings constructed by the students

주제	비교 기준에 대한 학생 응답 사례*	
산과 들, 땅에 사는 작은 식물	창의형(40%)	· 약용식물은 생활의 병을 치료해줘서 (U) · 여러 식물에 대해 착각하는 사람들에게 오해를 풀어준다. (O) · 알고 있으면 많은데 쓸 수 있다. (U)
	유용형(20%)	· 산이나 이끼가 많은 곳은 내 주변에 있어서 나에게 쓸모가 있다. (U)
	독창형(5%)	· 공부를 통해 새롭게 알았기 때문이다. (O)
연못이나 강가, 특수한 환경에 사는 식물	미발현형(35%)	· 생활에 필요해서 (U) · 환경오염을 막을 수 있어서 (U)
	창의형(45%)	· 새로운 곳에 갔을 때 쓸 수 있는 사실을 알게 되었다. (U) · 몰랐던 사실을 알게 되어서 (O) · 사는 곳이 달라지면 특징이 달라지기 때문에 우리 주변과 달라 새롭다. (O)
	유용형(10%)	· 수명이 긴 나무가 있다는 것이 신기해서 (O) · 만병통치약의 재료로 쓸 수 있어서 (U)
미발현형(30%)	독창형(20%)	· 통통마디로 건강을 되찾을 수 있어서 (U) · 줄기에 필요한 물을 저장해두는 것이 신기하다. (O)
		· 바닷가의 환경에 적응해서 살려면 그렇게 변해야할 것 같아서 (U) · 소중한 물을 저장해둔다면 좋겠다. (U)

*: O는 독창성에 더 비중을 두는 경우이고 U는 유용성에 더 비중을 두는 경우임.

Table 5. Comparisons of the scores of originality, usefulness, and scientific creativity by topics in C-F stage

주제	독창성		유용성		과학 창의성	
	M(SD)	t(p)	M(SD)	t(p)	M(SD)	t(p)
산과 들, 땅에 사는 작은 식물	7.5(0.67)	0.042(.982)	5.8(0.77)	1.157(.062)	44.1(3.96)	4.279(.042)
연못이나 강가, 특수한 환경에 사는 식물	7.5(1.33)		6.3(0.75)		47.2(4.84)	
평균	7.5(1.00)		6.1(0.76)		45.6(4.40)	

Table 6. Distribution pattern of the scores of scientific creativity in C-D stage N(%)

			유용성		$\chi^2(p)$
			하위	상위	
산과 들, 땅에 사는 작은 식물	독창성	상위	5(25.0)	5(25.0)	0.833(.325)
		하위	7(35.0)	3(15.0)	
연못이나 강가, 특수한 환경에 사는 식물	독창성	상위	5(25.0)	5(25.0)	0.000(.672)
		하위	5(25.0)	5(25.0)	

두 가지 주제에 대한 확장·적용 활동에서 나타난 창의성을 두 가지 핵심 요소인 독창성과 유용성의 점수 수준에 따라 각각 상위과 하위로 나누어 4 분면으로 나타내면 Table 6과 같다.

Table 6에서 알 수 있는 바와 같이, 두 주제 모두에서 C-D 단계 활동과는 달리 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이 단계의 활동에서는 학생들이 독창성이나 유용성 중 특별히 어느 한 요소에 특별히 더 비중을 두지 않음을 의미한다. 이 결과와 관련하여 학생들에게 자기가 알고 있는 것을 ‘새롭고 유용하게 확장하거나 적용할 수 있는 방안’을 생각해 보게 안내할 필요가 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 뇌기반 진화적 접근법을 정규 교육과정에 적용하기 위하여 인지적 영역의 진화적 요소를 중심으로(C-DEF) 초등학교 과학 4학년 2학기 생명 영역 ‘식물의 세계’ 단원에 적용하였을 때, 학생들의 과학 창의성에 대한 양상을 분석한 결과, 다음과 같은 결론과 제언을 할 수 있다.

활동 결과에 내재된 의미를 다양하게 탐색하는 단계(C-D)에서는 학습 주제에 따라 과학 창의성이 다르게 나타났는데, 독창성 요소보다는 유용성 요소 측면에서 더 많은 차이를 보였다. 다양하게 탐색한 의미들을 비교·평가하는 단계(C-E)에서는 독창성보다는 유용성에 더 많은 비중을 두었다. 알아

낸 것을 확장·적용하는 단계(C-F)에서는 다양화 단계보다 과학 창의성 점수가 더 낮았다. 과학 창의성 사분면에 따라 학생들의 창의적인 응답 내용을 유형화하는 방식으로 실제 과학 수업 속에서 창의적인 사고를 유형화함으로써 학생들의 창의성 특성을 더 자세히 파악할 수 있었다.

본 연구는 학교 현장과 과학 교육 연구에 몇 가지 중요한 시사점들을 제공한다. 본 연구에서 밝혀진 바와 같이, 학습이나 활동 주제에 따른 과학 창의성의 차이가 학생들의 내재적 호기심이나 흥미에 기인하는지 교수학습 상황과 같은 외재적 요인에 기인하는지를 규명하는 연구, 과학주제관련 창의성이 발현되는 메커니즘에 관한 연구, 인지적 영역뿐만 아니라, 정의적, 행동적 영역 영역에서의 과학 창의성 발현에 관한 심층적인 연구가 필요하다. 본 연구에서는 과학 창의성 점수를 평균으로 계산하여 분석하였는데, 한 항목에 대해 창의성이 낮은 수준에서부터 높은 수준에 이르기까지 넓은 범위에 걸쳐 다수의 의미나 아이디어를 제시한 학생과 소수의 의미나 아이디어를 제시한 학생도 있다. 이것은 창의성에서 유창성과 관련된 문제로써 과학 창의성에서 이 요소에 어떤 가치를 얼마나 둘 것인가에 대한 심층적 논의가 필요하다. 모든 평가는 기본적으로 타당하고 신뢰롭게 평가되어야 한다. 그러나 교육적 목적상 학생 스스로 자신의 과학 창의성을 평가하거나 교사의 전문적 주관성에 따라 평가해야 할 상황이 있으므로 과학 창의성의 평가

주체에 따라 어떤 공통점과 차이점이 있는가를 규명할 필요가 있다.

참고문헌

- 교육과학기술부 (2011). 과학과 교육과정. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9].
- 김지은, 임채성, 김성하, 홍준의 (2015). 정의적 영역 중심의 뇌기반 진화적 접근에 따른 ‘생물과 환경’ 단원에 대한 초등학생들의 활동 분석. *생물교육*, 43(4), 464-472.
- 옥찬미, 임채성, 김재영, 김성하, 홍준의 (2016). 인지적 영역 중심의 뇌기반 진화적 접근법에 따른 초등학생들의 ‘식물의 세계’ 학습 활동 분석. *생물교육*, 44(3), 572-581.
- 임채성 (2009). 뇌기반 진화적 과학 교수학습 모형의 개발. *한국과학교육학회지*, 29(8), 990-1010.
- 임채성 (2012). 뇌기반 진화적 접근법에 따른 창의적 과학 문제해결 지도 모형 개발. *생물교육*, 40(4), 429-452.
- 임채성 (2014). 과학 창의성 평가 공식의 개발과 적용. *초등과학교육연구*, 33(2), 242-258.
- 임채성 (2015). 초등과학창의성의 정의 · 실제 · 평가. 한국초등과학교육학회 제69차 하계학술대회: 창의적인 초등 교사를 위한 과학교육(기조강연 A).
- 최인수 (2011). 창의성의 발견. 서울: 쌤앤파커스.
- 최효선, 임채성, 김성하, 홍준의 (2016). 행동적 영역 중심의 뇌기반 진화적 접근에 따른 ‘식물의 뿌리 기능 알아보기’에 대한 초등학생들의 활동 분석. *생물교육*, 44(1), 167-178.
- Alexander, P. A. (1992) Domain knowledge: Evolving themes and emerging concerns. *Educational Psychology*, 27, 33-51.
- Amabile, T. M. (1987) The motivation to be creative. In S. G. Isaken (ed.) *Frontiers of creativity research: beyond the basics* (Buffalo, NY: Bearly) pp. 223-254.
- Baer, J. (1993). Creativity and divergent thinking: A task-specific approach. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Baer, J. (1998). The case for domain specificity in creativity. *Creativity Research Journal*, 11, 173-177.
- Batey, M. (2012): The measurement of creativity: From definitional consensus to the introduction of a new heuristic framework. *Creativity Research Journal*, 24(1), 55-65.
- Boden, M. A. (1996). What is creativity? In M. A. Boden (Ed.) *Dimensions of creativity*. Cambridge, Massachusetts, Massachusetts Institute of Technology. pp. 75-117.
- Clark, R. L., Clough, M. P. & Berg, C. A. (2000). Modifying cookbook labs to mentally engage students. *The Science Teacher*, 67(7), 40-43.
- DasGupta, S. (1994). Creativity in invention and design - Computational and cognitive explorations of technological originality. Cambridge University Press.
- Findlay, C. S. & Lumsden, C. J. (1988) The creative mind: Toward an evolutionary theory of discovery and innovation. *Journal of Social and Biological Structures*, 11, 3-55.
- Gardner, H. (1993). *Creating minds*. New York: Basic Books.
- Glück, J., Ernst, R. & Unger, F. (2002) How creatives define creativity: Definitions reflect different types of creativity. *Creativity Research Journal*, 14(1), 55-67.
- Kaufman, J. C. & Baer, J. (Eds.). (2006). *Creativity and reason in cognitive development*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kaufman, J. C. & Beghetto, R. A. (2009). Beyond big and little: The four c model of creativity. *Review of General Psychology*, 13(1), 1-12.
- Kaufman, J. C. & Beghetto, R. A. (2013). Do people recognize the four Cs? Examining layperson conceptions of creativity. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 7(3), 229-236.
- Kaufman, J. C., & Baer, J. (2004). Sure, I'm creative - But not in mathematics! Self-reported creativity in diverse domains. *Empirical Studies of the Arts*, 22, 143-155.
- Mayr, E. (1997). *This is biology: The science of the living world*. Universities Press.
- Mumford, M. D., Mobley, M. I., Uhlman, C. E., Reiter-Palmon, R. & Doares, L. M. (1991) Process analytic of creative capacities. *Creativity Research Journal*, 4, 91-122.
- Newton, D. P. (2010). Assessing the creativity of scientific explanations in elementary science: An insider-outsider view of intuitive assessment in the hypothesis space. *Research in Science & Technological Education*, 28(3), 187-201.
- Peters, E. (2005). Reforming cookbook labs. *Science Scope*, 29(3), 16-21.
- Plucker, J. A., Beghetto, R. A. & Dow, G. (2004). Why isn't creativity more important to educational psychologists? Potential, pitfalls, and future directions in creativity research. *Educational Psychologist*, 39, 83-96.
- Richards, R. (1993) Everyday creativity, eminent creativity and psychopathology. *Psychological Inquiry*, 4(3), 212-217.

Sternberg, R. J. (1998, Ed.). Handbook of human creativity.
Cambridge: Cambridge University Press.

Sternberg, R. J., Grigorenko, E. L. & Singer, J. L. (Eds.)
(2004). Creativity: From potential to realization. Washington,

DC: APA.

Weisberg, R. W. (1992). Creativity: Beyond the myth of
genius. New York: Freeman.