

海水의 짠 性質

崔 榮 博 / 理博·고려대 명예교수

海水는 왜 짠까?

여름철 해수욕을 한 사람은 누구나 바다물이 매우 짠 것을 실감한다. 사실 해수는 나트륨 이온(Na^+)과 염소이온(Cl^-)을 비롯해서 천연에 있는 92개 원소의 모든 것이 용해되고 있어서 이것이 해수의 짠 맛의 원인이 되고 있다.

▶ 海水의 化學組成

19세기 후반, 영국의 군함 차렌저호에 의해 세계 각지의 바다에서 해수가 모아져서 “데이트마” 교수에게로 보내졌다. 그 교수는 그때로서는 최고의

화학기술을 사용해서 해수중의 주요한 8개성분을 분석했다. 그 결과 농도(濃度)는 해수의 시료(試料)마다 차이가 있었는데 농도비 즉, 조성(組成)은 매우 일정한 것이 발견되었다. 즉, 해수 중의 물질의 농도는 해수면에서의 물의 증발이나 강수(降水), 하천수의 유입, 북극해나 남극해에서의 얼음의 생성이나 용해 등에 의해 변화하는 것이라고 말하였다.

짠 정도를 염분이라 부르며 해양학에서는 염분을 해수 1kg에 녹아있는 물질의 g수로서 표시한다. 외양의 해수 1kg에

는 약 35g의 물질이 녹고있어서 염분 35%이라 한다. <표1>에서 나타내는 바와 같이 이중 염소이온은 약 19g이며 여기에 열거한 8성분만으로 염분의 99% 이상을 차지한다.

염분의 조성이 일정한 데서 간단하게 측정할 수 있는 해수 중의 염소이온농도(염소량)를 은(銀)방울 측정에 의해 측정하면 염분이 추정된다.

이 방법에서는 염소량의 약 1.8배가 염분으로 된다. 단, 현재는 염소량의 측정대신에 해수의 전기전도도를 측정하여 간편하고 신속하게 염분의 추정이 행하여지고 있다.

〈표1〉 해수중의 주요 성분의 농도(염분 35%의 해수)

이온	(g/kg)
염소이온(Cl^-)	19.353
나트륨이온(Na^+)	10.766
황산이온(SO_4^{2-})	2.728
마그네슘이온(Mg^{2+})	1.293
칼슘이온(Ca^{2+})	0.413
칼륨이온(K^+)	0.403
탄산이온(CO_3^{2-})	0.142
취소이온(Br^-)	0.0674

▶ 세계의 바다의 염분

〈표2〉는 대서양, 태평양, 인도양 등 세계 중의 바다를 북위 $0^\circ \sim 70^\circ$, 남위 $0^\circ \sim 60^\circ$, 북위 $90^\circ \sim$ 남위 80° 로 나누어 바다표면의 평균염분을 나타낸 것이다.

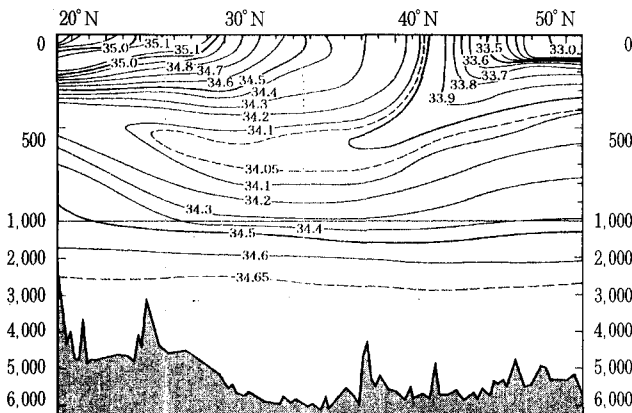
표에서도 알 수 있는 바와 같이 북태평양은 특히 염분이 낮고, 북대서양은 특히 염분이 높은 기록이 있다. 이 원인은 다음과 같이 설명된다.

대서양의 무역풍은 따뜻하고 습한 공기를 파나마지협(地峽)

〈표2〉 표면염분의 평균값(%)

구분	대서양	태평양	인도양	세계 중의 바다
$0^\circ \sim 70^\circ N$	35.45	34.17	35.38	34.71
$0^\circ \sim 60^\circ S$	35.31	35.03	34.84	35.03
$90^\circ N \sim 80^\circ S$	34.87	34.58	34.87	34.73

〈그림 1〉 北太平洋의 西經 170° 에 따라가는 염분의鉛直分布(單位 %)



을 넘고 태평양으로 운반해와서 이것이 북태평양의 비로 되어 내려 염분을 낮게 한다.

반면 대서양의 염분은 높게 된다. 북태평양의 편서풍도 물론 수증기를 포함하고 있으나 북미대륙 서측의 콜지에라산지에서 비로 되고 또다시 태평양으로 되돌아온다.

대서양 동측의 유럽대륙이나 아프리카대륙에는 콜지에라산지에 상당하는 큰 산맥이 해안가깝게 남북으로 달리지 않고 있으므로 대서양에서의 수증기는 분산되어 대서양으로 되돌아오지 않는다.

〈그림 1〉은 북태평양에 있어서 서경 170° 선에 따라서 가는 염분의 연직분포를 나타내고 있다. 북위 $20^\circ \sim 40^\circ N$ 의 중위도 지방에서는 500~600m의 수심에서 극소가 된다. 다시 수심이 크게 되면 염분은 크게 되고 3,000~4,000m 깊이에서는 34.7%로 된다.

40° 이북의 고위도지방에서는 표면의 염분이 작은 까닭에 극소치는 볼 수 없고 수심과 함께 염분은 증가한다.

해수에 녹아있는 성분의 조성의 일정성은 미량성분의 모든 것에 미치고 있는 것은 아니다. 해수의 미량성분 조성의 변화는 바다에서 일어나고 있

는 생물작용이나 해수의 혼합에 대한 중요한 실마리를 준다.

미량성분의 분포와 이것이 의미하는 것의 탐구는 바다의 화학을 연구하는데 있어서 오늘날의 한 큰 과제가 되고 있다.

그러나 해수에는 92원소의 모든 것이 포함되어 있는데 정확한 분포를 알지 못하는 원소가 아직도 많다. 그러면 해수가 어느 때부터 또한 어떻게 해서 현재의 화학조성을 가지게 되었는가를 생각하기로 한다.

▶ 해수의 역사

45억년의 지구 역사에 있어서 그 초기에는 지구가 고온이었다고 추정되어 있다. 고온의 원시(原始)지구의 대기는 수증기, 탄산가스, 염화수소, 아황산가스 및 질소로 되어 있었다고 추정된다.

지표의 온도가 내리고 액체의 물이 생기자 이 물에 염화수소가 녹고 최종적으로는 염산으로 된다. 탄산가스는 물에 녹기 어려우므로 대기중의 탄산가스의 농도는 매우 높았을 것이다.

또한 원시해수도 매우 뜨겁

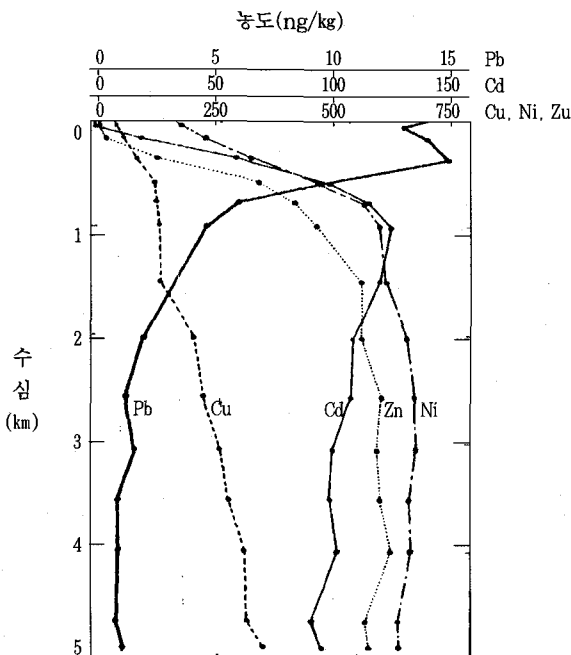
다고 생각되므로 증발, 농축이 활발하게 반복되어 뜨거운 산소의 비가 내렸다고 생각된다.

산성의 비와 해수는 지구표면의 현무암과 반응해서 Ca, Mg, Na 및 K등을 녹여내어 중화되게 하였다고 생각된다. 물에 녹아있던 칼슘이온과 반응해서 탄산칼슘이 침전했을 것이다.

중화된 해수 중에서는 현무암과 풍화되어 만들어진 점토광물과 수증의 양이온이 이온교환반응을 일으켰거나 점토광물을 합성하였다고 생각된다.

이와같이 해서 오늘날 해수의 화학조성에 가까운 곳으로 정착된 것이 아닌가 생각된다. 이러한 현상은 길게 보아도 처음 10억년 이내에 일어났다고 생각해도 좋다고 본다. 그렇다면 35억년 이후 지금까지 해수의 조성은 변하지 않았다고 할 수 있다.

〈그림 2〉 北太平洋에 있어서 海水中の 微量重金屬元素(Cd, Zn, Ni, Cu와 Pb)의 鉛直分布



海水를 마셔보면

▶ 식수(음료수)로서의 해수
해상에서 선박사고로 오랜 표류생활을 한 외국선원들의 이야기중에 해상에서 음료수를 얻는 것은 식료품을 얻는 것 이상으로 곤란하다고 하면서 스코율이 오면 가지고온 포목류를 모두 넓게 펴서 물을

빨아들이며 빗물을 모아 음용했다는 이야기가 있다. 이때 바다위라면 왜 해수를 마시지 않았을까의 의문을 가질 수도 있다.

사실 해수를 마셔보면 매우 짜지만 짠 것만 참으면 마실 수 있는 것이 아닐까 의문을 가질 수 있다.

오늘날의 식염(食鹽)은 정제된 거의 순수한 염화나트륨인데 옛날에는 다만 해수를 바짝 졸여서 식염을 만들었다. 이렇게 해서 만든 식염은 우리 인체에 해가 없으므로 해수의 성분 중에는 특히 유해한 것이 포함되어 있다고 생각하지 않는다.

인체성분은 대부분이 땀(汗)과 뇨(尿)라는 형태로 배출된다. 건강한 사람도 뇨의 농도는 여러가지 조건에서 3배이상으로 변동한다. 뇨에 포함되는 주요염류의 평균적인 조성을 <표3>에 표시한다. 또한 이 표에는 해수혈액의 주요 염류의 조성도 나타낸다.

<표3> 海水와 人間の 尿·血液에 포함되는 主要한 鹽類의 濃度

이 온	海 水[g/l]	尿[g/V]	血液(血清)[g/V]
나 트 롬	10.9	5.5	3.3
마그네슘	1.3	0.1	0.1
칼슘	0.4	0.2	0.1
칼 륜	0.4	1.5	0.2
염 소	19.6	11.3	3.7

해수와 뇨에 포함되고 있는 염류의 농도를 비교하면 마그네슘과 칼슘 이외는 해수의 농도가 뇨의 2배 가까운 것으로 되어 있다.

따라서 만약 인간이 해수만을 음료수로 해서 장기간 사용하면 해수의 염류농도는 혈액의 3배이상이므로 혈액이 점차 짙게 되고 만다.

특히 해수중의 마그네슘은 그 농도가 혈액중의 15배이상 높으므로 축적이 현저하게 된다.

인간의 혈액에서 염류농도와 조성은 정상적인 대사활동을 행하기 위해서는 매우 좁은 범위로 유지될 필요가 있는데 이것이 불가능하게 되면 결국은 생리적으로 중대한 장애가 일어나는 것이 된다.

▶ 脊椎動物의 血液

그러면 인간 이외의 척추동물은 어떨까? 소경뱀장어 등은 예외적으로 해수와 거의 같은 정도의 혈액을 가지고 있으나

그 이외의 척추동물은 물론 인간을 포함해서 해수의 25%에서 50%정도의 염류농도의 혈액을 가지고 있다.

이 사실은 재미있게도 그 척추동물이 해산(海産)이든 담수산(淡水産)이든 혹은 육생(陸生)이든 살고 있는 환경에 관계없이 들어맞게 된다.

척추동물이 바다에 살고있는 경우는 혈액에서 주위의 해수에 수분을 취해지게 되므로 새로운 수분을 보급할 필요가 생긴다.

또한 하천 등의 담수에 살고 있는 경우에는 역으로 주위의 환경부터 체내로 물이 침입해 오므로 이것을 버릴 필요가 있게 되는 것이다.

▶ 魚類의 鹽類濃度

돔, 다랑어 등 해수에 사는 어류나 금붕어, 잉어, 붕어 등과 같이 담수에 사는 고기도 모두 척추동물에 속하며 혈액의 염류농도에는 별로 큰 차가 없다.

해수어의 혈액의 평균적인 염류농도는 해수의 약 40%, 담수어의 그것은 약 30%정도이다.

해수어는 호흡등을 할 때 주로 아가미에서 체내의 수분이 외부로 유실되므로 이것을 보충하기 위해 해수를 마시지 않

으면 안되므로 그 결과 물과 함께 불필요한 염류까지 취입하기 마련이다.

해수어의 뇨는 혈액보다도 염류농도가 낮으므로 불필요한 염류의 배출에는 별로 쓸모가 있다고는 생각되지 않는다.

이 역할을 다하고 있는 것은 아가미에 있는 염류세포라 부르는 대형의 세포로서 염류의 주요성분인 나트륨이온을 해수 중에 배출하고 있다.

담수어의 경우는 해수어와 반대로 언제나 주위의 환경에서 체내로 물이 침입해오므로 그대로서는 혈액의 농도는 적게 되기 마련이다.

이를 방지하기 위해 체내에 침입한 물을 버릴 필요가 있고 이 까닭에 매우 염류농도가 적고 거의 물에 가까운 다량의 뇨를 배출한다.

이때에 동시에 필요한 염류의 상실을 방지하기 위해 뇨세포나 방광에서 뇨에서 염류의 재흡수를 행하는데 이에 의한 회수율은 거의 90% 이상으로된다. 나아가서는 아가미를 통해서도 수중에 필요한 염류를 흡수하고 있다.

▶ 海水를 마시는 鳥類

바다 해안에는 많은 해조가 살고 있는데 이들도 척추동물에 속하고 혈액 중의 염류농도

는 해수의 30% 정도이다.

일반적으로 조류는 대사활동이 활발하므로 호흡에 의해 상실하는 수분도 제법 많은 것 같으나 이들은 해수를 마심으로써 필요한 수분을 보급하고 있다.

해조의 뇨의 주요 염류 농도를 조사해보면 인간의 뇨보다는 다소 농도가 짙은 정도이므로 도저히 이것으로 뇨가 과잉으로 염류를 배출하는 역할을 다하고 있다고는 생각될 수 없다.

많은 해조는 눈과 코사이에 염류선이라 하는 특수한 분피선을 가지고 있으며 여기서 해수보다도 훨씬 염분농도가 높은 액을 배출해서 혈액중의 염분농도가 높게 되는 것을 막고 있다.

바다매, 펭귄, 등이검은갈매기 등에서는 해수의 1.5배 정도 혹은 2배 이상으로 염류선에서 배출되는 염분의 양이 뇨에서 배출되는 것이 10배에도달된다고 추정되고 있다.

따라서 해조의 염류선은 바다고기의 아가미와 비슷한 작용을 하고 있으며 나아가서는 전체적인 염류배출기구도 바다고기와 비슷하다.

같은 척추동물에 속하는 바다의 거북, 뱀, 도마뱀 등도 해수보다도 높은 염류농도의

뇨를 만드는 것은 불가능하다.

이들 생물에서는 혈액의 농도가 역시 해수의 30% 정도이므로 해조와 같은 염분의 분피선에서 여분의 염류 배출을 행하고 있다. 거북은 잘 운다고 말하여 왔는데 이 눈물은 염류의 분피선에서 나온 것이다.

지구상에는 4만종류를 넘는 척추동물이 서식하고 있으며 이들 중에는 사막과 같이 극단적으로 수분이 적은 환경에서 사는 낙타나 캥거루쥐도 포함되는데 이와같은 동물의 혈액 염류농도는 비교적 좁은 범위로 분포하고 있다.

따라서 이와같은 동물은 지구상의 다양한 농도의 염류환경이나 수분환경에 넓게 분포하기 위해서는 앞에서 설명한 바와 같이 여러가지 기구에 의해 언제나 혈액의 염류농도가 변하지 않도록 하고 있는 이유이다.

하지만 주의해보면 이와같은 다양한 기구에도 공통성이 있다.

예컨대 여기서 언급된 바다고기, 해조, 거북, 뱀, 도마뱀 등의 염류의 배출기구는 서로 매우 비슷한 면을 가지고 있다.

이들 기구에도 생명의 통일성과 다양성이 멋지게 조화되고 있다. ㉠