

알렉산드리아 應用力學의 性格
—헤론의 *Pneumatika* 에 대한 研究를 中心으로—

成 映 坤
서울大學校 大學院 西洋史學科

The Character of Alexandrian Applied-
Mechanics: A Study on Hero's *Pneumatics*

SUNG Young Gon
Department of Western History
College of Humanities, Seoul National University

ABSTRACT

After Aristotle, Greek science saw the rise of new scientific branch, applied-mechanics, which aimed at practical ends. Hero of Alexandria, who wrote many treatises on this field, and made a model of steam-engine in *Pneumatika* (*Pneumatics*), has been regarded as an outstanding figure in applied-mechanics. Meanwhile, being regarded as a mere mechanician, his scientific ability has been underestimated. So, *Pneumatika* which embraced all the contents of ancient pneumatics has been appreciated unjustly.

The object of this article is to identify Alexandrian applied-mechanics and its background, and to re-appreciate Hero's scientific achievement by analyzing his *Pneumatika*. For the first step, the social and intellectual background will be considered. Then, the theories and practical contents of ancient pneumatics will be examined respectively, and its experimental character shall be revealed. In this respect, Hero might be estimated to have aimed at practical ends, for he made technical improvement in devising machinery by experiment. But the examination of the ancient concept of "utility" and the cosmological background will show that he was not a mere mechanician. His deep interests in natural philosophy must not be neglected—he devoured theories, principles and many other metaphysical thesis. So Hero must be regarded as a traditional Greek scientist whose motive in science was the study of Nature itself.

* 1987년 8월 23일 접수; 10월 22일 게재결정.

이 논문은 필자의 碩士學位論文을 약간 수정한 것이다. 學位論文의 완성까지는 여러 선생님의 도움이 있었다. 梁秉祐·金永植 두 분 교수께서는 논문구상단계에서부터 줄곧 지도해 주셨고, 張會翼 교수와 朴星來 교수께서는 초고를 읽어주셨다. 또 李泰秀 교수께서는 특히 6절의 내용을 검토해 주셨다. 물론, 앞으로 지적될 잘못에 대해서는 이분들의 도움과 비판을 제대로 받아들이지 못한 필자의 미숙과 과욕에 전적인 책임이 있다.

I

“그리스 科學이 本領을 발휘한 것은 알렉산더 이후였다.” 헬레니즘 時代의 科學¹⁾을 다루면서 탄(W.W. Tarn)은 이렇게 주장하고 있다.²⁾ 그에 의하면, 數學과 醫學은 이미 훌륭히 發展해 왔다. 피타고라스와 플라톤은 幾何學을 상당한 수준으로 끌어올렸으며, 히포크라테스는 醫學分野에 굳건한 기초를 다져 놓았다. 또, 아리스토텔레스는 自然科學 全分野에 걸쳐 많은 資料를 모아 정리해서는, 그로부터 推論함으로써 科學을 體系化할 수 있었다. 歸納과 演繹이라는 科學研究의 方法까지 이미 확립되어 있었던 것이다. 이렇게 모든 것이 준비되어 있었기에 알렉산더의 등장과 함께 그리스 科學이 활개를 칠 수 있었다는 말이다. 만약 이것이 前 4세기 이후에 그리스 科學이 量的인 면에서 확산한 것을 의미한다면 탄의 주장은 타당성이 있다. 하지만, 그는 알렉산더 이후, 더 정확히는 아리스토텔레스 이후 그리스 科學의 性格을 제대로 파악하지 못하고 있다.

아리스토텔레스를 分岐點으로 하여 그리스 科學을 大別할 때, 그 이후의 趨勢는 <實用追求>와 <研究分野의 細分化>로 특징지을 수 있을 것이다. 즉, 한편으로 그리스 科學은 觀念의이고 理論만을 중시하던 종래의 性格에서 벗어나 점차 實用과 實驗을 중시하는 방향으로 나아가고 있었다. 아리스토텔레스에게도 어느 정도 드러났던 이런 趨勢는 계속 강화되어 이후의 그리스 科學을 이전과 구분하는 중요한 특징이 되었던 것이다. 다른 한편으로, 역시 아리스토텔레스와 그 추종자들에 의해 주도되었던 科學에서의 <作業의 分化>³⁾는 계속 확산되고 정착됨으로써 研究對象 分野들이 細分化되고 있었다. 아리스토텔레스는 말할 나위없고, 이후에도 여러 科學分野들에 걸쳐 폭 넓은 관심을 보이고 또 훌륭한 업적을 남긴 사람들이 많았던 것은 사실이나, 각 分野들이 나름대로의 問題를 제시하고 그것을 해결하기 위해 지속적인 研究를 함으로써 리케이온(Lykeion) 이래 소위 <探究의 傳統>⁴⁾이 확립되어 갔던 것이다. 이 역시 이전의 그리스 科學과는 다른 趨勢였다. 그러므로, 이 두 가지 특징들로도 알 수 있듯이, 알렉산더 이후에 <그리스 科學이 本領을 발휘한 것>이 아니었다. 그리스 科學은 헬레니즘 時代의 풍토와 배경 속에서, 이전 古典時代와는 다른 性格을 띄게 되었고, 科學者들의 관심對象마저 달라져 갔던 것이다.

<영원히 변치않는 自然>⁵⁾에 대한 그리스 科學 傳來의 관심은 점차 <變化하는 自然現象과 具體的

1) 아리스토텔레스 이후의 그리스 科學을 지칭하는 말로 <헬레니즘 科學>이란 用語를 생각해 볼 수 있다. 그러나 政治史의 인 의미에서의 헬레니즘 時代가 前 323년(알렉산더 사망)에서부터 前 30년경(아우구스투스 승리)까지로 규정되는 것이 通例라 할 때, 후기 그리스 科學을 지칭하는 보다 적절하고 정확한 用語가 필요하다. 이집트의 알렉산드리아를 중심으로 發展한, 아리스토텔레스 이후 그리스 科學의 傳統은 기원후 2세기에 그 대표격인 프톨레마이오스와 갈레노스를 배출하였을 뿐 아니라 그 이후에도 지속되고 있었기 때문이다.

<알렉산드리아 科學>이란 用語는 이런 고려에서 비롯된 것으로, 地域의인 구분일 뿐 아니라, 時期的인 구분이기도 하다. 즉, 아리스토텔레스 이후의 그리스 科學 전부를 지칭하는 말로도 쓰일 수 있는 것이다. 후자의 의미로 사용될 때, 알렉산드리아 科學은 版圖의 확대에 따라 그리스 科學 본래의 性格이 많이 바뀐 것이었다. 즉, 로마와 오리엔트——특히 이집트——의 實用重視氣風에 의해 영향받았던 것이다. 이렇듯 지리적 여건의 변화가 알렉산드리아 科學의 性格形成에 중대한 영향을 미친 것이라면, 그 지역적 범위에 대해 규정해 볼 필요가 있다. 이에 따라, 필자는 그것이 아테네를 重心點으로 하여 알렉산드리아, 시라쿠사이, 그리고 비잔티움을 잇는 정삼각형에 흡사한 지역이라고 제안하는 바이다. 물론, 실제적인 中心地는 알렉산드리아였다. 그리고 이 네 곳 중, 비잔티움을 제외한 나머지 세 도시는 海路로 연결되어 있다. 따라서, 당시의 航海水準을 감안할 때 이 도시들의 交流는 비교적 容易했을 뿐더러, 육지로 같은 거리 떨어진 경우보다 文化傳達의 變質 가능성이 적다. 이런 사실이, 이 논문에서 언급되는 사람들의 學問的 關聯을 이해하는 데 도움이 될 것이다.

2) W.W. Tarn, *Hellenistic Civilization*, 3rd ed. (Meridian Books, 1975), p.295.

3) J. Ben-David, *The Scientists Role in Society* (New Jersey, 1971), p.39.

4) 이 用語의 개념과, 이 전통에 따른 리케이온에서의 科學研究에 대해서는 G.E.R. Lloyd, *Early Greek Science: Thales to Aristotle* (New York, 1970), pp.122—124를 참고할 것.

5) 이에 대해 Euripides는 “불멸의 自然에 대한 영원한 질서에 대해 명상하는, … 사람은 축복받았다”고 말하였다. A. Nauck,

事物)에 대한 관심으로, 그리고는 人間 實生活와 관련된 分野, 즉 技術에 대한 관심으로까지 옮겨져 갔다.⁶⁾ 應用力學分野의 擡頭는 이런 관심의 轉移를 實證하는 것으로, 實用性을 증시하는——지역적 범위가 확대됨에 따라 로마와 이집트의 實用的 氣風을 가까이 접함으로써 加速化 된——경향과, 研究分野의 細分化——探究의 傳統이 확립되고 專門化가 이루어진 일과 병행해 간——경향이 결합됨으로써 이루어질 수 있었다. 이렇게 됨으로써 아리스토텔레스 이후의 그리스 科學은 이전에 이미 존재하던 數學, 天文學, 醫學 등의 傳統的 科學分野에 應用力學이라는 새로운 學問分野를 추가할 수 있었던 것이다.

應用力學分野의 특색인 科學과 技術의 결합, 다시 말해서 理論과 實際의 결합은 이 分野가 學問의으로 정립되기 이전에도 이미 여러 사람들에게 의해 시도되고 있었다. 그 중 아라키메데스(Archimedes, ca. B.C. 287—212)는 대표적인 사람이라고 할 수 있다. 시라쿠사이王 히에론(Hieron)의 친척이면서 뛰어난 數學者로 名聲을 얻고 있던 그는 靜力學과 水力學의 理論化에 기여했을 뿐 아니라, 도르레 등의 道具들⁷⁾과 力學原理를 결부해서 投石機 등의 戰爭武器를 만들었던 것이다. 게다가 이 武器들이 로마의 침공을 한동안 저지시켰다는 사실은 플루타르코스(Plutarchos, ca A.D. 46—120)에 의해 기록⁸⁾될만큼 널리 알려짐으로써 理論과 實際를 엄격히 구분하여, 후자를 輕視하던 傳來의 價値觀을 바꾸는데 크게 기여할 수 있었다. 이제 사람들은 科學의 實用化에 눈떴고, 그에 따라 應用力學分野에 많은 관심이 모아졌던 것이다.

實際의인 科學과 技術은 支配者들을 주로한 당시의 時代的 需要와도 부합되는 것이었기에 점차 應用力學分野는 社會로부터의 支援을 확보해 나갔고, 이것은 다시금 이 分野에 종사할 誘因으로 作用하여 많은 志願者들을 모아 들였다. 이런 應用力學分野의 成장은 그 종사자들——mechanikoi⁹⁾——의 意識的인 노력으로 가속화되었다. 자신들의 著作을 後援者에게 獻贈한 것은 社會的 支援을 확보하려는 노력의 一環이었다.¹⁰⁾ 한편, 著述活動을 통한 이들의 노력은 경제적 支援확보에만 국한되지 않았다. 동시에 이들은 자신들의 分野가 어엿한 學問分野로 인정받기를 원하였다. 즉, 應用力學分野의 學問的 정착을 위해 노력하였던 것이다. 실상 우리들은 mechanikoi의 著作들을 통해 그들이 科學理論에도 능통하였을 뿐 아니라, 스스로는 자신들의 研究가 自然探究의 일부이고, 따라서 傳統的 그리스 科學의 理想을 잇고 있다고 自負하였음을 알 수 있는 것이다.

그런 自負心은 알렉산드리아에서 활동하면서 應用力學의 여러 分野들에 걸쳐 다양하고 방대한 著

Tragicorum Graecorum Fragmenta, 2nd ed. (Leipzig, 1889), Fr. 910. L. Edelstein, "Motives and Incentives for Science in Antiquity," in A.C. Crombie ed., *Scientific Change* (New York, 1963), p. 16 note 3에서 재인용.

6) 스톡은 "그리스 人들에게 科學은 주로 理論的인 追究였었는데, 헬레니즘時代는 그것을 地上으로 끌어내렸다"고 말하고 있다.

B. Stock, "Science, Technology and Economic Progress in the Early Middle Ages," in D.C. Lindberg ed., *Science in the Middle Ages* (Chicago Univ. Press, 1978), p. 5.

7) 바퀴, 천평, 지렛대, 썰기, 도르레 등 다섯 가지 道具들은 發明家와 發明時期가 밝혀지지 않은 채, 당시 이미 여러 가지 機具製作에 이용되고 있었다. 3권으로 이루어진 헤론의 *Mechanika*는 제 2권에서 이 다섯 가지 基本道具들의 作動原理와 使用用途를 자세히 설명하고 있다. 이 道具들은 아리스토텔레스에 의해서도 다루어졌다. Aristoteles, "Mechanical Problems," in *Minor Works* (Loeb Classical Library, London, 1936), pp. 327—411.

8) Plutarchos, "Life of Marcellus XIV—XVII," in M.R. Cohen & I.E. Drabkin eds., *A Source Book in Greek Science* (Harvard Univ. Press, 1948), pp. 314—318.

9) 이 말의 의미는 기술자, 技師이나 당시 應用力學分野의 성격에 미루어 "技士"라는 譯語를 생각해 볼 수 있다. 力學(mechanics)이라는 用語가 "mechanike"라는 그리스語에서 비롯되었다는 사실로부터 mechanikoi는 古代의 力學研究者라고 할 수 있기 때문이다. 사실, 17세기 이전까지 "mechanics"는 <機械의 構造 및 作動에 대한 지식>을 의미하고 있었다. 여하튼, 이 논문에서는 mechanikoi란 말을 따로 定義하지 않고 "應用力學分野의 從事者들"이라는 말과 섞어 사용할 것이다.

10) 예를 들면, 필론은 그의 *Belopoeika*와 *Pneumatika*를 Ariston이란 後援者에게, 그리고 윌트루위우스는 *De Architectura*를 아우구스투스 皇帝에게 獻呈하였다.

作¹¹⁾을 남긴 헤론(Heron, fl. A.D. 62)¹²⁾에게서 두드러졌다. 이것은 <헤론의 公式>을 남기고, 에우클레이데스(Eukleides, fl. ca. B.C. 295)의 幾何學에 대한 註解書를 쓸만큼 數學에 능통했던 그로서는 차라리 당연한 일이었을 것이다. 數學에 능통했고, 동시에 理論과 實際의 결합을 꾀했다는 점에서 헤론은 아르키메데스와 마찬가지로 할 수 있겠으나, 헤론에게 있어서는 應用力學分野의 學問의 정립을 위한 意識의 노력이 보다 뚜렷이 나타나고 있다. 그는 科學의 應用化 뿐 아니라 技術의 學問化를 圖謀했던 것이다. 이것이 그가 *Pneumatika*를 쓰면서 氣體力學과 직접 관련을 찾기 어려운 理論까지 끌어내고, 때로는 주제와 무관한 發言까지 言明하는 주된 이유인 것이다. 그 결과, 이 책은 技術과 機械製作에 관한 책이라 하기에는 너무 理論적이고 抽象적인 일방, 그렇다고 傳統의 科學著述이라 하기에는 너무 <저급한> 內容을 다루고 있다.

그래서 *Pneumatika*에 대한 研究를 중심으로 이루어진, 헤론에 대한 其間의 평가는 가혹하였다. 그는 “단순히 知的 俗物에 불과(ein reiner Banause)했다”¹³⁾거나, “자신이 이해하지도 못한 책들로부터 베껴서 *Pneumatika*를 쓴 門外漢(ignorant man)에 지나지 않았다”¹⁴⁾거나 “科學者가 아니라 실제 일에 종사하던 技術者 겸 監督이었다”¹⁵⁾는 등의 평가를 받아왔다. 그러나, 필자는 이런 평가들의 타당성을 두 가지 측면에서 再考해 볼 필요가 있다고 생각한다.

우선, 종전의 研究者들은 알렉산드리아 科學이 헤론을 전후한 時期 동안 각 分野별로 정리되고 종합되면서, 그 대가로 獨創性을 잃어가고 있었다는 사실을 이해하지 못하였다. 이 점은 天文學의 프톨레마이오스(Ptolemaios, ca. A.D. 100—170)나 醫學의 갈레노스(Galenos, A.D. 129/130—199/200)의 경우에서도 드러나듯이 당시의 科學 전반에 걸친 현상이었다. 게다가 이미 이전부터 技術의 考案品들은 그 發明者의 이름이 밝혀지지 않은 채 전해지는 경우가 태반이었다. 따라서, 유독 헤론만이 그 出處를 밝히지 않은 채 다른 책들로부터 인용했다는 데 근거해서 비난받을 까닭이 없는 것이다. 그렇다면, 獨創性 여부보다는 다루고 있는 內容들을 그가 얼마나 옹계 파악하고 있었나 하는 측면에서 그에 대한 평가가 내려져야 할 것이다. 두번째로 고찰해 볼 측면은 헤론에 대한 기존의 惡評들이 주로 그의 *Pneumatika*에 대한 研究에서 비롯되었다는 점이다.¹⁶⁾ 이 책은 古代 氣體力學의 研究에 있어서 뿐 아니라, 당시의 科學과 技術의 관계를 糾明하는데 중요한 關鍵이 될 수 있는

11) “집해될 수 없는 헤론의 중요성은 많은 그의 著作이 존재한다는 데 있다. 주로 科學의 應用에, 그리고 다만 부수적으로 그 理論的 方面에 관련된 이 著作들은 그리스 科學에서의 여러 發展에 대한 우리들의 주된 源泉이다.” 이상, Cohen & Drabkin eds., *op. cit.*, p. 197 note 1에서 인용.

12) 헤론의 生存年代는 오랫동안 論爭의 대상이었다. 그가 아르키메데스를 언급하고 있고, 또 그 자신은 파포스에 의해 언급되고 있으므로, 그것은 前 150년부터 기원 후 250년 사이일 것이라는 사실만 확인된 채 여러 가지 주장이 엇갈리고 있었다. 그러다가, 노이거바우어는 헤론의 *Dioptra*에 언급된 月蝕의 年代를 推定計算하여 그것이 기원 후 62년에 있었던 것임을 밝혀내었다.

生存年代에 대한 研究史는 A.G. Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron—A Study in Ancient Pneumatics* (Copenhagen, 1948), pp. 74—77을 참조할 것. 특히, 현재 通說로 받아들여지는 fl. A.D. 62년 說은 O. Neugebauer, “Über eine Methode zur Distanzbestimmung Alexandria-Rom bei Heron,” *Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Historisk-filologiske Meddelelser, Bind 26 Nr. 2* (1938), 1—24를 참조할 것.

한편, 겐즈는 노이거바우어의 주장을 대체로 수긍하면서, 그가 적어도 天文學의 프톨레마이오스보다는 이전 사람이었음을 헤론의 幾何學에 대한 研究를 통해 밝혀 내었다. S. Gandz, “Heron’s date. A new terminus ante quem. (+150),” *Isis*, 32(1940), 263—266.

13) H. Diels, “Über das physikalische System des Straton,” *Sitzungsberichte der k. Preussischen Academie der Wissenschaften zu Berlin*, 9(1893), p. 110 note 3.

14) I. Hammer-Jensen, “Die Druckwerke Herons von Alexandria,” *Neue Jahrbücher für das klassische Altertum*, 25, pl. 1(1910), p. 417.

15) J.L. Heiberg, “Geschichte der Mathematik und Naturwissenschaften im Altertum,” in Iwan von Müller ed., *Handbuch der Altertumswissenschaft*, V, pt. 1, sec. 2(Munich, 1925), p. 37.

16) 헤론의 著作들이 유럽에 알려진 것은 금세기 초엽에 아랍語譯으로부터 독일어, 불어 등으로 번역됨으로써 본격화되었다. 그 중 특히 *Mechanika*의 번역은 헤론에 대한 견해를 바꾸는 데 많은 기여를 하였지만, 밀스이래의 惡評에 대해 헤론을 옹호하려는 研究書들은 별로 보이지 않는다.

책이다. 그러나 종전의 研究들은 古代 氣體力學의 縱的인 發展의 脈絡과, 이를 포함하는 應用力學分野의 當면 問題들을 看過함으로써, *Pneumatika*의 意義와 內容을 올바르게 평가하지 못하였던 것이다. 이런 既存研究들에 공통된 약점은 우선 알렉산드리아 科學의 全般的인 性格을 제대로 파악하지 못했다는 데서 찾을 수 있다. 어떤 면에서, 이것은 文獻學的이거나 技術史的인 관심이 既存研究의 주된 動機였다는 사실에서 비롯된 한계일 수 있다. 그러므로 *Pneumatika*가 올바르게 평가되기 위해서는 氣體力學의 內的 發展과 思想的인 배경이 아울러 살펴져야 한다고 생각된다.

이미 크테시비오스(Ktesibios, fl. B.C. 270)——그의 著作은 온전한 형태로는 전해지지 않고 있다——와 필론(Philon, fl. B.C. 250)은 헤론과 동일한 題名の 책을 썼고, 따라서 헤론의 *Pneumatika*는 이것들과 연관 지음으로써 그 가치가 명백히 드러나게 됨은 당연하다 하겠다. 또 이를 통해서만 헤론이 氣體力學의 理論과 實際에서 각기 기여한 바가 무엇인지를 평가할 수 있는 것이다. 그러나 올바른 평가를 위해서는 다음과 같은 고려가 병행되어야 할 것이다. 우선, 古代 氣體力學分野의 〈實際〉에 대한 고찰은 應用力學이 科學과 技術이 결부된 分野임을 명백히 보여 줄 것이다. 그러나 이 시기의 科學에 오늘날의 〈科學〉이 의미하는 바를, 더우거나 〈科學技術〉이라는 마치 하나의 단어처럼 쓰여지는 양자의 關係를 적용해서는 안될 것이다.¹⁷⁾ 알렉산드리아 科學은 技術과의 연관 못지 않게 哲學과 깊은 關係를 맺고 있었다. 科學은 哲學의 일부로서 출발하였고, 古代世界를 통해 마지막까지 그로부터 완전히 벗어나지 못하였음은 주지의 사실이다. 이것이 헤론의 *Pneumatika*를 분석하고, 그의 著述意圖를 규명하는 과정에서 당시의 思想的 背景——宇宙論——을 살펴야만 되는 所以이다.

以上을 염두에 두고, 이 논문에서는 그의 *Pneumatika*에 대한 分析을 중심으로 古代 氣體力學의 內容과 그것을 포함하는 알렉산드리아 應用力學의 性格을 규명하면서 헤론에 대한 재평가를 시도하려고 한다. 그 결과는 *Pneumatika*가 技術的인 관심에 주력하여 쏠려졌다는 종전 研究者들의 공통된 立場과는 달리, 이 책이 헤론의 自然哲學의 관심에서 출발했다고 보는 필자의 견해를 뒷받침할 것이다. 그에 따라, 技術과의 關係下에서만 부각되어 온 그의 모습——그 중에서 대표적인 것은 19세기 중엽에 蒸氣機關의 先驅者로서 부각된 헤론 像이다¹⁸⁾——은 바뀌게 될 것이다.

이 作業은 우선 2節에서 氣體力學을 포함한 제반 應用力學分野는 어떤 것들이었으며, 이 分野들이 공통적으로 당면하였던 문제가 무엇이었는가를 살펴봄으로써 시작하려 한다. 이어 3,4節에서는 古代 氣體力學의 理論과 實際를 각각 다루고, 이 分野가 지닌 實驗科學의 性格을 밝히면서 아울러 종전 研究者들의 견해를 검토해 볼 것이다. 이를 위해, *Pneumatika*의 內容分析에 주력하는 일방, 필론과의 比較를 병행함으로써 古代 氣體力學의 內的發展에 헤론이 기여한 바를 살펴보고자 한다. 5節에서는 應用力學分野 종사자들에게 있어 實用의 개념이란 어떤 것이었는가를 살피고, 이어 6節에서는 당시의 宇宙論, 혹은 自然觀에 비추어 機械裝置들의 製作意圖를 살필 것이다. 아울러 *Pneumatika*가 어떤 動機에서 쏠려졌는가를 규명해 봄으로써 氣體力學을 포함한 古代 應用力學分野의 性格을 밝혀보려는 것이다.

17) 古代科學에 대한 研究에서의 소위 〈Whig의 歷史解釋〉에 대한 우려를 돌린은 다음과 같이 밝히고 있다.

“그리스 科學 속에서 현대의 표준들로 판단했을 때 科學으로 보이는 것들만을 분리해 내는 근래의 歷史學 研究들의 경향은 정당화될 수 있고, 자연스러운 일이기도 하지만, 그러한 경향 때문에 古代人들 자신이 科學이라고 부른 것을 그들의 科學으로 받아들이는, 혹은 다른 말로 하던 科學을 그것이 번성했던 특정한 文明과 특정한 歷史的 狀況의 일부분으로서 받아들이는 解釋을 제의시키게 되어서는 안된다.”

S.E. Toulmin, *The Place of Reason in Ethics*(Cambridge, 1960), p.211.

18) *Pneumatika*의 최초 英語版은 1851년에 발간되었다. 産業革命의 旗手로서 자부심이 넘치던 당시 영국에서, 그것도 發明 特許에 관심이 컸던 B. Woodcroft에 의해 발간이 기획되어 널리 유포되었다는 사실이 헤론과 그의 蒸氣機關에 대한 평가에 어떠한 것이었는지 짐작하게 한다.

II

5세기 중반 아카데미아(Akademeia)를 이끌었던 프로클로스(Proclus Diadochos, A.D. 410—485)는 다음 다섯 가지를 <아리스토텔레스 이후에 擡頭>한 <感覺에 의해 知覺되는, 物體에 대한 研究分野>로 꼽고 있다.¹⁹⁾ 즉, ① 아르키메데스가 시라쿠사이 攻防戰에서 사용한 것과 같은 戰爭武器의 제작분야, ② 크테시비오스와 헤론이 묘사한 것과 같이 空氣壓이나 槌무게, 혹은 끈에 의해 산 것처럼 움직이는 <기묘한 考案品>의 제작분야, ③ 무게 重心을 구하는 것과 같은 平衡에 대한 연구분야, ④ 아르키메데스가 고안한, 天體운동을 보여 주는 天球模型의 제작분야, ⑤ 일반적인 물체의 運動을 다루는 제반 분야 등이 그것들이다.

한편, 이미 프로클로스보다 1세기 이상 앞서 알렉산드리아에서 활약했던 파포스(Pappos, fl. A.D. 300—350)는 이들 分野의 공통적 기초가 되는 力學에 대해 다음과 같이 말하고 있다.

力學(mechanike)이라는 학문은, ... 세계 속에 있는 物體들의 물질적 構成에 대해 언급하고 自然의 원리에 근원적으로 관련되어 있어서 實生活에 필요한 여러 가지 理解들을 위해 有用하기 때문에, 정당하게도 哲學者들에 의해 인정받아 왔고, 또 數學에 관심 있는 모든 사람들에 의해 부지런히 研究되어 왔다. 왜냐하면, 그것은 靜止하고 있는 물체들과 그것들의 <자연적 傾向>²⁰⁾을, 그리고 일반운동들을 살피면서는 <자연적 運動>의 원인을 지적해 낼 뿐 아니라, 그 本性에 거슬러 그것들이 <자연적 位置>로부터 멀어지는 方向으로 물체들을 움직이게 하는 方法들을 고안하기 때문이다.²¹⁾

파포스는 力學이, 물체의 本性과는 반대로 人爲的인 造作을 가능케하기 때문에 研究할 가치가 있다고 보았던 것이다. 나아가, 그는 “이렇게 하면서 力學이라는 학문은 物體자체에 대한 고려에 의해 提案된 定理들(theormata)을 사용한다”고 말하고 있다. 이어서 파포스는 力學 중에서도 <實用面>에서 가장 중요한 分野>들을 다섯가지로 分類하여, ① 도르레 등을 이용하여 무거운 물체를 움직이게 하는 분야, ② 投石機 등 戰爭武器를 만드는 분야, ③ 揚水機 등을 고안하는 분야, ④ 헤론이 *Pneumatika*에서 했듯이 空氣壓을 이용하여거나, 혹은 *Automata* 등에서 했듯이 밧줄이나 끈을 이용하여 마치 산 것처럼 움직이는 <기묘한 考案品>을 만드는 분야, ⑤ 水壓을 이용하여 움직이는 天球儀를 만드는 분야들로 꼽고 있다.²²⁾ 이렇다면 그와 프로클로스의 分類를 망라한 7,8가지 分野들로, 우리가 應用力學이라 부르는 分野들이 대개 어떤 것이었는가를 짐작할 수 있다. 그리고 이 分野들은 모두 力學理論을 바탕으로 하여 實用的 應用을 중시했음을 알 수 있다. 특이한 것은 양자 모두가 <기묘한 考案品>을 製作하는 分野를 <實用的>인 것으로 꼽고 있다는 점이다. 이 점은 알렉산드리아 應用力學이 추구하던 <實用性>이란 결국은 무엇을 의미하였던가 하는 것을 살피면서 나중에 다시 검토해 볼 것이다.

그러면 應用力學分野에 대한 社會的 支援은 어떠하였던가? 아리스토텔레스 門下에서 알렉산더와 같이 교육받았던 프톨레마이오스 I 세(Ptolemaios Sorter, B.C. 306—285) 이래 알렉산드리아의 통치자들은 學問과 技藝에 관심이 깊었다. 이들에 의한 무제이온(Mouseion)의 建立은 알렉산드리아를

19) Proclus Diadochos, “Commentary on Enclid’s Elements I,” in Cohen & Drabkin eds., *op. cit.*, p. 5.

20) 그리스 사람들은 모든 물체가 그 構成成分에 따라 <自然的> 위치를 가지며, 그 곳으로 향해가는 경향이 있다고 생각하였다. 즉, 불과 공기 등 가벼운 元素로 이루어진 물체는 위쪽에 그 자연적 위치이므로 위로 향하려는 경향을 띄며, 불과 흙으로 구성된 물체는 아래쪽으로 향하려는 경향을 지니는데, 이것은 <자연적 運動>이라는 것이다. 이렇게 그들은 <자연적 傾向>, <자연적 運動>, <자연적 位置>라는 개념을 사용하여 물체들의 靜止와 運動狀態를 설명하려 하였다.

21) Pappos, “Mathematical Collection VIII,” in Cohen & Drabkin eds., *op. cit.*, p. 183.

22) *Ibid.*, p. 184.

그리스 科學의 새로운 중심지로 만들었고, 저명한 科學者들은 學者, 藝術家들과 함께 거기에 招聘되어 王室로부터 生活支援을 받는 등 여러 가지 惠澤을 누릴 수 있었다.²³⁾ 프톨레마이오스 II세 (Ptolemaios Philadelphos, B.C. 285—247)의 누이이며 왕비였던 아르시노(Arsinoë)의 紀念像에 쓰인 〈소리나는 豐饒의 뿔(cornucopia)〉을 제작하였던 크테시비오스 같은 mechanikoi 도 이런 혜택을 받을 수 있었다.²⁴⁾

그런데, 무제이온을 통한 科學支援은 프톨레마이오스 王朝의 〈名譽慾 과시〉에서 비롯되었다고 평해지고 있다.²⁵⁾ 이것은 應用力學分野에 대한 支援의 경우에도 해당되는 평가로, 王朝로서는 絶對했음을 戰爭武器 개발에 있어서마저 이 점이 드러나고 있다. 예를 들어 비잔티움 출신인 필론의 證言에 의하면 당시 헬레니즘 世界에서는 投石機의 製作과정에서 발사대의 直徑을 결정하는 것이 중요한 문제였다. 그 동안, 그 크기는 투석거리와 돌무게에 따라 試行錯誤를 거쳐 그때그때 조절되어 왔었다. 그러나, 필론이 방한할 무렵의 알렉산드리아에서는 體系的인 實驗을 통해 直徑比가 精確히 계산되고 있었다.²⁶⁾ “이 일의 성공은 名聲을 얻기를 열망하고, 技藝에 관심있던 王들에 의해 막대한 보조를 받은 알렉산드리아의 技術者들에 의해 최근에 이루어졌던 것이다.”²⁷⁾ 이렇게 말함으로써 필론은 技術研究에 대한 프톨레마이오스 王朝의 支援動機를 〈名聲을 얻기를 열망〉한데서 찾고 있는 것이다. 여하튼 이것은 科學과 技術에 대한 최초의 社會的 支援이었다. 그러므로 이에 힘입은 그 從事者들은 研究過程에서 당면하였던 구체적인 問題들을 지속적이고 체계적인 實驗을 통해 解決해 갔으며, 그에 따라 應用力學分野는 여타 科學分野와 마찬가지로 〈探究의 傳統〉을 세워 나갈 수 있었던 것이다.

이런 應用力學分野의 발전은 著述活動으로 연결되었다. 알렉산드리아 科學에서는 傳統科學分野 종사자들뿐 아니라 應用力學分野 종사자들도 著作을 남기고 있다. 그렇게 함으로써 그들은 로스토브체프(M. Rostovtzeff)의 말처럼, 〈자신들의 名聲을 영원히 보전〉하려 하였던 것이다.²⁸⁾ 이들은 이제, 종전의 發明家들과는 달리 無名으로 남기를 거부하였던 것이다. 技術의 內容에 관한 著述을 통해 〈자신들의 名聲을 보전〉하려는 mechanikoi의 자각은, 科學과 技術에 대한 支援을 통해 〈名聲을 얻기를 갈망〉하던 통치자들의 의도와 맞아 떨어졌다. 이렇게 하여 mechanikoi는 純粹科學者들에 못지 않은, 아니 경우에 따라서는 그 應用可能性으로 인해 보다 적극적이었을 후원자들의 支援을 받으면서 研究에 주력하는 일방 著術活動에도 유념하였던 것이다.

헤론의 *Pneumatika*가 써어진 것은 이런 상황에서였다. 이미 應用力學에 종사할 社會的 誘因, 특히 經濟的 支援은 어느 정도 확보되어 있었다. 그러나 아직까지 이 分野가 學問的으로 정착한 것은 아니었다. 그러므로 헤론은 應用力學의 研究가 自然探究의 일부, 즉 傳統的 科學研究의 일부로 간

23) 무제이온은 도서관과 함께 프톨레마이오스 I세에 의해 建立되었다는 주장과, 프톨레마이오스 II세의 在位 초기인 前 280년 경에 建立되었다는 주장이 엇갈리고 있다. 어하튼, 學藝의 神인 Muse에게 바쳐진 이 건물의 운영은 祭官과, 왕에 의해 임명된 ephistatai와 antephistatai라는 行政官에 의해 이루어졌다. 이들을 통해 科學者와 藝術家들에 주어진 王들의 支援에 대한 간략한 논의는 G.E.R. Lloyd, *Greek Science After Aristotle*(New York, 1973), pp. 3—4와 M. Rostovtzeff, *The Social & Economic History of the Hellenistic World*, Vol. II (Oxford Univ. Press, 1953), pp. 1084—1085를 참조할 것.

24) Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron*, p. 1.

25) L. Edelstein, “Motives and Incentives for Science in Antiquity,” in A.C. Crombie ed., *Scientific Change*(New York, 1963), p. 28.

26) 필론의 *Belopoeika*에는 이 결과들이 여러 곳에 수록되어 있다. Philon, *Belopoeika*, in E.W. Marsden, *Greek and Roman Artillery—Technical Treatises*(Oxford, 1971), pp. 106—155.

27) *Ibid.*, p. 109. 한편, 에벤슈타인은 이 귀절이 體系的인 實驗을 위한 〈社會的 조건〉에 대해 필론이 명백히 인식했음을 보여준다고 말하고 있다; Edelstein, “Recent Trends in the Interpretation of Ancient Science,” in Philip P. Wiener & Aaron Noland eds., *Roots of Scientific Thought*(New York, 1960), p. 92.

28) Rostovtzeff, *op. cit.*, p. 1235.

주되기를 원하였다고 볼 수 있다. 다음에 인용하는 *Pneumatika*의 序頭에는 그러한 念願이 나타나 있는 것이다.²⁹⁾

공기의 성질에 대한 研究는, 면밀히 觀察해 볼만한 가치가 있는 것으로, 古代의 哲學者들이 理論으로 추론해 내려 왔고, 또 *mechanikoi*가 知覺되는 물체들의 움직임으로부터 推論해 온 것이기에, 앞선 이들에 의해 전해 내려온 것을 정리하고 거기에서 우리들의 발견물을 덧붙이는 것도 타당하다고 생각한다. 왜냐하면 그런 일로부터 이후에 數學研究에 종사할 사람들에게 도움이 될 많은 결과들이 생겨날 수 있기 때문이다.

여기서 헤론은 공기에 대한 研究가 理論과 實際의 양 측면에서 지속되어 왔음³⁰⁾을 지적하면서 理論的 推論과 觀察이 나란히 함께 정리될 수 있다고 생각했음을 알 수 있다. 感覺에 의한 *mechanikoi*의 經驗的인 研究가 공기의 성질에 대한 傳統的 研究의 맥을 잇고 있다는 것이다. 이에 덧붙여, 그는 자신들의 研究가 數學研究에 도움을 줄 수 있다고 말하고 있다. 그렇다면 과연 *mechanikoi*가 그 동안 공기의 성질을 研究하고 力學分野에 종사했던 動機가 數學 그 자체를 위한 것이었을까? 그 자신 數學者였던 파포스는 앞서 인용한 글에 이어 다음과 같이 말함으로써 이에 대한 실마리를 제시하고 있다.³¹⁾

…한편 헤론 一派의 *mechanikoi*는 力學이 理論的인 分野와 實用的인 分野로 되어 있다고 말한다.³²⁾ 理論的인 分野는 幾何學, 算數, 物理學[의 內容]를 포함하고 반면 實用的인 分野는 冶金術, 建築, 木工, 繪畫[의 內容], 그리고 이에 관련된 手工作業으로 되어 있다. 그들은 말하기를, 어려서는 理論的인 分野에서 교육을 받고 [나중에] 實用的인 分野에서 技術을 습득한 사람 중 재능있는 이가 유능한 力學的인 高안물의 發明家이면서 훌륭한 *architekton*³³⁾이 된다고 한다. 그러나 한사람이 그렇게 많은 數學的인 分野를 다 履修하고, 동시에 技術들을 모두 배우는 것은 대개 불가능하므로 그들은 力學과 관련된 作業을 갈망하는 사람은 特定目的에 맞는 유용한 特定技術을 습득하고 활동하라고 권고한다.

이상 파포스의 설명을 통해 우리들은 앞서 헤론이 말한 數學이란 사실상 理論的인 分野를 總稱함을 알 수 있고,³⁴⁾ 또 헤론과 그 一派들이, 理論的인 素養이 필요할 뿐 아니라, 그것에 대한 早期教育이 바람직함을 절실히 깨닫고 있었음을 알 수 있다. 그러나, 당시 대부분의 *mechanikoi*에게는 理

29) Heron, *The Pneumatics of Hero of Alexandria*(1971), p. 1.

이 논문에서는 주된 텍스트로 1851년 출간된 英譯版을 사용한다. 이 책은 1971년에 M.B. Hall의 序文을 붙여 다시 출간되었다. 한편, 獨語版은 그리스 原典과의 對譯으로 5권으로 된 Teubner版 헤론 全集(*Heronis Alexandrini Opera Quae Supersunt Ommia*, Leipzig, 1899—1914) 중 1권에 수록되어 있다.

영어版과 독어版은 本文의 章구분이 다소 차이가 나는데, 이 논문에서는 영어판의 章을 먼저 표시하고, 이어 독어판의 章을 표시할 것이다. 인용하는 귀절의 page 표시는 영어판에 한한다.

30) 宇宙의 基本元素 중 하나로 생각되었던 공기는 늦어도 前 6세기 경에 自然哲學의 중요한 대상으로 드러났었다. 또, 이 무렵 이미 대장간에서 사용되고 있던 풀무는 氣體力學的인 原理가 理論의 뒷받침 없이도 實際作業에 이용되고 있었음을 보여 준다. 그 밖에도 싸이펀 現象이나 포도주가 발효함에 따라서 그것을 넣어 둔 가죽부대가 팽창하게 팽창하는 現象 등은 공기와 관련된 것으로 사람들의 관심을 끌었음을 알 수 있다.

31) Pappos, *op. cit.*, pp. 183—184.

32) 이것이 현재까지 전해지는 文獻 중에서 최초로 헤론에 대해 언급하고 있는 귀절이다. 註 12) 참조.

33) Liddle & Scott Lexicon에 의하면 이 말은 主匠(chief artificier), 大木(master-builder), 什長(director of work)을 의미한다. 한편, 드라크만은 이 用語를 <機械學(science of mechanics)의 종사자>라는 의미로 파악하고 있다; Drachmann, *The Mechanical Technology of Greek and Roman Antiquity*(Copenhagen, 1963), p. 49.

34) 큰 天文學, 光學, 靜力學 등은 數學과 함께 古代로부터 내려온 科學分野인데 비해 열, 빛——그 밖에도 공기, 流體——등을 다루는 分野는 科學革命期를 거치면서 비로소 科學分野로 정착했다고 보고 있다. 科學革命期 이후 19세기 무렵까지도 전자는 <古典科學分野>로, 후자는 <메이컨主義 科學分野>로 대별되듯이 자기 독립적으로 발전했다고 지적하면서 그는 이런 명칭보다 차라리 전자를 <數學分野>로, 후자를 <實驗哲學分野>로 구분하던 科學革命 이전에 이미 구분되어 존재하던 科學研究에서의 두 가지 경향을 각각 지칭할 수 있을 것이라고 제안하고 있다. 큰의 이런 제안은, 파포스의 설명 중 헤론이 했던 구분과 유사한 것임을 알 수 있다. T.S. Kuhn, "Mathematical versus Experimental Traditions in the Development of Physical Science," *Journal of Interdisciplinary History* 7(1976), 1—31.

論에 대한 早期教育이 여의치 않았다. 末年에는 무제이온에 招聘되어 待遇를 받았으나, 본시 이발사의 아들로 태어나 자신도 한때는 이 직업에 종사하였던 크테시비오스의 경우가 이에 대한 좋은 예가 되고 있다.³⁵⁾ 무제이온을 통해 科學에 대한 前例 없는 支援을 감행했던 알렉산드리아에서도, 어려서부터의 理論教育에 대한 制度的 支援은 不備하였던 것이다. 그러나 반면, 實用的 分野에 대한 어렸을 때부터의 숙련은 오리엔트에서는 오래되고 없어지지 않은 전통이었다.³⁶⁾ 그렇다면 헤론이 理想的이라 생각한 것과는 거꾸로 대개의 mechanikoi는 이집트의 匠人들처럼 實用分野에서 먼저 훈련을 받은 사람들이었고, 實際作業에 종사하는 동안 그에 관련된 理論들을 습득했으리라 생각된다. 이런 그들이었기에 傳統的 科學分野——數學, 天文學 등의 精密科學이나 自然哲學——에 종사하던 사람들과 對比하여 자신들이 應用力學分野에 종사한 動機에 대해 민감한 自意識을 가지고 있었다고 말할 수 있다.

이런 自意識은 科學과 技術에 대한 傳來的 價置觀을 감안할 때 충분히 납득이 갈만하다. 理論과 實際를 구분하고, 〈머리〉에 비해 〈손〉을 輕視하던 風潮는 古典時代는 말할 것도 없고, 크테시비오스나 아르키메데스가 활약한 시기보다 근 200여 년이 지난 후까지도 지속되고 있었다. 그러므로 플루타르코스는 시라쿠사이 攻防戰에서의 아르키메데스의 업적을 〈百手巨人(Briareus)〉에 비견할 만큼 높이 평가한 후에, “그 고결한 性品 때문에 아르키메데스는 이 戰爭武器들에 대한 논문을 쓰는 것에 동의하지 않았고, 實生活에 관련된 技藝들을 무시했다”고 덧붙였던 것이다.³⁷⁾ 이렇듯 技術을 賤視하던 전래의 편견은 계속해서 지식인들의 견해를 좌우하고 있었다. 이런 사실은 위트루위우스(Vitruvius Pollio, d. ca. B.C. 25)를 통해서도 살펴볼 수 있다. 建築分野에서 당시 최고의 권위자였고, 아우구스투스의 軍隊에서 戰爭武器 製作을 책임지고 있던 그도, 헤론처럼 architekton들은 哲學과 數學에 대한 일반 敎養教育을 필수적으로 받아야 한다고 주장하였다.³⁸⁾ 더우기 그는 이들이 金錢을 탐내는 것을 비난하였다. 그러나, 이것은 應用力學分野 종사자들이 정규의 敎育을 받지 못했고, 또 경제적 이유로 이 분야에 종사한 경우가 많았기 때문에 傳統科學者들과 대비해서 열등감을 느끼고 있었음을 反證하고 있는 것에 불과하다. mechanika는 여전히 輕視되고 있었던 것이다.

필요는 하지만 그것의 學問的 가치는 인정치 않으려는 이런 상황에서 mechanikoi는 자신들의 專

35) 당시의 이발사는 外科醫와 유사한 일을 하고 있었다. 그러므로 크테시비오스가 초보적인 醫學知識을 일찍부터 배웠을 가능성을 무시할 수는 없다. 그러나, 醫學分野에서 같이 일하기는 했지만, 당시의 外科醫는 內科醫에 비해 科學的, 혹은 一般的 素養에 상당히 뒤떨어져 있었고, 출신성분이나 사회적 대우에 있어서도 큰 차이가 있었다. 그러므로, 이발사의 아들이었던 크테시비오스가 敎養과 理論科學에 대한 올바른 敎育을 받기란 불가능하였을 것이다.

36) Xenophon은 *Cyropaedia* 8:2:5에서 오리엔트에서는 어려서부터 專攻技術을 가르친다는 사실을 그리스와 대조하면서 부각시키고 있다. 물론, 그가 예로 들고 있는 것은 페르시아 宮廷에 딸린 工房이지만, 이런 早期敎育은 이집트에도 해당되는 사실이었다.

37) Plutarchos, *op. cit.*, p.317. 플루타르코스는 아르키메데스가 技藝를 무시했다고 말하고 있지만, 무거운 물체를 움직이는 複合도르레와 揚水機를 만들고 파르소가 〈實用的 分野〉로 꼽고 있는 〈水壓을 이용한 플라네타리움 裝置〉를 고안한 그가 技術을 무시했다고 볼 수는 없을 것이다. 또, 戰爭武器에 대한 저술을 남기지 못한 것은 시라쿠사이 함락과 동시에 죽임을 당했기 때문으로 보아야 타당할 것이다. 따라서, 技藝를 무시한 것은 그가 아니라 오히려 플루타르코스라고 보아야 타당하다.

드라크만은 플루타르코스의 아르키메데스 像은 잘못된 것으로, 그가 數學 못지않게 技術分野에도 관심이 있었다고 주장하고 있다; Drachman, “Archimedes and the Science of Physics,” *Centaurus*, 12(1967), 1—11. 이 주장은 플루타르코스가 技術에 대해 편견을 가졌다고 보는 필자의 견해를 돕고 있다.

38) Lloyd, *Greek Science after Aristotle*, p.96; Rostovtzeff, *op. cit.*, p.1234.

위트루위우스는 *De Architectura* 1:1:1에서 實際(fabrica)와 理論(ratiocinatio)의 결합을 주장하고 있다. 그러나, 이 책의 전체에 걸쳐 흐르는 論旨는 양자의 동등한 결합을 주장한 것이 아니라, 實際의 分野도 理論의 도움을 받아야 된다는 것이다. 또, 그는 理論에 대한 一般敎育 이외에도 높은 倫理基準과 자신의 일에 대한 고결한 긍지가 함께 필요하다고 말했다. 로스토브체프는 이것이 그리스적 전통에 영향 받은 결과로, 헬레니즘 時代의 理想的 건축가像을 반영하고 있다고 말하였다. *Ibid.*

39) Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron*, p.90.

攻分野에 대해——아르키메데스와는 달리——著述을 하였고, 그러하였기에 그들은 자신들의 研究와 著述活動을 正當化시켜야만 하였다. 바로 이것이 헤론이 공기에 대한 *mechanikoi*의 研究가 數學, 즉 理論分野 研究에도 도움이 된다고 强辯한 이유인 것이다. 이 强辯은 實際的 分野가 理論的 分野와 상호 밀접한 연관을 지녔고, 따라서 후자 못지않게 전자가 研究할 가치가 있다는 주장에 진배 없다. 헤론은 *mechanikoi*를 代辯하여 〈權利宣言〉을 하였고, 그 정당성을 위해 그는 〈理論〉도 끌어 들여야 했던 것이다. 그러나 *Pneumatika*에서의 모든 理論이 그런 宣傳의 수단으로 채택된 것은 아니었다. 다음 節에서는 이 점을 밝히려 한다.

III

*Pneumatika*의 序論에는 당시 氣體力學의 基本理論들과 물과 공기에 의해 일어나는 여러 가지 實驗的 現象들이 설명되어 있다. 여기에는 정확한 관찰과 부정확한 관찰이 섞여 있고, 觀測現象에 대한 理論說明은 옳기도 하고 틀리기도 하다. 한마디로, 이 序論은 드라크만(A.G. Drachmann)의 말처럼, 〈기이한 雜湯(a queer hotch-potch)〉이라고 할 수 있다.³⁹⁾ 또, 水力學과 氣體力學의 理論들이 공기의 성질을 규명한다는 목적아래 함께 다루어졌는데, 이 사실은 且置하고라도 그 각각의 理論들은 유치하다. 그러나 이것은 어쩔 수 없는 일이었다. 그리스인들이 空氣壓을 物理的 힘의 하나로 파악하는 데에는 한계가 있었고, 게다가 動力學 全般에 걸쳐 적용될 적절한 理論의 不在는 古代 氣體力學이 動力學의 一般體系에 統合되는 方向으로 發展하는 것을 遲延시켰다.⁴⁰⁾ 한편, 落下法則이 발견되고, 流出速度는 流出口에서부터 流體面까지 높이의 제곱근에 비례한다는 數式이 발견될 때까지 流體力學에서의 실질적인 진보는 불가능하였다.⁴¹⁾ 따라서, 토리첼리(Evangelista Torricelli, 1608—1647)와 갈릴레오(Galileo Galilei, 1564—1642)가 이 法則들을 발견하고 數式化하기까지는 近代의 의미에서의 氣體力學이나 流體力學의 성립이 가능치 않았던 것은 당연하다 하겠다. 그러므로 이들과 비교해서 그를 평가하고, 數式化된 流體力學 法則과 動力學의 일부로서의 氣體力學 理論을 몰랐다고 헤론을 비판할 수는 없는 것이다. 그가 다루고 있는 理論은, 어떻든, 당시로서는 최선의 理論이었던 것이다.

이제 우리는 이 〈잡탕〉이 어떤 재료들로 만들어 졌는가를 살핍으로써 古代 氣體力學의 基本理論들을 정리하고 그와 함께 왜 이런 理論들이 다루어졌는가를 밝힘으로써, 이 分野의 性格을 살피고 *Pneumatika*에 대한 中견 研究者들의 평가를 검토하고자 한다.

古代 氣體力學은 流體力學의 原理와 四元素理論, 그리고 眞空理論을 바탕으로 이루어졌다. 이집트 지역을 여행하는 동안 揚水機를 발명했던 아르키메데스의 이름은 알렉산드리아 *mechanikoi*에게 널리 알려져 있었으나, 막상 그의 流體靜力學을 제대로 이해하는 사람들은 드물었다고 생각된다.⁴²⁾ 그러나 헤론은 아르키메데스의 연구결과들을 많이 알고 있었다. 우선 헤론은 “깊이 잠수하여, 등 위에 막대한 물무게를 받고 있는 사람들이 찌그러지지 않는다”⁴³⁾ 이유를 밝히면서 〈아르키메데스의 原理〉를 인용하고 있다. 즉 아르키메데스가 『浮遊體에 대하여』에서 밝혔듯이, 어떤 액체와 같은 무게[비중]를 가지고 있는 물체가 그 속에 잠겼을 때에는 위로 치솟지도 않고, 아래로 가라앉지도 않고, 그래서 그 아래의 물체에 압력을 가하지 않는다는 것이다. 이렇듯 〈아르키메데스의 原理〉를 인

40) Cohen & Drabkin eds., *op. cit.*, p. 245.

41) *Ibid.*, p. 240.

42) 前 1세기 후반의 그리스 역사가인 Diodorus Siculus가 전하는 바에 의하면(*Historical Library* 1:34:2, 5:37:3)

아르키메데스는 이집트에 滯留하는 동안 스크루를 이용한 揚水機를 발명하였다고 한다. 〈Archimedean Screw〉라고 알려진 이 장치는 근래까지도 지중해 일대에서 灌溉과 鑛山에서 물을 퍼내는 데 사용되어 왔다.

43) Heron, *op. cit.*, p. 8.

용하고 있다는 사실만으로도 헤론이 敎育받은 사람임은 증명될 수 있다.⁴⁵⁾ 또 헤론은 流出口에서부터 水面까지의 높이가 높을수록 물의 流出速度가 빨라진다는 사실을 알고 있었다.⁴⁶⁾ 그렇다면 왜 流體力學理論이 필요했는가? 헤론은 이것을 이용하여 실제로 機具들을 製作하고 있는 것이다.⁴⁷⁾ 일례로, 그는 浮力을 이용한 自動開閉裝置를 고안하여 여러 가지 機具의 部品으로 이용하고 있다.⁴⁸⁾ *Pneumatika*에서 다루어지는 機具들의 製作에서 <아르키메데스의 原理>는 필수적이었던 것이다. 뿐더러 싸이펀 現象은 공기와 물이 공통적으로 관계된 것이다. 따라서 싸이펀 現象에 대한 氣體力學의 관심은 流體力學으로 쉽게 연결되기 마련이었다.⁴⁹⁾ 이것이 *Pneumatika* 序論에서 流體力學理論이 다루어진 이유 중 하나인 것이다.

게다가, 流體力學理論이 後述할 眞空理論 못지않게 자세히 다루어진 것은 공기와 물, 불, 그리고 흙이라는 네 가지 元素들을 宇宙의 근본물질로 생각하고 이들 사이의 相互作用에 대해 모색해 온 전통과 無關하지 않다. 헤론이 왜 *Pneumatika*의 序論에서 四元素理論을 다루었을까? 우선, 불에 대한 설명은 氣體力學과 전혀 무관하고, 따라서 四元素에 대한 헤론의 맹목적인 執着의 결과인 듯이 보인다. 그러나 *Pneumatika*에서 다루어지는 機具들이 空氣壓 뿐 아니라 蒸氣壓도 이용하고 있었음을 감안할 때, 왜 그가 불에 대해 자세히 살피고 있는지를 이해할 수 있는 것이다.

불의 作用에 의해 무엇인가 燒失된다는 것은 재(灰)에서 알 수 있는데, 이것은 燃燒되기 전과 같거나 거의 비슷한 부피를 지니면서도 무게에 있어서는 크게 다르다. 燒失되는 것들은 연기와 함께 불이나 공기, 혹은 흙의 원료로 바뀐다. 즉, 가장 미세한 것은 불이 있는 가장 높은 영역으로 가고, 이보다 다소 거친 것은 공기로, 그보다 더 거친 것은 氣流에 의해 다른 것들과 같이 올라 갔다가는 다시 낮은 곳으로 떨어져서 땅의 物質과 섞인다. 물도 역시 불의 作用에 의해 燃燒되어 공기로 변환한다. 불꽃 위에 놓인 주전자로부터 생겨난 蒸氣는, 물로부터의 蒸發氣가 공기 속에 섞인 것에 지나지 않기 때문이다. 그렇다면 以上の 사실들로부터 불이 자신보다 거친 모든 物質들을 분해하고 변환시킨다는 것은 명백하다.⁵⁰⁾

불은 能動的인 原理로서 그 자신은 변하지 않으면서 다른 것들을 분해하고 변화시킨다.⁵¹⁾ 불에 의해 분해됨으로써 물은 공기로 바뀐다. 이렇듯, 헤론은 蒸氣란 물이 燃燒되어 공기로 바뀐 것이라고 看做하였기에 그런 변환을 일으키는 불에 깊은 관심을 보였다. 불은 바로 蒸氣를 만들어내는 <原理>였던 것이다. 이어서 그는 물이 흙속으로 스며들어 스스로 흙으로 바뀌기도 한다고 주장하고 있

44) *Ibid.*, p. 9.

45) 호르는 아르키메데스를 인용했다는 사실만으로도 그가 敎育받은 사람임은 증명된다면서, Hammer-Jensen 등의 비난에 대해 헤론을 옹호하고 있다. 이에 대해서는 E. Hoppe, "Heron von Alexandrien," *Hermes*, Band 62(1927), 79—105를 참조할 것. 그 밖에도 헤론의 *Mechanika*에는 무게 重心과 靜力學, 그리고 평면도형의 中心에 대한 아르키메데스의 研究가 자세히 인용되어 있고("Archimedes and~,," p. 4) 그의 數學著述에도 아르키메데스가 19번 인용되어 있다("Fragments~,," p. 109).

헤론에 대한 아르키메데스의 영향에 대한 본격적인 논의는 Drachmann, "Archimedes and the Science of Physics," *Centaureus*, 12(1967), 1—11과 "Fragments from Archimedes in Heron's Mechanics," *Centaureus*, 8(1963), 91—146을 참고할 것.

46) Heron, *op. cit.*, p. 15.

47) 드라크만은 헤론이 당시의 物理學과 數學에 대한 충분한 지식을 가지고 있었고, 또 그것을 활동하였다고 주장하고 있다. Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron*, p. 86.

48) Heron, *op. cit.*, 20章(Teubner版, I. 20章), 25章(I. 25章)

49) 中世 동안 헤론의 *Pneumatika*는 라틴語로 번역되어 꾸준히 읽혔는데, 어떤 사람들은 이 책이 氣體力學이 아니라 水力學에 관한 책이라고 생각하였다. 한 예로, Moerbeke(ca. 1215—1286)는 *Pneumatika*를 <流體動力學과 機械製作에 관한 책(Liber de aquarum conductibus et ingeniis erigendis)>이라고 소개하였다.

50) Heron, *op. cit.*, p. 5.

51) 그리스 人들은 불과 공기를 <能動的 原理>로, 물과 흙을 <受動的 原理>로 파악하고 있었다. 이런 구분은 특히 헬레니즘 時代에 스토아 派의 物質理論에서 보다 뚜렷해졌다. 이들의 物質觀과 宇宙論에 대해서는 David E. Hahm, *The Origin of Stoic Cosmology*(Ohio Univ. Press, 1977)를 참고할 것.

다.⁵²⁾ 따라서 진흙수렁은 물이 흙으로 변환한 것이라는 말이다. 이런 설명은 四元素들이 相互作用하며, 또 서로 置換될 수 있다는 古來의 物質理論을 헤론이 무비판적으로 받아들이고 있었음을 보여준다. 그러나, 알맞게도 四元素理論에 대한 이런 맹목적인 執着을 통해 그는 〈應用〉의 가능성을 생각하고 있었다.

공기와 흙, 불, 그리고 물의 결합과 썩, 혹은 썩의 기본요소들의 共同作用에 의해 다양한 배합이 생기는데, 그 중 몇개는 人間 實生活의 가장 긴박한 욕구들을 충족시키고, 다른 몇은 경악과 놀라움을 낳는다.⁵³⁾

Pneumatika 序論의 이 귀결로부터 우리는 〈實生活에 有用〉하거나 〈기묘한〉 고안품을 만드는 것이 應用力學의 주요 관심이었음을 재차 확인할 수 있다. 四元素 理論은 〈應用〉될 수 있는 것이기에 *mechanikoi*의 관심을 끌 수 있었던 것이다. 그러나 四元素理論이 그리스 自然哲學의 傳統으로부터 비롯되었다는 사실 또한 간과해서는 안된다. 바로 이런 관점에서 헤론은 自然의 本性探究라는 그리스 科學의 理想으로부터 크게 벗어나지 않았다고 말할 수 있는 것이다.

四元素理論과 〈아르키메데스의 原理〉가 *Pneumatika*에서 중요하게 취급되었고, 또 충분히 그럴 만한 것이었음에도 불구하고, 역시 그것들은 氣體力學의 핵심적 理論은 아니었다. 결국 氣體力學은 공기 자체에 대한 探究의 傳統을 통해 본질적으로 다루어지게 마련이었다. 공기에 대한 그리스인들의 探究는 그 粒子性 여부와 무게와 성분에 대한 논의를 중심으로 진행되어 왔었는데, 定量的인 측면에서는 대개 실패하였다.⁵⁴⁾ 그럼에도 불구하고 探究는 지속되어 마침내 眞空의 存在與否에 대한 논의로 귀착되어, 아리스토텔레스 이후에도 계속되고 있었다. 즉, 일각에서는 眞空 속에서는 物體가 無限速度로 움직이게 될 것이므로 無限速度가 없는 이상 眞空도 없다고 하는 아리스토텔레스 動力學⁵⁵⁾의 논지를 이어받아 眞空이란 절대로 존재할 수 없다고 주장한 반면, 原子論者들은 眞空의 존재를 주장하고 있었다.⁵⁶⁾ 뿐더러 스트라톤(Straton, d. B.C. 271/268)을 위시한 逍遙學派의 일부에서도 眞空의 가능성을 인정하고 있었다.⁵⁷⁾ 헤론이 *Pneumatika*에서 채택하고 있는 것은 바로 이 스트라톤의 眞空理論이었다.⁵⁸⁾

어떤 이들은 眞空은 절대로 있을 수 없다고 말한다. 다른 이들은 自然에는 연속적인 眞空이 나타나지 않고 공기, 물, 불 그리고 다른 物質들 사이에 약간씩 散在해 있다고 주장한다. 우리들은 후자의 견해를 채택하면서 곧 이것이 사실임을, 감각할 수 있는 現象으로부터 論證할 것이다.⁵⁹⁾

이렇게 眞空의 존재를 인정하고 헤론은 공기가 작은 粒子들로 이루어진 〈物體〉라는 사실을 증명

52) Heron, *op. cit.*, p. 6.

53) *Ibid.*, p. 1.

54) 아리스토텔레스의 *De Caelo*, 311 : b : 6—10에는 공기가 무게를 지녔을 것이라는 그의 생각이 드러나 있다. 그러나 심플리시오스의 註釋에서는 공기의 무게를 측정하려는 이후 여러 사람의 노력이 모두 실패하였음을 알릴 수 있다. Simplicios, "Commentary on Aristotle's *De Caelo* 710 : 14—711 : 12," in Cohen & Drabkin eds., *op. cit.*, pp. 247—248.

55) Aristoteles, "Physics IV : 8," in Cohen & Drabkin eds., *op. cit.*, pp. 204—206.

眞空의 존재는 아리스토텔레스의 動力學과 世界體系에 치명적이었다. 그 속에서는, 그의 動力學의 기본적 前提인 〈自然의 運動〉과 〈人工의 運動〉의 구분마저도 불가능하기 때문이었다.

56) Leucippos 이래 原子論者들은 眞空과 粒子만으로 그들의 宇宙論과 物質論을 설명하였다. 이에 대한 개설로는 J.M. Robinson, *An Introduction to early Greek Philosophy* (Boston, 1968) 10, 11章을 쉽게 찾아볼 수 있다.

57) 아리스토텔레스의 이름에 전해지지만, 사실상의 내용은 스토아 派의 견해에 의해 변색된 후기 逍遙學派의 物質觀을 담고 있는 *Problemata* XXV : 13에서도 이들의 眞空理論을 알릴 수 있다.

58) 스트라톤의 著作은 손실되어, 심플리시오스나 新 플라톤主義者들에 의해 단편적으로 언급되고 있을 뿐이다. 이 경우 스트라톤의 이름은 밝혀져 있지만, 그의 理論體系는 파악하기 힘들다.

이와는 달리, 헤론의 *Pneumatika*에는 이름이 명시되지 않았지만 스트라톤의 眞空理論에 대한 論理展開가 비교적 소상히 밝혀져 있다. 이것을 최초로 지적한 사람이 딜스였다 ; Diels, *op. cit.*, pp. 101—127.

59) Heron, *op. cit.*, p. 1.

한 뒤, 여러 物質들의 粒子 사이에 〈散在한〉 眞空만이 존재한다고 다시금 강조하고 있다. 그러나 〈연속된〉 眞空 또한 人爲의으로는 만들어질 수 있기 때문에, 이를 이용한 氣體力學의 機具들을 만들 수 있다고 결론지었다.

이상의 세가지가 *Pneumatika*에 나타난 古代 氣體力學의 基本理論들이었다. 하지만, 헤론이 眞空理論을 채택한 최초의 사람은 아니었다. 〈아르키메데스의 原理〉와 四元素理論은 헤론에게서만큼 집요하게 穿鑿된 예를 찾아보기 힘들지만, 眞空理論은 이미 오래전에 氣體力學分野에서 받아들여지고 있었던 것이다. 아버지의 이발소에서 거울의 위치를 조절하던 크테시비오스는 도르페를 통해 거울 무게를 지탱하던 추가 좁은 튜브를 통해 내려올 때, 공기를 눌러 큰 소리를 낸다는 사실을 발견하였다. 나아가 그는 실린더와 피스톤, 그리고 밸브를 갖춘 眞空 펌프를 發明하고 이것을 應用하여 風琴을 만들었다.⁶⁰⁾

크테시비오스의 우연한 發見과 그것을 이용한 發明品들에 理論의 基盤을 제공한 사람은 스트라톤이었다고 추정되고 있다.⁶¹⁾ 그는 공기를 이루는 粒子들 사이에 부분적인 眞空이 존재한다고 함으로써 外部에서 힘을 가함에 따라 공기가 壓縮되고, 外部의 힘이 없어짐에 따라 공기가 다시 팽창하면서 일을 할 수 있다는 설명을 가능케 하였다. 그에 의해 氣體力學 機具의 作動原理가 제시되었던 셈이다. 역으로, 眞空의 가능성에 대한 그의 理論은 크테시비오스의 發見과 實驗에 의해 보강되어, 人工의인 眞空이 만들어질 수 있다고 주장할 수 있었다. 이렇다면 古代 氣體力學分野에서는 理論으로부터 實際로의 기여와 함께, 實際로부터 理論으로의 기여도 있었다고 할 수 있다. 이렇게 하여 前 3세기 전반에 알렉산드리아의 무제이온에서 같이 활약한 이 두 사람에 의해, 氣體力學은 理論과 實際를 갖춘 科學分野로 드러날 수 있었다.⁶²⁾ 즉, 자신의 發明과 스트라톤의 理論을 바탕으로 하여, 크테시비오스가 *Pneumatika*를 썼던 것이다.

같은 장소에서 활약하였고 같은 제목의 책을 쓴 헤론이 크테시비오스의 *Pneumatika*를 많이 참고했으리라는 것은 쉽게 추측되는 일이다.⁶³⁾ 딜스(H. Diels)의 研究는 이 점에 착안한 것으로, 헤론에 대한 그의 惡評은 크테시비오스의 著作에 대한 過讚과 관련있다. 그는 “나에게는 필론조차도 그 哲學의 源泉을 활용하지 못한 것처럼 보인다. 따라서, 그도 헤론처럼 〈知的 俗物〉이며, 참된 천재적 發明家인 크테시비오스에게 의존하고 있다”고 말하고 있다.⁶⁴⁾ 헤론은 필론을, 필론은 크테시비오스의 *Pneumatika*를 出處도 명시하지 않은 채 베낀 〈俗物〉들이고, 나아가 크테시비오스는 스트라톤의 理論에 전적으로 의존하였다고 딜스는 보고 있는 것이다. 이렇게 이중, 삼중의 인용을 거쳤다고 생각하는 그가 헤론의 *Pneumatika*에서, 原文으로는 전해지지 않는 스트라톤의 眞空理論을 찾아낸 최초의 사람이라는 사실에서 우리는 차라리 그 慧眼에 감탄할지언정 그의 견해를 나무랄 수 없을지도 모른다. 그러나, 이미 드라크만에 의해서도 반박된 이 견해⁶⁵⁾에는 간과해서는 안될 중요

60) 크테시비오스의 生涯와 업적에 대한 史料로서는 유티루위우스와 아테나이오스의 著作이 결정적이다. 특히 전자는 크테시비오스의 책을 직접 읽고, 자신의 책 여러 곳에서 많이 인용하고 있다. Vitruvius, *De Architectura* 9: 8: 2 sq.; Athenaeos, *The deipnosophists* 4: 174 b-c, 11: 197 b-e. 이들 史料에 의해 크테시비오스가 물시계를 제작했고, 空氣壓과 정동 스프링을 이용한 두 종류의 投石機 등을 만들었음을 알 수 있다.

61) Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron*, p.91.

62) 스트라톤은 프톨레마이오스 Ⅱ세가 王位에 오르기 전에, 그 가정교사로 알렉산드리아에 초빙되었다고 전해진다. 따라서, 무제이온의 建立에 그가 깊이 관여하였고, 또 크테시비오스와 깊은 交際를 맺었다고 추정되고 있다. H.B. Gottschalk, “Strato of Lampsacus,” in *Dictionary of Scientific Biography* Vol.XIII, p.91.

63) 헤론을 〈Ktesibios의 弟子〉라고 부르는 文獻도 있다. 그러나 연대적으로 두 사람이 직접적인 師弟之間일 수는 없고, 따라서 이것은 헤론이 크테시비오스에게서 많은 영향을 받았음을 의미하고 있을 뿐이다.

64) Diels, *op. cit.*, p.110 note 3. 註 13) 참조.

65) Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron*, p.62, pp.125—126.

딜스의 필론研究는 단편적인 라틴 譯本에 주로 의존한 것인데, 아랍 完譯本에 의한 이후의 研究들은 헤론이 필론을 베꼈다는 가정은 확실히 잘못된 것임을 밝혀내었다. 한편, 현재 전해지는 필론의 *Pneumatika* 중 많은 부분이 헤론을 참조

한 잘못이 內包되어 있다. 무엇보다도 크테시비오스의 *Pneumatika*가 필론이나 헤론의 그것보다 나은 것이었다고 가정한 사실이 문제이다. 딜스는 오늘날의 氣體力學 교과서를 염두에 두었기에 헤론과 필론에게 실망하고 현존하지 않는 크테시비오스의 *Pneumatika*에서 그것을 기대하였던 것이다. 이러면서 그는 前 3세기 후반에 이르러 理論인 발전이 정지됨에 따라 古代 氣體力學分野는 쇠퇴하였다는 견해를 운연중에 드러내고 있는 것이다.⁶⁶⁾ 그러나, 크테시비오스 이후에 이 分野가 점차적으로 쇠락하였다는 견해는 명백히 잘못된 것이다. 설혹 스트라톤 이후에 獨創적이고 주목할만한 理論이 創出되지 않았음은 인정하더라도, <아르키메데스의 原理>를 援用하는 등 관련 分野로부터 理論을 보충하는 한편, *mechanikoi*의 고안품들과 새로운 實驗의 事實들을 수용함으로써 氣體力學分野는 헤론에 이르기까지 계속 發展해 나왔던 것이다.

IV

*mechanikoi*의 研究方法에서 두드러진 특징 중의 하나는 實驗을 중시하였다는 사실이다. 당시의 여건에서 實驗室을 갖추어 實驗을 遂行하기는 어려웠겠지만, 實際作業을 監督하면서 우연한 實驗의 事實들을 수집할 수 있었던 것이다. 또, 그들은 제안된 理論을 檢證하는 實驗을 직접하기도 하였다. 전통적으로 그리스 科學者들이 思考實驗⁶⁷⁾에 의존했던 것과는 달리, *mechanikoi*는 새로이 實驗器具들을 고안하면서⁶⁸⁾까지 <感覺으로 經驗>되는 結果를 중시하였던 것이다. 이런 의미에서 氣體力學을 포함한 應用力學分野들은 <實驗科學>의 性格을 강하게 지녔다고 말할 수 있다. 실상, *Pneumatika*는 많은 實驗의 事實에 기초하고 있다. 그 중 하나로 헤론은 공기의 粒子性을 증명하는 實驗을 자세히 다루고 있다.⁶⁹⁾

빈 것처럼 보이는 항아리를 뒤집어서, 조심스럽게 똑바로 유지한 채 물속에 밀어 넣어라. 그러면 항아리가 완전히 잠길지라도[항아리 내부에는] 물이 들어가지 않는다. 그러므로, 공기는 物體이고 따라서 항아리 속을 팍 채우고 있기 때문에 물이 들어오도록 허용치 않는다는 사실은 명백하다. 또, 만약 항아리 바닥에 구멍을 뚫는다면, 물은 주둥이를 통해 들어오고 공기는 구멍을 통해 빠져 나올 것이다. 또, 만약 밑바닥에 구멍을 뚫기 전에 항아리를 수직으로 들어 올려 뒤집어보면, 물에 집어 넣기 전과 마찬가지로 항아리 내부에 물기가 없는 것을 발견할 것이다. 따라서, 공기가 物體라고 가정하여야만 한다. 공기는 움직일 때 바람이 된다. 왜냐하면, 바람은 움직이는 공기 이외에 땀 것이 아니기 때문이다. 그리고 항아리 바닥에 구멍이 뚫려서 물이 들어갈 때, 그 구멍 위에 손을 대면 바람이 항아리로부터 빠져 나오는 것을 느낄 것이다. 이것은 물에 의해 물아져 나오는 공기 이외 땀 것이 아니다.

이것은 假定을 檢證하여 확실한 事實로 받아들이게 하는 典型的인 實驗이라고 할 수 있다. 그런데, 햄머-젠슨(I. Hammer-Jensen)은 이 實驗이 이미 필론에 의해 遂行된 것으로, 헤론은 그 의미

하여 이후에 추가된 것이라고 평가되고 있다. 특히 필론의 *Pneumatika* 57, 58章의 蒸氣를 이용한 自動裝置는 헤론을 배긴 것이라는 드라크만의 지적을 주목할 필요가 있다. 그는 헤론이 蒸氣를 動力으로 채택한 최초의 인물이라고 보고 있다.

66) 그리스 科學이 아리스토텔레스 이후 얼마 지나지 않아서 쇠퇴했다는 견해는 여러 사람들에 의해 제기되어 왔는데, 理論的 측면에 주목할 때 그런 견해는 어느 정도 타당하다. 그러나, 기원 후 3세기 이후에 古代科學이 쇠퇴했음은 일반적으로 인정되나, 前 3세기 무렵에 쇠퇴했다는 견해는 오늘날 쉽게 받아들여지지 않고 있다. 여하튼 <古代科學의 쇠퇴>라는 主題가 본론적인 논란의 대상이 된 것은 콘포드 이후였다. F.M. Cornford, "Greek Natural Philosophy and Modern Science," in *Unwritten Philosophy and other Essays*(Cambridge Univ. Press, 1950), p. 83.

67) 실제 操作을 통해 직접 實驗을 하지 않고, 머리 속의 論理展開를 통해 따져보는 思考實驗은 科學革命期 이전은 말할 것도 없고, 현대科學에서도 행해지는 일이다. 그러나 古代人들의 경우는 간단한 操作을 통해 직접 확인할 수 있는 경우에도 思考實驗으로 대체함으로써, 實際의 경우를 무시하는 일이 많았다.

68) *Pneumatika* 48章(Ⅱ.9章)에서 다루고 있듯이 물에 넣으면 공기가 빠져 나가면서 소리를 내는 *Thyrsoi*나 47章(Ⅱ.8章)의 초보적인 溫度測定器를 예로 들 수 있다.

69) Heron, *op. cit.*, p. 2.

도 파악하지 못한 채 옮겨놓고 있다고 비판하였다. 즉, 항아리를 물 속에 밀어 넣고서 바로 그 내부에 물기가 없음을 말하지 않고, 필론과는 달리, 항아리 바닥에 구멍을 뚫는 경우 물은 항아리로 들어가고 공기가 바람이 되어 빠져 나온다는 다른 實驗事實을 끼워 넣음으로써, 두 번이 아니라 마치 네 번의 實驗이 행해진 것처럼 보이게 하였고, 따라서 공기가 物體임을 證明하려는 本來의 實驗意圖를 흐려 놓았다는 것이다. 그러나 *Pneumatika*가 필론의 책을 <파악도 못하고 베낀 것>이고 헤론은 <門外漢>이라는 그녀의 결론만큼이나, 이 비판도 받아들이기 힘든 것이다.⁷⁰⁾ 그가 具色을 갖추기 위해 그렇게 했다면, 필론의 說明을 그대로 옮겨 놓지 그 중간에 다른 實驗內容을 삽입할 이유가 없는 것이다. 그렇다면 그가 두 가지 實驗事實을 섞어 놓은 까닭은 무엇이었을까? 그것은 물이 들어옴으로써 공기가 바람이 되어 빠져 나오고, 그것이 손에 느껴질 만큼 힘찬 것이라는 事實이 氣體力學的 機具를 作動시키는 <原理>라고 생각했기 때문이다. 그는 공기의 粒子性 證明에서 한걸음 더 나아가, 그것이 應用可能性이 있는 <原理>라고 생각했기에 공기가 바람이 되어 빠져 나가는 現象까지 說明하였던 것이다. 그렇다면 *Pneumatika*의 序論이 本論에서 다룰 內容을 충분히 염두에 두고 써어졌음은 분명하다. “이제 이 原理들의 결합으로부터 생겨나는 定理들(theormata)을 살펴보기로 하자. 이들의 도움을 통해 신기하고 놀라운 많은 運動들이 밝혀질 수 있는 것이다”⁷¹⁾라는 序論의 마지막 귀절은 그가 序論에서 理論을, 本論에서는 實際內容을 각각 다루고 동시에 이것들을 有機的으로 결합하려 했음을 보여 주고 있다. 그 具體的 例는 여러 곳에서 찾아볼 수 있다. 壓縮空氣에 의해 사티로스(Satyros)가 들고 있는 항아리로부터 물이 쏟아지는 裝置⁷²⁾나, 氣壓을 낮춤으로써 作動하는 吸角子,⁷³⁾ 그리고 주사기⁷⁴⁾ 등은 공기의 壓縮, 또는 膨脹에 대한 序論의 理論에 바탕하고 있다. 또, 가열함으로써 팽창한 공기가 밀려나오는 힘에 의해 神殿門이 自動으로 열리는 裝置⁷⁵⁾나, 물을 끓여 발생하는 蒸氣의 힘으로 作動하는 장치들⁷⁶⁾을 염두에 두었기에 序論에서 공기와 물이 불에 의해 분해되면서 부피가 늘어남을 설명하였다고 볼 수 있다. *Pneumatika*는 그럴듯한 序論을 써놓고, 막상 本論에서는 여기저기서 베낀 잡다한 技術的 內容들을 나열해 놓은 책이 아닌 것이다.

그런데 방금 인용한 序論의 마지막 귀절로부터 우리는 헤론이 實際 機具製作을 <定理>로 간주하였음을 알 수 있다. 헤론은, 파포스가 말했듯이, <物體 자체에 대한 고려에 의해 提案된 定理들>을 사용함으로써 氣體力學分野를 數學의 형태로 體系化하려 하였다.⁷⁷⁾ 바로 이 점에서 헤론이 應用力學의 學問的 정립을 위해 노력하였다고 말할 수 있는 것이다.

이제 헤론이 <定理>라고 부른 具體的 內容들이 어떤 방향으로 정리되어 갔는지 살펴볼 차례가 되었다. *Pneumatika*의 本論은 70여 章으로 나뉘어 章마다 자기 다른 機具의 製作法과 作動原理 등을 설명하고 있는데, 그 중 상당수는 유사한 裝置들을 다루고 있다. 이것들을 서로 비교해 봄으로써 헤

70) Hanmer-Jensen, *op. cit.*, p.418.

햄머-젠슨은 필론과 비교하면서 시종일관 헤론을 비판하고 있다. 그 중 하나는 <수없이 脫線하고 여러 가지 內容을 삽입하면서 매우 지루한 文體로 써어졌다>는 것이다. 이어 그녀는 헤론이 이전 사람들의 著作을 읽기는 했을 것이나, 그것을 이해하지 못한 <門外漢>이라고 결론지운다(*Ibid.*, p.422). 그러면서도 그녀는 *Pneumatika* 序論의 主題가 일관되고 있음은 인정하고 있다. 그렇다면 이 <지루한 文體>는 <이해하지도 못한 책들로부터 베낀> 결과라기보다는, 드라크만의 말처럼 <자신이 다루고 있는 主題를 깊이 파악하고 있고, 따라서 어디로 끌고가던지 간에 자신의 思考聯想을 따라가는 사람>이 쓴 것이라고 보아야 할 것이다; Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron*, p.85.

71) Heron, *op. cit.*, p.10.

72) *Ibid.*, 54章(Ⅱ. 15章).

73) *Ibid.*, 56章(Ⅱ. 17章).

74) *Ibid.*, 57章(Ⅱ. 18章).

75) *Ibid.*, 37章(Ⅰ. 38章), 38章(Ⅰ. 39章).

76) *Ibid.*, 45章(Ⅱ. 6章), 50章(Ⅱ. 11章)——특히 이 章은 蒸氣機關과 관련 있음, 60章(Ⅱ. 21章), 74章(Ⅱ. 34章)과 75章(Ⅱ. 35章)——이 두 章은 보일러 裝置를 다루고 있음.

론이 기존의 製作技術을 어떻게 개량했는지를 살펴볼 수 있을 것이다. 그러나, 불행히도 이 裝置들의 배열은 뒤죽박죽이다. 기본적인 것으로부터 복잡한 것으로, 혹은 類似한 것들끼리 모아 두는 등의 배려가 부족한 것이다. 이에 대해 드라크만은 *Pneumatika*가 未完成의 책이라는 견해를 밝힌 바 있다.⁷⁸⁾ 이 견해는 수긍이 간다. 應用力學分野의 著述家들에게 “이전 사람들의 配列順序를 그대로 따르지 않음으로써, 당신의 創作이 훨씬 신선해 보이도록 해야 한다.”⁷⁹⁾고 권고할 만큼 內容들의 配列에 신경을 쓴 헤론이 이런 형태로 책을 남기려 하지는 않았을 것이기 때문이다. 따라서 類似한 內容을 담고 있는 각 章들을 比較分析함으로써 헤론의 개선점을 밝히려 할 때, 현상태의 *Pneumatika* 配列順序에 얼마일 필요는 없는 것이다. 이 때 그 比較는 헤론이 機械的 構造의 개선과 作動의 效率을 높이는 데 기여하였음을 보여 준다.

헤론은 42章(Teubner版 II. 2章)에서 입으로 불어 압축시킨 공기에 의해 물이 위로 噴出되는 裝置를 다루고 있는데, 이것은 그가 직접 보았던 것을 옮겨 놓은 것이라고 추정되고 있다.⁸⁰⁾ 이에 비해 9章(I. 10章)에서 다루고 있는 噴水器는 <로마사람들이 assarion⁸¹⁾이라고 부르는 밸브>를 갖춘 피스톤에 의해 압축공기를 만들어 作動하는 것이다. 이것은 42章의 裝置와는 달리 상세한 그림을 통해 部品說明을 하고 있는데, 헤론이 직접 고안한 것이라고 추정된다.⁸²⁾

19章(I. 19章)에서, 헤론은 빈 잔이 놓이면 물이 항아리로부터 자동적으로 흘러나와 잔을 채우는 裝置를 다루고 있다. 이것은 <사이펀의 原理>에 의해 作動되는 것으로 祭壇위에 설치되어 있다. 필론에 의해서도 자세히 다루어졌던¹³⁾ 이 裝置는 항아리에 뚜껑이 덮혀 그 내부를 보지 못하게 되어 있고, 祭壇 밑으로 연결된 관이 눈에 띄지 않게 은밀히 장치되어 있다. 헤론은 이 裝置가 實用的이지 못함을 알고 20章(I. 20章)에서 이를 개선하였다. 그것은 오늘날 用便器의 물 탱크에서 사용되는 것과 같이 뜨개에 의해 作用되는 밸브를 갖추어 일정량의 물이 흘러나온 뒤에는 멈추게 되어 있는데, 연결관은 밖으로 드러나고 항아리에도 뚜껑이 없어서 물을 채워 놓기가 용이한 것이다. 그렇다면 헤론은 트릭 效果가 半減되는 것을 감수하면서 필론의 考案品을 보다 實用的으로 만든 셈이 된다.

뜨개를 이용함으로써 機械的인 作動을 보다 용이하게 만든 裝置는 25章(I. 25章)에서도 다루어지고 있다. 물과 포도주가 원하는 比率로 섞여 나오는 混酒裝置를 만들기 위해 24章(I. 24章)에서는 네 개의 混合用 통이 사용되었다. 그러나 뜨개를 이용함으로써 헤론은 두 개의 혼합통 만으로도 같은 作業이 가능토록 하였던 것이다. 이어 26章(I. 26章)에서는 도르레를 추가해 사용함으로써 混酒裝置의 作動을 보다 용이하게 하였다.

以上の 몇 가지 例들에서 알 수 있듯이 헤론은 기존의 고안물들을 構造的으로 보다 튼튼하고 實用的이제, 그리고 機械的 作動이 보다 확실하도록 개선해 나갔다.⁸⁴⁾ 그렇다면 *Pneumatika*는 “古代

77) 數學은 일찍부터 自然科學의 典型이라 생각되어 왔고, 특히 에우클레이데스의 『幾何學原論』은 그 內容 뿐 아니라 構成形式에서도 이후 科學著述의 모범이 되어 왔다. 이 책에 대한 註解書를 썼던 헤론인 만큼, 그 構成形式을 본뜨려 하였다는 평가는 충분히 근거있다고 생각된다.

78) Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron*, p. 79; “Hero of Alexandria,” in *Dictionary of Scientific Biography*, Vol. VI, p. 311.

79) Heron, *Automata*. 2: 12.

80) 드라크만은 文體와 時制 등의 분석을 통해, 각각의 章들이 다른 곳에서 借用한 것인지, 눈으로 본 것을 묘사하여 옮긴 것인지, 혹은 헤론 자신이 직접 고안한 것인지 등에 관해 밝혀서 分類해 놓고 있다. Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron*, pp. 80—84.

81) assarion은 로마의 銅錢이었다. 이것과 유사한 모양이란 의미에서 이 말을 사용한 듯하나, 헤론이 10章(I. 11章)에서 그 製作法을 다룰 때 나타나는 이 밸브의 모양은 圓形이 아니라, 사각형 모양에 가운데 둥근 구멍이 뚫린 것이다. 아마도 이 구멍이 銅錢 모양이라는 의미인 듯하다.

82) 註 80) 참조.

83) 필론은 그의 *Pneumatika* 17—20章에서 같은 장치를 다루었다.

의 哲學者들과 技師(mechanician)라고 불린 당시 사람들의 著作에서 편집한 것에 불과하다”⁸⁵⁾고 말한 우드크로프트(B. Woodcroft)의 평가는 타당치 않다고 말할 수 있다. 물론 그의 말처럼, 헤론이 자신이 創案한 것이 무엇인지 한 번도 지적해 놓지 않았지만, <전해 내려온 것에 우리들의——헤론 자신의——발견물을 덧붙였다>는 헤론의 말은 사실이라고 인정할 수 있는 것이다. 분명히 헤론에 이르러 氣體力學分野에 變化가 있었다. 機具製作에 있어서 어떤 개선이 있었는지 정확하게 규명하기는 곤란하다 할지라도, 氣體力學의 性格變化에 그가 기여한 바 크다는 사실은 결코 부정할 수 없다. 따라서 문제는 改善의 有無與否가 아니라, 그 性格과 意義에 있다. 다시 말하면 그것이 어떤 變化였고, 그 변화가 氣體力學의 發展過程에서 어떤 意義를 가지는가 하는 점을 밝혀 볼 차례가 된 것이다. 이 점은 필론의 *Pneumatika*와의 比較를 통해 드러난다.

필론과 비교할 때 헤론의 특징이라고 말할 수 있는 것은 <原理>를 중시했다는 사실이다. 이렇게 함으로써 헤론은 자칫 잡다해지기 쉬운 技術의 內容들을 體系化하였던 것이다. 필론의 *Pneumatika*에는 항상 물이 일정하게 차 있는 여러 종류의 洗面臺와 식사 도중에 손을 씻기 위한 세면그릇, 그리고 트릭 裝置가 붙은 食事用 什器 등 全的으로 酒宴과 娛樂을 위한 器具들이 순서에 따라 배열되어 있다.⁸⁶⁾ 이에 비해 헤론의 *Pneumatika*는 훨씬 큰 책임에도 불구하고, 이런 것들이 대개 빠져 있다. 필론이 家內用 什器의 製作에 주력한 반면, 헤론은 機械의 製作을 많이 다루고 있는 것이다.⁸⁷⁾ 물론, 양자가 다루고 있는 것들이 일치하는 경우도 많다. 여러 종류의 噴水器들⁸⁸⁾과 흐르는 물에 의해 새소리가 나는 裝置들,⁸⁹⁾ 물과 포도주가 번갈아 나오는 魔術用 주전자,⁹⁰⁾ 測溫器⁹¹⁾ 등은 서로 유사하고, 흐르는 물과 <싸이펀의 原理>를 이용한 自動裝置⁹²⁾는 완전히 일치하고 있다. 그러나, 고안품들이 類似한 경우에도 그것을 취사선택하고 作動原理를 설명하는 과정에서는 양자의 차이가 드러나고 있다.

양자는 모두 몇 가지 종류의 싸이펀들을 다루고 있는데, 이것들은 流體力學과 氣體力學의 原理를 이용한 機具의 제작에 계속해서 활용되는 基本道具라고 말할 수 있다. 헤론은 本論의 序頭에서 屈折 싸이펀⁹³⁾과 同封 싸이펀⁹⁴⁾의 作動原理를 상세히 밝힌 뒤, 이 原理를 이용한 器具로 맨먼저 klepsydra를 들고 있다.⁹⁵⁾ 이것은 일찍부터 그리스인들이 향아리를 기울이지 않고 물이나 포도주를 덜어내는 데 사용하던 器具였다. 헤론의 설명에 따르면, 아래에 채 모양의 작은 구멍들이 뚫린 속이 빈 둥근 낫쇠공의 꼭지에 구멍을 뚫고 이것을 液體가 담긴 향아리에 담근 뒤, 손가락으로 구멍을 막으면 원하는 만큼의 液體를 덜어낼 수 있다. 또, 손가락을 떼어 液體를 쏟아내다가 다시 막으면 쏟아지던 液體는 멈춘다는 것이다. 사실상 이것은 直立 싸이펀——피펫——의 作動原理이다. 이

84) 이 밖에도 29章(I. 30章)과 30章(I. 31章)과 15章(I. 16章)의 비교, 38章(I. 39章)과 37章(I. 38章)의 비교 등도 역시 마찬가지로 결론을 내리게 한다.

85) B. Woodcroft, "Editor's Preface," in *The Pneumatics of Hero of Alexandria*(1971), pp.vii—viii.

86) 이 책은 9권으로 된 일련의 技術概要書(mechanike syntaxis)의 하나로 씌여졌다. 이것을 氣體力學分野에 대한 實驗事實을 다룬 <科學的> 저술로 본 햄터-진슨의 평가는 단편적인 라틴 譯本에 의존함으로써 비롯된 것이다. 라틴 譯本은 아랍 譯本에 비해 보다 간략하고 機械裝置에 대한 설명을 많이 생략하고 있다. 그녀가 原典의 형태를 유지하고 있다고 보았던 라틴 譯本보다는 아랍 譯本이 보다 原典에 가깝다는 것이 일반적인 평가이다. Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron*, p. 43.

87) 드라크만은 필론의 *Pneumatika*가 주로 家內用 什器 제작의 敎範으로 씌여진 것이라 보고 있다. *Ibid.*, pp. 69—70.

88) Heron, *op. cit.*, 52章(II. 13章), 53章(II. 14章).

89) *Ibid.*, 14章(I. 15章), 15章(I. 16章).

90) *Ibid.*, 22章(I. 22章), 23章(I. 23章).

91) *Ibid.*, 47章(II. 8章).

92) *Ibid.*, 29章(I. 30章).

93) *Ibid.*, 1章(I. 1章, 2章).

94) *Ibid.*, 2章(I. 3章).

95) *Ibid.*, 6章(I. 7章).

原理와, 몇 개로 내부 칸막이가 된 주전자를 결합시킴으로써 당시 技術者들은 술과 물이 교대로 쏟아지는 魔術用 주전자들을 만들 수 있었다. 그렇다면 헤론은 klepsydra의 作動原理에 대해 상세히 설명함으로써, 필론이 장황하게 다루고 있는 많은 家內用 什器들을 대치한 셈이 된다. 하나의 〈原理〉를 자세히 밝힘으로써, 같은 原理가 적용되는 많은 〈定理〉들을 대신했던 것이다.

양자의 차이는 〈싸이핀 現象〉이 일어나는 이유에 대한 설명에서도 드러난다. 필론은 싸이핀의 바깥 끝을 입으로 빨아낼 때 공기가 빨려 나가면서 마치 阿膠처럼 물을 붙여 끌어 당기기 때문에 싸이핀이 作動한다고 설명하고 있다. 반면, 헤론은 그것이 自然에는 〈연속적〉인 眞空이 존재하지 않기 때문이라고 밝히고 있다.⁹⁶⁾ 즉, 공기가 빨려나간 자리가 眞空이 되지 않기 위해서 물이 대신 그 자리를 메우려 하기 때문이라는 것이다. 이후 氣體力學에서 받아들여져, 中世 동안 소위 〈horror vacui〉⁹⁷⁾라고 알려진 理論을 채택함으로써, 헤론은 〈阿膠 理論〉을 대치하였던 것이다. 눈에 보이는 現象을 이해하는 데에는 필론의 설명이 보다 쉽게 수긍이 간다. 그러나, 헤론은 〈自然은 眞空을 싫어한다〉는 〈原理〉를 說明理論으로 채택함으로써, 序論에서 다루었던 眞空理論의 論旨을 일관되게 유지하였다. 自然에는 〈연속적〉인 眞空이 없다는 法則이 보다 보편적인 理論이었기에 그것을 채택하면서 그는 필론의 설명을 물리칠 수 있었다고 생각되는 것이다. 具體的인 現象에 집착할 경우 原理의이고 包括的인 一般化를 등한시하기 쉽다. 그럼에도 불구하고, 헤론은 實驗的 事實과 具體的 結果를 중시하면서 동시에 一般化를 모색했다고 말할 수 있다. 바로 이 점에 그가 古代 氣體力學分野의 學問의 정착에 기여한 바가 드러나고 있다. 즉, 〈定理〉는 보다 實用性이 있는 것을, 반면 〈原理〉는 보다 普遍的인 것을 택함으로써 헤론은 〈實際〉를 개선하고 〈理論〉을 體系化하였으며, 따라서 氣體力學이 實驗科學으로 定着하는 데 이바지하였다고 말할 수 있는 것이다.

V

그러면 *Pneumatika*에서 機械의 作動을 개선하려 하였던 헤론의 노력은 科學的 原理들을 實際에 應用하려고 한데서 비롯되었던 것일까? 만일 그렇다면 한다면 科學은 實用的이어야 하고 나아가 人類의 福祉增進에 기여해야 한다는 베이컨 主義⁹⁸⁾의 科學觀과 유사한 것이 헤론에게 있었다는 말인가. 다시 말해서, 古代 應用力學의 종사자들이 추구했던 바는 科學革命期에 공기와 流體——그 외에도 열, 빛 등——에 의한 自然現象을 취급하면서 근대의 實驗科學分野의 종사자들이 추구한 것과 같은 것이었을까?

機具들의 개량에서 헤론이 效率를 중시한 사실을 감안할 때, 이에 대한 대답은 일단 긍정적이다. 그러나 근대의 〈實用〉개념과 *mechanikoi*의 그것을 비교해 볼 때는 그 대답이 간단하지 않다. 그들에게 있어서 機械裝置는 경제적 財貨를 생산하는 道具 이상의 의미를 가지고 있었다. 그것은 그 이전에 하나의 〈小宇宙〉였던 것이다. “모든 機械裝置는 自然으로부터 생겨나고, 蒼空의 運行에 의해서 지배되고 관리된다”는 위트루위우스의 말은 이들의 宇宙論的 機械觀을 잘 드러내고 있다.⁹⁹⁾ 이

96) *Ibid.*, pp. 12—13.

97) 이 理論은 中世 동안 아리스토텔레스 註譯의 大家였던 Averroes에 의해 헤론의 *Pneumatika*가 받아들여지면서 널리 퍼졌다. 즉, 아리스토텔레스의 眞空理論이 *Problemata*에서 변형되고, *Pneumatika* 序論에 실린 스트라톤의 眞空理論과 결충되면서 〈horror vacui〉의 理論이 성립되었던 것이다.

98) 中世의 鍊金術의 전통과, 르네상스 期에 널리 퍼진 新 플라톤主義에 의해 바뀌기 시작한 傳統的 自然觀은 베이컨(Francis Bacon, 1561—1626)에 의해 결정적으로 바뀔으로써 近代科學의 實用追求 기풍이 확립되었다. 自然은 觀照와 模倣의 대상으로부터, 그 潛在的인 힘을 끌어내어 人類福祉에 기여하기 위한 대상이 된 것이다. 베이컨적 經驗主義(Baconian Empiricism), 혹은 베이컨적 功利主義(Baconian Utilitarianism)라 일컬어지는 그의 思想에 대한 일반적 논의로는 B. Farrington, *The Philosophy of Francis Bacon*(Liverpool, 1964)과 P. Rossi, *Francis Bacon: From Magic to Science*(Univ. of Chicago Press, 1968) 등을 들 수 있다.

런 機械觀을 가졌기에 *mechanikoi*는 자신들의 研究가 傳統的 科學研究 못지않게 自然에 대한 人間의 이해를 증진시킨다고 자부할 수 있었던 것이다. 그렇다면 헤론의 개선은 어디에서 비롯되었는지를 살펴보아야 할 것이다.

우선 주목할 점은 헤론이 蒸氣를 動力으로 사용하였다는 사실이다.¹⁰⁰⁾ *Pneumatika* 11章(I. 12章)의 自動裝置는 祭壇에 불을 붙이면 더워져 팽창하는 空氣의 壓力에 의해 조각象이 움직여 獻酒를 하게끔 만들어져 있다. 이에 반해 유사한 裝置를 다룬 60章(II. 21章)에서는 팽창하는 空氣壓과 함께 蒸氣壓을 이용하고 있다. 헤론의 文體에 대한 文獻學的인 研究는 11章의 內容은 다른 곳에서 발췌한 것이고, 60章의 裝置는 그가 직접 創案한 것임을 밝혀내었다.¹⁰¹⁾ 한편, 헤론은 風力도 動力으로 이용될 수 있다고 생각하였다. 76章(I. 42章)은 人力으로 피스톤을 움직여 압축된 공기가 밸브를 통해 들어가서 물이 가득 차 있는 共鳴桶을 울림에 따라 기능하는 파이프 울겐에 대해 다루고 있다. 이것은 밸브 외에도 플린저와 피봇 裝置 등을 갖춘 것으로, 크테시비오스가 發明했다는 바로 그 風琴이라고 추정된다.¹⁰²⁾ 헤론은 상세한 部品 그림을 곁들여 이 <놀라운> 裝置의 作動原理를 설명하고 있다. 이에 비해 77章(I. 43章)은 人力 대신 風力을 이용하여 피스톤을 움직이는 風琴을 다루고 있다. 그러나, 이것이 제대로 機能하였을 것 같지는 않다. 이 裝置는 風車를 動力源으로 이용하고 있는데, 風車의 軸을 바람부는 방향으로 돌려놓아서 회전이 보다 용이하게 하라는 헤론의 권고¹⁰³⁾에서 그 크기를 짐작할 수 있는 바, 風車라기보다는 風向計와 유사한 것이었다고 생각된다. 사람의 힘 만한 動力을 얻기 위한 風車는 축을 쉽게 옮겨 놓을 수 있는 규모의 것이 아니기 때문이다.¹⁰⁴⁾

蒸氣가 새로운 動力으로 채택되었다고 했지만, 이 역시 人力을 대치할 만한 정도는 아니었다. 뿐더러, 헤론이 그런 意圖를 가졌던 것 같지도 않다. 결과적으로는 蒸氣가 발생하여 效率이 증진된 60章의 自動獻酒裝置에서도 물을 부은 헤론의 원래 意圖는 <뜨거운 공기에 의해 內藏된 튜브가 타지 않도록>¹⁰⁵⁾ 하기 위한 것이기 때문이다. <최초의 蒸氣機關>이라 불리우는 模型 역시 動力機關으로 고안되었다고 보기 힘들다. 사실 그것은 정확히 이름 붙인다면 <蒸氣 터어빈>이라 할 만한 것이었다.¹⁰⁶⁾ 보일러에서 加壓된 蒸氣가 밸브를 통해 들어와서 피스톤을 움직이도록 된 內燃機關이 아니라, 두 곳에서의 蒸氣噴射에 의해 推力을 얻어 고정된 축 둘레를 회전하도록 된 간단한 構造였다. 즉, 불위에 놓인 주전자로부터 위로 뿜친 두 개의 고정축 중 하나를 통해 속이 빈 공의 내부로 蒸氣가 들어가는, 그 공에 부착된 두 곳의 噴射口로 빠져 나갈 때 생기는 推力에 의해서 공이 돌게되어 있는 것이다. 蒸氣가 통과하는 고정축과 공 사이에는 밸브도 없고, 축과 공 사이의 접합부에는 회전을 용이하게 하는 베어링 등의 部品도 없다. 따라서, 蒸氣는 공 안으로 들어가는 동안

99) Vitruvius, *De Architectura*, x: 1: 4.

Loeb 版의 번역자인 F. Ganger는 이 구절에서 위트루위우스가 機械를 自然的인 것으로 파악하고 있는데, 이것이 역으로 自然의 개념을 확장시키고, 스토아적인 汎神論을 완성시켰다고 말하고 있다; (Loeb Classical Library, London, 1933), Vol. II, pp. 276-277 note 3.

100) 지금까지의 研究결과를 통해 헤론이 蒸氣를 動力으로 채택한 최초의 사람이라는 견해가 널리 인정되고 있다. 註 65) 참조.

101) Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron*, pp. 128-130. 註 80) 참조.

102) *Ibid.*, p. 7.

103) Heron, *op. cit.*, p. 109.

104) 따라서, 이런 風車를 이용하여 당시에 神殿 등에서 실제로 사용되고 있던 風琴을 作動시킬 수 없었음은 분명하다 하겠다. 사실상 風車가 勞動力을 절감하는 수단으로 實用化된 것은 그로부터 근 천년이 지난 후의 일이었던 것이다. 드라크만은 헤론이 사용했던 *anemourion*이란 用語는 12세기에 主敎였던 Eustathius Thessalonicensis에 의해서야 비로소 다시 사용되었고, 이 때는 분명히 風向計(wind-vane)를 의미했다고 말하고 있다. 그러면서 그는 헤론의 이 고안품이 후대의 어떤 發明家를 자극하여 이후 에게海 연안에서 實用化된 風車를 만들게 했다고 보고 있다. Drachmann, "Heron's Windmill," *Centaurus*, 7(1960), 145-151.

105) Heron, *op. cit.*, p. 84.

106) *Ibid.*, 50章(II. 11章).

이나 회전시 생기는 틱새로 말미암아 대개 流失되고, 또 마찰에 의해 蒸氣의 噴射力이 상당히 損失되게 마련이었다. 이 정도의 構造로는 공을 회전시킬 만한 蒸氣壓을 보존하기 힘들다고 말할 수 있다. 그러므로, 이것이 動力機關으로의 활용은 고사하고 作動이나 할 수 있었을지 의문시된다. 드라크만은, 이것은 장난감에 지나지 않고, 이를 實用的인 엔진으로 改良하는 것은 당시 機械 製作者들의 能力을 훨씬 넘어서는 일이었다고 말하고 있다.¹⁰⁷⁾ 그렇다면 헤론은 왜 이런 <장난감>을 고안하였을까?

<왜 당시에는 蒸氣機關이 實用化되지 못하였는가> 하는 질문에 대한 <解答>에는 이에 대한 설명이 어느 정도 내포되어 있다. 아울러, 이 질문에 대한 여러 답변들을 통해서 우리들은 應用力學分野에 대해 당시 社會가 요구했던 바와 실상 헤론이 이 分野에서 추구했던 바를 대비시켜 볼 수 있을 것이다. 이 질문은 왜 古代世界가 技術을 發展시키지 못하였는가 하는 遺憾의 일부로서 제기되고 있다.¹⁰⁸⁾ 많은 研究者들이 古代 技術發展의 限界原因을 好隸制에서 찾고 있다.¹⁰⁹⁾ 값싼 奴隸勞動力이 技術革新에 대한 필요성의 자극을 지연시켰기에 動力機關의 開發이 不振했다는 것이다. 그러나 당시의 奴隸勞動力은 결코 값싼 것이 아니었다. 따라서 風車나 蒸氣機關 같은 헤론의 고안물이 實用化되지 못한 이유가 奴隸所有社會의 지배층 사이에 人力을 대치할 動力에 홍다가 없었기 때문이라고 볼 수는 없는 것이다. 당시 로마에서는 물레방아 같은 動力機關이 開發되어 있었고,¹¹⁰⁾ 또 로마가 헬레니즘 세계를 장악한 이후에는 奴隸의 수도 줄어 들었다. 人力을 대치할 動力의 開發에 대한 社會的 誘因은 충분하였고, 사실 부분적으로는 그런 노력이 結實을 보았던 것이다. 그렇다면 奴隸制라는 社會體制가 蒸氣機關의 開發을——한걸음 더 나아가 科學技術의 産業技術에의 應用을——가로막았다는 견해는 받아들이기 힘든 것이라고 말할 수 있다.

이에 비해, 그 原因을 技術上的 難點에서 찾는 견해는 일단 타당해 보인다. 그 중 하나로 버언(A.R. Burn)은 당시에는 터지지 않는 보일러를 만들 수 없었기에 蒸氣機關이 産業革命期까지 實用化될 수 없었다고 말하고 있다.¹¹¹⁾ 그러나 그것으로 충분히 설명되었다고 보기 힘들다. 실상, 헤론만 해도 보일러의 製作에 관심이 없었던 것이 아니었다. *Pneumatika*에는 두 종류의 보일러(miliarium)가 묘사되어 있다. 그 중 하나는 <뚜껑에 피물像을 설치해서, 그것이 불에 바람을 불어 주고, 그래서 점점 더 가열되는 것 같이 보이는 보일러>이다.¹¹²⁾ 보일러 내부에서 발생한 蒸氣가 피물의 입으로 빠져나오는 것이 마치 입김을 부는 것 같이 보이게 만든 장치이다. 다른 하나의 보일러는 발생하는 蒸氣를 이용하여 피물이 불에 바람을 불게할 뿐 아니라, 지빠귀가 노래하고 海神(Triton)이 나팔을 불게 되어 있다.¹¹³⁾ 그렇다면 <즐거움을 위하여>¹¹⁴⁾ 이런 裝飾들을 덧붙인 이 보일러들이 시키면 蒸氣機關車에 動力을 제공하는 加壓솔과 다른 것임은 분명하다. 사실, 이것들은 물을 데우기 위한 溫水器였다고 생각된다.¹¹⁵⁾ 그런데, 경우에 따라 産業用 보일러의 製作은 이런 溫水器의 製作보다도

107) Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron*, p. 128.

108) A. Andrews, *Greek Society*(Pelican Books, 1967), p. 150.

109) 몇 가지 예를 들면, E. Zilsel, "The Sociological Roots of Science," *The American Journal of Sociology*, 47 (1941/2), p. 559; B. Farrington, *Greek Science—Its Meaning to us*(Penquin Books, 1966). pp. 304—305; Gustave Glotz, *Ancient Greek at Work—An Economic History of Greece from the Homeric Period to the Roman Conquest*, tr. by M.R. Dobie (Norton Library, 1977), p. 352.

110) 권리는 물레방아의 發明이 前 150년부터 기원 후 50년 사이의 일이라고 보고 있다. M.I. Finley, "Technical Innovation and Economic Progress in the Ancient World," *Economic History Review*, 2nd ser No. 18(1965), p. 29.

111) A.R. Burn, *The Pelican History of Greece*(Penquin Books, 1982), p. 389.

112) Heron, *op. cit.*, p. 100; 74章(Ⅱ. 34章).

113) *Ibid.*, 75章(Ⅱ. 35章).

114) *Ibid.*, p. 104.

115) miliarium은 원래 목욕물을 데우는 솥을 의미했다. 그러나, 정확한 크기는 알 수 없지만, 컵에 찬물을 부으면 그 만큼의 더운 물이 나온다는 후한의 설명에서부터, 이것은 포도주에 달 더운물을 얻기 위한 裝置였다고 생각된다. 이런 이유를

오히려 용이하다고 할 수 있다. 그렇다면, 더운 물을 얻기 위해 공기가 밀폐된 원통 보일러를 만들고, 그 속에 복잡한 파이프 配管을 하고, 물이 끓을 때를 알기 위해 탭 裝置(chasmatium)를 할 수 있었던 사람들이, 蒸氣 加壓술을 만들지 못한 이유를 技術上的 곤란을 해결하지 못한 데서 찾을 수만은 없는 것이다. 그들의 自然과 社會에 대한 태도가 近代人들의 그것과 다르다는 사실이 밝혀져야만 왜 古代的 技術開發은 한계를 지녔고, 헤론의 蒸氣機關이 왜 産業革命期에야 비로소 實用化될 수 있었는지를 명백하게 이해할 수 있는 것이다.

古代科學의 종사자들이 自然을 研究하게 된 動機는 베이컨 主義者들이 주창하는 바와는 다른 것이었다. 이 점은, mechanikoi가 공통적으로 추구하던 〈實用性〉의 개념이란 사실상 어떤 것이었나를 살펴봄으로써 분명히 파악될 수 있을 것이다. 氣體力學分野를 통해 〈인간 實生活의 긴박한 욕구들을 충족〉시킬 수 있다는 具體的인 例들을 *Pneumatika*에서 찾아볼 수는 있다. 일정기간 동안에는 물의 流出速度가 균일하고 때에 따라 그 速度를 조절할 수 있는 사이펀¹¹⁶⁾은 물시계를 製作하기 위해 필요했다. 消防 펌프¹¹⁷⁾는 당시 이미 거대한 密集都市였던 알렉산드리아에서 火災에 대비한 必需品이었다고 생각된다. 또, 긴 燭臺위의 램프에 水壓과 空氣壓을 이용해 自動으로 기름을 공급하는 裝置¹¹⁸⁾나, 랙과 피니온을 이용하여 십자가 타면 自動으로 꺼지는 램프¹¹⁹⁾는 街路燈이나 家內用燈에서 실제로 사용되었을 것이다. 그러나, 이런 것만이 인간생활의 욕구는 아니었다. 이미 파포스나 프로클로스의 證言에서 살필 수 있었듯이, 〈기묘한 고안품〉도 그들의 〈實生活에 有用〉했던 것이다. 내부에 칸막이가 되어있는 주전자를 이용하여 좌중의 사람들에게 술을 따루다가 〈戲弄하고〉 싶은 친구들에게는 맹물만 따루어 주는 일¹²⁰⁾이나, 敬虔과 奇蹟에 대한 갈망도 그들에게는 〈日常의 욕구〉였던 것이다. 〈5 드라크마〉銅錢을 넣을 때, 淨化水가 쏟아지는 裝置¹²¹⁾나 〈이집트 寺院의 柱廊 軒觀〉에 있는 것과 같은 〈淨化하는 機能을 가진 놋쇠바퀴〉를 돌릴 때 淨化水가 쏟아지는 裝置¹²²⁾는 宗教儀式의 參拜者들에게 〈경건한〉마음을 준비시키기 위한 것들이었고, 柱廊 사이에 교묘히 설치됨으로써 그 〈效率〉를 높일 수 있었다. 또, 祭壇에 불이 지펴짐에 따라 自動으로 열리는 神殿門과 獻酒하는 조각像은 〈놀라움과 驚異〉를 불러 일으켰다. 이렇듯, 應用力學分野가 추구할 목적으로 삼았던 〈實際的 有用性〉이라는 개념은 娛樂的 가치와 宗教儀式에서 〈기적적 效果〉를 產出하는 것을 포함한 넓은 개념이었던 것이다.¹²³⁾

이런 實用性的 개념은 蒸氣機關을 포함한 自動裝置들의 고안이 勞動力을 節減하고 産業動力에 사용하려는 것이 아니었다는 결론을 뒷받침하여 준다. 그렇다면, 헤론에게 있어서 自動으로 움직이는 裝置(automata)의 의미는 무엇이었으며, 그러한 고안은 어디에서 비롯되었던 것일까? 필자는 그것이 당시의 宇宙論과 밀접히 관련되어 있었고, 古代人들의 독특한 自然觀에서 비롯되었다고 생각한다

바뀌지는 않지만, 드라크만도 이것이 목록술보다는 훨씬 작은 크기였다고 생각하고 있다. Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron*, p. 130.

116) 헤론은 基本的 사이펀을 다룬 다음에 3章(I. 4章)에서 물이 빠져나감에 따라 水面이 낮아지더라도 계속해서 流出量이 일정한 사이펀을 다루고 있다. 이것은 물시계를 만드는 데 꼭 필요한 장치로, 뜨개 위에 사이펀을 설치함으로써 水面과 밖으로 뿜아낸 사이펀의 한 끝과의 높이 차이를 일정하게 만든 것이다. 또, 그는 4章(I. 5章)에서 물의 流出量을 조절할 수 있는 사이펀을 고안하였다. 이것은 조절나사를 이용하여, 뜨개 위에 장치된 사이펀의 다리 길이를 조정함으로써 가능하였다. 낮의 길이변화에 맞추어 물시계의 時間間隔도 조절되어야 하기에 이런 裝置가 필요했던 것이다.

117) Heron, *op. cit.*, 27章(I. 28章).

118) *Ibid.*, 71章(II. 22章), 72章(II. 23章), 73章(II. 24章)

119) *Ibid.*, 33章(I. 34章).

120) *Ibid.*, p. 23.

121) *Ibid.*, 21章(I. 21章). 동전을 넣지 않아도 되는 보다 實用的인 裝置가 51章(II. 12章)에서 다루어지고 있다.

122) *Ibid.*, 31章(I. 32章). hagnisterion이라는 놋쇠바퀴는 淨化의 기능을 가지고 있다고 생각되었다. 그러나, 이것이 놋쇠라는 재료 때문인지, 둥근 모양 때문인지는 분명치 않다.

123) 로이드도 당시의 實用性 개념이 娛樂과 寄蹟의 效果를 포함한 것이었음을 지적하고 있다. Lloyd, *Greek Science after Aristotle*, p. 93.

다. 헤론은 自動裝置를 고안하면서 하나의 〈小宇宙〉를 창조한다고 생각하였고, 實用을 추구하기에 앞서 自然을 模倣하려 하였던 것이다.

VI

機械論의 哲學(mechanistic philosophy)이 機械裝置를 만드는 데 기여하였지 그 반대로 機械裝置가 機械論의 哲學을 낳은 것이 아니었다고 프라이스(Derek de Solla Price)는 말하고 있다. 人間本性에 깊이 깔려 있는 자신의 周邊世界를 模倣하려는 충동은, 나아가 靜인 模倣品에 運動을 부여함으로써 自動裝置(automata)를 만들었다고 힐(D. Hill)은 덧붙인다.¹²⁴⁾ 古代의 科學技術史를 서술하던 중 밝힌 이들의 견해는 헤론의 宇宙模型과 自動裝置들이 무엇을 의미하는가 하는 질문에 대한 답을 시사하고 있다.

Pneumatika 46章(Ⅱ. 7章)은 공기와 물로 차있고, 중심에 地球가 놓여있는 宇宙模型을 다루고 있다.

…유리로 된 두 개의 [속이 빈] 半球를 만든다. 그 중 하나는 한 가운데 둥근 구멍이 있는 [원판형의] 청동판으로 막는다. 이 구멍에 꼭 끼게 작고 가벼운 공을 만들어 물이 담긴 다른 半球에 띄운다. 청동판으로 막힌 半球를 여기에 씌우고 물의 일부를 덜어내면 [물을 덜어낸] 사이 空間에 공은 떠 있다. …

슈미트(W. Schmidt)와 햄머-젠슨, 그리고 드라크만 등이 이 模型을 무시한 데 반해, 브룸바우어(R.S. Brumbaugh)는 이것이 헤론이 스토아 派의 宇宙論을 받아들인 結果라고 간주하고 있다.¹²⁵⁾ 물이 빠짐에 따라 공은 내려오고, 그에 따라 위쪽 半球 속의 氣壓이 낮아져서 아래쪽 半球의 空氣壓을 받게되어, 물이 받치는 浮力 없이도 공은 청동판 가운데 구멍에 살짝 걸려 떠있게 된다.¹²⁶⁾ 바로 이것이 *pneuma*에 의해 宇宙 한가운데 地球가 받쳐져 있다는 스토아 派의 주장에 따른 宇宙模型이라는 말이다. 검토해볼 가치가 있는 지적이다.

당시 대부분의 科學者들은 宇宙論을 포기하였으며, 그런 의미에서 이오니아 學派 이래의 自然哲學은 퇴색하고 있었다. 生命體로부터 宇宙에 걸쳐 一貫하는 理性(nous)을 모색한 플라톤의 *Timaeos* 篇이나, 모든 科學分野의 體系化를 시도하고 조화로운 宇宙(kosmos)에 대한 강한 믿음을 가졌던 아리스토텔레스를 마지막으로 그리스 科學은 宇宙論과 物質論에 등을 돌렸던 것이다. 이렇게 하면서 科學은 專門化되고 있었다. 그러나 科學者들이 形而上學的 前提들로부터 완전히 벗어난 것은 결코 아니었다. 傳統科學者들은 아리스토텔레스의 〈科學〉과 함께, 그의 形而上學을 같이 이어 받았으며,

124) Derek de Solla Price, *Science since Babylon* (Yale Univ. Press, 1976), p. 50. 이 책이 그리스로부터 科學의 기원을 찾는 대개의 개설서들과는 달리, 바빌론에서부터 시작하고 있음은 그가 技術의 要素를 중시하고 있음을 드러내는 것이다.

Donald Hill, *A History of Engineering in Classical and Medieval Times*(London, 1984), p. 199.

125) 헤론 全集을 편찬한 슈미트는 이 章이 후대의 삽입이라고 생각하였다. 또, 드라크만은 햄머-젠슨의 견해를 좇아 이것이 장식모형에 지나지 않는다고 간주하였다. W. Schmidt, *Heron von Alexandria Druckwerke und Automatentheater: Hrsg. von W. Schmidt, Opera I*(Leipzig, 1899), p. xlv; Hammer-Jensen, *op. cit.*, p. 493; Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron*, p. 160.

한편, 브룸바우어의 주장은 R.S. Brumbaugh & Paul H. Sherrick, "The pneuma and the Earth in Space," *Studium Generale* 17(1964), 263—266.

126) 브룸바우어는 탁구공을 이용하여 실제로 이 模型의 가능성을 증명하였다. 이에 대해 드라크만은 당시 구할 수 있었던 가장 가벼운 물질인 코르크로 공을 만들 경우에도, 탁구공보다 세 배나 무게가 나가서 氣壓差에 의한 浮力으로는 이 무게를 지탱할 수 없다고 주장하였다. 그러나, 그는 이 반박 논문에서 브룸바우어의 模型製作에 따른 문제점만 지적했을 뿐, 헤론의 宇宙模型에 대한 당시 宇宙論의 영향에 대해서는 뚜렷한 찬반 의견이 없음을 밝히고 있다. Drachmann, "Heron's model of the Universe(Pneumatics 2 : 7)," *Acta du XII Congrès International d'Histoire des Sciences*(Paris 1968), pp. 47—50.

기존의 권위로부터 벗어난 사람들은 나름대로의 自然觀을 만들기 위해서 노력하고 있었던 것이다. 에피쿠로스 派의 哲學者들은 原子論者들의 物質觀을 받아들이고 있었고, 스토아 派는 그것을 받아들이며서도 自然에 內在한 合理性을 믿으면서 새로운 宇宙論을 再建하고 있었다.¹²⁷⁾ 특히, 後者は 自然과 物質을 神聖化하는 동시에 宇宙와 <世界靈>을 機械化시켰다. 이런 宇宙論에 따르면 自動裝置는, <世界靈>에 의해 살아 움직이는 自然을 본딴 模型이었던 것이다.

한편으로 생각하면, 헤론의 宇宙模型은 아르키메데스가 만들었다는 天球儀의 일부일 가능성도 있다. 그 製作은 본래부터 應用力學의 중요한 一部였고, 天球儀는 地球를 포함하여 여러 天體들의 相互 움직임을 보여주는 裝置이니 말이다. 그러나, 古代의 天文學은 觀測되는 現象의 묘사에 주력한 반면, 自然哲學은 天體現象을 다룰 때에도 天界가 무엇으로 이루어졌으며, 그 運行原理는 어떤 것인가 하는 데 관심을 두고 있었다. 그러므로 이것이 天文學의 補助器具일 가능성보다는, 헤론의 自然哲學과 宇宙論에 대한 관심에서 비롯된 것일 가능성이 더 크다고 할 수 있다. 공기와 물로 이루어져 있고, 한 가운데 地球가 떠있다고 밝히면서, 그는 外樣보다는 떠 있는 <原理>와 宇宙의 構成成分에 더 큰 관심을 보이고 있기 때문이다. 그렇다면 *Pneumatika*에는 헤론의 宇宙論과 物質論에 대한 관심이 나타나 있음이 분명하다. 그런 그에게 있어 *pneuma*는 宇宙의 構成要素이면서, 동시에 그것을 作動하게 만드는 原理였다.

*pneuma*라는 用語의 意味變化는 氣體力學分野의 成立, 發展過程과 平行선을 긋고 있다.¹²⁸⁾ 원래 공기를 의미하던 이 말은, 스토아 哲學者들에 의해 보다 能動的인 것으로 파악되었다. 그들은 이것이 天上界의 元素인 *aether*¹²⁹⁾와 같은 것이며, 동시에 <움직이는 공기>라고 생각하였다. 그들은 <*pneuma*는 더운 공기>¹³⁰⁾라고 규정한 아리스토텔레스의 定義를 받아들이고는, 이 定義가 공기와 불이 혼합된 것을 의미한다고 해석했고, 따라서 蒸氣를 의미한다고 보았다. 四元素 중 공기와 불이라는 두 가지 能動的 原理들로 이루어진 *pneuma*는 運動을 하고, 이 運動에 의해 蒸氣가 일을 할 수 있다는 것이었다.¹³¹⁾ 그리고 그들은 공기와 불로, 즉 *pneuma*로 이루어진 <世界靈>이 宇宙를 움직인다고 생각하였다. 이렇게 하면서 제논(Zenon, ca. B.C. 335—263) 이래 *pneuma*가 靈魂과 같은 것이라 파악한 스토아 派의 傳統이 확립되었던 것이다.

*pneuma*가 自然과 生命體의 根本이라는 스토아 派의 주장은 그들의 物質理論과 함께 알렉산드리아의 科學者들에게 널리 받아들여지고 있었다. 아리스토텔레스의 이름하에 전해지면서 헬레니즘 時代에 널리 流布되었던 *Problemata*는 그의 物質觀보다는 오히려 스토아 派의 物質觀을 담고 있었고,¹³²⁾ 또, 生氣論인 *pneuma*理論은 알렉산드리아 醫學者들에게 받아들여져서 소위 氣學學派(*pneumatic school*)를 이루는 데 기여하였다.¹³³⁾ 宇宙가 *pneuma*로 이루어졌고, <世界靈>에 의해 움직인다는 生氣論의 宇宙觀은 그 역시 하나의 <小宇宙>라고 생각되었던 人體에도 적용되었고, 따라서 呼吸은 바람과 같은 것이라고 생각되었다. *pneuma*가 들어감으로써 모든 것이 生命을 가지게 된다는 當代人들의 이런 思考틀에 氣體力學分野는 많은 滋養分을 제공할 수 있었다. 크테시비오스가 實驗을 통해 發見하고, 필론이 그 점을 거듭 강조하면서 기록하였듯이, 공기는 강하고 힘이 있

127) 로이드는 이 시기에 物質理論은 아리스토텔레스 派에 의해서가 아니라, 전적으로 에피쿠로스 派와 스토아 派들에 의해서 探究되고 있었다고 말하고 있다. Lloyd, *Greek Science after Aristotle*, pp.19—20.

128) 이하의 내용은 주로 Chrysippos의 理論에서 간추린 것이다. 자세한 내용은 Hahn, *op. cit.*, pp.156—174를 참조할 것.

129) 그리스 人들은 四元素에 덧붙여, 달밖의 天上界(*supra lunar*)는 *aether*라는 또 하나의 원소로 이루어져 있다고 생각했다.

130) Aristoteles, *On the Generation of Animals* 2:2:736a1.

131) 이것은 *pneuma*가 바람을 의미하기도 했다는 사실로부터 쉽게 이해될 수 있다.

132) 註 57) 참조.

133) <*pneumatic school*>과 알렉산드리아 醫學에 대한 최근의 研究 결과는 J. Longrigg, "Superlative Achievement and Comparative Neglect: Alexandrian Medical Science and Modern Historical Research," *History of Science* XIX (1981), 155—200을 참조할 것.

며, 그 本性은 거칠고 빠른 運動이다.¹³⁴⁾ 그것은 물을 끌어 올리고, 機械裝置를 움직인다. 뿐더러, 공기는 불과 석임으로써 보다 강한 힘과 生氣를 지니게 된다. 이 *pneuma*에 의해 機械裝置는, 그 原型인 自然이 <世界靈>에 의해 살아 움직이듯이, 生命을 지니게 된다. 이것이 바로 蒸氣力에 의해 自動으로 움직이는 機械이다. 헤론의 蒸氣機關은 이것들 중의 하나였던 것이다. 그것은 自然에 대한 人爲的인 操作을 통해 人間の 勞動力을 대신할 動力을 끌어내려는 意圖에서부터 비롯된 것이 아니라 自然을 模倣하려 한 데서부터 생겨난 것이다. 살아 있는 宇宙처럼, 스스로 움직이는 또 하나의 宇宙를 창조해 낸 것이었다. 그리고 양자 모두는 *pneuma*라는 동일한 <原理>에 의해 作動되었다. 바로 그런 作動原理에 대한 관심이 헤론으로 하여금 蒸氣力과 風力의 動力化 가능성을 생각하게 했다고 말할 수 있는 것이다. 그런 그에게서 自然으로부터 潜在的 힘을 이끌어 내어 人類의 福祉增進에 기여케 한다는 베이컨의 적극적 意識을 찾는 것은 무리였다고 결론지을 수 있다.

*Pneumatika*에서 다루는 機具들의 크기가 明示되어 있지 않음은 헤론이 이같이 作動原理만을 중시했다는 결론을 뒷받침하고 있다. 機械의 전체 크기와 部品들의 比例는 技術的인 效能을 결정하는데 매우 중요하다. 그럼에도 불구하고, *Pneumatika*에서 헤론은 機具들의 크기를 전혀 밝히지 않고 있다. 하지만, 그가 모든 著述에서 尺度를 무시했던 것은 아니다. *Belopoeika*와 마찬가지로 戰爭武器製作을 다루고 있는 *Cheiroballistra*는, 헤론이 專門 製作者들을 위해 쓴 것이다. 그 結果, 이 책은 構成品과 部品들의 尺度에 대한 目錄羅列에 불과하였다.¹³⁵⁾ 이런 結果에 불만이었기에, 그는

...나 이전의 著者들은 投石機에 대한 많은 논문들을 쓰면서 크기와 디자인만을 취급해 왔지, 아무도 순서에 따라 機械를 만드는 법이나 그 使用法을 설명하지 않았다. 실상, 그들은 專門家만을 위해서 썼다. 따라서 나는 그들의 著作을 보충하여 舊式 投石機까지를 포함해서 묘사하면서 내 說明을 모든 사람들이 알아들을 수 있게 하는 것이 바람직하다고 생각한다.¹³⁶⁾

고 밝히면서 *Belopoeika*를 썼던 것이다. 專門家들을 위한 技術敎範일 때는 정확한 尺度를 명시했던 헤론이 一般人을 상대로 저술하면서는 크기와 比例보다는 作動原理의 說明에 주력했던 것이다. 이렇다면 *Pneumatika*는 *Belopoeika*와 마찬가지로 一般知識人들을 염두에 두고 씌어졌다고 말할 수 있다. 왜 이런 책을 써야 했을까?

*Pneumatika*가 氣體力學的 機具를 생산하는 手工業者들을 위한 技術敎範(technical handbook)으로 씌어졌다고 본 드라크만의 견해는 받아들이기 힘들다.¹³⁷⁾ 이 무렵 플리니우스(Gaius Plinius Secundus, ca. A.D. 23—79) 등을 통해서 百科事典式的 敎範들이 정리되고 널리 퍼졌던 것은 사실이지만,¹³⁸⁾ 헤론의 *Pneumatika*는 實用的 內容들을 여기저기서 발췌해 낸 技術敎範이 아니었다. 그것은 <主題를 파악>하고 <다루고 있는 內容을 충분히 소화>한¹³⁹⁾ 著者가 一般知識人들에게 氣體力

134) Philon, *Belopoeika* 77章, in Marsden, *op. cit.*, p.153.

135) Marsden, *op. cit.*, pp.2—3.

136) Heron, *Belopoeika*, in Marsden, *op. cit.*, p.19.

137) Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron*, p.161.

드라크만은 나중에 이 견해가 반드시 옳은 것은 아니라고 물려졌다. 대신, 그는 헤론이 무제이온의 物理學 敎授였고 氣體力學分野의 교과서로 *Pneumatika*를 썼을 것이라고 제안하였다. 그러나, 이 역시 설득력이 없다. 무제이온의 활동은 크테시비오스가 활약하던 초기가 전성기로 그 이후 점차 미미해졌으리니와, 敎育機關으로서의 機能은 미지수이다. 설령, 어느 정도의 교과과정이 있었다고 하더라도 一般敎養人을 위한 科學敎育은 전무하였을 것이다. 또, 그 科學敎育이 전문기술자 양성을 위한 것이었다면, 그것은 *Pneumatika*가 技術敎範이라는 앞서의 주장과 전배없는 것이기에 드라크만의 제안은 받아들이기 힘들다.

Drachmann, "Hero of Alexandria," *op. cit.*, p.311.

138) 당시의 概要書 전통에 대한 개략적인 논의는 E. Grant, *Physical Science in the Middle Ages*(Wiley Series, 1971), pp.5—8를 참고할 것.

139) Drachmann, *Ktesibios, Philon and Heron*, p.85. 註 70) 참조.

學의 제반 原理들을 설명하기 위해 쓴 책이었다.¹⁴⁰⁾ 一般人을 위한 책이라는 점에서는 그의 *Belopoeika*도 마찬가지였다. 필론 자신의 말처럼, <알렉산드리아와 로도스 섬의 武器庫에서 일하던 匠人들로부터> 그들의 實驗結果를 모아 정리한 필론의 *Belopoeika*는 投石機의 크기와 발사대 직경의 比率를 자세하게 收錄하고 있다.¹⁴¹⁾ 또, 그는 실제 投石機의 製作에 앞서 작은 模型을 만들고 그 縮小比率를 정확히 계산해 놓고 있다.¹⁴²⁾ 이에 비해, 같은 資料를 이용했다고 추정되는 헤론의 *Belopoeika*는 構成品들의 모양을 설명하고, 그것들이 어떻게 결합되어 作動하는지 하는 原理說明에 주력하고 있다.¹⁴³⁾ 實際製作을 위한 敎範으로서 필론의 책이 훨씬 정확하고 有用하였다. 그렇다면 *Pneumatika*나 *Belopoeika*에서 드러나는 헤론의 著述意圖는 다른 데 있다고 보아야 마땅하다.

우리는 다시금 당시의 應用力學分野가 공통적으로 직면하고 있던 正當性 획득이라는 문제로 돌아가서 이 점을 생각해 보아야 할 것이다. 應用力學은 科學과 技術이 만나는 分野였다. 그 중 하나인 氣體力學을 예로 들자면, 스트라톤의 眞空理論은 크테시비오스의 實驗과 眞空펌프 製作에 理論的 基盤을 제공하였고, 후자는 眞空理論의 확립을 뒷받침하였다. 이제 *mechanikoi*는 理論과 實際를 함께 다루면서 새로이 擡頭한 이 實驗科學分野가 科學研究의 중요한 일부가 될 수 있다고 자부하였다. 그러나, 이들은 科學과 技術을 구분하여 후자를 賤視하던 傳來의 편견에 직면했고, 그러기에 이들은 傳統的 科學分野의 종사자를 포함한 一般知識人들을 향해 應用力學分野가 自然探究의 理想을 전지하고 있다고 주장했던 것이다. *Pneumatika*는 *Belopoeika*와 함께 이런 주장을 담고 있고, 이 점에서 헤론은 *mechanikoi*의 <代辯者>¹⁴⁴⁾라고 할 수 있는 것이다.

應用力學分野의 종사자들은 精密科學分野에서 이전 그리스 科學者들이 한 것과 같은 動機를 가지고 實驗科學分野에서의 研究를 진행하였고, 동시에 理論과 實際를 겸비하였다. 그러나 이런 사실이 科學과 技術의 본질적인 연관을 보여 주는 것은 아니다. 알렉산드리아 科學의 가장 뚜렷한 특징으로 제시될 應用力學分野의 擡頭와 發展은 <技術과 遊離된 科學은 쇠퇴한다>는 패링턴(B. Farrington)의 命題¹⁴⁵⁾로는 설명될 수 없는 현상이었다. 그러므로, 헤론의 自動裝置가 <産業에 應用됨으로써 人間의 物質生活을 향상시킨다는 야망을 잃은 科學이 技術 대신에 宗教에 다가간 것>으로 <세라피스 神殿(Serapeum)>이나 여타 이집트의 神殿에서 기적을 創出하는, 宗教의 侍女로 轉落한 것이라는 그의 평가¹⁴⁶⁾는 당시의 *mechanikoi*가 추구한 바를 무시한 채, 패링턴 자신의 科學觀을 부당하게 투사한 결과에 지나지 않고, 따라서 헤론에 대한 올바른 평가라고 할 수 없다. 應用力學分野에서는 科學과 技術이 遊離될 수 없었다. 그러나, *mechanikoi*가 研究하고 심겨야 할 대상으로 삼았던 것은 技術과 人間社會가 아니라, 自然 그 자체였다. 그들은 베이컨보다는 그들의 선배인 自然哲學者들에게 더 가까이 서 있었던 것이다. 古代 實驗科學의 <代辯者>인 헤론이 科學革命期에 본격적으로 擡頭한 實驗科學分野를 등에 업고서 그리스 自然哲學者들을 비난하는 베이컨을 발견했다면, 그는 그들편에 섰을 것이다. 自然을 制御하고 變形시키며, 自然으로부터 무엇인가를 얻어내려 하고, 따라서, 그것에 대한 지식으로 말미암아 自然에 대한 人間의 우월이 생겨나리라는 베이컨의 自然觀은 헤론에게는 너무나 生硬하였을 것이다. 에델슈타인(L. Edelstein)의 다음 말은 그 점을 여실히 드러

140) 그란트는 당시에 理論의이거나 技術의인 문제에서 고도의 숙달을 요구하는 전문서적을 직접 읽을 수는 없었으나, 物質世界(physical world)에 예민한 관심을 보이던 교육받은 지식인들이 많았음을 지적하고 있다. Grant., *op. cit.*, p. 6.

141) Philon, *Belopoeika* 51章, in Marsden, *op. cit.*, p. 109에는 이 比例表가 제시되어 있다.

142) *Ibid.*, 55章, p. 115.

143) 헤론의 *Belopoeika*는 같은 책(Marsden) pp. 18—43에 수록되어 있다.

144) Marsden, *op. cit.*, p. 157 note 8.

145) 패링턴은 科學이란 實際의인 技術과 그에 대한 지식을 정리한 것에 불과하다는 가정하에, 科學과 技術은 분리될 수 없다고 생각하였다. 이런 생각은 앞에 든 저서(*Greek Science*) 전편에 흐르는 주장으로, 그 탓에 科學과 技術을 엄격히 구분한 플라톤과 아리스토텔레스 직후에 그리스 科學이 쇠퇴하기 시작했다고 보고 있다.

146) Farrington, *op. cit.*, p. 199.

내고 있다.¹⁴⁷⁾

베이컨에게는 古代의 科學者가 神과 천사들에게만 허용된 일을 하려 했던 것처럼 보였다. 그 [古代科學者]는 모든 것을 이해하려 했다. 베이컨은 그 異教徒가 가졌던 것보다 더 큰, 지식에 대한 점손과 人類를 위한 관심과, 人間에 대한 사랑과, 이생에서의 福祉에 대한 관심을 설교하였다. 어떤 점에서 베이컨의 비난은 충분히 근거있다. 古代人들은 실제적인 慈善과 社會正義에 대한 감각이나 가난한 자를 돌보는 데 있어서는 두드러지지 않았다. 그러나 베이컨이 古代人들의 矜持를 비웃는 반면, 그들은 있는 그대로의 世界를 바꾸고 다시 만들려고 했기 때문에 그의 傲慢(hubris)을 고발하려 했을 것이다.

147) Edelstein, "Motives and Incentives for Science in Antiquity," *op. cit.*, pp.40-41.