

生命にとって塩とは何か

— 生物と塩との関係史 — 1

京都大学名誉教授

近畿大学農学部教授

高 橋 英 一

1 はじめに

「塩」という言葉から人は何を思いうかべるだろうか。今ならさしずめ「塩のとりすぎ」かも知れない。昔は「敵に塩を送る」という諺がよく引用された。聖書にも「地の塩」という言葉がある（「汝らは地の塩なり 塩もし効力を失わば 何をもてかこれに塩すべき 後は用なし 外に捨てられて人に踏まるのみ」山上の垂訓にてでくるイエスの言葉で神の民の社会的責任を塩にたとえたもの）。古代ローマでは現物支給の代わりに、「靴代としての銀貨」(argenteum calcearius), 「衣服代としての銀貨」(argenteum vestiarum), 「塩代としての銀貨」(argenteum salarium)などが兵士に与えられていたが、その中で塩が最も重要な物資であったため argenteum salarium がすべてを代表するようになり、やがて argenteum が脱落し salarium が給与全部を表すようになった。これが今日のサラリー (salary) の語源であるといわれる (ランダムハウス英語大辞典による)。

日本でも戦時中、塩は配給制であったし、専売公社はタバコ、アルコールとともに塩も扱っていた。これらは塩というものが人にとっていかに重要であったかを物語っている。塩のとりすぎがいわれるのも、それほど人の塩への欲求が強いことの反映である。塩は人(動物)にとって必要だが手に入れにくいので、強い欲求として本能の中に組み込まれているのだろう。

一方「土壌の塩類化」、「作物の塩害」ということも最近問題になってきている。作物にとって塩は悪者のように扱われることが多い。これは「塩の道」(農作物からは塩が得られないために必要となった塩の交易ルート)が拓かれたことと関係がある。これらは塩に対する要求性が植物と動物で異なるところに原因しているが、ともに海に誕生し進化してきた植物と動物が、塩に対して

かくも異なるに至った経緯は何だったのだろうか。これについてこれから少し考えてゆきたい。

2 海に誕生した生命 一塩との出会い—

海の水は何故塩辛いか

一五七二年十一月オランダの天文学者のティコブラーエは、今までにない強い輝きをもった星の出現を観測した。この星の一番明るい時は昼間も見えたという。これは今日、超新星として知られているものである。星は生物と同じように進化し、やがて消滅する。超新星は爆発して死滅する星の最後の姿である。この現象はとくに珍しいものでなく、銀河系では三百年に一回くらいの割合で起こる。キリスト誕生物語にてでくるベツレヘムの星もその一つではなかったかといわれている(ガモフ 太陽の誕生と死 より)。超新星の光度は太陽の数十万倍にもなるので、遠くで起こっても肉眼で見える場合があるのである。

ところで今から五十億年ほど前、天の川銀河の端で一つの超新星が爆発し、宇宙空間に物質粒子をまき散らした。そしてそのガス雲から太陽が生まれ、そのまわりに地球を含む九つの惑星が次々に誕生した。約四十六億年前、地球は火の玉であ

表1 原始大気と現在の大気の組成の比較

| 成 分 | 原 始 大 気 | 現 在 の 大 気 |
|---------|------------|--------------|
| | 気圧(割合%) | 気圧(割合%) |
| 水 蒸 気 | 319 (85.5) | |
| 酸 素 ガ ス | | 0.21 (21) |
| 炭 酸 ガ ス | 45 (12.1) | 0.0003(0.03) |
| 塩 素 ガ ス | 6.7 (1.8) | |
| 亜硫酸ガス | 0.9 (0.2) | |
| 窒 素 ガ ス | 0.9 (0.2) | 0.78 (78) |
| 水 素 ガ ス | 0.7 (0.2) | |
| アルゴン | | 0.009 (0.9) |
| 計 | 373.2(100) | 1.0 (100) |

ったが、次第に冷えて表面の温度が三百度台まで下がったとき、それまで地球を取り巻いていた大量の水蒸気が雨となって降ってきた。当時の地球大気の組成は現在と著しく異なっており、酸素ガスはなく大部分が炭酸ガスで、そのほかに塩素ガスと少量の窒素ガス、亜硫酸ガス、水素ガスが含まれていた(表1)。それらの中、塩素ガスと亜硫酸ガスは雨に溶けて地表に降り注ぎ、強酸性の原始の海をつくった。この海水は地球表層の岩石に作用して、その中のカルシウム、マグネシウム、カリウム、ナトリウム、アルミニウム、鉄などの塩基を溶かし出した。これによって海水は中和され、温度も低下していった。

その結果、原始大気中に残っていた炭酸ガスが海水に溶け込めるようになり、すでに溶けていたカルシウムなどと化合し、炭酸塩となって沈澱した。これによって原始大気中にあった大量の炭酸ガスは除かれ、石灰岩に変わった。地球上に存在する莫大な量の石灰岩には、現在の大气中に存在する炭酸ガスの十万倍以上の炭素が含まれている。また海水が中性に近づくと、溶けていた鉄やアルミニウムも水酸化物になって沈澱し、海水中のケイ酸コロイドと反応して粘土を形成した。この粘土はナトリウム、カリウム両イオンの中、カリウムイオンを選択的に固定する性質があるため、海水のナトリウム濃度はカリウムに比べ次第に高くなった。こうして今から四十億年ほど前には、塩化ナトリウムを主体とする組成の海水ができた。つまり海水は最初から塩辛かったのである。

われらはみな海の子

一方太陽からふりそそぐ紫外線は、原始大気中の窒素ガス、水素ガス、炭酸ガスなどに作用してアミノ酸、糖、脂肪酸、核酸塩基などの有機物をつくり、海水中に溶け込み蓄積していった。そしてアミノ酸は重合してタンパク質となり、タンパク質の中からは、海水に溶けている重金属のあるものを取り込んで化学反応を促進する酵素タンパクも生じた。また海水中のリン酸と結合した糖と核酸塩基の複合体の中から、タンパク質の複製を指令する機能をもったDNAやRNAも生じた。そしてこれらの高分子化合物の相互作用によって、次第に組織構造がつくられてゆき、三十数億

年前には原始細胞が誕生したと考えられている。

その後生物の世界は長らくバクテリアのみで占められていた。その中から動物と植物が分化したのは十億年あまり前のことであり、さらに四億年前まず植物がそしてそれを追って動物が上陸するまで、生物は海の中で暮らし進化してきたのである。われらはみな海の子の子孫である。

海水の化学組成は動物と植物が分化しはじめた頃、すでに現在と殆ど変わらないものになっていたと考えられているが、この海水に溶けている元素の濃度とその生物性を比べてみると表2のようで

表 2 元素の海水中濃度と生物との関係

| 順位 | 元 素 | 濃 度 (ppm) | 被子植物 | | | 哺乳動物 | | |
|----|------------|--------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|------------------|
| | | | 多量 必須 元素 | 微量 必須 元素 | 有 用 元 素 | 多量 必須 元素 | 微量 必須 元素 | 有 用 元 素 |
| 1 | 酸 素(O) | 857,000 | ○ | | | ○ | | |
| 2 | 水 素(H) | 108,000 | ○ | | | ○ | | |
| 3 | 塩 素(Cl) | 19,000 | | ○ | | ○ | | |
| 4 | ナトリウム(Na) | 10,500 | | | ○ | ○ | | |
| 5 | マグネシウム(Mg) | 1,350 | ○ | | | ○ | | |
| 6 | イ オ ウ(S) | 885 | ○ | | | ○ | | |
| 7 | カルシウム(Ca) | 400 | ○ | | | ○ | | |
| 8 | カリウム(K) | 380 | ○ | | | ○ | | |
| 9 | 臭 素(Br) | 65 | | | | | | |
| 10 | 炭 素(C) | 28 | ○ | | | ○ | | |

窒素(N)は16位、0.5ppm。リン(P)は18位、0.07ppm。ppmは百万分の1、1ppmは0.0001%

ある。多量必須元素は動植物体の99パーセント近くを占めるが、これらは窒素とリンを除いて海水中に最も多く存在するものである。これは生物が海の中に誕生し進化してきたことを裏付けている。ここで目につくのはナトリウムと塩素が被子植物では多量必須元素になっていないことである。ナトリウムと塩素は海水の成分の85パーセントを占めており、海の中で進化してきた生物は当然何らかの影響をうけているはずであるが、それは動物と植物でどのように違っているのだろうか。