

# 生命にとって塩とは何か

— 生物と塩との関係史 — 6

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 (つづき)

### 塩生植物にとっての塩

海ぞいの低湿地や雨の少ない内陸部には塩類濃度の高い土壌がある。このようなところはきびしい環境のつねとして植生は貧弱であり、特殊な植物が分布している。これらは塩生植物と呼ばれ、耐塩性が非常に強い。塩生植物には表7のようにいろいろな科のものがあり、それぞれの植物が個別に塩性環境に適応した結果耐塩性を獲得したことが分かる。

表7 塩生植物のいろいろ

双子葉類	
ギョリュウ科	ギョリュウ
フランケニア科	フランケニア
ツルナ科	ツルナ
スベリヒユ科	スベリヒユ
ハマビシ科	ハマビシ
ナデシコ科	ウシオツメクサ
アカザ科	アツケシソウ, ハママツナ, ハマアカザ
サクラソウ科	ハマボス
キク科	ウラギク, ハマシオン
ハマザクロ科	マヤブシキ
ヒルギ科	オヒルギ, メヒルギ
クマツヅラ科	ヒルギダマシ
} マングローブ	
単子葉類	
シバナ科	シバナ
ヒルムシロ科	カワツルモ, アマモ
カヤツリグサ科	テンツキ
イネ科	スパルチナ

の植物は表8に分析結果のあるもの

塩生植物は葉が厚く、多肉化しているものが多く、外観が乾燥地に生える乾生植物に似たところがあるが、これは蒸散を抑制するために発達した形質で、両方の環境に共通した適応形態である。これが環境適応の結果であることは、アツケシソウやウシオツメクサなどの塩生植物を塩分の少ない普通の土で栽培すると、葉がうすくなってその特徴を失い、一方、塩生植物でないオオバコなど

も塩分の濃い土で栽培すると葉が厚くなることから推察できる。

表8 錦海塩田跡地に自生するヨシおよび塩生植物のナトリウム、カリウム含有率 (対乾物)

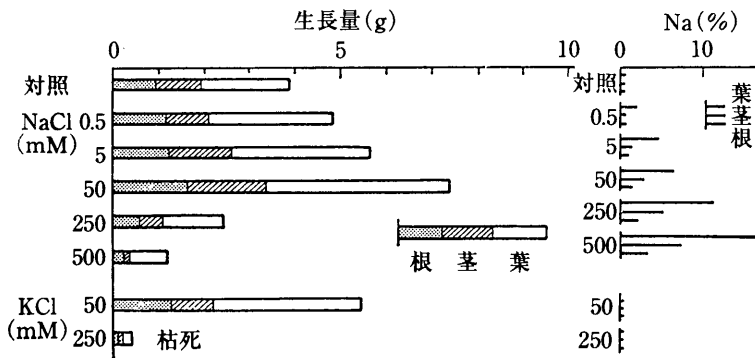
	ナトリウム %	カリウム %	カリウム / ナトリウム比
土壌溶液	1.55	0.08	0.05
ヨシ	0.19	2.53	13.3
カワツルモ	2.42	2.71	1.12
ホソバノハマアカザ	2.19	1.96	0.90
ウラギク	2.77	2.05	0.74
ハママツナ	3.52	1.51	0.43
ウシオツメクサ	5.65	1.47	0.26
アツケシソウ	17.6	1.01	0.06

表8はかつて筆者らが、岡山県牛窓の近くの「錦海塩田」跡地に自生している植物のナトリウムとカリウムの含有率をしらべた結果の一例である。ここは堤外の海から海水が侵入しており、泥土のナトリウム濃度は海水を上回っている。一般の植物のナトリウム含有率は0.2パーセント以下、カリウム・ナトリウム比は10以上であるのに対して、表の塩生植物(ヨシ以外)のナトリウム含有率は十倍以上も高く、カリウム・ナトリウム比も1以下である。

とくにアツケシソウのナトリウム含有率は著しく高い。アツケシソウは西洋では Glass Wort (ガラス草)と呼ばれているが、それはこの草を焼いて、その灰からソーダ灰をとりだして、ガラスを製造したことに由来するといわれる。このように塩生植物は塩分濃度の高いところに生育でき、体内のナトリウム濃度も著しく高いのに、生育は正常である。これはどのようなしくみによるのだろうか。

筆者らはホソバノハマアカザを水耕液に種々の

図1 ホソバノハマアカザの生育に対する NaCl, KCl 添加効果 (渡辺純子・間藤 徹・高橋英一, 1983)



濃度の塩化ナトリウムを加えて栽培したが、その結果は図1のようで、生育は培養液中のナトリウム濃度が50ミリモル（海水の10分の1相当）のとき最高で、そのときの葉のナトリウム濃度（対乾物）は6パーセントを越えている。しかしカリウム塩も同様な効果を与えるので、ホソバノハマアカザは一価カチオンの要求量が高く、海水の影響をうけているところでは、それにナトリウムを利用していると考えられる。

塩分濃度がさらに高くなると生育は低下するが、海水相当濃度の500ミリモルでも、生育は貧弱であるものの外観は一応正常であった。これに対してカリウム塩のときは、250ミリモルですでに枯死した。体内の水分当たりの1価カチオンの濃度を計算してみると、ナトリウム塩で与えた場合は、培地中の濃度が250ミリモルのときで約800ミリモル、培地濃度500ミリモルのときでも1000ミリモルにとどまっていた。これに対してカリウム塩で与えた場合は、250ミリモルの培地濃度で1800ミリモルに達していた。

つまりホソバノハマアカザは、自生地の高ナトリウム条件にはよく適応しており、生育をそこなうほど過剰にナトリウムを吸収しないように自己調節することができるが、高カリウム条件には適応できていないため、このようなことがおこるのである。

ホソバノハマアカザの生育は、普通の培養液より、これに海水の10分の1程度のナトリウム塩を加えたほうがよかったが、この実験の途中につきのような現象がみられた。すなわち真昼の晴天時、ナトリウム塩を与えられていないホソバノハ

マアカザだけがしおれているのがしばしば認められた（ただし夕方になると回復する）。これはホソバノハマアカザの塩類の吸収が十分でなく、浸透圧不足によって保水力が低下したためと思われる。しおれは葉面の気孔の閉鎖を示唆しており、炭酸ガスのとりこみ不足から生長にブレーキがかかり、このような状態が続けば、生育量に大きな影響を受けることになる。高塩環境に適応して

いるホソバノハマアカザは塩類の吸収力が弱く、普通の培養液のようなうすい塩類濃度では十分に吸収できないのだろう。

ところでホソバノハマアカザは乾物当たり10パーセントを越えるナトリウムをどこにためているのだろうか。筆者らはホソバノハマアカザの細胞から液胞をとりだし、その中の液の組成を調べた。その結果細胞中のナトリウムの大部分は液胞液中に存在していることが分かった（ナトリウムとバランスをとっている陰イオンは塩素とシュウ酸イオンである）。これから計算すると細胞質中のナトリウム濃度はとくに高くない。

ホソバノハマアカザの細胞は、外界の高い塩類濃度に対して膨圧を維持できるだけの高い浸透圧をつくりだす必要があるが、それに外界のナトリウム塩を利用している。ただし細胞質に高濃度のナトリウムが存在することは、一般の植物と同様具合が悪いので、高濃度存在しても代謝を阻害されない有機溶質（ベタインなど）とカリウム塩で浸透圧をつくりだし、液胞中ではナトリウムと塩素とシュウ酸で浸透圧をつくるという二段構えで対処している。つまり体内のナトリウムのコンパートメンテーション（区分け）を行っている。これはホソバノハマアカザの液胞膜にナトリウムを液胞中にくみ出すポンプがあるためと思われる。このようなしくみはナトリウム含有率の著しく高い、アカザ科の塩生植物に共通していると思われる。