

生命にとって塩とは何か

— 生物と塩との関係史 — 5

京都大学名誉教授

近畿大学農学部教授

高 橋 英 一

5 植物にとって塩とは

海藻にとっての塩

海水は約3パーセントの食塩を含んでおり、海藻はこの中で生育している。それを反映して海藻のナトリウム、塩素濃度は一般の陸上植物にくらべてかなり高い。表6に一例を示したが、コンブのナトリウム、塩素濃度は牧草の十倍以上になっている。またカリウムに対するナトリウムの割合も、牧草が15分の1であるのに対して、コンブでは3分の1と相対的にナトリウム濃度が高く、海水の影響が認められる。しかし海水のナトリウム濃度がカリウムの27倍もあることからすると、コ

表6 コンブと牧草のミネラルの比較(乾物%)
Stephenson, 1974

	コンブ	牧 草
ナトリウム	1.35~ 2.88	0.13
カリウム	5.25~ 8.15	1.99
カルシウム	1.04~ 1.80	0.37
マグネシウム	0.58~ 0.73	0.24
リ ン	0.25~ 0.28	0.21
塩 素	5.92~12.48	0.50
ヨウ素	0.33~ 0.50	0.00005

西澤一俊 海藻学入門より

ンブも積極的にカリウムを取り込んでいることが分かる。コンブの生育にナトリウムと塩素がどのような役割をもっているのかは、塩化ナトリウムを含まない培地で育ててみないと分からないが、そのような研究はない。しかしおそらくカリウム塩だけではうまく育たないのではなからうか。

海藻はわが国では古くから「藻塩」として利用されていた。これに対してヨーロッパでは古くから家畜の飼料として利用されてきた。ギリシャでは紀元前1世紀ごろ海藻を牛に食べさせていた記

録があるという。スコットランドでは褐藻のことを「仔牛の草」、ノルウェーでは「豚の草」と呼び、アイヌワカメを「雌牛の草」と呼ぶ。またフランスでは紅藻のダルスのことを「雌牛の草」、ノルウェーでは「馬の草」と呼んでいるという(西澤一俊著 海藻学入門 講談社学術文庫による)。これは家畜が海藻をよく食べたことを示している。

海藻は牧草にくらべてミネラル含有量が高く、とくに牧草からは十分に得られないナトリウムやヨードが高濃度含まれているので、家畜の補助飼料としてはすぐれている。日本人はヨーロッパにくらべ海藻をよく食べる国民であるが、畜産国でないため飼料としての海藻の利用はあまりなかった。

陸上植物にとっての塩

海の中から陸に上がった植物は、地上部からたえず水分が失われる宿命を負うようになった。そのため陸上植物は葉の表面をロウ質のクチクラ層でおおったり、細かい毛を密生させたりして、体内から水分が失われるのを防いでいる。しかしこれでは大気中から炭酸ガスを取りこむことができない。この矛盾を解決する手段として登場したのが気孔である。

気孔は植物の主食である炭酸ガスを食べるための口である。口は必要なときだけ開く。気孔は普通明所で開き、暗所で閉じ、光があたり炭酸ガスを同化するエネルギーが供給されるときだけ開いて炭酸ガスをとり込んでいる。気孔を開けば炭酸ガスと入れ替わりに体内の水分が水蒸気となって大気中へ失われるが、光があたれば熱も受けるので、蒸散は葉温の過度の上昇を防ぐのに役立つ。しかし葉面からの蒸散量が根の吸水量を上回るときは、葉内水分が減少して水ストレスが生じる。

すると光があたっても気孔は閉じる。気孔にはこのようなしくみがあり(水ストレスを感じて気孔を閉じさせるアブシジン酸というホルモンが体内にできることが知られている)、これによって葉身が脱水枯死するのを防いでいる。

気孔の分化が、まわりに水の無い大気中で光合成(炭酸ガスのとりこみ)を行わねばならなくなった葉の発明であることは、水生植物の葉をみるとよく分かる。水生植物には体全体が水の中に浸かっている沈水生のもの(クロモ、エビモ、シャジクモなど:これらはモという名がついているが、根茎葉をそなえた維管束植物で藻類ではない)や体の一部が水面上にでている抽水性のもの(コウホネ、オモダカ、ハスなど)があるが、これらの植物の水中葉や浮葉の裏面(水に接した部分)には気孔がない。気孔は葉の表皮細胞の一部が分化してできるが、この分化は水の存在によって妨げられる。

陸上植物には何故塩害が起こるのか

陸上植物には脱水枯死を防ぐしくみが一応そなわっているものの、日照りが続くと植物はしおれ、しまいには枯れてしまう。また何らかの原因で塩水をかぶったり、地下水に溶けていた塩分が地表に集積した場合も、植物はしおれたり枯れたりする。前者は干害、後者は塩害といわれるが、両者に共通しているのは、植物が必要なだけの水分を吸収できないことである。

土の中にはさまざまな大きさの孔隙があり、大きな孔隙には空気が、小さい孔隙には水が存在している。小さい孔隙は連なって毛細管を形成し、その中の水は毛管水と呼ばれるが、これには水の表面張力に起因する毛管力が働いており、下層へ流れ去らないように保持されている。土が乾いてくると水は次第に毛細管の奥に後退し、毛管水の曲率 r は小さくなる。毛管力は $2T/r$ (T は表面張力の常数)で表わされ、 r が小さくなるほど毛管水に働く力は強くなり、根は水を吸収しにくくなる。そしてその力が根の吸水力と等しくなると、その水はもはや植物によって利用できず、地上部はしおれはじめる。

一方、土の孔隙が水で飽和されているときは毛管力は働かないが、土壤水に溶けている溶質が浸

透圧をつくりだすため、溶質濃度が高い場合は水があっても吸収できなくなる。そして植物はしおれる。この点、干害と塩害とは共通しているが、塩害ではこれに塩類の生理作用による害が加わる場合がある。その程度は塩類の種類によって異なり、たとえばナトリウム塩の場合はかなり高くても害は少ないが、ホウ酸塩の害作用は大きい。

陸上植物は多量の水を土壤から吸い上げている。それがどれくらいかを知る目安に要水量がある。これは乾物1グラムを生産するのに要する水分量のこと、生長している植物の吸水量を測定して、それを生長量(乾物重)で割ったものである。要水量は植物の光合成のタイプと関係があるが、多くの作物では400~800である。

いま海水の30分の1、約0.1パーセントの塩分を含んだ土壤水を、ストローでジュースを吸うように、植物がそのまま吸収したとすると、要水量を600として計算した場合、濃縮率は600倍で塩分濃度は乾物当たり60パーセントになる。これは新鮮重当たりでは、含水率80パーセントとして15パーセントの塩分濃度に相当する。もちろんこれでは植物は生きていけないので、塩分を取り込まない努力をする必要がある。

このように陸上植物は海藻にくらべて非常にきびしい状況下におかれている。海水につかっている海藻は、このような蒸散による体内への大量の水の流入がない。これに対して陸上では土壤水の塩類濃度が海水に比べてずっと低くても、蒸散による一種の濃縮がおこるため、実効濃度は海水に比べてはるかに高くなる。

陸上植物は根のまわりのナトリウム濃度がある程度高くても、吸収を抑えたり体内に入ったナトリウムを排出する能力をある程度もっているが、ナトリウムの流入圧(土壤溶液中のナトリウム濃度と蒸散量との積)がこの能力を越えると、体内のナトリウム濃度は上昇し、ついにはその植物の耐性を越え塩害をもたらすようになる。植物の耐塩性にはナトリウムの吸収制御と排出能の他に、組織細胞内でのナトリウムのコンパートメンテーション(区分け)が関係しているが、つぎに述べるように、これらの能力は植物の種類によって非常に異なっている。