한국수학사학회지 제22권 제1호(2009년 2월), 1 - 24

아리스토텔레스의 무한론에 대한 제논의 역할

순천팔마중학교 강대원
kdw1467@hanmail.net

순천대학교 수학교육과 김권욱
kkwook@sunchon.ac.kr

본 논문에서는 아리스토텔레스의 무한론과 제논의 논증들과 역설에 대한 그의 논의를 기반으로 아리스토텔레스의 잠재적인 무한론 형성에 제논의 영향을 추론하였다. 고대 그리스수학의 기초로서 아리스토텔레스의 잠재적인 무한을 고찰해 보면 미적분학에 꼭 필요한 실무한에 대한 개념을 허락하지 않았다. 아리스토텔레스의 『자연학』에서 실무한의 존재를 부정하고 잠재적인 무한만을 주장하게 된 것은 제논의 논증에 나타난 불합리를 피하기 위한 희망이 내재해 있는 것으로 판단할 수 있다. 따라서 고대 그리스인들이 왜 실제적으로 극한 개념을 수반한 적분을 개발하지 못하고 번거롭고 불완전한 실진법을 사용하면서 멀리까지 왔는지에 대한 이유 중 하나를 제공할 수 있을 것이다.

주제어 : 아리스토텔레스, 엘레아의 제논, 아리스토텔레스의 잠재적 무한, 제논의 여럿에 대한 논증, 제논의 역설

0. 들어가는 말

수학적으로 엄밀한 증명을 추구하는 사고방식은 고대 그리스인들에게서 시작되었다. 이 사고방식은 유클리드 『원론』에 의해 어느 정도 통일된 공리적인 방법에 의해 절정에 이르렀고, 유클리드 이후의 수학자들은 자명한 공리들로부터 연역될 수 있는 유클리드 『원론』의 명제들만이 자명한 것으로 받아들여지게 되었다[1]. 하지만 고대 그리스수학의 중대한 결점은 고대 그리스수학의 중요한 장점인 절대적이고 논리적인 엄격함으로부터 유래한다는 것은 다소 역설적이라고 할 수 있다. 고대 그리스인들은 완전하게 그리고 정확하게 또는 체계적으로 나타낼 수 없는 개념들을 사용하거나 연구 대상으로 하는 것을 꺼려하여 엄격한 사고의 기준들을 요구하였다. 이런 이유 때문에, 그들은 수로서 무리수를 거부하였으며, 그리고 그들은 운동과 변화를 설명하는

1) Carl B. Boyer, History of the Calculus. New York: Dover, 1959 pp. 98-99.

데 필요한 극한개념(무한개념)을 오늘날처럼 정확하게 인식하지 못하였다.[2)]

그러나 실제적으로 많은 문제를 해결하는데 있어서 무한 개념은 유용하게 사용되었는데, 특히 아르키메데스는 포물선에 관한 문제들을 해결하기 위해 무한과 물리적인 직관을 사용하였다. 그 다음에, 무한의 존재에 관한 개념이 명확하지 않았으므로 그는 간접적인 추론과 유한한 구성에 의존하는 '실진법(The method of exhaustion)[3)]'을 사용해서 자신의 결과들을 '엄밀하게' 증명하였다.[4)] 이와 같이 고대 그리스수학자들은 극한을 직접적으로 다루기를 꺼려했지만 실진법은 현대적인 관점에서 보면 본질적으로 극한을 다루기 위한 원리라고 볼 수 있다. 이런 원리의 기저에는 고대 그리스시대의 자연과학 철학에 크게 영향을 받았으며, 특히 고대 그리스철학을 중세에 매개한 아리스토텔레스의 철학에서 그 흔적을 찾을 수 있다.

고대 그리스수학의 기초로서 아리스토텔레스의 잠재적인 무한을 고찰해 보면 미적분학에 꼭 필요한 실무한에 대한 개념을 허락하지 않았다. 그래서 그 당시의 수학자들이 무한하게 증가하거나 무한하게 감소하는 양을 이용하지 못하고, 원하는 만큼 아주 크게, 또는 아주 작게 만들어 질 수 있는 유한 크기에 만족하였다고 아리스토텔레스는 아래와 같이 주장하고 있다.[5)]

> 사실상 그들은 무한을 필요로 하지 않았고 무한을 이용하지 않았다. 그들은 단지 원하는 만큼 멀게 유한 선분이 연장될 것이라고 가정하였다. (『자연학』 207b29-31)[6)]

이때 아리스토텔레스가 왜 이와 같은 주장을 하게 되었는가에 대한 배경은 흥미로운 주제가 될 것 같다. 본 논문에서는 이런 주장에 대한 근거를 제논의 논증들을 통해, 실무한보다는 잠재적인 무한을 받아들인 이유를 추론해보고자 한다.

이를 위해 본 논문에서는 먼저, 고대 그리스시대의 무한론을 대변하는 아리스토텔레스의 무한론을 『자연학』 Ⅲ권 중심으로 알아보고, 둘째로, 아리스토텔레스의 무한론에 직·간접적으로 영향을 끼친 것으로 판단되는 논증들을 담고 있는 심플리키오스의 「아리스토텔레스 『자연학』 주석서」 의 1권의 여럿에 대한 논증들과 아리스토텔레스의 『자연학』 Ⅳ권 9장에서 소개하고 있는 제논의 역설에서 무한 분할 가능한 연속체

---

2) C. H. Edwards, Jr., The Historical Development of the Calculus, springer-verlag, 1979 p.78.
3) '실진법(method of exhausition)'이라는 단어는 17세기까지는 이것과 연관되어 쓰이지 않았는데, 그때는 수학자들이 고대 고대 그리스의 절차와, 양을 진정으로 "실진했던" 그들의 새로운 방법을 구분하지 않고 모두 실진법이라고 불렀다(Boyer, 김경화역, 2004 p.39). 착출법 혹은 소진법으로 번역하고 있으나 여기서는 실진법으로 번역한다.
4) Davis, P. Hersh. R., 양영호, 허민 역, 수학적 경험 하, 경문사 1995 p.57.
5) Heath, History of Greek Mathematics, Ⅰ, 1921. p.272.
6) Aristotle's 『Physics』, Translated by Robin Waterfield, Oxford University Press, 1996, 이하 『자연학』이라 함.

의 존재성을 살펴보고, 마지막으로 제논의 논증과 역설들에 대한 아리스토텔레스의 논의를 기반으로 아리스토텔레스의 잠재적인 무한론 형성에 제논의 영향을 추론하고자 한다.

1. 아리스토텔레스의 잠재적인 무한

고대 그리스 아테네의 소피스트 안티폰(Antiphon)의 원의 면적을 구하는 방법[7]과 지레의 법칙을 이용하여 구의 체적을 구하고 있는 아르키메데스의 『방법(The Method)』에서 일시적이나마 실무한을 이용하고 있으나, 고대 그리스수학자들은 단지 잠재적인 무한만을 연구대상으로 하였다. 이와 같은 경향에서, 아리스토텔레스의 무한에 대한 논의는 고대 그리스인들이 왜 실제적으로 극한 개념을 수반한 적분을 개발하지 못하고 번거롭고 불완전한 실진법을 사용하면서 멀리까지 왔는지에 대하여 철학적 관점을 제공할 수 있을 것이다.

무한에 대한 피타고라스학파는 우주가 무한히 나누어지는 것으로 생각하였고[8], 데모크리토스도 마찬가지로 크기와 형태에서 한 없이 작으면서 그리고 쪼갤 수 없을 만큼 딱딱한 원자가 무한히 많다고 하였다. 이러한 사상들과 아마도 아낙시만드로스와 아낙사고라스의 사상에 영향을 받아, 플라톤은 구체적인 것과 추상적인 것을 분명하게 구별하지 않았다. 직선이 점들로 이루어진 것으로 본 것처럼, 플라톤에게의 무한은 관념과 동시에 감각적인 세계에 놓인다고 주장하였다. 그러나 아리스토텔레스 이전에는 무한에 대한 견해를 분명하게 밝힌 사람은 아무도 없었다.

아리스토텔레스는 『자연학』 Ⅲ, Ⅳ권에서 변화(운동), 무한, 장소, 허공, 시간이라는 다섯 주제들에 대한 일련의 고찰을 하고 있다. 이 다섯 주제들의 선택 이유를 말하는 가운데 그는 무한에 대한 고찰이 필요함을 말하고 있다. 자연(physis)이란 변화(장소의 변화를 포함해서)의 단초를 자신 안에 가지고 있는 것이어서 자연의 탐구는 변화(운동)가 무엇인지를 빠뜨릴 수 없는데, 변화(운동)는 연속적인 어떤 것이고, 연속적인 것 그 자체는 무한을 내포한다고 언급하고 있다. 또한 고대 그리스시대의 무한에 대한 논의에서 기초가 되는 것은 무한에 대해 이전사상가들이 말했던 것들과 일상적으로 '무한하다'는 말이 사용되는 방식들의 구별이라고 할 수 있다. 특히 자연을 탐구하는 사람들이 무한에 대해 논의해야 하는 이유들을 말하고 있는데, 자연에 관하여 언급한 모든 사람들이 무한에 대해 설명을 하였다는 사실이 그 이유 중 하나로 제시되고 있다.

7) 아리스토텔레스는 안티폰(Antiphon)이 원의 내부에 정사각형을 내접시키고, 각 변에서 이등변삼각형을 그려 원에 내접하는 정팔각형을 작도하고, 정팔각형의 각 변에서 이등변삼각형을 그려 정십육각형을 작도하는 식으로 계속하였다고 언급하였다.

8) 피타고라스는 "우주는 한(限)과 무한의 두 원리로 이루어져 있는 아름다운 조화가 있는 코스모스(kosmos)이며, 이 조화와 형태를 주는 것이 수의 비례(로고스)이다"라고 주장하였다.

아리스토텔레스는 감각 가능한 물체 중 무한한 것이 있을 수 없다고 말하고 있다. 한편 그에게서 수학의 대상들은 감각 가능한 물체들로부터 추상된 것들이고, 수학은 현실세계의 사물들을 다루는 학문들 중 하나이다.[9] 따라서 감각 가능한 물체 중 무한한 것이 있을 수 없다면, 아리스토텔레스에게는 기하학적 도형 중 무한한 것도 인정될 수 없다는 것이다. 그래서 그는 공간적인 관점에서가 아니라 시간 안에서 일어나는 과정의 관점에서 무한을 고찰하게 되었다고 말할 수 있다. 즉 그가 고찰하는 무한한 것들은 모두 시간 속에서 실현되고 있으나 어느 한 때에 그것의 모든 구성 요소들이 전부 실현되지는 않는 것들이다. 이것이 그의 잠재적인 무한의 주요내용을 이룬다고 할 수 있다. 무한한 것은 잠재적으로 있다는 것에 도달하는 아리스토텔레스의 추론은 다음과 같다. 먼저 만일 무한이 존재하지 않는다면, 첫째로 시간이 시작과 끝이 있게 될 것이며, 둘째로 크기가 크기 아닌 것들로 분할될 것이며, 셋째로 수가 무한하지 않게 될 것이다. 이와 같이 불가능한 결론에 이르게 된다고 주장한다. 그래서 무한은 어떤 의미에서는 있고 또 다른 어떤 의미에서는 없다는 '중재안'을 아리스토텔레스는 제시한다.

" '있음'(τὸ εἶναι)은 '실제로 있음' 혹은 '잠재적으로 (혹은 가능적으로) 있음'을 의미하고 무한은 더함에 의해서 혹은 나눔에 의해서 무한일 수 있다" 앞서 살펴보았듯이, 크기는 실제로 무한한 것일 수 없다. 그러나 크기는 나눔에서는 무한하다. 왜냐하면 선분들은 끝없이 분할 가능하기 때문이다. 따라서 무한은 가능적으로 있다. 가능적으로 있다는 말은 청동(銅)이 어느 한 시점에서 단번에 실제의 동상(입상)으로 있을 수 있는 경우처럼 실제로 무한이 있을 수 있다는 것을 의미하지 않고, 그 가능성이 점차로 실현되는 경우와 같다는 것을 의미한다. 예로서, 단번에 실현되지 않고 점차로 실현되는 과정 속에 있는 낮 혹은 올림픽 경기가 이 경우에 해당된다(『자연학』 206a14-25).

아리스토텔레스는 '가능적으로 존재하는 것들'을 두 종류로 나누고 있다. 그 하나는 가능적으로 청동이 하나의 동상이 되는 것처럼 그것의 가능성이 단번에 완결적으로 실현될 수 있는 것들이다. 다른 하나는 낮(day) 혹은 올림픽 경기처럼 그것의 가능성이 점진적으로 실현되나 어느 한때에 완전히 실현되지는 않는 종류이다. 이것들의 실현은 낮 전체가 혹은 올림픽 경기들 전체가 어느 때에 존재한다는 그러한 실현이 아니다. 그것들의 실현은 본질적으로 하나의 과정이다. 즉 낮과 시합은 하나 뒤에 또 다른 하나가 언제나 생겨남에 의해 존재하듯이 무한한 것의 경우에도 그와 같다. 일반적으로 무한한 것은, 그때마다 취해지는 각 부분은 언제나 한정되어 있는 것이나, 어떤 것 뒤에 다른 것이 언제나 취해짐에 의해 존재한다고 할 수 있다.

무한이 가능적으로 있다면, 무한은 더함과 나눔에 의해서 동일하게 가능적으로 있

9) E. Hessey, Aristotle's Physics Books Ⅲ and Ⅳ, Oxford, 1983, p. 176.

다는 것이다. 왜냐하면 비록 원래의 크기를 초과할 수 없지만, 나눔에 의해서 모든 한정된 크기를 초과하고 그리고 항상 더 작은 것이 있게 된다는 의미에서, 무한은 밖에 있는 그것의 일부분을 항상 취할 수 있는 것이기 때문이다. 따라서 만약 무한한 어떤 물체가 실제로 있지 않다면, 더함에 의해서 모든 원래의 크기를 초과할 수 있는 무한은 심지어 가능적으로도 있을 수 없다는 것이다(『자연학』 206b14-27).

이러한 논의 과정에서 아리스토텔레스는 이미 무한한 것에 대해 '어떤 것 뒤에 다른 것이 언제나 취해짐에 의해 있다'(『자연학』 206a27), 그리고 '밖에 있는 어떤 것을 취하는 것이 언제나 가능하다'(『자연학』 206b18)고 말하고 있다. 이제 그는 무한한 것에 대한 정의를 제시하는데 어려움을 느끼지 않는다. 그에 따르면 무한한 것이란 '그것의 어떤 부분이 언제나 그것의 밖에 있는 것'(『자연학』 207a1)이다. 그는 이것을 전체 혹은 완결된 것에 대한 정의, 즉 '그것의 어떤 부분도 그것의 밖에 있지 않은 것' 혹은 '그것의 어떤 부분도 결여되지 않은 것(『자연학』 207a10)'과 대비한다.

그는 위와 같은 정의로부터 무한에 대한 다음과 같은 추가적 논점들을 세우고 있다. 무한한 것은 크기의 완결성의 질료이며 현실로 전체가 아니라 가능적으로 전체인 것이다. 크기와 관련해서 아리스토텔레스가 인정하는 무한은 크기의 분할 혹은 그것에 상응하는 크기들의 더함에 의한 무한이다. 따라서 크기의 분할에서 무한한 것은, 그것들로부터 어떤 크기가 완결되는 재료이고, 현실로 전체가 아니라 가능적으로 전체일 뿐이다. 또 무한한 것은 그 자체로서가 아니라 어떤 다른 것의 관점에서 전체이고, 또 한정되어 있는 것이다. 즉 무한한 것이 하나의 전체를 이루는 것은 현실로 하나의 전체였던 어떤 특정 물체에 속함으로서 이다. 그리고 무한한 것은 둘러싸는 것이 아니라 둘러싸이는 것이다. 무한한 것이 질료인 이상, 질료는 형상을 갖지 않기 때문에, 무한한 것은 알려질 수 없다. 또한 마치 청동이 동상의 부분인 것처럼 질료는 전체의 부분이기 때문에, 무한은 전체로 간주되기보다 부분으로 간주되어야 한다(『자연학』 207a20-33).

또한 아리스토텔레스는 무한의 여러 종류들 사이의 차이를 구별할 뿐만 아니라, 더 나아가 그 여러 종류들 사이의 의존관계에 대해서도 고찰하고 있다. 모든 무한한 것들 가운데 그는 크기의 분할에서의 무한을 가장 기본적인 것으로 놓고 있다.

> 무한은 크기, 변화, 시간 속에서 무한은 각각 다르게 설명된다. 즉 시간의 무한성은 시간이 측정하는 변화가 무한하기 때문에 무한하고, 변화의 무한성은 크기가 연속적인 것이기 때문에 무한하다. 왜냐하면 어떤 것은 크기에 따라 변화하기 때문이다(『자연학』 207b21-26).

아리스토텔레스는 무한을 질료가 존재하는 방식과 동일하게 존재하는 것으로 그리고 무한의 본질은 결여이며 무한이 속해 있는 기체는 연속적인 것이고 또한 감각될 수 있는 것이라 말한다. 따라서 지금까지 논의한 아리스토텔레스의 무한에 대하여 다

음과 같이 요약할 수 있다. 무한은 그 자체로 존재하는 실체 혹은 원리일 수 없고, 오히려 크기의 속성이다. 무한은 실제로 있는 것이 아니라 크기, 수, 시간 속에서 가능적으로 있다. 무한은 우리가 양에 따라 취할 때, 이미 취해진 것 외에 그것의 일부분을 밖에서 항상 취할 수 있는 것이다.

2. 제논의 무한에 대한 논증

변화의 문제에 대한 인식의 출발점은 근원적인 실체에 대한 밀레토스학파[10]의 사색까지 거슬러 올라간다. 기원전 5세기 초에 이 문제는 자연에 관한 탐구의 주요한 문제가 되었다. 밀레토스학파 사람들은 변화가 일어나는 것과 감각적인 경험의 세계가 환상이 아니라는 것을 당연시하였다. 그러나 그 후 얼마 지나지 않아 철학자들은 외계(外界)에 대해 우리가 가지고 있는 지식의 근거에 의문을 품기 시작하였다. 과연 감각을 믿을 수 있는가? 아니면 우리는 오로지 이성(理性)에만 의존해야 하는가? 그럼에도 변화는 틀림없이 일어나고 있는 것처럼 보인다. 하지만 현상은 그 밑에 깔려 있는 실재(實在)와 대응하는 것인가? 아니면 사람들을 혼란스럽게 하는 길잡이인가? 일단 이러한 물음이 제기되면서 물질의 궁극적인 구성요소의 문제를 연구하려는 철학자는 누구든지 근본적인 몇 가지 철학적인 문제를 먼저 고찰하지 않으면 안 되었다. 그들은 상식을 더 이상 당연한 것으로서 여길 수 없었고 또한 지식의 근거(인식론의 문제)와 변화와 생성의 본성에 대해서도 설명해야만 하였다.

이러한 문제를 본격적으로 논의한 철학자들은 헤라클레이토스와 파르메니데스이다. 전자는 에페소스(Ephesos)출신의 이오니아인이고 후자는 이탈리아 서해안의 나폴리 남쪽에 있던 고대 그리스의 식민도시 엘레아(Elea)태생이다. 그들은 모두 변화의 문제를 날카롭게 지적하면서 그것에 대해 정반대의 결론을 내렸다. 헤라클레이토스는 만물이 변화의 지배를 받지 않으면 안된다고 주장한데 반해, 파르메니데스는 애당초 변화라는 것이 일어날 수 있다는 사실 자체를 부정하였다. 그 자체로 불변의 실체이면서 생성하고 변화하는 모든 자연 현상을 일으키는 근본 물질의 개념에 있어서, 생성과 변화의 사실만을 지나치게 강조한다면, 헤라클레이토스의 입장이 될 것이고, 이와 반대로 불변의 실체를 강조한다면, 파르메니데스의 입장이 될 것이다.[11] 파르메니데스의 제자인 제논은 기원전 489년경에 엘레아에서 태어났으며 스승 파르메니데스의 생각을 이어 받았다는 것이 널리 받아들여진 학설이다[12]. 제논은 파르메니데스의 일원

10) 밀레토스 학파는 고대 그리스 최초의 철학 학파이다. 밀레토스 출신의 탈레스가 창시했다. 아낙시만드로스와 아낙시메네스로 학풍이 이어졌다. 이들은 밀레토스의 자연에 경탄했으며, 그 자연의 바탕에 있는 만물의 근원을 설명하려고 했다.

11) 밀레토스학파 중 한 사람인 아낙시만드로스가 물질의 변화를 응보, 혹은 보상이라고 설명했던 것으로 보아 운동의 문제는 철학적 주제들에서 벗어난 것은 아니었지만, 헤라클레이토스와 파르메니데스의 극단적인 대립 이후, 운동의 문제는 보다 부각되는 듯하다.

론적인 주장에 반대되는 모든 논의, 즉 변화와 다원성을 주장하는 모든 주장은 모순과 불합리에 봉착하게 된다는 것을 보여주려고 하였다.

Cajori(1920)[13]에 의하면, 제논의 논증들의 역사는 대부분 무한 개념의 역사라고 한다. 불행하게도, 제논의 저서 중 어느 것도 우리에게 전해 내려오는 것이 없다. 그러나 우리는 단지 그의 비평가들과 주석가들을 통해 그의 논증들을 접하고 있다. 이들 논증들은 수 세기 동안 내내 철학적인 사고와 수학적인 사고에 영향을 미쳐오면서, 현재까지 전해져 오고 있다.

본 절에서는 아리스토텔레스의 무한론에 직·간접적으로 영향을 끼친 것으로 판단되는 논증들을 담고 있는 심플리키오스의 「아리스토텔레스 『자연학』 주석서」의 1권의 여럿에 대한 논증들과 아리스토텔레스의 『자연학』 Ⅳ권 9장에서 소개하고 있는 제논의 역설에서 무한 분할 가능한 연속체의 존재성을 살펴보고자 한다.

(1) 제논의 여럿에 대한 논증

제논의 역설이라고 흔히 일컬어지는 제논의 논증에 대한 정보의 주된 출처는 아리스토텔레스와 심플리키오스의 저서에서 발견된다. 전자는 일반인들에게도 널리 알려진 네 개의 운동 논증들이다. 이 논증들은 아리스토텔레스의 『자연학』 Ⅳ권 9장에서 소개되고 있으며, 같은 책의 다른 부분들에서도 그 부분에서 다루어지는 주제와 관련하여 제논의 논증들을 언급하고 비판하는 것을 찾아볼 수 있다. 이 네 운동 논증들의 연구에 있어서의 난점은 아리스토텔레스의 논증 소개가 지나치게 간략한 면이 있고, 또한 아리스토텔레스의 경우 과거의 철학자들의 이론을 언급하는 데 있어서 객관적인 설명보다는 자신의 이론적인 입장을 중심으로 한 그 나름의 이해를 거친 내용을 전달하고 있다는데 있다고 할 수 있다. 후자는 심플리키오스가 아리스토텔레스의 『자연학』에 대한 주석서에서 점(point)에 관하여 논증을 하면서 제논의 논증을 인용하고 있다. 기본적으로 이 논증은 존재하는 것이 여럿이라는 다원론의 입장[14]을 가정으로 삼아서 그로부터 불합리한 결론이 도출되며 따라서 다원론은 참이 아니라는 것을 입증하는 일종의 귀류(reductio ad absurdum) 논증으로 이해될 수 있다.

파르메니데스로부터 이어받은 제논은 존재에서 단지 '하나의 것(one thing)만이 있

---

12) 파르메니데스와 제논의 관계에 대한 증언은 플라톤의 『파르메니데스』에 담겨 있다. 이 대화편에서 이루어지는 소크라테스와 파르메니데스, 제논의 만남이 실제의 역사적 사실에 근거하고 있다면 만남이 가능한 연대인 기원전 449년을 기점으로 해서 당시 40세가량이었다고 하는 제논의 출생년도는 기원전 489년경이 된다. 플라톤의 대화편에 등장하는 장면이 실제로 일어난 일인가에 대해서는 논란이 있지만 플라톤이 굳이 없던 사실까지 꾸며내지는 않았으리라는 추정 하에 플라톤의 증언이 신빙성 있다고 받아들여진다.

13) F. Cajori, The purpose of Zeno's Arguments on Motion, 1920.

14) 다원론자의 이론적 입장 : 우리가 감각적으로 경험하는 대상들의 세계를 해명하는 것을 목적으로 한다. 특히 다원론자들은 감각적인 대상들의 생성과 소멸을 설명하고자 한다. 그리고 그들은 일종의 기본 입자 또는 원소를 하나로 놓고 그것들이 여럿이 있으며, 이 다수의 원소들의 결합과 분리를 통해서 감각적인 대상이 생성되고 소멸함을 설명한다.

다'고 확실하게 생각한 것 같다. '존재에서 여럿이 있다고 말하기를 원한다면, 여럿(多數)에서 있는 것들이 단위로서 간주되는 것이 무엇인지를 명확하게 말해야 한다.'는 것이 그의 논증의 핵심이다.[15] 특히 그가 관심을 가진 것은 세계를 구성하는 존재자가 공간적이고 시간적인 분할들에 의해 개개의 부분들로 나누어질 수 있다는 것이다. 제논의 여럿에 대한 논증은 존재자를 공간적이거나 시간적인 부분들로 나누는 어떠한 방법도 모순 없이 기술되어 질 수 없다는 것을 보여주기 위해 고안되어진 역설들이라고 할 수 있다. 다시 말해, 임의의 분할이 세분에 의해 무한 번의 단계를 거쳐 무한하게 계속되어질 수 있다고 하자. 그러면 이와 같은 분할이 언젠가 완료되어질 수 있는가? 제논의 논증들 중 하나는 이것은 그렇게 할 수 없다는 것을 보여주기 위해 고안되어진 것이다.

이 논증은 여럿을 구성하는 단위들을 논함에 있어, 이런 단위들에 대하여 두 가지로 나누어 논하고 있다. 첫 번째는 여럿을 구성하는 단위들이 전혀 어떤 크기도 가지고 있지 않다는 것이다. 그렇지 않다면 단위들은 부분들을 가질 것이고 단위들이 아니라 단위들의 모임이 될 것이다[16]. 왜냐하면 이 논증의 첫 번째 선택에서 설명하고 있는 단위들은 이론적으로 나눌 수 없는 것으로 가정하고 있다. 또한 제논은 어떤 것의 남김 없는 분할-최종 결과가 더 이상 나누어질 수 없는-에 의해 만들어진 단위들을 논의하고 있기 때문이다. 반대로, 두 번째는 여럿을 구성하는 단위들이 크기를 가지고 있다는 것이다. 왜냐하면 사물이 다른 어떤 것에 더해지고 또는 다른 어떤 것으로부터 빼내어진다면, 그 사물의 크기에 영향을 미치지 않는 사물이 존재하지 않기 때문이다. 크기가 없는 사물들에 이들 연산들을 적용할 수 없으므로 크기를 갖는 단위들은 더하여지고 가감되어질 수 있어야 한다는 것을 논증의 두 번째 선택지는 가정하고 있다. 또한 사물이 부분들로 나누어질 수 있다면, 그들 부분들은 그 사물을 만들기 위해 합하여질 수 있어야 하고, 이 경우에 부분들은 아무리 작더라도 약간의 크기를 가지고 있어야 한다.

제논은 두 가지 선택지의 요구들을 하나의 결과에 이르게 하기 위하여 여럿을 구성하는 단위들이 분할에 의해 만들어진 부분들로 이루어졌다는 것을 분명하게 언급하고 있다.

> "만일 있는 것이 크기가 있다면 필연적으로 그 각각의 것은 어떤 크기와 두께를 지니며, 그것과 다른 것은 또 다른 것으로부터 떨어져 있다는 것은 필연적이다. 그리고 동일한 논증이 그것보다 앞에 있는 것에도 적용될 것이다. 왜냐하면 저것[앞선 것] 역시 크기를 가질 것이고 또 그것보다 앞에 있는 것이 있을 것이기 때문이다. 이것을 한번 말하든 계속 말하든 똑같다. 왜냐하면 그것의 그러한 어떤 것도 궁극적인 것(최종적인 것)이 아닐 것이고 그것의 한 부분은 다른 부분과 떨

15) 심플리키오스의 아리스토텔레스 『자연학』 주석. 99. 12-16.
16) 심플리키오스의 아리스토텔레스 『자연학』 주석. 139.18-19

어져 있을 것이기 때문이다."이처럼 여럿이 있다면 그것들은 필연적으로 작고 클 것이다. 크기를 갖지 않을 만큼 작은가 하면, 무한할 만큼 클 것이다. (심플리키오스, DK29B1[17])

위 논증은 무한열에서 최종적인 것이 존재할 수 없도록 분할을 정의하고 있다. 즉, 획득한 임의의 작은 일부분에 대하여, 닮은꼴의 작은 일부분은 나머지("앞에 있는 부분")로부터 획득되어질 수 있다. 확실하게, 이것 안에는 이러한 분할이 완료되어질 수 있다는 명확한 근거가 존재하지 않는다. 그렇지만 제논이 결론을 이끌어낼 때에 이러한 가정을 전제로 하고 있다. 그 이유는 (첫 번째 선택지) 논증의 동일 선상에서, 이 분할에 의해 생성된 부분들은 어떤 크기도 전혀 가질 수 없다는 것을 그가 지적하고 있다. 즉, 그것들은 더 이상의 분할이 논리적으로 불가능한 최종결과들이다. 그리고 (두 번째 선택지) 논증의 동일 선상에서, 이러한 모든 부분들이 크기를 가져야 하므로, 전체의 것은 크기가 무한하여야 한다고 그는 마찬가지로 지적하고 있다. 따라서 이 양쪽 결론들은 불합리하며, 이것들은 모순이다. 부분들이 크기를 가지고 있지 않는다면 이러한 부분들이 존재할 수 없거나 아니면 부분들이 약간의 크기를 가지고 있다면 분할한 것을 합한 전체는 무한하게 크게 되어야 한다는 것이다.

무한이란 한없이 진행하는 것으로 무한이라는 문제가 언급되고 있으며, 특히 크기의 측면에서 여럿들 전체 합의 크기가 무한함을 입증하고 있다. 이와 같이 불합리성을 고려할 경우, 그것이 오직 크기에 있어서만 이야기될 수 있는 것이 아님을 알 수 있다. 수에 있어서도, 우리는 각각 일정한 수를 갖는 존재자들이 여럿으로 유한하게 있을 때, 그 전체의 수는 그 수만큼의 수를 항상 유지해야만 한다는 데 동의할 수 있을 것이다. 하지만 만일, 이 전체의 수가 동일하게 유지되지 못하고 끝없이 증가하게 된다면 이 역시 불합리한 것으로 받아들여질 수밖에 없게 될 것이다. 다음으로 수적인 측면에서 여럿들 전체의 수가 무한하다는 제논의 논증을 살펴보자.

"만약 여럿이 있다면 그것은 있는 그 만큼 있고 그것들보다 더 많지도 더 적지도 않다는 것은 필연적이다. 그런데 그것이 있는 그만큼 있다면 그것은 한정되어 있을 것이다. 만약 여럿이 있다면 있는 것들은 무한하다. 왜냐하면 있는 것들 사이에는 다른 것들이 언제나 있으며, 또 그것들[다른 것들과 있는 것들] 사이에는 또 다른 것들이 있기 때문이다. 그리고 이렇게 해서 있는 것들은 무한하다."(심플리키오스, DK29B3)

위 논증은 여럿이 있다고 할 경우, 그것들이 처음에 얼마만큼 있다고 한정한 그 만

17) Diels-Krantz에 의해 부여된 제논의 단편으로 총 B1에서 B4까지 총 네 개이며, 그 중에서 B1에서 B3까지의 단편은 모두 심플리키오스의 『아리스토텔레스 「자연학」 주석』의 제1권에 그 출처를 두고 있다.

큼의 수를 항상 유지할 수 있어야만 한다. 즉, 여럿을 구성하는 단위들의 수는 변화 없이 동일해야만 한다. 그러나 단위들이 여럿이기 위해서는 그것들이 연속되지 않고 서로 떨어져 있어야 하는데, 이것이 가능하려면 그들 사이를 떨어뜨려 주는 제 삼의 것들이 계속해서 요구되며, 이러한 무한 퇴행 때문에 단위들의 수는 동일하게 있지 않고 끝없이 증가 된다는 것이다. 그래서 위 논증의 불합리성의 핵심은 언제나 여럿이 있다고 할 때는 그 수에 변함없는 동일성을 부여할 수 있어야만 하는데 여럿들이 있다고 할 경우 그 수가 끝없이 또는 무한하게 증가하게 되어 동일성을 유지할 수 없다는 데에 불합리성이 있다는 것이다. 따라서 위 논증의 결과는 어떤 것이 무한하게 나누어 질 수 있다면, 그러한 분할은 끝까지 지속될 수 있다는 것으로 불합리하므로 어떤 것이 무한하게 나누어질 있으나 그러한 분할은 결코 완료되어질 수 없다는 것을 말하고 있다.

(2) 제논의 역설

제논은 자명하거나, 이미 참으로 입증된 전제에서 논증을 만들어가지 않는다. 각각의 역설들은, 반대되는 의견을 제시하는 사람들이 받아들인 믿음에서 출발한다. 그렇게 시작되어 이끌어져 나오는 결론들은 불합리하고 서로 상충되는 것들이다. 그렇다면 그러한 결론을 수용하는 것은 물론이고, 그 결론을 도출시킨 전제를 수용하는 것은 불합리하다. 그러므로 우리의 믿음에서 그 전제를 배제시킬 수 있으며, 제논이 그 자리에 자신의 믿음을 놓게 되는 것은 가능하다는 것이다. 예를 들면, 앞 절에서 살펴본 것처럼, '존재하는 것은 여럿이 있다.'라는 전제에서, 이러한 것들은 크기, 수에서 무한해야만 하고, 동시에 유한해야만 한다는 결론이 나온다. 여기서의 목적은 '존재하는 것은 하나이다.'는 것을 밝히는 것이다. 이런 방식은 새로운 것이었는데, 아리스토텔레스는 제논을 변증법(dialectic)의 고안자 혹은 개척자라고 불렀다고 한다.[18]

한대희[19]에 의하면, 제논의 역설이 발생하게 되는 근본적인 문제로, 시간, 공간, 운동과 같은 직관적인 의미의 연속체는 직관의 단순함에 비해 아주 복잡한 문제를 내포하고 있다는 것이다. 연속체는 분명 무한히 분할 가능해야 한다. 그러나 그 무한 분할이 어떤 궁극적인 실체에 도달한다면, 제논이 보여 주고 있듯이 모순에 빠지게 되고, 그러한 궁극적인 원소 없이 끝없이 계속 분할되어 간다면, 연속체란 실존적인 것이 아니라 관념적인 현상에 불과한 것이 된다. 따라서 제논의 역설은 무한 분할 가능한 연속체의 존재성에 관한 문제를 포함하고 있다는 것이다. 그래서 우리는 아리스토텔레스의 『자연학』 Ⅳ권 9장의 제논의 역설을 통하여 무한 분할 가능한 연속체의 존재성을 살펴보고자 한다.

---

18) 김인곤외 역, 소크라테스 이전 철학자들의 단편 선집, 아카넷, 2005, p.311
19) 한대희, 제논의 역리의 재음미, 대한수학교육학회지 '학교수학' 제2권 제1호, 2000.

1) 크기를 갖는 것은 무한히 나누어진다.
먼저 "이분법"의 역설을 들어보기로 하자.

이분법(The Dicatomy)
운동은 불가능하다. 왜냐하면 움직이는 물체와 주어진 지점 간의 거리가 얼마나 가깝든지 간에, 그것은 그 거리의 절반을 가야 할 것이고, 그 다음에 그 절반의 절반을 가야 할 것이다. 그리고 그것이 주어진 지점에 도착하기 전에 이 상황은 무한히 계속된다.(『자연학』 239b11-14)

이 역설은 제논의 네 가지 역설 중에서 가장 간단하여 명확하게 이해되는 것이며, 다음 역설들을 논증하는 데 기본적인 토대가 된다. 움직이는 물체가 A에서 B까지 가고자 할 때, B에 도달하기 위해서는 먼저 A와 B의 중간 지점 C를 통과해야 하며, 그 후에는 C와 B의 중간 지점 D를 통과해야 한다. 이러한 중간 지점은 계속해서 생길 것이고, 그 지점들은 B에 가까이 다가갈지라도 도달할 지점 B는 결코 아니다. 그래서 그것은 B에 도달할 수 없다(그림 1).

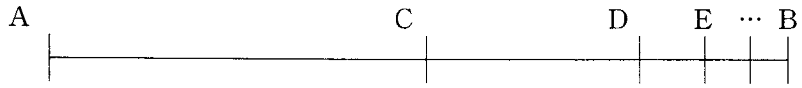

그림 1

이분법의 역설과 동일한 문맥에서 이해되는 것이 있다. 그것은 다음의 아킬레스의 역설이다.

아킬레스(The Archilles)
이것은 '아킬레스'로 알려진 것으로 다음과 같은 것을 보여준다. 가장 느린 것은 진행 중에 가장 빠른 것에 의해 결코 따라잡히지 않을 것이다. 왜냐하면 어떤 주어진 순간부터 생각해 보면, 가장 빠른 자는 그 느린자를 따라잡을 수 있기 전에 그 느린자가 출발했던 지점에 도달해야만 한다. 그리고 그 느린자는 가장 빠른자에 앞서서 항상 얼마만큼의 거리를 갈 것이다. (『자연학』 239b14-19)

이 역설은 '아킬레스와 거북'이라는 명칭으로 우리에게 알려진 것이다. 여기서 가장 느린 자는 거북으로 대치될 수 있다[20]. 만약 발이 빠른 아킬레스가 거북보다 뒤인 A에서(혹은 시간적으로 보다 나중에) 출발한다면, 아킬레스는 거북을 따라 잡을 수 없

20) 테미스티오스를 필두로 하는 주석가들은 '가장 느린 자'를 거북이로 바꾸어 주석을 달고 있다. 그래서 이른바 '거북이와 아킬레스의 경주'가 생겨난 것이다.

다. 거북을 따라잡기 위해서 아킬레스는 먼저 거북이 있던 B지점까지 가야 한다. 그리고 아킬레스가 B지점까지 가는 동안에 거북은 C지점에 가 있을 것이다. 다시 아킬레스는 C지점까지 간다. 그러는 동안 (아무리 짧은 순간이라도) 거북은 보다 앞선 D지점에 갈 것이다. 그런데 이 과정은 계속될 것이다(그림 2). 그래서 아킬레스와 거북간의 거리는 아무리 가까워질지라도 결코 아킬레스는 거북을 따라잡을 수 없다. 그리고 아킬레스와 거북이 만나는 점조차도 있을 수 없다.

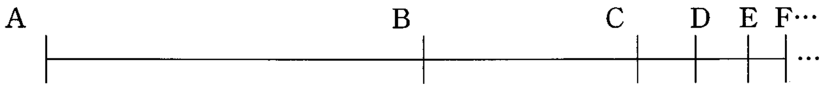

그림 2

이분법이 한정된 거리를 정하여, 이분함에 따라 반으로 줄어드는 부분을 가도록 하는 운동에 관한 것이라면, 아킬레스의 역설은 상대적인 도달점을 제시하면서 감소되는 부분을 가도록 하는 것이라고 할 수 있다. 이 역설은 최초의 거리 AB를 둘로 나누는 것이 아니라, 아킬레스의 빠르기와 거북의 빠르기 사이의 비례를 나타내는 수에 따라 나눈다.[21] 그래서 고정된 거리뿐만 아니라 상대적인 거리에서조차도 운동이 가상이라는 것을 보여 주고 있다.
위의 역설에서 파악되는 개념은 '무한히 나누어짐'이다. 움직이는 것들은, 거리가 무한히 나누어짐으로써 무한히 나타나는 양분되는 점들을 통과할 수 없을 것이다. 아킬레스의 역설의 경우, 느린자 즉 거북과 아킬레스 간의 거리가 무한히 점점 줄어들고 있으므로 그 상황을 무한히 나누어지는 상황이라고 보아야 할 것이다. 아킬레스는 무한히 전개되는 그와 거북 간의 거리가 점점 줄어들지라도, 그 거리를 넘어 거북을 따라잡을 수 없다는 것이다. 따라서 운동이 불가능하다는 것이 이 역설의 내용이다.

2) 시간, 공간은 원자로 나누어질 수 있다.

앞에서 크기를 갖는 것이 무한히 나누어질 때 운동이 불가능하다는 것을 고찰해 보았다. 운동의 불가능을 이끌어 내는 개념은 분명 '무한히 나누어짐'이었다. 그러나 그 크기를 갖는 것이 무한히 나누어지지 않는다고 가정하면 운동이 가능할 수 있겠는가? 이제 우리는 시간, 공간이 더 이상 나누어질 수 없는 원자로 나누어진다는 가정 하에서 출발하는 제논의 논증을 들어보기로 하자. 그 중 하나는 날고 있는 화살의 역설이다.

날고 있는 화살(The Flying Arrow)

사물이 그 자신의 크기와 동일한 장소로부터 조금도 위치를 바꾸지 않았을 때 그

21) 미셸 그리나, 철학의 단계적 이해, 송영진 역, 서광사, 1986, p.25

것은 정지해 있기 때문에, 그리고 그것이 운동한다고 생각되는 동안 어느 순간에 서라도, 운동한다고 생각되는 사물은 바로 그 순간에 그것이 점유하는 장소에 있기 때문에, 화살은 그것이 날고 있는 동안 어느 시간에도 움직이지 않고 있다. (『자연학』 239b6-8)

날고 있는 화살에서 제논은 시간과 공간이 궁극적으로 불가분량의 요소로 구성되어져 있다는 상반되는 가정으로부터 유사하게 모순된 결론을 유도한다. 즉, 시간과 공간은 그 이상 분할되지 않는다는 가정을 하여도 마찬가지로 운동은 불가능하다는 것이다. 날고 있는 화살의 역설에서 기본적인 토대가 되는 전제는, 대상에 의해 점유되는 최소한의 시간과 공간이 있다는 것이다. 최소한의 시간은 더 이상 쪼갤 수 없는 순간이며, 그 공간은 대상이 점유하고 있는, 대상과 꼭 같은 공간(장소)이다. 그래서 이 역설의 내용은 다음과 같이 이해될 수 있을 것이다. 꼭 자기 자신의 크기만큼 공간을 차지하는 것은 정지해 있다. 그러나 비행의 매 시점에, 화살은 오직 자기 자신의 크기만큼 공간을 차지할 수 있다. 그러므로 비행의 매 시점에, 그 화살은 움직이고 있는 것이 아니라 정지해 있다. 그러나 비행 기간의 매 시점에서 화살에 대하여 사실인 것은 그 기간 내내 화살에 대하여 사실인 것이다. 그러므로 화살의 비행의 전체 시간 동안에, 그 화살은 움직이고 있는 것이 아니라 정지해 있다는 것이다.

제논은 경주로[22] 역설에서 날고 있는 화살의 역설의 의도를 명확히 말하고 있다.

경주로(The Stadium)
크기에 있어서 서로서로 동일한 여러 대상들을 가정한다. 이 대상들은 동일한 두 열을 형성하며, 한 열은 경주로의 한쪽 끝에서부터 중앙으로 늘어서 있고, 다른 한 열은 중앙에서부터 다른 끝으로 늘어서 있다. 그 때 만약 두 열을 반대 방향으로 그러나 동일한 속도로 움직이게 하여 두 열이 서로를 통과한다면, 제논은 그 열들이 서로를 통과하는 데 걸린 시간의 반이 그 시간의 전체와 동일하다는 것을 보여준다.(『자연학』 239b33-240a2)

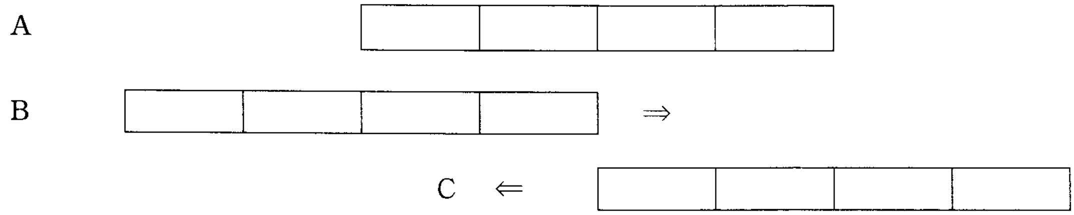

그림 3

22) stadion은 거리의 단위이면서 경주로를 가리키기도 한다. 이는 올림픽 경기의 단일 경주로의 길이가 1스타디온인 것에서 유래한다. (김인곤외, 소크라테스 이전 철학자들의 단편 선집, 아카넷, 2005, p.324)

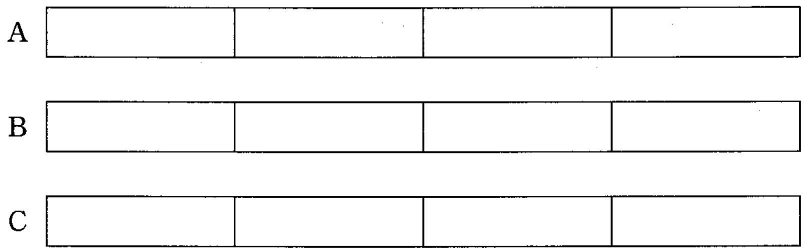

그림 4

경기장 내에, 크기가 서로 동일한 대상들이 두 열을 이루어 서로 반대 방향으로, 그러나 동일한 속도로 움직여 서로의 열을 거쳐 가게 한다. 그렇게 할 때, 그것들이 서로를 거쳐 간 시간은 똑같은 크기의 대상들의 절반을 거쳐 가는 시간과 동일하다. 그래서 제논은 주어진 시간의 반은 그 시간 전체와 동일하다고 주장한다.

보이어(C. Boyer)는 "넓은 의미로 해결될 수 없는 문제는 없으며, 다만 막연한 느낌으로부터 생겨서 아직 적절하게 표현되지 않았을 뿐이다. 이것이 고대 그리스사상에서 제논의 역설들의 위치이다"라고 한다[23]. 왜냐하면 어렵다고 생각되는 것을 해결하기에 필요한 정확한 표현이 관련된 개념들에 주어지지 않았기 때문이다. 제논의 역설들에 대한 답은 연속, 극한, 그리고 무한 집합의 개념과 관련되는 것이 확실한데, 그것들은 플라톤과 아르키메데스가 때때로 그러한 방향으로 노력했지만, 고대 그리스인들에게는 떠오르지 않았고, 또한 결코 떠오를 수 없는 추상적인 것들이었다. 감각과 이성의 세계, 즉 직관과 논리의 세계를 분명하게 분리하지 못한 결과로 고대 그리스인들이 그것들을 생각하지 못하였는지 모른다. 따라서 그들에게 수학은 가능한 관계들에 대한 학문이기 보다는 자연에 존재하는 것으로 생각되는 경우들을 연구하는 것이었다.

3. 아리스토텔레스의 잠재적인 무한론에 대한 제논의 역할

현대 프랑스 철학의 아버지라 불리는 베르그손은 제논의 논증을 이렇게 설명하고 있다. " 철학자들은 제논의 역설을 여러 가지 방식으로 그리고 아주 다양하게 논박하였고 각각의 논박들은 자신들이 결정적이라 생각하며 다른 논박들을 제거한다. 그렇지만 이 난점을 쉽게 없애버릴 수 없었다."[24] 또한, 그는 아리스토텔레스가 제논의 가정을 그대로 다 인정하면서 동시에 제논을 논박하기 위해 연속(to sunekes)의 개념[25]

23) Carl, Boyer, 김경화 역, 미분적분학사-그 개념의 발달, 교우사, 1949. p.29.
24) 베르그손, 『사유와 운동자』, Oeuvres, Paris, PUF, p.1378. 정순현, 베르그손 철학에 있어 아리스토텔레스의 운동론 비판, 2003. 에서 재인용.

을 사용하고 있으나 실제로는 역설을 효과적으로 해결하지 못하고 있다고 하였다. 본 절에서는 제논의 논증과 역설들에 대한 아리스토텔레스의 논의를 통해 아리스토텔레스가 잠재적인 무한론에 이르게 한 단초를 찾고자 한다.

(1) 제논의 논증에 대한 아리스토텔레스의 논의

먼저 이분법의 논증이다. 제논은 선 위에 있는 한 점에 도달하기 위해서는 그 거리의 반에 또 그 반에 반, 계속해서 그 절반에 도달해야 하므로 운동이 일어날 수 없다고 말한다. 이 역설에 대해 아리스토텔레스는 이렇게 말한다.

> "제논의 논변 역시 한정된 시간 안에 무한한 것들을 하나하나 통과하거나 무한한 것들과 하나하나 접촉하는 일이 불가능하다고 주장한다는 점에서 잘못된 가정을 하고 있다. 길이와 시간, 그리고 일반적으로 연속적인 모든 것은 두 가지 의미에서 '무한하다'고 한다. 즉 분할 가능성의 측면에서 또는 끝이 없다는 측면에서 그렇다. 그래서 한정된 시간 속에 있는 것은 양적으로 무한한 것들과 다 접촉할 수 없으나, 분할 가능성의 측면에서는 무한한 것들과 다 접촉할 수 있다. 왜냐하면 이러한 의미에서는 시간 자체도 무한하기 때문이다. 그러므로 한정된 시간 속에서가 아니라 무한한 시간 속에서 무한한 것을 다 지나가게 되며, 한정된 시간들에 의해서가 아니라 무한한 시간들에 의해서 무한한 것들을 접촉하게 된다는 결론에 이르게 된다.(『자연학』 233a21-31.)

만일 시간도 역시 무한하다면 통과할 수 있었을 것이다. 다시 말해 아리스토텔레스는 선도 무한하고 시간도 역시 무한하다고 가정하고 있다. 왜냐하면 더 작은 움직임들은 움직임을 완료하기 위해 더 적은 시간을 필요로 하게 되고, 이들 구성하고 있는 시간들은 한 없이 줄어들게 되기 때문이다. 따라서 무한함은 길이에도 시간에도 존재한다고 말한다. 그 다음 아리스토텔레스는 제논이 연속적인 운동을 수행하지 않았다고 말한다.(『자연학』, 8장, 263a) 그에 따르면 무한한 절반들이 있지만 그 절반들은 현실적인 것이 아니다. 잠재적으로 무한한 점들이 있지만 그들이 현실적인 것은 아니다. 즉 한 점은 우리가 멈추어 서 있을 수도 있고 또 다시 출발할 수도 있다. 아리스토텔레스는 이분법 논증에서 제논이 구분한 점들을 최소한의 시간이 아니라 아주 작은 정지나 멈춤으로 간주하고 있다고 할 수 있다.

이분법과 동일한 맥락에서 이해되는 아킬레스의 역설에 대하여, 아킬레스가 거북이

---

25) 아리스토텔레스의 연속성(to sunekes)의 개념은 아리스토텔레스에 있어 수, 또는 측정의 단위는 불연속적인 양이고 이에 반해 시간은 연속적인 양이다. 그래서 크기-운동-시간의 연속하는 것들은 불연속적인 점, 운동자, 앞-뒤의 방식을 통해 인식된다. 즉 우리는 순간을 앞-뒤 운동으로 규정지으며 시간을 인식한다는 것이다. 결국 시간의 부분들은 앞-뒤의 순서가 있다. 그래서 시간은 앞과 뒤를 나누는데 따라 진행된 장소의 운동이다. 앞과 뒤는 시간의 절단물인 순간들이다. 시간은 다양하고 구분되는 순간들에 의해 이해된다.

를 따라 잡기 위해 이동해야 하는 거리는 무한히 많은 점들을 포함할 것이다. 그리고 이러한 점들의 임의의 무한 수열은 무한히 많은 분리된 부분들로 거리를 나눌 수 있을 것이다. 결과적으로, 아킬레스가 전체의 거리를 통과하기 전에, 그는 그 거리의 무한하게 많은 부분들을 통과해야만 한다. 그러나 이것은 거북이를 따라 잡기 전에, 그가 마치 무한하게 많은 다른 작업들을 틀림없이 완료하였다고 할 수 있다. 이것은 불가능하다. 그래서 아킬레스는 거북을 결국 잡을 수 없다.

제논은 만일 크기의 무한함을 인정한다면 가장 빠른자인 아킬레스는 결코 가장 느린자인 거북을 따라잡을 수 없다고 주장한다. 여기에는 항상 멈추고 다시 출발하는 간격이 있다고 말한다. 아킬레스는 먼저 한 점에 도달하고 다시 출발한다. 아킬레스는 셀 수 있는 무한한 점들을 지나야 하므로 결코 거북이가 있는 점에 도달할 수 없다. 왜냐하면 지나야 할 구분된 점들이 무한하기 때문이다. 이것이 바로 제논의 실수라고 아리스토텔레스는 말한다. 아리스토텔레스는 아킬레스가 도착한 점과 그가 다시 출발한 사실은 서로 구분되어야 한다고 주장한다. 왜냐하면 그 점이 은밀하게 도착한 점과 출발점의 서로 인접한 점으로 바뀌어 이 점들은 절단이 아니라 실질적 구분의 점이기 때문이다. 아리스토텔레스는 제논이 연속의 개념을 몰랐다고 설명한다. 그러면서 만일 잠재적으로 무한자인 연속을 인정한다면 점과 선, 순간과 시간의 구분은 사라질 것이라고 한다. 그래서 그는 유한한 시간에서 거리가 통과되므로 아킬레스는 금방 거북이가 있는 점에 도달하게 된다고 말하고 있다.

마지막으로 화살의 논증에서 제논은 이렇게 말한다. 각각의 순간에 화살은 움직이지 않는다. 왜냐하면 화살은 움직일 시간, 즉 적어도 연속적인 두 위치를 차지할 시간을 갖지 않으므로, 주어진 순간에 화살은 주어진 점에 정지해 있다. 화살의 여정의 각 점에서 화살은 움직이지 않고 있다. 이 역설을 소개하기 직전 아리스토텔레스는 이 역설을 거부해야 한다는 것을 시사하고 있다.

> 제논은 잘못 추론하고 있다. 왜냐하면 그는 다음과 같이 말하고 있기 때문이다. “만일 모든 것은, 자신과 똑같은 공간을 차지하고 있을 때 언제나 정지해 있는 것이라면, 그리고 움직이는 것은 언제나 ‘지금 안에’ 있다면[26], 그리고 움직이는 화살은 운동하지 않는다.” 그런데 이것은 거짓이다. 왜냐하면 다른 어떤 크기도 나뉠 수 없는 것으로 이루어져 있지 않듯이, 시간도 나뉠 수 없는 ‘지금’들로 이루어진 것이 아니기 때문이다.(『자연학』 239b30-33, 5-9)

제논이 시간의 불가분성을 잘못 생각했음을 아리스토텔레스는 지적하고 있다. 시간은 정지도 주어진 순간도 가질 수 없다는 것이다. 그에 따르면, 사물은 순간적인 현재에서 운동할 수도 정지할 수도 없으며 오직 어떤 유한한 크기를 갖는 시간 간격에 걸쳐서 운동하거나 혹은 정지할 수 있다. 어떤 사물이 운동한다는 것은 그것이 어떤 유

26) ‘지금의 시점에서 차지하고 있는 공간에 있다면’ 이라는 뜻이다.

한한 크기의 시간 간격에 걸쳐서 서로 다른 장소에 있다는 것을 뜻하고, 어떤 사물이 정지해 있다는 것은 그것이 어떤 유한한 크기의 시간 간격에 걸쳐서 단일하고 동일한 장소에 있다는 것을 뜻한다.

제논의 논증에 대한 생각을 아리스토텔레스의『형이상학』을 통해 그의 생각을 들을 수 있다.

> 제논의 견해에 의해, 하나 자체가 '분할되지 않는 것'이라면, 그것은 아무것도 아닐 것이다. 왜냐하면, '어떤 것에 더해져서 그것을 더 크게 만들지도 않고, 또 어떤 것으로부터 빼어져서 어떤 것을 더 작게 만들지도 않는 것'은[27], '있는 것'은 분명히 크기를 갖는다고 생각한 그에 따르면, '있는 것'이지 않기 때문이다. 그리고 '있는 것'이 크기를 갖는 것이라면, 그것은 물질적인 것이다. 물질적인 것은 모든 차원에서 '있는 것'이기 때문이다. 반면, (수학적인 대상들과 같은 종류의) 다른 크기들은, 예를 들어 평면과 선은 어떤 방식으로 더해지면 더 크게 되고, 다른 어떤 방식으로는 그렇지 않지만, 점과 단위는 결코 더 크게 되지 못한다. 그러나 제논은 서투르게 연구하고 있다. 분할되지 않는 어떤 것이 있을 수 있다는 점 자체가 바로, 있는 것은 크기를 갖는다는 제논의 주장에 대한 반박으로서 변호될 수 있다. 왜냐하면 점처럼 그런 분할되지 않는 것은 어떤 것이 어떤 것에 더해졌을 때 처음의 것을 더 크게 만들지 않고, 더 많게 만들 뿐이기 때문이다. (『형이상학』 Ⅲ, 4, 1001b7)

얼마나 많은 것이 제논의 생각이고, 얼마나 많은 것이 아리스토텔레스의 생각인지를 아는 것은 쉽지 않다. 그러나 이것에 대하여 그 자신의 생각을 담지 않고 제논을 언급할 이유가 없을 것이다.

(2) 제논의 논증이 아리스토텔레스의 잠재적인 무한론에 끼친 영향

플라톤은 자신의 이데아론을 존재론으로서 확립하는『파르메니데스』1부 서두에서 제논의 논증[28]을 소개하고 있으며, Allen[29]는 플라톤 철학을 계승한 아리스토텔레스가 제논의 논증에 대해서 알고 있었을 것으로 말하고 있으나, 아리스토텔레스는 무한을 정의할 때 무한을 언급한 이전사상가들의 사상들을 정리하는 과정에서 제논을 언급하고 있지 않다. 그래서 제논이 아리스토텔레스의 잠재적인 무한론에 영향을 미쳤다고 직접적으로 말할 수는 없으나, 제논의 논증과 아리스토텔레스의 논의를 기반으

27) 즉, 크기를 갖지 않는 것은.

28) 『파르메니데스』 127e1-e8

있는 것들이 여럿이라면, 그것들은 닮았으면서 닮지 않았다.
닮았으면서 닮지 않는 것은 불가능하다.
따라서 있는 것은 여럿일 수 없다.

29) R. E. Allen, 플라톤의 파르메니데스 편, 번역과 분석, University of Minesota Press, 1983.

로 전후 상황을 고려하여 제논이 아리스토텔레스의 잠재적인 무한론에 끼친 영향을 추론하고자 한다. 먼저 아리스토텔레스의 『자연학』 III권에서 무한 개념이 왜 필요하게 되었는가에 대하여 제논의 역할을 알아보자.

심플리키오스가 인용한 제논의 여럿에 대한 논증을 보면, 대립쌍이 둘 나온다. 하나는 '큰'과 '작은'이고, 다른 하나는 '유한함'(한계지워져 있음), 과 '무한함'(한계지워져 있지 않음)이다. 제논의 '큰'과 '작은'의 역설에는 '각각은 무한히 나누어지기 때문에 크기가 없을 만큼 작고, 또 무한히 크다'고 말한다. 이것은 '무한 가분성'을 근거로 들고 있다고 할 수 있다. 또한 '한계지워져 있음'과 '한계지워져 있지 않음'에서는 한편으로는 '있는 만큼 있기 때문에 수적으로 한계가 있다'고, 다른 한편으로는 '무한히 나누어지기 때문에 수적으로 무한하다'고 말한다. 이렇게 보면 '한계지워져 있음'에 대한 논거를 제외한다면 '무한 가분성'을 근거로 들고 있음을 알 수 있다.

반면에 아리스토텔레스는 어떤가? 그는 다른 고대 그리스철학자들과는 달리 감각가능한 무한한 물체의 실존을 부정하고 있다. 그럼에도 불구하고 그는 '무한'이란 개념이 절대적으로 부정될 수 없다는 점을 알고 있었다.(『자연학』 206a9-12) 그것은 제논의 여럿에 대한 논증에서 '무한 가분성'이라는 문제가 재기되고 있듯이, '무한(apeiron)'이란 개념이 어떤 형태로든 실제로 사용되고 있고 또 아리스토텔레스도 자신의 체계 내에서 그 개념을 필요로 하기 때문이다. 『자연학』에서 무한이 하나의 주제로 다루어지는 가장 큰 이유는 제논의 역설에서 보았듯이 그것이 운동을 설명하는데 중요한 요소이기 때문이다. 『자연학』 제3권 1장에서 운동은 연속적인 것으로 이해되고, 무한이 일차적으로 이 연속체 안에서 드러난다고 말하고 있다(『자연학』 200b16-8). 왜냐하면 연속체는 정의상 무한 분할 가능한 것이기 때문이다. 그래서 운동 또는 변화는, 그것이 연속적인 것으로 이해되는 한, 그 과정은 무한 분할이 가능하고, 따라서 무한 개념이 완전히 배제될 수가 없다. 그러므로 운동을 설명하기 위해서 무한의 개념이 필요하게 된다.

제논의 역설에 대한 아리스토텔레스의 반박을 보면, 무한 개념은 잠세태(잠재적)와 수의 두 가지 의미에 따라 설명된다. 즉 잠세태(잠재적)로서의 모든 연속된 크기는 무한히 분할 가능하며, 수 혹은 양으로서의 무한은 하나의 수에 또 다른 수를 항상 추가할 수 있다는 사실에서 비롯된다고 한다. 그래서 아리스토텔레스는 무한 분할을 전적으로 부정하지는 않고 있다고 할 수 있다. 왜냐하면 어떤 유한 크기도 그것이 연속체라면 그것은 반드시 무한 분할이 가능할 것이기 때문이다.(『자연학』 200b18-20) 그래서 그는 크기에 있어서 소위 나눔의 측면으로는 '무한'의 실존을 전적으로 부정하지는 못하고 있다. 그렇다고 해서 그가 나눔의 측면의 무한을 받아들이고 있다고 말할 수는 없다. 왜냐하면 하나의 유한 크기가 무한 분할이 가능하다면, 제논의 여럿에 대한 논증 중 크기의 측면에서의 무한함에서 살펴보았듯이 그것은 무한히 많은 부분들을 갖게 될 것이기 때문이다. 그럼에도 불구하고 그는 크기에 있어서 나눔의 측면의 무한을 어떤 의미에서 받아들이고 있기 때문에 이것 역시 그가 무한 개념을 필요로

하는 이유이다.

이제 아리스토텔레스가 감각 가능한 무한한 물체의 실존을 부정하고 있지만 무한 개념을 수용하기 위해서 제시한 '잠재적인 무한'과 '제논의 논증들'과의 관계를 살펴보면, 먼저 '잠재적'과 '제논의 논증들'과의 관계를 알아보자. 아리스토텔레스는 운동을 '잠재적으로 어떠한 것인 존재자의 (그 어떠한 것으로의) 현실태'이라는 좀 독특한 말로 정의하고 있다(201b4-5)[30]. 그래서 '잠재적'의 의미를 좀 더 선명하게 보기 위해 '잠재적'이란 용어가 어떻게 쓰이고 있는가를 보는 것이 도움이 될 것이다. 흔히 '잠재적'을 설명할 때 가장 많이 언급되는 것이 청동 인물상과 대립자들의 예{더움과 차가움(冷) 등}이다. 청동이 인물상이 될 수 있는 것은 청동이 그러한 인물상이 될 수 있는 가능성을 이미 갖고 있었기 때문이며(201a29-34), 더움은 언젠가 차가움이 되고 또 차가움은 언젠가 더움이 되는데 이는 더움이 잠재적으로 차가움이고 차가움은 잠재적으로 더움이기 때문이다(205a6-7). 이와 같이 '잠재적' 개념이 도입된 것은 운동의 불가능성을 제기한 제논의 역설이후 고대 그리스인들의 오랜 숙제였던 '운동이 어떻게 가능한가?'를 설명하기 위한 한 방편이다. 아리스토텔레스는 『자연학』 제1권에서 운동의 원리로서 기체와 대립자들, 세 가지를 제시했다. 그는 운동을 대립자들 상호간의 이전으로 파악하고 있었으므로 대립자들의 이러한 상호 이전을 가능케 하기 위해 '잠세태(잠재적)' 과 '현실태(실재적)'의 개념을 끌어들인 것으로 보인다. 또한 아리스토텔레스를 포함한 동시대의 고대 그리스인들에게 있어서 무(無)에서의 생성과 무(無)로의 소멸은 인정될 수 없는 것이므로, 아리스토텔레스는 이것을 대립자들 상호 간의, 또는 특정 속성의 드러남(실재적)과 감춰짐(잠재적)으로 설명하고 있다. 즉 변화는 변화되어진 것 안에 이미 그와 같은 변화를 가능케 하는 잠재적 수용 능력이 있기 때문에 가능한 것이다. 이렇게 어떤 것이 다른 어떤 것으로 변화될 수 있는 수용 능력이 그것의 잠재적이다.

제논의 여럿에 대한 논증에서 존재하는 것은 크기를 갖는다는 것과 그것은 무한히 많은 부분들로 구성되어 있다는 것을 전제로 하여 크기의 측면에서 여럿들 전체 합의 크기가 무한함을 그리고 수적인 측면에서 여럿들 전체의 수가 무한함을 입증하여 존재하는 것이 여럿이라는 전제는 불합리한 것으로 받아들여질 수밖에 없게 된다는 것과 또한 무한이란 한없이 진행하는 것으로 무한이라는 문제가 언급되고 있음을 살펴보았다.

아리스토텔레스는 '무한'을 미완성의 의미로 받아들이고 있다. 그래서 그는 '무한'을 '어떠한 양이 취해져도 그것 넘어 항상 새로운 어떤 것이 취해질 수 있는 것'으로 정의하고 있다(206b33-207a15). 연속체의 무한 분할의 경우 우리가 이미 보았듯이 분할의 결과로 나타난 것들은 그것의 수가 아무리 많고 그리고 그것의 크기가 아무리 작아도 그것들은 여전히 더 나뉠 수 있으므로 시간적 제약이 없다면 그 작업은 끝없

30) 조명동, 아리스토텔레스의 유한주의 내에서 '가능태적 무한' 개념의 수용 가능성, 외대철학 (vol, 3), 1994..

이 진행되어질 수 있다. 그리고 이러한 의미에서 무한 분할은 가능하다고 얘기되어질 수 있다. 수에 있어서도 이것은 그대로 적용되어질 수 있을 것이다.

제논의 역렷에 대한 논증의 가정을 받아들인 아리스토텔레스는 크기의 측면에서 무한 보탬은 부정하고 있으나 무한 분할은 가능한 것처럼 보고 있고, 반면에 수적으로는 무한 나눔은 부정하나(수는 하나의 단위로부터 구성된 체계이므로 최소 단위인 일이 있어야 하고 그것은 단위자이므로 나뉠 수 없기 때문에), 무한 보탬은 인정하고 있는 것처럼 보인다(『자연학』 206b12-33). 아리스토텔레스에게 있어서 수와 크기는 서로 대립적이면서, 또한 반대급부적인 성격을 띠고 있다. 어떤 크기는 그것을 무한히 나누면, 나뉘어진 것의 크기는 점점 작아지지만 그것의 수는 점점 커지기 때문이다(『자연학』 206b12-33). 그래서 아리스토텔레스는 무한에는 증가의 측면에서의 무한과, 감소의 측면에서의 무한이 있다는 것이다. 증가의 무한은 부분에 부분을 아무리 더한다 해도 완료될 수 없는 무한이며, 감소의 무한은 무한하게 분할 가능한 무한이다.

아리스토텔레스는 제논의 역설들에 대하여 분명하게 답할 수 없었다는 것이 그로 하여금 무한과 운동(변화)에 대하여 양적 설명을 먼저 하게끔 하였다[31]. 또한 그는 귀납적 과학 태도를 채택하는 데 있어서 정신에 분명하게 나타날 수 있는 것 이상을 넘지 않았다. 그 결과 이러한 경험은 아리스토텔레스의 『자연학』에서와 같이 실무한의 존재를 부정하고 잠재적으로만 무한을 인식하게 되었다고 할 수 있을 것이다. 이에 대한 충분한 근거로 지금까지 살펴보았듯이 제논의 논증에 나타난 불합리를 피하기 위한 희망이 내재해 있는 것으로 추론할 수 있을 것이다.

4. 맺는 말

20세기 초반 전 세기를 통틀어 위대한 수학자 중 한 사람으로 꼽히는 힐베르트는 "무한의 문제 이외에 어떤 문제도 그렇게 오랫동안 인간의 감성에 고통을 준 적이 없었고, 무한의 관념 이외의 어떤 관념도 그렇게 인간의 지성을 자극하고 풍요롭게 한 적이 없었으며, 무한의 개념 이외의 어떤 개념도 그렇게 명료하게 설명되기를 요구한 적이 없었다."고 말하였듯이, 고대 그리스시대에서 현대 수학의 발견이나 집합론에 이르기까지, 무한이라는 철학적이면서 수학적인 개념은 다양하게 사용되어 왔다. 본 논문은 아리스토텔레스의 잠재적인 '무한'개념의 형성과정을 검토하려는 것이 아니다. 그것은 이 개념의 생성에 기여한 모든 사상들을 고찰해야만 가능한 일이다. 우리는

31) 아리스토텔레스는 "그 본성상 지나갈 수 있으나 실제로는 그럴 수 없으며 끝이 없는 것은 무한하다(apeiron)"고 하여 무한에 대한 정의를 양적으로 할 수 있는 것의 범주에 집어넣는다. 양을 논한다는 것은 곧 어떤 값이나 수를 논한다는 것이다. 그런데 측량하거나 헤아릴 수 있으려면 전체와 부분을 구분할 수 있어야 한다. 이렇게 해서 전체는 나눌 수 있는 것, 쪼갤 수 있는 것이 된다.

제논이 아리스토텔레스의 잠재적인 무한론 형성에 어떻게 영향을 미쳤는지를 논증을 통해 추론하고자 하였다.

아리스토텔레스는 자연과학과 운동에 대한 분석을 거쳐 필연적으로 현대적 의미에서의 무한 문제를 처음으로 제기하였다. 그는 운동이나 물리적인 크기를 한없이 쪼갤 수 있다고 보았다. 그러므로 직선, 면적, 부피를 한없이 쪼갤 수 있으려면 무한이라는 속성을 고려할 수밖에 없었다. 그래서 무한에 대한 아리스토텔레스의 탐구는 감각 가능한 무한한 물체가 실재로 있을 수 없다는 것을 논증한 다음에 무한은 실재로가 아니라 다만 잠재적으로 존재한다는 것을 밝히고 무한에 대한 정의를 제시하였다. 그런데 이러한 무한은 수에서 찾아볼 수 있다. 수는 잠재적으로 얼마든지 더 커질 수 있기 때문이다. 하지만 그렇게 해서 궁극적으로 어떤 수를, 그러니까 '실재적인 무한'을 얻어낼 수는 없다. 마찬가지로 크기에는 잠재적인 무한이 있다. 우리는 그 크기를 나누고 또 나누면서 분할을 계속할 수 있다. 하지만 그 분할은 결코 완료되지 않는다. 마지막으로 아리스토텔레스 분석의 세 번째는 시간과 관련된다. 이 시간은 운동을 통해 정의된다. 시간은 분할 가능한 동시에 확장 가능하다. 그래서 아리스토텔레스는 시간이 무한하다고 상정했다.

피타고라스학파와 데모크리토스이후로 고대 그리스수학에서 무한이 열렬히 환영받지 못하게 한 제논의 논증들을 통해 아리스토텔레스가 이러한 잠재적인 무한론에 이르게 한 근거를 찾아 볼 수 있다. 제논의 논증은 토막글 형태로 4개가 전해지고 있다. 심플리키오스가 자신의 책에서 직접 인용한 것이 셋이고, 디오게네스가 인용한 것이 하나이다. 이것들은 제논의 논증으로는 유일하게 직접 인용된 형태이다. 그 밖에 운동의 역설은 아리스토텔레스가 자신의 편의에 맞게 고쳐서 제시한 것이지만 언급되지 않는 논증을 제시할 이유가 없을 것이다. 기원전 5세기에 파르메니데스가 세운 엘레아학파의 철학자 제논은 다원론자들의 가설과 연속체 가설에 대립하는 역설을 내세웠다. 먼저 심플리키오스의 「아리스토텔레스 『자연학』 주석서」의 1권의 여럿에 대한 논증에서 다원론자들의 주장인 존재하는 것은 크기를 갖는다는 것과 그것은 많은 부분들로 구성되어 있다는 것을 논증의 출발점으로 삼아서 제논은 존재하는 것은 많다는 것과 크기를 가진 것은 무한히 분할될 수 있다는 것을 전제로 논증을 시작한다. 제논의 논증에 따르면 만일 부분들이 크기를 갖지 않는다면 그런 무한한 부분들의 합은 아무런 크기도 갖지 않게 될 것이고, 또한 만일 크기를 갖는다면, 그런 무한한 부분들의 합은 무한한 크기를 가진 것을 만들 것이다. 그런데 이것은 불합리하여 다원론자들의 주장은 받아들일 수 없다는 것이다. 다시 말해 제논의 여럿에 대한 논증은 존재하는 것을 공간적이거나 시간적인 부분들로 나누는 어떠한 방법도 모순 없이 기술되어 질 수 없다는 것을 보여주기 위해 고안되어진 역설들이다.

운동에 대한 역설은 아리스토텔레스를 통해 우리에게 널리 알려졌다. 제논의 두 번째 역설 "아킬레스"에서 어떤 것이 목표에 다다를 수 있다는 주장, 특히 운동 가능성을 부정하고자 하였다. 움직이는 것은 중간을 가로질러 목표하는 것에 이르러야 하는

데, 그러자면 그 중간의 중간을 지나야 하고, 다시 중간의 중간의 중간을 지나야 하며, 그런 식으로 끝없이 계속되기 때문에 운동이 불가능하다는 것이다. 즉, 크기를 갖는 연속체는 무한히 나누어진다는 가정은 모순된 결론에 이르게 된다는 것이다. 또한 제논의 "날으는 화살"과 "경기장" 역설에서, 시간과 공간이 궁극적으로 불가분량의 요소로 구성되어져 있다는 상반되는 가정으로부터 모순된 결론이 유도하는 것이다. 따라서 제논의 역설은 무한 분할 가능한 연속체의 존재성을 부정하고 있다.

아리스토텔레스는 완전히 철학적인 차원에서 무한대로의 분할 가능성을 '무한한 퇴행'이라는 말로 부정함으로써 제논을 반박하였다. 다시 말해, 아리스토텔레스가 제논과 동일한 가정위에 있으면서도 모순을 피하기 위해서 연속의 개념을 이용하여 제논을 반박하였다. 그러나 아리스토텔레스는 실제로 역설을 효과적으로 해결하지 못하였다. 그래서 아리스토텔레스는 제논의 역설들에 대하여 분명하게 답할 수 없었다는 것이 그로 하여금 무한과 운동(변화)에 대하여 양적 설명을 먼저 하게끔 하였다. 또한 그는 귀납적 과학 태도를 채택하는 데 있어서 정신에 분명하게 나타날 수 있는 것 이상을 넘지 않았다. 그 결과 이러한 경험은 아리스토텔레스의『자연학』에서와 같이 실무한의 존재를 부정하고 잠재적으로만 무한을 인식하게 되었다. 이에 대한 충분한 근거로 제논의 논증에 나타난 불합리를 피하기 위한 희망이 내재해 있는 것으로 추론하였다.

"제논의 논증들이 연속에 대한 우리의 모호한 직관적 느낌으로 답해져야 한다고 하면, 아리스토텔레스의 답보다 더 만족할 만한 답은 주어지지 않았다"고 보이어(C. Boyer)가 말할 정도로 제논의 역설들에 의해 제시된 난제들을 해결하기 위해서는 아리스토텔레스가 제공한 연속, 무한, 순간속도와 같은 미묘한 개념들보다 좀 더 세밀하고 적절한 정의들이 요구된다. 그러한 정의들은 아리스토텔레스의 견해와 의견을 달리한 19세기에 미분적분학의 개념들로 주어지게 되었다. 제논의 논증들에 나타난 불합리를 피하기 위한 아리스토텔레스의 잠재적인 무한론은 근대에 들어서야 비로소 무한을 대담하게 받아들임으로서 과정 속에서 무한을 적극적 사고의 대상으로 다루게 되었다고 할 수 있을 것이다. 따라서 본 논문은 고대 그리스인들이 왜 실제적으로 극한 개념을 수반한 적분을 개발하지 못하고 번거롭고 불완전한 실진법을 사용하면서 멀리까지 왔는지에 대한 이유 중 하나를 제공할 수 있을 것이라고 판단되어진다.

제논의 분실된 책들이 또는 옛 철학자들의 필사본이 어느 날 발견되지 않는 한, 제논의 논증들과 아리스토텔레스의 관계를 절대적인 확실성을 가지고 말할 수 있을 것 같지 않다. 아르키메데스의 분실된 책 『방법』이 발견되었을 때, 더 많은 기록들이 발굴될 것이라는 희망을 가졌던 것처럼, 분실된 제논의 논증들이 발견되기를 희망을 가져본다.

참고 문헌

1. 김명순, 제논의 역설에 관한 고찰, 외대철학(vol, 4), 1997.
2. 김태식, 아리스토텔레스의 『자연학』 제3권에 나타난 운동과 무한에 관한 연구, 동국대 석사 학위 논문, 1993.
3. 김용국, 그리스에 있어서의 연역적 수학의 성립과 Elea학파, 한국수학사학회지, 1987.
4. 김용운, 김용국, 수학사대전, 우성문화사, 1988.
5. 박윤호, 무한에 대한 아리스토텔레스의 논의, 서광사, 244-269, 2004.
6. 박세희, 수학의 세계, 서울대출판부, 1985.
7. 양문흠, 파르메니데스 편에서의 파르메니데스와 제논의 역할, 동국대 철학사상, 1990.
8. 이대현, 무한개념에 대한 수학교육적 고찰, 한국수학사학회지, 제16권 제3호, 2003.
9. 이풍실, 엘레아학파의 제논의 여럿에 대한 논증 해석, 서울대 석사 학위논문, 2007.
10. 유윤재, 무한소의 역사를 통해 본 수학에서의 합리성, 한국수학사학회지, 제14권, 2001.
11. 조명동, 아리스토텔레스의 유한주의 내에서 '가능태적 무한' 개념의 수용 가능성, 외대철학, vol 3, 1994.
12. 한대희, 제논의 역리의 재음미, 대한수학교육학회지 '학교수학' 제2권 제1호, 2000.
13. Aristotle, 『*Physics*』, Translated by Robin Waterfield, Oxford University Press, 1996.
14. Aristotle, 김진성 역 『형이상학』 이제이북스, 2007.
15. B. 러셀, 이명숙, 곽강제 역, 서양의 지혜, 서광사, 2003.
16. Bostock, David., Aristotle, Zeno, and the Potential Infinite., Space, Time, Matter and Form, 2006.
17. Carl, Boyer, 양영오, 조윤동 역, 수학의 역사, 경문사, 1991.
18. ________, 김경화 역, 미분적분학사-그 개념의 발달, 교우사, 2004.
19. C. H. Edwards, Jr., *The Historical Development of the Calculus*, springer-verlag, 1979.
20. Cajori, The Purpose of Zeno's Arguments on Motion, American Mathematical Monthly, 1920.
21. D. M. Sherry, *A Philosophical History of The Calculus*, Claremont graduate school, 1982.
22. G. E. R. 로이드, 이광래 역, 고대 그리스과학사상사, 지성의 샘, 1996.

23. Heath, Thomas L, *History of Greek Mathematics, 1,2.* Oxford University Press, 1921.
24. Margaret E. Baron, *The Origins of the Infinitesimal Calculus*, Dover, 1969.
25. Owen, Zeno and the Mathematicians, Zeno's Paradoxes, (Wesley C. Salmon,에 수록), 1957.
26. W.K.C. Guthrie, 박종현 역, 희랍철학의 입문, 서광사, 2003.

The role of Zeno on the infinite of Aristotle

Sunchon Palma middle school Dae Won Kang
Sunchon national university, Department of mathematics education Kwon Wook Kim

In this paper we have inferred the influence of Zeno on the construction of the potential infinite of Aristotle based on arguments of Zeno's paradoxes.

When we examine the potential infinite of Aristotle as the basis of the ancient Greek mathematics, we can see that they did not permit the concept of the actual infinite necessary for calculus. The reason Why they recognized the potential infinite, denying the actual infinite as seen in Aristotle's physics could be found in their attempt to escape the illogicality shown in Zeno's arguments. Accordingly, this paper could provided one of reasons why the ancient Greeks had used uneasy exhaustion's method instead of developing the quadrature involving the limit concept.

Key Words : Aristotle, Zeno of Elea, potential infinite of Aristotle, arguments on plurality, Zeno's paradoxes

2000 Mathematics Subject Classification : 97-03

ZDM Subject Classification : A30

접수일 : 2009년 1월 21일 수정일 : 2009년 2월 10일 게재확정일 : 2009년 2월 17일