

【논문】

존재론적 전환으로서의 과학 혁명*

천 현 득**

【주제분류】 과학철학, 인지과학철학

【주요어】 개념 변화, 과학교육, 과학혁명, 존재론적 범주, 존재론적 전환

【요약문】 본 논문은 과학적 개념과 개념 변화를 적절히 다루기 위해서 개념이 표상하는 존재론적 범주에 관한 지식을 중요하게 고려해야한다고 주장한다. 개념들은 존재론적으로 상이한 범주들과 연관될 수 있고, 그러한 존재론적 차이들은 일상 언어에 반영되어 있을 뿐 아니라 인간의 인지 과정과 개념 학습 과정에 영향을 미친다. 존재론적 범주가 과학적 개념과 관련하여 특히 중요한 이유는 그것이 개념 변화에 관해 더 나은 이해를 가져다주기 때문이다. 단지 대상 개념들 사이의 분류학적 전환이 아니라 대상과 사건이라는 주요 존재론적 범주들을 가로지르는 존재론적 전환을 동반한 개념 변화는 매우 흥미로운 과학 혁명의 한 양식을 제시한다. 본 논문은 분류학적 전환으로서의 과학 혁명이라는 쿤의 통찰이 존재론적 전환으로서의 과학 혁명이라는 관점으로 일반화될 수 있다고 결론내린다.

* 논문의 수정을 위해 유익한 지적을 해주신 익명의 심사위원들께 감사드립니다. 이 연구는 2015학년도 이화여자대학교 교내연구비 지원에 의한 연구임.

** 이화여자대학교 이화인문과학원

I. 도입

토마스 쿤은 혁명의 편재를 주장했다.(Kuhn 1970) 과학이 발달해온 역사는 패러다임 전환이라는 누적적이지 않은 혁명적 사건들로 가득 차 있으며, 혁명 이후 과학자들은 완전히 다른 방식으로 세계를 보게 된다고 쿤은 주장했다. 과학 혁명의 핵심 특징은 패러다임 간 공약불가능성에 있다. 쿤의 역사 이해와 그것의 철학적 함축은 지속적인 논란의 대상이 되었고, 쿤은 마지막까지 공약불가능성이라는 역사적 현상을 해명하고자 애썼다. 후기 저술에서 쿤은 공약불가능성 논제가 불러일으킨 상대주의의 우려를 불식시키기 위해 형태 전환과 개종 경험의 비유를 포기했다. 그 대신, 그는 과학 혁명의 본질적인 특성이 혁명 이후 과학자들이 유사성 관계를 다른 방식으로 재개념화하는 데 있다고 보았다. 쿤의 후기 철학에서 공약불가능성은 국소적인 성격을 지닌 것으로 재규정되며, 의미 변화를 겪게 되는 용어들은 분류적 용어로 불리는 일부 용어들에 국한된다.(Kuhn 1991) 쿤의 사상이 이렇게 발달해오면서, 패러다임 전환으로 특징지어지던 과학 혁명은 분류학적 용어들이 가리키는 대상들의 재배치를 포함한 ‘분류학적 전환’(taxonomic shift)으로 재정식화된다.(Kuhn 2000) 오래된 분류체계와 양립할 수 없는 새로운 분류체계에 기초한 이론으로의 변환이 혁명의 특징으로 자리잡으면서, 공약불가능성은 분류 체계의 어긋남으로 인해 발생하는 번역불가능성으로 재정의되었다.

공약불가능성 논제는 합리성, 진보, 실재론과 관련해 수많은 논쟁들을 불러일으켰고, 이에 관해서는 아직도 다루어야 할 문제들이 많다. 그러나 본 논문은 과학혁명의 본성을 이해하는 데 목표를 둔다. 구체적으로, 본 논문은 과학 혁명을 분류학적 전환으로 특징지은 쿤의 시도를 확장하고 일반화하고자 한다. 분류학적 전환은 대상 개념들의 위계적 구조 내에서 일어나는 변화이지만, 어떤 대상 개념은 그것과는 존재론적으로 다른 과정 개념으로 전환될 수도 있으며, 그러한 존재론적 전환은 혁명적 변화의 흥미로운 한 가지 양식일 수 있다. 더 나아가, 분류학적 전환은 존재론적 전환의 특수한 사례로 간주될 수 있기 때문에, 분류학적 전환보다는 존재론적 전환이 과학

혁명을 특징짓는 더욱 일반적인 준거가 된다. 이 같은 논의는 과학적 개념의 본성에 관해 흥미로운 함축을 갖는다. 과학 혁명이란 과학적 개념들의 존재론적 지위에 변경이 가해지는 것인 만큼, 나는 과학적 개념의 이론적 개념이 표상하는 존재론적 범주를 중요하게 고려해야 한다고 주장한다.

이를 위해, 2절에서는 대상과 사건 사이의 존재론적 구분을 도입하고 그것이 인지 과정에 끼치는 영향에 대한 경험적 증거를 제시한다. 3절에서는 존재론적 범주를 표상하는 정보가 개념 내에서 어떻게 표현될 수 있는지를 설명하고, 4절에서는 존재론적 범주와 그 차이가 과학적 개념을 다룰 때 왜 중요한지 다룬다. 5절과 6절에서는 각각 개체발생적 개념 변화와 계통발생적 개념 변화에서 존재론적 전환의 중요성을 드러낸다. 7절에서 과학 혁명이 일반적으로 존재론적 전환으로서의 특징지어질 수 있다고 결론짓는다.

II. 대상과 사건: 주요 존재론적 범주들과 인지 과정

1. 이론적 구분

개념은 세계 속의 사물이나 과정을 표상하는 데 사용된다. 어떤 개념들은 나무나 새와 같은 대상들을 가리킨다. 어떤 개념들은 번개와 같은 사건을 가리키고, 다른 개념들은 과정이나 인과적 메커니즘을 표상하기도 한다. 일상적 개념과 마찬가지로, 과학적 개념은 다양한 존재 방식들을 표상하고 그럼으로써 현상을 설명하고 예측하도록 돕는다. 상이한 개념들은 상이한 범주들을 표상한다.

흔히 대상과 사건¹⁾은 두 가지 주요 존재론적 범주로 간주된다. 이 둘이

1) 본 논문에서 “사건”으로 불리는 존재론적 범주는 사실 매우 넓은 범위의 존재론적 범주를 뜻하며, 상태, 과정, (좁은 의미의) 사건, 활동, 상호작용을 하위범주들로 포함할 수 있다. 그러나 이 글의 목적을 위해, 사건은 대상 범주에 대별되는 가장 큰 범주의 이름을 통칭하며, 세부적인 차이는 이 논문의 중심 논제에 크게 영향을 미치지 않는다. 다만, 상태, 과정, 사건의 구분에 관해서는 다음과 같이 간단하게만 언급하고자 한다. 상태는 어떤 대상이나 계가 특정 시점에 있는 어떤 사정(status)이나 조건(condition)

통상 어떻게 이해되는지 살펴보자.(Casati and Varzi 2010; Chen 2007; Chi 1992; Keil 1979) 먼저, 대상과 사건은 존재의 양태가 다르다. 대상은 존재하고 작용하는 반면, 사건은 일어나거나 발생한다. 둘째, 둘은 시공간과 관련 맺는 방식이 서로 다르다. 대상은 공간 안의 특정한 위치를 점유한다는 점에서 공간적이지만, 선명한 시간적 경계를 가지지는 않는다. 시간을 관통하는 존재의 지속성으로 인해, 우리는 시간의 차원과 독립적으로 대상들을 기술할 수 있다. 반면, 사건은 특정한 위치를 점유하지 않는다. 사건은 시간을 관통해 지속하지 않고 한 상태에서 다른 상태로, 한 위상에서 다른 위상으로 변화한다. 셋째, 대상은 공간 점유에 관해 유일성 조건과 배타성 조건을 만족한다. 유일성 조건이란 어떤 것이 주어진 시간에 특정한 한 장소에만 존재한다는 것을 뜻하고, 배타성 조건이란 동일한 장소에 둘 이상이 위치할 수 없음을 뜻한다. 만일 한 대상이 떨어져있는 두 위치에 동시에 존재한다면 이는 유일성 조건을 위배하게 되고, 서로 다른 대상이 동일한 위치에 놓인다면 이는 배타성 조건을 위배한다. 이에 반해, 사건은 유일성 조건과 배타성 조건을 만족하지 않는다. 사건이나 과정은 주어진 시간에 둘 이상의 장소에 있을 수 있고, 둘 이상의 사건이 같은 영역에서 일어날 수도 있다. 넷째, 대상 범주는 추가적으로 세분화될 수 있는 위계적 구조를 가지는 반면, 사건 범주가 전반적으로 위계적으로 세분화될 수 있는지는 분명치 않다. 대상 범주가 위계적으로 조직되는 한 가지 가능한 방식은 다음과 같다. 대상은 자연물과 인공물로 나눌 수 있고, 자연물은 다시 생명체, 화학물 등의 하위범주들로 나눌 수 있고, 각 하위범주들도 추가적으로 세분화될 수 있다.)

을 말한다. 과정은 시간에 따른 상태의 연속적인 변천 혹은 상태의 시간적 계열이다. 과정은 시간의 함수로서 주어지며, 각 시점에서 특정한 위상 혹은 상태를 가진다. 만일 우리가 어떤 과정에서 종결점이나 최종점을 확인할 수 있으면, 좁은 의미에서 “사건”이라고 부를 수 있다. 사건들은 대개 직접 셀 수가 있다. (“나는 산 정상에서 해돋이를 세 번 보았다.”) 상태 변화의 하부과정들이 동일한 종류라는 점에서 균질적인 경우는 과정으로, 상이한 하부과정들로 이루어진 이질적인 경우는 사건으로 구분하기도 한다.

- 2) 본 논문의 목표는 형이상학적 존재론의 체계를 확립하는 데 있지 않다. 이 글은 사람들이 자신들이 사용하는 개념과 관련되어 있는 존재론적 범주들에 관해 어떤 생각을 가지며, 그러한 존재론적 믿음이 인간의 인지 과정에 깊숙이 개입함을 보임으로써, 존재

2. 존재론적 범주와 문장의 변칙성

존재론적 범주들과 그 차이에 관한 우리의 믿음은 여러 차원에서 인지 과정에 영향을 미친다. 존재론적 믿음이 문장의 이해에 끼치는 영향을 다음의 사례에서 볼 수 있다. 다음 두 가지 문장을 비교해보자.

(A) “우유는 빨갳다”

(B) “참새는 한 시간 가량이다(an hour long)”

두 문장에 대해 그것이 참인지, 그리고 뜻이 통하는지 묻는다고 해보자. 우리는 (A)라는 문장이 거짓이지만 이해할 수 있다고 판단하지만, 반면 (B)이라는 문장은 말 자체가 되지 않는다고 판단한다. 이렇게 특정한 용어와 술어의 조합을 제시하고, 그것이 뜻이 통하는지 아닌지를 판단하도록 하는 것은 언어적 서술가능성(linguistic predicability) 시험 혹은 이해가능성(sensibility) 시험이라고 부른다.(Keil 1979; 1983; Chi 1992) 여기서 우리는 어떤 용어에 결합된 술어의 서술가능성은 문장의 진리값과는 무관함을 알 수 있다. 그렇다면 특정한 문장이나 용어-술어 조합이 변칙적(anomalous) 이라거나 뜻이 통한다고(sensible) 판단하게 되는 이유는 무엇일까? 이에 대한 유력한 답변은 우리의 “존재론적 지식”³⁾에 호소한다.(Keil 1979) 존재론적 지식이란, 세계에 어떤 종류의 존재들이 혹은 어떤 범주들이 있는지에 대한 믿음을 뜻하는데, 이 믿음이 의미론적 지식과 개념적 지식을 규제한다. 카일에 따르면, 명사와 술어가 서로 다른 존재론적 범주를 나타내는 경우, 그러한 명사-술어 조합은 변칙적인 것으로 판단된다. 이런 설명을 위해서는 먼저, 각 용어와 술어들이 동일한 존재론적 범주를 나타내는지 아니

론적 범주가 개념을 다루는 이론들에서 중요하게 고려되어야함을 주장한다. 더 나아가, 과학적 개념들이 존재론적 범주와 밀접히 연관되어 있다면, 과학 혁명은 (그것의 요체가 혁명적인 개념 변화인 한) 존재론적 전환으로서 이해될 수 있다고 주장한다.

- 3) 이때, 존재론적 지식이란 정당화되었음을 반드시 의미하지 않는다. 그 대신, 세계의 존재론적 범주들에 관한 사람들의 믿음의 표현, 혹은 그들이 지식으로 간주하는 것을 뜻한다.

면 상이한 범주를 나타내는지 어떻게 알 수 있는지, 동일한 존재론적 범주를 나타낸다는 것이 무엇을 의미하는지를 해명할 필요가 있다.

특정한 용어-술어 결합이 뜻이 통한다거나 통하지 않는다는 판단은 언어 사용과 관련된 추가적인 요소들의 고려를 필요로 하므로, 존재론적 지식으로부터 직접 따라나오는 것은 아니다. 카일에 따르면, 양자는 서술가능성 지식, 즉 어떤 부류의 술어들이 어떤 부류의 용어들과 말이 되게 결합될 수 있는지에 대한, 위계적으로 구조화된 지식을 매개로 연결된다. 서술가능성 지식은 ‘서술가능성 나무’의 형태로 잘 요약될 수 있다.

서술가능성 나무를 이해하기 위해서는, 그것이 전제하고 있는 범주 이론을 이해할 필요가 있다. 여기서 카일은 러셀의 이론과 라일의 이론의 종합으로 간주될 수 있는 소머즈(F. Sommers)의 범주 이론을 채택한다. 이 이론들은 모두 포괄(span)의 개념을 도입함으로써 일목요연하게 정리될 수 있고, 또한 서술가능성 나무도 포괄 개념을 통해 이해될 수 있다. 포괄은 다음과 같이 규정된다.

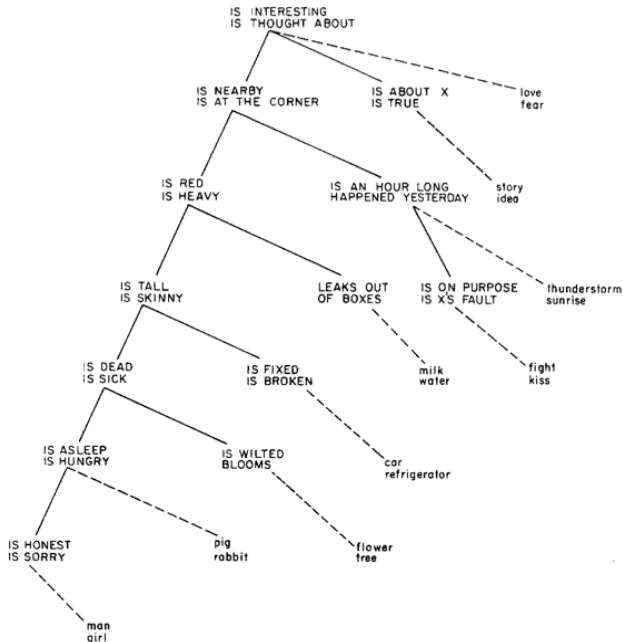
(SPAN) 한 용어와 한 술어의 결합이 유의미하고 진리값을 부여할 수 있는 경우, 오직 그 경우에만 그 술어는 해당 용어를 포괄한다.

러셀의 유형 이론은 어떤 용어들이 동일한 유형인지에 대한 기준을 제시하는데, 이에 따르면 두 용어가 동일한 술어에 의해 포괄될 때, 두 용어는 동일한 유형에 속한다.(Russell 1913/1962) 예를 들어, ‘플라톤’과 ‘칸트’가 ‘철학자이다’라는 동일 술어에 의해 포괄되면, 두 용어는 동일 유형이다. 반면, ‘플라톤’과 ‘산업혁명’은 ‘철학자이다’라는 술어에 대해서 동일한 유형이 아니다. 그러나 동일 술어에 의한 포괄 조건이 너무 거칠기 때문에, 러셀의 유형 이론은 불확정성의 문제에 직면한다. 예컨대, 동일 술어(예, ‘하얏다’)에 의해 ‘자동차’와 ‘토끼’가 포괄될 수 있다고 해서, 둘을 동일한 유형으로 간주할 수 있는지 의문이다. 단지, 특정한 그 용어에 대해서만 동일한 유형이라고 말할 수 있을 뿐이다.

한편, 라일의 범주 이론에 따르면, 두 표현이나 술어가 동일한 용어(혹은

사물)를 포괄하는 경우 동일한 유형에 속한다.(Ryle 1938/1971) 만일 어떤 표현의 범주에 대해 착각을 하고 잘못 결합하는 경우, 이는 범주 착오를 범하게 된다.(Ryle 1949) 예컨대, 어떤 방문자가 한 대학교의 도서관, 사무실, 강의실 등을 둘러보고는 이제 대학교를 보여 달라고 요청한다면, 그는 범주 착오를 범하는 것이다. 그러나 라일의 범주 이론도 러셀의 유형 이론과 유사한 문제에 부딪히게 된다. 예컨대, ‘흥미롭다’와 ‘하얏다’라는 술어가 모두 토끼를 포괄하더라도, 두 술어가 동일한 범주에 속한다고 보기는 어렵다.

소머즈는 러셀과 라일의 이론을 종합한 범주 이론을 제시한다.(Sommers 1963; 1971) 그에 따르면, 두 용어 t_1 과 t_2 에 대해, t_1 을 포괄하는 모든 술어들이 t_2 도 포괄하는 경우 오직 그런 경우에만, t_1 과 t_2 는 동일한 유형에 속한다. 또한, 두 술어 p_1 과 p_2 에 대해, p_1 과 p_2 가 정확히 동일한 용어 집합을 포괄하는 경우 오직 그 경우에만, p_1 과 p_2 는 동일한 유형에 속한다. 그의 이론



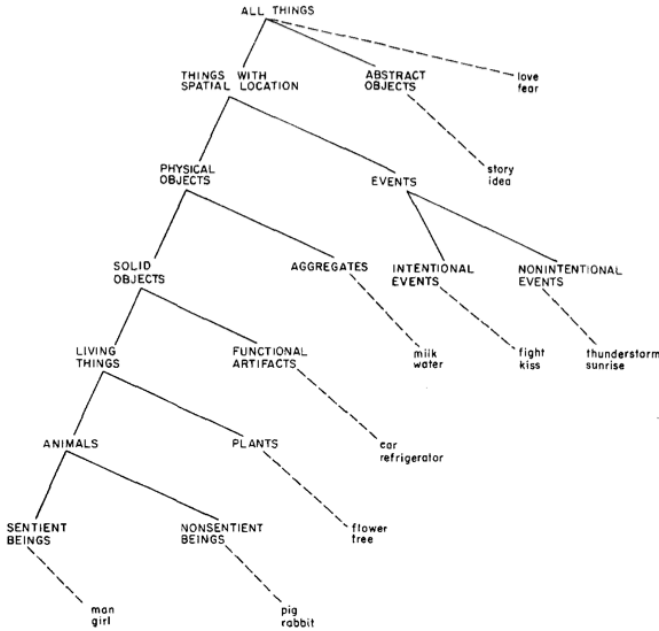
<그림 1> 서술가능성 나무 (Keil 1979)

은 유형의 동일성을 정의할 뿐 아니라, 서로 다른 유형들 간의 관계를 설정함으로써 범주들이 위계적 구조를 가지도록 한다. 만일 t_1 이 t_2 를 포괄하는 술어 집합의 부분집합에 의해 포괄된다면, t_2 가 속하는 범주는 t_1 이 속하는 범주의 하위범주가 된다. 소머즈의 이론에서 눈여겨보아야 할 것은 용어들과 술어들이 항상 동일한 방식으로 조직화된다는 점이다. 이것이 뜻하는 바는, 서로 다른 두 용어를 포괄하는 교차하는 술어 집합들은 존재하지 않고, 어떤 교차하는 두 용어 집합도 서로 다른 술어들에 의해 포괄되지 않는다는 것이다. 이런 특징을 가진 서술가능성 지식은 위계적으로 조직된 서술가능성 나무로 잘 요약된다.

서술가능성 나무에서 각 마디는 특정한 부류의 술어나 용어를 나타내는데, 그림에서는 편의상 두 가지씩만 나타내고 있다. 서술가능성 나무의 위계적 구조는 상위 수준의 마디들과 하위 수준의 마디들 사이의 포함관계를 포함한다. 아래쪽 가지에 위치한 술어들이 포괄하는 용어 집합은 더 높은 쪽 가지에 위치한 술어들이 포괄하는 용어 집합의 부분집합이 된다. 예를 들어, ‘크다(IS TALL)’는 ‘배고프다(IS HUNGRY)’가 포괄하는 모든 용어들을 포괄하지만, ‘크다(IS TALL)’가 포괄하는 모든 용어들을 ‘배고프다(IS HUNGRY)’가 포괄하는 것은 아니다.

카일은 서술가능성 지식과 존재론적 지식 사이에 동형성이 있기 때문에, 서술가능성 나무를 존재론적 나무에 일대일로 사상(map)할 수 있다고 본다. 동일한 술어에 의해서 포괄되는 용어 집합이 그에 대응하는 대상들의 존재론적 범주를 가리킨다고 가정하면, 서술가능성 나무의 각 마디는 존재론적 나무의 각 마디를 표상하며, 존재론적 나무는 존재론적 범주들의 위계적 구조를 표상하게 된다. 예를 들어, ‘죽었다(IS DEAD)’와 ‘배고프다(IS HUNGRY)’를 가지는 마디는 생명체의 범주를 나타내고, ‘고정된(IS FIXED)’과 ‘부서진(IS BROKEN)’을 가진 마디는 기능적 인공물의 범주를 나타낸다.

소머즈 식의 범주 이론, 서술가능성 지식과 존재론적 지식에 관해 살펴 보았으니, 이제 제기된 물음에 답을 할 차례이다. 어떤 용어-술어 조합은 뜻이 통하는 반면, 어떤 조합은 변칙적인 것으로 판단되는 이유는 무엇인가?



〈그림 2〉 존재론적 나무 (Keil 1979)

변칙성 판단 여부는 용어와 술어가 표상하는 존재론적 범주가 서로 일치하는지 여부에 달려있다. 한 용어(예, 일몰)가 그것과는 다른 존재론적 범주(예, 자동차)의 특징을 기술하는 술어(예, 무겁다)에 의해 포괄되는 경우, 그러한 용어-술어 조합은 뜻이 통하지 않는다.(Keil 1979) 일몰은 사건 범주에 속하고, 술어 ‘무겁다’는 물리적 대상의 범주를 포괄한다. 따라서 주어진 현상은 명사와 술어 사이의 존재론적-범주적 차이에 의해서 설명된다.

언어 습득에 대한 발달심리학적 연구들은 존재론적 차이의 영향에 대해 추가적인 지지를 제공한다.(Keil 1979; Gentner 1982) 연구에 따르면, 어린이들의 존재론적 나무는 성인의 존재론적 나무와 다르며, 아동이 성장하면서 그들이 가진 존재론적 나무도 더욱 세밀하게 발전한다. 아이들은 처음에는 생명체와 인공물만을 구별하지만, 7세가량 되면 물리적 대상과 사건이나 과정의 차이를 인식할 수 있게 된다. 흥미로운 것은, 그러한 존재론적 나

무의 분화가 아이들의 언어 습득 과정과 상관을 맺는다는 점이다. 아이들은 처음에는 명사를 배우고, 그 중에서도 대상을 가리키는 명사를 먼저 배운다. 그 다음, 아이들은 행동과 과정을 가리키는 동사를 배운다. 카일이 제시한 존재론적 나무가 과학적 개념이 표상하는 존재론적 범주들을 세밀한 정도로 나타내기에 충분한 것은 아닐 수 있지만, 존재론적 지식이 인지 과정에 영향을 미친다는 좋은 증거를 제시한다.

3. 상이한 신경학적 회로들

근래 첸(Chen 2010)은 존재론적 지식의 신경학적 기저에 대한 연구들을 간결하게 검토하면서, 손상 연구, 뇌영상 연구, 전기생리학 연구가 사건 개념과 대상 개념이 질적으로 다름을 보여주는 좋은 증거를 제공한다고 주장한 바 있다. 뉴런 집합체에 대한 헵 이론(Hebbian theory)에 따르면, 두 신경세포 체계들이 반복적으로 동시에 활성화되면, 둘은 서로 연합되는 경향이 있고, 그것이 결국 뉴런 집합체라는 기능단위가 된다.(Hebb 1949; Bickle et al. 2012) 우리는 이 이론으로부터 상이한 언어 부류들, 예컨대 명사와 동사는 상이한 신경회로에서 처리된다는 예측을 이끌어낼 수 있다. 최근 30여 년 동안 이에 대한 상당한 증거들을 축적되어 왔다. 이 절에서는 특히 명사와 동사의 신경학적 분리에 대한 경험 증거들을 살펴봄으로써, 그런 실험 결과들이 대상 개념과 사건 개념이 두뇌 안에서 서로 다른 영역을 통해 표상되며, 따라서 존재론적 범주들과 그들의 차이가 신경학적 수준에서 구현되어 있다는 주장을 뒷받침하는지 검토해보자.

먼저 손상 연구를 살펴보자. 손상 연구는 행동이나 인지 능력이 손상된 환자들을 대상으로 손상된 인지 능력과 두뇌의 손상된 부위 사이의 연관성을 확립함으로써 신경과학의 발전에서 심대한 기여를 해왔다. 다마지오는 명사를 인출하는 능력과 동사를 인출하는 능력이 비대칭적으로 손상된 환자들을 보고한 바 있다.(Damasio and Tranel 1993) 좌측 전방 및 중간 측두엽이 손상된 두 환자(AN-1033, Howell)는 명사 인출 과제를 잘 수행하지 못했지만 동사 인출 과제를 잘 해냈다. 반면, 좌측 전운동 전두엽이 손상된

환자(KJ-1360)은 명사 인출 과제를 해내면서도 동사를 인출하는 과제를 잘 수행하지 못했다. 이는 명사 인출 능력이 정상이면서 동사 인출 능력이 손상되거나, 반대로 동사 인출 능력이 정상이면서 명사 인출 능력이 손상될 수 있음을 보여준다. 이와 같은 동사 처리와 명사 처리의 이중해리는 좌측 측두엽 피질에서는 고유명사나 보통명사와 같은 것을 처리하고, 동사는 좌측 전두엽 피질에서 처리됨을 시사한다.

치매와 같은 퇴행성 질환에 대한 연구에서도 일관적인 결과가 보고되었다. 대니얼과 동료들(Daniele et al. 1994)은 명사와 동사 처리가 차별적으로 손상된 경우를 보고했는데, 좌측 측두엽 위축증을 가진 한 환자(G.P.)는 명사를 명명하고 이해하는 능력이 선택적으로 더 크게 손상된 반면, 좌측 전두엽이 퇴화된 두 환자(R.A. and G.G.)는 동사의 명명과 이해 능력이 명사에 비해 더 많이 손상되었다. 이런 보고는 명사와 동사의 이해 및 산출 능력이 별개의 신경 메커니즘과 관련되어 있음을 보여주는 증거를 제시한다. 게다가, 명사-동사 이중해리는 PET와 fMRI를 사용하는 뇌영상 연구와 전기생리학적 연구에 의해서도 입증되어 왔다.(Peterson et al. 1989; Pulvermüller, Lutzenberger, and Preissl 1999) 예를 들어, 폴버필러와 동료들은 단어 읽기에 대한 사건관련 전위(ERP) 연구에서 명사는 동사보다 후두엽 피질(시각영역)을 더 활성화시키고, 동사는 명사보다 전운동 피질과 운동 피질을 더 활성화시킨다는 것을 보여주었다.

이러한 신경과학적 연구들은 명사와 동사가 상이한 신경 기저에서 처리된다는 좋은 증거를 제공하지만, 대상-사건의 존재론적 구분에 대한 직접적인 증거인지는 아직 불분명하다. 첸(Chen 2010)은 대상-과정 구분을 명사-동사 해리와 동일시하거나, 혹은 양자가 직접 연결된 것으로 암묵적으로 가정했다는 점에서 다소 성급했다. 그것은 단순히 가정되어야 할 것이 아니라 입증되어야 할 문제이기 때문이다. 일상적인 상황에서, 대상과 사건의 구분은 명사와 동사의 구분과 높은 상관성을 가진다. 명사는 대체로 대상과 물체들을 가리키고, 동사는 대체로 행동이나 사건을 가리킨다. 그러나 대상이 아니라 사건이나 행동을 지시하는 명사도 분명히 존재한다. 따라서 명사-동사의 구분이 대상-사건의 구분과 혼동되지 말아야 한다.

문제는 이중해리(double dissociation) 현상이 존재한다는 데 한 목소리를 내는 연구자들도 그 현상의 본성에 관해서는 치열한 논쟁을 벌이고 있다는 것이다. 연구자들은 이중해리가 통사적인지 의미론적인지, 혹은 형태학적이거나 음운론적 요소가 개입하지는 않는지 논의하고 있다. 게다가, 근래 쏟아져 나오고 있는 명사-동사의 이중해리에 대한 실험과 그에 대한 해석들을 살펴보면, 연구자들 사이의 합의를 위해서는 상당히 시간이 소요될 것을 예감하게 된다. 단지 실험 결과가 엇갈린다고 말할 수 있는 수준을 넘어서, 자극의 종류와 자극을 제시하는 방식, 통제된 변수들, 실험 패러다임이 제각각인 경우가 많기 때문이다. 예컨대, 이중해리의 본성을 밝히기 위해서는, 자극으로 사용되는 단어의 길이, 빈도, 친숙성, 그리고 상상가능성(imageability)의 변수를 통제할 필요가 있지만, 하나의 연구에서 모든 변수를 통제하는 경우는 드물며, 어떤 연구들은 일부 변수들을, 다른 연구들은 또 다른 변수들만을 통제한 채로 수행되었다. 상당수의 연구들은 그림 명명 과제를 사용했지만, 어떤 연구들은 어휘 결정 과제나 의미 범주화 과제를 사용했고, 다른 연구들은 주의 깊은 청취 패러다임을 사용했다. 따라서 실험 결과와 그에 대한 해석은 각 요소들이 어떻게 사용되었는지에 달려있다. 몇 가지 연구들을 검토해볼 텐데, 이는 매우 선택적일 수밖에 없을 것이다. 물론, 명사-동사 이중해리의 본성이 무엇인지 해명하는 것은 이 절에서 다룰 수 있는 범위를 훨씬 넘는다. 우리가 해야 할 일은 이중해리에 대한 어떤 해석이 우리가 지금 그으려고 하는 존재론적 구분선을 지지해줄 수 있는지, 그리고 그러한 해석이 타당한지를 주의 깊게 검토하는 것이다. 이중해리의 이유가 단지 명사와 동사의 통사적 구분에 있지 않고, 대상과 움직임이라는 의미론적 구분에 있다는 증거가 있다면, 우리는 존재론적 구분이 신경학적 근거를 가진다고 말할 수 있을 것이다. 따라서 우리는 이중해리에 대한 의미론적 해석이 얼마나 타당한지 검토해야 한다.

풀버뮤러는 명사와 동사의 이중해리가 의미론적 차이에서 기인한다고 주장한다.(Pulvermüller, Mohr, and Schleichert 1999) 그들의 실험에서, 실험참여자들에게는 세 종류의 단어(시각적 명사, 행동 명사, 행동 동사)가 주어졌다. 단어들의 길이와 빈도는 통제되었고, 실험참여자는 어휘 결정 과

제를 수행했다. 이 과제를 수행하는 실험참여자에게 특정한 문자열을 제시하면, 실험참여자는 그것이 실제 단어인지 아니면 가짜 단어인지를 결정하면 된다. EEG를 통해 두뇌 활동을 측정된 결과, 그들은 시각적 명사와 행동 명사 사이에서 그리고 시각적 명사와 행동 동사 사이에서 유의미한 차이를 발견했다. 그러나 행동 명사와 행동 동사 사이에서는 유의미한 차이를 찾지 못했다. 이는 이중해리가 문법적인 구분에 따라서가 아니라 의미론적 차이에 의해서 발생했음을 시사한다. 즉, 시각화가능한 대상에 대한 언어처리와 행동이나 과정에 대한 언어처리가 다를 수 있다는 것이다. 만일 이 결과가 강건하게 재연될 수 있다면, 존재론적 구분에 대한 일정한 증거를 제공할 수 있을 것이다. 그러나 이 연구는 상상가능성이라는 변수를 통제하지 않은 한계를 갖는다. 발견된 차이는 의미론적 차이일 수도 있지만, 상상하기 쉬운 단어들과 그렇지 않은 단어들의 차이일 수도 있다. 그리고 그러한 대안적 가능성을 제거할 수 있는 어떤 실험이나 조차도 취해지지 않았다. 따라서 풀버필러의 실험은 이중해리가 의미론적 성격을 가짐을 입증하는 증거로서 결정적이지 않다.

타일러와 동료들의 PET 연구는 단어들을 정교하게 통제하는데 세심한 주의를 기울였다.(Tyler et al. 2001) 첫 번째 실험에서는, 실험참여자들에게 네 가지 종류의 단어들을 제시하고 어휘 결정 과제를 수행하도록 했다. 자극으로 제시된 단어들은 상상하기 쉬운 명사, 상상하기 쉬운 동사, 상상하기 어려운 명사, 상상하기 어려운 동사로 이루어졌다. 두 번째 실험에서 실험참여자들은 의미론적 범주화 과제를 수행했다. 의미론적 범주화 과제란, 제시된 세 가지의 단서 단어를 읽고 나서 마지막으로 제시된 목표 단어가 단서 단어들과 동일한 범주에 속하는지 아닌지를 결정하는 것이다. 이때 자극은 네 종류로 이루어졌는데, 빈도가 높은 명사, 빈도가 높은 동사, 빈도가 낮은 명사, 그리고 빈도가 낮은 동사였고, 단어의 길이와 상상가능성 변수는 통제되었다. PET 실험 결과, 그들은 두 실험 모두에서 상이한 단어 종류들 간의 어떤 신빙성 있는 차이도 발견하지 못했다. 즉, 명사와 동사는 유사한 활성화와 패턴을 보여주었으며, 구체적으로 말해 그들은 공통적으로 좌측 전두엽과 하부 측두엽을 활성화시켰다. 게다가, 상상가능성과 빈도가 미

치는 영향도 찾지 못했다. 결국, 그들의 연구는 이전의 연구 결과들이 재연되지 않은 경우를 보고한 셈인데, 이는 이중해리가, 적어도 단어를 산출하는 과제에 있어서는, 의미론적 성격이 있더라도 강건하고 보편적인 현상이 아닐 수 있음을 시사한다. 타일러는 다른 논문에서 이중해리가 명사와 동사 사이의 형태론적 차이에서 기인할 수도 있음을 제안한다.(Tyler et al. 2004)

새피로와 동료들은 명사 처리와 동사 처리가 두뇌의 다른 부위에 국소화되는 것은 상이한 통사적 범주에서 기인한다고 주장한다.(Shapiro et al. 2006) 그들의 fMRI 연구에서 특이한 점은 그림 명명 과제, 어휘 결정 과제와 같은 의미론적으로 기울어진 과제가 아니라 통사적으로 기울어진 과제를 실험참여자들에게 제시했다는 점이다. 실험참여자는 짧은 구나 문장의 맥락에서 명사와 동사를 산출하는 과제를 수행하는데, 이때 단어의 형태학적 굴절까지 신경 써야 했으며 따라서 과제를 수행하는 동안 통사적 정보에 접근할 필요가 있었다. 첫 번째 실험에서 실험참여자들은 실제 명사와 동사뿐 아니라 의미가 없는 사이비 단어들로 산출하도록 했다. 두 번째 실험에서는 구체적인 명사와 구체적인 동사, 추상적인 명사와 추상적인 동사를 산출하도록 지시했다. 세 번째 실험에서는 규칙적 굴절 어미를 가진 단어들과 불규칙적 굴절 어미를 가진 단어들이 자극으로 사용되었다.

실험 결과에 따르면, 명사를 산출할 때 왼쪽 전측 방추회가 활성화되는 반면, 동사의 경우에는 좌측 전두 피질과 좌측 상두정소엽 영역의 활성화되는 것으로 나타났다. 새피로 등은 그들의 실험 결과가 상이한 두뇌 영역이 명사와 동사를 처리할 때 관여할 뿐 아니라 명사와 동사가 “별개의 문법적 범주로서”(Shapiro et al. 2006, 1644) 처리됨을 시사하는 것으로 해석한다. 왜냐하면, 단어의 의미, 구체성과 추상성, 굴절의 규칙성과 상관없이 명사와 동사가 상이한 두뇌 영역에서 처리된다는 증거를 얻었기 때문이다. 만일 이 연구가 명사-동사의 이중해리가 순수하게 문법적임을 보여준 것이라면, 대상과 사건 사이의 존재론적 차이는 신경학적 근거를 가지지 않는 셈이다. 첸은 이러한 가능성을 배제하지 않고, 신경학적 증거를 액면 그대로 수용했다는 점에서 성급했다. 그러나 새피로 등의 연구는 명사-동사 분리가 문법적 특징으로 환원될 수 있음을 보여주었다고 볼 수 없다. 이 연구가 사용한

과제는 다양한 굴절 형태들에 대해 생각함으로써 문법적 차이를 탐지하도록 의도된 것임을 상기할 필요가 있다. 새피로의 연구는 이중해리가 전적으로 의미론의 차원에서 설명될 수 있다는 “의미론적 환원주의”에 대한 반례를 제공하는 데 초점을 맞추고 있다. 의미론적 환원주의의 반대 증거가 제출되었다고 해서 “동사론적 환원주의”가 따라나오는 것은 아니다. 즉, 명사-동사의 분리가 부분적으로는 문법적 부류의 차이에서 기인한다는 점이 인정되더라도, 의미론적 차이에도 일부 책임이 있을 가능성이 배제되지는 않는다.

비글리오초와 동료들은 자신들의 PET 연구를 통해 단어의 의미와 내용이 이중해리에 기여한다는 결과를 얻었다.(Vigliocco et al. 2006) 그들은 앞선 연구에서 사용된 것과는 다른 실험 패러다임을 사용했는데, 실험참여자들에게 어떤 반응을 요구하는 대신 주어진 단어를 주의 깊게 듣도록 했다. 네 종류의 자극이 실험참여자에게 주어졌는데, 운동 명사, 운동 동사, 감각 명사, 감각 동사이다. 특이한 점은 모든 단어들이 어떤 고정된 대상이 아니라 사건이나 과정과 관련된 단어라는 점인데, 실험자들은 그러한 방식으로 자극 변수를 조작함으로써 의미론적 구분과 문법적 구분의 혼동을 피하고자 했다. 자극은 친숙성, 습득 연령, 상상가능성에 대해서 통제되었다. 실험 결과, 그들은 명사와 동사 사이에는 어떤 유의한 차이도 발견하지 못했지만, 운동 단어들과 감각 단어들 사이에서는 유의한 차이를 발견했다. 운동 단어들이 감각 단어들보다 좌측 일차운동피질을 더 활성화시킨 반면, 감각 단어들은 전방 좌측 하전두회과 전방 하측두회를 더 활성화시켰다.

이 실험의 과제가 앞선 연구들의 과제와는 다르다는 점을 주목할 필요가 있다. “주의 깊게 듣기” 과제는 명시적으로 어떤 산출값을 내도록 요구하지 않기 때문에 과제수행에 요구되는 과업량을 최소화한다. 따라서 비글리오초의 실험에서는 단어의 산출이 아니라 이해(comprehension)에 관여하는 두뇌 활동을 조사한 셈이다. 대체로 동사 산출이 명사 산출보다 더 많은 과업을 요구하기 때문에 이러한 과제 선택은 매우 중요한 의미를 가진다. 대상을 명명하는 것이 흔히 행동을 명명하는 것보다 더 빠르고 더 정확하다. 또한 동사와 관련된 뇌 손상을 보고한 경우가 명사와 관련된 손상 보고보다 훨씬 더 많다. 이러한 비대칭성은 동사 처리가 더 많은 과업을 요구한다는

사실에 의해 설명될 수 있다.(Matzig et al. 2009). 예컨대, 동사는 굴절하거나 격변화를 겪기도 하고 앞에 나온 명사의 형태에 영향을 받기도 한다. 비글리치오의 실험에서 흥미로운 것은 다른 변수들을 통제한 이후에도 운동 명사와 감각 명사, 그리고 운동 동사와 감각 동사 사이에 유의미한 차이를 발견했다는 점이다. 따라서 우리가 내릴 수 있는 결론은 다음과 같다. 명사와 동사를 ‘산출’하는 데 관여하는 두뇌 활동에 대해서는 훨씬 더 많은 요인들이 개입되었지만, (사건과 관련되는) 명사와 동사를 단순히 ‘이해’하는 데 관여하는 두뇌 활동의 차이는 문법적 종류가 아니라 의미론적 차이에 따라서 발생하는 것으로 결론내릴 수 있다.

요약해보자. 명사-동사 해리현상은 상당히 강건해 보이지만, 뇌영상 연구 및 전기생리학적 연구들은 이중해리 현상의 본성에 대해 일치되는 해석을 제시하지 못했다. 발견된 차이들이 문법적 종류가 달라서 생긴 것인지 아니면 단어의 의미가 달라서인지는 큰 논쟁거리이다. 이 점에서 동사와 명사의 이중해리가 존재론적 구분에 대한 직접적인 증거를 제공하는 것으로 결론내린 첨은 성급했다. 그럼에도 우리는 산출 능력과 언어 이해 능력을 구분함으로써 약간의 긍정적 증거를 발견했다. 언어 산출 과제를 수행하기 위해서는 의미론적, 통사적, 형태론적 요소 등 총체적인 언어 능력이 필요해 보인다. 반면, 적어도 언어를 암묵적으로 이해하는 데 있어서 의미론적 차이는 중요한 역할을 하고, 의미론적으로 다른 언어 부류들은 상이한 두뇌 영역에서 처리된다는 것을 알 수 있다.

Ⅲ. 존재론적 정보는 어떻게 표현되는가

우리는 개념과 관련된 존재론적 범주와 그들 사이의 범주적 차이가 인지 과정에 영향을 미치며, 상이한 존재론적 범주를 이해하는 일에 서로 다른 신경학적 기저가 관여함을 보았다. 존재론적 범주를 표상하는 정보는 단지 개념과 연관되어 있지 않고 개념을 이루는 정보체의 일부로서 표현된다. 그렇다면 존재론적 범주에 대한 정보가 어떻게 표현될 수 있는지 해명할 필요

가 있다. 예를 들어, 고양이, 우산, 해돋이는 상이한 존재론적 범주에 속한다. 이들이 서로 다른 범주에 속한다는 정보는 어떻게 표현되는가? 고양이 개념은 존재론적 나무에서 대상-고체-생물-동물이라는 가지에 속하고, 우산 개념은 대상-고체-인공물이라는 가지에 속하고, 해돋이 개념은 사건이라는 별도의 가지에 속한다. 고양이, 우산, 해돋이 개념이 서로 다른 존재론적 범주에 속한다는 것을 표시하는, 각 개념이 자신과 관련된 범주를 표현하는 방식에 관해 말할 수 있어야 한다.

카일(Keil 1979)의 서술가능성 나무와 존재론적 나무를 떠올려보자. 서술가능성 나무의 각 마디는 존재론적 나무의 각 마디에 대응한다. 예컨대, 서술가능성 나무에서 {아프다, 죽었다}가 표시된 마디는 존재론적 나무에서 생물 범주에 대응한다. 서술가능성 나무의 마디가 언어적인 형태의 술어들의 집합으로 특징지어져 있긴 하지만, 이것은 지시대상의 여러 속성들을 부호화하는 정보들의 집합으로 간주될 수도 있다. 그 정보체 가운데 특정한 존재론적 범주에 대응하는 속성들을 존재론적 특성(ontological attributes)이라고 부를 수 있다.(Chi et al. 1994) 이때, 존재론적 특성이란 어떤 범주의 구성원들이 전형적으로 갖는 특성들이나 반드시 가져야할 특성들과는 구별된다. 예를 들어, 인공물 범주에 속하는 물 주전자를 생각해보자. 물 주전자는 반드시 주둥이가 있어야 하고, 전형적으로 철로 되어 있지만, 그런 특징들은 물 주전자가 인공물 범주에 속한다는 것을 직접 알려주지는 않는다. 즉, 전형적 특징이나 필수 특징이 존재론적 특성은 아니다.

치(M. Chi)의 제안에 따르면, 존재론적 특성은 어떤 존재자가 가진 여러 특성들 가운데 그 존재자가 특정한 범주의 구성원으로서 잠재적으로 소유할 수도 있는 특징이다. 예컨대, “배고프다”라는 술어에 대응하는 속성, 즉 ‘배고픔’은 생명체 범주의 존재론적 특성이다. 어떤 존재자가 생명체이기 위해서 그것이 반드시 배고픔 필요가 있는 것도 아니고, 생물 범주의 대부분 구성원들이 전형적으로 배고픈 것도 아니기 때문에, 배고픔의 속성은 필연적 특징이나 전형적 특징이 아니다. 배고픔은 생물 범주의 구성원으로서 잠재적으로 소유할 수 있는 특징이기에, 즉 생명체들은 배고플 수 있는 바로 그런 존재이기 때문에 배고픔은 존재론적 속성이 된다. 다른 예로, “망가

졌다(is broken)”는 속성은 인공물 범주의 존재론적 특성이다. 인공물은 망가질 수 있지만 다른 존재론적 범주의 구성원들은 그럴 수 없다. 그렇다고 망가짐의 속성이 인공물이 되기 위한 필수 요건도 아니고, 대부분의 인공물들이 공유하는 전형적인 속성일 필요도 없다. 요컨대, 존재론적 나무의 다른 가지에 속한 범주는 망가질 수 없고, 해당 가지에 속한 범주만 망가질 수 있는 그러한 특징들이 바로 존재론적 특성이다.

이러한 제안에 따르면, 고양이 개념을 이루는 정보들 가운데 존재론적 특성들에 관한 정보들은 고양이가 대상-고체-생물-동물이라는 존재론적 가지에 속한 것임을 알려준다. 대상 범주에 속한 존재자로서 고양이는 무거울 수 있고 검은 색일 수 있다. 생물 범주에 속함으로써 고양이는 아플 수 있고 죽을 수 있다. 고양이들은 동물 범주에 속함으로써 졸리거나 배고플 수 있다. 그러나 인공물 범주에 속하지 않기 때문에 망가질 수는 없다. 마찬가지로 우산 개념은 대상-고체-인공물이라는 가지에 속하는데, 인공물 범주에 속함으로써 망가지거나 수리될 수 있다. 요컨대, 한 개념에 속한 존재론적 특성들의 집합이 그 개념이 가리키는 존재론적 범주를 표현한다.

존재론적 특성에 대한 치(Chi)의 제안은 기본적으로 올바른 방향을 향하지만, 문제가 없지 않다. 한 가지 치명적인 문제는 존재론적 특성들에 대한 정보가 개념을 이루는 정보체에 포함되는지 불투명하다는 데 있다. 왜냐하면 존재론적 특성들은 어떤 존재자가 소유하고 있는 속성이 아니라 잠재적으로 가질 수 있는 속성이기 때문이다. 예컨대, 어떤 존재자 X가 대상 범주에 속하면 그것은 노란색이라는 존재론적 속성을 가질 수 있는데, 이때 X가 잠재적으로 가질 수도 있는 이 속성이 X의 개념을 이루는 정보인지 분명하지 않다.

이런 약점을 치료하기 위해, 나는 특징 목록(feature-list) 모형 대신 특성-특성값(attribute-value) 모형을 채택할 것을 제안한다. 어떤 존재자 X가 실제로는 빨간색이고 가볍다고 가정해보자. 특징 목록 모형에 따라 이 정보들을 표현하면, 대상 범주에 속하는 X의 개념은 [빨강, 가벼움, ...] 등을 포함하는 정보체이다. 물론 X는 빨간색이 아니라 노란색일 가능성도 있고, 가볍지 않고 무거울 가능성도 있다. 그러나 그러한 정보를 X의 개념 안에 포

함시키기는 쉽지 않다. 이때, 빨간색이라는 특정한 색이 존재론적 특성은 아니라는 점에 주목해야한다. 그 대상은 노란색일 수도, 초록색일 수도, 아니면 검은 색일 수도 있다. 중요한 것은 어떤 색이든 간에 특정한 색을 가질 수 있는 존재자라는 데 있다. 바로 이런 상황은 스키마 이론(Minsky 1975)이나 프레임 이론(Barsalou 1992)에서 사용되는 특성-특성값 모형을 통해 잘 포착될 수 있다. 이 모형에 따르면, 각 특징들은 낱개로서가 아니라 특성(attribute)과 값(value)이라는 두 수준으로 분리되어 표현된다. 예컨대, 빨강은 색이라는 특성(혹은 차원)에 대한 특정한 값으로서 주어진다. 이때, 특성은 세계의 특정한 측면을 나타내며 다양한 값을 가질 수 있고, 특성값은 여러 가능한 값들 가운데 하나를 지정한다. 그래서 X의 개념은 [색: 빨강, 무게: 가벼움, ...] 등을 포함하는 정보체로 나타낼 수 있다. 이런 개념 표현 방식은 X가 실제로는 빨강색이지만 빨강이라는 색을 가질 수 있는 종류의 존재자임을 드러낸다. 그 개념의 색 변수 혹은 색 특성은 노랑이라는 값을 가질 수도 있고, 무게 변수는 무거움이라는 값을 취할 수도 있다. 반면, 대상이 아닌 범주에 속하는 것들은 색이나 무게와 같은 특성 혹은 차원을 가지지 않는다. 따라서 사건들은 빨간색일 수도 없고 무거울 수도 없다. 이렇게 존재론적 특성들은 여러 특성값들을 잠재적으로 가질 수 있는 차원이나 특성의 수준에서 정의될 수 있고, 어떤 존재론적 특성을 갖는지에 따라 그에 대응하는 존재론적 범주가 결정될 수 있다.

IV. 과학적 개념의 존재론적 범주와 개념 변화

과학적 개념에 대한 인지적 접근(cognitive approach)은 과학이론에 사용된 이론적 용어의 의미론적 차원을 분석하는 것을 넘어, 과학적 개념도 심리학과 인지과학에서 일상적인 개념을 다루는 방식과 마찬가지로 다루어질 수 있다고 주장한다.(Thagard 1990; Cheon and Machery, 2016) 앞서 검토한 일상적 개념을 대상으로 수행된 경험적 연구 결과는, 과학적 개념이 일상적 개념과 질적으로 구분되지 않는다는 가정 하에서, 과학적 개념에도

적용될 수 있다.(Giere 1992; Nersessian 2008) 인지적 접근을 구체화할 수 있는 방식을 다양하겠으나, 이 논문에서는 과학적 개념이란 과학적 탐구의 맥락에서 사용되는, 과학자 공동체가 공유하는 정보집합체(information-complex)라고 제안한다.⁴⁾ 특히, 과학적 개념을 구성하는 정보들 가운데 존재론적 범주를 부호화하는 정보들은 특별한 지위를 가진다.

일상적 개념에 대한 언어학적, 인지과학적, 신경학적 연구 결과들은 존재론적 범주의 중요성을 잘 보여준다. 이에 더해, 과학적 개념의 존재론적 범주를 중요하게 고려해야할 이유들이 또 존재한다. 우선, 그러한 고려는 과학적 개념을 다루는 철학 문헌에서 발견되는 어떤 편향을 바로잡는데 기여할 수 있다. 과학철학자들은 대개 대상들, 특히 자연종 개념에 논의를 집중해왔다. 과학적 개념의 본성을 다루는 현대 과학철학 논의에서 철학자들은 대상을 나타내는 개념과 다른 범주를 나타내는 개념들의 차이를 의식하지 않았거나, 의식했다라도 자연종 개념만 이해하게 되면, 다른 과학적 개념도 그와 같은 방식으로 이해될 것으로 가정했다. 개념이 다양한 존재론적 범주를 표상할 수 있다는 단순한 사실을 환기함으로써, 과학 활동에 대한 보다 정밀한 서술을 가능하게 만들어줄 수 있다.

둘째, 가장 중요한 이유는 존재론적 범주에 대한 고려가 개념적 변화에 대한 더 나은 이해를 촉진한다는 데 있다. 여기서 개념 변화는 개체발생적 개념 변화와 계통발생적 개념 변화로 구분해볼 수 있다. 전자는 한 개인이 유아기로부터 성인으로 발달하는 과정에서 개념 변화를 경험하는 경우이고, 후자는 과학사에서 한 과학이론의 개념들이 다른 개념들에 의해서 대체되는 사건을 가리킨다. 뒤따르는 두 절에서는 과학 교육에서의 개념 변화(5절)와 과학사에서의 개념 변화(6절)를 통해, 존재론적 범주의 차이와 변화가 개념 변화를 이해하는 데 중요함을 보인다.

4) 구체적으로 과학적 개념은 다음과 같이 특징지을 수 있다. “x의 과학적 개념은 유관 과학자 공동체의 구성원들이 공통적으로 가지고 있으면서, x를 다루는 과학적 실험의 기저에 놓인 여러 인지 과정들에서 디폴트로 사용되는 정보체이다.” (천현득 2014, 33)

V. 과학 교육에서의 개념 변화⁵⁾

학생들이 과학적 개념을 배우기 어려워한다는 사실에는 별로 새로운 것이 없다. 존스홉킨스 대학의 학부생들을 대상으로 물체의 운동에 관한 생각을 물어본 한 실험에서, 실험참여자의 1/3 정도는 틀린 대답을 제출했는데, 그들은 중세 자연철학에서 유행하던 임페투스 이론과 상당히 유사한 오개념을 가지고 있었다.(McCloskey et al. 1980) 더욱이, 대학에서 하나 이상의 물리학 수업을 수강한 학생들 중에서도 14%가 오답을 내놓았다는 점은 놀랍다. 이는 과학적 개념을 배우는 일이 쉽지 않음을 보여주는 흥미로운 사례이다.

과학적 개념을 배우는 것은 왜 어려울까? 과학 교사들이나 교육학자들에게 잘 알려져 있는 것처럼, 학생들은 수업을 받으러 오기 이전에도 어떤 과학적 주제들에 대해 나름의 관점을 가지고 있다. 즉, 학생들은 백지 상태가 아니다. 그들은 세계에 대한 자기 나름의 이해를 가지고 과학 수업에 참석하며, 교사는 학생들의 선개념(preconceptions)을 과학적인 개념으로 바꾸려 한다. 학생들의 선개념은 대개 현재의 과학적 관점에서 보면 부정확한 경우가 많고, 그래서 종종 소박 이론(naive theories)이나 오개념(misconceptions)로 불린다. 이 선개념들은 상당히 강건해서 때로는 교사들이 제시해주는 강력한 증거에도 불구하고 수정에 저항하기도 한다. 오개념의 존재는 과학적 개념의 학습이 어려운 이유를 부분적으로 설명해준다.⁶⁾

그렇지만 오개념의 존재에 대한 호소는 부분적인 설명에 그칠 수밖에 없

- 5) 한 심사자는 이 절의 내용이 과연 본 논문의 핵심 논증을 구성하는 데 필수적인지 의문을 제기하면서, 이 절은 논문의 주제를 특정한 분야에 응용한 것이기 때문에 생략해도 좋은 것 같다고 제안했다. 그러나 심사자의 평가와는 달리, 과학적 개념의 학습과 관련된 개념 변화는 본 논문의 전체 구조에서 중요한 역할을 수행한다. 이 글은 과학적 개념과 연관된 존재론적 지식의 중요성을 그것이 개념 변화에 대한 더 나은 이해를 제공한다는 설명적 이득에 의해 정당화되고 있기 때문이다.
- 6) 물론, 오개념의 본성은 과학 교육 분야에서도 논쟁거리이다. 특히, 오개념은 이론과 같은 정합적인 지식의 형태를 가지는지 아니면 분절화("knowledge in pieces")되어 있는지를 둘러싸고 논쟁이 계속되고 있다.(McCloskey 1983; diSessa 1988; 1993) 그럼에도 어떤 과학적 개념들이 배우기 어렵다는 사실과, 그 사실이 학생들의 오개념에 의해서 부분적으로 설명될 수 있다는 것은 부정하기 어렵다.

다. 몇몇 과학적 개념은 오개념을 비교적 쉽게 대체하고 학생들에게 잘 수용되는 반면, 어떤 과학적 개념들은 다른 것들보다 더 배우기가 어렵기 때문이다. 따라서 오개념이 새로운 과학적 개념을 배우는데 방해가 되는 메커니즘을 탐구해볼 필요가 있다. 과학적 개념의 존재론적 지위는 이 문제에 관해서도 통찰을 제공해준다. 치(Chi)와 동료들의 제안에 따르면, 학생들이 과학적 개념을 학습하면서 겪게 되는 어려움은 학생의 선개념이 속한 존재론적 범주와 그에 대응하는 과학적 개념의 ‘진짜’ 존재론적 범주 사이의 충돌에 기인한다.(Chi 1992; Chi et al. 1994)

존재론적 범주의 충돌을 통한 설명은 다음과 같이 제시될 수 있다.

- P1. 학생들은 교실에 들어오기 이전에도 과학적 주제에 대한 선개념을 가지고 있다.
- P2. 선개념을 구성하는 일상적 개념들과 새로 배워야 할 과학적 개념들이 존재론적으로 불일치하는 경우가 있다.
- P3. 한 개념을 하나의 존재론적 범주에서 그와 다른 존재론적 범주로 직접 변환하는 인지 과정은 없다. 존재론적 불일치 개념을 학습하기 위해서는 존재론적 전환을 동반한 개념적 변화가 요구된다.
- P4. 학생들은 새로운 개념을 배울 때 친숙한 학습 메커니즘을 사용하려는 경향이 있고, 존재론적 전환이 필요한 시점을 모르거나, 혹은 전환해야 할 대안적인 범주 자체를 모를 수 있다.
- C. 따라서 일상적 개념과 존재론적으로 다른 과학적 개념은 학습하기가 더욱 어렵다.

첫 번째 명제 P1은 학생들이 교실에 들어오기 전 세계에 대해 나름의 이해를 가진다는 것으로, 과학교사, 과학교육 연구자, 인지과학자 사이에서 널리 알려진 사실이다. 아동들의 선개념은 여러 영역에 걸쳐 있는데, 생물 영역, 물리 영역, 심리 영역에 관해 아이들이 가지고 있는 소박한 믿음들은 흔히 통속 생물학, 통속 물리학, 통속 심리학 등으로 불린다. 많은 인지과학자들이 이런 믿음들의 본성에 관한 탐구에 초점을 맞추고 있다.

두 번째 명제 P2는 소박한 이론들에 포함된 일상적 개념들이 때로는 그에 대응하는 과학적 개념과 존재론적으로 상이하다는 것이다. 이 명제는 모든 과학적 개념이 선행하는 일상적 개념과 존재론적으로 불일치하다고 주장하지 않는다. 다만, 존재론적 불일치가 발생하는 경우 학습이 어렵게 됨을 보이고자 할 뿐이다. 열(heat) 개념을 통해 존재론적 불일치를 예시해보자. 열역학의 관점에 따르면, 열은 온도가 높은 계에서 온도가 낮은 계로의 에너지 전이, 혹은 계들 사이에서 온도차로 인해 야기되는, 한 계에서 다른 계로의 자발적인 에너지 흐름이다.(Schroeder 1999) 간단히 말해, 열은 에너지 전이의 한 과정이다. 반면, 학생들이나 물리학 초심자들은 열을 어떤 물질적 실체로 다룬다.(Reiner et al. 2000; Wiser and Amin 2001) 라이너 등의 연구에 따르면, 학생들은 물체 도식(substance schema)을 사용해 물리 문제들의 해결을 시도하는데, 이때 물체란 전형적으로 밀거나 당길 수 있고, 마찰을 가지며, 어떤 것에 담겨질 수 있고, 썩어질 수 있고, 정확한 위치를 가지고, 움직일 수 있고, 갑자기 사라지거나 나타나지 않고, 표면적과 부피를 갖는 입자적 성질을 지니며, 질량이나 무게 등 가법적인 특징을 갖고, 관성력을 가지고, 중력에 민감하다. 학생들은 열 개념도 그러한 물체 도식을 통해 이해하는데, 이것이 열(heat)과 냉(cold)에 대한 오개념을 낳게 된다. 9세 이전의 아이들은 열과 냉을 물체에 내재한 속성으로 간주하고, 12세 이상이 되면 칼로리와 같이 어떤 독립적인 물질적 실체로 간주한다.(Reiner et al. 2000) 냉은 열의 부재로 이해되기 보다는 별개의 물질적 존재자로 여겨진다. 그것은 정확한 위치를 가지고, 공간을 통해 이동하며, 다른 물체에 도달하는 것으로 묘사되고, 어떤 곳에 축적되며 담겨지는 것으로 생각된다. 요약하자면, 학생들은 열에 대해 물질적 관점(materialistic conception)을 가지며, 이것이 아이들이 가진 힘, 전기, 빛 등에 대한 오개념의 원인이 된다. 열 개념은 학생들이 가지고 있던 일상적 개념과 새로이 배우게 되는 과학적 개념이 존재론적으로 불일치하는 인상적인 사례를 제시한다.

세 번째 명제는 한 개념이 존재론적 지위가 다른 어떤 개념으로 변화하는, 특별한 종류의 개념적 변화에 관련된 주장이다. 그런 개념적 변화는 개

념을 구성하는 몇 가지 특성들의 추가 혹은 삭제, 일반화, 유비 추론 등 친숙한 인지적 메커니즘만으로는 일어날 수 없다. 그런 변화를 위해서는 존재론적 전환이 필요하다. 즉, 새로운 과학적 개념을 포괄할 수 있는 개념 체계의 재조직화가 일어나야 하며, 결국에는 새로운 존재론적 나무를 그릴 수 있어야 한다.(Chi 1992) 그러나 왜 존재론적 전환이 필요한 경우에 개념 학습이 어려운지에 대해 추가적인 설명이 필요하다.

네 번째 명제는 학습자의 학습 전략과 존재론적 지식을 밝힘으로써, 왜 학생들이 존재론적 전환을 동반한 개념적 변화를 어렵게 느끼는지를 설명해준다.(Chi and Hausmann 2003; Chi and Roscoe 2002) 학생들은 평소에 존재론적 전환의 필요성을 느끼지 않으며, 따라서 언제 존재론적 전환이 필요한지 알기 어렵고, 전환을 해야 한다는 것을 어렵듯이 알았다더라도 전환해야 할 범주를 가지고 있지 않을 수 있다. 아이들의 존재론적 지식은 단순한 나무에서 더욱 복잡한 나무로 점차 성장하기 때문에, 어린 학생은 사건이나 과정 등의 존재론적 범주에 대해 알지 못하거나 제한적으로 알 수도 있다. 이것이 학습의 어려움을 야기할 수 있다. 청소년기에 이르면 성인과 유사한 존재론적 지식을 가질 수 있지만, 문제 상황에 직면했을 때 존재론적 범주를 가로질러 범주 체계를 재조직화를 해야 할지, 해야 한다면 언제 해야 하는지는 분명치 않을 수 있다.

이런 상황에는 나름의 이유가 있다. 첫째, 우리는 흔히 폭넓은 존재론적 관점에서 현상을 분류할 필요를 느끼지 않는다. 성인에게도 존재론적 전환은 자주 발생하는 일이 아니다. 어린 아이들이 고래가 물고기가 아니라 포유류임을 배우는 것은 사실 예외적인 경우에 속한다. 둘째, 친숙한 학습 과정과 물질적 관점이 일상생활에서는 잘 작동한다. 이는 그에 대응하는 과학적 개념이 존재하는 경우에도 마찬가지이다. 예를 들어, 우리는 “열기”가 “빠져나가도록” 창문을 닫고, “냉기”가 “빠져나가지” 못하도록 냉장고 문을 닫는다. 물질적 관점을 일상적으로 마주치는 다양한 현상들에 대해 괜찮은 설명들을 제공하는 셈이다. 이는 우리가 그러한 학습 메커니즘과 선개념을 가지고 있는 이유이다. 셋째, 존재론적 전환 자체가 손쉬운 일이 아니다. 한 개념이 표상하려는 존재론적 범주가 변화할 때면, 그 개념은 대안적 범

주의 대부분의 속성들을 승계해야하기(property inheritance) 때문에, 존재론적 전환은 상당한 인지적 자원들을 요구하고 비용이 많이 드는 어려운 작업이다.

일상적 개념과 과학적 개념 사이의 존재론적 불일치에 호소하는 설명이 과학적 개념 학습에 대한 유일하고 완전한 설명은 아니더라도, 존재론적 차이의 존재가 하나의 중요한 인자임에는 틀림이 없다.⁷⁾ 이러한 존재론적 설명 방식은 예측이 입증됨으로써 추가적인 지지를 받을 수 있다. 존재론적 설명은 존재론적으로 불일치하는 개념과 일치하는 개념을 배우는 데 있어서 어떤 차이가 발생할 것으로 예측한다. 배워야할 개념이 선개념과 존재론적으로 불일치하면, 그러한 선개념은 강건하고 지속적으로 저항하며, 나이에 무관하게 분포하고, 다양한 학생들 사이에서도 폭넓게 존재하는 것으로 예측된다. 반면, 두 개념이 양립가능하면, 반대의 패턴이 예측된다. 즉, 선개념은 강건하지 않고 지속적으로 저항하지 않고 쉽게 동화되며, 나이나 대상에 따라서 균질적이지 않다. 이런 상반되는 패턴은 경험적 연구에 의해 입증되었다.(Chi et al. 1994)

또 다른 예측은 학생들이 적절한 존재론적 범주를 가지게 되면, 새로운 과학적 개념을 이해하기가 수월할 것이라는 것이다. 이 예측도 교육적 개입을 통해 입증되었다.(Slotta and Chi 2006) 슬로타가 수행한 한 실험에서, 전기 현상에 대해 대학 수준의 교육을 받은 적이 없는 대학생 24명이 참여하였다. 그 중 절반은 실험군에, 나머지는 대조군에 배정되었는데, 두 집단은 SAT 점수나 평균 학점에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 실험 방법은 사전시험(pretest)에서 수행한 과제를 (그와 동일한 과제인) 사후시험(posttest)에서 수행했을 때, 두 집단 사이의 차이를 보는 것이다. 사전시험과 사후시험의 내용은 전기 회로에 대한 여러 문제들을 풀고, 이를 설명하

7) 한 심사자는 오개념의 원인이 될 수 있는 다른 변수들에 대한 검토가 필요하다고 지적했다. 그러나 이에 대한 체계적인 탐구는 본 논문의 범위를 훨씬 넘는다. 우리의 과제는 단지 학생들의 오개념을 설명하는 데 있지 않고 왜 어떤 오개념은 쉽게 극복되는 반면, 일부 오개념은 그렇지 않은지를 설명하는 데 있다. 나는 이를 설명하는 데 존재론적 지식이 중요하다고 주장했다. 물론 다른 설명 방식이 있을 수 있지만, 그렇다고 해서 존재론적 지식의 역할을 부정하지는 않을 것이다.

도록 하는 것이다. 실험군에는 적절한 존재론을 학습하도록 했는데, 먼저 과정이라는 존재론적 범주의 일반적 특징을 배운 후, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 기체의 팽창과 유체의 확산에 관련된 상황에서 무슨 일이 벌어지는지 감각을 지니도록 했다. 대조군에서는 똑같은 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 동일한 주제를 학습하도록 했지만, 존재론적 지식이 아니라 고체, 액체, 기체의 일반적인 성질에 초점을 맞추어 훈련시켰다. 서로 다른 훈련과정을 거치게 한 후, 사후시험에서 전기 회로에 대한 동일한 문제를 풀게 했다. 실험 결과, 대조군의 실험참여자들은 사전시험에 비해서 사후시험의 결과가 나아지지 않았으나, 실험군은 통계적으로 유의하게 시험결과가 나아졌다. 특히, 훈련시간동안 컴퓨터 시뮬레이션에서 높은 점수를 받았던 사람일수록 사후시험에서 더 많이 향상되었다. 이는 존재론적 범주에 대한 교육이 과학적 개념 학습에 있어서 중요한 차이를 가져올 수 있음을 보여준다.

요약하자면, 학습자는 친숙하지 않은 새로운 사물을 대하고 그에 대한 개념을 배울 때, 그 개념에 적절해 보이는 존재론적 범주를 부여한다. 개념은 그 범주의 존재론적 속성들은 물려받는다. 따라서 존재론적 범위의 부여는 어떤 특성들이 개념에 저장되는지를 규제하는데 중요한 역할을 한다.

VI. 과학사에서의 개념 변화

쿤은 자신의 후기 철학에서 과학혁명을 일종의 “분류학적 전환”으로 묘사했다. 정상과학과 과학혁명의 구분은 한 분야에서 사용되는 개념들의 연결망을 재조직화하지 않고서도 일어나는 과학적 변화와 그러한 재조직화를 동반하는 과학적 변화로서 재해석된다. 혁명에 대한 이러한 재규정의 씨앗이 쿤의 초기 저술에서 전혀 없었던 것은 아니다. 쿤에게 개념적 구조의 주된 역할은 사물들을 유사성 집합들로 묶어 분류하는 데 있고, 유사성에 기반을 둔 개념 이론은 쿤의 철학 사상을 통해 성숙되어 왔기 때문이다.(천현득 2013; Andersen 2001; Kuhn 1970) 분류학적 전환은 과학사의 혁명적 일화를 이해하는 매우 중요한 한 가지 방식임에 틀림없다. 그러나 쿤의

분류학적 전환은 분류 용어(taxonomic terms)들로 이루어진 어휘집(lexicon) 상에서의 번역불가능한 변화를 뜻하며, 주로 대상 범주에 속하는 것들을 염두에 두었다. 예컨대, 코페르니쿠스 혁명의 핵심 특징은 혁명 전후로 전문학적 대상들에 대한 분류 범주들이 재배치된 것이었다. 그러나 하나의 존재론적 범주(예, 대상)에 나타내는 개념이 다른 주요 존재론적 범주(예, 사건)를 나타내는 개념으로 변화한다면, 그러한 개념적 변형은 존재론적 전환을 동반한 급진적인 개념적 변화로 이해된다. 따라서 대상 개념에서 과정 개념으로의 변화처럼 주요 존재론적 범주를 가로지르는 주요 존재론적 전환(major ontological shift)은 개념적 변화의 한 가지 중요한 방식을 제시한다.⁸⁾

열의 본성에 대한 관점의 변화는 주요 존재론적 전환을 보여주는 한 가지 사례이다. 18세기 열에 대한 과학적 논의에서 칼로릭 이론은 지배적인 이론이었다. 물론 그 이전에도 열에 대한 논의가 없었던 것은 아니다. 아리스토텔레스주의 관점에서 열 현상은 4원소 중 하나인 불에 호소하여 이해되었고, 가열된다는 것은 불 위에 놓인다는 것에 다름 아니었다. 고대의 원자론적 입장에서 열에 대한 관점은 크게 다르지 않아, 열이나 불은 무게를 가진 하나의 실체로서 간주되었다.(Votsis and Schurz 2012) 세부사항에 차이가 있을지라도, 과거 이론들은 공통적으로 열을 일종의 물질 원소 혹은 입자로 간주했다. 칼로릭은 열의 물질성이라는 생각을 공유했던 이론이었다. 열의 물질성은 새로운 생각이 아니었지만, 전기나 자기, 빛과 같은 것을 다루는 과학분야들이 성장하면서 칼로릭 이론이 발전할 수 있는 배경을 제공했다. 18세기 당시 과학자들은 전기나 자기를 무게 없는 입자들로 이루어진 유체로 간주했는데, 이와 유사하게 칼로릭 이론가들은 열의 물질인 칼로릭을 무게 없는 유체(imponderable fluid)로 간주할 수 있었다. 칼로릭은 무게가 없어서 직접 관찰할 수 없지만, 온도를 통해서 간접적으로 조사할 수 있었는데, 물체에 칼로릭을 더하면 전형적으로 그 물체의 온도가

8) 이 글에서 분류학적 전환이란 쿤의 용례를 따라 대상 범주 내에서의 분류 구조의 변화를 뜻하고, 존재론적 전환은 대상과 사건 범주를 가로지르는 분류 체계 상의 변화를 포함하는 포괄적인 의미로 사용된다.

올라가고, 칼로리를 줄이면 온도가 내려가기 때문이다. 대표적인 칼로릭 이론가는 화학혁명의 주인공인 라부아지에였다. 그는 흔히 연소에 대한 플로지스톤 이론을 전복하고 산소 이론을 확립한 것으로 알려져있다. 그러나 라부아지에의 이론에서 플로지스톤이 하던 역할을 대신하는 것이 있다면, 그것은 산소가 아니라 바로 칼로릭이었다. 그의 새로운 화학 체계 내에서 칼로릭은 다른 원소들과 함께 하나의 원소로 간주되었을 뿐 아니라, 연소를 포함한 모든 열 현상에 책임이 있는 원소였다.(Chang 2004; 2009)

열의 칼로릭 이론은 19세기에 열의 운동 이론으로 대체된다. 운동 이론은 칼로릭과 같은 특수한 실체를 가정하지 않고, 열을 일종의 에너지로서, 즉 보통 입자들의 운동 상태에 의해서 나타나는 운동 에너지로 간주한다. 열 현상, 특히 열 흐름은 칼로릭의 많고 적음이 아니라 물체에서 다른 물체로의 에너지 전이로 이해된다. 역사적으로, 칼로릭 이론에서 운동 이론으로의 변화는 쉽지 않았고 상당히 시간이 소요되었다. 톰슨(럼퍼드 경)은 포신을 마찰시킴으로써 무한한 양의 열을 발생시킬 수 있음을 보임으로써 칼로릭 이론이 갖는 문제를 보였지만, 칼로릭 이론은 그 이후에도 상당한 기간 동안 주도적인 열 이론으로 자리매김하고 있었다. 대안 이론으로서 열의 운동 이론이 정교한 형태로 발전하지 못한 탓도 있었지만, 열을 둘러싼 존재론적 전환이 새로운 개념화를 쉽지 않게 만들었던 것도 한 가지 이유가 되었다.

빛의 입자설이 파동설에 의해 대체된, 19세기 초 광학혁명은 주요 존재론적 전환을 보여주는 또 다른 인상적인 사례를 제시한다. 입자설과 파동설은 빛에 상이한 존재론적 지위를 부여하기 때문에, 입자설에서 파동설로의 변화는 단순한 형태의 믿음 갱신이 아니라 개념 변화를 동반한 것으로 볼 수 있다. 특히, 편광(polarization) 현상을 이해하는 방식에서 두 이론의 존재론적 차이는 두드러진다. 입자설에서 편광은 빛 입자라는 대상의 속성으로서 이해되었다. 빛 입자는 면(side), 즉 공간적으로 비대칭적인 모양새를 가진 것으로 가정되었는데, 광선에 있는 모든 입자들이 질서있게 배열되어서 한 방향을 향하는 경우에 편광이 나타난다고 여겨졌다. 반면, 파동설에서 편광은 광선의 두 직각 요소들 사이의 위상차와 진폭 비율이 안정적으로

유지되는 하나의 과정으로서 이해된다. 입자의 면이라는 개념에서 위상차와 진폭 비율을 포함한 과정 개념으로의 변화는 광학 혁명에서 뚜렷이 나타나는 존재론적 전환의 사례이며, 이는 입자론자였던 허설이 왜 파동론을 이해하는 데 어려움을 겪었는지를 설명해준다.(Chen 2003) 존재론적 전환이 발생한다고 해서 의사소통의 가능성이나 합리적 비교의 가능성이 차단되지는 않을 것이다. 그렇지만 친숙한 개념이 전혀 다른 존재론적 지위를 갖게 됨으로써 생겨날 수 있는 의사소통의 장애는 과학 혁명기를 면밀히 들여다볼 수 있는 하나의 창문이 된다.

VII. 존재론적 전환으로서의 과학 혁명

지금까지 우리는 개념에는 그것이 표상하는 존재론적 범주에 관한 정보가 부호화되어 있으며, 과학 이론 변화시 존재론적 범주의 변경에 주목함으로써 개념 변화를 더욱 잘 이해할 수 있게 됨을 보았다. 대상과 사건의 주요 존재론적 구분은 우리의 일상적 언어 사용에 내재되어 있을 뿐 아니라 약간의 신경학적 토대도 갖는 것 같다. 그리고 존재론적 차이는 과학 교육과 과학사에서 일어나는 여러 개념적 변화를 설명하는 데 유용하다. 끝으로 나는 과학 혁명이 분류학적 전환을 더욱 일반화한 존재론적 전환으로서 잘 이해된다고 주장하면서 글을 맺고자 한다.

쿤은 “과학혁명이란 무엇인가”라는 제목의 글에서 혁명적 변화를 전체론적 변화, 의미 변화, 그리고 궁극적으로는 유사성 양식의 변화로서 특징짓는다. 그래서 과학 혁명은 “과학적 기술과 일반화의 전제조건인 분류 범주들의 변화”를 뜻하며, 이러한 변화는 “범주화와 관련된 기준의 조정일 뿐 아니라, 주어진 대상과 상황들이 기존 범주들로 분류되는 방식의 조정”이 기도하기 때문에 전체론적 성격을 지니게 된다.(Kuhn 1981, 25) 따라서, 쿤의 후기 사상에서 과학 혁명은 패러다임 변동이 아니라 분류학적 전환으로 특징지어진다.(Kuhn 1991/2000; 1993)

이러한 발전에도 불구하고 첸(Chen 2010)은 쿤이 대상 개념과 과정 개

념 사이의 전환에 주목하지 못한 것이 뼈아픈 실패이라고 지적한다. 쉐인 보기에 쿤의 혁명 개념에는 여전히 두 가지 문제점이 있다. 첫째, 쿤이 후기에 와서 형태 전환의 비유를 포기했다고는 하지만, 분류학적 전환은 전체론적인 성격을 띤다. 분류 용어들은 상호연결되어 있기 때문에, 한 용어의 변화는 다른 용어의 변화를, 심지어는 연결망 전체의 변화를 초래할 수도 있다. 그렇다면 한 분류 체계에서 다른 분류 체계의 전이는 전체론적으로 일어날 수밖에 없을 것이다. 그런데 다양한 과학적 변동 사례를 살펴보면, 대부분의 “혁명”은 긴 시간동안 일어난 점진적이고 단계적인 변화의 누적이었음을 알 수 있다. 예컨대, 코페르니쿠스 혁명은 150여년 이상이 걸렸다. 둘째, 공약불가능성은 서로 다른 분류 체계를 받아들이고 있는 두 전통의 옹호자들이 사용하는 용어집이 번역불가능하고, 때문에 상호간 이해가 어렵다는 것을 함축한다. 그러나 대상 개념과 과정 개념의 관계는 쌍방향적이기보다는 일방향적이다. 인간은 유아기 때부터 대상에 관한 핵심 지식을 습득하고, 이런 지식은 보편적으로 공유되는 경향이 있다. 학생들이 물체 도식을 이용해 현상을 이해하려고 하는 것은 그러한 대상 개념이 얼마나 뿌리깊은지를 단적으로 보여준다. 우리는 다른 존재론적 범주를 배울 수 있지만, 원래 가지고 있던 대상 범주에 속하는 개념들을 포기하는 것은 아니다. 따라서 공약불가능성에 어떤 방향성도 없다는 쿤의 주장에는 문제가 있다고 쉐인은 지적한다.

그러나 쿤에 대한 이러한 비판은 다소 공정치 못하다. 쉐인은 쿤이 처한 두 가지 문제는 대상에서 사건으로의 존재론적 변화를 (분류학적 전환이 아닌) 또 하나의 혁명적 변화 양식으로 채택함으로써 해결될 수 있다고 주장한다. 그러나 이 점에서 나는 쉐인에 동의하지 않는다. 첫째, 분류학적 전환은 전체론적 변화의 양상을 띠지만, 대상과 사건 사이의 주요 존재론적 전환은 점진적이고 부분적인 변화라고 주장하는 것은 설득력이 없다. 그는 분류학적 전환과 대상과 사건이라는 주요 존재론적 범주들 사이의 전환이 양립불가능하다고 전제하는 듯하다. 그러나 실제로 둘은 양립할 수 있다. 쿤의 분류학적 전환은 대상 범주의 하위 범주들 사이에서 일어나는 존재론적 전환으로 간주될 수 있기 때문이다. 주요 존재론적 전환이 대상과 사건 사이의

간격을 건널 것을 요구하듯, 분류학적 전환은 존재론적 나무의 일부를 재배열하도록 요구한다. 따라서 쿤 식의 분류학적 전환과 주요 존재론적 전환은 “일반적인 존재론적 전환”의 특수한 두 양식으로 볼 수 있다. 즉, 분류학적 전환은 일반적인 존재론적 전환의 특수한 경우로, 역으로 존재론적 전환은 분류학적 전환의 일반화된 양식으로 볼 수 있다. 물론 대상 범주 내에서의 분류학적 전환과 대상과 사건 사이의 존재론적 전환이 전환의 양상과 효과 면에서 정확히 동일하지는 않겠지만, 그들은 모두 하나의 존재론적 나무가 그것과 양립할 수 없는 다른 나무로 재배치된다는 점에서 본질적으로 같다.

둘째, 쉐는 의사소통의 일방향성으로부터 공약불가능성의 일방향성을 이끌어내고, 이것이 공약불가능성의 대칭성을 주장한 쿤의 입장과 충돌한다고 지적한다. 그러나 공약불가능성의 대칭성과 의사소통가능성의 비대칭성은 양립할 수 있다. 후기 쿤에서 공약불가능성은 분류 체계들의 불일치로 인한 어휘집의 번역불가능성으로 규정된다.(Kuhn 1991; 1993) 의사소통의 장애는 그러한 공약불가능한 어휘집들을 소유한 상이한 과학공동체 종사자들에게 효과로서 나타난다. 따라서 공약불가능성 자체는 방향성 없는 개념이다. 분류 체계 A와 분류 체계 B가 공약불가능하다면, 분류 체계 B도 분류 체계 A와 공약불가능하다. 반면, 의사소통의 가능성은 단지 분류 체계들 사이의 관계 뿐 아니라 다양한 배경지식과 실험적, 도구적 실천들이 개입하여 결정된다. 그리고 많은 과학 혁명의 사례에서 의사소통의 장애는 일방향적이기 쉽다.(Hong 2002) 후속 이론의 옹호자들은 앞선 이론을 이해하지만, 반대로 앞선 이론의 옹호자들은 나중 이론을 이해하지 못하는 경우들도 흔히 존재한다. 물론, 대상과 사건 사이의 관계가 그러한 비대칭성을 일으키는 한 가지 원인일 수 있지만, 그것이 유일한 원인이라고 단정할 수도 없다. 일반적으로 말해, 존재론적 전환 과정에서 발생하는 인지적 부담은 의사소통의 장애를 불러올 수 있고, 그것이 얼마큼 광범위하고 깊게, 그리고 어떤 방향으로 작용하는지는 사안 별로 논의되어야 할 것이다. 따라서 방향성에 대한 문제제기는 과학혁명을 일반화된 존재론적 전환으로 이해하려는 본 논문의 시도를 방해하지 않는다.

대상과 사건 사이의 전환을 중요하게 고려해야한다는 쉐의 주장은 옳다.

그러나 그것이 쿤의 기본적인 아이디어와 충돌한다는 주장은 옳지 않다. 오히려 그의 지적은 분류학적 전환으로서의 과학 혁명을 존재론적 전환으로서의 과학 혁명으로 일반화시켜야 할 좋은 이유를 제공해준다. 물론, 일반화된 존재론적 전환이란 단지 대상과 사건이라는 주요 존재론적 범주를 가로지르는 전환 뿐 아니라 존재론적 나무에서 발생하는 재배치 전반을 말한다. 과학 혁명이 일반화된 의미에서 존재론적 범주들의 변화라는 통찰은 여전히 유효하다.⁹⁾

투 고 일: 2016. 07. 21

심사완료일: 2016. 08. 15

게재확정일: 2016. 08. 16

천현득
이화여자대학교 이화인문과학원

9) 본 논문은 필자의 박사학위논문 IV장 가운데 일부를 수정하여 발전시킨 것으로, 일부 내용은 그것에 빚지고 있음을 밝혀둔다.

참고문헌

- 천현득. 2013. 「토마스 쿤의 개념 이론」, 『철학』 제115집, 111-141.
- _____. 2014. 『과학적 개념에 대한 인지적 메타정보이론』, 서울대학교 박사학위논문.
- Andersen, Hanne. 2001. “Reference and Resemblance.” *Philosophy of Science* 68:S50-S61.
- Barsalou, Laurence W. 1992. “Frames, Concepts, and Conceptual Fields.” In A. Lehrer and E.F. Kittay (eds.), *Frames, fields, and contrasts*, New York: Lawrence Erlbaum, 21-74.
- Bickle, John, Peter Mandik, and Anthony Landreth. 2012. “The Philosophy of Neuroscience.” In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, ed. Edward N. Zalta.
- Casati, Roberto, and Achille Varzi. 2010. “Events.” In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, ed. Edward N. Zalta.
- Chang, Hasok. 2004. *Inventing Temperature*. New York: Oxford University Press.
- _____. 2009. “We Have Never Been Whiggish (About Phlogiston).” *Centaurus* 51:239-64.
- Chen, Xiang. 2003. “Why Did John Herschel Fail to Understand Polarization? The Differences between Object and Event Concepts.” *Studies In History and Philosophy of Science Part A* 34:491-513.
- _____. 2007. “The Object Bias and the Study of Scientific Revolutions: Lessons from Developmental Psychology.” *Philosophical Psychology* 20:479-503.
- _____. 2010. “A Different Kind of Revolutionary Change: Transformation from Object to Process Concepts.” *Studies In History and Philosophy of Science Part A* 41:182-91.
- Cheon, Hyundeuk and Edouard Machery. 2016. “Scientific Concepts”, in

- Oxford Handbook for Philosophy of Science*, ed. Paul Humphrey. Oxford University Press.
- Chi, Michelene, and Robert Hausmann. 2003. "Do Radical Discoveries Require Ontological Shifts?" In *International Handbook on Innovation* ed. L. Shavinina and R. Sternberg, 430-44. New York: Elsevier.
- Chi, Michelene T. H., James D. Slotta, and Nicholas De Leeuw. 1994. "From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts." *Learning and Instruction* 4:27-43.
- Chi, Michelene. 1992. "Conceptual Change within and across Ontological Categories: Examples from Learning and Discovery in Science." In *Cognitive Models of Science*, ed. R. Giere. Minnesota: University of Minnesota Press.
- Chi, Michelene and Rod D. Roscoe. 2002. "The Processes and Challenges of Conceptual Change", in M. Limon and L. Mason (eds.) *Reconsidering Conceptual Change*, Kluwer, pp. 3-27.
- Damasio, Antonio R, and Daniel Tranel. 1993. "Nouns and Verbs Are Retrieved with Differently Distributed Neural Systems." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 90:4957-60.
- Daniele, A., L. Giustolisi, M. C. Silveri, C. Colosimo, and G. Gainotti. 1994. "Evidence for a Possible Neuroanatomical Basis for Lexical Processing of Nouns and Verbs." *Neuropsychologia* 32:1325-41.
- DiSessa, Andrea. 1988. "Knowledge in Pieces." In *Constructivism in the Computer Age* ed. G. Forman and P. Pufall. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- _____. 1993. "Toward an Epistemology of Physics." *Cognition and Instruction* 10:105-225.
- Gentner, Dedre. 1982. "Why Nouns Are Learned before Verbs: Linguistic

- Relativity Versus Natural Partitioning.” In *Language Development, Vol. 2. Language, Thought and Culture* ed. S. Kuczaj, 301-34. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Giere, Ronald N. 1992. *Cognitive Models of Science*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Hebb, Donald Olding. 1949. *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*. New York: Wiley.
- Hong, Sungook. 2002. “Once Upon a Time in Physics When Both Mathematics and Experiment were Helpless: A Strange Life of Voltaic Contact Potential”, *Physics in Perspective* 2:269-292.
- Hoyningen-Huene, Paul. 1993. *Reconstructing Scientific Revolutions : Thomas S. Kuhn’s Philosophy of Science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Keil, Frank C. 1979. *Semantic and Conceptual Development: An Ontological Perspective*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Keil, Frank C. 1983. “On the Emergence of Semantic and Conceptual Distinctions.” *Journal of Experimental Psychology: General* 112: 357-85.
- Kuhn, Thomas S. 1970. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- _____. 1981. “What Are Scientific Revolutions?” In *The Probabilistic Revolution*, ed. L. Krüger, L. Daston and M. Heidelberger, 7-22. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____. 1991. “The Road since Structure.” In *Psa 1990. Proceedings of the 1990 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, ed. A. Fine, M. Forbes and L. Wessels, 3-13. East Lansing: Philosophy of Science Association.
- _____. 1993. “Afterwords.” In *World Changes: Thomas Kuhn and the Nature of Science*, ed. P. Howrich, 311-41. Cambridge, Mass.: The

MIT Press.

- _____. 2000. *The Road since Structure: Philosophical Essays, 1970-1993, with an Autobiographical Interview*. Chicago: University of Chicago Press.
- Mätzig, Simone, Judit Druks, Jackie Masterson, and Gabriella Vigliocco. 2009. "Noun and Verb Differences in Picture Naming: Past Studies and New Evidence." *Cortex* 45:738-58.
- McCloskey, Michael, Alfonso Caramazza, and Bert Green. 1980. "Curvilinear Motion in the Absence of External Forces: Naive Beliefs About the Motion of Objects." *Science* 210:1139-41.
- Minsky, Marvin. 1975. "A Framework for Representing Knowledge." In P. Winston (ed.), *The Psychology of Computer Vision*, New York: McGraw-Hill.
- Nersessian, Nancy J. 2008. *Creating Scientific Concepts*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Petersen, Steven E., Peter T. Fox, Michael I. Posner, Mark Mintun, and Marcus E. Raichle. 1989. "Positron Emission Tomographic Studies of the Processing of Single Words." *Journal of Cognitive Neuroscience* 1:153-70.
- Pulvermüller, Friedemann, Werner Lutzenberger, and Hubert Preissl. 1999. "Nouns and Verbs in the Intact Brain: Evidence from Event-Related Potentials and High-Frequency Cortical Responses." *Cerebral Cortex* 9:497-506.
- Pulvermüller, Friedemann, Bettina Mohr, and Hans Schleicher. 1999. "Semantic or Lexico-Syntactic Factors: What Determines Word-Class Specific Activity in the Human Brain?" *Neuroscience Letters* 275:81-84.
- Reiner, Miriam, James D. Slotta, Michelene T. H. Chi, and Lauren B. Resnick. 2000. "Naive Physics Reasoning: A Commitment to

- Substance-Based Conceptions.” *Cognition & Instruction* 18:1-34.
- Ryle, Gilbert 1938/1971. “Categories.” In *Collected Papers, Volume II: Collected Essays*. New York: Barnes and Noble.
- _____. 1949. *The Concept of Mind*. Chicago: University of Chicago Press.
- Sankey, Howard. 1993. “Kuhn’s Changing Concept of Incommensurability.” *The British Journal for the Philosophy of Science* 44:759-74.
- Schroeder, Daniel V. 1999. *An Introduction to Thermal Physics*: Addison Wesley.
- Shapiro, Kevin A., Lauren R. Moo, and Alfonso Caramazza. 2006. “Cortical Signatures of Noun and Verb Production.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103:1644-49.
- Slotta, James D., and Michelene T. H. Chi. 2006. “Helping Students Understand Challenging Topics in Science through Ontology Training.” *Cognition & Instruction* 24:261-89.
- Sommers, Fred. 1963. “Types and Ontology.” *Philosophical Review* 72:327-63.
- _____. 1971. “Structural Ontology.” *Philosophia* 1:21-42.
- Thagard, Paul. 1990. “Concepts and Conceptual Change.” *Synthese* 82, 255-274.
- Tyler, L. K., P. Bright, P. Fletcher, and E. A. Stamatakis. 2004. “Neural Processing of Nouns and Verbs: The Role of Inflectional Morphology.” *Neuropsychologia* 42:512-23.
- Tyler, Lorraine K., Richard Russell, Jalal Fadili, and Helen E. Moss. 2001. “The Neural Representation of Nouns and Verbs: Pet Studies.” *Brain* 124:1619-34.
- Vigliocco, Gabriella, Jane Warren, Simona Siri, Joanne Arciuli, Sophie Scott, and Richard Wise. 2006. “The Role of Semantics and Grammatical Class in the Neural Representation of Words.”

Cerebral Cortex 16:1790-96.

Votsis, Ioannis and Gerhard Schurz. 2012. "A frame-theoretic analysis of two rival conceptions of heat." *Studies in History and Philosophy of Science* 43: 105–114.

ABSTRACT

Scientific Revolutions as Ontological Shifts

Cheon, Hyundeuk

Abstract: Different concepts may represent different ontological categories, and ontological differences are reflected in our ordinary language. In addition, there is some evidence showing that the knowledge of ontological categories affects our cognitive processes, including conceptual learning. It is claimed, in this paper, that in order to provide a better framework for scientific concepts and conceptual changes, we need to take the ontological knowledge associated with concepts seriously. Kuhn in his later writings characterized revolutionary conceptual changes as taxonomic shifts; however, some episodes of conceptual changes include the transformation from object concepts to process concepts - which can be called major ontological shifts. I argue that Kuhn's insight into scientific revolutions as taxonomic changes should be generalized as a view of "scientific revolutions as ontological shifts."

Subject Class: Philosophy of Science, Philosophy of Cognitive Science

Keywords: Conceptual Change, Science Education, Scientific Revolution, Ontological Categories, Ontological Shift