

제 1 장

고대초기의 실용적 수리학

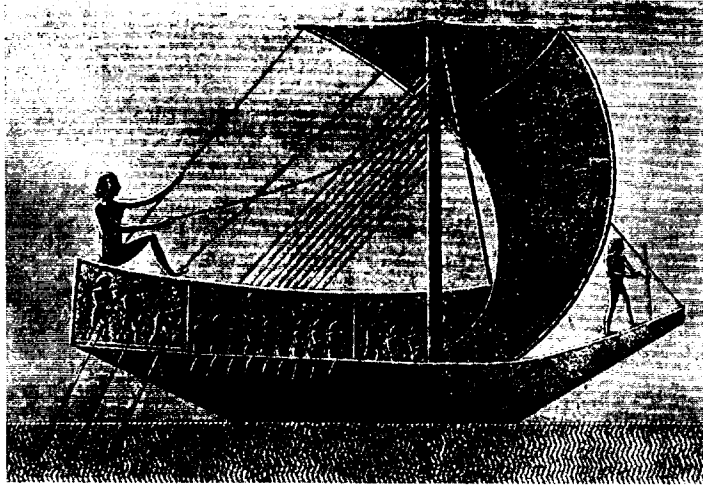
인류발전의 역사 분야에서 수리학에 관한 사료(史料)는 양적인 면에서 양극 사이에 분포한다. 금세기에와서는 가능한 모든 주제에 대하여 너무나 많은 글들이 쓰여져서, 수많은 자료들 중에서 진수를 가려내는 것이 주된 일이 되어 버렸다. 이와는 정반대의 경우가 고대에 관한 사료이다. 고대 초기에 관한 지식들이 상당한 정도로 축적되어 왔고, 축적된 지식들간의 연관성을 파악하려는 노력 또한 계속되어 왔으나, 어떤 특정 관심분야에 관해서는 현대의 경우에 비하여 매우 빈약하기 때문에, 아주 제한된 결론만을 도출하는 데도 그 특정분야에 필요한 자료들을 모으기에 급급한 것이 역사가들의 주된 일이었다.

먼 과거로 거슬러 올라갈수록 유용한 사료의 양은 점점 줄어들는데, 이는 대체로 다음 세가지 정도의 이유로 설명할 수 있다. 우선 초기 문명시대로 가까워지면서 기록된 내용들은 덜 객관적이고 추측이 많이 가미된다는 것이다. 둘째로 당시 작성된 기록들이 오래된 것일수록 중간에 분실되거나 훼손되었을 가능성이 더 커진다는 점이다. 세 번째 이유로는 과거로 갈수록 기록방법이 양적, 질적인 면에서 급격히 떨어진다는 점을 들 수 있다. 손으로 쓴 원고들은 인쇄된 책에 비하여 충분하지 못하며, 흙이나 돌에 새겨넣은 기록들도 있으나 이들은 더욱 결함이 많다. 마지막으로 이렇게 각인된 기록들은 발견되지 않을 수도 있으며, 이 때에는 남겨진 실제 물리적 업적물의 불완전한 자취로부터 그것을 해석하는 데 크게 의존하게 된다.

유체운동이라는 현상에 확실하게 대처하기 위한 원시인들의 최초 노력에 관한 기록은 전혀 없는 것이 확실하다. 힘을 가하여 유선형으로 제작한 창으로 발전하기까지 수천년이 걸렸고, 이것은 막대기나 돌같은 단순 투척물들을 던지는 데 사용되었을 것이라는 추정이 가능할 뿐이다. 그러나 더욱 안정된 상태로 날아갈 수 있도록 화살에 깃을 붙이는 발전된 기술이 선사시대에 이미 개발되었다. 단, 유체저항을 이론적으로 설명하기 위한 최초의 노력이 돌이나 창 또는 화살 등의 운동과 관련되어 이루어진 것이 사실이 아니라면, 선사시대 역사에서 이러한 주제에 관하여 언급하는 것이 부적당할 수도 있다.

보트와 배의 초기 개발에 관해서도 마찬가지로 기록이 없다. 통나무에서 뗏목으로 그리고 제대로 모양을 갖춘 배로, 손에 의한 추진에서 돛의 사용으로, 단순한 하천주운에서 연안을 따른 항해와 대양을 가로지르는 항해로의 전환과정에 대해서도 단지 상상만이 가능하다. 그러나 석기시대의 둥근나무배는 지하동굴이 있는 스위스 호수지역, 아일랜드의 습지, 그리고 스코틀랜드와 영국의 하구들에서 발견되어져 왔다. 이들 동굴에는 적어도 기원전 3000년

이전에 존재했던 노와 돛으로 항해하고 뱃머리가 뾰족한 배가 그려진 이집트 그림들이 있다. 옆으로 젖게 되어있는 선미의 노를 사용함으로써 처음으로 조타가 이루어졌고, 이후에는



고대 이집트의 배

두개의 노를 선미에서 사용하거나 또는 선미와 뱃머리, 양쪽에서 각각 사용함으로써 조타를 행한 것으로 보인다. 그러나 기원전 1000년 조타장치에 붙은 조타용 노가 등장하였다. 여러 층으로 된 추진용 노도 종종 사용되었다. 항해는 오직 순풍에 단 돛에 의해서 행하여졌다. 그러나 배를 가장 효과적으로 사용한 것은 고대 페니키아인들(Phoenicians)이며, 그들은 Cornwall 주에 이르는 먼 거리를 항해하기도 하였다.

초기 수리학사에 있어서는, 수리기술자가 다른 직종들에 비하여 편찮은 직업이었던 것 같다. 이는 가장 오래된 고대 문명의 유물중 선사시대의 수로들이 눈에 띄게 많다는 사실로부터 미루어 알 수 있다. 실제로 용수로 및 해상운송등이 그 문명자체 보다 앞섰다고 보아진다. 물의 흐름을 조절하려는 노력이 맨처음 성공적으로 이루어진 곳이 이집트나 또는 메소포타미아나 하는 문제에 대해서는 아직도 의견이 분분하다. 이는 선사시대 관개사업의 흔적이 이들 두 나라 모두에서 발견되어 왔고 그 시기를 추정하기 어렵기 때문이다. 양쪽 모두 넓은 평야, 풍부한 하천 유량, 온화한 기후와 건조하지만 비옥한 땅이 적절한 조화를 이루었던 것으로 보인다. 신석기 시대의 유물로부터 알 수 있는 당시 인류의 생활수준으로 미루어 볼 때, 양 지역 모두 인구가 상대적으로 꽤 많았던 것으로 나타나고 있다. 선사시대로 부터 청동기 시대로의 전환은 대강 어렵잡아 볼 때, 기원전 4000년경에 이루어진 것으로 생각된다. 따라서 양쪽 모두 이보다 오래전에 광범위한 관개시설을 갖추었으리라는 결론에 도달하게 된다.

이집트의 나일강 유역은 원래 계절에 따른 홍수의 범람이 일어나고, 사막과 습지가 연속

된 지역이다. 높은 곳의 물이 아래로 흐르는, 즉 중력에 의한 흐름을 이용한 수로들이 아주 오래전에 건설되기 시작했다는 데는 의심의 여지가 없다. 그러나 이러한 방법을 널리 적용하기 위해서는 증가된 최소수위와 주변지역에 공급할 수량에 대한 통수능의 확보라는 양면적 문제가 해결되어야 했다. 기원전 4000년경에 첫번째 왕조를 창건한 것으로 전해져오는 Menes 왕조의 초창기 왕중 하나가 Memphis(당시 수도로 현 Cairo 남쪽 약 22.4km부근)에 나일강을 가로지르는 석조댐을 축조하여 주위의 많은 건조한 땅을 개간하였을 것으로 판단되는 증표들이 나와 있다. 막대한 홍수량을 저수하기 위하여 Joseph 수로를 이용한 선사시대의 호수인 Moeris 호가 사용되었는데, 호수 수위는 서서히 감소하여 저수 당시보다 30m 피트 이상 낮아져 있었다. 그 이후(약 2500년전) Cairo에서 Suez에 이르는 운하와 건설되었고, 계속된 노력으로 지중해와 홍해를 연결하는 현재의 Suez에 이르는 운하와 거의 같은 항로 완성되었다. 기원전 14세기 Rhameses 2세 시대에 이르기까지 매우 광범위한 수로 및 저수지 체계가 개발되었다.

메소포타미아의 경우도 두 개의 나란한 강(Tigris 와 Euphrates)이 있었다는 점 외에는 이집트의 경우와 유사한 상황이었다. 기원전 3000년 이전에 대해서는 기록이 없으나 가장 오래전에 발견된 기록에 의하면 독립국가들간의 경계가 경계석 뿐만 아니라 수로들로 이루어졌던 것으로 보인다. 사실 바빌로니아 평원의 조밀한 지역생활은 수로를 사용한 유희습지의 개간 없이는 불가능한 것이었다. 이러한 관개사업의 유물들로부터 당시 이 지역에 정교하게 계획, 관리된 수로망이 있었음을 알 수 있으며, 그 결과 세계에서 가장 비옥한 땅이었던 것으로 알려져 있다. 이집트에서는 홍수때 저류용 저수지를 사용하는데 반하여, 이 곳에서는 바빌론에서는 위쪽에 위치한 세 개의 주요 수로들을 연결하여 Euphrates강에서 Tigris강으로 중력에 의한 자연스런 흐름이 사용된 것으로 보인다. 이러한 목적으로 Euphrates강 어귀에는 원래부터 댐이 만들어졌었다고 이후 Pliny가 언급한 바 있다.



고대 이집트의 파래박

최근까지만해도 오늘날 인도와 파키스탄에 있는 것과 같은 광범위한 관개체제가 고대에도 존재했다고 하는 믿을 만한 근거는 거의 없었다. 그러나 지금은 대략 기원전 3000년경

인더스 강 유역에도 이집트나 메소포타미아의 경우보다 거대한 문명이 이루어졌을 것이라는 증거가 나타나고 있다. Harappa와 Mohenjodaro의 발굴 결과, 물공급을 위한 도관과 도로중앙 아래에 놓인 배수용 벽돌관들과 함께 많은 집들에서 욕조가 발견되었다. 불행하게도 수차에 걸친 하천유로 설정 변화로 인해 당시 수로를 만든 흔적은 남아있지 않다.

초기 중국역사에는 다분히 전설적이고 사실적이지 못한 기록들이 많아서 과거 물조절의 발달과정을 절반도 알아내기가 불가능하다. 가히 기술자라고도 할 만한 황제 유(Yu)에 관한 전설적인 이야기들이 많이 있는데, 그는 약 4000년전에 홍수로 인한 강의 범람을 막기 위해 훌륭한 제방치수계획을 수립하였으며, 이들 제방은 이후 수천년동안 안전하게 사용되었다고 한다. 아무튼 최소한 3000년전에 중국에서는 관개가 발달하였으며, 또한 약 BC 2세기경 기술자 누(이)가 방대한 운하망을 설계하고 수위 측정기를 설치하였으며, 운하망의 운영방안을 수립하였는데, 이때 수립된 운영방안은 아직까지도 사용되고 있다고 한다.

강물의 유량조절은 자신과 자신의 땅에 물을 공급하기 위한 인간 노력의 필연적인 시작이었다. 첫째로, 우물공사는 수로만큼 오래전에 이루어지지는 않은 것으로 보이지만, 수로의 경우와 다소 다른 공학적 기술을 필요로 했다. 예를 들면 BC17세기경에 축조된 것으로 추정되는 Cairo의 Joseph's Well은 단단한 바위를 통하여 거의 100m까지 굴착되어졌으며, 또한 고대 중국에는 300m피트 깊이 이상의 우물이 만들어졌던 것으로 전해진다.

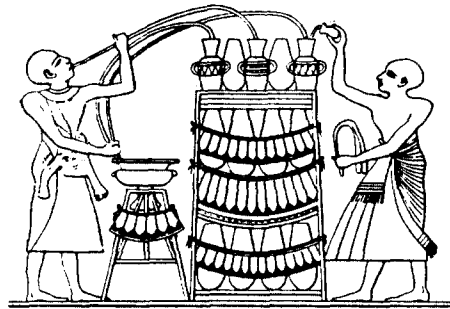


19세기 이집트의 파래박

많은 초기 관개수로의 경우와 마찬가지로 우물의 효과적인 사용을 위해서는 물을 끌어올리는 수단이 필요했다. 4000년전의 이집트 그림중에는 인력으로 강에서 물을 퍼내 수로로

운반하는 모습을 그린 그림들이 있는데, 이러한 운반과정은 몇 단계를 거쳐 연속적으로 이루어진 경우도 종종 볼 수 있다. 이와같이 초보적인 수동식 방법에서 지지봉 위로 국자 모양의 용기와 추를 사용하는 반기계식 방법으로 개선된 것을 알 수 있다. 이러한 방법은 기원전 수천년 전에 시작되었으며 이집트는 물론 인도에서는 아직도 사용되고 있다. Joseph's Well에 있는 물은 순환사슬에 매달린 물통들을 이용하여 끌어 올렸다. 순환밭줄에 연이어 매단 국자 모양의 용기를 이용하는 유사한 방식이 관개분야에서 발견되었는데, 처음에는 사람의 힘으로 나중에는 동물의 힘을 사용하여 가동되었다. 관개와 배수를 목적으로 한, 간단한 수차에 의한 수력의 이용방법은 이집트, 메소포타미아 그리고 중국에서 최소한 BC1000년경에 개발된 것으로 보인다. 또한, 얼마 후에는 원시적 형태의 풍차가 페르시아에서 만들어졌다.

지형적으로 노천채수가 여의치 않은 지역간의 물 운송을 위하여 인공적인 수로를 사용한 한걸음 발전된 모습이 나타났다. Syria와 Cyprus에는 페니키아인들에 의해 만들어진 주목할 만한 도수관 체계의 흔적들이 남아 있는데, 여기서는 바위를 관통하는 터널들과 계곡들을



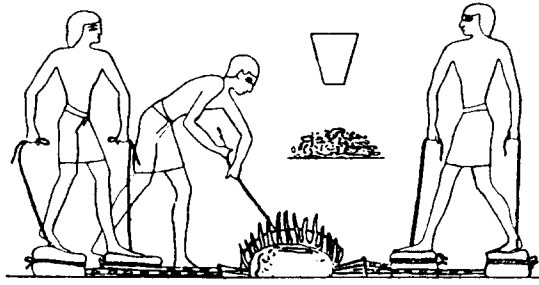
siphon현상에대한 그림기록

가로지르는 압력수로들이 있다. Jerusalem은 그 초창기부터 이러한 도수관 체계에 의하여 물을 공급받았는데, 기원전 1000년경 Judah의 왕들에 의하여 이러한 체계가 만들어진 것으로 보인다. Solomon 호수로부터 두 개의 관로를 통하여 도시에 물이 공급되었는데, 그 중 아래쪽 수로는 길이가 약 30km이고 그중 아치형태로 Hinnom계곡을 가로지르는 수로는 아직까지도 완전한 형태로 남아있다.

이러한 대규모 수공구조물의 축조와는 달리 사이폰(siphon), 물총(syringe), 풀무(bellows)와 같이 크기가 작은 물건들의 발명 및 개발이 있었다. 그러나 이들은 인간이 유체 흐름에 관한 원리를 이해하는데 매우 중요한 역할을 하였다. 이러한 것들이 당시에 있었음을 예시하는 내용들은 이집트의 기록들 속에서 우연히 찾아볼 수 있을 정도이고, 이들의 발전단계에 관해서는 거의 알려진 것이 없다. 피펫(pipette)과 사이폰은 기원 오래전에 한 용기에서 다른 용기로의 액체운반 모습을 그린 그림속에서 볼 수 있었다. 또한 피스톤 방식의

물층은 왕복형 펌프(positive-displacement pump)의 모태로서, 특히 시체의 방부처리 기술과 관련하여 역시 그림속에 등장하였다. 간단한 수동식 풀무는 대장간에서 바람을 부치는데 맨 처음 사용되었고, 나중에는 발로 밸브조작까지 함께 하는 단계로 발전되었다. 또한 이집트인들은 눈금이 표시된 용기로부터의 유출 또는 물에 떠 있는 용기의 바닥을 통한 유입 등의 흐름을 이용하여 시간을 측정하였다. 물과 공기의 압력은 성직자에 의해 고안된 사원의 많은 신기한 물건들을 움직이는 원동력으로 사용되었다.

이러한 초기 업적들에 대한 불완전한 회화적 기록과 물리적인 흔적이 남아 있는 것만으로는 고대의 기술자, 공학자 및 선박 제조자들이 유체흐름에 관한 원리를 실질적으로 어느 정도 이해하고 있었는지는 추측만이 가능할 뿐이다. 인간의 유년기와 문명화의 초기 사이에는 어느 정도 유사성이 있다. 어린아이가 유체흐름의 원리도 모르면서 본능적으로 스트로를



초기 수동식 송풍기의 모습

통해 물을 분출시키지 않고, 도랑이나 샐강에 댐을 만들었으며, 뭉뚝한 뱃머리를 뽕족하게 발전시켜 모형배를 만들었겠는가? 어떤 일이 처음 성공하게 된 것은 분명 시행착오의 결과였다. 여러번 시도한 사람일수록 그에 비례하여 더 나은 기술을 습득하였다(사실 요즈음에 있어서도 많은 기술자들이 그들의 성공을 강의실에서의 이론보다는 현장에서의 경험 덕분이라 생각한다). 전문가들이 직업적 비밀을 지키려는 경향때문에 기술지식이 종합적으로 기록되지 못하도록 하였지만 어떤 사람에 의하여 습득된 지식은 그의 후손들에 의해 입에서 입으로 또는 비망록에 의해 전수된 것 또한 분명하다.

따라서 이러한 역사초기에 존재한 원리나 경험법칙들이 얼마나 빈약한 것이었는지 또는 해박한 것이었는지는 전혀 알려져 있지 않다. 화살과 균함의 형태를 보면 흐름에 놓인 물체를 유선형으로 만드는 것이 좋다는 것을 당시 사람들이 알고 있었음을 알 수 있다. 압력과 유출면적, 그리고 유출량간의 상호의존성은 확실히 알고 있었다. 수로경사와 흐름방향간의 관계를 알고 인식하고 있었던 것도 명백하다. 하지만 단순히 흐름방향이라는 것과 이보다 좀더 적절한 개념인 체적유량과의 차이점을 감각적인 수준 이상으로 알고 있었는지는 전혀

알 수 없다. 왜냐하면 유체흐름의 연속성에 관한 정량적 기술이 문헌에 나타나기 시작한 것은 그로부터 수세기가 지난 후의 일이었기 때문이다. 결국 고대초기의 수학은 원하는 결과를 근사의 원리로 이상의 과학적 기초가 결여된 단순한 기술이었다고 밖에 결론을 내릴 수 없다. 그러나 우리는 고대기술자들이 과학적 이해가 부족했음을 탓할 것이 아니라 전례 없이 전혀 새로운 업적들을 이룬 것에 대하여 경의를 표해야 할 것이다. 그러한 업적이 없었다면 그들의 후손들이 다음장에 기술한 바와 같은 수학이라는 과학의 점진적 발전을 시작할 수 있었을지 의심스럽기 때문이다.