



수학의 대가 아르키메데스는 수리학자

김 중 훈 (고려대학교 토목환경공학과 부교수)

아르키메데스는 B.C. 287년에 이태리 남부 시실리섬의 진주라 일컫는 시라큐즈시에서 태어났다. 이 도시는 B.C. 734년부터 고대 그리스의 코린스(Corinth)에서 온 정복자들에 의해 통치되어 오다 아르키메데스가 태어나기 한 세기 반전에 아테네와의 전쟁에서 승리함으로써 독립을 얻을 수 있었다. 그 당시 시라큐즈는 그리스상인들에게는 선박의 정박지로서 해상무역 활동의 근거지로서 무한한 가치를 지니고 있었다. 고대 그리스의 시라큐즈 정복은 스페인의 헤르난 코테즈가 멕시코를 정복한 사건과 비유될 수 있는데 우선 멕시코의 독립도 지금으로부터 한 세기 반전에 이루어졌다는 점이다. 멕시코가 그랬던 것처럼 시라큐즈도 그리스의 언어와 종교를 그대로 받아들였다. 그러나 많은 사람들이 아르키메데스를 그리스인이었다고 생각하는 것은 마치 멕시코 사람을 스페인 사람이라고 생각하는 것과 같은 것이다.

또 한 사람의 뛰어난 발명가이자 수리학자였던 레오나르도 다빈치처럼 아르키메데스도 항상 나이 많은 할아버지로 기억되곤 하는데 레오나르도 다빈치는 그 유명한 초상화 때문일 것이고 아르키메데스는 75세의 나이에 로마에 대해 시라큐즈시를 지키는 전쟁에서 선두지휘를 하였기 때문일 것이다. 반면에 그의 유년기에 대한 정보는 거의 전무한 형편이다. 그러나 신생아의 이름을 지을 때 그 아이가 장차 무엇이 또는 어떻게 되라는 희망을 나타내었던 그 당시 그리스의 관습으로 미루어 몇 가지를 유추해 낼 수는 있을 것이다. Archimedes는 meditate(명상하다)의 뜻을 가진 'medomai'라는 동사와 preeminence(절

출) 또는 superiority(탁월)의 뜻을 가진 'archi'라는 접두사가 합하여진 것으로 보인다. 따라서 이 이름은 이 아이가 장차 뛰어난 과학자가 되었으면 하는 바람을 표현한 것이며, 그의 부친인 Phidias가 천문학자였다는 점으로 미루어 그 짐작에 신뢰성을 더해준다. 그렇다면 Phidias는 그런 이름을 가진 아들과 함께 밤하늘을 관찰하고 그가 아는 수학지식을 가르치고 여러 동료들 또는 제자들과의 토론장에 데리고 다니며 아들의 교육에 온갖 노력을 경주하였으리라는 것을 짐작하기란 그리 어렵지 않을 것이다.

이 도시로 들어오는 모든 배에서 보이는 애트나 신전의 맞은편 분수대 옆에 앉아서 바다의 끊임없는 움직임을 생각에 잠긴 듯한 시선으로 바라보고 있는 젊은 아르키메데스를 상상해 본다. 뚝을 걷은 채로 부드러운 파도에 흔들거리며 항구에 정박해 있는 배들을 호기심 어린 시선으로 바라보며 부력이라는 신기한 현상에 대해 깊은 생각에 잠긴 소년이 눈에 들어온다. 아프리카 북부의 고대도시인 카르타고로부터 지중해를 일주하는 중에 들리는 상선들은 물론이고 이집트의 알렉산드리아로부터 온 화려한 선박들이 많았을 것이다. 그 당시 알렉산드리아의 파라오의 섬이라는 곳에 등대가 세워졌는데 얼마나 웅장하고 컸는지 40km 밖에서도 그 불빛을 볼 수 있었다고 한다. 그 등대는 당시 알렉산드리아의 번창했음을 말해주고도 남을 것이다.

젊은 아르키메데스는 그 배들 중 하나를 타고 그 위대한 도시로 가서 당대의 수학자 유클리드(Euclid)의 문하생이 되기를 얼마나 열망하였을까? 사실 그 당시 알렉산드리아는 세계 과학의 중심지였

다. 도서관은 30만 권이 넘는 장서를 보유하고 있었으며 박물관에서는 각국에서 모여든 학자들을 이집트 정부가 고용하여 연구와 강의에 전념하도록 하고 있었다. 유클리드는 그 중에서도 제일 가는 학자였으며 자와 컴파스를 이용한 도형과 그림에 관한 당시의 그리스인의 지식을 논리적으로 수집하여 총망라하였던 인물이었다.

아르키메데스의 그 꿈은 이루어졌다. 그가 도착했을 때, 유클리드는 이미 세상을 떠난 뒤였지만 그 학교는 사모스섬(피타고라스의 출생지로도 알려져 있음) 출신의 캐논(Canon)에 의해서 계속 활발한 활동을 하고 있었다. 그는 그 곳에서 기하학에 대하여 배우고 연구한 후 시라큐즈로 돌아오게 된다. 그는 귀국 후에도 서신을 통하여 동료들과 끊임없이 수학적 연구결과를 교환하였다. 그 내용은 포물선의 면적, 구체 타원체, 포물면의 부피 결정 등이었다. 그는 그의 기술과 방법을 가르쳐 주기를 좋아하였으며 그의 해설은 간단 명료하였고 그의 저술은 평범하고 겸손하게 쓰여졌다. 그러나 그의 수학적 연구결과는 심오한 것이었다. 그는 자와 컴파스의 시대를 마감시키고 숫자계산 대수학, 적분학의 시대를 혼자서 열었던 것이다. 그는 π 가 $3\frac{1}{7}$ 과 $3\frac{10}{71}$ 사이의 값을 갖는다고 정확히 결정하기도 하였다.

아르키메데스는 고대의 위대한 수학자이었을 뿐 아니라 뛰어난 공학자이기도 하였다. 그러나 그 시대의 전형적인 그리스 사고방식으로는 기계적 발명품에 대하여 기록을 남긴다는 것은 그리 점잖은 일이 아니었기 때문에 자세한 설계도 같은 것은 전해지지 않는다. 그러나 그런 그의 발명품은 그와 그의 자손들이 부귀영화를 누리게 하여 주었다. 시라큐즈가 로마군에 의해 포위되었을 때 늙은 아르키메데스는 로마병사들이 기겁할 정도의 무시무시한 기구들을 많이 고안해 내었다. 적장인 마르셀러스의 전기에 의하면 당시 로마병사들은 너무도 공포에 질려서 동아줄이나 벽 위로 나무가 튀어나온 것만 봐도 아르키메데스가 어떤 기계를 작동해서 그들을 공격하는 것으로 알고 “오야 또 온다”라고 울먹이며 도망가곤 하였고 결국 마르셀러스는 공격을 포기하고 오랫동안 시라

큐즈 정복의 꿈을 묻어두어야만 했다.

그 사건이 있기 훨씬 전의 일이다. 히에론 왕은 그 당시의 최신의 해양과학기술을 총동원하여 그 자신을 위한 유람선을 한 척 건조하기로 결정하였다. 그 배는 길이가 122m이고 무게는 1,000톤, 적재량은 4,000톤 이상이어야 했다. 그 배에는 20그룹으로 나뉜 600명의 노 젓는 사람이 필요했고 300명을 더 태울 수 있었으며, 체육관, 수영장, 정원 등은 물론 대리석, 모자이크 상아, 고급 목재 등으로 장식된 60개의 객실도 마련되었다. 적으로부터의 방어를 위해서는 큰 암석을 발사할 수 있는 기계장치도 설치되었다. 왕은 항상 그랬듯이 아르키메데스를 불러 시켰다. 아르키메데스는 배의 설계 자체에도 어려움을 겪었으나 무거운 갑판의 무게로 인하여 배의 안정이 위협받지 않도록 하여야 하였다. 이것이 아르키메데스가 부체의 안정에 관하여 연구를 하게된 동기이며 그 결과는 그의 첫 번째 저서인 'On floating bodies'의 마지막 부분에 기술되어 있다. 히에론 왕은 처음에는 그 배를 시라큐즈와 알렉산드리아를 오가는 정기선으로 쓰려했으나 그 배가 유지에 많은 비용이 들고 또 너무 커서 시라큐즈항에 정박할 수 없게 되자 그 당시 가뭄으로 인해 식량부족을 겪고 있는 이집트의 왕에게 식량을 가득 실어서 선물하였다 한다.

히에론 왕의 아들 히에론 2세는 신에게 감사하는 마음에서 금관을 만들어 바치기로 하였다. 그는 어떤 기술공을 불러서 필요한 만큼의 금을 주었다. 정해진 날짜에 맞추어 기술공은 완벽하게 세공된 금관을 만들어왔다. 그러나 왕은 이상한 소문을 들었다. 즉, 기술공이 금의 일부를 빼돌리고 그 무게만큼의 은을 섞어서 금관을 만들었다는 것이다. 금관을 손상시키지 않고 이 소문을 확인하려던 왕은 아르키메데스를 불러 해결토록 시켰다. 아르키메데스는 몇 일을 두고 곰곰이 생각에 잠겼다.

예로부터 사람들은 뛰어난 과학자들의 사고를 따라가기 어렵자 과학자들의 머리속하고 명철스러움에 관한 이야기를 후세에 전하기를 좋아하였다. 예를 들어 뉴턴이 하루는 달걀을 삶는데 걸리는 시간을 측정하면서 시계를 끓는 물에 넣고 달걀을 손에 들고 있

었다는 말이 있다. 또 하루는 친구를 점심에 초대해 놓고는 그만 깜빡 잊어버렸는데 상이 차려져 있는 것을 본 친구는 기다리다가 자기 것만 먹고 가버렸다는 것. 그런데 나중에 돌아온 뉴턴은 음식이 반정도 없어진 것을 보고는 “이상하다. 내가 언제 점심을 먹었지? 난 기억이 없는데...”라며 다시 일하러 나갔다는 것이다. 아르키메데스의 경우에는 이런 말이 전해져 온다. 공중목욕탕에서 목욕을 하던 중 왕이 준 문제의 답을 발견한 아르키메데스는, 역시 뉴턴과 같이 명칭하게도, “찾았다. 답을 찾았다”를 외치며 벌거벗은 채로 길거리를 달려갔다는 것이다.

탕에 들어간 아르키메데스는 같은 부피의 물이 넘치는 것을 보고 영감이 떠올랐을 것이다. 그리하여 넘치는 물을 이용하여 물체의 부피를 측정하였을 것이고, 따라서 금관의 부피와 금관과 같은 무게의 금덩어리와 은덩어리의 부피를 특징한 다음, 부피의 비례를 이용하여 금관에 금과 은이 어떤 비율로 섞여 있는지 알아낼 수 있었을 것이다. 그러나 넘치는 물을 측정한다는 것은 쉽지 않을뿐더러 그다지 격이 높은 방법이 아닐 것이기 때문에 아르키메데스와 같이 뛰어난 학자는 다음과 같은 더 나은 방법을 사용했다고 본다.

① 왕관의 무게는 W , 그중 금의 무게는 W_g , 은이 차지하는 무게는 W_s 라고 하면 $W=W_g + W_s$ 가 된다.

② 왕관의 무게 W 와 같은 무게의 금덩어리와 은덩어리를 물에 넣고 각각 감소된 무게 $W'_g = P - B_g$, $W'_s = P - B_s$ 를 구한다.

③ 따라서 금관을 물에 넣었을 때 금에 의해 감소되는 무게분은 $(W_g / W)B_g$, 은에 의해 감소되는 무게분은 $(W_s / W)B_s$ 이고 이들의 합은 B 이다.

$$B = \frac{W_g}{W} B_g + \frac{W_s}{W} B_s = \frac{1}{W} (W_g B_g + W_s B_s)$$

$$\therefore W_g B_g + W_s B_s = WB = (W_g + W_s)B$$

④ 양변을 W_s 로 나누고 정리하면

$$\frac{W_g}{W_s} = \frac{B - B_s}{B_g - B}$$

⑤ 따라서 왕관에 섞인 금과 은의 무게비 W_g/W_s 를 구하기 위해서는 금관, 금덩어리, 은덩어리를 각각 물에 넣고 측정한 무게 W , W_g , W_s 을 W 에서 각각 빼주어 B , B_g , B_s 를 구하기만 하면 되는 것이다.

아르키메데스시대와 갈릴레오시대와는 1,850년의 격차가 있다. 그 긴 동안 수학은 대수학분야에만 약간의 진전이 있었을 뿐이었다. 또 다른 한 명의 천재인 레오나르도 다빈치의 관측과 실험을 제외하고는 수리학 분야에서는 발전이 전혀 없었다고 할 수 있다. 그러나 이 수리학 분야의 발전은 아르키메데스의 기하학을 발전시킨 토리첼리에 의해 큰 진전을 보게되었다. 토리첼리의 연구의 주된 관심은 기하학분야였으나 오늘날 그의 이름은 수맥(liquid jet)의 운동에 관한 뛰어난 해석에 의해 더욱 알려져 있다.

아르키메데스와 토리첼리는 기하학분야의 뛰어난 수학자(mathematician)였음에 틀림없으나 그들은 수리학자(hydraulician)로서 후세에 더욱 알려져 있다고 할 수 있지 않을까? 🍷

*본고는 Enzo Levi의 The Science of Water (ASCE Press)에서 발췌하였습니다.