과학철학 25권 1호 (2022) pp. 1-26

과학에서의 수학적 설명은 수학철학의 존재론적 논의에 중립적일 수 있는가?

김 주 원*

과학에서의 수학적 설명이 실제로 설명적인가에 관한 논의는 수학철학의 두 가지 존재론적 주장과 관계되는 것으로 보인다. 첫째, 어떤 철학자들에 따르면, 수학적 설명이 실제로 설명적이라면 이는 수학적 대상의 존재론적 개입을 함축한다. 둘째, 수학적 설명이 실제로 설명적이라면 수학적 사실은 현상에 대해 적용 가능해야 한다. 본 논문은 이 중 첫 번째 주장을 거부하기 위해 ‘존재론적으로 중립적인’ 양화나 지시의 도입하는 전략을 옹호한다. 이를 통해 본 논문은 수학적 설명이 실제로 설명적이라고 하더라도 우리가 여전히 수학적 대상의 존재성에 관해 중립적일 수 있음을 보인다. 또한, 본 논문은 두 번째 문제를 해결함에 있어 우리가 처한 난점을 살펴봄으로써, 특정한 존재론적 배경에 기대지 않은 채 수학적 설명의 설명력을 옹호하고자 할 때 우리가 진정으로 신경 써야 할 존재론적 문제가 이 두 번째 문제임을 논한다.

【주요어】 수학적 설명, 수학적 플라톤주의, 불가결성 논증, 존재론적 개입

* 경상국립대학교 철학과 석사과정, mixjuice61@gmail.com

1. 서론

‘물리적 현상에 대한 수학적 설명’, 혹은 보다 포괄적으로, ‘과학에서의 수학적 설명(Mathematical Explanation about Physical Phenomena [in Natural Science], 이하 ‘수학적 설명’)’은 순수 수학적 이론이나 모델 등이 (순수) 물리적 현상의 설명에 사용되는 설명의 방식을 말한다.[1] 유명한 예시로, 베이커(Baker 2005)는 북미 지역의 *17년주기매미(Magicicada)*의 발생주기가 13년 또는 17년인 현상을 다음과 같이 설명한다. 만일 다년주기로 발생하여 이 매미를 사냥하는 포식자가 존재하거나 존재했다면, 소수(素數)인 13 또는 17을 주기로 갖는 것은 다년주기 포식자와의 동시적 발생주기를 최대화한다. 따라서 이 매미 종은 진화의 과정에서 다년주기 포식자들과의 동시적 발생을 피하기 위해 소수인 발생주기를 갖게 되었다는 것이다. 이때, 이러한 설명에는 <소수 p와 p의 배수가 아닌 임의 정수 n에 대하여 p와 n의 최소공배수는 pn이다>라는 **수학적 사실**이 사용된다.

이에 관한 근래의 논의는 이러한 설명의 모델이 성공적으로 수립될 수 있는지, 그리고 그에 따라 ‘수학적 설명’이 실제로 한 종류의 설명이라고 할 수 있는지에 초점을 맞추고 있다. 이러한 논의는 두 가지 상이한 철학 분과의 중요한 질문들과 관련되어있다. 첫째는 과학철학에서, ‘과학적 설명’에 있어 비-인과적 설명 모델이 가능하냐는 질문이다. 만일 수학적 사실이 모종의 설명적 역할을 한다면 이는 비-인과적 설명으로 생각된다. 인과적 설명 모델에선 인과적 연쇄를 통해 설명항으로부터 피설명항을 유도해내는데, 일반적으로 수학적 사실들은 시공간으로부터 독립적이고, 이에 따라 이것이 인과적 연쇄 안에 포함될 수 없다고 생각되기 때문이다. 따라서 '수학적 설명'의 모델을 성공적으로 수립한다면, 그것은 결과적으로 인과적 설명에 기초하여 단일한 종류의 일

1) 혼동을 피하기 위해 밝혀두자면, 영어권에선 한 수학 이론에 대해 (만일 그런 것이 존재한다면) 다른 것보다 더 설명적인 증명을 지칭하는 용어로 ‘mathematical explanation’이라는 용어를 사용한다. 그러나 이 문제는 본 논문에서 논하는 ‘수학적 설명’과 직접적으로 관련되지는 않는다.

반적 설명 모델을 세우려는 일련의 시도들을 좌절시킬 수 있다.[2)]

둘째로, ‘수학적 설명’은 수학철학에서 수학적 대상에 대한 존재론적 물음과도 관련된 것으로 보인다. 베이커(Baker 2016)는 만일 “수학적 대상들이 스스로 과학에서 늘 설명적 역할을 한”다면, “이는 플라톤주의자들의 입장에 중요한 무기(ammunition)를 제공하는 것”이라고 말한다.[3)] 왜냐하면, 성공적인 ‘수학적 설명’ 모델을 수립한다면 과학의 특정한 현상을 설명함에 있어서 수학적 진술들의 참이, 그리고 따라서 그 진술이 포함하는 수학적 대상의 존재성이, 필수적인 것으로 생각될 수 있기 때문이다. 이는 수학적 반-플라톤주의에 대해 전통적인 반론으로 제기되어 온 ‘콰인-퍼트넘 불가결성 논증(Quine-Putnam Indispensability Argument, 이하 ‘불가결성 논증’)’이 흔히 받아들여지는 방식과 궤를 같이한다.

그러나 실제로 ‘수학적 설명’의 성공은 수학적 대상들의 존재론적 개입을 함의하는가? 나는 본 논문을 통해, ‘수학적 설명’이 실제로 성공적이라 하더라도 그것이 수학적 대상의 존재성에 관해서 중립적인 입장을 고수할 있다고 주장한다. 이것은 구체적인 ‘수학적 설명’의 모델과 무관하게 일반적으로 적용될 수 있는 주장이다. 따라서 만일 한 이론가가 자신의 모델이 특정한 존재론적 배경에 호소하지 않는 보다 포괄적인 이론이라고 주장하고자 한다면, 그는 구태여 수학적 대상의 존재성에 대해 그 이론의 중립성을 밝힐 필요가 없다는 것이다. 그러나 나는 동시에 그러한 이론가가 진정으로 신경 써야 할 존재론적 문제가 달리 있음을 밝힐 것이다. 이러한 문제는 사실 베르코비츠(Berkovitz 2019)에 의해 유사하게 제시된 것이다. 그러나 나는 베르코비츠의 전략이, 그 자신의 주장과 다르게, 이 문제를 해결함에 있어 존재론적으로 중립적이지 않았다고 평가한다. 따라서 ‘수학적 설명’ 모델 일반은, 만일 존재론적 중립성을 주장하고자 한다면 여전히 이 두 번째 문제를 해결해야 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 이어지는 2절에서, 나는 먼저 수학철학에서 논의되는 ‘불가결성 논증’이 무엇인지 밝히고, 그것이 ‘수학적 설명’의 문제와 어떻게 연관되는지 논한다. 3절에서는, ‘수학적

2) Woodward and Ross (2021).

3) Baker (2016), p. 334.

설명'이 실제로 설명적일 수 있다는 가정 하에, 그렇더라도 그것이 수학적 대상의 존재성에 대해 중립적이라고 주장할 수 있는 전략이 있음을 논한다. 4절에서는, 발라거(Balaguer 1998)의 분석을 따라, 과학에 대한 수학의 불가결성이 야기하는 또 다른 존재론적 문제가 무엇인지, 그리고 그것이 '수학적 설명'의 설명력을 주장하는 이론들에 어떠한 존재론적 문제를 환기시키는지 알아본다. 5절에서는 본문을 요약하면서, 나의 논증이 갖는 의의를 간략히 논한다.

2. 수학적 설명과 수학적 플라톤주의

수학철학에서 '불가결성 논증'은 흔히 콰인(Willard V. O. Quine)과 퍼트넘(Hilary Putnam)에 의해 제시된 것으로 여겨지지만, 이에 대한 표준적 정식화는 콜리반(Mark Colyvan)의 방식을 따른다.[4] 그에 따르면 '불가결성 논증'은 다음과 같다.[5]

> (P1) 우리는 최선의 과학 이론에 대해 불가결한 모든 대상들을, 그리고 오직 그 대상들만 존재론적으로 개입(committment)시킨다.
> (P2) 수학적 대상들은 우리의 최선의 과학 이론에 대해 불가결하다.
> (C) 따라서 우리는 수학적 대상들을 존재론적으로 개입시킨다.

먼저, (P1)은 "존재론적 개입"에 관한 콰인의 기준을 적용한 것이다. (P2)는, 비록 필드 (Field 2016)와 같은 강력한 반대자가 있긴 하지만, 수학과 자연과학의 관계에 관한 일반적인 견해이다.

그런데 여기서 '불가결하다(indispensable)'는 것은 무슨 뜻인가? 콜리반에 따르면, '가결성(dispensability)'은 '제거 가능성(eliminability)'과 구분된다. 어떤 대상이 결여 가능하다는 것은, 이것이 제거 가능한 동시에, 제거를 통해 산출되는 이론이 적어도 기존의 이론만큼 '매력적'이어야 한다는 것을 뜻한다. 여기서 이론이 '매력적'이라는 것은 경

---

4) Bueno (2018), p. 203.
5) Colyvan (2019), sect. 1.

험적 성공, 통일성과 단순성, 설명력과 다산성(fertility)의 면에서 평가된다.[6] 따라서 위 논증의 결론에서 '불가결하다'는 말은, 한 과학 이론에서 수학적 대상들을 제거하고 나면 그보다 '매력적인' 이론을 제시할 수 없다는 뜻으로 풀이된다.

그러나 이 '불가결성'은, 존재론적으로 개입하고 있는 그 대상이 이론 안에서 수행하는 역할에 따라 다르게 이해될 수 있다. 이를테면 부에노(Bueno 2018)는 이 역할을 표현, 예측, 설명의 세 가지로 구분한다.

> [표현적/예측적/설명적] 역할: 특정 대상의 양화는 특정한 사실을 [표현/예측/설명]하기 위해 이루어지는데, 그러한 정식화된 [표현/예측/설명]이 그 대상을 지시하지 않고는 불가능하다면 그 대상에 대한 양화는 '[표현적/예측적/설명적]으로 불가결'하다.[7]

이러한 구분은 '불가결성 논증'과 '수학적 설명'의 관계가 논리적으로 아주 자명하지만은 않음을 시사한다. 가령, 만일 '불가결성 논증'에서의 '불가결성'이 표현적 불가결성을 포괄한다면 '수학적 설명'의 모델이 성공적으로 수립되건 그렇지 못하건 그것이 수학철학의 존재론적 논의에 미치는 영향은 거의 없을 것이다. 왜냐하면, 내가 생각하기에, 과학 이론들에서 수학적 대상들은 이미 표현적으로 불가결하기 때문이다. 물론, 수학의 결여 가능성을 주장하는 필드의 전략을 받아들인다면 (고전역학 이론에서) 수학적 표현들은 유명론적 표현들로 대체될 수 있다. 그러나 그러한 방식은 적어도 표현에 있어서 더 '매력적인' 이론을 산출하지 않는다. 비단 필드의 전략뿐 아니라, 우리는 과학에서 수학적 표현과 계산법들보다 더 단순하고 통일적이며 다산성을 갖춘 대안적 표현방식이 있을 것이라 상상하기 어렵기 때문이다.

그러나 '수학적 설명'의 문제가 '불가결성 논증'에 대한 전통적 논의의 연장선상에 있음은 분명하다. 이를 이해하고자 한다면 우리는 우선 본래 콰인에서 '불가결성 논증'이 지지되는 배경과 이에 대한 비판을

6) Ibid., sect. 2.
7) Bueno (2018), pp. 203-4.

살펴보아야 한다.

앞서 언급한 필드와 그의 옹호자들을 제외한다면, '불가결성 논증'의 비판자들은 주로 (P1)에 대해 문제를 제기해왔다. 그들은 콰인에서 (P1)이 그의 자연주의적 기조와 과학에 대한 전체주의(holism) 철학 양자에 의해 지지받고 있다는 점에 주목한다.

먼저 자연주의란, 거칠게 말해 제일철학을 거부하고 철학과 과학이 연장선상에 있어야 한다는 기조이다. 이에 따르면 과학적 방법과 과학자들의 태도는 모든 자연적 대상에 대한 기본적 질문들에 대답하는 방식이 되어야 한다. 만일 그렇다면, 최선의 과학적 이론은 우리가 그 존재성을 믿어야 하는 대상들을 **오롯이** 결정하는 권한을 부여 받는다. 한편, 콰인의 '검증-전체주의(confirmational holism)'란, 한 이론이 그 전체로서 검증 또는 거부되어야 한다는 견해이다.[8] 만일 한 이론이 경험적으로 검증된다면, "그 이론 **전체**"가 검증되는 것이다. 즉, 이에 따르면 한 과학 이론이 검증되면 그에 사용된 수학적 대상도 검증된다. (P1)은 이러한 두 기조 위에 서있다. 즉, 자연주의 기조에 의해 우리는 "오직" 최선의 과학 이론이 상정하는 대상들만을 개입시켜야 하며, 검증-전체주의에 의해 과학이 상정하는 "모든" 대상을 개입시켜야 한다는 것이다.

그러나 매디(Maddy 1992)와 같은 비판자들은 (P1)을 지지하는 이 두 배경이 조화로울 수 없음을 지적한다. 그는, "우리는 역사적으로, 믿음에서부터, 마지못한 관용, 노골적인 거부에 이르기까지, 잘 검증된 이론의 요소들에 대한 태도들의 드넓은 범위를 [실제 과학 활동에서] 발견한다"고 언급한다. 가령 19세기까지만 해도 원자론의 성공이 원자의 실재성에 대한 합의로 나아가지 못 하고 원자론에 기반을 둔 화학 이론의 검증에 머문 일 따위를 가리킨다. "이는 과학자들이 철학자들이 일반적으로 논의하는 이론적 가치들 이상의 것을 이론에 대해 요구하고 있음을 보여준다." 이때 검증-전체주의를 따른다면, 과학자들의 실제적인 활

---

8) 콰인의 또 다른 전체주의로는 의미-전체주의(sematic holism)가 있으며, 콰인 자신의 버전에서 '불가결성 논증'은 이 (논쟁적인) 두 번째 전체주의를 사용한다. 그러나 콜리반, 필드, 헬만 등 많은 주석가들은 실제론 그가 '불가결성 논증'을 위해 검증-전체주의만을 언급해도 충분했다고 분석한다 (Colyvan 2019).

동이 어떻든 우리는 이러한 추가적인 요구를 무시하고 실험적 검증이 모든 이론적 참과 대상의 존재성을 개입시키는 데에 충분하다고 해야 한다. 그러나 동시에 자연주의적 기조를 취한다면 이러한 견해는 허용되지 않는다. 왜냐하면, 자연주의적 기조에 따를 때 우리는 과학자들이 "한 이론의 참된 부분과 단지 유용한 부분을 구분"하는 것을 허용해야 되기 때문이다. 가령 과학자들이 물결을 연구함에 있어 '무한히 깊은 수심' 따위의 가정을 도입하는 경우나, 유체역학에서 물질을 연속적이라고 치부하는 경우에 그렇다. 이것들은 거짓이거나 적어도 의심스러운 가정들이다. 그러나 이 단지 유용한 부분은 만일 같은 현상에 대해 그 부분들을 제거하면서도 동등하게 좋은 이론이 주어지지 않는다면 여전히 과학 이론에서 불가결한 부분이다. 그렇다면, 단순히 수학 이론이 '불가결하다'고 말하는 것은 그 수학적 진술의 참을 보장하지 않는다.[9]

매디의 이러한 지적은 한 가지 문제를 환기시킨다. 즉, 만일 과학자들이 최선의 이론에 있어 불가결한 **모든** 대상들을 수용하지는 않는다면, 이론에서 대상의 상정이 실제적인지 아닌지를 구분할 수 있는 기준은 무엇인가? 콜리반은 이러한 문제의식에서, '불가결성 논증'이 성립하기 위해선 수학적 대상들이 단순히 불가결할 뿐 아니라, "**설명적으로** 불가결"해야 한다고 주장한다.[10] 즉, 과학자들이 최선의 이론에 있어 실제로 존재론적으로 개입시키는 대상은 단순히 이론에 대해 불가결할 뿐만 아니라 동시에 설명적으로 불가결해야 한다는 것이다. 따라서 우리는 앞선 논증을 다음과 같이 수정해야 한다.

(P1`) 우리는 최선의 과학 이론에 대해 **설명적으로** 불가결한 모든 대상들을, 그리고 오직 그 대상들만 존재론적으로 개입시킨다.

(P2`) 수학적 대상들은 우리의 최선의 과학 이론에 대해 **설명적으로** 불가결하다.

(C) 따라서 우리는 수학적 대상들을 존재론적으로 개입시킨다.

---

9) Maddy (1992), pp. 280-1.

10) Colyvan (2019), sect. 5.

이 ‘향상된 불가결성 논증(Enhanced Indispensability Argument)’은 “설명적”이라는 것이 어떤 의미인지 해명되기만 한다면 앞선 것과 같은 비판으로부터 자유롭다. 가령 물결 연구에서 <무한히 깊은 수심>의 가정은 이론적 모델을 수립하는 데에 유용한 도구이지만, 그것은 허구이기 때문에 어떤 의미에서 설명적이라 할 수 있을지가 불분명하다.[11] 그러나 이렇게 수정된 논증에선 (P2`)이 (P2)만큼 자명하지 않다는 문제를 지닌다.

따라서 이 ‘향상된 불가결성 논증’을 옹호하는 플라톤주의자들은 (P2`)이 참임을 보여야 한다. 이것은 ‘불가결성 논증’이 ‘수학적 설명’의 문제와 관계되는 방식을 잘 보여준다. 즉, 그들은 순수 수학적 사실들이 설명적 역할을 수행하는 ‘수학적 설명’의 사례들을 제시하고, 이를 통해 그러한 사례에서 사용된 특정한 수학적 대상들의 설명적 불가결성을 내세움으로써 (P2`)이 참이라고 주장한다.

3. 불가결성 논증의 존재론적 중립성

제기될 수 있는 여러 난점들에도 불구하고, 이제 ‘수학적 설명’이 (일반적으로) 설명적이라고 가정해보자. 앞선 절에서의 논의를 고려할 때, 이러한 가정에서 우리는 수학철학의 존재론적 논의에 대해 중립적일 수 있는가? ‘수학적 설명’이 실제로 설명적이라고 말하는 것은 곧 수학이 과학 이론에 있어 “설명적으로 불가결”하다고 말하는 것이다. 다시 ‘향상된 불가결성 논증’에 대한 앞 절의 정식화로 돌아오면, 우리는 언뜻 수학적 대상들을 존재론적으로 개입시킬 수밖에 없는 것처럼 보인다. 그러나 나는 이 절에서, ‘수학적 설명’이 실제로 설명적이라고 하더라도, 그것이 수학적 대상의 존재론적 개입으로 귀결되지 않을 수

---

11) 보쿨리치 (Alisa Bokulich 2011)와 같은 철학자들은 허구적 모형 역시 진정으로 설명적일 수 있다고 주장한다. 가령 보어의 원자모형과 수소 원자에 대한 현대의 양자역학적 기술처럼 양립할 수 없는 두 모형이라도, 설명적 “깊이”가 다를 뿐 모두 진정으로 설명적일 수 있다는 것이다(p. 44). 그러나 이는 일반적 견해와는 거리가 있어 보인다.

있는 전략이 있다고 주장한다.

단지 ‘불가결성 논증’의 (플라톤주의적) 결론을 거부한다는 차원에서만 본다면 수학적 대상에 대한 허구주의(fictionalism)가 하나의 길을 제시할 것이다. 허구주의에 따르면 우리는 과학 이론에서 불가결한 부분, 즉 수학적 이론이나 모델들을 거짓이라고 말하더라도 그것을 과학에 적용하는 데에 문제를 겪지 않을 수 있다.

내가 여기서, ‘불가결성 논증’이 문제시될 때 허구주의의 대응이 어떤 문제점을 갖는다고 주장하는 것은 아니다. 그러나 만일 허구주의적 전략을 취하게 된다면, ‘수학적 설명’이 실제로 설명적이며, 따라서 (어떤 의미에서건) 수학 이론이 과학에 대해 “설명적으로 불가결”하다는 우리 논의의 제약을 위배할 우려가 있다. 어쨌든 **거짓일 수도 있는** 수학 이론이 어떻게 (표현이나 단순한 예측과 구분되는) 설명적 역할을 할 수 있을지 쉽게 상상할 수 없기 때문이다.

여기 (P1)에 반대하는 한 가지 전략이 있다. 그것은 “존재론적으로 중립적인 양화사”를 도입하는 것이다.[12] 이에 대해선 몇 가지 상이한 방식의 이해가 가능할 것이라고 생각된다. 한 가지 방식은, 레스닉(Resnik 1997)을 따라, 대상언어 문장의 진리조건을 (무한 연언에 관한 특수한 장치를 지니는) 메타언어 안에서 논리적인 방식으로 정의하는 것이다. 이러한 방식에서 ‘~는 참이다(is true)’의 개념은 의미론적인 용어나, 참에 관한 대응 술어들, 또는 인식 술어들 중 그 무엇도 사용하지 않고 정의될 수 있고, 따라서 양화사나 지시를 포함하는 문장들 역시 “내재적(immanent)” 의미에서만 참이라 할 수 있다.[13] 또는, 우리는 존재론적 다원주의(ontological pluralism)의 관점에서 이를 이해해볼 수도 있다. 존재론적 다원주의자들은 존재 술어가 사용되는 몇 가지 방식들을 구분한 후, 그 각각에 대응하는 양화사들을 대상들의 각기 다른 정의역에 대하여 적용하곤 한다. 우리는 “존재론적으로 중립적인 양화사”라는 개념을 그렇게 구분된 정의역들 전체 또는 여러 영역에 걸쳐 적용되는 ‘포괄적 양화사(generic quantifier)’로 이해해볼

12) Bueno (2018), p. 214.
13) Resnik (1997), pp. 23-6.

수 있다. 물론 이 경우 각각의 다원주의 이론에서, 각각의 양화사들을 사용하는 양화문장의 진리조건이 문제시될 것이다. 그러나 이는 그 자체로 제시된 다원주의 이론들이 해명해야 할 문제이다. 또 한편으론, 앞선 내재적 참으로서의 진리조건 정의를 이러한 이론들에 일반적으로 적용하는 것도 고려해봄직 하다고 생각된다.[14)]

이들 중 어떤 것이 더 선호할 만한지에 관한 논의는 이 논문의 주제를 넘어설 것이다. 또한 제시된 것 이외에도 다른 접근들이 가능할 수도 있다. 나는 다만 이러한 이론들이 제시하는 진리조건의 정의나 양화사의 해석 등이, 비록 추가적인 논의들이 필요할지언정, 충분히 이해가능하다고 생각한다.

한편, “존재론적으로 중립적인 양화사”의 도입에 대한 거칠지만 직관적인 정당화는 다음과 같이 제시될 수 있다. 가령 우리는 “어떤 집합은 존재하기에는 너무 크다”라고 말할 것이다. 여기서 대상인 “집합”은 양화사 “어떤”에 의해 양화되고 있지만 이 진술은 명백히 양화되고 있는 그 집합의 존재성을 거부하고 있다. 나아가 대상에 대한 지시가 문제가 될 때에도, 우리는 가령 “홍길동은 실존인물이 아니다”와 같이 말한다(물론 허균 (許筠, 1569-1618)의 소설 속 등장인물 홍길동을 말한다). 부에노(Bueno 2018)에 따르면, 이러한 진술은 홍길동이라는 대상을 “성공적으로 지시”하고 있지만, 그렇다고 하여 만일 이 진술이 홍길동의 존재성을 요구한다면 이는 모순에 빠질 것이다. 따라서 우리는 “성공적인” 지시나 양화가 꼭 그 대상을 존재론적으로 개입시키고 있다고 말할 필요가 없다. 마찬가지의 방식으로 우리는, 수학적 대상들 역시 그것에 대한 양화나 지시가 성공적인 경우에도 존재론적으로 개입하지 않을 수 있다고 주장할 수 있다.[15)]

물론 혹자는 왜 그러한 ‘비존재(the nonexistent)’[16)]에 관한 양화 혹

---

14) 존재론적으로 중립적인 양화사가 어떻게 작동 가능한 것으로 이해될 수 있을지에 대하여 충실한 해명을 권고해주신 익명의 심사위원께 감사드린다.

15) Bueno (2018), pp. 214-5.

16) 여기서 ‘비존재’라는 말은 물리적인 것과 같은 방식으로 존재하지는 않는 대상을 말한다. 물론 만일 앞서 언급한 존재론적 다원주의의 입장을 취한다면 그러한 대상들을 ‘비존재’라고 통칭하는 것은 어폐가 있겠지만, 편의

은 지시가 "성공적"이라고 말해야 하느냐고 반문할 것이다. 이는 실제로 심각한 문제이다. 왜냐하면, 근래의 대다수의 언어철학자들은 고유명에 대한 크립키(Saul Kripke)의 '직접 지시 이론(Direct Reference Thoery)'에 동의하기 때문이다.

크립키는 『이름과 필연』에서 고유명이 특정한 기술구(또는 그것들의 다발)일 수 없음을 논한다. 가령 다음 두 문장을 생각해보자.

(S1) 문재인은 필연적으로 문재인이다.
(S2) 문재인은 필연적으로 대한민국의 19대 대통령이다.

만일 고유명이 특정한 기술구들을 달리 표현한 것에 불과하다면 (S1)과 (S2)는 같은 뜻을 지닌 문장이어야 한다. 그러나 (S1)의 진릿값은 참인 반면 (S2)는 거짓이다.[17)]

결국 크립키의 이론을 받아들이고 나면, 고유명의 의미란 단지 그것이 지시하는 대상이라고 해야 한다. 그런데 만일 그렇다면 우리는 존재하지 않는, 따라서 지시할 수 없는 대상에 대해 말하는 단칭 진술이 무의미하다고 생각하게 된다. 그것은 "단지 그러한 진술이나 생각이 진릿값을 갖는 데에 실패할 뿐만 아니라, 그보다 훨씬 극적으로, 그것에 의해 의미 있는 것이라곤 **아무것도** 발화되거나 생각되지 않는다"는 의미에서 그렇다.[18)]

그러나 우리는 이러한 해석을 쉽게 받아들일 수 있는가? 가령 "홍길동의 직업은 도적이다"나, 더 복잡하게는, "홍길동은 허균에 의해 창작된 인물이다"와 같은 진술을 통해 우리는 **아무것도** 발화하거나 생각하지 않는가? 아주니(Azzouni 2004, 2010)와 같은 철학자들은 "비존재를 양화하거나 [지시]하는 어구는 불가결하다"며, '직접 지시 이론'의 결론을 위와 같이 해석하는 데에 반대한다.[19)]

를 위해 이렇게 쓴다.

17) Speaks (2021), sect. 2.1.7.

18) Azzouni (2010), p. 10. 강조는 원저자.

19) Ibid., p. 219.

나는 이에 대해 더 깊이 들어가지는 않을 것이다. 다만 여기서는 우리의 실제적인 언어 사용을 고려하면 비존재에 대한 "성공적인 양화"가 여전히 열려 있는 질문이라는 점만 일러둔다. 내가 보일 것은, 수학철학 논의의 맥락에서 플라톤주의자들조차 이 "존재론적으로 중립적인" 양화나 지시를 **요구**한다는 것이다.

우리의 궁극적 논의는 결국 '수학적 설명'이 설명적이라고 할 때 수학적 대상들의 존재론적 지위가 어떻게 되느냐는 문제이다. 플라톤주의자들의 입장에선 그 제약이 수학적 대상의 존재성을 증명하거나, (그들의 입장에서 바람직한 결과는 아니지만) 적어도 포용할 수 있다고 해야 할 것이다. 그러나 만일 우리가 이와 전혀 다른 맥락에서 수학적 플라톤주의가 구제할 수 없는 주장이라고 결론 내린다면, '불가결성 논증'은 단지 어떤 식으로든 재해석을 요구하는 문제가 될 것이다. 가령 앞서 언급한 허구주의나 우리가 지금 논의하고 있는 전략, 혹은 또 다른 강력한 대안인 '마이농주의(Meinongianism)'의 기조를 따라서 말이다.

내가 말하는 "전혀 다른 맥락"은 베나세라프(Paul Benacerraf)의 '플라톤주의에 반대하는 인식론적 논증(Epistemological Argument against Platonism, 이하 '인식론적 논증')'을 포함한다. 거칠게 말하자면 이는, 만일 플라톤주의의 주장대로 수학적 대상들이 추상체라면 우리가 어떻게 그것들에 대한 지식을 얻을 수 있느냐는 질문이다. 플라톤주의자들이 말하는 '추상체'란 비-시공간적으로 존재하는 대상이다. 그런데 일반적으로 생각하면, 우리는 그러한 대상과 접촉할 수 없다. 그렇다면 접촉할 수 없는 대상에 대한 지식을 우리는 어떻게 얻고, 그것이 옳은 지식이라고 생각할 수 있는가?

이에 대해 근래의 플라톤주의자들이 주로 내세우는 전략은 우리가 수학적 대상들과 접촉하지 않고도 그에 대한 지식을 획득할 수 있다는 것이다.[20] 그런데 이러한 방식의 해답이 제시되기 전에 먼저 대답되어

---

20) 물론 우리가 수학적 대상들과 직접 접촉할 수 있다고 주장할 수도 있다. 즉, 인간이 전적으로 시공간상에만 존재한다는 전제를 거부하거나, 혹은 반대로 수학적 대상들이 전적으로 비-시공간적이라는 전제를 거부하는 것이다. 그러나 이러한 주장들은 각자 약점을 지닌다. 먼저 전자는 심신이원론과 같은 의심스러운 전제에 기초하기 때문에 진지하게 논의되기 힘들다.

야 할 문제가 있다. 즉, 우리는 애초에 대상과 직접 접촉하지 않고도 그 대상에 **대해서** 생각할 수 있는가?

이 문제를 검토하기 위해선 "~에 대하여"라는 말이 두 가지 의미로 사용됨에 주목해야 한다. 하나는 존재하는 대상에 대응하는 의미에서, 그것에 **대하여** 말하거나 생각하는 방식이다. 다른 하나는 존재론적 개입 없이 어떤 것에 **대하여** 말하거나 생각하는 방식이다.[21] 가령 우리는 앞서 본 것과 같이, 홍길동이 실존인물이 아님을 알면서도 후자의 의미에서 홍길동에 **대하여** 말할 수 있다. 이러한 구분을 염두에 둔다면, 비록 실재한다고 믿지만 한 번도 접촉해보지 못 한 대상에 **대하여** 말할 때에, 우리는 둘 중 어떤 의미에서 그것에 **대하여** 말하고 있는가?

가령 다음과 같이 가정하자. 나는 홍길동은 실존인물이 아니라고 믿지만 산타클로스는 실제로 존재한다고 믿는다. 그러나 나는 두 인물 모두와 접촉할 수 없다. 이때 내가 믿기로, 홍길동과 접촉이 불가능한 이유는 그가 실제로 존재하지 않기 때문인 반면, 산타클로스와 접촉이 불가능한 이유는 내가 깨어있는 동안 그가 절대로 모습을 드러내지 않을뿐더러 어떠한 흔적조차 남기지 않기 때문이다. 이제 누군가 내게 와서 홍길동과 산타클로스의 인상착의에 대해 각각 묻는다. 먼저 나는 홍길동에 **대해선** 하얀 두건 위에 조그마한 모자를 덮어쓴 모습을 하고 있다고 말할 것이다. 그런 후에, 산타클로스에 **대해선** 빨간 털옷을 입고 수염이 덥수룩한 노인이라고 말할 것이다. 이때 나는 이 두 진술에서 각각, 앞선 구분에 따른 상이한 의미로 그들에 **대하여** 말하고 있는가? 내게는 그렇지 않아 보인다. 어쨌든 둘에 **대한** 나의 지식은 모두 각각의 존재성과 무관하게 얻어진 것이 아닌가?

후자는 그것이 플라톤주의인 한 모든 수학적 대상을 시공간적 대상이라고 주장할 수 없다는 한계를 지닌다. 이러한 한계에 대해 발라거는, 그렇다면 이는 "비-시공간적 [수학적 대상]들에 대한 지식을 얻는 방법에 대해 어떠한 진척도 만들어내지 못한다(Balaguer 1998, p. 32)"고 평가한다.

21) 이것이 나의 독창적인 구분법은 아니다. 가령 발라거는 이를 '두껍게 대하여(thickly about)'와 '얇게 대하여(thinly about)'라는 용어를 통해(Balaguer 1998, p. 39), 아주니는 첨자를 달리하여 지시^{r}/대하여^{r}과 지시^{e}/대하여^{e}와 같이 구분한다(Azzouni 2010, pp. 10, 24).

나의 직관이 옳다면, 위 예시에서 ‘나’는 홍길동과 산타클로스에 대하여 말하는 두 진술 모두에서 그 대상들에 대한 존재론적 개입 없이 말하고 있는 것이다. 그런데 여기서 ‘나’의 산타클로스에 대한 태도는 플라톤주의자들이 (접촉 불가능성을 인정하는 한에서) 수학적 대상에 대해 갖는 태도와 같다. 그렇다면 설령 우리가 수학적 대상의 존재성을 믿는 경우에라도, 즉 수학적 플라톤주의자이더라도, 어떤 수학적 진술들은 우리로 하여금 대상에 대한 존재론적 개입 없이 말해진다. 따라서 플라톤주의자들 역시 존재론적으로 중립적인 양화사가 사용될 수 있음을 인정해야 하며, 이에 따라 ‘불가결성 논증’의 결론에 관해 그들 스스로가 중립적인 입장을 취할 수밖에 없다.

혹자는 위에서 ‘나’가 산타클로스에 대해 지식을 얻는 경로가 수학적 대상에 대한 지식을 얻는 경로와 다르다고 반박할 수 있을 것이다. 전자에서 ‘나’는 분명 (산타클로스 그 자체가 아닌 것들의) **경험**을 통해 산타클로스에 대한 지식을 형성하였다. 그에 비해 수학적 대상에 대한 지식이 문제시될 때 이것은 선험적 지식일 수 있다. 즉, 비판자들은 지식을 얻는 경로의 차이로 인해 ‘나’가 산타클로스에 대해 말하는 태도와 플라톤주의자들이 수학적 대상에 대해 말하는 태도가 상이하다고 할 것이다.

그러나 나는 플라톤주의자들이 수학적 대상이 지시되는 **모든** 진술에서 존재론적 개입 없이 말하거나 생각한다고 주장하지 않는다. 분명 선험적인 수학적 지식들, 즉 **순수** 수학적인 지식을 얻는 경로는 산타클로스에 대한 지식을 얻는 경로와 상이할 수 있다. 이 경우, 플라톤주의자들의 입장에선 수학적 대상들을 존재론적 개입을 포함하는 의미에서 지시할지도 모른다. 그러나 수학적 대상들이 지시되는 경험적 지식에 관해서는, 그것을 얻는 경로에 있어서도 ‘나’가 산타클로스에 대한 지식을 얻는 경로와 동일하다. 가령, “수학적 대상 M이 현상 P를 설명하는 과학이론 T에서 불가결하다”라거나 “우리는 원의 둘레가 반경의 제곱의 π배라는 사실을 알 능력을 지닌다”와 같은 지식에 대해선 말이다. 즉, 적어도 이러한 **수학-연관적** 지식이 문제가 될 때 플라톤주의자들의 수학적 대상에 대한 태도는 산타클로스에 대한 ‘나’의 태도와 다를 바가 없다.22)

22) 혼동을 피하기 위해 적자면, 이에 대해 다시 혹자는, 우리가 오히려 순수 수

그런데 발라거에 따르면, '인식론적 논증'에 대응하는 플라톤주의자들의 주요한 전략들은, (1) 과학이론에 대한 수학의 불가결성에 호소하거나, (2) 인간이 가진 모종의 직관 능력에 호소하는 것이다.[23] 앞 문단에서 언급한 것처럼, 이것들은 순수 수학적 주장들이 아닌 수학-연관적 주장들이다. 따라서 이러한 방식을 사용하고자 한다면, 플라톤주의자들은 수학적 대상을 순수 수학적 맥락이 아닌 경우에도 양화하거나 지시할 수 있어야 한다. 즉, '인식론적 논증'에 대응하기 위해 플라톤주의자들 역시 "존재론적으로 중립적인" 양화 또는 지시를 **요구**해야 한다는 것이다.

이렇듯, "존재론적으로 중립적인" 양화나 지시를 도입하는 전략은 플라톤주의자들 역시 그 가능성을 인정해야 한다. 또한, 이 전략은 이

학적 맥락에서 이야기할 때 대상의 존재성에 관해 더 약한 태도를 보인다고 지적할 수 있을 것이다. 가령 아주니에 따르면, 순수 수학적 영역에서 우리는 이론적 대상이 존재하는 것처럼 보이는 이유를 **전혀** 지니지 않아도 이론을 통해 그러한 대상을 '상정(posit)'할 수 있다. 왜냐하면 순수 수학적 대상들은 "단순히 공리들의 집합을 써 내려가는 것만으로 무에서부터 창조될 수 있"기 때문이다. 따라서 그러한 대상들의 상정은 (존재 믿음에 관한) "인식적 부담"을 전혀 지지 않는다(Azzouni 2004, p. 127). 이때 독자가 겪을 수 있는 혼란은, 내가 말하기로, 수학-연관적 지식이 존재론적으로 중립적인 방식으로 대상을 상정해야 한다면 이보다 덜한 인식적 부담을 지니는 순수 수학적 지식 역시 그러해야 하지 않느냐는 것이리라. 그러나 내가 보기에, 아주니에서 '상정'이 지니는 "인식적 부담"에 관한 논의는 존재성을 상정함에 있어 **허용**되는 인식적 태도들을 말해줄 뿐이다. 즉, 우리는 플라톤주의자들이 수학-연관적 맥락에서 대상을 존재론적으로 중립적인 방식으로 상정해야 한다는 사실과, 순수 수학적 맥락에서의 '상정'이 더 가벼운 "인식적 부담"을 진다는 사실로부터, '플라톤주의자들이 순수 수학적 맥락에서 존재론적으로 중립적인 방식으로 대상을 상정**해야 한다**'고 말할 수 없다.

23) (2)와 관련하여, 가령 캇츠(Jerrold Katz)나 루이스(David Lewis)는 필연적으로 참인 믿음을 생산해내는 모종의 '비-접촉 직관의 능력(faculty of no-contact intuition)'에, 수학적 구조주의자들은 추상화 능력과 패턴 인식 능력에 호소한다(Balaguer 1998, pp. 40-7). 발라거 자신이 옹호하는 '풍부한 플라톤주의(plenitudinous Platonism)'의 대응 방식도, 수학적 대상에 대한 지식을 **우리가** 한 수학 이론의 일관성을 앎으로써 확보할 수 있다고 주장한다는 측면에서, (2)의 방식으로 분류할 수 있다.

론에 사용된 수학적 진술의 진릿값을 보존하기에, 앞서 허구주의에서 와 같이 우리가 지닌 제약을 위배할 우려도 없다. 따라서 ‘수학적 설명’이 실제로 설명적이라고 하더라도, 이것이 존재론적 논의에 중립적이라고 주장할 수 있는 전략이 적어도 하나 있다.[24]

4. 인과적 고립의 원칙과 베르코비츠의 전략

‘향상된 불가결성 논증’이 수학적 대상의 존재성을 연역해내지 못한다면, 우리는 이제 ‘수학적 설명’이 수학철학의 모든 존재론적 문제로부터 자유롭다고 말할 수 있는가? 불행히도, 과학에 대한 수학의 불가결성으로부터 야기되는 또 다른 문제가 있는 것으로 보인다.

발라거(Balaguer 1998)는 과학에 대한 수학의 불가결성이 함축하는 문제가 수학적 진술의 참이나 수학적 대상의 존재성과 다른 것에 있다고 분석한다. 그는 불가결성을 “적용가능성(applicability)”의 문제라고 표현하면서, “적용가능성을 설명하기 위해, 우리는 [수학 이론과 과학 이론 사이의] **연관성**을 설명해야 하며, 단순히 [수학 이론의] 참에 호소하는 것은 이것을 설명하지 못한다”고 지적한다.[25] 나 역시 발라거

---

24) 본문에서 제시한 나의 논변이 과학적 실재론에 대한 반론으로 이어질 수 없음을 간략히 언급하는 것이 좋겠다. 왜냐하면 우리는 ‘접근(또는 접촉) 불가능성’을 ‘관찰 불가능성’과 동일시할 수 없기 때문이다. 가령 쿼크와 같은 대상들은 (존재한다면) 인과적으로 무력하지 않다. 만일 내가 쿼크가 실재한다고 믿는다면 나는 쿼크의 인과적 영향을 간접적으로라도 확인함으로써 쿼크에 ‘접근’했다고 말할 것이다(만일 그럴 수 없다면 나는 나의 실재론적 믿음에 대한 접근 가능한 경험적 증거는 아무것도 없다고 해야 할 것이다). 그런데 한 대상이 접근 가능하다면 그에 **대한** 나의 지식 중 일부는 그 접근을 통해 형성된다. 이렇게 형성된 그것에 **대한** 지식은 존재성을 전제하지 않고는 가질 수 없다. 따라서 과학적 실재론자는 존재론적 개입을 동반하는 의미에서 그 대상에 **대해** 말하며, 플라톤주의자와 달리 문제시되는 대상에 대해 존재론적으로 중립적인 지시(또는 양화)를 도입할 이유가 없다.

25) Balaguer (1998), p. 110. 강조는 원저자.

의 이러한 분석에 동의한다. 만일 수학이 과학에 대해 설명적으로 불가결하다면, 이는 곧 그 현상에 대한 과학적 설명에서 수학적 사실이 직접적으로 사용되어야만 한다는 것을 의미한다. 이는 경험적 현상에 대한 수학의 적용가능성을 함축할 것인데, 문제는 이러한 적용가능성이 어떻게 보장될 수 있느냐는 것이다.

수학의 불가결성이 갖는 함축이 이렇게 분석될 때, 적어도 표면적으로는, 플라톤주의자들 역시 반-플라톤주의자들만큼이나 곤란을 겪는 것처럼 보인다. 왜냐하면, "플라톤주의자들은 수학적 대상들이 시공간 밖에 존재한다고 주장하므로, [그들은] 우리가 **인과적 고립의 원칙**(Principle of Causal Isolation, 이하 PCI)이라 부르는 것을 옹호하기 때문이다." PCI란, "**수학적 대상과 물리적 대상 사이에 어떠한 상호작용도 없다**"는 원칙을 말한다. 그런데 만일, 플라톤주의자들이 말하기로, 수학적 대상과 물리적 대상 사이에 아무런 상호작용도 없다면, 이들 사이의 연관성은 쉽게 보장될 수 없는 것처럼 보인다. 따라서 발라거는, '불가결성 논증'이 "플라톤주의나 수학의 참을 위한 진술이 아닌, 오히려 PCI가 **거짓임**을 옹호하는 논증으로 이해되어야 한다"고 주장한다.[26)]

물론 이것은 단지 플라톤주의자들만이 겪는 문제는 아니며, 모든 플라톤주의자들이 겪는 문제 역시 아니다. 가령 매디(Maddy 2002)나 밀(John S. Mill)과 같이 수학적 대상의 (부분적 또는 전체적) 자연화를 주장하는 입장에선 그것이 플라톤주의적인지 아닌지와 무관하게 이러한 문제가 발생하지 않는다. 반면 반-플라톤주의자들 중에서도 수학적 대상이 **어디에도** 존재하지 않는다고 보는 입장에선 플라톤주의자와 마찬가지로 PCI를 받아들여야 한다.[27)] 따라서 PCI는 그것을 받아들이느냐 그렇지 않느냐를 기준으로 수학적 대상들에 대한 존재론적 입장을 구분하는 새로운 기준을 제공하고 있는 셈이다.

한편 발라거의 이러한 분석은 '수학적 설명'이 문제시될 때 기존 모델들의 한계를 지적하는 베르코비츠(Berkovitz 2019)의 문제의식과 공명한다. 베르코비츠는 기존에 제시되었던 다양한 '수학적 설명'의 모델들을

---

26) Balaguer (1998), p. 110. 강조는 모두 원저자.
27) Ibid., p. 110.

열거하면서, 그것들을 모두 물리적 현상에 대한 비-인과적 설명 모델이라고 규정한다. 이때 그 모델들에 대해 그가 지적하는 문제는 다음과 같다.

> 그러나 제시된 설명들의 정확한 본성은 불분명하다. 예를 들어, 이들 중 몇몇은 수학적 사실이나 구조가 물리적 사실의 ‘차이를 만들 수 있음’을 보이려 한다[...]. 하지만, 존재론적으로 물리적인 것과 수학적인 것 사이에 예리한 구분이 있다는 **일반적 관점**을 인정하면, 수학적 구조나 사실들이 어떻게 그러한 차이를 만들어내며 그러한 차이를 만들어내는 것의 본성이 무엇인지 분명치 않다.[28]

내가 보기에, 여기서 그가 문제시하고 있는 “일반적 관점”은 PCI를 수용하는 것과 동일한 것이다. 즉, 베르코비츠가 지적하는 바를 발라거식으로 표현하자면, 기존 ‘수학적 설명’ 모델들이 PCI를 인정하면서도 수학 이론과 과학 이론의 연관성을 해명하지 않고 있다는 것이다. 따라서 발라거의 분석을 인정하고 나면, 베르코비츠의 문제제기 역시 합당한 것일 수밖에 없다. 내가 그의 논문에 주목하는 이유는 바로 여기에 있다.

베르코비츠는 이 문제를 해결하기 위해, 저 “일반적 관점” 대신, “현대의 자연 과학에서 수학적인 것이 물리적인 것의 구성요소임을 인정”할 것을 제안한다.[29] 이러한 그의 제안은, 가령 ‘모든 것은 수학적’이라는 (신-)피타고라스주의적 관점이나, 또는 자연 과학을 수학적 구성의 절차로 파악하는 신-칸트주의적 관점으로 이해될 수 있다.[30]

그는 “만일 물리적인 것이 근본적으로(fundamentally) 비-수학적이라면, 어떻게 수학적 모델이 물리계들을 적절하게 표현할 수 있는지” 묻는다. 이에 대한 일반적인 해명은 그러한 “수학적 모델들이 적절한 구조-보존적 사상(mapping)을 통해 물리계들을 나타내”기 때문이라는 것이다. 그러나 그는 이러한 해명이 오히려 저 “일반적 관점”을 약화시킨다고 생각한다. 즉, 만일 물리적 구조가 수학적 구조를 갖지 않는다면 두 구조 사이에 그토록 정확한 일치가 어떻게 있을 수 있겠느냐는 것이다.[31]

---

28) Berkovitz (2019), p. 3. 강조는 필자.
29) Ibid., p. 4.
30) Ibid., pp. 10-3.
31) Ibid., pp. 14-5.

언뜻 보기에 베르코비츠의 전략은, (적어도) 수학적 구조의 실재성을 전제하는 플라톤주의적 전략처럼 보인다. 그러나 그는 같은 논문에서 자신의 "해명은 '수학적 대상'의 존재론적 위상에 관한 수학철학에서의 논란에 대해 중립적"이라고 표명한다. 왜냐하면, "이론적 용어들에 대한 존재론적 위상의 해석은 단지 [과학적 이론을 통해 포착된] 현상 너머의 물리적인 것들에 대해 [수학적 구성이 존재하는] 범위를 결정할 뿐", 현상의 수학적 구성 자체에 대해 부정적 결론을 함의하지 않기 때문이다.[32] 즉, 수학적 대상이나 구조 등의 실재성을 전제하지 않더라도, 과학 이론에 포착된 것인 이상, 그리고 그 과학 이론이 수학적인 이상, 그 현상은 수학적 구성요소를 갖는다는 것이다.[33]

이러한 전략은 실제로 존재론적으로 중립적인가? 만일 그렇다면 우리는, 발라거의 분석을 채용하더라도 '수학적 설명'이 존재론적 논의에 중립적일 수 있다고 말할 만한 근거를 얻게 된다. 그러나 불행하게도, 베르코비츠의 전략은 중립적이지 않다. 이것은 그의 전략이 곧 PCI를 거부하는 것이기 때문이다. 이러한 전략과 PCI가 양립할 수 없다는 점은 이미 발라거에 의해서도 지적되었다.

> 내게는 PCI를 받아들이는 것이 플라톤주의자들이 시도할 법한 한 가지 전략을 이미 배제하는 것으로 보인다. 그 전략이란, 수학이 경험 과학과 관련되는 이유는 경험 과학의 많은 사실들이 순수하게 물리적인 사실들로 여겨지지 않고, 오히려 수리-물리적(mathematico-physical) 사실로 여겨진다고 주장하는 것이다.[34]

---

32) Ibid., p. 34.

33) 여기서 베르코비츠가 논의 대상이 되는 "현상"을 '과학적 이론을 통해 포착된 것'으로 제한할 수 있는 이유는 그가 '물리적인 것'을 정의하는 방식과 관련한다. 그는 '물리적인 것'을 단순히 '외적으로 존재하는 무언가'와 같이 정의하는 것은 "현대의 대부분의 과학적 적용에 있어 어떤 의미 있는 역할을 수행하기엔 너무 애매하고 성숙하지 못하다"고 지적하며, 따라서 이를 '현대 물리학(또는 자연과학)의 이론적, 실험적 틀에 의해 결정되는 것'으로 정의한다(p. 16).

34) Balaguer (1998), p. 111. 여기서 발라거는 "플라톤주의자들이 시도할 법한 한 가지 전략"이라고 표현했지만, 베르코비츠의 경우 자신의 전략을 반

그는 이러한 전략에서 "수리-물리적 사실"이 "혼합된 사실"로 주어지는 데에 반해, 플라톤주의자들이 받아들여야 하는 "PCI는 그것이 **가장 낮은 수준에서** 혼합된 사실이 아님을 함축"한다는 점을 지적한다.[35] 발라거가 제시하는 예시를 따라, 가령 어떤 물리계 *S*가 40°C의 온도를 가진다고 해보자. 베르코비츠의 전략에 따른다면, 우리는 물리계 *S*가 "근본적으로" 40이라는 수를 구성요소로 갖는다고 해야 한다. 그에 따르면 *S*는 우리의 물리학 이론의 틀 안에서 포착되기 때문이다(주석33 참조). 그러나 PCI를 받아들인다면 *S*는 오로지 물리적인 사실에만 수반되어야 하며, 수 40은 수학적 사실에만 수반되어야 한다. 따라서 베르코비츠의 전략은 PCI를 수용하는 입장들을 포용할 수 없다.

물론 베르코비츠는 물리적 구조에 대한 수학적 모델들의 표현 능력이 갖는 정확성, 즉 구조-보존적 사상의 존재성에 호소하여 PCI를 **거부해야 한다**고 주장하는 것이다. 그러나 내가 보기에 이러한 논증은 적어도 결정적인 것은 아니다. 왜냐하면, 우리는 예컨대 "경험적으로 적합한 수학적 표현만이 현상을 설명하는 모델로서 채택되었다"는 식의 주장을 통해 그러한 구조-보존적 사상의 존재를 설명하고, 여전히 PCI를 견지할 수 있기 때문이다.

이제 우리가 처한 상황은 다음과 같다. 만일 우리의 가정대로 '수학적 설명'이 설명적이라면, 적어도 그 설명 사례에 대해서 수학이 **설명적으로** 불가결하다는 명제를 받아들여야 한다. 이제 우리는, 베르코비츠가 지적하듯, 그 현상에 대한 과학적 설명에서 수학적 사실의 어떠한 본성이 현상에 대한 차이 생성자로서 기능할 수 있는지, 곧 수학이 현상에 대해 어떻게 적용가능한지를 밝혀야 한다. 그러나 이 적용가능성의 문제를 해명하는 과정에서, PCI의 수용 여부에 대한 중립성을 확보할 수 있을지 불분명하다. PCI를 거부할 때 적용가능성의 문제를 쉽게 회피할 수 있기 때문에, 요구되는 것은 PCI와 수학의 적용가능성을 양립시키는 논변이다. 이러한 논변을 제시하는 데에 있어 난점은, 수학적 사실들이 어떻게 경험적 현상에 대한 설명의 과정에 사용될 수 있

-플라톤주의 관점에 대해서도 동일하게 적용한다.

35) Ibid., p. 111. 강조는 원저자.

을지 불분명하다는 것이다. 이는 일반적으로, 경험적 현상에 대한 설명이란 피설명항을 유도하는 **인과적** 연쇄나 **물리적** 구성을 밝혀야 한다고 생각되기 때문이다.[36] 혹은, 이 문제와 독립적인, 보다 일반적인 이유로 PCI를 거부해야만 한다고 주장할 수도 있다. 그러나 앞서 베르코비츠의 전략을 살펴보면서 지적한 바는, 그러한 주장에 관한 결정적인 논거가 제시되기 쉽지 않아 보인다는 것이다. 왜냐하면, 적어도 현상과 수학적 사실(추상체에 관한 것이건 형식에 관한 것이건) 사이의 구조-보존적 사상에 호소하는 논변들은, 언제나 '수학적 표현의 경험적 적합성'을 주장하는 반대 논변에 부딪칠 것이기 때문이다.[37]

아쉽게도 나는 당장 PCI와 수학의 적용가능성을 양립시킬 수 있는 논변이나, 혹은 PCI를 거부해야만 하는 결정적인 논거를 갖고 있지 않다.[38] 물론 이러한 상황은 '수학적 설명'을 옹호하는 이들에게 또 다른 입증의 부담을 지우는 것이다. 다만 나는 그러한 부담이 '수학적 설명'을 당장 포기해야 할 결정적인 이유가 되지는 않는다고 생각한다. 따라서 여기에서 이에 대한 최종적 결론은 보류하겠다.

그럼에도 나는 베르코비츠의 문제제기가 합당함을 보이는 것이 충분한 의의를 지닌다고 본다. 왜냐하면 이것은, '수학적 설명'의 옹호자들이 **진정으로** 신경 써야 할 존재론적 문제가 무엇인지 보여주기 때문이다. 우리는 하나의 주장이 특정한 존재론적 배경에 호소하지 않으면서도 성공적으로 작동할 때 그것이 더 설득력 있는 주장이라고 생각한

---

36) 비-인과적 설명 모델을 옹호하는 이들은 바로 이러한 '설명'에 관한 관념을 거부함으로써 수학적 사실이 설명의 과정에 사용될 수 있음을 보이고자 하는 것이다.

37) 익명의 심사위원께서 이러한 상황이 불가결성 논제와 연관되는 방식을 보다 분명히 밝힐 것을 지적해주셨다. 수정한 글이 보다 명료하게 전달될 수 있길 바란다.

38) 비록 발라거는 이러한 문제에 대해 나름의 해법을 제시하지만, 그는 여기서 수학의 불가결성을 표현적 불가결성에 국한시키는 '표현주의(representationalism)' 식의 해법이다. 일반적으로 이러한 견해에서는 '수학적 설명'이 진정으로 설명적이라고 인정하지 않기 때문에, 이러한 전략을 차용하는 것은 우리 논의의 제약을 위배한다.

다. 이는 "'수학적 설명'은 실제로 설명적이다"라고 주장할 때에도 마찬가지이다. 그런데 만일 누군가 '수학적 설명'이 특정한 존재론적 배경에 의존하지 않고도 설명적이라는 것을 보이고자 한다면, '수학적 설명'이 수학적 대상의 존재론적 개입을 요구하지 않는다는 것을 보이는 것은 큰 의미가 없다. 왜냐하면 그것은 모든 설명 모델에서 "존재론적으로 중립적인" 양화사나 지시를 도입함으로써 보일 수 있기 때문이다. 이에 반해, '수학적 설명'이 설명적이라는 주장이 PCI의 승인 여부와 관한 중립성을 견지하기 위해선, 앞서 밝힌 것처럼 추가적인 논변이 필요해 보인다. 즉, PCI를 거부해야만 하는 명백한 이유를 제시하거나, 아니면 PCI와 수학의 적용가능성을 양립시킬 수 있는 논증 전략을 제시해야 한다는 것이다.

5. 결론

나는 본문을 통해 다음을 보였다.

먼저, '수학적 설명'의 설명력에 관한 문제가 '불가결성 논증'에서 과학자들이 수용하고 있는 대상의 기준과 관련된다. '수학적 설명'이 설명적이라고 할 때, 이는 언뜻 (P2`)을 받아들임으로써 '불가결성 논증'을 수용하는 것처럼 보인다. 그러나 존재론적으로 중립적인 양화사나 지시를 도입한다면 '수학적 설명'의 설명력을 인정한다고 하더라도 그것은 수학적 대상의 존재성을 개입시키지 않을 수 있다. 이때 나는 이러한 전략의 가능성을 플라톤주의자들조차 수학-연관적 지식을 언급함에 있어 인정해야 하는 것임을 보였다.

나는 존재론적으로 중립적인 양화나 지시를 도입하는 전략이 우리의 가정 아래에서 '향상된 불가결성 논증'의 결론을 거부할 유일한 전략이라고 주장하지는 않는다. 가령 허구주의에서처럼 수학적 진술의 참을 거부하더라도, 우리는 허구적 모델 역시 설명적일 수 있다는 주장[39]을 통해 과학에 대한 수학의 설명적 불가결성을 해명할 수 있다. 또는, 언뜻 타당한 것으로 보이는 '향상된 불가결성 논증'이 형식적 오

류를 포함한다고 주장할 수도 있다.[40]

그러나 “존재론적으로 중립적인” 양화나 지시를 도입하는 전략은 수학적 진술의 참을 인정함으로써 ‘설명’이라는 개념이 모종의 참과 연관된다는 전통적 입장을 수용하며, 형식적 오류를 지적하기 위해 양상논리에서의 대언/대물 진술에 관한 고차적 형식논리학을 언급하지 않는다는 점에서 보다 엄격한 조건 하에서 이 문제를 다루고 있다. 달리 말하면 이 전략은 수학적 플라톤주의자들이 ‘향상된 불가결성 논증’을 통해 제시하는 논리 연쇄의 최대한 많은 부분을 수용하면서도 그들의 결론을 거부하고 있다는 측면에서 가치를 지닌다.

이러한 전략 자체는 이미 부에노 등에 의해 제시된 것이지만, 그러한 전략이 근거하는 철학적 배경은 언어철학의 전통적 견해와 충돌하는 것이며, 이에 대한 해명이 요구된다. 본 논문에서 나는 이 문제를 포괄적으로 다루고 있진 않다. 그러나 적어도 수학적 플라톤주의자들 역시 이러한 전략의 가능성을 인정해야 한다는 점을 보임으로써 수학적 대상의 존재성에 관한 논의의 맥락에서 이러한 전략이 유효함을 보였다.

그러는 한편 나는 발라거의 분석을 통해 과학에 대한 수학의 불가결성이 초래하는 또 다른 문제가 있음을 소개하였다. 이것은 ‘수학적 설명’이 문제시될 때 피설명항인 물리적 현상과 설명항인 수학적 사실 사이의 의존 관계에 대한 해명을 요구하는 것이었다. 나는 그러한 문제에 대응하는 전형적인 방식의 하나로 베르코비츠의 전략을 살펴보았고, 그것이 어떤 의미에서 중립적이지 않은지 보였다. 비록 나는 당장 이 문제와 관련하여 ‘수학적 설명’이 중립적인지 혹은 그럴 수 없는지를 논할 전략을 갖고 있지 않지만, 적어도 이러한 문제를 부각시키는 것이, ‘수학적 설명’을 옹호하는 이들이 진정으로 신경 써야 할 존재론적 문제가 어떤 것인지를 보인다는 데에 만족한다.

---

39) Bokulich (2011).

40) Drekalović and Žarnić (2018).

참고문헌

Azzouni, J. (2004), *Deflating Existential Consequences: A Case for Nominalism*, New York: Oxford University Press.

__________ (2010), *Talking about Nothing*. Oxford: Oxford University Press.

Baker, A. (2005), “Are There Genuine Mathematical Explanation of Physical Phenomena?”, *Mind* 114(454): pp. 223-38.

_________ (2016). “Parsimony and inference to the best mathematical explanation”, *Synthese* 193(2): pp. 333-50.

Balaguer, M. (1998), *Platonism and Anti-Platonism in Mathematics*, New York: Oxford University Press.

Berkovitz, J. (2019), *“On the Mathematical Constitution and Explanation of Physical Facts”*, [Preprint]. [URL: http://philsci-archive.pitt.edu/id/eprint/16399]. (Afterward printed in Hemmo, M, and Shenker, O (eds.), Quantum, Probability, Logic, Springer.)

Bokulich, A. (2011), “How Scientific Models Can Explain”, *Synthese* 180(1): pp. 33-45.

Bueno, O. (2018), “Putnam’s Indispensability Argument Revisited, Reassessed, Revived”, *THEORIA* 33(2): pp. 201-18.

Colyvan, M. (2019). "Indispensability Arguments in the Philosophy of Mathematics", in Zalta, E. N. (ed.) *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2019 Edition).

Drekalović, V. and Žarnić, B. (2018), “Which Mathematical Objects Are Referred to by the Enhanced Indispensability Argument?”, *Journal for General Philosophy of Science* 49(1): pp. 121–6.

Field, H. (2016), *Science without Numbers: A Defense of Nominalism*, Oxford: Oxford University Press.

Maddy, P. (1992), “Indispensability and Practice”, *Journal of Philosophy,* 89(6): pp. 275–89.

__________ (2002), *Naturalism in Mathematics*, Oxford: Clarendon Press.

Pincock, C. (2007), “A Role for Mathematics in the Physical Sciences”, Noûs, 41(2): pp. 253-75.

Resnik, M. (1997), *Mathematics as a Science of Patterns*, Oxford: Oxford University Press.

Speaks, J. (2019), "Theories of Meaning", in Zalta, E. N. (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2021 Edition).

Woodward, J. and Ross, L. (2021), "Scientific Explanation", in Zalta, E. N. (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2021 Edition).

논문 투고일	2022. 02. 19
심사 완료일	2022. 03. 06
게재 확정일	2022. 03. 11

Is It Possible for a Mathematical Explanation in Science to be Neutral with Respect to Ontological Discussions in the Philosophy of Mathematics?

Juwon Kim

The assertion that a mathematical explanation in science is genuinely explanatory is connected with two ontological claims in the philosophy of mathematics. First, some philosopher claims that the assertion implies the ontological commitment to mathematical entities. Second, if the assertion is true, the mathematical facts are applicable to empirical phenomena. This paper proposes an argument for the strategy that introduces an 'ontologically neutral' quantifier to refuse the first claim. Moreover, this paper investigates a difficulty with the second claim, as to show that it is rather a genuine problem to be solved.

Keywords: mathematical explanation, Mathematical Platonism, indispensability argument, ontological commitment