

제 2 장

유체거동에 관한 그리스인들의 개념

오늘날에도 좀처럼 알지 못하고 있는 것 중 하나는 과학적 발견이 어떤 특정한 개인이나 국가에 의해서 또는 특정 문명시기에서 전적으로 이루어진 것은 거의 없다는 사실이다. 문명화된 어떤 개인이나 집단도 그들의 세계나 역사로부터 먼 곳에 동떨어져 있다고는 볼 수 없다. 왜냐하면, 과거의 발전과 동시대의 관련인들로부터 평가가 불가능할 만큼의 지대한 영향을 받을 것이 당연하기 때문이다. 어떤 경우에는, 사고의 성장과정이 개인에서 개인으로, 국가에서 국가로, 그리고 시대에서 시대로 이어지는 직접적인 것이 될 수도 있다. 그러나 이 경우 각 개인이 속한 환경과 관련집단의 무수히 많은 영향들을 무시함으로써 결과적으로 불완전한 것으로 되게 마련이다.

과학적인 사고의 발전과정에서 일련의 개인들이 행한 역할의 평가는 시간이 흐름에 따라 정지되는 것은 아니다. 왜냐하면 신빙성있는 기록의 가용성이 커지는 만큼 현대문명의 복잡성 또한 커지기 때문이다. 과거의 기록들이 단편적인 것 들이면 그 당시 생산적인 사고는 확실히 제한되었을 것이다. 그렇지만 아직까지 만족할만한 기록들이 존재하는 초기시대의 경우에도 새로운 개념들이 자생적으로 형성되었다고 볼 수는 없다. 왜냐하면 현시대에 형성되는 개념들이 그러하듯이 당시의 개념들도 그 이전 또는 그 시대에 존재한 유관한 성질의 사고들의 영향을 받아 형성되었을 것이기 때문이다.

이와 마찬가지로 수리학 자체의 발전을 상호관련성이 없는 또한 공존하는 관련 분야들에서의 진전으로부터 유리된 일련의 간헐적인 업적들로 이루어진 것으로 보는 것은 잘못이다. 이 수리학이라는 기술과학이 공학 및 과학의 다른 분야들 또는 인간의 총체적인 지식과 무관하게 생겨났을 수는 없다. 이들이 근본적으로는 같은 기본개념에 의존하고 있기 때문이다. 인간의 초기 지식의 범위는 사실 매우 제한되어 있었고 수 세기동안 거의 대부분의 유명한 사상가들은 다양한 주제에 관심을 가졌다. 그 주제들 가운데 유체거동에 관한 것이 자주 등장하였다.

고대 그리스의 문명이 이전 또는 이후의 어떤 문명보다도 비교가 안 될 정도로 높은 경지에 도달하였다고 생각되지만 반면 문명초기의 기초는 당시 이미 존재하였던 문명들에 두고 있으며 또한 이후의 문명들에 대하여 좋은 영향을 끼친 것만큼 -그리스 문명 그 자체의 잘못은 아니지만- 그렇지 못한 영향도 종종 미쳤음을 인식할 필요가 있다. 그리스인들은 여행과 무역이 활발하였으며 그 결과 인근 지역과의 왕래를 통하여 사고와 방법론의 유입을 꾸준히 증가시켰다. 이집트가 기원전 650년경 그들에게 개방되었을 때, 무역인들뿐 아니라 많

은 학자들이 또한 이집트에 들어가게 되었다. 수천년은 아니더라도 몇 백년동안 이미 알려져 있던 사이폰, 풀무, 물총, 물시계 같은 기구들은, 결과적으로 얼마나 더 잘 발달시켰는가를 떠나서, 어쨌든 그리스인들의 발명품이라기보다는 이집트인들의 것으로부터 시작된 개작물이었다.

초기 그리스의 공학적 구조물들(초기 그리스 배와 같은)은 그 주요 부분들이 인접지역에 존재했던 것들을 복제한 형태를 나타냈다. 그러한 구조물 중 그 성격상 수리학적인 면이 주를 이루는 것들의 예로는 Boetia에 있는 Cpoais 호수의 배수를 목적으로 만든, 최대깊이 150피트인 16개의 통로로부터 뚫어진 터널과 Megara에서 Eupalinus에 의해 개발된 물공급 체계를 들 수 있다. 폭군 Polycrates때의 건축가이자 공학자인 Eupalinus는 기원전 350년경 Samos로의 물공급을 위하여 $8 \times 8 \times 1400$ 피트의 터널을 축조하였는데, 이 터널은 아직까지도 남아 있다. 또한 관심거리로서 그리스의 물리학자이자 역사가인 Clesias의 업적 중 하나를 들 수 있다. 그는 Assyria와 Persia의 역사에 관한 23권의 저서를 남겼을 뿐만 아니라 하천에 관한 최초의 논문을 쓴 사람으로 알려져 있다.

Miletus의 Thales (640-560 B. C.)는 Memphis와 Thebes의 사제들에게서 수학한 초기 그리스인들 중의 한 사람으로 알려져 있다. 따라서 그가 나중에 그리스 최초의 철학파인 Ionic의 창시자가 되었다는 사실은 특히 주목할 만하다. 그는 일식에 관한 예언을 통해 사람들 사이에서 특별한 명성을 얻었다(이집트인들은 이미 오랫동안 천체의 관측에 익숙하여 있었다). 그는 관습적으로 사용되던 "태음"의 1년인 360일보다는 태양의 1년을 365일로 주장하였다.(이러한 불일치는 이집트에서는 이미 알려져 있었다.) 그는 선(線)의 기하학을 발달시킴으로써 이집트의 평면 및 입체기하학을 개선시켰다. 또한 그는 틀린 것일지언정, 지구가 편평하고 물이 모든 사물의 근원이라는 개념을 도입하였다. 수리학사의 관점에서 볼 때, 아마 그의 가장 뛰어난 공헌은 자연을 공부하기 위한 가장 좋은 방법은 직접 관찰하는 것이라는 Ionic학파의 최초 논문에서 비롯된다.

Thales보다는 연하이지만 같은 시대에 Samos에서 살았던 Pythagoras도 이집트를 여행하였다. 그는 학생으로서 보다는 사절로서 이집트를 여행하였다. 그럼에도 불구하고 그는 사원의 최고 비법들을 전수받았으며 다른 많은 사제들과 함께 Babylon에 죄수로 잡혀 12년을 보낸 것으로 알려져 있다. 그는 결국 그리스의 식민지인 Italy남부에 정착하였으며, 거기에서 Italic 철학파를 설립하였다. Pythagoras는 존재에 관한 해답이 숫자에 있다고 믿었다. 또한 - Thales와는 반대로- 모든 사물의 근원이 불에 있다고 가르쳤다. 더구나 그는 지구가 구형이라고 생각한 첫 번째 사람들 중 하나였으며 우주에 관한 그의 개념에서 그는 200년 이상 지난 후 Copernicus에 의하여 주장된 이론을 적어도 약간이나마 예기하였다.

외국에서 자신의 지식을 증진시킨 가장 위대한 철학자는 아마도 Democritus이었을 것이다. 그는 기원전 465년경 Thracs에서 태어났으며, 약 7년을 이집트에서 보냈다. 그는

Atomic철학파를 설립하였는데, 그곳에서의 교육은 이후 수세기 동안 자연철학에 영향을 끼쳤다. Democritus는 우주가 그 양이 불변하는 물질과 공간으로 이루어져 있으며, 그 물질은 다시 무수히 많은 기초입자 또는 원자들로 구성되며 이러한 입자 또는 원자들은 단단하고, 균질하며 쪼개질 수 없고 단지 모양과 무게 그리고 배열상태만이 다를 뿐이라고 추론하였다. 물질과 마찬가지로 운동 또한 영속적이며, 어떤 운동의 원인은 보다앞선 운동에 있으므로, 결국은 무한히 오래전의 운동에 그 원인을 두고 있다고 여겼다. 우연이나 신의 섭리같은 것은 인정하지 않았으며 모든 사물의 성질은 본디 기계적인 것이라고 믿었다.

설립이후 처음 2~3세기동안 이들 세 학파는 그들 철학의 여러 방면에서 일련의 원고들을 양산했는데, 그 원고들의 대부분이 오늘날에는 후세 작가들의 빈번한 인용에 의해서만 알려져 있을 뿐이다. Ionic학파에서는 공기가 생명의 근원이었다. Italic학파에서는 불이 우주의 본질이었다. 그러나 두 학파 모두 물질의 네가지 주요 형태가 불, 공기, 물 그리고 흙이라는 데는 견해를 같이했다. Atomic학파는 물질로 채워져 있지 않은 부분 또한 채워져 있는 부분만큼이나 본질적인 것으로 생각했다. 마찬가지로, Italic학파에서도 모든 물질을 구성하는 기본입자들 사이에 공간이 존재하며 따라서 입자들간의 상대적 운동과 부피가 변하지 않는 상태에서의 이물질간 혼합이 가능하다고 생각하였다. 이와는 반대로, Ionic학파에서는 절대적 공간이나 진공은 불가능하며, 입자들 사이의 간격은 필연적으로 공기로 채워져 있다고 주장했다. 이러한 이론들의 진수는 대부분의 그리스 철학자들의 저술들에서 발견할 수 있는데, 이들은 비록 다른 사람들에 의해 다듬어지고 수정되기도 하였지만 -지금 우리의 관점에서 볼 때- 한결같이 진공이 존재하느냐 또는 존재하지 않느냐를 바탕으로 한 시각에서 저술되었다.

철학자 플라톤(428-348 B. C.)은 주의깊은 관찰을 중시하는 Thales의 초기 가르침으로부터는 극히 이반된 모습을 보였으나 수학에 대한 Pythagoras의 사상이 상당히 많이 반영되었고, 그는 자연에 대한 직접적인 탐구는 별 가치가 없다는 신조였으며 이론과 현실 사이에 차이가 있을 수 있음에도 불구하고 물리학과 형이상학의 문제들을 함께 생각하였고, 그러한 사색활동은 생계의 수단이라기보다는 지적인 즐거움으로 여겼다. 한 예로서, 그는 분자 형상을 나타내는 다면체계를 고안했는데, 다면체의 면수는 가장 단순한 경우인 불에서부터 가장 복잡한 경우인 흙으로 갈수록 증가시키되, 그 증가 방법으로는 각 형상이 그보다 한 단계 단순한 형상의 복합체로 구성되도록 하였다. 그는 각 물질이 성질에 있어서 많은 부분으로 이루어진다고 생각했으며, 어떤 물질도 다른 물질로 변환될수 있다고 인식하였다. 그렇지만 그는 모든 물질은 원래에는 특정한 형태로 주어졌으며 그 물질의 상대적인 가벼움이나 무거움에 의해 자연스럽게 되돌아 가고자 하는 위치가 있다고 믿었다. 따라서 명백히 예증될 수 있는 바와같이 불은 공기 위로, 공기는 물위로 그리고 물은 흙위로 상승한다고 믿었다.

그러한 사고활동 과정에서 플라톤은 학파를 설립하였는데 이는 기원후까지 몇백년간 존

속되었다. 이 학파 출신으로서 현저히 눈에 띄는 -사실상 특별히 주목할 만한 단 한 명의- 인물이 아리스토텔레스(384-322 B. C.)인데, 그는 약 2000년간 세상에 큰 영향을 미쳤다.

아리스토텔레스는 Aegea해 북서부 해변에 위치한 그리스의 식민지인 Stagira에서 의사의 아들로 태어났다. 그는 17-37세 동안 Plato의 제자이자 동료로서 아테네에 있었다. 그는 그 자신이 만든 소요(이리저리 돌아다님을 뜻함) 학파에서 플라톤의 가르침이 계속되어 왔다고 주장했지만, 상당한 부분은 그가 수정한 것이었다. 예를 들어, 그는 분자형태에 관한 플라톤의 체계를 배제하고 역시 임의적인 것이기는 하나 자연은 진공을 배제하려 한다는 그의 확고한 믿음과는 상충되지 않는 새로운 체계를 고안했다. 플라톤이 사고에 애착을 가졌는데 반하여, 아리스토텔레스는 사실에 집착하였음을 알 수 있다. 그 당시 플라톤을 사색하는 수학자라 한다면, 아리스토텔레스는 관조적인 자연과학자라 보아야 할 것이다. 공교롭게도 그의 저술이 훗날 역학분야에 영향을 끼치긴 하였으나, 사실 아리스토텔레스의 접근방법은 근본적으로는 생물학자의 그것이었다. 역학에서의 목표가 통상 어떤 과정 그 자체에 대한 이해인데 반하여, 그의 한결같은 바램은 그 과정의 궁극적인 목표를 발견하는 것이었다.

아리스토텔레스의 저술은 소요학파의 논리학, 물리학, 심리학, 생물학, 형이상학, 윤리학, 그리고 정치학에 관한 내용을 집대성한 것으로서 각 분야에서의 지식발전을 특별히 강조하고 있다. 그의 저술들이 궁극적으로 수리학사에 끼친 영향을 고려해 볼 때, 유체운동에 관한 그의 설명들이 비교적 간략하고, 진공이 물리적으로 불가능한 것이라는 그의 증명에서 부수적인 정도로 언급되어 있을 뿐이라는 것은 매우 흥미로운 일이다. 그의 선조들과 마찬가지로, 아리스토텔레스는 물질이 네가지 요소로 되어있다는 이론과 각 요소들의 상대적 위치가 존재함을 믿었다. 단 그는 여기에 천체를 포함하는 공간을 채우는 다섯 번째 요소인 대기밖 공간(ether)을 추가하였다. 그는 나무가 물위에 뜨는 것과 같은 예외적 현상에 대해서는 나무안에 공기가 있기 때문이라고 생각했다.

또한 사람이 강보다는 바다에서 더 쉽게 수영할 수 있는 것은 바닷물속에 소금이 존재하기 때문이라고 설명했다. 그래서 결국 사물의 원래 상태에 따라 결정된다고 생각해왔으나, Aristotle은 각 요소가 자연스러운 원래 위치로 회귀하려는 경향과 관련지어 설명하였다.



Aristotle

그는 한 요소에서 다른 요소로의 운동에는 두 가지 유형의 작용이 관여되어 있다고 믿었다. 그 하나는 운동유발로서 운동속도는 이에 비례하게 되며, 또 하나는 저항으로서 운동속도는 이에 반비례한다는 것이었다. 따라서 자연의 운동에 있어서[1]

……우리가 주장하는 사실은 다음과 같은 고찰로부터 명백해진다. 우리는 같은 무게 또는 물체가 두가지 이유에서 다른 무게 또는 물체보다 빠르게 움직임을 안다. 물체가 통과하는 매체가 물이나, 공기나, 또는 흙이나 하는 차이점이 한가지 이유이고, 다른 조건은 다 같다고 할 때, 물체의 다른 물체와 다르다는 것이 또 하나의 이유가 된다.

매체는 움직이는 물체를 방해함으로써 (그렇지않은 경우와) 차이를 야기시킨다. 이는 매체가 물체와 반대 방향으로 움직일 경우에는 물론 그렇고, 그보다는 정도가 덜하지만 매체가 정지상태에 있을 경우에도 그러하다. 매체가 잘 분리되지 않는 경우, 즉 조밀한 경우에는 특히 더하다. ……그리고 매체가 없을수록, 저항이 덜할수록, 또한 쉽게 분리될수록, 물체의 운동은 더욱 빨라진다.

영과 어떤 숫자의 비가 정의되지 않듯, 물체에 의해 생기는 진공의 증가율 또한 존재할수 없다. ……마찬가지로 전체 진공에 대한 그 진공의 비율이 있을 수 없으며, 따라서 어떤 매질을 통과하는 움직임과 또다른 매질을 통한 움직임간의 비율도 있을 수 없다. 그러나 만약 어떤 물체가 가장 얇은 매질을 통하여 이리이러한 시간동안 이리이러한 거리를 움직인다고 하면, 그 물체가 어떤 비율……보다도 큰 속도로 공간을 통해 움직일 것이다.

이러한 것들은 매체에 있어서의 차이점에서 오는 결과들이다. 다음은 움직이는 어떤 물체가 다른 물체보다 과도함에 따른 경우이다. 우리는 어떤 물체들이 다른 모든 명이 똑같다면, 무게의 추진력이 클수록 같은 공간에서 더 빨리 움직임을 본다.

따라서 그들은 진공에서도 이러한 속도비로 움직일 것이다. 그러나 이는 불가능한 일이다. 어떻게 특정 물체가 더 빨리 움직이겠는가? ……그러므로 모든 물체가 같은 속도를 가져야 할 것이나 이는 불가능하다. 만약 진공이 있다면, 진공의 존재를 믿는 사람들이 세운 논리와 상반되는 결과로 귀착됨이 이상의 설명으로부터 명백히 드러나고 있다.

따라서 아리스토텔레스는 자연계 운동의 경우 운동유발은 물체의 밀도에 비례하고 저항은 물체가 움직이는 매체의 밀도에 비례한다고, 요컨대 속도는 물체의 밀도에 비례하며 매체의 밀도에 반비례한다고 결론을 내렸다[2].

만약 주어진 시간에 주어진 높이에서 어떤 무게가 낙하한다면, 이의 두배되는 무게가 같은 높이에서 낙하하는 데는 절반의 시간이 소요될 것이다.

공기가 물보다 2배 얇다면, 같은 물체가 같은 거리를 물에서 통과하려면, 공기에서 통과하는 경우보다 2배의 시간이 필요하다.

그러나, 그는 격한 운동에 대해서는, 비행중인 물체에 저항하기도 하고 물의 운동을 유지시키기도 하는 힘이 공기라는 역설적인 설명을 하였다[1].

……사실, 던져진 물체들은 그들에게 충격을 가한 것이 접촉하지 않더라도 움직인다. 이는 혹자들이 주장하듯이 서로간의 위치바꿈 때문이거나 또는 물체에 의하여 밀려난 공기가 적당한 장소로 움직이려고 하는 투사체 본래의 이동력보다 더 빠른 이동으로 투사체를 밀어내기 때문이다.

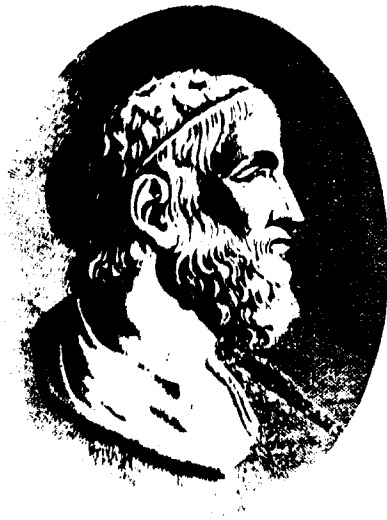
아마 진공이 존재할 수 없다는 아리스토텔레스의 확신 때문에, 위에 기술한 것과 같이 애매한 설명이, 물체가 떠난 공간을 채우기 위해 유체가 밀려들어서 결국 물체의 뒷부분을 밀게 된다는 의미로, 훗날 받아들여지게 된 것 같다. 실제 메카니즘이 무엇이든 간에 물체가 이동하는 동안 필요한 운동유발동기를 유체 그 자체가 공급한다는 믿음은 운동에 관한 매개체 이론으로써 알려지게 되었다.

아리스토텔레스는 확고한 관찰지지가였으며, 지식은 연속적으로 발전되어야 한다고 말과 행동으로 가르쳤지만, 그가 죽은 후에야 그의 업적이 구체화되어 결국 그 이상의 발전을 못하게 하는 결과를 낳았다. 그리스 시대에는 다른 사람들이 보다 큰 주목을 받았고, 아리스토텔레스의 저술이 문명화된 삶의 여러 근본적 측면에서 궁극적인 권위로서 인정받게 된 것은 600-700년이 지난 후의 일이었다. 그래서 중세시기 내내 과학을 정체시켰다는 책임이 종종 그에게 돌아가곤 한다. 만약 아리스토텔레스가 존재하지 않았더라면 그 단계에서의 문명이 어떤 길로 나아갔을지는 아무도 얘기할 수 없지만, 그의 저술을 지나치게 따름으로써 정신적 침체가 계속되었다기보다는, 정신적 침체가 있었기 때문에 그의 저술이 인간사회의 거의 모든 단계를 지배하게 되었다고 결론짓는 것이 정확할 것이다.

기원전 4세기동안 그리스가 세계의 강국으로 등장한 것은 단지 철학적인 발전에 의해서라기보다는 수많은 전쟁과 인접지역에 대한 탐험에 의해 이루어진 것이다. 이들은 좀 더 실제적인 사고를 갖고 있는 과학자들이 실용적인 노력을 하도록 하는데 좋은 영향을 미쳤으며, 이러한 노력의 결과가 선박과 고대 이집트 및 Assyria무기의 개선을 가져왔다. 그래서 알렉산더 대왕시대 이전부터도 기술자가 그리스 탐험대의 중요한 부분이 되었고, 기원전 322년경 이집트를 정복하여 Alexandria도시를 건립하고 나서는, 군대에서 얻은 그들에 대한 평판 덕분에, 도시의 팽창에 따라 생기는 두드러진 위치를 부여받았다. 더구나 Ptolemies대왕 시대에는 학자들(예를 들면 수학자 Euclid)을 끌어 모으려는 노력이 성공적으로 수행되어 Alexandria는 얼마 안가서 그리스 학문의 중심지가 되었다. Muses여신에게 헌납된 웅장한 건물인 박물관을 위해 모든 가용한 원고들이 구입되거나 복사되었는데, 그 곳은 결국 그리스 주요대학의 핵을 이루게 되었다.

Archimedes(287-212 B.C)는 Euclid의 제자로서 Alexandria에서 수학한 사람들 중의 한 명이었는데, 분석적이고 실용적인 학식을 지닌 당대 최고의 인물로 인정받게 되었다.

Sicily섬 Syracuse에서 천문학자의 아들로 태어난 Archimedes는 공부를 마친 후에는 수학을 발전시키고 또한 많은 독창적 발명에 그의 지식을 응용하는 일을 하였다. 물 추진기가 더 원시적인 형태로 이집트에 이미 오래전부터 존재해 오긴 하였지만, 그는 그의 이름이 붙여진 물 추진기의 발명가로 널리 인정받고 있다[3]. 사실, 그의 실용적 활동단계에 대해서는 너무나 많은 전설이 알려져 있기 때문에, 어떤 것이 사실이고 어떤 것이 허구인지 제대로 구분하기가 어렵다. 또한 그 스스로는 그의 활동들이 순수과학보다 아래에 있다고 생각해서 그의 활동에 대한 어떤 기록도 남기지 않았다.



Archimedes

이러한 전설중 가장 널리 알려진 것은, 물론 부력원리의 발견에 관한 것이다[4]. Syracuse의 왕 Hiero I세는 왕관의 제작에 실제로 사용된 금의 양이 잘못되었다고 생각하여 Archimedes에게 이 문제의 증명을 맡겼다고 한다. Archimedes가 공중 목욕탕 욕조에 들어갔을 때 그 문제의 해답이 떠올랐고, 그래서 그는 옷도 입지 않은채 우쭐대며 목욕탕을 나와 달려가면서 큰 소리로 “Eureka”(나는 그것을 발견했다)라고 외친 것으로 되어있다. 그는 왕관과 같은 무게의 금 및 은을 각각 물속에 집어넣어 늘어난 물의 양을 측정함으로써 왕관에 실제로 포함된 금과 은의 절대량을 계산할 수 있었다. 역시 Hiero시대에

Archimedes는 지레와 도르레를 사용한 힘의 증폭을 포함한 놀라운 묘기를 보여주었으며,

지구밖에 서 있을 수 있는 장소가 주어진다면 지구자체를 움직일 수 있다고 주장한 것으로 알려져 있다. 마지막으로 Syracuse에 대한 로마의 침공때 상당히 오래 버틸 수 있었던 효과적인 병기를 Hiero를 위해 고안했으며 마지막 침공때 그 자신은 살해된 것으로 추측된다.

Archimedes의 원고는 10편으로 알려져 있는데, 그 중에 수리학사에 있어서 가장 중요한 것은 두 권으로 되어 있는 정수역학과 부체역학에 관한 해석이다. 그의 처리논법은 그가 이전에 행한 지렛대에 대한 해석을 생각나게 하는 것으로서 순전히 다음과 같은 두 개의 간단한 가정에 근거를 두고 있다[5, 6].

가정 1. 유체는 그 성질에 있어서 각 부분들이 균등하게 위치하고, 연속적이며, 압력을 더 받는 부분이 덜 받는 부분을 밀어내며, 유체가 무엇에 둘러싸여지거나 다른 어떤 것에 의해 압력을 받지 않는 한 각 부분은 그 위에 수직기둥 전체의 무게에 의해 항상 압력을 받는다고 가정한다.

가정 2. 유체속에서 위로 힘을 받는 물체들은 무게중심을 관통하는 수직선을 따라 힘을 받는다고 가정한다.

첫 번째 가정으로부터 그는 지금까지도 정수역학의 기본법칙들을 형성하는 다음의 세 가지 가설을 유도하였다.

유체보다 가벼운 어떤 고체가 유체내에 놓인다면 고체의 무게가 밀어낸 유체의 무게와 같게 된 깊이 까지 유체에 잠길 것이다.

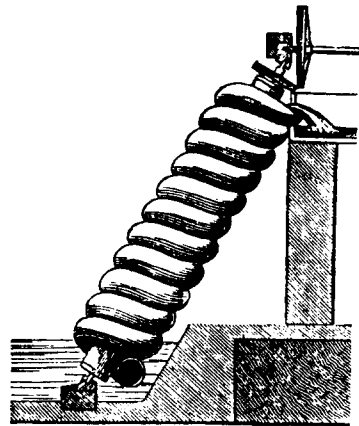
유체보다 가벼운 고체를 강제적으로 유체안에 잠기게 하면, 고체는 고체와 밀려난 유체의 무게차와 같은 크기의 힘만큼 위로 움직일 것이다.

유체보다 무거운 고체가 유체내에 놓인다면 유체의 바닥까지 가라앉을 것이며, 유체 내에서의 무게를 측정하면, 밀려난 유체의 무게만큼 원래 무게보다 가벼워 질 것이다.

이러한 가설들에 대한 그의 증언은 단지 주어진 조건하에서만 정적 평형상태가 실제로 나타날 수 있다는 다소 단순치 않은(그러나 엄밀하지 않은) 논증을 포함했다. 첫 번째와 두 번째 가정으로부터, 원판(구를 절단하여 생기는)의 밀면(그 경우의 절단면)을 맨 위로 또는 맨 아래로 위치하게 하는 경우에 대하여, 구조각의 안정에 관한 다음과 같은 가설을 유도하였다.

유체보다 가벼운 원판 형태의 고체가 그 밀면의 유체표면에 닿지 않도록 유체안에 잠기게 되면, 고체는 그 축이 유체 표면에 연직한 상태로 되어 정지할 것이다. 또한 고체의 밀면 한쪽을 유체와 접촉하게 한 상태에서 물체를 놓으면 고체는 그 상태로 머물러 있지 않고 대칭으로 놓인 상태로 되돌아 갈 것이다.

유체보다 가벼운 구조각 형태의 고체가 그 밀면이 완전히 유체속으로 들어가도록 유체속에 침수된다면, 고체는 그 축이 유체 표면에 연직한 상태로 되어 정지할 것이다.

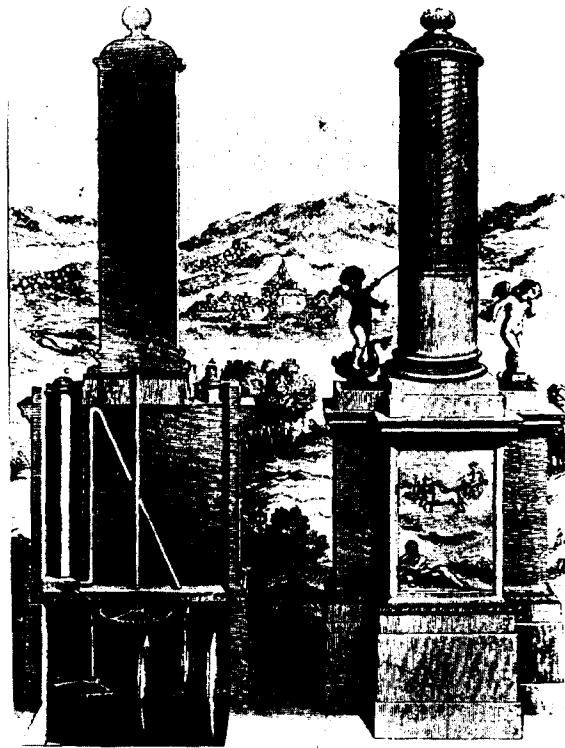


이집트에서 만든
Archimedean screw의 모습

이에 대한 증명은 결국 밀면이 수평이 아닌 경우에, 물체의 총중량과(총중량은 무게중심에 집중되었다고 가정)유체의 부력이(침수된 부분의 무게중심에 집중되었다고 가정)물체의 밀면이 수평이 될 때까지 물체를 회전시키려고 하는 것과 같다. 본질적으로 같은 방법이 유체에 떠있는 회전 포물면에 대한 분석에 적용되었으며, 면적, 부피, 무게중심을 결정하기 위해 그가 개발한 기하학적 적분법으로 확장되었다.

Archimedes의 정수역학은 가장 오래 지속되고 있는 그리스역학의 업적들 중 하나가 되었다. 물리적 성질의 관점에서 역학현상을 설명했던 그의 선조들과는 대조적으로, 그의 접근법

은 순수하게 수학적이었다. 그의 저술들중에서 물리적 성질에 관한 언급은 한마디도 찾아볼 수 없다. 사실 그는 소요학과의 물리학에 관해서는 어떤 형태의 언급도 하지 않았다. 그러므



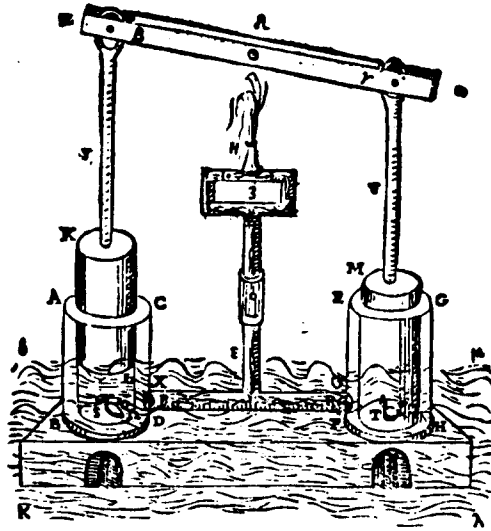
물시계

로 그의 분석은 모두 첫 번째 가정의 타당성에 의존하였는데 그의 첫 번째 가정은 두 번째 가정과 마찬가지로 확실히 타당한 것이었다. 약 20세기 후 Lagrange는 “이는 Archimedes의 천재성을 증명해주는 가장 훌륭한 업적의 하나이다. 현대에도 그의 이론에 더할 것이 거의 없을 만큼 완성된 형태의 부체안정이론을 포함하고 있기 때문이다” 라 하였다.

기록의 부족과 기록속에 같은 이름이 중복되어 나오는데 따른 혼동으로 인하여 정확한 시기를 추정하기는 어렵지만, 역사상 언급되어야 할 Alexandrian학파를 대표할 만한 사람들로써 세 명을 더 들 수 있다. 이들 중 첫 번째 사람이 Ctesibius인데, 그는 기원전 3세기 후반부 동안 또는 기원전 2세기에 살았던 것으로 여겨진다. 두 번째 인물은 Byzantium의 Philo인데, 그는 Ctesibius의 후손이거나 동시대 인물이었다. 그리고 세 번째 인물은 Alexandria의 Hero인데, 그는 정확한 시기는 알 수 없으나 대략 기원전 150년에 살았다.

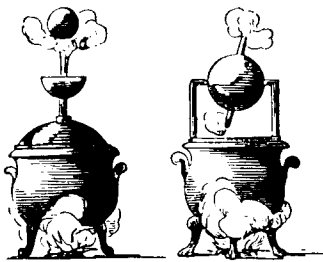
Ctesibius는 이발사의 아들로 Alexandria에서 태어났으며, 그 역시 타고난 이발사였지만, 물시계, 공기총, 수력기관 등을 발명한 발명가이기도 하였다. 사실 “hydraulic”이라는 형용사가 처음 생겨난 것은 이후의 일이지만, 수압에 의해 공기의 흐름을 일으켰다는 뜻으로

organ의 유형을 표시하기 위하여 그러한 표현을 사용하였다. Ctesibius의 저술로서 지금까지 남아있는 것은 없고, 단지 Vitruvius와 같은 후세의 작가들을 통해서 그가 어떠한 것들을 발



Ctesibius에 의해 고안된 최초의 펌프

명하였는지 언급되어 있을 뿐이다[4]. 오늘날의 평가에 있어서 특히 관심을 끄는 것 중의 하나는 기록상 최초의 펌프로서 피스톤이 두 개인 양배기 장치가(그 자신 또는 다른 사람들에 의해) 소화용 수맥을 일으키는데 사용되었다.



중기압력의 효과

기체역학에 관한 Philo의 단편저술은 부분적으로 지금까지 존재한다[7]. 그는 이전에 만들어진(몇세기 전이었는지는 알려져 있지 않음) 사이폰의 작동방법을 다루어 일부가 공기로 채워진 압력실을 포함하는 많은 시스템에 사이폰을 계속 활용하였는데, 이 중에는 흐름내의 특정 단면에서의 수위를 일정하게 유지하려는 뚜렷한 목적을 가진 것들도 있었다. 이러한 시스템들이 궁극적으로 어떻게 활용되었는지를 부분적으로 남아있는 그의 저술로부터 제대로 알 수는 없으나, 고

대 그리스에서 고도의 완성상태인 수많은 수리학적·기체역학적인 장치, 기술, 비법등에서 어떤 역할을 담당했을 것이라는 추측은 할 수 있다.

기체역학, 역학, 측량학, 물시계 등의 문제가 Hero의 저술들에 남아있기는 하나 이들은

독창적인 것들이라기 보다는 백과사전적인 지식을 모아놓은 것으로서 볼 수 있는 것이었다. 따라서 Hero는 이 때문에 주로 역사가로 여겨졌으며, 타고난 과학자로는 거의 생각되지 않았다. 그의 저술에는 그리스인의 발명술을 매우 광범위하고 흥미롭게 기술하고 있는데 반하여, 현재 큰 관심을 끄는 것은 흐름의 기본개념에 관한 그의 해석이다. “기체역학”의 서론에서 그는 진공을 부정하는 아리스토텔레스와 다소 다른 견해를 가졌다. 확장된 진공이란 자연법칙에 어긋나는 것이지만, 입자간의 미소한 공간이 강제로 줄어들 수 있는 바와 같이 인공적으로 진공이 생기게 할 수도 있다는 그의 추론이었다. 사이폰의 원리에 관해서, 그는 긴 구간에 있는 물이 양적으로 적은 짧은 구간의 물을 끌어당긴다는, 그렇지 않고서는 한 구간의 직경을 크게하여 수량을 증가시키더라도 아무 변화가 없어야 할 것 아니겠느냐는 당시의 믿음을 비판했다. 오히려 그는 모든 수체가 지구와 동심원을 이루려 하는 자연적 경향 때문에 사이폰 흐름이 생겨난다고 주장했다. 즉 수위가 서로 다른 물을 담은 두 개의 용기를 연결한 사이폰을 통하여, 두 용기의 수위가 같아질 때까지 물이 흐른다는 것이었다. 그러나 사이폰의 윗부분에 물이 흐르는 것에 관해서는 다음과 같이 서술하였다[4].

액체의 성질에는 반하는 것이지만 우리가 사이폰을 이용하여 포도주를 위쪽으로 빨아 올릴 수 있는 것과 같은 이유이다. 우리가 사이폰내의 공기를 체내로 들이마시면, 몸속이 전보다 공기로 더욱 충만하게 되어 인접한 공기에 압력을 가하게 되고, 이는 다시 대기에 압력을 가하여 포도주 표면에 공간이 생겨나게 된다. 그렇게 되면 포도주 자체도 압력을 받게 되어 사이폰에의 빈 공간으로 이동할 것이다.

같은 원고에서 Hero는 사이폰의 많은 현명한 응용방법들에 대해 논하였는데, 이것은 Philo의 저서에서 발견된 것들과 유사하였다(더 복잡한 것도 종종 있었다). 이중 특히 관심을 끄는 것은 임의의 유속에 일정유량을 발생시킬 목적으로 부유체 위에 사이폰을 설치한 매우 간단한 방법의 장치이다. 아마도 이 장치가 속도와 수두의 관계에 따라 변하는 것을 최초로 명백히 설명한 것이 아닌가 싶다. 역시 Hero가 기술한 최초의 것으로, 알려진 제트 추진 설비가 있는데, 오늘날의 잔디 물뿌리개와 같은 원리로 작동하는 회전식 증기추진 장치였다. 그러나 Hero는 이를 유용한 기계라기 보다는 신기한 장난감 정도로 생각했다.

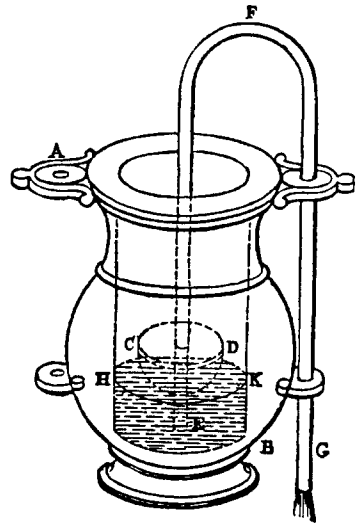
일정한 유출률을 발생시키기 위한 여러 방법에 대한 그의 평상적인 언급보다 훨씬 중요한 것은 통수면적, 유속, 유량 및 시간사이의 관계에 관한 최초의 표현을 포함하고 있는 Hero의 저서 “Dioptra”에 나오는 다음의 구절이다[1]:

주어진 샘에 대하여 그 흐름, 즉 샘에서 분출되는 유량을 결정하려면 샘의 어떤 점에서도 물이 유출되지 않도록 샘의 모든 물을 막고, 사각형단면의 통로형 파이프를 축조할 필요가 있다.

파이프의 크기가 물의 흐름단면보다 더 크게 되도록 주의해야 한다. 파이프는 샘물입구에서 파이프

단면적의 일부분을 채울 것이다. 예로서 그 일부분이 두 단위라 하자. 그리고 파이프의 폭은 6단위(약 11.3cm)라 가정하면, 샘물의 흐름은 12(6×2) 제곱단위이다. 샘이 공급하는 수량이 얼마인지 알기 위해서는 흐름 단면적(우리 예에서는 12 제곱단위)을 아는 것만으로는 불충분함을 주목할 필요가 있다. 우리는 또한 유속을 알아야 할 필요가 있다. 왜냐하면, 유속이 빠를수록 유량은 더 증가하고, 유속이 느릴수록 유량은 감소하기 때문이다. 우리는 수로 아래쪽에 저수지를 파고, 시계의 도움으로 시간당 저수지로 유입되는 유량을 알아내고 이로부터 하루동안 흐른 수량을 계산해야 한다. 따라서 흐름 단면적을 계산할 필요가 없다. 왜냐하면, 유출된 수량은 시간을 측정함으로써 분명히 알 수 있기 때문이다.

Alexandria의 Hero에 이르러, '수리학사'에 끼친 고대 그리스의 공헌에 관한 이야기는 끝에 다다른다. 물공급 기술에 있어서의 발전을 차치하고 (이에 대한 그리스인들의 기록은 거의없음) 그 외의 공헌은 세 항목으로 요약될 수 있다. 즉 이론철학, 수학의 공식, 그리고 발명이다. 첫 번째 유형의 활동은 아마도 가장 필요하고 확실히 가장 광범위하게 수행된 활동이었으나, 수세기동안 큰 관심과 평가를 받았음에도 불구하고, 과학적인 면이 다소 빈약하였다. 그도 그럴것이 Archimedes의 원리들은 영속적인 가치를 지닌 것이었기 때문에 이와 대조적으로 두 번째 분야에서는 양적부족을 질적인 것으로 보다 보충시킨다. 세 번째 항목에 있어서 사람들은 실제로 원고에 표현된 것 이상의 지식이 있었는지에 대한 증거를 찾으려는 경향이 있다. 그러나 많은 원고들에 쓰인 내용들이 서술하는 바와 같이, 발명품들의 독창성을 인정한다 치더라도, 그들이 이용한 흐름현상은 앞에서 인용한 Hero이상으로 잘 이해되지는 않았던 것 같다. 실제로 발명품 자체는 그 후 수세기 동안 칭송받았으나, 이러한 성숙하지 못한 개념들은 사실상 곧 잊혀질 것들이었다.



일정한 수두의 사이폰

참 고 문 헌

- [1] COHEN, M. R., and DRABKIN, I. E., *A Source Book in Greek Science*, New York, 1948.
- [2] DUGAS, R., *Histoire de la Mécanique*, Paris, 1950
- [3] EQBANK, T., *Descriptive and Historical Account of Hydraulic and Other Macheues for Raising Water*, London, 1842.
- [4] GRANGER, F., *Vilruvius on Architecture*, Vol. 2, New York, 1934.
- [5] HEATH, T. L., *The Works of Archimedes*, Cambridge, 1897.
- [6] VER EECKE, P., *Les Œuvres complètes d'Archimède*, Paris, 1921.
- [7] ROCHAS, A. DE, *La Science des Phelosophes et l'Art des Thaumaturges dans l'Antiquité*, Paris, 1882.