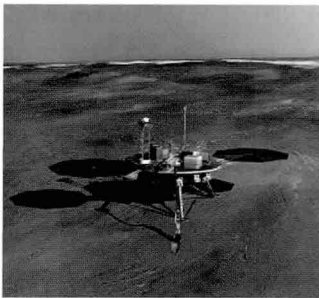


생명체 존재의 근거... 물

글 | 김경렬 _ 서울대학교 지구환경과학부 교수 krkim@snu.ac.kr



지난 5월 27일 화성북극해에 무사히 착륙하여 물의 탐사를 시작한 무게 347kg의 무인 화성탐사로봇 피닉스호

9개월 동안 6억7천500만 km를 날아간 무인 화성탐사로봇 피닉스호가 지난 5월 27일 화성북극해에 안전하게 착륙하여 태양전지를 펼치면서 인근 지역의 선명한 영상을 지구로 보내기 시작하였다. 이 탐사선에 공식으로 부여된 임무는 바로 '물을 찾아라'이다. 태양전지가 가동되는 3개월

동안 매일 2시간씩 로봇팔로 화성 지표면을 1m 까지 뚫고 채취한 토양을 분쇄·가열하여 물의 증발 여부를 확인하는 실험을 하면서 물의 흔적을 찾아가게 된다. 북극권이 착륙지로 결정된 것도 앞선 탐사에서 물을 구성하는 수소의 흔적이 여기서 많이 발견되었기 때문이다. 만일 물의 흔적을 찾을 수 있다면 이는 바로 언젠가 이곳에 생명체가 존재했을지도 모른다는 추론이 가능하다.

우리 지구가 생명의 행성으로 진화해 나가는 과정에서 지구에 물이 존재할 수 있었다는 것은 매우 중요한 요건이었다. 실제 생명체들의 80~90%가 물로 구성되어 있다. 왜 생명체에는 이토록 물이 필요한 것일까?

압력에 따라 변하는 끓는점·어는점

물의 특성을 살펴보면 많은 성질에서 다른 물질들에 비해 단연 두드러진다. 열용량, 잠열(증발열), 표면장력, 용해도, 가시광선이나

적외선에 대한 투명도, 열전도 등이 가장 크거나 거의 최대의 값을 가지는 한편 점성도, 압축률 등은 최소의 값을 가진다. 이들 성질 하나하나가 모두 지구를 생명의 행성으로 만드는데 중요한 기여를 하고 있는 것은 물론이다. 몇 가지 중요한 것들을 한 번 살펴보자.

무엇보다도 으뜸가는 물의 성질로는 상온에서 고체, 액체 및 기체의 세 가지 모습을 다 보여준다는 점을 꼽을 수 있다. 실제 자연계에서 이런 성질을 보여주는 물질들은 전체의 2%도 채 되지 않는다. 큰 잠열을 가진 물이 고체, 액체, 기체로 모습을 바꿀 때마다 엄청난 양의 열량이 물과 주위 사이를 들락날락 하며 열을 이동시키는 것은 물론이다.

지구의 단위면적에 단위시간 동안 유입되는 태양에너지를 100으로 보았을 때 이 중 약 23%가 표층의 바닷물을 덥히면서 1년 동안 평균 1.2m 정도 두께의 표층 바닷물을 대기 중으로 증발시킨다. 물론 이런 수증기의 대부분은 2~3km 정도의 고도에서 액화되어 구름으로 변하면서 증발과정에서 흡수했던 에너지를 다시 대기 중으로 방출한다. 상온에서 1g당 580cal가 넘는 큰 증발열을 가지는 물이 상태 변화를 하는 순환과정을 반복하는 동안 태양에서 지구로 유입된 에너지의 상당 부분이 대기 중에 머물게 되면서 지구를 따뜻하게 하는 온실효과가 만들어지는 것이다.

지구상에서 물이 세 형태의 모습 모두를 가질 수 있는 것은 어는점(녹는점)과 끓는점인 0℃와 100℃가 지구의 평균온도 18℃ 근처의 값을 차지하고 있기 때문이다. 그러나 어는점과 끓는점이 이런 값을 가지는 것은 단지 우리 주위의 1기압 상태에서의 값일 뿐이다. 압력이 달라지면서 이 값은 달라지며 이런 점에서도 물은 특별

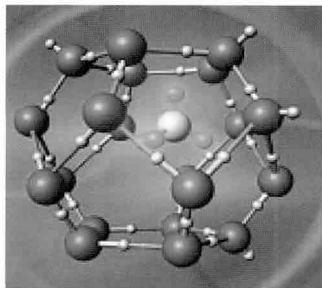
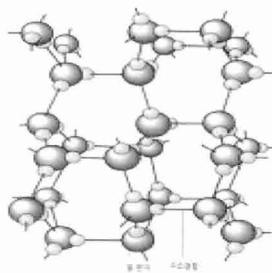
한 모습을 보인다.

압력이 증가하면서 끓는점이 올라가기 때문에 현미밥을 지을 때 압력밥솥이 위력을 발휘하게 되며, 수심 2천600m의 깊은 바닷속에서 350℃의 뜨거운 온천수가 솟아나올 수 있는 것도 바로 압력이 만들어낸 물의 특성 변화 덕분이다. 오늘날 해저온천을 공부하는 여러 과학자들은 먼 옛날 지구의 초기에 많이 있었으리라 여겨지는 이와 비슷한 현장에서 생명이 탄생된 것은 아니었을까 여기며 이와 관련된 많은 연구를 진행하고 있다.

압력이 높아지면서 물의 녹는점이 내려가는 것도 다른 물질들과는 다른 물의 특별한 성질이다. 바로 물의 이런 특성 덕분에 김연아와 같은 얼음 요정이 탄생할 수 있게 되었음은 물론이다. 날카로운 스케이트 날이 접촉하고 있는 얼음에 압력을 가하면서 얼음의 녹는점이 낮아지며 이로 인해 녹게 된 얼음이 날과 얼음 사이의 마찰을 줄이는 윤활제 역할을 하여 우리들이 스케이터들의 멋진 활강 모습을 즐길 수 있게 해주는 것이다.

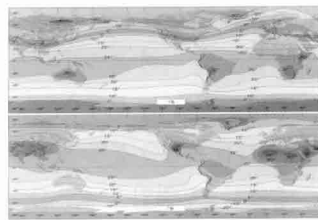
다양한 물질을 많이 녹일 수 있어

또한 쉽게 더워지거나 식지 않는 큰 열용량을 가진 물은 물의 형성 지구의 기후모습을 만드는데 중요한 역할을 하고 있다. 지구 각 지역의 여름과 겨울철 온도변화를 보면 유라시아 대륙의 중앙은 무려 40℃ 이상의 온도변화를 보이지만 바다에서의 온도변화는 그리



많은 공간이 있는 얼음의 분자구조와 메탄수화물의 분자구조

크지 않다. 바로 이로 인해 지구 기후가 계절에 따라 지나치게 요동치지 않게 됨은 물론이다. 그리고 이런 육지와 바다의 대조적인 차이로 인해 한국은 계절풍의 기후대에 속하게 되는 것이다. 우리 나라는 겨울철이 되면 시베리아 대륙에서 불어오는 찬바람을 견뎌내야 하는데 이는 바다보다 빨리 차가워진 대륙에 고기압이 형성되면서 바다를 향해 바람이 불기 때문이다. 반면 여름철에 바다보다 빨리 더워진 대륙에 저기압이 만들어지면 바다로부터 해양성 바람이 불게 된다. 해변가에서 밤낮에 따라 바람이 바뀌는 것과 마찬가지로의 원리가 지구 규모에



1월과 7월의 전지구표면의 온도분포. 바닷물과 대륙의 계절에 따른 큰 온도차

서도 거대하게 작동하고 있는 것이다.

또 하나 물의 특이한 특징 중 하나는 4℃의 액체 상태에서 얼음보다도 밀도가 더 크다는 점이다. 겨울철 차가운 공기과 접한 호수나 강에서 표층에서부터 얼음이 형성되며 또

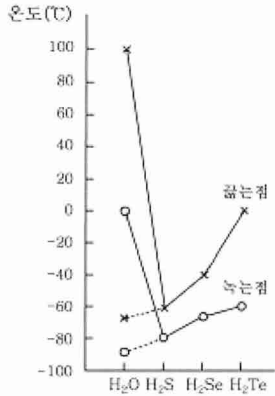
한 얼음이 바닥으로 가라앉지 않고 오히려 물에 뜨게 되는 것이 바로 이 덕분이다.

이런 표층의 얼음이 얼음 밑 물속에 살고 있는 생물들을 추위에서 보호해주는 차단막 역할을 하고 있다는 것은 생명의 형성에서 아무리 그 중요성을 강조하더라도 지나치지 않다.

물이 가진 또 하나의 특이한 성질은 엄청난 용해도이다. 오늘날의 바닷물 1kg에는 이미 약 35g 정도의 많은 소금이 녹아 있다. 그러나 바닷물을 부피가 최소한 1/10 이하가 되도록 줄여야만 소금이 석출된다는 것은 바닷물이 1kg에 적어도 300g 이상의 소금을 녹일 수 있는 엄청난 용해도를 가진다는 것을 말해준다. 더욱 특별한 것은 물이 무기물뿐만 아니라 여러 유기물질들도 많은 양을 녹이는 성질을 가지고 있다는 것이다.

우리는 물이 가지고 있는 다양한 물질들에 대한 큰 용해도에 특별히 감사해야 할 이유가 있다. 바로 이 때문에 우리들이 들이마시며 살고 있는 공기가 깨끗한 것이다. 지구 역사를 통하여 대기 중으로 엄청난 양의 물질들이 끊임없이 유입되어 왔다. 만일 이들을 대기 중에서 효과적으로 제거하는 작용이 일어나지 않았다면 아마 대기는 오염물로 가득 차 우리가 숨을 쉬며 살 수 없는 지경으로 되었을 것이다. 그런데도 우리가 깨끗한 대기를 즐길 수 있는 것은 바로 엄청난 용해도를 지닌 물이 비를 통하여 끊임없이 대기를 정화시켜 주고 있기 때문이다.

물이 녹일 수 있는 물질에 기체가 포함되어 있음은 말할 것도 없다. 이런 기체의 용해도 덕분에 수중 생물들은 생명 유지에 필요한 산소를 물에 나오지 않고도 물속에서 얻을 수 있다. 이런 기체의 용해도는 우리의 일상생활에서도 활용이 되고 있다. 기체가 녹는 양은 기체의 부분압에 비례한다(헨리의 법칙). 그런데 바로 이 덕분에 1.5~3기압 정도 고압의 탄산가스 대기 중에서 탄산가스를 많이 녹인 후 봉입한 음료수가 탄생한다. 탄산가스의 부분압이 채 400ppm정도도 되지 않는 대기 중에서 병마개를 열 때 다시 공기 중으로 되나오는 탄산가스가 포함된 탄산 음료를 우리는 시원하게 즐기고 있는 것이다.



극성을 띤 물의 분자구조

물은 왜 이런 특별한 성질을 가지고 있을까? 과학자들은 물이 가진 특별한 분자구조의 모습에서 그 원인을 찾는다. 물 분자는 두 개의 수소원자와 한 산소원자가 공유결합이라고 부르는 방식으로 결합하면서 만들어진다. 공유결합이란 수소와 산소원자가 전자를 서로 하

나씩 내놓고 이 두 전자를 공유하는 방식으로 각자 원자내의 안정한 전자배치 구조를 완성시키는 결합이다. 이런 결합으로 물 분자는 수소와 산소가 서로 105도 정도의 각을 이루고 있는 구조를 만든다. 그런데 문제는 수소와 산소가 전자를 선호하는 정도(전기음성도)가 서로 차이가 나는 것이다. 이로 인해 서로 공유하기로 했던 공유전자가 한쪽(물의 경우는 산소)으로 치우치면서 물 분자 내에는 전기의 분극이 일어나며, 이에 따라 극성을 갖게 된 물 분자의 분자들 사이에 +, -전하들이 서로 나란히 배열을 이루는 강한 수소결합이 형성되는 것이다.

이렇게 비스듬하게 각을 이루고 있는 물 분자가 수소결합을 하면서 만들어내는 얼음은 대개 6각형 구조를 기본으로 하며, 이런 얼음 내부에는 자연스럽게 공간이 많이 만들어지게 된다. 바로 이런 공간에 메탄기체가 들어가 자리를 잡으면서 만들어진 물질이 요즘 미래의 에너지원(?)으로도 인구에 회자하며, 우리 동해에서도 발견이 된 얼음메탄(메탄수화물)이다.

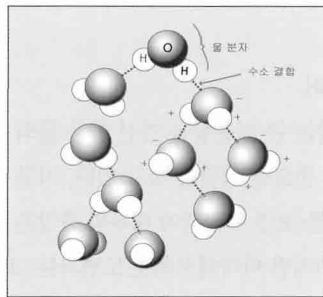
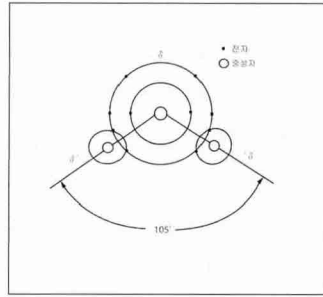
빈공간이 많은 얼음의 구조 때문에 일단 얼음이 녹기 시작할 때 얼음 내부의 비어있던 공간을 물 분자가 비비고 들어가면서 오히려 물의 밀도가 얼음보다 커질 수 있다. 4°C에서 밀도가 최댓값을 가지는 매우 특별한, 더구나 물속에 사는 생물들에게는 너무 요긴한 이런 특이한 물의 성질이 만들어지는 원인이 바로 여기에 있다. 그 이상의 온도가 되면 물 분자의 운동에너지가 커져서 더 이상 가까이 밀집될 수 없어 밀도가 작아진다.



한국지질자원연구소 탐해 2호가 동해에서 시추한 가스하이드레이트

수소결합으로 녹는점·끓는점 매우 높아

그러나 '생명의 행성' 지구의 입장에서 뭐니 뭐니 해도 수소결합이 만들어내는 가장 중요한 것으로는 이로 인해 물의 녹는점과 끓는점이 매우 높아진다는 것이다. 수소결합으로 인한 분자 사이의 끈끈한 인력으로 인해 물속의 분자들이 쉽게 기화되기 힘들며, 따라서 주기율표에서 예상하는 것 보다 물은 훨씬 높은 어는점과 끓는점을 갖게 된다. 만일 물에 수소결합이 없어 섭씨 영하 68도에서



물분자들의 수소결합 모식도 및 물분자 구조

끓는다면 어찌했을까? 우리 지구는 메말라버린 생명이 살 수 없는 황량한 행성이 될 수밖에 없었을 것이다.

복제를 가능하게 하는 DNA의 이중나선구조가 바로 염기들 사이에 만들어진 적절한 수소결합덕분임을 알아낸 왓슨과 크릭은 1962년에 노벨상을 수상하면서 오늘날 그 끝이 어디일 줄 모르는 분자생명공학 발전의 효시를 이루었다. 우리 생명에 절대 필요한 3차원구조의 단백질이 그 적절한 입체모습과 기능을 갖출 수 있는 것도 바로 수소결

합 덕분임을 말할 것도 없다.

우리의 유일한 삶의 터전 지구가 생명의 행성으로 만들어지는 과정을 공부하면 할수록 이를 가능하게 해주는 많은 요소들이 곳곳에서 협력해서 일들을 만들어내고 있음을 알게 된다. 너무 흔한, 그러나 아주 특별한 물이 간직하고 있는 '수소결합'도 우리가 지구상에 편하게 살 수 있게 해주는 바로 그런 소중한 고마운 요소의 하나임을 보면서, 일찍이 '한 송이의 국화꽃을 피우기 위해 봄부터 소쩍새는 그렇게 울었나 보다. 한 송이의 국화꽃을 피우기 위해 천둥은 먹구름 속에서 또 그렇게 울었나보다(후략)' 라는 시를 통해 생명의 신비로움과 세상에 존재하는 모든 것들이 서로 긴밀한 인연을 맺고 우주의 현상 속에 자리하고 있다는 믿음을 얘기했던 서정주 시인의 마음을 더 가까이 느낄 수 있을 것 같다. ㉔



글쓴이는 서울대학교 화학과 졸업 후 동 대학원에서 석사학위를 받았으며, 2년 동안 육군사관학교 교수부의 교관으로 군복무를 마친 후 미국 캘리포니아대학 샌디에고 캠퍼스에서 해양학으로 박사학위를 받았다. 현재 지구환경과학부 학부장 겸 BK21사업단장으로 있으며, 해양연구소장을 겸임하고 있다.