

과학자들의 상상력에 대한 인식과 과학적 상상력의 특성 탐색

문지영 · 문공주¹ · 김성원*

이화여자대학교 · ¹미시간주립대학교

Scientists' Perceptions of Imagination and Characteristics of the Scientific Imagination

Mun, Jiyeong · Mun, Kongju¹ · Kim, Sung-Won*

Ewha Womans University · ¹Michigan State University

Abstract: In this study, we investigated scientists' perception of imagination and explored characteristics of scientific imagination. For this, we found out conceptions and characteristics based on literatures which related to imagination. We recruited eight distinguished Korean scientists who have rich research experiences by using Snowball sampling for in-depth interviews (60-90 minutes). All interviews were audio-recorded and transcribed. From the analysis of interview data, we identified their perceptions of imagination and the nature of scientific imagination which scientists reflect on during their research work. Semi-structured interview protocol was focused on: 1) how scientists perceive 'imagination' and 2) how scientists perceive the role of imagination in their scientific research. As results, we found out that scientists agreed that imagination plays an important role in scientific research process and they perceived imagination as an intrinsic part of human life. The study also indicated that participants have modern viewpoint about imagination. Moreover, we uncovered three characteristics of imagination in the research process. 1) Curiosity and interest have been a driving force for scientists' imagination. 2) When scientists use the imagination, they can be more creative during their research. 3) Imagination contemplated realistic possibilities based on the scientific knowledge, and produced the new ones. Educational implications for utilization of scientific imagination were also suggested.

Key words: imagination, scientist, scientific imagination, scientists' perceptions, in-depth interview

I. 서론

“나는 상상력을 자유롭게 이끌어내는 데에 부족함이 없는 예술가이다. 상상력은 지식보다 중요하다. 지식은 우리가 현재 알고 있는 것에만 국한되지만, 상상력은 모든 세계, 즉 우리가 앞으로 알아내고 이해하게 될 모든 것들을 포괄한다.”

이 글은 1929년 10월 26일 ‘Saturday Evening Post’ 17면에 실린 아인슈타인(A. Einstein)의 인터뷰 내용 중 일부이다. 기자가 그에게 상대성 이론을 정립하는 데에 실행했던 주요 사고 과정에 대하여 문

자, 아인슈타인은 계산능력이나 추론능력이 아닌 자신의 직관과 영감, 그리고 상상력을 언급하였다. 그는 지식은 현재 우리가 이해하거나 알고 있는 것으로 제한되지만, 상상력은 그것을 포함하여 이후에 알게 될 것에 대해서도 생각하도록 한다는 점에서 더욱 중요하다고 강조하고 있다. 물리학자인 틴달(J. Tyndall)도 “감각의 영역을 벗어난 효과를 우리가 시각적으로 제시할 수 있는 능력이 바로 철학자들이 상상력이라고 불렀던 것이다.”(Santi, 2008)고 이야기하며, 창의적인 과학 연구에는 반드시 상상력이 바탕이 되어야 한다고 주장하였다.

아인슈타인과 틴달의 주장은 과학 지식이 생성되는

*교신저자: 김성원(sungwon@ewha.ac.kr)

**2013.10.08(접수), 2013.11.07(1심통과), 2013.12.12(2심통과), 2013.12.12(최종통과)

***이 논문은 2010년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행 연구되었음(NRF-2010-327-B00551).

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2013.33.7.1403>

과정에는 논리적이고 이성적인 측면 뿐 아니라 상상력이 포함된다는 과학의 본성과 연결된다(Lederman *et al.*, 2002). 홍성욱(2009)과 Shepard(1988)는 유명 과학자들의 연구 성취와 여러 과학적 발견 사례들의 문헌 분석을 통해 과학자들의 상상력의 역할을 구체적으로 제시함으로써 상상력의 중요성을 강조하였다. 뉴턴의 예를 살펴보면, 그는 백색광을 프리즘에 쏘았을 때 다양한 색의 연속 스펙트럼이 나타나는 것을 관찰한 뒤, 백색광은 굴절률이 다른 단색광들의 혼합체라는 결론을 내리게 된다(홍성욱, 2009). 이 과정에서 뉴턴은 프리즘을 통과한 연속 스펙트럼을 여러 색의 고리들이 중첩되어 있다가 굴절되면서 늘어난 모습으로 시각화하며 추론하였다. 눈에 보이는 관찰 결과를 바탕으로 실제로는 보이지 않지만 설득력 있는 원인을 찾아낸 뒤, 현상을 설명해내는 과정에서 뉴턴의 상상력이 발휘되었음을 알 수 있다. 한편, 아인슈타인도 빛의 속도로 움직이는 광자라는 개념을 머릿속으로 그리면서, 광자의 입장에서 보이는 것에 대해 상상하는 사고 실험을 통해 여러 가설을 많이 세우곤 했다. 이처럼 과학자의 상상력은 과학 연구 과정에서 자연스럽게 발휘되며, 새로운 지식을 형성하는 데에 중요한 역할을 수행한다.

상상력은 인간만이 지닌 독특한 특성이자, 인간이 세계를 바라보는 관점으로 이해될 수 있다(Warnock, 1976). 상상력은 인간이 인지하는 세계 뿐 아니라, 인지하지 못하는 세계에 대해서도 생각하도록 한다. 현재 우리가 누리고 있는 것들은 인간의 상상력으로부터 출발하였다고 해도 과언이 아니며, 상상력은 인간의 삶과 연결된 필수 요소로 여겨진다(Osborn, 1963). 이러한 이유로 교육학자들은 상상력이 교육에서 유용한 학습 도구로 사용될 수 있음을 지지해오고 있으며(Claxton, 1999; Kosslyn, 1994; Nersessian, 1999), 나아가 상상력이 교육의 핵심이 되어야 한다고 주장해왔다(Fettes, 2005; Gajdamaschko, 2005; Nadaner, 1988). 과학 교육자들과 철학자들도 과학이 상상력과 추론 등 인간의 가치를 자연스럽게 포함하는 활동이라는 점에 동의하고 있으며(Edge, 1985; Frazer & Kornhauser, 1994; Fuller, 1997), 과학 학습과 관련하여 사고 실험, 시각화, 모델링 과정에서 작동하는 중요한 인지 요소로서 상상력을 강조하는 연구들이 수행되었다(Mathewson, 1999; Reiner & Gilbert, 2000). 뿐만 아니라, 과학 교육에서는 학생

의 상상력을 측정하거나 상상력의 활용방안을 제시하는 연구들이 수행되어 왔다(이우봉 등, 2003; Ren *et al.*, 2012). 그러나 여전히 상상력의 개념은 모호하며, 명확히 제시되지 않고 있다. 따라서 상상력에 대한 관점을 정의하고, 그에 따른 특성을 탐색하는 연구가 이루어져야 한다.

과학자는 과학 연구를 통해 눈에 보이지 않는 것을 시각화하여 모형을 만들고, 결과로부터 새로운 현상을 설명하며(김영민, 2006; Park *et al.*, 2009; West, 1991), 이 과정에서 상상력이 발휘된다. 과학자의 상상력은 과학적 성취와 과학자의 사고과정을 포함한 과학 활동에서 중요한 역할을 수행한다는 점에서 과학 교육 연구에서 중요하게 다루어져야 한다. 과학자의 실제 사고 과정과 연구 과정과 관련한 활동을 통해 학생들은 과학자의 탐구 과정을 미리 경험할 수 있을 뿐 아니라(Ford, 2008), 이를 통해 개발된 학습 모형은 학생의 과학 학습 효과를 극대화시킬 수 있다는 장점을 지닌다(양일호 등, 2006; 이선길, 2006). 그러나 현재까지 실제 과학자들을 대상으로 상상력에 대한 인식을 알아보는 연구는 거의 이루어지지 않았다. 과학자의 상상력에 대한 선행 연구들(홍성욱, 2009; Shepard, 1988)은 이미 잘 알려진 과학적 사례들을 주로 대상으로 하고 있으며, 실제 과학자를 연구한 것이 아닌 과학사적인 사례에 대한 문헌 분석이다. 그렇지만 과학자의 상상력은 비단 성취를 이룬 경우에만 발휘되는 것만은 아니며, 문제 상황에서 예기치 않게 발휘되는 경우도 존재할 수 있다. 또한 문헌 분석만으로는 과학자의 연구 과정에서 발휘되는 상상력의 특성을 파악하기에는 한계를 지닌다. 따라서 과학에서의 상상력 특성을 탐색하기 위해서는, 실제 과학자를 대상으로 그들이 상상력에 대해 어떠한 인식을 지니고 있는지 살펴보는 연구가 필요하다.

본 연구에서는 실제 과학자들이 상상력에 대하여 어떻게 인식하고 있으며, 연구 과정에서 상상력을 어떠한 점에서 강조하는지를 알아보았다. 연구 결과를 바탕으로 결론에서는 과학적 상상력의 특성을 도출하고, 과학 교육에의 활용방안에 대하여 논의하고자 한다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 과학자는 상상력을 어떻게 인식하고 있는가?

둘째, 과학자들이 인식하는 과학 연구 과정에서 강조되는 상상력의 특성은 무엇인가?

II. 이론적 배경

상상력에 대한 논의는 서구 철학자들로부터 시작되어 왔으며, 그 개념은 학자와 시대에 따라 다양하게 변화해왔다. 상상력에 대한 서구 철학자들의 전통적 관점은 크게 첫째, 이성에 비해 열등한 기능을 가지는 것으로서 배제되어야 하는 능력과 둘째, 기억의 작용을 도와 재생산의 역할을 수행하는 능력의 두 가지로 나타난다(Johnson, 1990). 그러나 현대의 상상력 연구들은 상상력을 부정적인 것으로 여기기보다는, 상상력이 수행하는 역할을 강조하면서 그 중요성을 부각시켜왔다. 예를 들면, O'Connor과 Aardema (2005)는 전통적 관점에서의 상상력을 그 기능에 따라 '타고난 능력으로서의 상상력', '기억 혹은 심상으로서의 상상력', '독창성과 창의성으로서의 상상력', 그리고 '무(無)심상 상상력'의 네 가지로 구분하기도 하였다. 여기서 상상력은 크게 어떤 것을 새롭게 재구성하는 측면과 심상, 이미지를 떠올리는 측면의 두 가지 의미를 포함하고 있음을 알 수 있다. Kind와 Kind(2007)는 이와 관련하여 상상력이 보편적 의미(general meaning)와 좁은 의미(narrow meaning)를 포함한다고 언급하였다. 보편적 의미에서 상상력은 실제 지식과 경험에 기반을 두고 있으며, 이를 바탕으로 새로운 것을 창조한다. 이는 과학자가 새로운 지식과 이론을 발달시켜 나가는 과정을 포함한다(Holton, 1998). 이와 다르게 좁은 의미의 상상력은 물리적으로 존재하지 않는 상황에서 나타나는 심상을 창조하고 탐색하는 능력으로 정의된다. 이와 관련된 예로 아이들의 가상놀이나 역할놀이에서 나타나는 상상력을 탐색한 연구들이 수행되어 왔다(Harris, 2000; Smith & Mathur, 2009; Vygotsky, 2004).

그러나 상상력의 좁은 의미는 어린 아이들의 공상으로만 간주되는 경향이 있으며, 새로운 것을 창조한다는 보편적 의미의 상상력은 창의성의 개념과 혼용되어 사용된다는 한계점을 지닌다. 일반적으로 창의성은 "새롭고 유용한, 적절한 산출물을 만들어내는 능력"(Boden, 2001)으로 정의되며, 교육 분야에서는 창의성을 인지적 관점에서 지식을 기반으로 문제를 해결하는 한 형태로 바라보기도 한다(박종원, 2004). 최근 과학교육 분야에서 상상력을 적용한 기존의 연구들은 창의력의 관점에서 접근한 것에 국한하고 있다. 예를 들면, Hu와 Adey (2002)는 과학적 창의성의 모

델을 제시하였는데, 과학적 창의성의 과정(process) 요소로서 '창의적 상상력(creative imagination)'을 포함시켰다. 그러나 이들 연구에서는 창의적 상상력이 무엇인지 구체적으로 정의되지 않았으며, 단순히 '창의적 사고(creative thinking)'와 구분되는 개념으로만 제시하고 있다. 한편, Ren 등(2012)은 창의적 상상력의 개념을 제시하며, 학생의 창의적 상상력을 측정하는 도구를 개발하였다. 그러나 연구자들이 개발한 측정 도구는 창의성 검사 도구를 기반으로 하고 있을 뿐 아니라 문제에 대한 학생의 응답을 독창성, 유창성 등의 측면에서 평가하고 있어 기존 창의성의 개념과 크게 다르지 않음을 알 수 있다.

현대 철학자들은 상상력에 대해 좀 더 전인적이며 포괄적인 관점으로 접근한다. 이들은 상상력은 인간에게 내재되어 있는 본질적인 특성으로 보고, 창의성의 개념으로 상상력을 바라보는 것은 제한적이고 구체적인 방식으로 접근하는 것임을 지적한다(Egan, 1992). 상상력에 대한 포괄적인 관점을 제시하고 있는 영국의 철학자 Mary Warnock은 저서 「Imagination」에서 상상력에 관하여 다음과 같이 언급하고 있다.

“상상력은 세계에 대한 우리의 인식 속에서 작용하는 인간 정신의 힘이자, 존재하지 않는 것에 대한 사고 속에서도 작동하는 힘이다. 우리는 상상력으로 인해 존재하는 세계를 볼 수 있으며, 존재하지 않는 세계에 대해서도 바라볼 수 있다. 이 힘은 지적인 것에만 국한되지 않는다. 상상력은 이성(reason) 못지 않게 정서(emotion)로부터도 촉진된다.”(Warnock, 1976, p.196).

위 관점에 따르면 상상력은 우리가 보지 못하는 것에 대해서도 생각할 수 있도록 하는 힘이자, 인간이 세상을 이해하는 고유한 방식이다. 앞서 아인슈타인이 상상력에 대하여 언급한 내용도 Warnock의 관점과 같은 맥락에서 해석할 수 있다. 즉, 지식은 현재 우리가 알고 있고, 속한 세계에 대한 관점을 제시하지만, 상상력은 그 지식을 뛰어넘어 알지 못하는 세상에 대해서도 생각하도록 하는 힘이다. 또한 그 힘의 원동력은 이성적인 측면에서만 오는 것이 아니라 인간의 정서적인 측면도 포함하고 있음을 나타낸다. 따라서 상상력은 인간이 지니는 기본적인 특성이다. Warnock

과 같이 현대적 관점에서 상상력을 바라보는 학자들은 상상력에 대해 모든 인간이 가진 보편적이며 고차원적인 인지능력이라고 여기며, 인간의 사고 활동에서 중요한 역할을 수행한다고 주장한다(Barrow, 1988; Osborn, 1963; White, 1990). 예를 들어 Barrow(1988)는 상상력에 대해 상황에 맞게 어떤 것을 개념화하는 능력을 포함하는 것으로서, 비의도적인 것이 아니며 인지활동의 영역이라고 주장하였다. 즉, 상상력은 여러 창의적 특성 중에서 새로운 것을 산출하거나 문제를 해결하는 특성을 포함할 뿐만 아니라(Holton, 1998; Kind & Kind, 2007), 인간의 사고 전체 과정에서 작동하는 내면적인 힘인 것이다. 이처럼 폭넓은 관점에서 볼 때, 상상력의 개념은 기존 창의성과 구별될 수 있으며, 그 교육적 가치가 더욱 극대화된다. 학습 과정에서 학생들은 지식을 재구조화하고 새로 구성하거나 의미를 재평가하게 되는데, 이 과정에서 전반적으로 학생의 상상력이 필수적으로 요구되기 때문이다(Egan, 1992). 본 연구는 상상력에 대한 Warnock(1976)의 관점을 따르고 있으며, 현대 철학자들과 교육학자들의 상상력에 대한 문헌을 바탕으로 다음과 같이 상상력의 특성을 정리하였다.

- 상상력은 인간이 세상을 이해하는 하나의 방식으로, 모든 인간이 보편적으로 지니는 특성이다. 인간의 사고과정에 중요한 역할을 하는 인지능력을 포함한다.
- 상상력은 인간의 감정, 정서와 관련이 있다(Ribot, 1906; Vygotsky, 2004). 즉, 상상력은 감정에 영향을 받기도 하며, 반대로 감정에 영향을 주기도 한다.
- 상상력은 다양한 창의적 특성(예를 들면 독창성, 유창성 등)과 관련 있다(Holton, 1998; Russ, 2003; Singer, 1999).
- 상상력은 새로운 것을 생산하도록 하며, 그 결과로 예술 작품, 과학 성취와 같은 산출물이 나타난다.

III. 연구 방법

1. 연구 참여자

본 연구에는 국내 과학자 8인이 참여하였다. 본 연구는 과학자들의 상상력에 대한 인식을 알아보고 과

학에서의 상상력이 어떠한 특성을 가지는지 탐색하는 것이므로, 스노우볼 표집방법을 사용하여 첫째, 연구 경력이 풍부하고 둘째, 전문 분야에서 학문적으로 두각을 나타내며 셋째, 현재도 활발한 연구 활동을 진행하고 있는 과학자들을 우선적으로 선정하였다. 예를 들어 과학자 A는 실험 물리학을 전공하였으며, 현재 서울 소재 대학의 교수로 재직 중이다. 또한 국가지정 연구센터(SRC)의 책임자로 활동하고 있으며, 과학기술자상을 수상한 경력을 지니고 있다. 이론물리 분야인 과학자 B, C의 경우에도, 과학자 B는 대한민국 과학상을 수상한 경력을 지녔고 과학자 C는 현재 SRC 소장을 역임하고 있다. 생물 분야로는 식물학과 동물학, 생명공학을 전공한 과학자가 참여하였으며, 이들 모두 30년 이상의 연구 경력을 지니고 있었다. 과학자 D는 전공분야에 대한 저서를 집필한 바 있고, 과학자 E는 국가소속기관의 원장을 맡고 있으며, 과학과 인문분야와 관련한 수상경력이 있다. 과학자 F는 국가 과학자로 선정되었으며, 현재는 석좌교수로 재직 중이다. 한편, 과학자 G는 전공분야에서 학술상 수상과 연구사업의 단장을 역임한 경력을 지녔으며, 과학자 H는 한국과학상을 수상한 바 있다. 이처럼 연구 참여자들은 각 분야와 관련한 수상 경력을 지녔거나, 국가 지정연구센터(SRC)와 같은 거대 연구단을 이끌고 있었다. 따라서 이들의 상상력에 대한 인식을 과학적 성취와 관련지어 탐색하는 데에 적합하다고 판단하였다.

선정된 연구 참여자의 연령대는 주로 50대 중반이 많았으며, 풍부한 연구 경력을 지니고 과학 활동을 수행하고 있는 60대와 70대 초반의 과학자들도 연구에 참여하였다. 연구 경력은 최소 30년 이상으로 나타났으며, 대부분의 연구 참여자들이 국내에서 교수로 재직 중이다. 전공 분야별로는 물리학 3명(과학자 A, B, C), 생물학 3명(D, E, F), 화학 2명(과학자 G, H)이며, 성별은 남자 6명, 여자 2명이었다(〈Table 1〉 참고).

2. 자료 수집

자료 수집은 연구 참여자와의 일대일 심층 면담을 통해 이루어졌다. 연구자는 면담에 앞서 연구 참여자들에게 본 연구의 내용과 목적에 대한 설명을 한 뒤에 참여의사를 확인하는 절차를 거쳤으며, 연구 참여자의 편의에 따라 면담 약속을 정하였다. 면담은 대부분 1회였으며, 면담 장소는 연구 참여자의 개인 연구실이

Table 1
Information of participants

	과학자	분야	전공	세부전공	연령	성별
1	A	물리	실험물리학	파동 및 광학	50대	남
2	B	물리	이론물리학	입자이론	60대	남
3	C	물리	이론물리학	장이론	50대	남
4	D	생물	식물학	식물 계통분류	50대	여
5	E	생물	동물학	동물생태학	50대	남
6	F	생물	생명공학	세포신호전달	70대	남
7	G	화학	생화학	화학 · 나노과학	50대	남
8	H	화학	무기화학	신물질 개발	60대	여

나 실험실에서 이루어졌다. 면담 시간은 60분-90분으로 진행되었고, 연구자는 연구 참여자가 편안하게 느끼면서 자연스럽게 면담에 참여할 수 있도록 분위기를 조성하였다. 연구자는 면담을 위해 기본적인 질문 문항을 구성하고, 면담 중 추가 질문을 할 수 있도록 반 구조화된(semi-structured) 형식의 질문을 사용하였다. 면담의 기본 질문 문항은 문헌 연구로부터 정리한 상상력의 개념과 특성을 기반으로 구성하였으며, 과학자의 상상력에 대한 인식과 과학 연구 과정에서 강조되는 상상력의 역할을 알아보기 위한 목적에 맞추어 구성하였다. 상상력에 대한 인식을 알아보기 위한 세부 질문으로는 상상력에 대한 관점, 과학과 다른 분야에서의 상상력, 과학에서 상상력의 중요성 등에 대한 인식을 구성하였다. 또한, 과학 연구 과정에서 강조되는 상상력의 역할에 대한 풍부한 사례를 제시하기 위하여 연구 참여자에게 상상력이 발휘되었던 상황이나 경험과 관련하여 구체적인 예시를 들어줄 것을 요구하였다. 실제 면담에 앞서 1회의 모의 면담을 실시한 후 답변 내용에 대하여 연구자 간 토의를 통해 면담의 질문을 수정 및 보완하였다. 다음은 면담의 예시 질문이다.

- 상상력은 무엇이라고 생각하시나요? 다른 분야와 비교했을 때 특히 과학에서의 상상력은 무엇이라고 생각하시나요?
- 과학에서 상상력은 어떠한 역할을 한다고 생각하시나요? 연구 과정에서 상상력은 어떤 역할을 하나요?
- 연구 경험과 관련하여 상상력이 발휘되었다고 생

각되는 상황에 대하여 구체적으로 설명해주세요. 어떤 경우에 상상력이 잘 발휘되었나요?

- 과학 연구를 할 때, 상상력이 어떠한 영향을 끼치나요? 구체적인 예를 들어서 설명해주세요.
 - 연구를 하면서 힘들거나 문제에 부딪힌 경우에는 어떠셨나요?
 - 연구를 시작하게 되는 동기는 무엇인가요?
 - 연구 과정에 있어서 가장 중요하게 여기는 점이 무엇인가요?

3. 자료 분석

면담 내용은 연구 참여자의 동의하에 모두 녹음하여 자료 분석에 사용하였다. 자료의 분석은 전사, 코딩, 주제 생성 단계로 구분하여 진행하였다(김영천, 2006). 전사 단계에서는 연구 참여자가 말한 모든 내용을 그대로 전사하였다. 그런 다음 연구자는 모든 전사본을 꼼꼼히 읽은 후, 과학자들의 상상력에 대한 인식과 연구 과정에서 강조하는 상상력의 특성 중 의미 있는 내용에 대하여 초기 코드를 생성하였다. 초기 코드는 과학자 개인별로 추출되었으며, 연구자는 생성된 코드에 대하여 반복되거나 다른 의미를 내포한 경우에 대해 세분화하는 작업을 거쳐 심층 코드를 생성하였다. 코딩 단계는 2인의 연구자에 의해 이루어졌으며, 문헌연구에서 나타난 상상력의 특징을 연구 참여자들의 응답과 비교하며, 과학 연구 과정에서의 강조되는 상상력의 특성을 재정리하였다. 마지막으로 주제 생성 단계에서는 연구 참여자간 교차 분석을 통해 응답한 내용에서 공통점과 차이점을 비교, 분석하

는 작업을 거쳐 발생한 코드들에 대하여 새로운 상위 개념으로 범주화하였다. 자료의 분석 및 해석 과정에는 연구자 2인이 함께 참여하여 지속적으로 분석 자료를 비교하고 검토하는 과정을 거쳐 자료의 해석의 신뢰도를 높이고자 하였다. 또한 과학 교육 전문가 1인이 정기적으로 토의에 참석하여 연구자의 자료 해석을 검토하였다.

IV. 결과 및 논의

1. 과학자의 상상력에 대한 인식

연구 참여자들은 전반적으로 상상력에 대해 긍정적으로 바라보고 있었다. 특히 이들의 상상력에 대한 관점은, 상상력이 모든 인간이 보편적으로 지니고 있는 것이라고 바라보는 Warnock(1976)의 관점과 일치하였다. 예를 들면, 과학자 E는 “과학자들은 상상을 하지 않는다고 생각하는데, 아니에요. 저는 차라리 상상이라고 하지 말고, 공상이라고 해달라고 이야기한 적 있어요. 저도 공상을 무지무지 많이 하고 살거든요.”라고 언급하며, 자신이 평소에도 상상을 많이 한다고 이야기하였다. 또한 과학자 F는 “이 물질과 저 물질을 반응시켰을 때 어떻게 될지, 그런 것도 전부 상상이에요. 전부. 연구할 때도 우리가 상상을 하고 있다고요”라고 말하며, 상상력이 자연스럽게 연구 과정에서 발휘되는 것임을 강조한다. 즉, 상상력이 인간의 정신 활동이라고 인식하고 있으며, 과학 활동에서도 과학자의 상상력은 자연스럽게 발휘된다고 여기고 있었다. 다음은 이와 관련한 과학자 B의 면담 내용이다.

예를 들어, 예술에서의 상상력은 자유로운 거야. 자유분방하고 모든 것을 깨뜨리고 그렇게 생각하잖아요. 자연과학에서 상상력은 로직이라고 하지만, 그럴지만 사실은 그게 같은 거야. 기준이 다르다는 거밖에 없지. 결국 상상력 자체는 같은 거야. 단지 우리가 볼 때 그 사람들은 자유분방하다고 생각하지만 그 사람들은 또 그 사람 나름의 기준이 있는 거야. 그 기준이 밖에서 볼 때 자유분방하다고 생각하지만 그게 아니야. 예를 들어, 피카소의 그림을 볼 때, 피카소는 자신의 룰(rule)이 있어요. 그런데 우리가 그 룰을 모르는 거지. 그래서 우리가 어떻게 저렇게 그럴수가 있지 그러는 거지만, 그게 아닌 거지. 마찬가지로

지로 자연과학에서도 룰이 있는 거야 룰이 다르다는 거 밖에 없지. 그래서 그 룰 하에서 상상력을 발휘한다는 것은 마찬가지. (과학자 B)

과학자 B는 과학자는 자연과학이라는 기준 하에서 상상력을 발휘한다고 이야기하며, 상상력은 본질적으로 모든 인간이 지니고 있다는 관점을 드러낸다. 그러나 과학과 예술에서의 상상력에 대해서 “룰(rule)의 차이”가 있다고 언급한 부분에서는, 과학과 예술에서의 상상력이 발휘되는 맥락이 다르다는 인식을 보여준다. 이와 관련하여 과학자 A는 과학에서의 상상력에 대하여 예술에서의 상상력과 “소재의 차이”가 있다고 언급하기도 하였다. 연구 참여자들의 이러한 인식은 과학에서의 상상력이 다른 분야와 구별될 수 있음을 나타낸다. 다음은 이와 관련한 과학자 C의 면담 내용이다.

이론 물리학의 예를 들어서, 모든 이론들을 하나로 딱 통일하는 이론이 있을까. 이런 것은 어떻게 보면 옛날로 가면 갈수록 공상이고 말도 안 되는 것이겠죠. 다 달라 보이는 모든 현상들을 다 하나로 설명하느냐. 근데 이제 그것이 공상이 아니라 좀 더 구체적으로 적절한 부연적인 조건과 설명을 달면 사실은 굉장히 중요한 그런 것이 되거든요. 그래서 과학자로서의 상상력에 의해서 연구가, 크게 보면, 흘러가죠. 예를 들어 전기가, 러시아라든지 미국, 중국 같이 거대한 곳에서는 발전소에서 사람들 사는 모든데 까지 송전하는데 에너지 손실이 엄청나니까, 예를 들어 소위 말하는 초전도체여서 저항 하나도 없이 다 보낼 수 있다면 귀한 에너지 손실 없이 다 전달해나갈 수 있는 거잖아요. 그런 것을 오래전부터 생각을 해왔을 수 있겠지만, 실질적으로 80년대 중반이후에 고온 초전도체라고 하는 물질이 아직도 이제 굉장히 상당히 아래온도지만, 물질이 드디어 성공했고, 지금도 연구가 이루어지고 그렇잖아요. 그래서 항상 과학적인 상상력이 항상 새로운 연구 방향을 제시해준다고 할 수 있고. (과학자 C)

과학자 C는 과학 연구는 특정한 목적을 가지고 이루어지며 그 과정에서 과학적 상상력이 방향을 제시해준다고 이야기한다. 그는 이론 물리학에서는 궁극적으로 모든 현상을 하나로 설명할 수 있는 하나의 법

칙, 이론을 찾는 것을 목표로 한다고 언급한다. 이처럼 연구 참여자들은 과학은 예술이나 문학과는 다른 기준과 목표가 있으며, 그 안에서 그들의 상상력이 발휘된다고 인식하고 있었다. 이는 상상력이 단순히 머릿속에서 아무런 목적 없이 나열되는 공상과는 구별되는 것으로, 어떤 목적이나 목표를 향하고 있는 인지적 활동이라고 주장한 학자들의 관점과 일맥상통한다(Finke *et al.*, 1992; Murray, 1986). 예를 들어, Finke 등(1992)은 상상력의 목표에 대하여, 과학 분야에서는 과학 이론을 검증하기 위하여 ‘라면 어떻게 될까’의 상황에 대한 상상하는 것이 포함될 수 있다고 말한 바 있다. 한편, 과학자 A는 “자연에서 관찰하는 하나의 현상들 안에 숨어있는 통일성을 바라보는 것”을 목적으로 한다고 이야기하기도 하며, 다음 면담 내용에서 과학적 상상력에 대한 인식을 나타내었다.

나는 물리학이란 그런 것이라고 생각해. 예를 들면 만유인력이라는 것은, 원래 어디 숨어 있었는데 그걸 뉴턴이 찾아낸 것이 아니라, 뉴턴이 그것을 설명해냈다고 생각해. 나는 그런 입장이야. [상상력] 우리가 자연에서 관찰하는 하나의 현상들, 그 자체 안에 숨어있는 어떤 통일성을 다시 본다고 할까. 그것이 어떤 식으로 실이 짜여 있나, 씨줄과 날줄이 어떤 식으로 짜여서 하나의 직모를 구성하는가. 그것을 알아내는 거지. 그래서 나의 입장은 자연을 통일적으로 이해하고, 상상력을 발휘하다 보면 어떤 한 결과가 나오고, 그 자체가 하나의 우리가 보는 세계상의 일부지. (과학자 A)

과학자 A는 과학에서의 상상력은 씨줄과 날줄이라고 하는 개별현상들이 모여서 구성하는 직모, 즉 하나의 통일성을 이해하는 것이라고 이야기한다. 이는 과학 활동이 과학자에게 주어진 여러 자료들을 다양한 방식으로 조합하여 자연에 가장 부합하는 사실을 구성해낸다고 바라보는 구성주의적 관점에 부합한다(Feyerabend, 1994). 그렇기 때문에 과학자의 상상력은 과학 활동에 자연스럽게 포함된다. 과학자 B도 “과학 연구라고 하는 것은 아직까지 우리가 알지 못하는 것을 알아가는 과정”이라며, 그 과정에서 과학자가 다양한 가설을 세우게 되고 그것을 검증해나가는 과정에서 상상력이 발휘된다고 언급하였다.

이처럼 연구 참여자들은 상상력은 기본적으로 모든

인간이 지니는 특성이라는 점에 동의하였으며, 과학적 상상력이 과학이라는 구체적 맥락에서 특정한 목적을 지니고 발휘된다는 인식을 지니고 있음을 알 수 있었다. 이들의 관점은 과학자의 상상력이 과학 지식 형성 과정에 중요한 역할을 한다는 과학의 본성을 주장하는 학자들의 관점과 일치한다(Lederman *et al.*, 2002).

2. 연구 과정에서 강조되는 과학자의 상상력 특성

“과학에서 상상력이 어떠한 역할을 한다고 생각하시나요?”라는 질문에 대하여 연구 참여자들은 연구 과정에서 나타나는 상상력의 특성에 대한 전반적인 인식과 함께 그 과정에서 상상력이 발휘되었던 경험을 구체적으로 나타내었다. 연구 참여자들은 상상력이 본질적으로 인간이 지니는 특성이라고 여겼으나, 과학 연구 과정에서 중요한 역할을 수행하는 상상력의 특성에 대해서는 다른 분야에서 활용되는 상상력과 차이점이 분명히 존재한다고 인식하고 있었다. 본 연구에서는 이를 세 가지 측면으로 구분하였다.

1) 과학자의 상상력은 경험을 통한 호기심과 궁금증으로부터 발휘된다.

연구 참여자들은 과학 연구 과정에서 상상력이 발휘되었던 경험을 이야기하면서, 주변 현상에 대한 궁금증과 호기심을 원동력으로 언급하였다. 즉, ‘왜 그렇게 될까’와 같이 과학자들의 호기심을 불러일으키는 상황에 대하여 더욱 상상력을 발휘하고 몰입하게 된다는 것이다. 이에 대해 여러 학자들은 상상력이 경이감, 호기심 등 인간의 감정과 관련이 있음을 언급해왔다(Ribot, 1906; Vygotsky, 2004; Warnock, 1976). 이는 특히 연구를 시작하게 되는 계기와 관련이 깊었다. 과학 연구를 하는 계기로는 기존 연구의 탐색이나 한계점 등 외적인 요소도 분명 있지만, 연구 참여자들은 지속적으로 연구를 해나갈 수 있도록 하는 것은 결국, 지적 호기심이라는 입장이었다. 다음 과학자 A의 면담 내용은 이를 잘 드러낸다.

그래서 이제 자연계에 대한 풍부한 감성이랄까, 상상력이라고 하는 것은 한 과학자의 길을 걸을 때, 끝까지 과학을 함으로써 만족하고, 그게 이제 내가 좋고 호기심이 있고, 계속 하고 싶고 그게 이제 노력과

열정이 되는 거고, 그것이 나의 상상을 이제 창의력으로 승화시켜서 어떤 과학적인 업적을 이루게 하는. 그게 사실 숨은 원동력은 그런 것 일거라고 보는데. (과학자 A)

과학자 A는 과학에서의 감성이라는 것은 자연 현상 안에서 어떠한 법칙이 있지 않을까 하는 끊임없는 의구심과 호기심이라고 이야기하며, 이러한 감성이 과학 연구에서 상상력을 발휘하도록 하는 원동력이라고 언급한다. 과학자 D도 호기심과 궁금증이 상상력과 연관이 있다고 이야기하며, 식물이 광합성을 한다는 사실에 대하여 “예를 들면, 사람도 식물처럼 광합성을 하는 세포가 있다면 음식을 먹지 않고도 잘 살 수 있을까?”와 같이 연구의 형태로 이어질 수 있음을 언급하였다. 이러한 지적 호기심은 과학자들이 연구를 진행하는 동안 그 주제와 관련된 생각을 끊임없이 하도록 하고, 곧 예기치 않은 상황에서 문제를 해결하게 되는 ‘유레카’와 같은 순간이 발생하도록 하기도 한다. 다음은 이와 관련한 과학자 E의 면담 내용이다.

풀어야 하는 새들의 어떤 행동 문제를 가지고 고민을 하다가, 어느 날 아내랑 시내에 갔다가, 그 사람이 워낙 구두를 좋아해서 구두 가게를 가다가. 문득, 저는 세상 모든 걸 관찰하면서 살거든요, 관찰할 때 항상 풀고 싶은 숙제가 어딘가에 있으니까 어느 때에 탁 하고 연결이 되는 거죠. ‘거 참 이상하다.’ 하고, [아내를] 먼저 들여보내고 잠깐 밖에 서있었어요. [이상한 점이 뭐였냐면] 구두 가게가 한 10개가 있어요, 타닥타닥 붙어서. 근데 왜 [붙어서] 있지? 새들도 궁금했던 게, 수컷들이 왜 모여서 구애 활동을 하지 이런 거였는데. 근데 우리 انسان이랑 한, 두 군데를 들어가는데 그 사람이 어떤 집은 그냥 지나가요. [그래서] ‘왜 지나가느냐’ 하면 아 저기 못 만들어. 그럼, 구두 못 만드는 집이 잘 만드는 집 옆에 서가지고 장사가 되냐 말아야. 근데 장사 되거든요. 그래서 그걸 가지고 찾느라고 경제학과 가서 물어보다가 산업경제의 어떤 이론을 찾아내고 그 두 이론을 엮어서 새의 행동과 관련지어서... (과학자 E)

과학자 E는 동물의 행동에 대한 연구를 하던 중, 구두 가게들이 줄지어 서 있는 현상을 관찰하다가 자신의 연구에서 풀리지 않았던 문제에 접목시켜 해결하

게 된다. 연구 주제에 대해 몰입하여 있던 순간, 주변을 관찰한 후 발생한 궁금증이 자신의 주제와 연결 고리처럼 이어져 새로운 아이디어를 생성한 것이다. 과학자 B도 어느 순간 “스쳐지나가는 실험실에서의 그런 일을, 아, 이게 이러한 의미가 있었구나. 탁 깨우치고 캐치하는 거죠.”라며 언급하기도 하였다. 연구 참여자들의 호기심과 궁금증은 주변 현상에 대한 관심과 관찰하는 습관에서 비롯된다. 앞서 과학자 E의 예에서도, 아무런 관련이 없어 보이는 구두 가게를 세심하게 관찰한 것이 문제를 해결하는 실마리로 작용한 것을 알 수 있다. 한편, 생명과학을 전공한 과학자 G는 어떤 생물체에게서 나타나는 특이한 행동이나 패턴을 연구하던 경험의 일부를 다음과 같이 언급하였다.

아까도 얘기했지만 나무를 보고 있다가, 저 놈 왜 안 죽지, 겨울인데. 근데 저 소나무는 오키나와에서도 똑같이 봤는데, 그 놈은 한 번도 안 추울 텐데, 쓸데 없이 부동액 만들어서 뭐하겠나. 그래서 1월에 가서 채취해서 크로마토그래피 넣어보니까 패턴이 다른 게 나오는데 유전학적으로는 따지면 같은 계열에 있는 놈이고. 그럼 언제쯤 이게 갈라졌겠다. (중략) 그럼 이거(다른 패턴)는 찬 곳에 사는 놈과 따뜻한 곳에 사는 놈의 차이를 가져올 수 있겠구나. 그 놈(오키나와의 소나무)이 완전 능력을 잃은 것이 아니고, 다시 갔다가 북쪽에 심으면 다시 고평하게 있던 잠재력을 발휘해서 사는구나. (과학자 G)

과학자 G는 겨울에 소나무를 바라보다가 온도가 다른 지역에서 같은 종의 소나무를 떠올리고 연구를 진행하여 온도에 따른 차이점을 밝혔다. 생명체의 패턴과 행동에 대한 이유를 밝히고자 하는 과학자 G의 지적 호기심이 의도적으로 주변 생명체를 관찰하는 습관과 연관되어 상상력을 발휘하게 된 것이다. 이와 같이 연구 과정에서 상상력은 과학자들이 몰입하여 무엇인가를 하는 상황에서 더욱 발휘되며, 이는 어떤 현상이나 주변을 관찰하는 경험으로부터 비롯된다고 볼 수 있다. 뿐만 아니라 어린 시절의 경험도 연구 참여자들이 상상력을 발휘하는 데에 간접적으로 영향을 주었다. 예를 들어, 식물 분류학을 전공한 과학자 D는 어린 시절 주변 식물을 관찰하던 습관이 현재 과학자가 되어 연구를 하는 데에 큰 동기로 작용했음을 이야기하며 다음과 같이 언급하기도 하였다.

그 당시에 누가 자연공부를 시킨 게 아니니까 그냥 한번 해보는 거죠. 숙제를 내면 숙제를 하는 거고 길을 가면 자연을 자연히 인지해 보는 거고. 그런 것을 되살리는 것은 훨씬 더 수월하지만 전혀 아무것도 상상해보지 않은 것을 새롭게 뭐 하는 것은 더 어렵죠. 그때는 단순했지 지나치고 그냥. 그런데 그런 게 무의식적으로 깔려있지 않았을까. 예를 들면 냉이를 캐본다던지 달래를 캐본다던지 이런 경험이 있다가, 우린 다 잊어버렸지만 나중에 내가 캐봤을 때, 아 이게 그거였구나, 하고 연결이 되었다는 거죠. (과학자 D)

어린 시절 자연을 접할 기회가 많아 식물을 관찰하던 사소한 경험들이 연구를 하는 과정에서 자연스럽게 되살아나 상상력을 발휘하는 데에 도움을 주는 것이다. 과학자 H도 어린 시절 모든 것을 예사로 안보고 관찰하고 토론하는 경우가 많았다고 언급하였으며, 과학자 C는 주변의 자연환경은 어렸을 때에도, 지금도 상상력을 자극하는 매체라고 이야기하였다. 이는 Vygotsky(2004)는 상상력이 사회적, 문화적으로 형성됨을 강조하며, 자신이 가지는 기존의 경험, 즉 현실에서 주어진 소재를 이용하여 상상력이 발휘된다고 주장한 바와 일맥상통한다.

이와 같이, 과학자의 상상력은 주변 현상에 대한 지적 호기심과 궁금증이 원동력으로 작용하였으며, 특히 연구 참여자들은 과학 연구 과정에서 이러한 원동력은 자연에 대한 남다른 관심과 관찰하는 경험에서 비롯된다는 점을 강조하고 있었다. 이는 현대적 관점에서 인간의 정서, 감정과 상상력이 관련이 있다는 특징과 일치한다.

2) 과학자의 상상력은 기존의 지식이나 방식을 뛰어넘어 새로운 관점을 갖도록 한다.

과학 연구 과정은 과학적 방법에 의해 논리적으로만 이루어지지 않는다(McComas & Almazroa, 1998). 즉, 연구 과정에서 과학자들은 아무런 의미 없이 나열되어 있는 것처럼 보이는 자료들의 연관성을 찾고 법칙을 만들며, 이 과정에는 기존에 알려진 지식을 뛰어넘어 새로운 것을 발견할 줄 아는 능력이 요구된다. 연구 참여자들은 이 과정에서 상상력이 중요한 역할을 수행한다고 언급하였다. 다음의 과학자 A의 면담 내용도 이러한 관점을 나타낸다.

자연과학에 사과가 얼마나 떨어지고 이런걸 아무리 써내도 의미가 없어. 과학자라는 것도 단순히 데이터만 나열해서는 아무도 관심을 가지지도 않고 어느 누구도 감사함을 가지지 않아. 그래서 그 안에서 어떠한 하나의 통일성 그런 개념을 찾는 것은 인간의 상상력이야. 그래서 그게 굉장히 중요하지. 그게 없으면 팡이지. 그래서 사람들이 티코브라헤보다 케플러를 더 많이 알잖아. 20-30년간 관찰을 했지만 그 안에 감추어진 것을 법칙으로 끌어낸 케플러가 유명하고 그 사람보다 유명한 게 뉴턴이지. 뉴턴은 케플러의 법칙은 경험의 법칙이고, 뉴턴은 그것에 하나의 원리가 있을 것이다 해서 얘기를 했지. (과학자 A)

실험 물리학을 전공한 과학자 A는 과학에서의 상상력은 하나의 통일성을 찾고자 하는 것이라고 언급하면서, 단순히 주어진 데이터를 나열하는 수준을 넘어서서 그 안에서 새로운 개념을 찾아내는 것이 과학자의 역할이라고 이야기하고 있다. 케플러와 뉴턴은 티코브라헤가 관측한 데이터를 나름대로 해석하여 새로운 법칙과 원리를 이끌어냈다는 점에서 그들의 상상력이 발휘되었다고 볼 수 있다. 이와 관련하여 Millar(2000)는 기존 관점에서 벗어나 다른 관점에서 새롭게 생각하는 것이 상상력의 중요한 측면이라고 강조하며, 이것이 곧 새로운 과학 발견으로 연결된다고 주장한 바 있다. 이미 알고 있는 것과 다른 관점에서 바라보고 새로운 것을 제시하는 측면은 창의적 특성과 관련이 깊다. 연구 참여자들도 상상력이 발휘되는 과정에서 독창성과 같은 창의적 특성이 나타난다는 관점을 나타내었다. 다음은 과학자 F의 면담 내용이다.

무엇보다도 더 중요한 것은 독창성. 아이디어도 아이디어이지만, 내가 생물 같은 것을 이해한다고 하면, 내가 보는 관점에서만 보는 게 아니고 저 나무를 볼 수 있는 관점을 여러 관점에서다가 [보야 해]. 재(나무)를 뿔감으로 볼 수도 있고. [아니면] 저 밑에 있는 생물들이 나무하고 어떻게 공생관계에 있나, 저 나무의 뿌리가 있으면 저 미생물은 어떻게 하나, 이런 식으로 공생관계에 있는 것을 들여다보는 사람도 있고. 여러 가지 [관점이] 있는 사람들과 커뮤니케이션을 해야 한다. 나무만 바라보다가 저 성질을 정의해주고, 저 나무를 또 땅에 토지를 바꿔주고 거기 있는 미생물들하고 상호작용하는 것을 볼 줄 알아야하고. (과학자 F)

과학자 F는 같은 나무를 바라보더라도 인간의 눈을 통해 보이는 것만 보는 것이 아니라, 여러 관점에서 다양하게 바라보는 것이 중요하다고 이야기한다. 익숙하지 않고 새로운 관점에서도 생각해야한다는 점에서 과학 연구에서의 독창성이 강조되고 있는 것이다. 문제 상황에서 다양한 관점으로 대안을 찾는 과정에서도 과학자들의 상상력은 창의적 특성을 나타낸다. 예를 들어, 연구 참여자들은 때때로 실험이 제대로 되지 않는다면 결과도 제대로 나오지 않는 등 예기치 못한 상황으로 인한 어려움을 겪었다고 이야기하며 상상력을 발휘한 경험을 언급하였다. 다음 과학자 D의 면담 내용은 이를 뒷받침한다.

기계를 쓰다가 고장이나요 그러면 요새 학생들은 대체로 그냥 밀쳐둬 고장 났으니깐. 안 쓰고. 그래서 [기계가] 어디 갔냐고 물으면 고장 나서 안 되서 쌓아뒀다고 말해요. 그래서 꺼내보면 굉장히 단순한 것인데도 학생들이 시도를 안 해요. 그래서 혹시 이런 게 아닐까, 상상해서 조여 본다든지 뜯어본다든지 하면 쉽게 고칠 수 있는 것도 그런 생각들이 결여되어 있어. 다 상상이에요 실험 과정은. 실험이 안 될 때에도 이게 어떤 과정에서 잘못되었을 때에 이런 걸까 생각해야하니깐, 이런 상상도 들어가고 기초 지식도 들어가고. (중략) 다 해보는 스타일이죠. 이게 안 되면 이게 왜 안 될까 생각을 해서 한 번, 어차피 안 되는 거니까 현재로서는. 내가 노력해서 시도해서 되면 좋아지는 거니까 그러니까 생각을 해서 시도를 하는 거죠. 이게 안 되면 왜 이게 안 될까 생각을 해서, 노력해서 시도해서 되면 좋아지는 거니까. 그런 생각을 기본적으로 해야 그 다음 단계까지 쭉 나가는 거지. (과학자 D)

과학자 D는 실험 과정에서 문제가 생겼을 때에, 이를 어떻게 하면 해결할 수 있을지 가능한 한 많은 방안을 생각하여 효과적인 방법을 찾았다고 이야기하고 있다. 이는 Barrow(1988)가 상상력이 “특정한 상황에서 일상적이지 않고 효과적인 것을 의식적으로 생각하는 성향과 능력”을 포함하고 언급한 관점과 일맥상통한다. 여기서 “일상적이지 않다”는 것은 틀에 박힌 것을 뛰어 넘는 것을 의미하며, “효과적인 것”은 직접 마주친 문제를 해결할 수 있도록 도움이 된다는 것을 뜻한다. 이러한 관점에서 볼 때, 과학자 D는 실험 기구가

고장이 난 상황에서 이를 해결하기 위하여 상상력을 발휘하여 독창적인 방법을 의도적으로 생각했음을 알 수 있다. 연구 참여자들의 이와 같은 인식은 상상력이 창의성과 서로 관련이 있다고 언급한 다른 학자들의 관점과 일치한다(Hoff, 2005; Singer, 1999).

3) 과학자의 상상력은 과학 지식을 기반으로 현실 가능성을 고려하며, 새로운 것을 산출하도록 한다.

과학자들의 상상력은 현실화와 관련이 깊다. 과학자는 연구를 통해 그 결과로 새로운 것을 발견하거나 창조하게 된다. 예를 들어 물리학자들은 연구 과정의 결과로서 새로운 과학적 방법이나 이론을 발견하여 제시하거나, 기존의 이론을 수정하게 된다(Park *et al.*, 2009). 또한, 유명 과학자들의 성취 사례에서도, 상상력의 결과물로 우리에게 잘 알려진 이론과 법칙을 도출된 것을 알 수 있다(Shepard, 1988). 이처럼 과학 연구는 그 자체로도 중요하지만, 과학자의 상상력은 현실화하여 결과를 도출하는 데에 의미가 있다. 연구에 참여한 과학자들도 같은 입장을 나타내었다. 과학자 B는 “과학 연구에서의 상상력은 결국 현실화를 염두에 두고 하는 것”이라고 말하며, 과학자의 상상을 통해 인류 문명이 발전해간다고 언급하였다. 과학자 A의 면담 내용도 이를 뒷받침한다.

이제 과학적 상상력이라는 것은 자연 속의 인간이야. 아까 세계라는 말은 주로 사람과 사람사이 이런 걸 의미하잖아. 그런데 이제 자연 속의 인간이라는 것은 우리 둘레는 다 자연현상이 있어. 인간이 자연의 일부이기도 하지만 내가 내 자신을 반성적으로 바라보는 것처럼 자연을 대상으로 바라볼 수 있는 거야. 자연과학의 경우에는 우리가 자연을 통일적으로 이해하면서 우리에게 풍부함을 주지만, 그 뿐만 아니라 그것을 넘어서서 하나의 테크닉으로 바뀌어서 우리에게 전기도 주고 에어컨도 주고 이렇게 되니까 어떤 면에서는 또 다른 면이 있어. 그래서 이런 과학적 상상력이 정말 올바른 상상력일 때에는 체계적인 사고가 필요하다고 논리적 사고. (과학자 A)

과학자 A는 과학적 상상력을 통해 자연을 이해하는 것에 대한 만족감을 줄 뿐 아니라, 실제 기술로 전환되어 삶 속에 적용된다는 점을 설명하면서, 이를 위해 요구되는 것은 체계적인 사고라고 말한다. 같은 맥락

에서 과학자 D도 과학 연구 과정에서 상상력은 새로운 결과를 이끌도록 한다고 이야기하며, “과학 지식이 없으면 논리가 없다”고 언급하였다. 과학자의 상상력이 연구의 결과로서 새로운 성취를 이루기 위해서는 현실 가능성에 대한 판단이 요구되며, 그 판단은 논리적이고 체계적인 사고를 필요로 하는 것이다. 따라서 연구 참여자들은 목적 없이 상상만 하는 것은 “단순한 공상일 뿐”이며, 과학 연구 과정에서 직접적으로 중요한 영향을 끼치지 않는다고 언급하였다. 이와 관련하여 Finke 등(1992)은 상상력이 어떤 활동을 목적으로 구체화될 때, 새로운 산출물이 나타나게 된다고 이야기한 바 있다. 즉, 과학자의 상상력은 반드시 과학 지식을 바탕으로 하고, 이를 기반으로 연구를 통해 새로운 결과를 나타내게 된다. 과학자 B는 과학자의 상상력은 “많이 아는 것에서부터 시작한다”고 말하며, 과학 지식이 없는 상태에서는 불가능하다고 언급하였다. 이러한 측면에서 Barrow(1988)는 상상력을 함양시키기 위해서는 우선 관련 주제에 대한 이해를 발달시켜야 할 필요가 있다고 언급하기도 하였으며, Passmore(1998)는 상상력에 대하여 “훈육된 공상(disciplined fancy)”이라며 공상과 구분 지었다. 이에 대하여 평소 자신이 공상에 가까운 상상을 많이 한다고 언급한 과학자 E는 과학자의 상상력은 풀고자 하는 과학 문제랑 연관되기 때문에 “educated 공상”이라고 말하며, 그렇지 않으면 황당한 공상이라고 말하였다. 다음 과학자 C의 면담 내용도 이를 뒷받침한다.

예를 들어 하늘의 별을 보더라도 우리가 ‘은하수라고 하는 것은~’ 하면서, 체계적인 [과학] 지식을 초·중·고에서도 단계적으로 배우지만, 별, 진화, 현재 우리까지 이론적으로 어디까지 이해하고 있는 지[와 같이] 이런 것을 알게 되면 구체적인 질문을 던질 수 있잖아요. [그런데] 일반인을 만나게 되면 막연히 던진 질문. 우주가 끝이 있느냐 없느냐 시간이 영원한 것이냐, 어떤 것이냐. (중략) 과학적 상상이나 공상은 배운 것을 바탕으로 하지 않으면 질문 자체도 어려워요. 배운 걸 바탕으로 하지 않으면, 과학 교육 안 받은 사람은 몰라요. 모르는 게 뭔지도 몰라요. 뭘 모르는지도 모르니까. 그래서 교육이라는 것은 이제 과학적인 눈을 제공해 주는 것이거든요. 어떤 현재 우리가 가지고 있는 과학적인 눈은 이런 거다. 그래서 우리가 이 눈을 가지고 사물을 보고 구

조를 이해하고 그걸 통해 자꾸 보면서 아 이게 잘못된 거 같고, 이렇게 보겠쥬. 그렇게 [교육을 받지 않으면] 장님이니까. (과학자 C)

과학자 C는 일반인과 과학자의 상상력의 차이점은 과학적으로 바라보는 눈(eye)이 있느냐 없느냐의 차이라고 말하고 있다. 과학 지식은 과학자에게 자연을 바라보는 눈을 제공해준다. 따라서 과학자의 상상력은 자연스럽게 과학 지식이나 개념에 영향을 받게 된다. 실제로 학생들의 상상력에 대한 연구들은 상상력이 기존 지식에 영향을 받는다는 결과를 보고하기도 하였다(전명남 등, 2002; Ward, 1994). Ward(1994)는 연구 결과를 바탕으로 상상력이 기존의 지식이나 경험에 많은 영향을 받는다는 측면에서 ‘구조화된 상상력(structured imagination)’이라고 일컫는 바 있다. 과학 학습에서 사용되는 사고 실험 과정에서도 과학 개념을 기반으로 상상력이 발휘되며, 그 안에서 논리가 작용한다(Reiner & Gilbert, 2000).

그러나 과학자의 상상력이 반드시 현실화를 목표로 하는 것만은 아니다. 연구 참여자들은 현재의 과학 지식을 바탕으로 현실 가능성에 대한 판단을 하지만, 현실성이 낮은 것에 대해서도 가능성은 열어둘 수 있다고 이야기한다. 이는 과학 지식이나 이론은 절대적인 것이 아니며, 언제든지 변화할 수 있는 가능성을 지니고 있다는 과학의 본성과 연관된다(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998). 다음은 과학자 C의 면담 내용이다.

어쨌든, 지금 우리는 현재라는 틀에서 생각을 하니 까. 지금은 비현실적인 것도 나중에는 그것이 전혀 그렇지 않을 수도 있고, 나중을 위해 항상 열어놔야 되겠쥬. 그래서 여러 과정에서 듣게 되는 코페르니쿠스 반전의 생각도, 한번 우리가 생각이 굳어지게 되면 그것이 잘못된 지도 모르고, 거기에 의존해서 생각하기 때문에 바르게 생각하지 못할 수도, 얼마든지 그런 오류가 있을 수 있잖아요. (과학자 C)

V. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 과학자의 성취 사례와 사고 과정에서 중요한 역할을 수행하는 과학적 상상력에 대한 이해를 도모하는 것이다. 상상력은 인간이 지닌 기본적인 특성으로 우리 삶에 절대적으로 필요한 요소이

다. 과학에서도 상상력은 과학의 본성의 요소로서 강조되어왔으며, 유명 과학자의 성취 사례에 대한 선행 연구들도 과학자의 상상력이 연구 과정에서 중요한 역할을 수행하고 있음을 보고하고 있다. 그러나 이러한 관심에도 불구하고, 실제 과학 교육에서 상상력에 대한 연구가 거의 이루어지지 않았으며, 상상력의 정의도 다양하다. 이에 본 연구에서는 실제 과학자를 대상으로 상상력에 대한 인식과 함께 그들이 강조하는 과학 연구 과정에서의 상상력의 특성을 탐색함으로써, 과학적 상상력이 과학 교육에 지니는 가치와 활용 방안에 대하여 논의하고자 하였다.

연구 결과에 따르면 연구 참여자들은 전반적으로 상상력에 대해 긍정적으로 인식하고 있었으며, 모든 인간이 지니고 있는 인지적 특성이라고 여긴다는 점에서 Warnock(1976)의 관점과 일치하였다. 예를 들어 과학자 E가 “저도 상상을 무지 많이 하고 살거든요”라고 언급한 바와 같이, 연구 참여자들은 과학자도 상상력을 필요로 하며, 실제로도 자신들은 많은 상상을 하면서 살아간다고 주장하였다. 이러한 연구 참여자들의 응답은 과학 활동이 과학자의 상상력을 자연스럽게 요구하는 구성주의적 과정이라고 인식하는 데에서 비롯되고 있음을 알 수 있었다. 뿐만 아니라 상상력은 본질적으로는 같다는 데에는 동의하였지만, 과학적 상상력은 과학이라는 구체적인 맥락에서 특정한 목표와 기준 하에서 발휘되는 것이라는 관점을 나타냈다. 한편, 연구 참여자들의 상상력에 대한 인식은 문헌 연구에서 나타난 현대 철학자 및 교육학자들의 상상력에 대한 관점과 부합하며, 연구 과정에서 강조되는 과학적 상상력의 특성을 잘 드러내고 있었다.

이를 바탕으로 연구자들은 과학적 상상력의 세 가지의 특성을 추출하였다. 첫째, 과학자의 상상력은 주변 현상에 대한 지적 호기심과 궁금증이 원동력으로 작용하며, 연구 참여자들은 자연에 대한 남다른 관심과 관찰하는 경험에서 비롯된다는 점을 강조하였다. 이는 현대적 관점에서 인간의 정서, 감정과 상상력이 관련이 있다는 특징과 일치한다. 둘째, 연구 참여자들은 연구 과정에서 상상력을 통해 기존에 알려진 지식을 뛰어넘어 새로운 관점을 갖도록 한다는 측면에서 과학적 상상력이 독창성, 다양한 관점 등의 창의성과 관련 있다고 강조하기도 하였다. 따라서 과학적 상상력은 발휘되는 과정에서 창의적 특성을 나타낸다. 마지막으로 과학자들의 상상력이 현실화되어 연구 결과

로서 새로운 것을 산출하는 데 의미가 있음을 언급하며, 과학 지식이 기반이 된다는 특성을 강조하였다. 이는 과학적 상상력이 생산적 특성을 띤다고 볼 수 있다.

연구 결과를 바탕으로 연구자들은 다음과 같이 제안하고자 한다. 첫째, 과학 교육에서 상상력이 지니는 교육적 가치에 대한 논의가 이루어져야 한다. 그동안 과학과 상상력의 관련성이 강조되었음에도 불구하고, 과학 교육에서 상상력은 상대적으로 소홀하게 다루어졌다. Kind와 Kind (2007)는 이에 대하여 과학 학습에서 상상력을 중요하게 인식하고 있지 않다는 점을 언급하기도 하였다. 그러나 연구 참여자들이 상상력이 연구 과정에서 반드시 필요하다고 인식하고 있다는 본 연구의 결과는, 과학 학습에서 과학적 상상력이 유용하게 활용될 수 있는 가능성을 지니고 있음을 나타낸다. 과학자가 하는 과학 활동이 단순히 논리적인 것이 아니라 인간의 기본 능력인 상상력에 기반하고 있다는 점을 강조하고 있다는 점에서, 과학 교육자 및 과학 교사들에게 과학적 상상력의 중요성을 재인식하는 것이 요구된다. 특히 과학자 E가 과학적 상상력에 대해 “educated 공상”이라고 언급한 면담 내용은, 과학 학습에서 학생이 상상력을 발휘할 수 있도록 과학 교육에서 알맞은 환경을 제공해주는 것이 가능함을 나타낸다. 이우봉 등(2003)은 중학교 과학 교과서에 상상력을 활용하는 방안을 제시하여 학생의 상상력을 증진시켜야 할 것을 강조하기도 하였다.

둘째, 과학적 상상력의 특성 및 활용방안에 대한 논의의 필요성이다. 과학자는 연구를 통해 자연 현상을 탐구하며, 과학 지식을 형성해나가는 역할을 수행한다. 따라서 과학자의 상상력은 과학이라는 구체적인 맥락에서 발휘되는 것으로서, 다른 분야의 상상력과 구별될 수 있다. 이러한 이유로 Shepard(1988)는 과학자의 연구 성취에서 나타난 상상력에 대하여 과학적 상상력(scientific imagination)이라고 명명하였으며, Holton(1998)은 과학자의 상상력은 시각적 상상력(visual imagination), 은유적 상상력(metaphoric imagination), 주제적 상상력(thematic imagination)으로 구분되는 특성을 지닌다고 주장하였다. 본 연구에서도, 연구 참여자들은 연구 과정에서 강조되는 상상력의 역할이 다른 분야와 구별된다고 언급하였다. 특히, 실제 과학자를 대상으로 성취 사례만이 아니라 연구 과정 전반에서의 상상력을 다루고 있기 때문에, 본 연구에서 도출한 과학적 상상력의 특성을 과학 학

습에서 구체적으로 적용하여 활용할 수 있는 가능성이 더욱 크다고 여겨진다. 이는 최근 소설가의 '문학적 상상력'이나, 윤리적 기능을 강조하는 '도덕적 상상력'과 같이 특정 과목과 관련하여 상상력의 활용성을 높이고자 하는 연구들이 진행되고 있는 맥락과도 일치한다(김창원 등, 2000; 윤건영, 2000; 최지현, 2007). 본 연구 결과에서 도출된 과학적 상상력의 특성은 일반적인 과학 학습 상황 뿐 아니라, 과학자의 활동과 유사한 교육 프로그램을 개발 및 적용하는 연구에서도 유용하게 활용될 수 있다. 예를 들면, 연구 참여자들이 주변에 대한 관심과 관찰하는 습관을 통해 호기심과 궁금증을 지니고 이를 통해 연구 과정에 몰입하여 상상력을 발휘하게 되었다는 점에서, 과학 학습에서는 학생들에게 궁금증과 호기심을 자극할 수 있는 관찰 상황을 제공하여 상상력을 발휘할 수 있도록 도울 수 있다. 이와 관련하여, 구민아 등(2009)은 과학자 폴링의 연구 과정을 분석하고 그 과정에서 나타난 사고방법 요소를 추출하여, 과학 영재를 위한 교육 프로그램에 적용할 것을 요구한 바 있다.

본 연구는 과학 교육에서 상대적으로 소홀히 다루어지고 있는 상상력의 특성을 탐색하고, 실제 과학연구를 진행하는 과학자들의 인식을 통해 알아보았다는 점에서 연구의 의의를 지니며, 앞으로 과학 학습에서 상상력의 활용 방안에 대한 기반으로 작용할 수 있을 것으로 기대된다.

국문 요약

본 연구에서는 과학자들의 상상력에 대한 인식과 과학 연구 과정에서 나타나는 과학적 상상력의 특성을 탐색하였다. 문헌 연구를 바탕으로 상상력의 개념과 특성을 도출한 뒤, 실제 과학자를 대상으로 상상력에 대한 인식과 연구 과정에서 강조되는 상상력의 특성을 알아보았다. 연구 참여자로는 스노우볼 표집을 통해 국내 과학자 8인을 선정하였으며, 개별 심층 면담을 통해 자료 수집이 이루어졌다. 면담은 주로 60-90분 동안 진행되었으며, 면담 내용은 모두 전사하여 분석 자료로 사용하였다. 면담 질문은 상상력에 대한 인식과 연구 과정에서 상상력이 발휘되었던 경험과, 상상력의 역할 등을 물어보는 반 구조화된 형식으로 구성하였다. 연구 결과, 과학자들은 상상력이 과학 연구 활동에서 중요한 역할을 한다고 인식하고 있었으

며, 상상력에 대하여 긍정적인 관점을 지니고 있었다. 특히 과학자들은 상상력이 인간이 지니고 있는 특성으로 바라보았으며, 상상력의 개념을 폭넓게 이해하는 현대적 관점을 지니고 있었다. 연구 과정에서 강조되는 상상력의 특성은 문헌 연구에서 나타나는 상상력의 특성과 일치하였으며, 크게 세 가지로 분류하였다. 첫째, 과학자들의 상상력은 경험을 통한 지적 호기심과 궁금증이 원동력으로 작용한다는 것이다. 둘째, 과학적 상상력이 발휘되는 과정에서 창의적 특성이 나타난다. 셋째, 과학적 상상력은 과학 지식을 기반으로 현실 가능성을 고려하며, 새로운 것을 산출하는 특성을 지닌다. 연구 결과를 바탕으로 결론에서는 과학적 상상력의 특성을 도출하고, 그 의미와 함께 과학 학습에서의 상상력 활용 방안에 대하여 논의하였다.

참고 문헌

- 구민아, 김지영, 박종석, 김영민, 서혜애 (2011). 과학영재를 가르치기 위한 창의적 화학자 폴링의 연구과정 분석. *영재교육연구*, 21(4), 945-959.
- 김영민 (2006). Kepler의 망막 상 이론 형성 과정에서의 과학적 문제 발견과 귀추적 사고. *한국과학교육학회지*, 26(7), 835-842.
- 김영천 (2006). *질적 연구 방법론*. 서울: 문음사.
- 김창원, 정재찬, 최지현 (2000). *문학교육과 상상력*. 독서연구, 5, 131-193.
- 박종원 (2004). 과학적 창의성 모델의 제안: 인지적 측면을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 24(2), 375-386.
- 양일호, 정진수, 권용주, 정진우, 허명, 오창호 (2006). 과학자의 과학지식 생성 과정에 대한 심층 면담 연구. *한국과학교육학회지*, 26(1), 88-98.
- 윤건영 (2000). 정보사회에 윤리교육 목적으로서의 도덕적 상상력. *동서철학연구*, 20(1), 61-83.
- 이선길 (2006). 고등학교 과학영재를 위한 사사연구(R&E)프로젝트 학습 모형의 개발과 적용. *이화여자대학교 대학원 박사학위 논문*.
- 이우봉, 박정혜, 정원우 (2003). 중학교 과학교과서에서의 상상력 활용에 관한 연구.
- 전명남, 김영채, 박윤배 (2002). 과학 영재아의 상상과제 수행에 대한 질적 분석. *교육심리연구*, 16(3), 221-233.
- 최지현 (2007). *문학교육의 교육적 상상력*. 국어국문학,

- 147, 167-191.
- 홍성욱 (2009). 상상력의 과학, 과학의 상상력. *독일어문 화권연구*, 18, 249-288.
- Abd-El-Khalick, Bell., & Lederman. (1998). The nature of science and instructional practice. Making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.
- Barrow, R. (1988). Some Observations on the Concept of Imagination. In Egan, K. & Nadaner, D. (Eds.), *Imagination and Education* (pp. 79-90). New York: Teachers College Press.
- Boden, M. (2001). Creativity & knowledge. In A. Craft, B. Jeffery, & M. Leibling (Eds.) *Creativity in education* (pp. 95-102). London: Continuum.
- Claxton, G. (1999). *Wise up. The challenge of life long learning*. London: Bloomsbury.
- Edge, D. (1985). Dominant scientific methodological views: Alternatives and their implication. In D. Gosling & B. Musschenga (Eds.), *Science education and socioscientific values* (pp. 1-9). Washington, DC: Georgetown University Press.
- Egan, K. (1992). *Imagination in teaching and learning*. Chicago: University of Chicago.
- Fettes, M. (2005). Imaginative transformation in teacher education. *Teaching Education*, 16(1), 3-11.
- Feyerabend, P. K. (1994). Art as a product of nature as a work of art. *World Futures*, 40, 87-100.
- Finke, R. A., Ward, T. B., & Smith, S. M. (1992). Structured imagination. In R. A. Finke, T. B. Ward, & Smith, S. M. (Eds.) *Creative cognition: theory, research and applications*. Massachusetts: The MIT Press.
- Ford, M. J. (2008). Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning. *Science Education*, 92(3), 404-423.
- Frazer, M., & Kornhauser, A. (Eds.). (1986). *Ethics and social responsibility in science education*. Toronto: Pergamon.
- Fuller, S. (1997). *Science*. Buckingham, UK: Open University Press
- Gajdamaschko, N. (2005). Vygotsky on imagination: Why an understanding of the imagination is an important issue for schoolteachers. *Teaching Education*, 16(1), 13-22.
- Harris, D. (2002). *The work of the imagination: Understanding children's worlds*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Hoff, E. (2005). Imaginary companions, creativity, and self-image in middle childhood. *Creativity Research Journal*, 17(2 & 3), 167-180.
- Holton, G. (1998). *The scientific imagination*. MA: Cambridge, Harvard University Press.
- Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-403.
- Johnson, M. (1990). *The body in the mind*. (노양진 역). 마음속의 몸. 서울: 철학과 현실사.
- Kind, P. M., & Kind, V. (2007). Creativity in science education: Perspectives and challenges for developing school science. *Studies in Science Education*, 43, 1-37.
- Kosslyn, S. M. (1994). *Image and brain*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Mathewson (1999). Visual-spatial thinking: an aspect of science overlooked by educators. *Science Education*, 83, 33-54.
- McComas, W. F., & Almazroa, H. (1998). The nature of science in science education: an introduction. *Science & Education*. 7, 511-532.
- Millar, A. I. (2000). *Insights of genius: imagery and creativity in science and art*. 김희봉(역)(2001). 천재성의 비밀: 과학과 예술에서의 이미지와 창조성. 서울: 사이언스북스.
- Murray, E. L. (1986). *Imaginative thinking and human experience*. PA: Duquesne University Press.
- Nadaner, D. (1988). Visual imagery, imagination and education. In K. Egan and D. Nadaner (Eds.), *Imagination and education*. New York: Teachers College Press; Milton Keynes: Open University Press.
- Nersessian, N. J. (1999). Model-based reasoning in conceptual change. In L. Magnani N. J. Nersessian and P. Thagard (Eds.). *Model-based reasoning in scientific discovery* (pp.5-22). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- O' Connor, K. P., & Aardema, F. (2005). The imagination: cognitive, pre-cognitive, and meta-cognitive aspects. *Consciousness and Cognition*, 14(2), 233-256.
- Osborn, A. F. (1963). *Applied imagination: principles and procedures of creative problem solving*.
- Park, J., Jang, K. A., & Kim, I. (2009). An analysis of the actual processes of physicists' research and the implications for teaching scientific inquiry in school. *Research in Science Education*, 39, 111-129.
- Passmore, J. (1998). *Cultivating Imagination*. In Paul Hirst & Patricia White(eds.), *Philosophy of Education. Vol II: Education and Human Being* (pp.234-251). London: Routledge.
- Reiner, M., & Gilbert, J. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 22(5), 489-506.
- Ren, F., Li, X., Zhang, H., & Wang, L. (2012). Progression of

- Chinese students' creative imagination from elementary through high school. *International Journal of Science Education*, 34(13), 2043-2059.
- Ribot, T. (1906). *Essay on the creative imagination*. Chicago, IL: Open Court.
- Russ, S. (2003). Play and creativity: Developmental issues. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 47, 291-303.
- Santi, R. (2008). Beyond the bounds of experience? John Tyndall and scientific imagination. *Cultura*, 5(2), 106-114.
- Shepard, R. (1988). The imagination of the scientist. In K. Egan and D. Nadaner (Eds.), *Imagination and education*. New York: Teachers College Press; Milton Keynes: Open University Press.
- Singer, J. L. (1999). Imagination. In M. A. Runco, & S. R. Pritzker (Eds.), *Encyclopedia of creativity 2*. San Diego: Academic Press.
- Smith, M. & Mathur, R. (2009). Children's imagination and fantasy: implications for development, education, and classroom activities. *Research in the Schools*, 16(1), 52-63.
- Taylor, A. R., Gail Jones, M., Broadwell, B., & Oppewal, T. (2008). Creativity, inquiry, or accountability? Scientists' and teachers' perceptions of science education. *Science Education*, 92(6), 1058-1075.
- Vygotsky, L. S. (2004). Imagination and creativity in childhood. *Journal of Russian and East European Psychology*, 42(1), 7-97.
- Ward, T. B. (1994). Structured imagination: The role of category structure in exemplar generation. *Cognitive Psychology*, 27(1), 27-40.
- Warnock, M. (1976). *Imagination*. London: Faber.
- West, T. G. (1991). *In the mind's eye*. Buffalo, New York: Prometheus.
- White, A. R. (1990). *The language of imagination*. Oxford: Blackwell.