

초등 과학영재학생들의 ‘살아있는 것’에 대한 존재론적 이해 분석

김 동 렬
(대구교육대학교)

An Analysis of Science-gifted Elementary School Students’ Ontological Understanding of ‘Living Things’

Kim, Dong-Ryeul
(Daegu National University of Education)

ABSTRACT

This study aims to analyze science-gifted elementary students’ understanding of ‘Living Things’ with ontological domains. As research subjects, this study selected 80 science-gifted students who belonged to Education Institute for Science-gifted Elementary Students at University of Education, and this study came to the following conclusions. Firstly, the gifted students thought of animals as living things most, out of which humans accounted for the highest rate. They were also found to evaluate the importance of living things depending on benefits and harms to humans. Secondly, when judging 4 domains of living things, animals, plants, static inanimate objects and dynamic inanimate objects, the gifted students did not have difficulty judging animals, plants and static inanimate objects, but 4 of them judged the moon, a dynamic inanimate object, as a living thing. In the aspect of reaction time, they spent more time judging plants than animals. This study classified their standards of judgement on living things into ontological categories. As a result, it was found that 31 and 33 out of them had standards of judgement corresponding to the category of matter and the category of process respectively, and only 16 of them had standards of judgement corresponding to the category of mental states. Thirdly, how to make a waterwheel and images of euglena and paramecium were shown to 10 of the gifted students who suggested simple movements as characteristics of living things. As a result, 7 of them changed their standards of judgement from the category of matter to the category of process, while 3 of them changed from the category of matter to the category of mental states.

Key words : science-gifted elementary students’, living things, ontological

I. 서 론

학생들은 대부분의 과학 영역에서 다양한 직관적 인식을 표현하고 있음을 많은 연구를 통해 입증되었다(Duit, 2007). 직관적 인식은 종종 안정적이고 확고하며 교육을 받아도 잘 고쳐지지 않는다(Hellden & Solomon, 2004). 또한 과학 개념을 채택한 후에도

직관적인 인식들은 계속해서 학생들의 추론에 영향을 끼친다. 과학교육에 있어서 학생들의 직관적 개념의 수준과 이에 대해 교사가 어떻게 하고 있는가를 판단하는 좋은 방법은 기초개념들에 대한 학생들의 이해를 연구하는 것이다(Yorek *et al.*, 2009). 특히, 대상의 움직임 속성에 기반을 둔 생물들에 대한 직관적인 인식들은 청소년기로 지속되고 대상

본 연구는 2014학년도 대구교육대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

2015.1.27(접수), 2015.2.12(1심통과), 2015.3.2(2심통과), 2015.3.11(최종통과)

E-mail: ahabio@hanmail.net(김동렬)

을 생물과 무생물로 분류하는데 영향을 준다(Babai *et al.*, 2010). 생물들에 대한 학생들의 인식은 Piaget (1979)의 연구를 필두로 이후 수십 년 동안 광범위하게 조사되어 왔다. 생물교과과정에서 제일 먼저 논의되는 주제 중 하나는 생물들의 특징이다. 이 주제는 많은 입문 생물교과서들의 첫 장에서 다루어지며(Brooker *et al.*, 2008; Campbell & Reece, 2008; Russell *et al.*, 2008), 생물 즉 '살아있는 것'에 대한 개념은 생물학의 기본 개념으로서 뿐만 아니라 주변 환경에 대한 이해의 대상 및 철학적 사유의 대상으로 매우 중요하다(Kim & Park, 2009).

Carey(1985)는 대부분의 10세 아동들은 식물이 생물임을 믿지 않으며, 태양과 같은 무생물 대상에 생명이 있다고 여긴다는 것을 발견하였다. Hatano *et al.*(1993) 또한 아동들은 움직이지 않는 대상들을 무생물 범주로 분류하거나 대다수가 식물들이 살아있다고 판단하는데 어려움을 겪고 있다고 보고하였다. Waxman(2005)의 연구에서는 아동들은 자율적으로 움직이는 달과 같은 무생물들을 생물로 잘못 간주하였다. Tamir *et al.*(1981)은 중학생들은 움직임을 생물들의 주요한 특징으로 계속해서 간주하고 있음을 발견했다. 예를 들면 중학생들은 애벌레(유충)가 번데기로 변하고 그 다음 나비로 변한다고 생각하지만 번데기를 죽은 것으로 간주했다. 이 같은 발견들은 생물들에 대한 직관적 인식들이 적어도 부분적으로는 대상의 움직임이라는 특징에 기반을 두고 있음을 시사해준다. 국내 연구를 살펴보면, Chung and Cha(1992)은 중·고등학교 학생들은 식물의 배인 씨와 동물의 배인 알을 무생물로 인식하는 경향이 있다고 보았으며, Lee *et al.*(1995)은 물활론적인 사고가 유치원 아동들에게 발달되어 초등학교까지 학년에 높아짐에도 불구하고 쉽게 사라지지 않았다고 하였다. Kang(2008)은 유아교사를 조차도 시냇물, 구름, 고드름과 같은 자연물이 변화를 나타내는 특성을 보여주는 것들에 대해서 무생물이 아니며 감정을 나타내는 생물이라고 생각하는 경향이 있다고 하였다.

한편, 생물과 무생물 사이의 존재론적 구분은 아동의 생물학에 대한 이론발달에 있어 매우 핵심적이며 모든 생물학적 사고에 있어 필수적이다(Siegal & Peterson, 1999; Slaughter *et al.*, 1999). 아동이 생물에 대한 존재론적 개념을 이해하기 시작하면서 관련 개념과 생각, 예를 들면 동물과 식물이 번식

을 하고 죽음을 맞으며 영양소를 필요로 한다는 등의 생각 사이의 연결성이 점차 생성된다.

Chi *et al.*(1994)은 존재론적 특징을 살았는가(생물), 죽었는가(무생물), 추상적인 사고인가, 과정인가와 같이 어떤 개념의 가장 본질적인 특성에 적용되는 것으로 정의하였다. 그리고 모든 개념들 간의 존재론적 차이는 누구나 인식할 수 있으며 특징을 이해하는데 추론의 근거로 사용된다고 설명하였다. Chinn and Brewer(1993)는 존재론적 신념은 학생들의 사전 신념이 갖는 중요한 특성으로, 이례적인 정보에 대한 개인의 반응양식에 영향을 미친다고 주장하였다.

Chi *et al.*(1994)은 이 세계의 모든 존재들은 물질(matter), 과정(process) 그리고 정신상태(mental state)와 같이 서로 다른 존재론적 범주에 속한다고 하였다. 그러나 학습자가 과정범주가 아닌 물질 범주로만 사고한다면 그와 관련된 과정적 속성을 이해하지 못하게 되고 학습을 수행한다고 하더라도 개념의 바른 이해가 어렵게 된다고 보았다(Kwon, 2007). 학생들이 올바른 과학개념을 형성하기 위해서는 때때로 대상에 대한 물질 범주에서 과정 범주나 정신상태 범주로 전환시켜야 할 필요가 있다는 것을 의미한다. 어떤 분야의 대안 개념은 그것이 잘못된 범주에 포함되었기 때문에 발생한다고 볼 수 있다. 존재론적 범주는 일련의 존재론적 속성들로 특징 지워지고, 그 구성원들의 존재론적 특징들을 반영하는 언어적인 술어들로 확인된다(Slotta *et al.*, 1995). 그리고 학생들의 개념에 대한 범주 배정은 다른 학습에도 영향을 미치므로(Kurziel & Libarkin, 2002), 학생들이 물질 범주로만 사고한다면 그와 관련된 후속 학습에서 개념의 바른 이해가 어렵게 된다. Venville and Treagust(1998) 또한 학습자들이 과학적 사고와는 다른 존재론적 영역에 관련된 개념들을 배정하고 있을 경우에 적절한 학습을 위해서는 학습자들의 인지 구조 내에서 존재론적 변화가 선행되어 일어나야만 한다고 주장하였다.

Chi *et al.*(1994)은 가장 큰 존재론적 변화를 나무 바꾸기(tree swapping)라고 불렀는데 이는 대규모의 혁명적인 과정으로, 존재의 위치 상태가 하나의 주요 존재론적 나무에서 다른 존재론적 나무(예: 물질에서 과정 범주)로 전환된다고 보았고, 이보다 작은 변화를 한 존재론적 나무 내에서의 나뭇가지 건너기(branch jumping)라고 불렀다(예: 물질 범주내

에서의 변화). 이를 통해 학습자들이 한 개념이 속해 있는 존재론적 영역으로부터 변화됨으로써 개념적 이해를 향상시키는 기회를 가질 수 있고, 잘못된 개념영역에서 과학적 개념을 포함하는 존재론적 영역으로의 변화가 일어날 수 있다고 보았다.

한편, 최근 과학영재교육이 급속히 확산되어 초등학생들을 대상으로 하는 영재교육이 활발히 진행되고 있다. 과학영재들은 일반 학생들에 비해 과학 지식을 이해하는 능력이 높고, 과학 탐구 능력이 높으며 과학 창의성이 높다(Ahn *et al.*, 2010; Lee, 2011; Cho & Paik, 2006). 그러나 과학영재들에게 과학영역의 기본 개념 수준의 분석은 영재교육에 있어 선행되어야 할 조건이다. 특히, 생물영역의 학습을 진행하는데 있어 가장 먼저 다루어지는 생물의 특성에 대한 학습이 제대로 이루어지기 위해서는 먼저 학생들의 살아 있는 것 즉, 생물과 무생물을 구별할 수 있는 능력을 정확히 파악하는 것이 선행되어야 한다. 따라서 생명영역의 가장 기본이라고 할 수 있는 생물 현상의 개념 이해 조사를 통해 초등 과학영재학생들의 ‘살아있는 것’에 대한 인식을 알아보는 것은 생명영역의 입문적인 영재프로그램 개발에 중요한 시사점을 제공해 줄 수 있을 것이다.

이에 본 연구의 목적을 초등 과학영재학생들의 ‘살아 있는 것’에 대한 존재론적 이해를 분석하는데에 두었다.

본 연구의 목적 하에 설정된 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 초등 과학영재학생들이 생각하는 ‘살아 있는 것’은 무엇인가?
- 2) 4가지 유형(동물-살아 있고 움직이고 있음, 식물-살아있고 움직이지 않음, 정적인 무생물-살아있지 않고 움직이지 않음, 동적인 무생물-살아있지 않고 움직이고 있음)에 따른 살아 있는 것의 판단 기준과 반응시간은 어떠한가?
- 3) 물바람개비 만들기 활동을 통해 ‘살아있는 것’에 대한 생각이 어떻게 달라지는가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 광역시 소재 교육대학교 초등 과학영재 교육원 프로그램에 연구자가 3년 동안 참여하여 지도한 학생들 중 본 연구의 검사지에 성실하게 응답한 80명을 대상으로 하였다. 이들은 교사관찰 추천서와

영재창의성 검사를 통해 1차 선발과정을 거치고 2차 창의인성면접을 통해 선발된 과학영재학생들이다.

2. 검사 도구 및 분석 방법

초등 과학영재학생들의 살아있는 것에 대한 이해를 파악하기 위해 초중고 생물 교육 과정과 생명 영역 교과서 내용을 분석하여 살아있는 것에 대한 3단계로 구성된 검사지를 개발했다. 검사지 내용은 Table 1과 같다.

1단계에서는 초등 과학영재학생들이 생각하는 살아있는 것의 종류에 대해 알아보려 하였다. 살아있는 것 하면 떠오르는 10가지를 적게 하고 그 중에서 가장 중요하다고 생각되는 것을 하나 선정하여 선정한 이유를 적도록 하였다. 이를 통해 살아있는 것을 종류별로 분류하고 빈도 분석하여 어떤 부류를 가장 많이 살아 있는 것으로 생각하는지 알아보았다. 또한 열거한 10가지 살아 있는 것 중에서 중요성의 기준을 살펴보고 살아있는 것에 대한 개념의 판단기준에 대한 인지구성을 파악하는데 중요한 단서로 삼고자 하였다(Yorek *et al.*, 2009).

첫 질문에 대한 학생 답변들은 별도의 검사지 배부를 통해 수집했고 이 시간 동안에 학생들은 다른 질문에서 언급된 생물들의 이름을 보는 것은 금지되었다. 1단계는 8분 동안 답하도록 하였다.

2단계는 Babai *et al.*(2010)이 제안한 네 가지 상이한 하위범주(1) 동물-살아 있고 움직이고 있음, 2) 식물- 살아있고 움직이지 않음, 3) 정적인 무생물-살아있지 않고 움직이지 않음, 4) 동적인 무생물-살아있지 않고 움직이고 있음)에 속하는 것 중에서 살아있는 것과 살아있지 않은 것에 대한 분류의 정확성, 판단기준과 반응시간을 비교했다.

살아있는 것 범주에는 동물과 식물로 구성된 2개의 하위 범주가 포함되었다. 동물들은 포유류, 조류, 어류, 파충류, 곤충류인 5개의 계통집단들로 이루어졌고 식물은 나무와 꽃인 2개의 부류로 구성되어 있다. 또한 무생물 범주에는 움직이지 않는 정적인 대상과 동적인 대상으로 구성된 2개의 집단이 포함되었다.

복잡한 인지과정들을 측정하기 위해 최근 수십 년간 실험 심리학과 신경심리학 연구에서 광범위하게 사용된 반응시간 기법을 적용했다. 반응시간 기법은 자극(예, 시각, 청각)의 제공과 반응의 실행 사이의 시간 차이를 측정한다(Babai *et al.*, 2010). 이

Table 1. Contents of tests

Stage	Contents	Test type
Stage 1	1. Write 10 living things you come up with most of all. 2. When you rank these 10 living things by importance, which one comes first (in the first place)? What makes you decide it?	Descriptive type
Stage 2	3. Are the following examples ‘living things’ or ‘non-living things’? Please tick the appropriate box and record your ticking time each. (seconds) Animals - Living and moving (mantises, goldfish, elephants, eagles and snakes) Plants - Alive but no moving (pine trees, apple trees, roses, dandelions and cherry trees) Static inanimate objects - Not living and moving (desks, books, shoes, mirrors and hamburgers) Dynamic inanimate objects - Not living but moving (robots, cars, motorbikes, ventilators and the moon) 4. Please describe the meaning of ‘living’ by drawing a picture.	Descriptive type
Stage 3	5. Making of a waterwheel 1) Is a waterwheel a living thing or a non-living thing? What makes you think so? 2) What do you think are the characteristics of living things after watching these video clips about euglena and paramecium? Are euglena and paramecium living? What makes you think so? 3) Please write any opinions you’ve changed about living things after seeing these video clips.	Interview & descriptive type

것은 자극과 반응사이에 일어나는 신경처리 과정의 양을 표시해 주며 관찰된 반응시간의 길이는 그 문제를 해결하는데 관련된 추론의 복잡성을 나타내준다. 반응시간이 길면 길수록 추론 과정이 더 복잡함을 의미하는 것이다(Brebner & Welford, 1980). 즉, 반응시간이 더 빠르다면 인지부하가 상대적으로 낮은 것으로 판단할 수 있고, 반응시간이 느려진다면 상대적으로 더 많은 인지부하가 적용되고 있는 것이라고 볼 수 있다(Ryu, 2010). 반응시간은 각 영재학생별 스톱워치를 놓고 각 범주별로 답변이 완료될 때마다 자기의 시간을 적도록 하였다. 정확한 반응시간을 측정하기 위하여 각 모듈마다 관찰 교사 2명이 상주하여 반응시간을 기록하고 학생이 기록한 것과 비교하여 최종시간을 확정하였다. 반응시간의 측정단위는 초(second)이다. 반응시간에 대한 분석은 전체범주(생물, 무생물)에서 혹은 전체 테스트에서 대상을 정확히 분류한 참가자들만 포함시켰으며, 하위범주에 대한 전체 평균값을 계산했다. 또한 4가지 범주별 생물학적 의미에서 어떤 것이 살아 있는 지 판단한 기준을 제시하도록 하였다.

2단계에서는 또한 ‘살아있는 것’에 대한 의미를 그림으로 표현하도록 하였다. 학생들의 인식을 조사하는 방법 중의 하나인 그리기(drawing)는 설문이나 면담 등의 언어적인 요소로는 측정할 수 없는 내적 이미지를 확인할 수 있다(Park et al., 2012). 2단계의 총소요시간은 연습을 포함해 약 20분간 진행되었다.

3단계에서는 1, 2단계의 개념에 대한 인지갈등을

유발할 수 있는 활동을 제시하여 새로운 개념을 이해할 수 있도록 구성하였다.

3단계는 2단계에서 단순히 움직이는 것을 살아있는 특징으로 파악한 영재학생 10명을 대상으로 별도의 시간에 실험실에서 두 활동을 하도록 하고 ‘살아있는 것’에 대해 다시 생각하도록 하였다.

생물에 대한 학습은 대규모의 개념적 구조조정에 필요한 근본적인 개념상의 변화를 필요로 한다(Carey, 1985). 학생들이 생물에 대한 비전문적인 이해에 불만족을 느끼고 생물학적 이론을 수용하도록 돕기 위한 개념상의 변화 전략을 교수법에 강조해야 할 필요가 있다(Venville, 2004). 이와 관련하여 Posner et al.(1982)은 개념 변화 교수, 학습 및 연구에 있어 가장 영향력이 있는 체계는 개념변화이론으로, 학습자들의 개념 변화를 위해서는 불만족스러운 상태(unsatisfactory)를 유도하고, 이해 가능한 상태(intelligible), 타당한 상태(plausible) 그리고 유용한 상태(fruitful)가 되도록 해야 한다고 하였다. 또한 Hewson(1996)은 개념 변화가 일어나기 위해서는 하나의 주제에 대한 자신의 관점을 다른 학생들에게 드러내도록 하여야 하며, 만약 학습자가 새로운 개념이 기존의 개념과 같음을 일으킨다면 학습자는 새로운 개념을 받아들일 수 있다고 하였다.

이러한 개념변화 측면과 관련하여, 대체 활동은 Mickle and Aune(2011)가 제시한 활동을 활용하였다. 이 활동은 거름종이에 물바람개비 모양을, 그리고 가위로 오려 물바람개비 3개의 날개의 한쪽 부분에 수정액으로 칠한 후 물이 담긴 접시에 올려놓

고 알콜을 떨어트려 보는 활동이다. 물 표면에 놓으면 알콜올에 적신 물바람개비는 몇 초 동안 물 표면 위에 빠르게 회전하는 것을 볼 수 있다. 그런 다음 스스로 움직이는 유글레나와 짚신벌레에 관한 짧은 동영상을 보여 주었다. 20분에서 30분 안에 이 활동을 한 후에 학생들에게 살아있는 것에 대한 생각의 변화를 알아보는 질문을 하였다. 생각의 변화 확인은 면담을 통해 1차적으로 확인 후 면담 시 답변한 내용을 활동지에 작성하도록 하였다. 초등 과학영재학생들이 작성한 활동지를 통해 얻을 수 없는 일부 정보는 면담 내용 분석을 통해 추가로 얻었다.

2단계와 3단계의 살아있는 것에 대한 초등 과학영재학생의 응답들은 Chi *et al.*(1994)이 제시한 존재론적 범주에 따라 분석하였다.

존재론적 범주화 이론에서 각 범주는 어떤 존재론적 속성이라는 측면에서 차별성을 가진다. Chi *et al.*(1994)이 제시한 가장 익숙한 존재론적 범주(ontological category)는 물질(matter)이다. 물질은 우리가 잡고, 보고, 만지고 물리적으로 상호작용할 수 있는 것들로 구성된다. 학습자들은 이러한 독립체들과 상호작용할 수 있기 때문에, 물질은 가장 개념화하기 쉬운 범주이다(Johnston & Southerland, 2000). 물질 범주는 부사적 어구들로 설명할 수 있다(예를 들어 고양이는 털로 뒤덮여(fluffy) 있다). 물질 범주는 존재물로서 인간 본연의 존재론적 속성들, 즉 ‘어떤 모양이 있는’, ‘부피와 질량을 가지는’, ‘색깔이 있는’ 등과 같은 속성들을 지니고 있는 것이어야 한다.

과정 범주(process)는 물질이 지니는 고유한 존재

Table 2. Standards of judgement on ‘living things’ in ontological domains

Category	Matter	Process	Mental states
Sub-categories	<ul style="list-style-type: none"> • Natural kinds - Describing things as they are in a natural state. Ex) It is covered with fur. The car is green. • Artificial kinds - Appearances with an artificial power applied. Ex) It is fixed. It is damaged. It may be broken. 	<ul style="list-style-type: none"> • Procedure: Things sequentially performed in order • Event: Things deliberate take place because of a certain cause. An event has a beginning and an end. They are understood to have certain casual orders to arrive at the completion of working, questioning, answering, writing, thinking, driving a car and eating • Equilibration: It is an ongoing process, and there is no specific goal or end point here. Equilibration has no end point or certain event or order of events that can be predicted. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emotion: Pleasure and fear • Intention: Desire, necessity and appetite
Standards of judgement	<ul style="list-style-type: none"> • The concept of ontological adjectives • They indicate ontological attributes of human beings, which are used to describe objects as if they were humans. They include ‘storable’, ‘having volume and mass’, ‘having colors’, ‘heavy’, ‘large’, ‘fragile’ and ‘containable’ • There is no confirmation of creating or preserving organisms. • Things physically interacting with each other • They can be explained with adverbial words and phrases that can be applied to objects in the category of matter. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ontological attributes that matters distinctly possess contain such contents as ‘taking place by the time elapsed’ and ‘attributing as consequences’. • It is the concept of doing something. • A series of clear attributes are reflected, such as ‘Taking place for a long time / at long intervals’ and ‘bringing about certain results’. 	<ul style="list-style-type: none"> • Such as dreams, thoughts, emotions, and desires • ‘It is true’, and ‘there is truth and falsehood.’
Standards of judgement on ‘living things’	Composed of cells, simple movements, self-movements and external features	In process-oriented aspects of metabolism, generation and growth, homeostasis (excretion), adaptation and evolution, reproduction and heredity, and stimulation and reaction	Showing a desire by expressing emotions, avoiding a scary place, looking for something necessary, telling truth from falsehood, making a decision through thoughts and expressing beauty

론적 속성들이 ‘시간이 경과하며 일어나는’, ‘결과로서 귀착되는’ 등의 내용을 포함한다. 즉, 과정 범주는 물질의 존재론적 속성들이 시간이 경과되며 일어나거나, 어떤 결과로서 귀착되는 등의 의미를 내포해야 한다. 과정 범주는 ‘~인’ 개념이 아닌 ‘~를 하는’ 개념이다(Johnston & Southerland, 2000).

정신적 상태(mental state)는 기쁨, 두려움 등의 감정과 욕구, 필요 등과 같은 계획성, 또는 사고로 범주를 구분된다. 마음속에서 존재할 수 있는 유형의 독립체이지만, 물리적으로는 표현이 되지 않는 꿈, 사고, 감정, 욕구와 같은 것들은 모두 정신 상태 범주에 해당된다.

이러한 각각의 주요 세 존재론적 범주 하에는 추가적인 하위 범주들이 있다. 물질은 자연 및 인공 범주로 나뉠 수 있다. 과정 범주는 절차, 사건, 평형으로 나뉠 수 있으며 정신상태는 감정과 계획적 상태로 나뉠 수 있다.

Chi *et al.*(1994)이 제시한 3가지 범주에 따라 ‘살아있는 것’에 대한 판단기준을 정리한 것은 Table 2와 같다.

Raven *et al.*(2005), Campbell and Reece(2008), Mickle and Aune(2011), Allen(2010) 등이 제시한 생물들이 가지고 있는 공통된 특징을 분석하여 물질, 과정, 정신상태 존재론적 범주에 대한 ‘살아있는 것’의 판단기준을 분류하였고 이 분류에 따라 영재학생들의 존재론적 이해를 분석하고자 하였다.

1, 2, 3단계의 검사의 결과는 학생들의 응답을 과학교육 전문가 1인과 과학영재교사 1인의 도움을 받아 분석되었는데 각자 영재학생 모두의 답을 검토한 후 서로 분석 결과를 상호 비교하여 100%의 견일치를 보이는 자료만 최종 분석결과로 정리하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 초등 과학영재학생들이 생각하는 ‘살아있는 것’들의 분석 결과

초등 과학영재학생들이 마음속에 떠오르는 데로 연상한 10가지의 살아 있는 것 중 빈도가 2회 이상인 것에 대해 정리한 결과는 Table 3과 같다.

가장 많이 언급한 것은 ‘인간’이었고, 그 뒤를 이어 ‘강아지’, ‘고양이’, ‘호랑이’ 순으로 나타났으며, 동물, 식물, 무생물들의 비율은 각각 72%, 22%, 2%이었다.

Table 3. Results of analyzing ‘living things’ science-gifted elementary students think of

	Element	Frequency
Animals	Human	55
	Puppy (dog)	33
	Cat	27
	Tiger	24
	Lion	20
	Frog	16
	Fish	15
	Ant	14
	Giraffe	14
	Monkey	14
	Cow	14
	Snake	12
	Butterfly	10
	Elephant	10
	Insect	8
	Pig	8
	Rabbit	8
	Hamster	8
	Eagle	7
	Turtle	5
Earthworm	5	
Spider	4	
Wolf	4	
Whale	3	
Bear	3	
Goldfish	3	
	Total	344
Plants	Tree	22
	Pine tree	15
	Flower	12
	Weed	10
	Dandelion	8
	Apple tree	8
	Rose	7
	Zelkova tree	4
	Azalea	4
	Moss	4
	Sunflower	3
	Foxtail	3
	Duckweed	2
	Forsythia	2
	Total	104
The others	Microorganism	14
	Mushroom	5
	Total	19
Inanimate objects	Earth	3
	Sun	3
	Universe	3
	Total	9

일부 영재학생들이 언급한 것들 중에는 동물에 비해 식물의 비율이 훨씬 낮았다. 이와 관련하여 Wandersee and Schussler(1999)는 식물들을 단지 동물들의 배경으로 여긴다거나, 주변 환경에서 식물들을 주목하지 못한 원인으로 보았다. 즉, 일부 영재학생들은 식물들이 대기과 인간 생활에 갖는 중요성을 인식 못하고 식물계에서 그들의 특별한 미적, 생물학적 특징들을 알아보지 못한 결과로 볼 수 있다. 이런 인식이 계속될 경우 식물들에 대해 인간 중심의 왜곡된 판단을 하게 되고 동물에 비해 열등하고 인간에게는 무가치하다는 것과 같은 잘못된 결론에 이르게 된다(Yorek *et al.*, 2009).

동물들에 대한 영재학생들의 인식은 주로 포유류에 국한되는 경향이 있었다. Yen *et al.*(2007)의 연구에서 대만의 학생들이 동물이라는 용어를 주로 평소 관찰하기 쉽고 친숙한 척추동물로 연관 지으면서 동물에 대한 과학적 개념을 세운다는 결과와, Lindermann-Matthies(2005)이 아동들이 자신의 지역 환경에서 발견되는 야생동물들의 이름을 더 잘 알고 더욱더 그것들의 가치를 알게 된다는 연구와 유사한 경향으로 볼 수 있다. 이러한 결과는 자연 환경에서 아동들이 동물들과 식물들의 친숙과 경험이 그들의 인지 학습에 그리고 영향을 미친다는 것으로 판단할 수 있다(Skamp, 2012). 따라서 아동들이 주변의 생태계(서식지, 다른 생물들과의 상호작용)를 돌아보는 간단한 활동조차도 교육적 효과 측면에서 과소평가하지 말아야 하며 학생들의 삶에서 경험하는 동물식물과의 연관관계를 파악하는 것이 다양한 살아 있는 것을 파악하도록 하는데 의미 있는 전략이 될 수 있다.

한편, Yorek *et al.*(2009)은 초등학교를 거치는 동안 인간을 동물의 집단으로 간주하는 경향과 그 집단내에서도 인간중심적으로 해석하는 경향이 증가된다고 하였다. 결과적으로 생물개념의 인지적 구성은 주로 인간과의 관련성을 연상함으로써 일어난다고 말할 수 있다.

영재학생들에게 ‘살아 있는 것’으로 언급한 것 중에서 1순위로 등급을 매긴 것과 그렇게 결정된 이유를 정리한 결과는 Table 4와 같다.

10가지 생물 중에서 인간을 가장 많이 1순위로 선정하였다. 즉, 영재학생들은 살아 있는 것에서 인간을 중심에 두고 있었다.

결정이유를 분석해 보면, 영재학생들은 인간을

중심에 두고 다른 생물들은 인간을 위해 존재한다고 믿는 공통의 사고를 가지고 있었다. 이는 인간이 생물로부터 얻게 되는 이익 혹은 해로움에 따른 분류를 해석한 결과로 볼 수 있다. 이 같은 생각과 관련하여 구체적으로 언급한 영재학생의 추가 응답 내용은 아래와 같다.

영재학생 12: 인간은 최고의 위치에 있다. 대부분의 자연 현상이 우리를 위해 있는 것 같고 우리의 도움을 받아 살아가는 것 같다. 인간은 다른 동식물이 할 수 없는 발전된 생각을 할 수 있고 기술을 가지고 있기 때문이다.

영재학생 17: 인간은 자연의 다른 생물들이 어우려 살아가는데 돕고 보호하는 가장 중요한 생물체이다. 동식물과 다른 인간의 가장 중요한 특징은 생각하는 능력이다. 게다가 자연의 대부분의 것들은 인간을 위해 생장되는 것도 있고 인간에 의해 길러지고 생존하는 것도 있다.

영재학생 41: 자연의 모든 것은 인간이 편안하게 살기 위해 이미 존재하는 것이라 생각된다. 인간은 식물과 동물로부터 우리는 이익을 얻는다. 인간이 이득을 얻으므로 그 대가로 동식물을 잘 보살펴준다.

즉, 영재학생들의 잠재 의식속의 중요성 기준은 실제로는 인간이고 생물의 중요성 개념은 인간 중심적 인지 구성에 따라 결정됨을 알 수 있었다.

Carey(1985)은 아동들은 인간에 대해 갖는 시각적 유사성(perceptual similarity)을 토대로 인간에서 동물로 귀납적으로 유추한다고 주장하였다. Ashworth *et al.*(1995)과 Kellert(1993)은 아동들은 미, 유용성, 희귀성, 그리고 시각적 매력의 측면에서 판단하여 생물에 가치를 부여하는 경향이 강하며 이러한 특징들은 해당 종들이 보호를 받아야 할지 말지에 대한 의견의 밑거름이 되고 이 개념들은 인간 중심적 특징을 반영한 결과라고 하였다. Shepardson(2005)는 아동들은 인간을 자연의 일부로서가 아니라 자연과 구별되는 존재로 인식한다고 하였는데 이는 인간 중심적 접근 방식을 시사한다.

이와 관련하여 과학영재학생 중 몇몇은 인간 연계성(people-association) 기준을 사용하였다. 즉, 특정한 대상이 어떠한 방식으로든 인간에게 유용하거나 연관성이 있기 때문에 생물인 것으로 분류된다는 것이다.

Table 4. An analysis of main ‘living things’ science-gifted elementary students mention and reason for their judgements

Rank	Living things	Frequency of priority	Reasons for judgments
1	Human	46	<ul style="list-style-type: none"> · Humans are on the uppermost of the food chain. · They built several civilizations with higher intelligence and freer hands. · Humans plant and grow trees, flower and sprouts, and they would hardly exist without humans. · They are superior creatures breathing, thinking, moving and changing. · Out of all the creatures, only humans have most intelligent thoughts, use tools and make rules. · There are many things humans can do based on their thoughts and judgements. · They keep thinking and proceed in a reasonable way. · They are the best-developed species out of all the creatures on earth. · There may be change in the environment, depending on humans’ actions. · They use tools. · Humans are the lord of creation. · They can learn, move, grow, evolve and use languages. · They can determine what they should do for themselves. · They can use fire and walk upright. · The world would not develop without humans. · They breath, grow, take nutrients, move and produce offspring.
2	Tree	15	<ul style="list-style-type: none"> · Trees make the present environment fertile. · They refresh the air, and they are seen most frequently. · They supply sufficient oxygen to humans through photosynthesis. · They produce oxygen for us to live. · They make energy for themselves through photosynthesis. · As part of nature, trees help humans in many ways. · They provide food to birds, and their leaves fallen on the ground become fertilizers for other creatures to live. · Animals can live only with trees. · The ecosystem would collapse without trees.
3	Microorganism	7	<ul style="list-style-type: none"> · Without microorganisms, there would be no creatures on the earth. · They mostly exist inside living things. · Humans cannot live without microorganisms. · They are the origin of living things and the first living thing on the earth, and even exist in all the living things. · With microorganisms like bacteria, all the creatures including humans could be created and grow on the earth.
4	Puppy	6	<ul style="list-style-type: none"> · Puppies can move, breath, grow and take nutrients. They can even grow up to produce offspring. · They have great abilities of survival when facing risks. · They have all the requirements that all the living things should have. · They are closely related to humans and even live with them. · They help humans a lot in many ways.
5	Tiger	6	<ul style="list-style-type: none"> · Tigers seem much closer to animals than plants. · Many tigers were hunted before, so they remain as an endangered species. · They are on the uppermost of the food chain with humans. · As predators, they play an important role in balancing the ecosystem. · They have been closely related to humans’ lives since a long time ago.

영재학생 25: 살아 있다 혹은 살아 있지 않다는 기준은 우리의 관례성을 기준으로 많이 판단된다고 생각한다. 실제 인간과 아주 밀접한 것일수록 살아 있는 것이 많다. 인간에게 끼치는 중요성과 밀접한 것일수록 살아 있는 것에서 출발하고 살아 있는 특징을 보이는 것이 많다. 실제 살아 있어야만 인간에게 많은 도움을 준다.

한편, 중요도 1순위는 동물들이었다. 이는 생물

과 살아 있는 것에 대한 개념을 인간, 동물 중심으로 연상하고 있음을 시사하며, 영재학생들이 동물(인간)을 다른 생물보다 더 중요한 것으로 인식하고 있는 점을 지지한다. 이는 물질론적(animism)인 개념들이 생물개념의 구성에서 영향력을 준 것으로 해석할 수 있다.

2. ‘살아있는 것’의 판단 기준의 존재론적 분석 결과

Table 5는 살아 있는 것에 관한 판단 빈도와, 4개의 하위범주에 대한 반응시간을 분석한 결과이다.

동물과 식물을 살아 있다고 판단한 비율은 100%였다. 동적인 무생물 범주에서의 달에 대해 극소수의 학생들이 생물로 분류하는데 있어 어려움을 보인 반면, 대다수의 학생들이 테스트 항목들을 정확하게 분류하였다. 달에 관해 4명의 영재학생들이 살아 있다고 판단한 것으로 보았을 때 대상의 움직임 능력은 영재학생들의 반응에 영향을 주는 듯 보였다.

살아 있는 것과 살아 있지 않은 것에 대한 분류 기준들은 자신들의 개인 경험에 의해 영향을 받았으며 아동들의 직관은 자신의 가정으로부터 얻어진 관찰과 추론에 의해 암호화되어 있다(Caravita & Flachetti, 2005).

Piaget의 인지단계는 교육자와 심리학자들 사이에서 잘 알려져 있다. 전조작기는 아동들이 자신만의 관점만 보려는 경향이 있는 시기다. 사물들이 자기 힘으로 움직이고 감정이 있거나 스스로 생각할 수 있거나 둘 중 어느 하나는 할 수 있다면 모두 살아있는 것들이라고 믿는다. Piaget의 구체적 조작

기는 어린 학생들이 자신의 경험들을 안내자로서 사용하여 자신 주위의 세계가 어떻게 전개되는지 파악하려는 시기(Waxman, 2005)로, 규칙을 이해하고 만들 수 있고 생물들 사이에 관계가 존재한다고 생각하고 인지할 수도 있다. 형식적 조작기는 구체적인 예시 없이도 생물과 무생물에 대해 추상적으로 추론하고 사고하는 능력을 가지고 있다(Venville, 2004). 비록 과학영재학생들은 구체적 조작기를 지나 형식적 조작기에 도달한 것으로 평가될 수 있으나 형식적 조작 단계의 학생들도 구체적 조작기나 전조작기의 인지적 능력을 가지고 있을 수 있다. 따라서 과학교육의 목적 중 하나는 좀 더 높은 단계의 사고 기능의 개발이므로 영재교사들은 영재학생들이 스스로 높은 단계의 사고에 도전할 수 있도록 다양한 프로그램을 개발하여 적용하여야 한다.

본 연구에서는 직관적 인식들이 지속되어 살아 있는 것에 대한 판단에 영향을 주는지 살펴보기 위해 대상을 생물이나 무생물로 분류할 때의 반응시간을 측정했다.

영재학생들의 평균 반응시간을 분석해 본 결과,

Table 5. Results of analyzing science-gifted elementary students' judgements of 'living things' and reaction time

Category	Object	Living (No. of students)	Not living (No. of students)	Mean reaction time (s)
Animals - Living and moving	Mantis	80	0	4
	Goldfish	80	0	
	Elephant	80	0	
	Eagle	80	0	
	Snake	80	0	
Plants - Living but not moving	Pine tree	80	0	5.5
	Apple tree	80	0	
	Rose	80	0	
	Dandelion	80	0	
	Cherry tree	80	0	
Static inanimate objects - Not living and moving	Desk	0	80	4
	Book	0	80	
	Shoe	0	80	
	Mirror	0	80	
	Hamburger	0	80	
Dynamic inanimate objects - Not living but moving	Robot	0	80	5
	Car	0	80	
	Motorbike	0	80	
	Ventilator	0	80	
	The moon	4	76	

Table 5에서 볼 수 있듯이 동물을 살아있는 것으로 판단하기 위해 필요한 시간(4 s)보다 식물을 살아 있는 것으로 판단하는 시간(5.5 s)은 길었다. 또한 동적대상을 살아 있지 않다고 판단하기 위해 필요한 시간(5 s)이 정적 대상을 무생물로 살아 있지 않다고 판단하기 위한 시간(4 s)보다 길었다. 반응시간이 빨랐다는 것은 그 만큼 정신적 작업부하가 낮았음을 보여주는 것(Babai *et al.*, 2010)이고, 살아 있다는 것에 대한 직관적 인지가 스스로 움직이는 특징들과 밀접한 관계가 있음을 암시한다.

아동들이 대상을 생물과 무생물로 잘못 분류하는 것은 사물의 이동성을 기반으로 두는 직관적 인식에 의해 영향을 받고 있다(Babai *et al.*, 2010). 반응시간 연구결과가 대상을 과학적 개념에 일치하여 생물과 무생물로 정확히 분류한 영재학생들 사이에서도 사고 과정들이 계속해서 움직임이라는 특징에 기반을 둔 직관적인 인식에 의해 영향을 받고 있다는 것을 반응시간 측정을 통해 확인할 수 있었다.

초등 과학영재학생들의 살아 있는 것에 대한 판단기준을 존재론적 범주에 따라 분류한 결과는 Table 6과 같다. 살아있는 것에 대하여 물질 범주에 31명, 과정 범주에 33명, 정신적 상태 범주에 16명으로 분석되었다.

물질 관점에서 초등 과학영재학생들의 판단기준의 예시와 살아 있다는 것의 의미를 그림으로 표현한 결과는 Fig. 1, 2와 같다.

- (동물 범주) 스스로 움직이며 여기저기 돌아다닐 수 있다.
- (동물 범주) 모두 다 움직이고 미세한 세포들로 이루어져있기 때문에 살아 있다(Fig. 1).
- (동물 범주) 활동을 하며 우리가 직접 볼 수 있기 때문에 살아 있다(Fig. 2).
- (식물 범주) 가만히 있는 것처럼 보여도 파릇파릇한 모습을 보이므로 살아가기 때문이다.
- (식물 범주) 꽃과 과일을 볼 수 있고 뿌리를 내리기 때문에

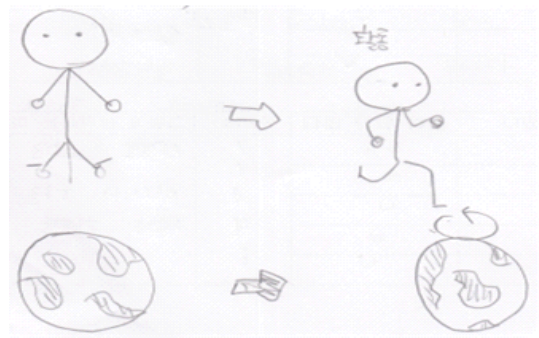


Fig. 1. An image of ‘living’ from a viewpoint of matter(1)-19 gifted students

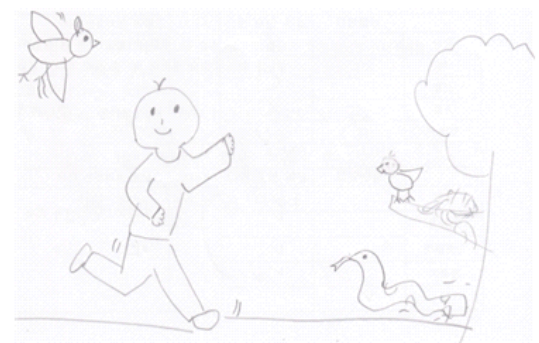


Fig. 2. An image of ‘living’ from a viewpoint of matter(2)-38 gifted students

- (정적인 무생물 범주) 움직이지도 않고 다른 무언가와 합쳐져 만들어졌기 때문에 살아 있지 않다.
- (정적인 무생물 범주) 세포로 이루어져 있지 않고 움직임이 없다.
- (동적인 무생물 범주) 다른 것들의 힘을 빌려 활동을 하기 때문에 살아 있지 않다.
- (동적인 무생물 범주) 움직이긴 하지만 사람에 의해 움직이고 사람이 만들었고 자기 마음대로 할 수 없기 때문에 살아 있지 않다.
- (동적인 무생물 범주) 배터리나 지구의 중력으로 인해 움직이므로 스스로 움직이지 못해서 살아 있지 않다.
- (동적인 무생물 범주) 달은 우리에게 빛을 주지만, 다른 것은 빛을 내는 것도 아니고 사람이 켜야 켜지는 것이기 때문에 살아 있다.
- (동적인 무생물 범주) 달은 지구를 공전하며 움직이고 있기 때문에 살아 있다.

Table 6. A classification of science-gifted elementary students’ judgement standards on ‘living things’ by ontological category

	Matter	Process	Mental states
N	31	33	16

- (동적인 무생물 범주) 스스로 움직이는 생물처럼 하지 않아서 살아 있지 않다. 하지만 달은 자립적으로 움직이고 활동해서 살아 있다.

초등 과학영재학생들은 살아 있는 것을 물질 관점에서 인식하는 기준은 주로 움직임으로 보았다.

Piaget(1979)에 따르면 아동은 생명이 없는 자연 사물을 자신과 동일한 유형인 살아 있는 것으로 보려는 물활론을 가지며 이러한 물활론적 개념의 발달이 아동의 생물과 무생물 구분에 영향을 준다고 하였다. 또한 Piaget(1979)는 6세 이하의 아동들은 특정한 종류의 활동을 보이는 대상들을 생물로 인지하며, 약 7세와 8세 사이에서 아동들은 '살아 있다(alive)'라는 단어를 움직일 수 있는 모든 대상에 사용하기 시작한다고 하였다. 이후, 8에서 12세 연령에서는 오직 자발적으로 움직이기 시작하는 대상들(스스로 움직일 수 있는 대상들)만이 살아있는 것으로 간주한다는 것을 확인하였다. 즉, 움직임이 아동들의 생물에 대한 개념에 있어 핵심 역할을 하며, 유용성(utility) 또는 활동(activity)이라는 요소 때문에 필요 이상으로 무생물 물체에도 생명을 부여한다고 하였다.

Kinchin(1999)와 Wandersee(1986) 또한 학생들은 생물개념을 주로 '움직임' 개념과 연상하여 구성한다는 이견을 제시했고 이것은 움직임과 관련 있는 물활론적인 오해라고 주장했다. Brooker *et al.*(2008)은 자동차와 그와 같은 차량들을 예로 들면서 움직임은 살아있는 것들에게만 국한되는 것이 아니며 동물은 식물보다 '더 살아 있는 것'으로 간주할 경우 물활론적인 대표적인 오해라고 강조했다. Campbell and Reece(2008)와 Russell *et al.*(2008)은 아동들이 식물보다는 동물에 관심을 갖는 주된 이유가 움직임 때문임을 보여 주었고, 질문을 받았을 때 비록 움직임이 생물과 일반적으로 연상되는 특징들 중 하나는 아니지만 학생들은 한결같이 움직임을 생물들의 한 특성으로 제시하는 경향이 강하다고 보았다. 또한 일부 연구자들은 인간의 움직임에 대한 강조는 인간 중심적 관점에 의해 야기되었다고 주장하였다(Hage & Rauckiene, 2004; Shepardson, 2005).

살아 있다는 것의 의미를 그림 그리기를 통해서도 알아본 결과, 영재학생들이 움직이는 동물들은 살아 있다고 판단하는데 거의 문제를 겪고 있지 않지만, 덜 움직이는 식물의 경우, 살아 있다는 의미와 관련하여 그린 횟수가 동물에 비해 현저히 차이가 나는

것을 볼 때 식물에 대해 살아 있다고 판단하는데 어려움을 겪고 있음을 추가적으로 발견 할 수 있었다. 식물들은 아동들이 움직임 혹은 성장과 관련된 무엇인가를 할 때 종종 생물로 여겨진다(Skamp, 2012). 예를 들어 한 영재학생은 나무는 그 나무가 과일을 키우고 있을 때 살아 있다고 진술하였다.

영재학생들이 언급한 또 다른 살아 있다는 판단 기준 하나는 세포로부터 만들어져야 한다는 조건이다. 세포는 달과 같은 동적인 무생물을 살아 있다는 것에서 제외시켜주는 조건이 될 수 있다.

잘못된 생각의 진술 사례에서 학습자들은 생물의 특징 중에서 몇 가지만을 적용함으로써 가끔 대상을 생물로 부정확하게 분류하곤 하는데 그 중에서 가장 빈번한 것이 움직임과 숨쉬기이다(Allen, 2010). 이와 관련하여 영재학생들 중 4명은 '달은 살아 있다'로 대답하였다. 이와 같은 물활론적인 인식들은 '달은 지구를 돈다.'와 같이 살아 있지 않은 대상에 목적적 의미를 부여한 결과이다.

Chi *et al.*(1994)은 과학적 개념의 존재론적 범주와 학습자들 개개인의 맥락으로 이끄는 범주의 표상 사이에는 어울리지 않는 불화합성이 존재할 수 있다고 제안하였다. 따라서 학습자들이 과학 개념들을 학습하는 과정에서 올바르게 분류된 개념으로 구분된 지식, 즉, 존재론적 범주와 학습자들의 범주화된 표상 사이에 불일치가 나타난다면 학습에 어려움이 있을 수밖에 없으므로(Kwon, 2007), 어느 한 측면의 존재론적 범주에만 치우치지 않도록 하는 것이 중요하다.

존재론적 관점에서 동적 완료적 과정 관점은 외삽법(extrapolation)으로 해석될 수 있으며 과거의 추세가 장래에도 그대로 지속되리라는 전제 아래 과거의 추세선(趨勢線)을 연장해 미래 일정 시점에서의 상황을 예측하고자 하는 미래예측 기법을 생각한다면 과정의 의미를 이해하는데 효과적일 수 있다. 초등 과학영재학생들의 과정의 존재론적 관점에서 살아 있는 것에 대해 판단한 기준과 그림으로 표현한 사례는 Fig. 3, 4와 같다.

- (동물 범주) 호흡을 통해 에너지를 얻고 세포의 분열과정을 통해 번식할 수 있기 때문에 살아 있다(Fig. 3).
- (동물 범주) 숨을 쉬고 먹이를 찾아 먹으며 성장하는 과정을 거치기 때문에 살아 있다.

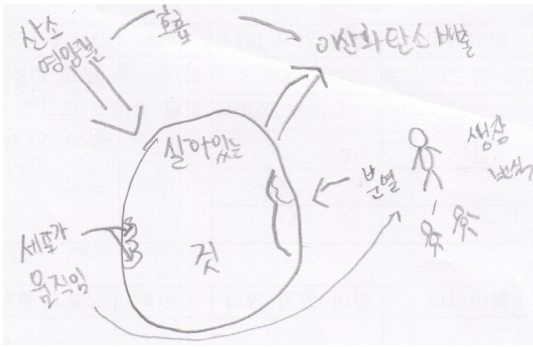


Fig. 3. An image of 'living' from a viewpoint of process(1)-66 gifted students

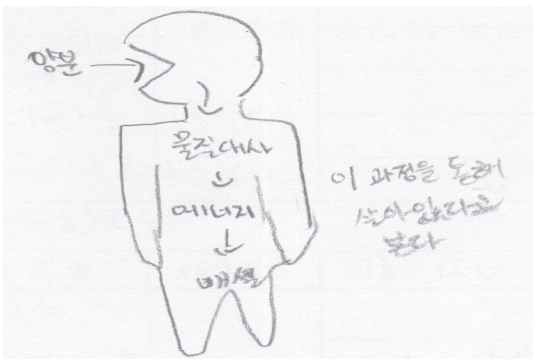


Fig. 4. An image of 'living' from a viewpoint of process(2)-78 gifted students

- (동물 범주) 양분을 섭취하고 물질대사를 통해 에너지를 얻고 배설물은 배출하는 과정을 거치므로 살아 있다(Fig. 4).
- (식물 범주) 움직이지는 않지만 번식해서 개체를 유지하므로 살아 있다.
- (식물 범주) 동물이나 곤충처럼 움직이지는 못하지만 빛을 통해 양분을 자라기 때문에 살아 있다.
- (식물 범주) 기공을 통해서 숨을 쉬고 그리고 스스로 양분을 만들어 자기 스스로 공급하기 때문에 살아 있다.
- (정적 무생물 범주) 번식을 하지 않으므로 살아 있지 않다.
- (정적 무생물 범주) 책상 책은 나무를 자른 것이고 양분을 공급받지 않고 물질대사를 할 수 없으므로 살아 있지 않다.
- (동적 무생물 범주) 시간이 지나더라도 자라지 못하기 때문에 살아 있지 않다.
- (동적 무생물 범주) 소모만 되지 상처가 났을 때

스스로 복원될 수 없기 때문에 살아 있지 않다.

초등 과학영재학생들은 살아 있다는 과정 관점에서 인식하는 기준을 주로 번식, 물질대사로 보았으며 이러한 개념은 물질 범주에 비해 더욱 분화되어 가는 과정으로 볼 수 있다.

33명의 과정 범주측면에서 진술한 영재학생들의 살아 있는 것에 대한 사고는 동적-초기적 과정 범주에 집중되는데 이는 영재학생들이 살아있는 것을 물질과 구조에 대한 기본 개념과 관련 개념들을 근원적 원인이나 구체적 절차를 포함한 과정적 관점으로 이해하여 물질 범주에서 단순 현상이나 사물 자체로 인식하는 존재론적 관점을 벗어나 살아 있는 것을 과정지향적인 측면에 대한 인식하는 결과로 판단된다.

물질 범주에서 과정 범주로 높아질수록 살아 있는 것에 대한 해석이 다양한 측면에서 진술된다는 것을 알 수 있었다. 이것은 개념들에 대하여 근원적, 과정적으로 사고하는 학생일수록 사건과 현상들에 대한 표상에서 높은 수준의 개념이해를 형성함을 의미한다.

생장 또한 영재학생들이 많이 사용한 과정적 측면의 기준이었다. 예를 들면 한 영재학생은 자동차는 '시간이 지나더라도 자라지 못하기 때문에 살아 있지 않다.'라고 하였다.

Johnston and Southerland(2000)는 학생들이 먼저 평형과 사건의 존재론적 유형들 사이의 차이를 보게 된다면, 생물과 무생물의 과정의 과학적 특성을 더 잘 이해할 수 있을 것이라고 주장하였다. 이러한 구별에 대한 지식이 없다면 학생들은 물질 범주와 같은 특징들에 너무 익숙해져서, 먼저 이러한 물질 범주만을 찾으려는 경향을 갖게 되고 이러한 잘못된 적용은 오개념의 발생을 야기한다고 하였다. 따라서 생물의 특성과 관련된 수업에서는 과정 존재론적 범주에서 사건과 평형에 관한 예시자료 제시를 통해 살아 있다는 것에 대한 의미를 확장할 기회를 제공할 필요가 있다.

영재학생들은 정신상태 범주와 관련된 진술 내용과 예시 그림은 Fig. 5, 6과 같다.

- (동물 범주) 스스로 감정을 가지고 표현할 수 있으며 자신의 생각을 겉으로 나타내기도 하므로 살아 있다.



Fig. 5. An image of 'living' from a viewpoint of mental states (1)-11 gifted students

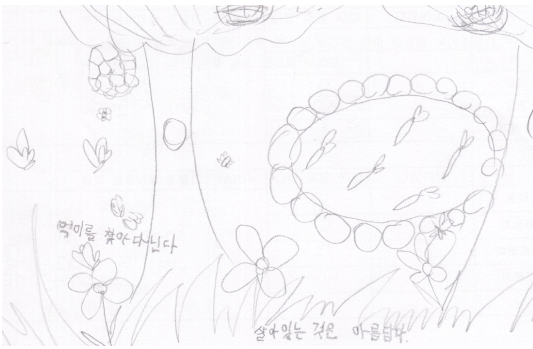


Fig. 6. An image of 'living' from a viewpoint of mental states (2)-51 gifted students

- (동물 범주) 강자에게서는 무서움을 알고 피하고 약자에게서는 욕구를 표출하므로 살아 있다.
- (동물 범주) 배가 부르고 고프다는 느낌을 알므로 살아 있다(Fig. 5).
- (동물 범주) 살아있는 것을 아름답고 나름의 필요한 것을 찾아다니므로 살아 있다(Fig. 6).
- (식물 범주) 물이 부족할 때는 시들어 버리고 영양분이 풍부할 때는 울창하고 화려한 모습을 드러내므로 살아 있다.
- (식물 범주) 계절에 따라 아름다움을 표현되는 정도가 다르므로 살아 있다.
- (동적 무생물 범주) 자기가 싫어하고 좋아하는 것을 나타내지 못하므로 살아 있지 않다.
- (동적 무생물 범주) 사는데 조건이 필요 없고 감정이 없기 때문에 살아 있지 않다.
- (정적 무생물 범주) 스스로 움직이지 못하고 그냥 물건으로서의 기능만 가지고 있고 몸과 마음이 없어서 살아 있지 않다.

· (정적 무생물 범주) 마음이 없고 생각하지도 않고 감정이 없기 때문에 살아 있지 않다.

영재학생들은 정신상태 범주에서 살아 있는 것의 판단 기준으로는 주로 감정을 표현할 수 있다는 점을 이야기하였다. 즉, 살아 있지 않는 것은 감정을 느끼지 못하므로 살아 있는 특징들이 다양하게 표출되지 못하는 것이다. 살아 있다는 것은 욕구를 표출하거나 무서운 것을 피하거나 자신이 필요로 하는 것을 찾아갈 수 있어야 물질적인 측면이나 과정적인 측면도 함께 나타난다. 따라서 정신상태에 해당되는 판단 기준은 존재론적 범주에서 최상위 범주에 속하는 것으로 물질과 과정적인 측면을 모두 포괄하는 통합적인 살아 있는 것에 대한 판단 기준으로 볼 수 있다.

과학에 대한 학생 개념의 특징 중에서는 단순한 인과적 사고를 하며, 변화상황을 단순한 원인과 결과의 연속으로 설명하려고 한다는 연구결과(Jeong, 2009)를 볼 때 정신상태적 측면의 존재론적 사고는 사고의 폭을 넓혀주므로 학생 스스로 새로운 아이디어를 도출하고, 사실의 발견에 의한 것이 아니라 개인적 사회적으로 구축된 지식을 과학자들의 관점으로 보는 능력으로 발전할 수 있는 기회를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

Piaget 이후 주장된 많은 연구들은 아동들에게 어떠한 환경과 자극을 제시하느냐에 따라 움직임 외에도 사물에 대한 다양한 근거를 들어 살아있음을 이해할 수 있다는 가능성을 시사하였다(Kim & Park, 2009). 아동들의 살아있는 것에 대한 이러한 이해 변화는 직접적인 주변의 살아 있는 것을 관찰하고 유심히 탐색하고 관찰할 수 있는 기회가 주어지고, 서로의 생각을 나누는 기회를 줌으로써 변화를 줄 수 있다.

상관적 관계의 연속으로서 학생들의 생물에 대한 의식을 배양하기 위한 기회들은 초등학교를 넘어 계속될 필요가 있다. 교사들은 학생들에게 격려를 제공하고 학생들이 갖는 개념들이 도전 받을 수 있는 기회를 지속적으로 제공해야 한다(Venville, 2004). 비록 아동들이 발달상 자신의 직관을 시험하는 난제들을 다룰 준비가 되어 있지 않을지도 모르지만 적절한 질문을 하고 그들의 사고를 시험해 볼 다양한 기회들을 학생들에게 제공하는 것은 중요하다. 이러한 과정을 통해 초기 생김새(외형적 특징)나 움

직접 위주로 살아있는 것을 이해하였던 아동들은 물질대사, 성장, 번식, 적응, 진화, 감정, 욕구 등 다양한 특성을 들어 살아있는 것을 이해하는 것으로 변화될 수 있다.

3. '살아있는 것'에 대한 존재론적 변화 과정 분석

단순히 움직이는 것을 살아 있는 것의 특징으로 제시한 학생 10명을 대상으로 물바람개비 만들기 활동을 하도록 하고 세 가지 질문을 통해 살아 있는 것의 의미에 대해 다시 생각하도록 하였다.

Piaget(1979)는 물활론적 사고가 4단계로 변화해 간다고 하였다(1단계: 모든 것은 살아 있다, 2단계: 움직이는 것은 살아 있다, 3단계: 스스로 움직이는 것만이 살아 있다, 4단계: 사람, 동물, 식물 모두 살아 있다).

움직임을 살아있는 것으로 특성으로 파악하는 학생들은 영재학생임에도 불구하고 물질 범주에 머물러 있는 Piaget의 물활론적 사고 수준에서 2단계에 머물고 있는 학생이므로 생각에 대한 인지갈등을 유발시킬 필요가 있다. 따라서 물바람개비 만들기 및 유글레나와 짚신벌레 동영상으로 보여주고 이들의 생각변화를 관찰하였다.

첫 번째 질문은 물바람개비 활동을 한 후에 물바람개비가 살아 있다고 생각하는지 물었다. 물바람개비 실험활동은 재미있게 활동에 참여하게 하여 학생들은 더욱 자발적으로 말을 하게 되고 이는 아이디어의 활발한 교류를 촉진하고 이러한 교류들은 곧 더욱 쌍방향적인 실험실 환경을 확립해준다 (Mickle & Aune, 2011).

영재교사: 물바람개비는 살아 있는가? 살아 있지 않은가? 그렇게 생각하는 이유는?

영재학생1: 살아 있지 않다. 스스로 도는 것이 아니라 알코올을 떨어뜨려 이에 의해 돌게 되었기 때문이다.

영재학생2: 자기 스스로의 힘으로 움직이는 것이 아니다. 물과 에탄올의 표면장력의 차이로 움직이게 된 것이다.

영재학생3: 살아 있지 않다. 그 이유는 번식을 하지 못하기 때문이다.

영재학생4: 살아 있지 않다. 움직인다고 해서 꼭 살아 있는 것은 아니다. 식물들 같은 경우에는 움직이지 않지만 살아 있다.

영재학생5: 물바람개비는 살아있지 않다. 왜냐하면 물바람개비는 스스로 양분을 만들어 쓰지 못하기 때문이다.

영재학생6: 살아있지 않다. 그 이유는 자신이 생각대로 움직이는 것이 아니라 자동차에 휘발유를 넣는 것처럼 다른 곳에서 동력을 주어야 움직이기 때문이다.

영재학생7: 살아있지 않다. 자신이 스스로 움직이는 것이 아니라 표면장력이 작용해 움직이는 것이기 때문이다.

영재학생8: 살아 있지 않다. 왜냐하면 비록 물바람개비가 움직이지만 호흡을 하지 않고 자라지 않기 때문이다.

영재학생9: 물바람개비는 살아있지 않다. 그 이유는 원래 움직이지 않지만 알코올 때문에 움직일 수 있기 때문이다.

영재학생10: 움직이기는 하지만 숨을 쉬거나 먹지 못하는 무생물이다. 그래서 꼭 단순히 움직이기만 하면 살아있는 것 아니다.

물바람개비들이 살아 있지 않다고 인식하는데 어려움을 겪는 영재학생들은 없었다. 물바람개비들이 살아 있다고 생각할 이유로서 종종 인용되는 특징은 움직임이다. 그러나 이 활동에서 움직임을 살아 있는 것들의 특징으로 생각하는 10명의 학생들은 모두 움직임 이외의 특징들을 언급하였다. 즉, 번식, 스스로 움직임, 호흡과 같은 특징을 들어 물바람개비는 살아있지 않다고 설명하였다.

물바람개비들은 물표면 위에서 움직일 수 있다. 왜냐하면 물바람개비에 묻어 있는 알코올이 물과 섞임으로서 물바람개비 근처에서 물의 표면 장력이 약해지기 때문이다. 이것이 더 강한 표면장력을 지닌 주변 부위를 만들고 그 부위가 점을 당겨 움직이게 한다. 일단 알코올이 공기 중으로 증발되면 표면 장력은 평형 상태를 회복하고 움직임은 멈춰진다. 이러한 특징들은 에너지 전환과 관련하여 생물에 있어 일종의 매우 원시적인 신진대사와 관련이 있으며, 물위에 놓일 때 움직임으로서 어떤 자극에 반응과도 관련이 있다. 그러나 물바람개비가 살아있지 않다는 것은 분명하고 이 활동을 통하여 단순 움직임은 생물들의 한 특징이라는 일반적인 오해를 극복하도록 학생들은 자극했다는 것을 영재학생들의 응답 결과를 통해 확인할 수 있었다.

두 번째 질문은 유글레나와 짚신벌레의 동영상을 보여주고 살아 있는 것의 특징을 물어 보았다.

이 동영상으로부터 학생들이 관찰할 수 있는 주요 특징들은 유기체는 복잡하고 세포로 구성되어 있다는 것과 물질대사를 나타내는 음식섭취를 관찰할 수 있다. 스스로 움직임이 통상 하나의 이유로 들 수 있으며 물바람개비들과 비교될 수 있다.

- 영재교사: 유글레나와 짚신벌레 동영상을 보고 ‘살아 있는 것’의 특징은 무엇이라고 생각합니까?
 영재학생1: 살아있는 것의 특징은 스스로 생각하고 움직이는 것이다. 유글레나와 짚신벌레는 스스로 몸 안의 여기저기에 활동이 일어나면서 움직이기 때문에 살아있다고 생각한다.
 영재학생2: 짚신벌레와 유글레나는 스스로 먹은 것을 찾아서 섭취하거나 광합성을 통하여 에너지를 얻는다.
 영재학생3: 살아 있는 것의 특징은 어떤 것을 먹으면 그 먹은 것을 에너지로 삼아 움직인다. 유글레나 같은 경우는 광합성을 하여 에너지를 섭취하여 움직이고 짚신벌레는 무언가를 먹어서 움직인다.
 영재학생4: 살아 있는 것은 자기 스스로의 힘으로 활동한다. 그러므로 유글레나와 짚신벌레는 살아 있다.
 영재학생5: 살아 있다. 스스로 숨을 쉬고 양분을 섭취하고 스스로 움직이기 때문이다.
 영재학생6: 살아 있다. 그 이유는 번식을 하기 때문이다.
 영재학생7: 살아 있다. 왜냐하면 스스로의 힘으로 움직이기 때문이다. 살아 있는 것은 호흡을 하고 영양분을 얻으며 스스로의 힘으로 움직이기도 한다.
 영재학생8: 자신의 생각대로 움직이는 것이라고 생각한다. 유글레나와 짚신벌레는 살아 있다. 그 이유는 먹고 움직이기 때문이다.
 영재학생9: 살아 있는 것이다. 자신의 힘으로 자기가 움직이는 것이기 때문이다. 그러나 움직이지 않을 때에는 살아 있지 않은 것처럼 보인다.
 영재학생10: 살아 있는 것의 특징은 스스로 양분을 만들어 쓰는 것인 것 같다. 그래서 유글레나와 짚신벌레는 살아 있다.

유글레나와 짚신벌레가 살아 있다고 답하는 것에는 영재학생들이 어려움을 겪지 않았다. 그러나 중요한 것은 9번 영재학생이 이야기한 것처럼 움직이지 않을 때 살아 있지 않는 것처럼 보일 수 있다는 것이다. 여전히 직관적 인식이 남아 있을 경우, 식물들은 움직일 수 있다고 설명함으로써 생물에 대한 개념을 가르칠 때 이 갈등은 줄일 수 있다. 예를

들어 식물은 빛을 향해 움직인다(광합성)는 것을 강조하거나 외형적으로는 움직임이 보이지 않으나 생물체 내부에서는 물질대사를 통해 움직이고 있다는 것을 실험으로 보여줘 살아 있는 것에 대한 과학적인 정의와 단순한 정의 사이의 간격을 없앨 수 있다(Babai *et al.*, 2010).

세 번째 질문은 두 활동을 통해 살아있는 것에 대해 생각이 어떻게 달라졌는지 물어보았다.

- 영재교사: 살아 있는 것에 대해 생각이 달라진 것이 있나요?
 영재학생1: 살아 있는 것은 다른 것에 의해 움직이더라도 그 안에 있는 기관이 움직이거나 번식을 하고 스스로 에너지를 얻을 수 있어야 한다.
 영재학생2: 처음에는 살아 있는 것이 그냥 움직이면 된다고 보았다. 하지만 지금은 살아있는 것이란 동력 없이 스스로 움직이거나 스스로 양분을 공급하는 것이라고 생각한다.
 영재학생3: 원래는 움직이면 살아있는 것으로 생각했는데 살아 있는 것은 생각하고 스스로 감정의 표현하여 행동하는 것이다.
 영재학생4: 살아 있다는 것은 자립적으로 움직일 수 있어야 한다는 것을 알았다. 살아 있다는 것은 자기가 살기 위해 다른 것을 필요로 하고 자립적으로 자기 스스로 움직이는 과정을 보여야 한다.
 영재학생5: 살아 있는 것이란 움직이는 것뿐만 아니라 번식하는 과정을 통해 종족을 유지 해야지 살아있는 것이라고 할 수 있다.
 영재학생6: 살아 있는 것은 스스로의 필요에 따라 다른 살아 있는 것을 공격하거나 피하고 숨는 등 생각을 통하여 움직임을 보이는 것이다.
 영재학생7: 살아 있는 것이란 자신의 힘으로 자기가 움직이고 환경에 적응에 나가야 한다. 꼭 움직인다고 살아있고는 할 수 없는 것이다.
 영재학생8: 스스로 영양분을 이용해 에너지를 만들어 움직이거나 성장 번식하는 것이다.
 영재학생9: 스스로 움직일 수 있어야 한다. 꼭 눈에 보이는 움직임이 아니더라도 내부에서 지속적인 움직이는 과정이 있어야 한다.
 영재학생10: 살아 있는 것이란 스스로 생각하고 움직이며 감정을 느끼면서 존재하는 것이다.

영재학생들의 응답 결과에서도 확인할 수 있었던 듯이 살아 있는 것은 움직임의 이상을 의미하는 것을 설명하는 학생들이 많았다. 이는 살아 있는 것에 대해 움직임 기준을 때로는 부적절하게 자주 사

용하는 소박한 존재론적 가정을 버리고 생물이 스스로 움직이고 자라며 먹고 번식하는 것들이라는 설명을 수용하도록 도운 것으로 판단된다. 즉, 살아 있다는 것에 대한 단순한 과학적 이해를 이미 지녔던 영재학생들에게 있어 새롭게 습득된 사실과 정보는 그들의 설명 구조체계를 확장시킨 것으로 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 영재학생들의 전체론적인 살아 있는 것에 대한 이해 부족을 염두에 두어 새로운 인지갈등을 유발할 수 있는 교육프로그램을 개발할 필요가 있다.

존재론적 구분은 우리의 개념변화에 대한 관념의 기저를 이루며, 개념변화는 하나의 개념이 존재론적으로 다른 범주로 위치가 변경될 때에만 이루어진다(Chi *et al.*, 1994).

살아있는 것에 대한 생각을 알아보고, 활동을 통하여 어떻게 변화되어 가는지를 알아본 결과 연구 참여 영재학생들에게서 살아 있는 것의 이해의 존재론적 변화에 대한 전체적인 경향성을 발견할 수 있었다. 영재학생들의 ‘살아 있는 것’에 대한 이해의 변화과정은 Fig. 7과 같다.

물질 범주에 있는 영재학생들을 대상으로 개념 변화 패턴을 알아보았으므로 물질범주에서 과정범주로의 변화와 물질범주에서 정신상태로의 변화의 두 가지로 분류할 수 있었다.

영역별 물질 및 과정, 정신상태 범주 배정의 전체적인 경향을 가시적으로 나타내기 위하여 선을 그려 보시하였는데 선의 굵기는 영역별 물질 범주와 과정범주에 부호화된 학생 분포 수를 나타낸 것이다. 물질 범주에 속하는 7명의 학생이 과정 범주로 변화한 것을 알 수 있었고, 물질범주에서 정신상태로의 변화는 3명이 있었다. 즉 물질범주에서 과정범주로의 변화가 많았다. 물바람개비와 동영상보

기 활동을 통해 과정 범주의 존재론적 사고를 지니게 되었다고 판단할 수 있다. 이는 영재학생들은 살아 있는 것은 자발적으로 움직이며 물과 먹을 것을 필요로 하고 물질대사를 통해 자극에 반응을 하며 성장과 번식을 통해 살아간다는 등 물질 범주에서 과정 범주의 존재론적 관점으로 전환되었다는 것을 의미한다. 정신상태 범주로의 변화를 보인 영재학생들은 사물의 형태적인 특징이나 오감에서 시각적으로 확인되는 부분만을 가지고 살아 있는 것을 판단한 것에서 살아 있다는 것이 하나의 생명체로서 스스로 판단하여 욕구를 표출하거나 감정을 표현한다는 이해는 살아 있다는 것에 대한 통합적인 개념이해의 변화를 보였다. 정신상태 범주는 영재학생들이 살아 있는 것의 특징을 파악하는데 가장 일반적인 것에서 특수한 특징들 사이를 연결하도록 하는데 도움을 줄 수 있는 범주이다.

즉, 생김새나 단순히 움직임만의 근거로 살아 있다고 파악한 10명의 영재학생들은 점차 자신이 가졌던 살아있는 것에 대한 이해를 수정하고 재구성하게 된 것으로 볼 수 있고, 살아있는 것은 각각의 특성에 따라 ‘~해야 한다’는 나름의 이해의 틀을 형성하게 된 것으로 볼 수 있다.

생물에 대한 개념들의 속성을 이해하고 연계된 내용과 사건에 대한 인과관계, 구성 요소들 간의 상호작용에 대한 올바른 이해를 하기 위해서는 과정 범주, 정신상태 범주로의 변화가 반드시 필요하다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 초등 과학영재학생들이 생각하는 ‘살아있는 것’에 대한 이해를 존재론적 범주로 분석하였다. 본 연구에서 나타난 결과를 중심으로 결론을 내리면 다음과 같다.

첫째, 영재학생들이 생각하는 살아 있는 것은 동물이 많았으며 그 중에서 인간이 가장 높은 비율을 차지하였다. 식물은 동물에 비해 살아 있는 것으로 생각하는 비율이 낮았으며 몇몇 영재학생들은 무생물인 지구, 태양, 우주를 살아 있는 것으로 생각하는 것으로 나타났다. 살아 있는 것 중 인간을 가장 중요한 것으로 판단하였으며 인간을 중심에 두고 다른 살아 있는 것들이 인간과 연계되어야 하며 인간에 대한 이익과 해로움에 따라 살아 있는 것의 중요성을 평가하는 것으로 나타났다. 이것은 인간

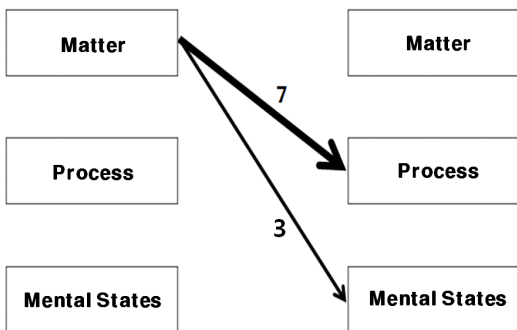


Fig. 7. Change in the ontological category

중심적인 접근방법에 의해 야기되는 것으로 사료된다.

둘째, 동물, 식물, 정적인 무생물, 동적인 무생물 등 4가지 범주에 대한 살아 있는 것에 대한 판단에서 동물과 식물, 정적인 무생물에 대해서는 판단의 어려움을 겪지 않았으나 4명의 영재학생들이 동적인 무생물인 달에 대해서는 살아 있다로 판단하였다. 반응시간 측면에서는 식물을 판단하는 것이 동물을 판단하는 것보다 더 소요되었다. 이는 식물을 살아 있는 것으로 판단할 때 적절한 전략과 직관적인 인식 사이에 갈등이 존재한 결과로 볼 수 있다. 살아 있는 것에 대한 판단 기준을 존재론적 범주에 따라 분류한 결과, 물질범주와 과정범주에 해당되는 판단 기준은 각각 31명, 33명이었으며 정신상태 범주에 해당되는 범주는 가장 적은 16명으로 분석되었다. 살아 있는 것을 물질 관점에서의 기준은 단순한 현상이나 사진 자체로만 사고하는 움직임이었다. 특히 달이 살아 있다고 본 영재학생들은 세상의 만물을 자기처럼 생명이 있고 의식이 있으며 자기와 같은 목적을 부여받았다고 생각하는 사고의 경향인 물활론적인 사고를 가진 것으로 살아 있지 않는 대상에 목적적 의미를 부여한 결과로 분석되었다. 과정 관점에서는 주로 번식, 물질 대사, 생장으로 보았으며 물질범주에 비해 살아 있는 것에 대한 현상을 원인과 결과 측면인 과정 지향적 측면에 대한 인식을 보였다. 정신상태 범주와 관련된 판단 기준으로는 감정표현과 생각을 통한 판단 능력을 제시하였는데 정신상태에 해당되는 판단 기준은 물질과 과정범주를 모두 포괄하며 살아 있는 것의 특징들 상호간의 연관성과 근원적 이해의 기준으로 볼 수 있으므로 정신상태의 하위 범주인 감정과 계획성(욕구, 필요성) 측면의 사고를 할 수 있는 기회를 제공하기 위하여 직접 살아 있는 것을 시간을 두고 유심히 탐색하고 관찰할 수 있는 활동을 제공할 필요가 있다.

셋째, 단순 움직임을 살아 있는 것의 특징으로 제시한 10명의 영재학생들을 대상으로 물바람개비 만들기과 유글레나와 짚신벌레 영상을 보는 활동을 한 결과, 10명의 학생 중 7명은 물질범주에서 과정범주와의 변화를 보였고 3명의 학생은 물질범주에서 정신상태범주로의 변화를 보였다. 영재학생들은 기존에 가졌던 살아있는 것에 대한 생각을 수정하고 재구성하여 살아있는 것에 대한 이해가 변화

되었다. 즉, 단순히 외형적인 특징만을 강조한 움직임 외에 번식과 스스로 움직임, 호흡, 감정, 생각, 욕구와 같은 다양한 범주의 특징을 살아 있는 것의 특징을 추가하였다. 즉, 활동 과정 중 여러 가지 갈등 상황을 겪도록 하여 살아 있는 것에 대해 움직임 기준을 때로는 부적절하게 자주 사용하는 소박한 존재론적 가정을 버리고 절차, 사건, 평형, 감정, 계획성과 같은 과정 정신상태 관점의 특징을 나타내는 것들이라는 새로운 개념이 기존에 가졌던 것보다 그럴듯하게 이해되어 다양한 범주로 나타나게 되고 기존에 가진 생각을 재구성하게 된 것으로 판단할 수 있었다.

본 연구의 결론을 바탕으로 후속연구를 위한 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 영재교사들이 가지고 있는 생각들은 그대로 과학영재에게 전달될 수 있으므로 과학영재교사의 살아 있는 것에 대한 이해도를 평가하는 것도 중요한 의미를 가질 것이다. 과학영재교사가 어떤 과정을 통해서 살아 있는 것에 대한 개념이 형성되었는지 또한 살아 있는 것의 다양한 특징에 대한 설명이 어려움이 있다면 그 원인에 대한 연구와 이해를 돕기 위한 다양한 수업 전략들에 대한 추가 연구를 시도할 필요가 있다.

둘째, 아동들이 생물학 교육에 대한 인지적 준비가 되기 위해서는 학교생활의 초기 단계부터 생물 개념에 대한 적절한 이해를 형성시켜주는 효과적인 교수가 필요하다. 아동의 생물 개념에 대한 발달이해를 다룬 선행연구가 상당히 존재함에도 불구하고, 이 개념에 대해 학생들의 평소 수업환경 및 교실환경에서의 학습과 관련 지어 진행된 연구는 매우 적다(Venville, 2004). 교육의 본질에 대한 문제에 접근하기 위해 각각 다른 연령대의 아동들이 생물 개념에 대해 어떻게 생각하는지를 이해해야 할 뿐 아니라, 특히 교실 환경 속에서 이러한 변화가 어떻게 발생하는지, 그리고 무엇이 그 변화를 촉구하는지도 연구가 진행될 필요가 있다.

셋째, 살아 있는 다양한 특징들을 이해하기 위해서는 학생들이 직접 관찰을 통해 그 특징들을 이해하는 것이 더욱 효과적이다. 모둠을 편성하여 직접 살아 있는 것을 관찰하고 관련 특징들을 사진 촬영하며, 그 결과를 발표하는 활동을 진행한다면 사고의 변화와 함께 스스로 살아 있는 것에 대한 연구자로서의 기능을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- Ahn, J., Chun, M., Park, K. & Jeon, S. (2010). The analysis of the science gifted's characteristics present in linguistic literation in the animal development inquiry activity program based on creative problem solving (CPS) model. *Journal of Gifted/Talented Education*, 20(1), 107-130.
- Allen, M. (2010). *Misconceptions in primary science*. Open University Press.
- Ashworth, S., Boyes, E., Paton, R. & Stanisstreet, M. (1995). Conservation of endangered species: What do children think?. *Journal of Environmental Education and Information*, 14(3), 229-244.
- Babai, R., Sekal, R. & Stavy, R. (2010). Persistence of the intuitive conception of living things in adolescence. *Journal of Science Education and Technology*, 19(1), 20-26.
- Brebner, J. T. & Welford, A. T. (1980) Introduction: an historical background sketch. In: Welford AT (ed) *Reaction times*. Academic Press, New York.
- Brooker, R. J., Widmaier, E. P., Graham, L. E. & Stiling, P. D. (2008). *Biology*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Campbell, N. A. & Reece, J. (2008). *Biology*, 8th Ed. San Francisco, CA: Pearson Benjamin Cummings.
- Caravita, S. & Falchetti, E. (2005). Are bones alive?. *Journal of Biological Education*, 39(4), 163-170.
- Carey, S. (1985) *Conceptual change in childhood*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Chi, M. T. H., Slo'tta, J. D. & DeLeeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4(1), 27-43.
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science education. *Review of Educational Research*, 63(1), 1-49.
- Cho, E. & Paik, S. (2006). A comparison analysis of intellectual characteristics between science-gifted education students and general students. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 26(3), 307-316.
- Chung, W. & Cha, H. (1992). How do Korean students conceptualize living things and nonliving things?. *Biology Education*, 20(2), 147-151.
- Duit, R. (2007). *Students' and teachers' conceptions and science education: a bibliography*, full version March 2014. Retrieved from <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stese/stese.html>
- Hage, R. & Rauckiene, A. (2004). Ecocentric worldview paradigm: The reconstruction of consciousness. *Journal of Baltic Science Education*, 2(1), 50-58.
- Hatano, G., Siegler, R., Richards, D., Inagaki, K., Stavy, R. & Wax, N. (1993) The development of biological knowledge: a multi-national study. *Cognitive Development*, 8(1), 47-62.
- Hee, K., Chung, W. & Jeong, J. (1995). How do Korean young children conceptualize living things and nonliving things?. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 15(1), 126-131.
- Hellden, G. F. & Solomon, J. (2004). The persistence of personal and social themes in context: long and short-term studies of students' scientific ideas. *Science Education*, 88(1), 885-900.
- Hewson, P. W. (1996). Teaching for conceptual change. In D. F. Treagust, R. Duit, & B. J. Fraser (Eds.), *Improving teaching and learning in science and mathematics* (pp.131-140). New York, NY: Teachers College Press, Columbia University.
- Jeong, K. (2009). Ontological categorizing of high school students about rocks and crust, plate tectonics. *Journal of Science Education*, 33(1), 56-68.
- Johnston, A. T. & Southerland, S. A. (2000). A reconsideration of science misconceptions using ontological categories. A paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching April, 2000, New Orleans, Louisiana.
- Kang, M. (2008). Early childhood teachers' grounded conceptions on identification between biological and non-biological objects. *Korean Journal of Teacher Education*, 24(2), 153-170.
- Kellert, S. R. (1993). Attitudes, knowledge, and behavior toward wildlife among the industrial superpowers: United States, Japan, and Germany. *Journal of Social Issues*, 49(1), 53-69.
- Kim, K. & Park, M. (2009). Changes in young children's understanding of 'living things' by picture activity. *Korean Journal of Children's Media*, 8(2), 65-98.
- Kim, K., Lee, S., Han, S. & Noh, T. (2008). An investigation the elementary school students' perceptions of the scientific and technological preffessions by using the 'drawing scientific and technological workplaces'. *Elementary Science Education*, 27(3), 307-317.
- Kinchin, I. M. (1999). Investigating secondary-school girls' preferences for animals or plants: a simple "head-to-head" comparison using two unfamiliar organisms. *Journal of Biological Education*, 33(1), 95-99.

- Kurdzil, J. P. & Libarkin, J. C. (2002). Research methodologies in science education: Students' ideas about the nature of science. *Journal of Geoscience Education*, 50(1), 322-329.
- Kwon, J. (2007). Earth science pre-service teachers' earth concept based on The ontological categories. Unpublished master's thesis, Korea National University of Education.
- Lee, H. (2011). An analysis on the behavioral characteristics of the scientifically gifted students. *Journal of Korean Earth Science Society*, 32(3), 294-305.
- Lindermann-Matthies, P. (2002). The influence of an educational program on children's perception of biodiversity. *The Journal of Environmental Education*, 33(2), 22-31.
- Mickle, J. E. & Aune, P. M. (2008). Development of a laboratory course in nonmajors general biology for distance education. *Journal of College Science Teaching*, 37(1), 35-39.
- Mickle, J. E. & Aune, P. M. (2011). A simple, inexpensive, dynamic, & hands-on exercise for prompting discussion of the characteristics of living things. *American Biology Teacher*, 73(3), 164-166.
- Park, M., Kim, Y. & Oh, K. (2012). Effects of the diagram-drawing learning method on the science-related attitudes of the middle school students. *Teacher Education Research*, 51(2), 390-402.
- Piaget, J. (1979). The child's conception of the world. Totowa, NJ: Littlefield, Adams.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Raven, P. H., Johnson, G. B., Losos, J. B. & Singer, S. R. (2005). *Biology*, 7th Ed. New York, NY: McGraw-Hill.
- Russell, P. J., Wolfe, S. L., Hertz, P. E., Starr, C. & McMillan, B. (2008). *Biology: The dynamic science*. Belmont, CA: Thompson, Brooks/Cole.
- Ryu, J. (2010). The effects of screen layout of PDA and types of Task on response time and users' preference. *Journal of Korean Association for Educational Information and Media*, 16(1), 71-94.
- Shepardson, D. P. (2005). Student ideas: What is an environment? *Journal of Environmental Education*, 36(4), 49-58.
- Siegal, G. & Peterson, C. C. (1999). Becoming mindful of biology and health: An introduction. In M. Siegal & C. Peterson (Eds.), *Children's understanding of biology and health* (pp. 1-19). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Skamp, K. (2012). *Teaching primary science constructively*. Cengage Learning.
- Slaughter, V., Jaakkola, R. & Carey, S. (1999). Constructing a coherent theory: Children's biological understanding of life and death. In M. Siegal & C. Peterson (Eds.), *Children's understanding of biology and health* (pp. 71-96). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Slotta, J. D., Chi, M. T. H. & Joram, E. (1995). Assessing students' misclassifications of physics concepts: An ontological basis for conceptual change. *Cognition and Instruction*, 13(3), 373-400.
- Tamir, P., Gal-Chappin, R. & Nussnovitz, R. (1981) How do intermediate and junior high school students conceptualize living and nonliving?. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(1), 241-248.
- Venville, G. (2004). Young children learning about living things: Case study of conceptual change from ontological and social perspectives. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 449-480.
- Venville, G. & Treagust, D. F. (1998). Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 1031-1055.
- Wandersee, J. H. (1986). Plants or animals—which do junior high school students prefer to study?. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(5), 415-426.
- Wandersee, J. H. & Schussler, E. E. (1999). Preventing plant blindness. *The American Biology Teacher*, 61(2), 84-86.
- Waxman, S. (2005). Why is the concept “living thing” so elusive? Concepts, languages, and the development of folk biology. In: Ahn, W., Goldstone, R. L., Love, B. C., Markman, A. B., Wolff, P. (eds), *Categorization inside and outside the laboratory: essays in honor of Douglas L. Medin* (pp. 49-67). Washington, DC: American Psychological Association.
- Yen, C.-F., Yao, T. W. & Mintzes, J. J. (2007). Taiwanese students' alternative conceptions of animal biodiversity. *International Journal of Science Education*, 29(4), 535-553.
- Yorek, N., Şahin, M. & Aydın, H. (2009). Are animals ‘More Alive’ than plants? Animistic-anthropocentric construction of life concept. *Eurasia Journal of Mathematics. Science & Technology Education*, 5(4), 369-378.