

과학과 예술: 그 수렴과 접점을 위한 시론[†]

홍성욱*

최근 들어 예술가들은 과학과 기술에 더 많이 의존하고, 과학자들은 ‘아름다움’과 같은 미학의 언어를 더 자주 사용하고 있다. 양쪽 모두의 필요에 의해서 ‘두 문화’ 사이의 거리가 가까워지고 있으며, 과학과 예술 사이의 상호작용이라는 주제는 최근 미술사학자들은 물론 과학기술사학자들에 의해서 활발하게 연구되고 있다. 과학적 실행 (practice)의 다양성과 복잡성이 밝혀지면서, 서로 전혀 다른 것이라고 간주되던 과학적 실행과 예술적 실행 사이의 유사성도 지적이 되었다.

과학과 예술의 관련과 상호작용을 분석하는 본 논문은 아래와 같은 세 가지 목적을 가지고 있다. 첫 번째 목적은 과학과 예술이 서로 상대의 영역에 미친 영향을 분석함으로써 과학과 예술이라는 두 문화 사이에 놓여있는 간극을 좁히고 공동 관심사와 중첩된 영역을 드러냄으로써 서로에 대한 관심을 유발한다는 것이다. 두 번째는 과학적 실행과 예술적 실행에 대한 최근의 연구 성과를 소개하고 이에 대한 상세한 분석을 통해서 과학적 창의성과 예술적 창의성의 본질에 한 발 더 접근한다는 것이다. 이 논문은 과학적 창의성과 예술적 창의성 사이에 상당한 유사성과 심지어 공통점이 있음을 지적할 것이다. 이 연구의 세 번째 목적은 과학과 예술의 창의성의 공통점을 조명함으로써 예술과 마찬가지로 과학에서도 ‘상상력’, ‘직관’, ‘감정’, ‘시각화’의 중요성을 강조하는 것이다.

【주제어】 과학, 예술, 상상력, 시각화, 아름다움, 과학적 창의성, 예술적 창의성, 과학적 실행, 예술적 실행

[†] 이 연구는 수도권 과학문화연구센터 2004년도 연구비를 지원받아서 수행되었다. 유익한 논평을 제공한 익명의 심사위원들에게 감사를 표한다.

* 서울대학교 생명과학부, 과학사 및 과학철학 협동과정 교수
전자우편: comenius@snu.ac.kr

1. 들어가는 말

새 밀레니움을 열던 2000년, 시카고의 미술가 카(Eduardo Kac)은 프랑스 농업연구소 과학자들과 협동해서 만든 유전적으로 변형된 토끼 ‘GFP bunny’를 자신의 예술품으로 전시할 계획을 세웠다. 그의 토끼는 유전자 변형에 의해서 초록색 형광을 내도록 만들어진 것이었다. 농업연구소가 전시 직전에 토끼를 압수하는 바람에 그의 전시는 계획대로 치러지지 못했지만, 이 일련의 사건은 그보다 몇 년 전에 인간 배아의 발전 단계를 사진으로 찍어 전시했던 채드윅(Helen Chadwick)의 작품만큼이나 사회 각 층에 커다란 반향을 불러일으키면서, 첨단 과학 시기의 예술의 위상과 역할에 대한 새로운 질문들을 제기했다. 유전적으로 변형된 생명체가 예술 작품이 될 수 있는가? 과학과 예술의 경계는 어디인가? 새로운 유전자 변형 생명체가 하루가 멀다 않고 만들어지는 지금 예술은 과학이 나아갈 방향을 어떻게 보는가?(Ede, 2002; Tomasula, 2002)

비슷한 시기에 물리학자들과 생물학자들은 자신의 분야에서 “가장 아름다운 실험”(the most beautiful experiment)을 선정했다. 대중적인 물리학 잡지 *Physics World*는 200명의 물리학자들로부터 의견을 받아 물리학의 역사를 통해 가장 ‘아름다운’ 실험 10개를 뽑았다. 지난 수백 년의 역사를 통해 이루어진 수천, 수만 가지 물리 실험에서 물리학자들은 1961년 독일의 클라우스 욘손(Claus Jönsson)이 토마스 영(Thomas Young)의 이중 슬릿 실험을 한 개의 전자에 적용함으로써 전자가 파동-입자의 이중성을 가지고 있음을 결정적으로 증명한 실험을 1위로 뽑았다(Crease, 2002). 반면에 생물학자들은 자연선택 메커니즘의 교과서적인 사례를 보인 케틀웰(H.B.D. Kettlewell)의 나방 실험(1955)과 유전자 염기 3개가 조합되어 유전 정보의 단위를 형성한다는 사실을 보인 크릭(Francis Crick)의 실험(1961)으로 후보를 좁히는 데까지 의견 일치를 보았지만, ‘수상작’을 내는 데에는 실패했다¹⁾(AIBS, 2003, 2004).

이렇게 최근 들어 예술가들은 과학과 기술에 더 많이 의존하고, 과학자들은 ‘아름다움’과 같은 미학의 언어를 더 자주 사용하고 있다. 양쪽 모두의 필요에 의해서 과학과 예술의 경계가 허물어지고, ‘두 문화’(two cultures) 사이의 거리가 더 가까워지고 있다. 이런 조류를 반영하듯이 과학과 예술 사이의 상호작용이라는 주제는 최근 미술사학자들은 물론 과학기술사학자들에 의해서 활발하게 연구되고 있다. 이미 반세기 전에 과학철학자 툴민(Stephen Toulmin)은 “물리학의 모든 주요 발견들의 근본은 새로운 재현(representation) 기법과 추론을 연역해내는 테크닉의 발견이다”라고 ‘재현’의 중요성을 강조했다(Toulmin, 1953, p. 34). 재현의 문제는 1970년대 중반 이후에 과학사학자들과 과학사회학자들의 본격적인 연구의 대상이 되었고, 이 과정에서 재현을 매개로 이루어지는 과학과 예술 사이의 상호 작용이 주목을 받기 시작했다(Lynch and Woolgar, 1990; Baigrie, 1996; Kemp, 2000; Clarke and Henderson, 2002; Latour and Weibel, 2002). 또 과학적 실행(practice)의 다양성과 복잡성이 밝혀지면서, 서로 전혀 다른 것이라고 간주되던 과학적 실행과 예술적 실행 사이의 유사성도 지적이 되었다(Gombrich, 1983; Stent, 2001). 최근에는 서구의 과학사학계를 주도하는 갤리슨(Peter Galison)과 다스틴(Lorraine Daston)이 각각 과학과 미술의 관계를 새로운 각도에서 조망하는 책을 편집해서 출판하기도 했다. 이들의 논의는 과학적 합리성에 대한 전통적인 논리실증주의적 관점과 반(反)논리실증주의적 관점을 모두 보완·비판하면서 과학적 실행에 대한 새로운 해석과 이해를 얻어보려는 노력의 일환이다(Galison & Jones, 1998; Daston, 2004).

과학과 예술—특히 시각 예술인 미술—과의 관련과 상호작용을 분석하는

-
- 1) 생물학자들이 이러한 기획을 한 것은 물리학자들의 아름다운 실험의 선정에 자극을 받았다는 이유 이외에도 2001년에 과학사학자 홈즈가 DNA 복제의 메커니즘을 밝힌 메셀슨-슈탈의 실험이 생물학에서 “가장 아름다운 실험”이었다고 한 것에 동의하지 않았기 때문이기도 했다. 홈즈는 자신의 책 제목으로 “가장 아름다운 실험”이라는 구절을 사용했는데, 그의 책 제목은 메셀슨-슈탈 실험에 대한 콜드스프링하버 실험실의 소장 케언즈의 논평을 그대로 인용한 것이었다(Holmes 2001; Judson 1979).

본 논문은 아래와 같은 세 가지 목적을 가지고 있다. 첫 번째 목적은 과학과 예술이 서로 상대의 영역에 미친 영향을 분석함으로써 과학과 예술이라는 두 문화 사이에 놓여있는 간극을 좁히고 공동 관심사와 중첩된 영역을 드러냄으로써 서로에 대한 관심을 유발한다는 것이다. 두 번째는 과학적 실행과 예술적 실행에 대한 최근의 연구 성과를 소개하고 이에 대한 상세한 분석을 통해서 과학적 창의성과 예술적 창의성의 본질에 한 발 더 접근한다는 것이다. 이 논문은 과학적 창의성과 예술적 창의성 사이에 상당한 유사성과 심지어 공통점이 있음을 지적할 것이다. 이 연구의 세 번째 목적은 과학과 예술의 창의성의 공통점을 조명함으로써 예술과 마찬가지로 과학에서도 '상상력'(imagination), '직관'(intuition), '감정'(emotion), '시각화'(visualization)의 중요성을 강조하는 것이다.

이러한 결론들은 우리의 과학 교육과 과학 담론에 시사하는 바가 많다. 지금까지 한국의 과학 교육과 과학 담론은 과학이 마치 교과서에서나 볼 수 있는 논리적 추론과 실험적 검증, 수학적 연역으로만 구성된 것처럼 강조해 온 했는데, 이 논의를 통해서 우리는 과학에 대한 이러한 이해가 무척 협소하고 기계적인 것이며, 과학에서 상상력과 직관, 감수성과 시각화를 복원하는 것이 그 동안 잘못 이해되어 왔던 과학적 창의성을 한 단계 더 높이는 길임을 알 수 있을 것이다.

2. 과학과 예술(미술)의 차이점과 양립 불가능성을 강조하는 관점들

과학과 예술은 과학자와 예술가라는 거의 겹치지 않는 전문가 집단에 의해서 수행되는 인간의 활동이라는 점에서 상이하다. 과학과 예술은 상이한 훈련을 받고, 상이한 개념적·실질적 도구를 사용해서 세상을 이해하며, 그렇게 이해한 세계를 다른 방식으로, 다른 독자에게 전달한다. 따라서 일반적으로 우리는 과학과 예술이 전적으로 무관하며 인간의 다양한 활동 중에서

양 극단에 위치하는 것이라고 생각하는 것이 보통이다. 이렇게 과학과 예술이 물과 기름처럼 상극 관계에 있다는 견해는 보통 다음과 같은 다섯 가지 근거를 (혹은 이 근거들의 조합을) 내세움으로써 그 타당성을 주장한다. 이 절에서는 이 중 비교적 단순한 네 가지 근거를 소개하고, 다음 절(3절)에서 이를 각각 비판할 것이다. 마지막 다섯 번째 근거에 대해서는 따로 한 절(4절)을 할애해서 자세히 분석할 것이다.

과학과 예술이 무관하다는 첫 번째 근거는 과학과 예술이 인간의 지적(知的) 능력의 상이한 측면을 나타낸다는 것이다. 즉 과학은 주로 분석(analysis), 이성(reasoning), 판단(judgement)과 같은 지적 능력에 기인하는 반면에, 예술은 종합(synthesis), 상상력(imagination), 그리고 재치(wit)와 같은 능력에 기인한다는 것이다. 이러한 생각은 마치 상식처럼 인구에 회자되며, 과학자와 예술가들 사이에도 널리 퍼져있다(Dorfles, 1994). 원자론의 타당성을 주장한 19세기 영국의 과학자 턴달(John Tyndall)은 자연철학자들이 연구를 할 때 끈기있는 실험과 관찰에 의존을 해야지 상상력에 의존해서는 안 된다고 강조했다. 반면에 시인이자 화가인 윌리엄 블레이크(William Blake)는 “대체 이성이 그림 그리는 데 무슨 소용이 있단 말인가? 시인에게 는 오직 한 가지 능력, 즉 신성한 비전인 상상력만이 필요하다”고 이성을 폄하했다(Daston, 1998). 과학에는 ‘감정 없는 이성’만이 필요하고 예술에는 ‘감정’(emotion)이 중요하다는 생각도 이와 통한다. 뉴턴을 존경했던 철학자 칸트(I. Kant)는, 뉴턴의 업적이 기하학적 논증과 같은 이성에 근거했고 그렇기 때문에 평범한 과학자들까지 이를 따라할 수 있다는 이유에서 뉴턴에게 ‘천재’(genius)라는 호칭을 부여할 수 없다고 했다. 칸트에 의하면, 천재란 다른 사람들이 따라 할 수 없는 업적을 내는 사람들, 즉 위대한 예술가와 같은 사람이었기 때문이다(Schaffer, 1990).

두 번째 주장은 과학과 예술이 상이한 대상을 다룬다는 것이다. 과학은 인간의 외부에 실재하는 자연의 사실과 법칙을 다루며, 과학자들은 사실과 법칙을 발견(discover)하지만, 예술은 인간의 내면에 존재하는 심성을 탐구하

며, 따라서 미적 가치를 발견한다기보다는 ‘창작’(create)하고 ‘구성’(construct)하는 활동이라는 것이 이러한 주장이다. 상식적으로도 우리는 “뉴턴은 뉴턴의 법칙을 발견했다”고 하지 “뉴턴의 법칙을 창작했다”고 하지 않으며, “베토벤은 합창 교향곡을 만들었다(창작했다 혹은 구성했다)”고 하지 “합창 교향곡을 발견했다”고 하지는 않는다. 다른 말로 해서 예술의 결과물은 항상 “개인적인 것”(personal entity)으로 남아 있지만, 과학의 법칙은 “개인을 초월한 것”(impersonal entity)이다(Weisskopf, 1979, p. 481). 따라서 객관적인 과학적 이론이 ‘사실’(fact)과 다르면 이는 심각한 문제가 되지만, 인간의 내면을 구성하는 예술 세계에서는 이러한 문제가 발생하지 않는다는 주장도 여기서 나온다. 1970년대 초엽에 동료 생물학자들을 인터뷰한 분자생물학자 스텐트(G. Stent)는 대다수의 생물학자들이 왓슨(James Watson)과 크릭(Francis Crick)이 없어도 누군가가 곧 DNA의 이중나선 구조를 발견했겠지만 세익스피어가 없었으면 오тел로는 결코 쓰이지 못했다고 생각한다는 것을 알게 되었다. 이는 과학자들도 과학은 객관적 실재나 사실의 발견이고, 예술은 주관적 심성의 구성이라는 생각을 자연스럽게 공유하고 있다는 사실을 잘 보여 준다(Stent, 1982).

세 번째로는 개인의 성장과정을 통해 과학적인 능력이 두드러지는 시기와 예술적인 능력이 뛰어난 시기가 반복해서 등장하듯이, 과학과 예술의 흥망성쇠가 역사를 통해서도 반복되어 나타난다는 주장이다. 이러한 주장의 기원은, 인간의 능력을 개념을 결합하는 능력(즉 예술)과 개념을 분해하는 능력(즉 과학)으로 나눈 로크(John Locke)의 인식론까지 거슬러 올라간다. 개념을 종합하는 능력을 예술적 상상력으로 보고 개념을 분해하는 능력을 과학적 이성으로 본다면, 예술과 과학은 각각 인간의 능력 중에 ‘종합’(synthesis)과 ‘분석’(analysis)에 대응한다. 그런데 종합을 하기 위해서는 우선 분석을 통해 새로운 개별적 사실을 많이 알아내야 한다. 따라서 인간의 생애는 물론 인류의 역사를 통해 분석(과학)의 시기가 종합(예술)의 시기보다 선행하며, 일단 한번의 종합이 이루어진 뒤에 다시 새로운 분석의 시기가 뒤따른다. 이러한

관점에 의하면 과학과 예술이 같은 시기 동안에 함께 발전하는 일은 일어나지 않는다(J.J.T.K., 1869; 아래 표 참조).

analysis 과학	synthesis 예술	analysis	synthesis	analysis	synthesis
0-3세	3-6세	6-7세	7세 이후 청소년기까지	청년기	35세 이후
Egypt	Greece	Rome	초기 기독교	비잔틴	중세 이후

이러한 주장과 흡사한 것으로 과학과 예술을 세상에 대한 접근방식으로 나누는, 즉 예술은 세상에 대해서 총체적(wholistic) 접근을 하고, 과학은 비총체적(non-wholistic) 혹은 환원적(reductionistic) 접근을 한다고 보는 관점이 있다. 이에 의하면 인간을 외부 세상과 결합시켜서 총체적으로 함께 이해하는 예술·종교·신화가 인류 역사를 통해서 먼저 발전했고, 르네상스 이후에야 인간의 인식과 세상을 분리해서 파악하는 과학이 새롭게 발전했다는 것이다. 이러한 관점을 주장하는 사람들은, 과학과 예술이 세상에 대해 근본적으로 다른 접근방식을 취하기 때문에 이 둘의 가장 바람직한 관계는 '상보적'(complementary)인²⁾ 것이라는 결론을 내린다(Weisskopf, 1979).

마지막으로, 과학 발전의 구조적인 특성이 과학과 예술을 본질적으로 구별짓는다는 주장이 있다. 과학사학자 토머스 쿤(Thomas Kuhn)은 과학과 예술을 비교한 그의 논문에서 지난 150년 동안에 과학과 미술이 점점 더 상이한 활동이 되어갔음을 주장했다. 우선 쿤은 '재현'(representation)이라는 요소가 과학과 미술에 공통으로 있기는 하지만, 과학에서의 재현은 수단이고 부산물임에 반해서 미술의 재현은 그 자체가 목적이자 최종 결과라고 이 둘의 차이를 강조했다. 이어서 쿤은 과학과 예술 모두에 '문제풀이'(puzzle-solving)와 미학(aesthetics)의 측면이 있지만, 과학의 문제풀이는

2) 여기서 상보적이란 파동-입자의 상보성처럼 상호배타적인 것이 공존함으로써 세상에 대한 총체적 이해와 접근을 가능하게 하는 상태를 말한다.

그 자체가 목적이요 미학은 이를 달성하는 한 가지 수단임에 반해, 미술에서는 그 관계가 역전된다고 보았다. 마지막으로 그는 과학에서는 대중이 중요하지 않지만 미술에서는 대중이 중요하고, 비슷한 이유에서 과학에서 '과거의 과학'이 박물관에만 존재함에 비해서 예술에서는 '과거의 예술'이 현재 예술가들에게 무척 중요하다는 점을 지적했다. 즉 문제풀이의 '정상과학'(normal science)과 패러다임의 변화로 나타나는 '과학혁명'(scientific revolution)이 반복되는 (그래서 '과거의 과학'이 지금의 과학자들에게 더 이상 중요하지 않은) 과학과는 달리 예술의 발전은 비교적 과거의 기반 위에 차곡차곡 쌓이는 식의 누적적인 진보라는 것이다(Kuhn, 1969).

지금까지 과학과 예술이 정 반대의 특성을 가진 인간의 활동이라는 네 가지 근거에 대해서 살펴보았다. 다음 절에서는 이러한 주장들을 비판하면서 과학과 예술이 유사성과 공통점을 가지며 역사적으로 다양한 접점과 접면을 가져왔다는 주장과 그 근거를 살펴보려 한다.

3. 과학과 예술의 양립 불가능성에 대한 비판적 견해들

과학사학자 다스틴(Lorraine Daston)은 최근 논문에서 과학이 이성에 근거하고 예술이 상상력에 근거하기 때문에 이 둘이 다르다는 첫 번째 근거를 비판하면서 과학과 예술, 이성과 상상력이 모든 시기를 통해 양립불가능하다고 간주되지는 않았음을 설득력있게 주장했다(Daston, 1998). 예를 들어, 플라톤은 모든 예술, 사상, 과학이 수와 계산을 사용한다는 점에서 서로 비슷하다고 보았으며, 아리스토텔레스도 자연의 합리적 예술(즉 자연철학)과 인간의 예술 사이에 유비적 관련이 있음을 강조했다. 르네상스 예술가들도 자신들을 자연의 비밀을 탐구하는 '과학자'라고 생각했다. 사실 18세기만 해도 과학자와 예술가가 모두 이성과 상상력을 함께 필요로 한다고 간주되었다. "이성에 의해서 버림받은 상상력은 괴물을 만들어 낸다. 이성과 결합했을 때, 상상력은 예술과 그 경이로움의 모태가 된다"고 역설한 고야(Francesco

Jos de Goya)의 경구는 이성과 상상력의 바람직한 관계를 상징적으로 보여 주었다는 것이다.

그렇지만 다스틴에 의하면 18세기 말엽부터 과학과 예술, 이성과 상상력이 양 극으로 분화되기 시작했다. 이러한 분화를 가장 잘 보여주는 사람이 과학의 특성으로 ‘완벽한 의사소통성’(perfect communicability)을 강조한 독일의 철학자 칸트(I. Kant)였다. 완벽한 의사소통성은 위대한 과학자의 업적이 평범한 과학자에 의해서 완벽하게 이해되고 재현된다는 특성을 의미한다. 앞에서 지적했듯이 칸트는 뉴턴의 과학이 완벽한 의사소통성을 가졌다는 이유 때문에 뉴턴을 천재로 간주하지 않았다. 과학과 예술의 구분을 가속화시킨 또 다른 요인은 19세기부터 자동기록기거나 사진과 같은 기계가 과학에 사용되면서 과학의 특성으로 ‘기계적 객관성’(mechanical objectivity)이 부상했다는 것이었다(Daston and Galison, 1992). 이러한 과정을 거치며 상상력은 이성과, 예술의 주관성은 과학의 기계적 객관성과 물과 기름처럼 양립할 수 없는 것이 되었다. 즉, 과학은 과학자 누구에게나 이해되는 객관적이고 차가운 것으로, 예술은 영감과 상상력에 근거한 천재들의 주관적이고 열정적인 활동으로 간주되기 시작했다는 것이다. 여기서 볼 수 있듯이 과학과 이성을 동일시하고 예술과 상상력을 동일시함으로써 과학과 예술을 양극화하는 태도는 역사를 통해 항상 받아들여지던 생각이 아니라, 19세기 이후 서구에서 나타난 독특한 현상이었다.

두 번째로, 과학은 인간의 외부에 존재하는 자연의 객관적 법칙과 사실을 발견하고 예술은 인간의 내부에 숨어있는 주관적 심성을 탐험하고 구성하는 활동이라는 주장은, 비록 어느 정도 타당성을 가짐에도 불구하고, 과학과 예술의 특성을 너무 단순화시킨다는 문제점을 안고 있다. 분명히 과학이 단순한 발견이 아니듯이 예술도 순수한 창조나 구성이 아니기 때문이다. 예를 들어, 화가들은 자신들의 작업에 어떤 종류의 ‘제약’(constraints)들이 있음을 잘 알고 있다. 존 미로(Joan Miro)는 자신의 활동의 “첫 번째 단계는 자유롭지만 두 번째 단계는 신중하게 계산된다”고 술회했고, 피카소도 “내 그림들은

모두 연구와 실험이며, 나는 결코 그림을 예술 작품으로 하지 않고 대신 모두 논리적인 순서를 가진 연구로 생각 한다”고 했다. 간단한 선과 순색으로 추상적 조형의 조화의 극치를 추구한 몬드리안은 자신이 사용한 요소들을 가지고 재현할 수 있는 가장 조화로운 그림이 (자신이 그린) 단 한 가지만 가능하다고 단언했다(Hafner, 1969). 조금 과장이 섞였지만, 작가 에드가 앨런 포우(Edgar Allan Poe)는 자신의 가장 유명한 시 “까마귀”(The Raven)에 사용된 모든 단어와 리듬이 엄밀한 수학적 문제를 푸는 것처럼 논리적 과정을 통해 결정되었다고 했다(French, 2000).

예술 활동에 논리적이고 수학적 필연성과 흡사한 측면이 있는 반면에, 과학에도 자유로운 창조와 구성의 측면이 있다. 우선 최근의 구성주의는 과학 활동이 자연에 존재하는 사실과 법칙을 발견하는 것이 아니라, 사회적이고 문화적 배경 속에서 과학자가 자신에게 주어진 다양한 ‘밑천’(resources)들을 여러 가지 방식으로 동원(mobilize)해서 자연에 가장 부합하는 사실을 구성해내는 것임을 보여주고 있다(Feyerabend, 1994). 또 콰인(W.V.O. Quine)과 같은 과학철학자나 사회구성주의자들은 한 가지 자연 현상에 대해서 서로 다른 여러 가지 이론이 공존할 수 있음을 강조하면서, 과학에서의 법칙이나 이론의 선택이 실험적인 검증을 통해서 필연적으로 이루어지는 것이 아님을 보였다. 구성주의나 사회구성주의에 동의하지 않는다고 해도 과학에서 자유로운 상상력의 역할을 지적한 사람들이 많이 있는데, 그 한 예로 아인슈타인 같은 과학자는 과학이 “개념을 가지고 자유롭게 노는 것”(free play with concepts)임을 강조하면서, 과학의 본질이 상상력을 이용해서 단순성(simplicity)과 같은 미적 가치를 추구하는 활동이라고 보았다. 콰인만(Richard Feynman)과 같은 물리학자도 과학자가 새로운 법칙을 찾아가는 과정은 미적 기준에 맞추어서 가장 아름다운 그림을 그려 나가는 예술가의 노력과 흡사하다고 했다(Chandrasekhar, 1979). 이렇게 자유롭게만 보이는 예술 활동에도 특정한 규칙과 어기기 힘든 제약이 있는 반면에, 필연적으로만 보이는 과학적 발견에도 과학자라는 주체의 ‘창의적 과정’(creative process)

제도적인 형식의 변화에만 초점을 맞추고 있다는 문제를 안고 있다. 모든 20세기 예술은 예술적 도형, 색채, 구조, 재료, 형태, 리듬에 대한 거대한 '실험'의 성격을 띄고 있으며, 따라서 예술가들은 그 어느 때 보다도 더 적극적으로 과학과 기술의 최전방 연구에서 새로운 세계관, 개념, 재료, 언어, 메타포 등을 적극적으로 채용하고 있다.⁴⁾

과학의 영향은 과학과 예술이 모두 혁명적인 변화를 겪었던 20세기 초엽만 보아도 잘 나타나는데, 당시 입체파 화가들은 푸앙카레와 베르그송(Henri Bergson)의 세계관과 언어를 채택했으며, 1911년에 그려진 뒤상(Marcel Duchamp)의 유명한 초상화들과 "계단을 걸어 내려가는 나무"는 X선 이미지와 마레(E. Marey)의 시연속사진(chronophotography)의 영향을 받았다. 반면에 화가 클레(Paul Klee)는 뉴턴의 역학체계에 입각해서 자신만의 독특한 "그림 역학"(pictorial mechanics)을 발전시키고, 1920년대를 통해서 이러한 역학을 시각 이미지의 추상적 본질에 대한 그의 탐구에 적용했다. 1910년~20년대 사이에 점점 더 추상적으로 변해 간 칸딘스키의 회화는 그가 '물질'을 벗어버렸다고 간주한 20세기 초엽의 물리학의 영향을 받았다(Antiff, 1988; Henderson, 1983, 1988; Henry, 1989; Garte, 1987).

마지막으로 쿤의 주장을 다시 살펴보자. 쿤에 의하면 과학의 발전은 '정상과학'과 '과학혁명'으로 특징 지워진다. 정상과학은 잘 확립된 패러다임 하에서의 문제풀이가 주를 이루며, 과학혁명은 새로운 패러다임이 오래된 패러다임을 교체하는 과정이다. 정상과학 시기 동안에 과학자들은 패러다임을 완벽하고 공고하게 하는 문제풀이에 몰두하기 때문에 (예술과 달리) 미적 아름다움이나 재현의 요소를 부차적인 것으로 여긴다. 과학혁명을 거치면서 과거의 패러다임은 사라지고, (따라서 역시 예술과 달리) '과거의 과학'은 박물관에 보존되며 이 과거의 과학은 과학자들에게 더 이상 중요하게 취급되지 않

4) 물론 아직도 많은 예술가들이 과학의 영역을 탐구하고 있지는 못하는 실정이다. 이를 두고 한 유전학 예술가(genetic artist)는 "지금의 예술가들의 패러다임은 150년 뒤저있다"고 비판했다(Kremers 1996).

는다는 것이 쿤의 주장이다.

쿤의 주장은 그의 제자였던 루트-번스틴(J. Root-Bernstein)에 의해서 반박되었다(Root-Bernstein, 1984). 우선 루트-번스틴은 쿤의 예술에 대한 이해가 피상적인 차원에 머물고 있음을 지적한다. 20세기 화가가 미술관에서 과거의 그림을 감상하고 이 그림들을 습작해 보면서 예술적 자질을 함양하는가? 루트-번스틴은 이러한 생각이 예술에 대한 전형적인 오해에서 비롯되었다고 간주한다. 20세기 화가들은 17세기 화가들이 그린 그림이나 19세기 인상파 화가들이 그린 그림을 따라 그리면서 예술적 자질을 발전시키지 않는다는 것이다. 지금 예술 활동을 하는 진지한 화가들 중에 램브란트가 그렸던 그림을 그대로 그리기 위해 애쓰는 사람은 아무도 없다. 이 이유는 과거의 화가들이 고민했던 예술적 문제는 이미 오래 전에 해결이 되었고 지금의 화가들은 새로운 문제를 해결하기 위해서 애를 쓰는 중이기 때문이다. 화가들이 예전 그림을 반복하지 않는 것은 실험실의 물리학자가 갈릴레오의 자유낙하 실험을 반복 하지 않는 것과 흡사하다는 것이다.⁵⁾

루트-번스틴에 의하면, 예술 역시 예술가들이 고민했던 문제들이 충분히 해결되었다고 여겨질 때, 한 시대를 풍미한 사조가 다른 사조로 바뀐다. 이렇게 볼 때 예술가들 중에는 다빈치나 피카소와 같이 “우리가 세상을 완전히 새롭게 보는 방법”을 창안한 ‘혁명가’들도 있지만, 이들과 달리 하나의 사조 하에서 ‘문제풀이’에 몰두하는 예술가들도 많이 있음을 알 수 있다. 즉 과학과 예술은 모두 누적적이고 혁신적인 측면을 가지고 있는데, 이는 과학과 예술에서 이후 세대가 그 이전 세대로부터 배우지만 동시에 그 이전 세대가 풀지 못했던 문제를 해결하고 이들의 한계를 뛰어넘기 위해서 노력하는 활동이기 때문인 것이다.

5) 그렇지만 학생 시절의 미술학도들은 램브란트의 그림을 모방해서 그리고, 미술관에서 다른 사람들이 그린 그림을 진지하게 관찰한다. 이는 과학도들이 갈릴레오의 실험을 반복하는 것과 흡사하다. 이 이유는 이러한 연습이 전문가를 만드는 훈련 과정으로 중요하기 때문이다. 이런 훈련은 나중에 “아름다운 그림, 혹은 타당성있는 데이터”를 낳게 하는 데 결정적인 요소가 될 수 있다.

루트-번스틴은 과학에서 아름다움의 추구가 문제 풀이에 비해서 부차적인 것이라는 쿤의 주장도 비판한다. 아인슈타인, 푸앙카레, 하이젠베르크, 막스 플랑크 등 과학에서 새로운 패러다임을 연 과학자들은 모두 과학에서의 아름다움, 직관, 단순성을 강조했는데, 그는 과학자들이 이렇게 '미적 기준'의 중요성을 지속적으로 강조하는 것으로 미루어 보아, 과학의 미적 기준이 단지 문제를 푸는 데 보조적인 도구라기보다 과학자들에게 연구의 목적을 제공하고 이 목적을 달성하도록 과학자들을 자극하는 근본적인 요인이 될 수 있다고 주장한다. 이러한 관점을 종합해 보면 과학과 예술 사이에는 차이점보다 유사성이 두드러진다는 것이 그의 결론인 것이다.

4. “아름다움”의 추구: 과학과 미술의 경우

과학자가 느끼는 아름다움과 관련해서 자주 인용되는 구절은 푸앙카레의 해석이다. “과학자들은 자연이 유용하기 때문에 그것을 탐구하지는 않는다. 과학자들은 그것에서 즐거움을 느끼기 때문에 자연을 탐구하며, 그가 즐거움을 느끼는 이유는 자연이 아름답기 때문이다. 자연이 아름답지 않다면, 자연은 알 가치가 없으며 인생은 살 가치가 없을 것이기 때문이다.” 물론 여기에서 자연의 아름다움이란 훈련을 받은 과학자들이 느끼는 추상적인 아름다움이며, 이러한 의미에서 미술에서 자주 언급하는 자연의 아름다움과 같은 것이라고는 할 수 없다. 오히려 푸앙카레의 이런 생각은 “나는 자연이 우리에게 제공하는 수학적 구도의 단순성과 아름다움에 강하게 끌린다는 것을 인정할 수밖에 없다”는 하이젠베르크의 고백과도 흡사하다(Root-Bernstein, 1984, p. 112). 사실 하이젠베르크나 바일(Herman Weyl)과 같은 물리학자들은 여러 차례에 걸쳐서 “아름다운 것은 진리일 수밖에 없다”는 입장을 밝혔으며, 이러한 아름다움이 비록 추상적인 아름다움이라고 할지라도 이는 “아름다움이 진리이고 진리가 아름다움이다”고 한 시인 키츠(Keats)의 미학과 흡사하다. 아인슈타인의 아들 한스(Hans Albert Einstein)는 아버지가 이론을

평가할 때 그것이 옳은가 틀린가보다 그 이론이 아름다운가 그렇지 않은가를 훨씬 더 중요하게 생각했다고 회고했다⁶⁾(Chandrasekhar, 1979).

과학에서 아름다움이나 미학을 강조한 과학자들은 20세기 초반의 ‘혁명적’ 시기에 국한되지 않는다. 비록 많은 과학자들과 철학자들이 “진리의 미적 기준”과 같은 개념이 정의될 수 없는 모호한 것이며, 과학 이론의 정당화에 ‘아름다움’과 같은 기준이 개입한다는 것이 ‘비합리적’이고 심지어 ‘비이성적’이라고 비판했지만, 당대 최고 과학자들은 오히려 과학 이론과 실험의 아름다움을 얘기하는 데 거리낌이 없었다.⁷⁾ 예를 들어, 러시아 물리학자 란다우와 리프쉬츠는 아인슈타인의 일반 상대성이론이 “모든 물리 이론 중에 가장 ‘아름답다’”고 칭찬 했으며, 펜로스(Roger Penrose)도 일반상대론을 가리켜 “최고로 아름다운 이론”이라고 평가했다(Engler, 2002). 이론입자물리학자 스티븐 와인버그(Steven Weinberg)는 아름다운 이론의 조건으로 1) 단순성, 2) 필연성 혹은 논리적 완결성, 3) 대칭성을 꼽았다⁸⁾(Weinberg, 1992, p. 135). 아름다움에 대한 추구는 물리학에만 국한되지 않는데, DNA 구조의 발견에 결정적으로 공헌한 결정학자 로잘린드 프랭클린(Rosalind Franklin)은 DNA 구조가 이중나선이라는 결과를 접한 뒤에 이것이 “참이 아니라고 하기에는 너무 아름다워서 그 (이중나선) 구조를 받아들일 수밖에 없었다”고 했다⁹⁾

-
- 6) 천년어 넘게 서양에서 사용된 “아름다움은 진리의 광채다”는 뜻의 *Pulchritudo splendor veritatis*라는 라틴어는 서양 사상에서 오랫동안 진리와 아름다움이 연관되어 있다고 간주되었음을 예증한다.
 - 7) “아름다운 이론”과 “아름다운 실험”의 경우 그 “아름다움”의 기준이 동일하지 않다. 보통 실험의 경우는 가장 적은 수의 장치의 조합으로 이론을 분명하게 입증했을 때 아름답다고 간주된다(Crease 2002; AIBS 2003).
 - 8) 여기에서 대칭성(symmetry)은 좌·우, 상·하가 같은 물질적 대칭성이라기보다는 물리법칙이나 물리량이 변환(예를 들어 좌표계의 변환)에 따라서 변하지 않는다는 수리물리학적 대칭성을 의미한다. 아인슈타인의 일반상대성이론은 가장 일반적인 ‘대칭성’을 만족하는 방정식을 찾아내려는 시도를 통해 얻어졌다(Mainzer 1995).
 - 9) 생물학자들이 추구하는 “아름다움”은 종종 물리학자들의 그것과는 다르다. 스티븐 제이 굴드는 와인버그와의 대담에서 생물학 이론을 평가하는 자신의 미적 기준이 “다양성”(diversity), “우연성”(contingencies), 그리고 “비규칙성”(irregularities)이라고 밝혔다(Kuipers 2002, p. 292).

(McAllister, 1996, p. 91).

그렇지만 과학이 미적인 요소나 기준을 포함하고 과학 활동이 아름다움을 추구한다는 것을 인정해도, 바로 이점 때문에 과학과 예술이 근본적으로 다르다는 주장이 가능하다. 즉 단순성과 대칭성 같은 과학에서의 미적 기준은 객관적이고 보편적임에 반해서, 예술에서의 미적 기준은 보편적이지 않고 단지 주관적이라는 반론이 제기될 수 있기 때문이다. 이 점에서 과학과 예술의 근본적 차이를 강조하는 것이 정당한가?

이 문제의 해답에 접근하기 위해서는 단순성이나 대칭성 같은 미적 기준이 과학에 중요하게 개입할 수 있는 근거를 먼저 생각해 볼 필요가 있다. 20세기 과학철학의 주류는 과학에서 '정당화의 맥락'(context of justification)이 철저하게 논리적 과정을 따라 이루어지기 때문에 여기에 아름다움과 같은 감정적인 기준이 개입할 여지는 전혀 없다고 본다. 이에 동의하지 않는 몇몇 과학자들은 자연 그 자체에 단순성과 대칭성 같은 '미적 기준'이 각인되어 있다고 주장한다. 그런데 후자의 주장은 검증되지 않은 형이상학적인 믿음에 가까울 뿐만 아니라, 과학이 실제로 걸어왔던 역사적 과정과도 잘 맞지 않는다. 우선 단순성에 대해서도 이를 법칙의 최소 개수, 부차적 가설의 최소 개수, 입자 종류의 최소 개수, 기하학적이거나 수학적 표현의 단순성으로 보는 등 몇 가지 다른 정의들이 존재하며, 따라서 같은 이론을 단순하다고 파악하는 근거가 상이한 경우도 드물지 않게 나타난다. 이러한 혼동은 대칭성에 대해서도 비슷하게 나타난다. 게다가 단순성과 대칭성의 개념도 시간에 따라 변화하는 모습을 보여 왔으며, 생물학에서의 미적 기준은 물리학의 단순성이나 대칭성과 무척이나 다르다.¹⁰⁾ 이러한 요소들을 고려해 보면, 완벽하게 보편적이고 객관적인 미적 기준은 과학의 경우에도 존재하지 않는다고 할 수

10) 물리학의 실험의 경우, 18세기말엽까지는 자연에 존재하는 경이(wonders)를 실험실에서 그대로 재현하는 실험이 가장 아름다운 실험이라고 여겨졌지만, 19세기 이후에 이론을 '아름답게' 입증하는 실험이 아름다운 실험으로 간주되기 시작했다. 이 경우에도 아름다움의 기준이 시간에 따라 바뀔을 보여준다(Rueger 2002; Parsons and Rueger 2000).

있다(De Regt, 2002).

과학에서의 미적 기준을 비합리적·비이성적 과정이라고 무시하지도 않고, 그렇다고 “자연에 아름다움이 내재해있기 때문이다”는 식의 본질주의에 빠지지도 않으면서도 그 역할을 새롭게 해석할 수 있는 방법이 과학철학자 맥칼리스터(James McAllister)에 의해서 제시되었다(McAllister, 1996, 1998). 맥칼리스터는 이를 설명하기 위해서 ‘미적 귀납’(aesthetic induction)이라는 개념을 도입했는데, 이 개념은 성공적으로 자연 현상을 설명한 이론의 경우에는 그 이론의 미적인 특성도 높은 평가를 받고, 이런 과정이 지속되면서 오랜 시간을 걸쳐서 살아남은 특정한 미적 특성이 미적 규범(canon)으로 굳어진다는 것을 의미한다. 과학자들은 이러한 미적 규범을 “진리의 광채”로 받아들이는데, 그 이유는 이런 규범이 성공적인 과학적 발견을 낳고 경쟁하는 가설이나 이론 중 더 타당한 것을 선택하는 데 지침이 될 수 있기 때문이다. 성공적으로 발전했던 뉴턴 과학은 그 이론체계와 함께 ‘결정론’과 ‘시각화’(visualization)라는 미적 기준을 성공적인 미적 규범으로 받아들여지게 하였고, 반면에 상대성 이론의 성공은 물리학에서 대칭성과 단순성이라는 새로운 미적 규범이 주목받는 결정적 계기를 만들었다는 것이다.

맥칼리스터의 해석은 과학에서의 미적 규범들이 시간에 따라 변화하며, 여러 과학 분야에서 상이한 미적 규범들이 채택되어 사용되고 있는 점을 잘 설명해 준다. 뿐만 아니라 이러한 해석은, 과학의 미적 기준은 객관적·보편적이며 예술의 미적 기준은 주관적·순간적이라는 양분법을 극복하는 출구를 제공한다. 과학자들이 과학적 실험의 반복과 축적을 통해서 미적 규범을 확립하고, 이에 비추어 다시 자연을 탐구하고 자연을 해석하는 과정은, 예술가들이 예술적 창작활동을 통해서 미적 기준을 만들고 이에 비추어서 세계와 인간의 내면을 탐구하고 재해석하는 과정과 흡사하다. 물론 과학에서의 아름다움과 예술이 추구하는 아름다움이 그 내용과 형식이 모두 동일한 것은 결코 아니지만, 과학과 예술 모두 인간이 감각, 이성, 손, 기구를 이용해서 세상을 만들고, 이해하고, 해석하는 과정이며, 이러한 복잡한 실험은 주관

-객관, 감정-이성, 종합-분석과 같은 이분법적인 카테고리로는 적절하게 기술될 수 없는 성질의 것이다(van Frassen, 1994; Feyerabend, 1994).

5. 과학과 예술의 상호작용을 어떻게 볼 것인가?

지금까지의 논의를 통해서 우리가 알 수 있는 것은 과학에 한 가지 과학(SCIENCE)이 있고 예술에 한 가지 예술(ART)이 있는 것이 아니라, 다양한 과학들(sciences) 혹은 다양한 과학 활동들(scientific practices)이 있으며 예술에도 다양한 예술들(arts) 혹은 다양한 예술 활동들(artistical practices)이 있다는 것이다. 미술의 경우를 예로 들어보자. 과학과 미술 각각을 다양하고 심지어 서로 이질적인 활동으로 구성되어 있다고 파악하면, 과학과 미술 사이에 복잡한 상호작용을 더 잘 볼 수 있을 뿐만 아니라 과학과 미술의 사이가 양 극단으로 떨어진 것이 아니라 스펙트럼(spectrum) 식으로 연결된 것임을 알 수 있다. 과학과 미술 사이에는 과학도판(scientific illustration), 기술을 이용한 예술이나 의학에서의 삽화와 같이 과학에서의 재현의 영역으로도 볼 수 있고 응용예술로도 볼 수 있는 중간 영역이 널리 존재한다(Elkins, 1995).

과학 — 과학장식물들, 과학 도판, 종교 과학 그림 — 기술을 이용한 예술, 의학 삽화 — 미술

종합적으로 정리하자면 과학은 예술의 관계는 다음과 같다. 우선 과학과 예술 모두 재현(representation)을 추구한다는 공통점을 가지며, 이 재현은 과학과 예술이 상호작용하는 매우 중요한 접점을 제공한다. 위에서 언급한 과학도판, 과학 사진, 기술을 이용한 예술, 의학 삽화 등은 모두 재현을 매개로 해서 과학과 예술이 상호작용하는 방식이자 그 결과이다.

일상적으로 있는 일은 아니지만 재현을 매개로 예술이 과학에 직접적인

영향을 미치는 경우도 있다. 갈릴레오가 망원경으로 달 표면의 명암의 경계가 반듯하지 않다는 것을 관찰한 뒤에 그것이 달 표면에 산과 계곡이 있기 때문이라고 해석할 수 있었던 것은, 그가 젊었을 때 미술아카데미에서 원근법, 명암법, 스케치를 배웠기 때문이었다. 뉴턴은 흰색과 검은색을 섞어서는 유채색을 만들 수 없다는 르네상스 화가들의 색채 이론에 영향을 받아서 아리스토텔레스는 물론 데카르트의 색채 이론을 뛰어넘은 독창적인 이론을 발전시켰다(Edgerton, 1984; Shapiro, 1994). 하와이와 같은 신대륙을 발견했던 쿡 선장의 두 번째 세계 일주에 동행한 화가 호지(William Hodge)는 신세계의 특징들을 그림에 담아 유럽에 소개했는데, 그의 그림은 훔볼트(Alexander von Humboldt)가 “전형적인 풍경 이론”(theory of typical landscape)을 만드는 데 중요한 기여를 했다(Pang, 1997, p. 148).

재현을 매개로 과학이 예술에 영향을 미치는 경우도 종종 찾아진다. 르네상스 시기 동안에 기하학적 원근법의 발전은 과학과 예술이 근거리에서 상호작용한 예로 꼽을 수 있다. 화가들은 기하학, 색채 이론, 광학 이론에 영향을 받는 경우가 있는데, 이를 잘 보여주는 예가 영국의 화가 존 콘서터블(John Constable)과 쇠라(Georges Seurat)의 경우이다. 눈부신 석양을 캔버스에 그대로 재현하는 문제를 오랫동안 고민한 콘서터블은 결국 색깔에 대한 과학적 실험을 통해서 이를 가장 근접하게 달성할 수 있었고 이 과정에서 화가가 사용해야 한다고 알려진 색에 대한 기존의 제한을 대부분 타파했다. 그는 또 무지개나 구름과 같은 자연의 기상현상을 가장 잘 표현하기 위해서 광학을 공부하기도 했다. 점묘주의(Pointillism)의 창시자 쇠라는 당시 색채이론을 깊게 공부해서 걸작 “그랑자트섬의 일요일 오후”(1884)에 수천 개의 상보색 점들을 인접해서 적음으로써 그림의 밝기를 극대화했다(Schweizer, 1982; Topper, 1990).

재현을 둘러싼 상호작용 이외에도 과학은 예술에게 a) 새로운 대상, b) 새로운 재현 매체(medium), c) 새로운 세계관, d) 예술을 기록하는 새로운 방법, e) 인간과 예술 과정에 대한 새로운 이해, f) 과학의 비전과 언어를 제공

한다. 20세기 예술가들은 인공수정된 배아나 유전자조작 생명체를 새로운 대상으로 사용하고, 홀로그래피나 레이저를 새로운 매체로 포용했다. 입체파 화가들이 “리만의 공간(Riemann’s Space)”이나 “4차원 공간”에 대해서 논의했고 프린세(Maurice Princet)에게 수학을 배웠음은 잘 알려져 있는데 (Barthel, 1992), 이같이 새로운 과학의 언어와 세계관은 기존의 공간 개념과 원근법을 뛰어 넘으려는 이들의 혁명적인 시도를 정당하는 데 사용되었다. 최근 컴퓨터 그래픽과 시뮬레이션은 레오나르도 다빈치, 폴락, 칸딘스키에 대한 새로운 해석을 제공하고 있으며, 예술가들은 ‘암흑물질’ ‘빅뱅’과 같은 과학의 언어와 비전을 자유롭게 채용하고 있다(Schwartz, 1995; Taylor, 2002).

과학이 예술에 새로운 요소를 제공하듯이, 예술도 과학에 a) 새로운 재현 기법, b) 과학적 세계관의 정당화, c) 과학의 대중화, d) 세상에 대한 새로운 경험을 제공한다. 베잘리우스(Vesalius)의 『인간 육체의 구조에 대해서』(1543)에 나타난 세밀하고 사실적인 해부도는 화가 칼카르(Jan Calcar)의 도움을 받았으며, 18세기에 정밀 해부도의 새로운 지평을 개척한 라이든의 의사 알비누스(Albinus)에게는 화가 반델라(Jan Wandelaar)의 도움이 결정적이었다. 17세기 중엽의 네덜란드의 회화는 과학자 호이겐스에 의해서 소개된 새로운 베이컨주의 세계관을 풍경화와 정물화의 형태로 표현하면서 동시에 이러한 세계관을 정당화했고, 진공펌프나 뉴턴의 천체모형과 같은 과학 기기를 그림의 소재로 쓴 18세기 영국의 화가 라이트(Joseph Wright)는 과학의 발전에 의해서 급격하게 세속화 된 영국 지방 도시의 새로운 문화적 정취를 잘 포착하고 있다(Hill 1989). 프랑스 건축가 볼레(Étienne-Louis Boullée)가 설계한 건축물에는 뉴턴주의 세계관의 승리를 영구화하기 위한 것들이 여럿 있다.

과학이 어려워지고 전문화되어 일반 대중이 과학에 직접 접근하는 것이 힘들어지면서, 예술은 과학 대중화의 기능을 담당하기도 한다. 담장을 없애고 첨단 과학을 상징하는 예술적 조형물을 연구소 디자인에 적용한 페르미

연구소의 건물들은 소장 윌슨(Robert Wilson)이 ‘거대 과학’이 공격받기 시작하던 시절에 과학에 대한 사회적 정당성을 끌어내기 위해 “과학 유토피아” 이념을 건축물에 구현한 결과였다(Ploeger, 2002). 최근 서구에서는 과학과 예술의 만남에 관련한 학회, 전시회, 대학 내의 프로그램, 서적 발간이 줄을 잇고 있으며, 이러한 만남이 다양한 재단에 의해서 후원되고 있다.¹¹⁾ 국내에서도 과학과 예술의 만남을 주제로 한 기획 전시회가 2003, 2004년 2차례에 걸쳐서 연속 개최되었고, 특히 청소년과 학부모들의 많은 호응을 받았다(다빈치 편집부, 2004). 이러한 전시회 이외에도 과학관, 박물관은 과학자와 예술가가 상시적으로 만날 수 있는 기회와 공간을 제공한다.

물론 예술가의 역할이 과학을 대중적으로 선전하는 데에 머무는 것은 아니다. 다른 대중적 매체와 달리 예술은 과학기술의 발전이 낳을 수 있는 부작용과 윤리적 문제에 대해서 성찰할 수 있는 값진 기회를 제공한다. 예술을 통해 나타나는 과학의 대중화는 단기적으로는 과학자가 생각한 과학의 이미지와는 상이한 (심지어 과학자가 보기에는 종종 비과학적이거나 부정적인) 이미지를 대중에게 전달할 수도 있다. 그렇지만 예술을 통해 구현된 과학은 시민들로 하여금 과학의 발전이 야기하는 다양한 결과들을 미리 상상해보고 예측해 보게 함으로써, 과학에 대한 무비판적인 찬양과 맹목적인 비판이라는 극단적인 태도를 지양할 수 있게 해 주며, 이는 장기적으로 보았을 때 과학과 시민사회와의 관계를 더 건강한 것으로 만들 수 있다.

마지막으로 예술에 대한 이해는 과학적 사고에도 도움이 된다. 물론 과학자들이 예술작품을 자신의 과학에 응용하거나 예술작품에서 받은 영감 때문에 안 풀리던 문제를 해결하는 식의 도움을 받는 것은 아니다. 그렇지만 예술적 상상력의 본질이라는 것이, 전체 작품 속에서 부분과 부분 사이의 조화와 부분과 전체의 조화를 동시에 추구하고, 이 각각의 요소들의 관계에 대한

11) 예를 들어 시카고의 Art Institute의 Science, Art & Technology 1년 프로그램을 보라. 이 프로그램에 대한 정보는 <http://www.artic.edu/aic/student/sciarttech/index.html>에서 볼 수 있다.

시각화를 피하고, 이성과 감성 모두를 사용한 직관을 통해 세상에 대한 총체적 이해를 도모하며, 관련이 없어 보이던 것들 사이에 새로운 관련을 만들거나 비슷하다고 생각된 것에서 차이를 발견하고, 서로 다른 것 사이에 친화성을 찾고, 이미 존재하는 것을 새로운 각도에서 재평가 하며, 몇 가지 사례의 연속에서 패턴을 찾은 것이라고 한다면, 이러한 사고는 과학자들이 새로운 사실이나 법칙을 발견하고 또 이렇게 발견한 것의 중요성을 평가하는 과정에도 그대로 적용되는 사고의 유형이라고 볼 수 있다. 아인슈타인은 “어떤 과학자도 공식처럼 생각하지는 않는다”고 했는데, 예술에 대한 이해는 과학을 형식 논리나 수식으로 환원시키는 오류를 피할 수 있게 한다. 위대한 업적을 냈던 과학자일수록 직관, 시각화, 상상력, 감성, 즐거움, 이해(understanding), ‘자연과 하나 됨’을 강조했는데, 그 이유는 이것이 바로 그들의 사고와 실행을 구성하는 요소였기 때문이다(Holton, 1995; Miller, 1995; Elgin, 2002; Gibbons, 2003; Root-Bernstein, 2002).

예술과의 만남이 과학자들로 하여금 방정식을 해결하는 과정에 도움을 주지는 않을 것이다. 그렇지만 예술과의 만남은 과학에서의 상상력과 직관, 감수성과 시각화의 중요성을 복원할 수 있고, 과학자들에게는 과학적 창의성을 고양시킬 수 있는 교육과 연구의 환경을 제공해 줄 수 있다. 현대 과학이 예술로부터 얻을 수 있는 가장 중요한 도움은 과학을 포함한 인간의 창의적인 활동에 대한 더 깊은 이해라고 볼 수 있는데, 뛰어난 업적을 냈던 과학자들 중 다수가 예술에도 깊은 조예가 있었던 것은 과학과 예술과의 유사성과 공통점을 생각해 볼 때 결코 우연이 아니었던 것이다.

6. 결론

과학과 예술, 특히 여기서 주로 다루었던 과학과 미술은 과학자와 미술가라는 다른 훈련을 받은 전문가들에 의해서, 다른 방식으로 세상을 이해하고,

다른 형태로 독자와 소통을 한다. 그렇지만 과학과 예술의 이러한 차이에도 불구하고 지금까지의 논의를 통해서 우리가 도달한 결론은 과학적 실행과 예술적 실행, 과학적 상상력과 예술적 상상력, 과학적 창의성과 예술적 창의성 사이에 상당한 유사성과 공통점이 있다는 것이다. 이러한 유사성과 공통점을 인식함으로써 우리는 과학과 예술이라는 두 문화 사이에 간격을 좁힐 수 있으며, 과학과 예술 모두에 도움이 되는 교류를 유도할 수 있다. 그러기 위해서 우선 필요한 것은 “과학은 발견하고 예술은 창조한다”, “과학은 객관적이고 예술은 주관적이다”, “과학은 실제 생활에 도움이 되고 예술은 정신 세계에 도움이 된다”는 식의 단순한 생각을 버리는 것이다. 대신 우리는 과학자가 다양한 밀천(resources)과 제약(constraints)을 가진 채로 주어진 문제를 해결하면서 또 종종 기존의 패러다임을 뛰어 넘으려고 노력하듯이, 예술가도 자기에게 주어진 밀천과 제약 하에 비슷한 주어진 문제를 해결하면서 기존의 틀을 벗어나기 위해서 노력하는 방식으로 예술 작업을 수행한다는 관점을 택해야 한다. 이렇게 볼 때, 과학과 예술 사이에는 다양한 접점이 형성된다.

과학과 예술의 상호작용을 고찰함으로써 우리가 도달한 가장 중요한 결론은 예술과 마찬가지로 과학에서도 상상력과 직관, 감수성과 시각화가 중요하다는 것이다. 과학적 상상력과 직관의 근거에는, 예술과 마찬가지로, 감성과 이성의 결합, 과학적 ‘시각화’(visualization), 지식의 전달이 아닌 세상에 대한 총체적 이해, 대상과의 분리가 아닌 합일의 경험이 존재한다. 지금까지 한국의 과학자와 과학 교사는 마치 과학이 전적으로 논리적 추론과 실험적 검증으로만 구성되었고, 따라서 보편적·객관적인 과학 속에 감성적이거나 미학적인 기준은 개입할 틈이 없는 것처럼 간주하곤 했는데, 이는 과학에 대해 무척 협소하고 심지어 왜곡된 이미지를 제공하는 것이며 진정한 과학적 창의성을 억압하는 것이다. 과학적 창의성이 그 어느 때보다도 절실하게 필요한 지금 우리가 제일 처음으로 해야 할 일은 과학자들이 아름다움과 즐거움을 느끼기 때문에 연구를 한다고 주창했던 푸앙카레의 경구를 다시 되새

겨보면서 과학에서의 미학의 중요성에 대해 한 번 더 생각해 보는 일일 것이다.

□ 참고문헌 □

- 다빈치 편집부 엮음 (2004), 『Ten Years After 과학 + 예술 10년 후』, 다빈치.
- 홍성욱 (2004), 『과학은 얼마나』, 서울대학교 출판부.
- AIBS (American Institute of Biological Sciences) (2003), "Biology's Most Beautiful" (<http://www.aibs.org>).
- AIBS (American Institute of Biological Sciences) (2004), "Editorial: Beautiful Biology" (<http://www.aibs.org>).
- Antliff, Robert M. (1988), "Bergson and Cubism: A Reassessment" *Art Journal*, Vol. 47, pp.341-349.
- Barthel, Diane (1992), "The Role of Science in the Production of Art", *Current Perspectives in Social Theory*, Vol. 12, pp.137-153.
- Baigrie, Brian. (1996), *Picturing Knowledge: Historical and Philosophical Problems Concerning the Use of Art in Science*, Toronto.
- Chandrasekhar, S. (1979), "Beauty and the Quest for Beauty in Science", *Physics Today*, (July), pp.25-30.
- Clarke, Bruce and Linda Henderson (2002), *From Energy to Information: Representation in Science and Technology, Art, and Literature*, Palo Alto, Calif.:Stanford University Press.
- Cohen, H. Floris (1984), *Quantifying Music. The Science of Music at the First Stage of the Scientific Revolution, 1580-1650*, Dordrecht.
- Crease, Robert P. (2002), "The Most Beautiful Experiment", *Physics World*, (September) available at <http://physicsweb.org/articles/world/15/9/2/1>.
- Crombie, Alistair C. (1986), "Experimental Science and the Rational Artist in Early Modern Europe", *Daedalus*, Vol. 115, pp. 49-74.

- Daston, Lorraine and Peter Galison (1992), "The Image of Objectivity", *Representations*, Vol. 49, pp. 81-128.
- Daston, Lorraine (1998), "Fear and Loathing of the Imagination in Science", *Daedalus*, Vol. 127, pp. 73-95.
- Daston, Lorraine (2004), *Things That Talk: Object Lessons from Art and Science*, New York: Zone Books.
- Dorfles, Gillo (1994), "Conflict between Art and Science", *World Futures*, Vol. 40, pp. 83-86.
- Ede, Siân (2002), "Science and the Contemporary Visual Arts", *Public Understanding of Science* 11, pp. 65-78.
- Edgerton, Samuel Y. (1984), "Galileo, Florentine 'Disegno' and the 'Strange Spottedness' of the Moon", *Art Journal* 44; 225-232.
- Elgin, Catherine Z. (2002), "Creation as Reconfiguration: Art in the Advancement of Science", *International Studies in the Philosophy of Science* 16, pp. 13-25.
- Elkins, James (1995), "Art History and Images That Are Not Art", *The Art Bulletin*, Vol. 77, pp. 553-571.
- Engler, Gideon (2002), "Einstein and the Most Beautiful Theories in Physics", *International Studies in the Philosophy of Science*, Vol. 16, pp. 27-37.
- Feyerabend, Paul K. (1994), "Art as a Product of Nature as a Work of Art", *World Futures*, Vol. 40, pp. 87-100.
- French, Robert M. (2000), "Discovery and Creation: Opposite Ends of a Continuum of Constraints", (ms at www.fapse.ulg.ac.be/Lab/Trav/).
- Galison, Peter and Caroline Jones (1998), *Picturing Science, Producing Art*, London: Routledge.

- Gibbons, John H. (2003), "On the Intimate Kinship among the Methods of Science, Art, and the Humanities", *Technology in Society*, Vol. 25, pp. 1-4.
- Garte, Edna J. (1987), "Kandinsky's Ideas on Changes in Modern Physics and Their Implications for His Development", *Gazette des Beaux Arts*, Vol. 110 (October), pp. 137-144.
- Gombrich, E. H. (1983), "Experiment and Experience in the Arts," in R.B. McConnell ed., *Art, Science, and Human Progress*, pp. 145-173. London. John Murray.
- Hafner, E. M. (1969), "The New Reality in Art and Science", *Comparative Studies in Society and History*, Vol. 11, pp. 385-397.
- Henderson, Linda D. (1983), *The Fourth Dimension and Non-Euclidean Geometry in Modern Art*, Princeton. 1983.
- Henderson, Linda D. (1988), "X Rays and the Quest for Invisible Reality in the Art of Kupka, Duchamp, and the Cubists", *Art Journal*, Vol. 47, pp. 323-340.
- Henry, S. L. (1989), "Paul Klee's Pictorial Mechanics from Physics to the Picture Plane", *Pantheon*, Vol. 47, pp. 147-165.
- Hill, Christopher (1989), "Science in Pictures", *Interdisciplinary Science Reviews*, Vol. 14, pp. 374-383.
- Holmes, Frederick L. (2001), *Meselson, Stahl, and the Replication of DNA: A History of "The Most Beautiful Experiment in Biology"*, Yale University Press.
- Holton, Gerald (1995), "Imagination in Science", *Einstein, History and Other Passions*, pp. 160-184, New York: AIP Press.
- Ilgen, Fre (1999), "Science Reflected in the Arts - Art in the Sciences", available at <http://www.mi.sanu.ac.yu/vismath/info/tudm>.

htm.

- [J.T.K.] (1869), "The Alternation of Science and Art in History", *Contemporary Review*, Vol. 10, pp. 285-295.
- Judson, Horace F. (1979), *The Eighth Day of Creation: The Makers of the Revolution in Biology*, New York.
- Kemp, Martin (1992), *The Science of Art: Optical Themes in Western Art from Brunelleschi to Seraut*, New Heaven: Yale University Press.
- Kemp, Martin (2000), *Visualizations: The Nature Book of Art and Science*, Oxford: Oxford University Press.
- Kramers, David (1996), "The Delbruck Paradox 2.0", *Art Journal*, Vol. 55 (Spring), pp. 38-39.
- Kuhn, Thomas S. (1969), "Comment on the Relations of Science and Art", *Comparative Studies in Society and History*, Vol. 11, pp. 403-412.
- Kuipers, Theo A. (2002), "Beauty, A Road to the Truth", *Synthese*, Vol. 131, pp. 291-328.
- Latour, Bruno and Peter Weibel (2002), *Iconoclash: Beyond the Image Wars in Science, Religion, and Art*, Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Lynch, Michael and Steve Woolgar (1990), *Representation in Scientific Practice*, Cambridge, MA. MIT Press.
- Mainzer, Klaus (1995), "Symmetry and Beauty in Arts and Mathematical Sciences", *Physis*, Vol. 32, pp. 91-107.
- McAllister, James W. (1996), *Beauty and Revolution in Science*, Ithaca, NY. Cornell University Press.
- McAllister, James W. (1998), "Is Beauty a Sign of Truth in Scientific Theories?", *American Scientist*, Vol. 86, pp. 174-183.

- Miller, Arthur I. (1995), "Aesthetics, Representation and Creativity in Art and Science", *Leonardo*, Vol. 28, pp. 185-192.
- Pang, Alex Soojung-Kim (1997), "Visual Representation and Post-Constructivist History of Science", *Historical Studies in the Physical Sciences*, Vol. 28(1), pp. 139-171.
- Parsons, Glenn G. and Alexander Rueger (2000), "The Epistemic Significance of Appreciating Experiments Aesthetically", *British Journal of Aesthetics*, Vol. 40, pp. 407-423.
- Root-Bernstein, Robert Scott (1984), "On Paradigms and Revolutions in Science and Art: The Challenge of Interpretation", *Art Journal*, Vol. 44, pp. 109-118.
- Root-Bernstein, Robert Scott (2002), "Aesthetic Cognition", *International Studies in the Philosophy of Science*, Vol. 16, pp. 61-77.
- Rueger, Alexander (2002), "Aesthetic Appreciation of Experiments: The Case of 18th-century Mimetic Experiments", *International Studies in the Philosophy of Science*, Vol. 16, pp. 49-59.
- Schaffer, Simon (1990), "Genius in Romantic Natural Philosophy," in Andrew Cunningham and Nicholas Jardine, eds., *Romanticism and the Sciences*, pp. 82-98, Cambridge: Cambridge University Press.
- Schwartz, Lillian (1995), "The Art Historian's Computer", *Scientific American* (April), pp. 106-111.
- Schweizer, Paul D. (1982), "John Constable, Rainbow Science, and English Color Theory", *The Art Bulletin*, Vol. 64, pp. 424-445.
- Shapiro, Alan (1994), "Artists' Colors and Newton's Colors", *Isis*, Vol. 85, pp. 600-627.
- Stent, Gunther S. (1982), "Prematurity and Uniqueness in Scientific

- Discovery", in *Scientific Genius and Creativity: Readings from Scientific American*, pp. 95-104. New York: Freeman.
- Stent, Gunther S. 92001), "Meaning in Art and Science," in K. Pfenninger and V. Shubik eds., *The Origins of Creativity*, pp. 31-42. Oxford: Oxford University Press.
- Taylor, Robert (2002), "Spotlight on a Visual Language", *Science*, Vol. 415, pp. 961.
- Tomasula, Steve (2002), "Genetic Art and the Aesthetics of Biology", *Leonardo*, Vol. 35, pp. 137-144.
- Topper, David (1990), "Natural Science and Visual Art: Reflections on the Interface", Elizabeth Garber ed. *Beyond History of Science: Essays in Honor of Robert E. Schofield*, pp. 296-310. Bethlehem: Lehigh University Press.
- Toulmin, Stephen (1953), *The Philosophy of Science*, London: Hutchinson.
- Van Frassen, B. C. (1994), "Interpretation of Science; Science as Interpretation" in J. Hilgevoord eds., *Physics and Our View of the World*, pp. 169-187. Cambridge: Cambridge University Press.
- Weisskopf, Victor F. (1979), "Art and Science", *American Scholar*, Vol. 48, pp. 473-485.
- Wayne, June et. al. (1996), "Models, Metaphors, and Matter: Artists and Scientists Visualize Scientific Concepts", *Art Journal*, Vol. 55, pp. 33-43.
- Weinberg, Steven (1992), *Dreams of a Final Theory*, New York: Pantheon Book.

- Discovery", in *Scientific Genius and Creativity: Readings from Scientific American*, pp. 95-104. New York: Freeman.
- Stent, Gunther S. 92001), "Meaning in Art and Science," in K. Pfenninger and V. Shubik eds., *The Origins of Creativity*, pp. 31-42. Oxford: Oxford University Press.
- Taylor, Robert (2002), "Spotlight on a Visual Language", *Science*, Vol. 415, pp. 961.
- Tomasula, Steve (2002), "Genetic Art and the Aesthetics of Biology", *Leonardo*, Vol. 35, pp. 137-144.
- Topper, David (1990), "Natural Science and Visual Art: Reflections on the Interface", Elizabeth Garber ed. *Beyond History of Science: Essays in Honor of Robert E. Schofield*, pp. 296-310. Bethlehem: Lehigh University Press.
- Toulmin, Stephen (1953), *The Philosophy of Science*, London: Hutchinson.
- Van Frassen, B. C. (1994), "Interpretation of Science; Science as Interpretation" in J. Hilgevoord eds., *Physics and Our View of the World*, pp. 169-187. Cambridge: Cambridge University Press.
- Weisskopf, Victor F. (1979), "Art and Science", *American Scholar*, Vol. 48, pp. 473-485.
- Wayne, June et. al. (1996), "Models, Metaphors, and Matter: Artists and Scientists Visualize Scientific Concepts", *Art Journal*, Vol. 55, pp. 33-43.
- Weinberg, Steven (1992), *Dreams of a Final Theory*, New York: Pantheon Book.

□ ENGLISH ABSTRACT □

**Science and Art: Some Preliminary Studies
in their Convergence and Interfaces**

Hong, Sungook

ABSTRACT

In recent times, artists rely increasingly on science and technology, whereas scientists frequently use such an aesthetic term like "beauty." This shows that the gap between the "two cultures" are narrowing down due to the necessity of both sides. The historical interaction between science and art has been extensively discussed by the historians of art and those of science. As the complexities of scientific and artistic practices were uncovered, similarities between them were also revealed.

The goals of this paper, which explores the relationship and interactions between science and art, are the following three. The first is to bridge the gap between the two cultures (i.e., science and art) by disclosing the mutual influences between them. Second, drawing on recent works on the nature of scientific and artistic creativity, this paper aims to show some similarities and even common factors between scientific and artistic creativity. Finally, by highlighting similarities and common elements between scientific and artistic creativity, this paper will emphasize the role of imagination, insight, emotion and visualization not only in art but also in science

Key Terms

science, art, science and art, imagination, visualization, beauty, scientific
creativity, artistic creativity, scientific practice, artistic practice