

# 生命にとって塩とは何か

— 生物と塩との関係史 — 9

京都大学名誉教授  
近畿大学農学部教授

高 橋 英 一

## 6 塩と農業 (つづき)

### ナトリウム塩の有用性

前回、作物にとってナトリウムは不用品、あるいは余計なものであるという話をしたが、そうとばかりいえない面もある。というのは農業の現場でナトリウム塩が好んで施用される場合があるからである。ここではナトリウム塩の有用性について述べる。

### サトウダイコンとチリ硝石

チリ硝石は南米のペルー、ポリビア、チリに産し、主成分は硝酸ナトリウムであるが、19世紀中ごろからヨーロッパはこれを大量に輸入するようになり、一時はその枯渇が心配された。しかし、今世紀はじめ空中窒素の工業的固定が成功してからは、硫酸がそして硝酸、尿素が大量に生産され、チリ硝石は多くの作物ではこれらに取って代わられたが、サトウダイコンやその親類の飼料用ビート（マンゴールド）には依然として使われている。それはチリ硝石に含まれているナトリウムの効用に負うところが大きいと思われる（そのほかにチリ硝石にしばしば含まれているホウ素が、ホウ素要求性の高いサトウダイコンに効果をもたらした可能性がある）。

一般の作物のナトリウム含量はカリウムの10分の1以下であるが、サトウダイコンのナトリウム含量はカリウムを上回る高さである。そしてナトリウムの施用効果が認められる。ナトリウムは食塩（塩化ナトリウム）や芒硝（硫酸ナトリウム）で与えても効果がある。表9はイギリスのローザムステッド試験場で80年以上にわたって継続された長期圃場試験における、飼料用ビートに対するナトリウムとカリウムの施用効果を筆者がとりまとめたものである。飼料用ビートに対するカリウムの施用効果は、ナトリウムを施用しなかった

場合は著しい（③-④=6.3トンヘクタールの増収）。しかしナトリウムが施用されているときは、カリウムの施用効果は全く現れていない（①-②=0）。これはサトウダイコンの場合も同じである。

表9 ローザムステッド試験場で実施された長期圃場試験（1876—1959年）にみられる飼料用ビートに対するナトリウム、カリウムの効果

試 験 区	飼料用ビート根収量 t/ha・年 1876—1959年の平均
① N, P, K, Na, Mg	14.8
② N, P, Na, Mg	14.8
③ N, P, K	13.6
④ N, P	7.3
⑤ N	5.6

N: 硫酸, P: 過リン酸石灰, K: 硫酸カリ,  
Na: 塩化ナトリウム, Mg: 硫酸マグネシウム  
で与えてある

サトウダイコンや飼料用ビートがナトリウムを沢山吸収し、ナトリウム塩の施用によって生育収量がよくなるのは、作物として変わっているように思われるかもしれないが、これらがホソバナハマアカザやアッケシソウと同類のアカザ科の植物であることを知れば、納得がいくのではなかろうか。つまりわれわれはナトリウムを好む塩生植物のあるものを作物に仕立て上げたのである。

ナトリウムは植物生理学上は必須元素になっていないが、ビート類が重要な経済作物になっている北ヨーロッパでは、肥料として施用することが奨められている。表10にイギリスにおけるビート類に対する施肥基準を示した。これはわが国で、必須元素でないケイ素（ケイ酸）が、イネに対して肥料として大量に施用されているのと似て面白い。イネはケイ酸を一般の作物の数十倍も吸収す

表10 イギリスにおけるビート類に対する  
施肥基準 (Kg/ha)

窒 素	125
リ ン	28
カリウム	83
ナトリウム	151

ナトリウム：硝酸ナトリウム，塩化ナトリウム，  
カイニット（塩化カリウムと塩化ナトリウムを含む），  
あるいはナトリウム含有複合肥料で施用

るといふ特異性があり，それによって生育はよくなり，わが国のように多肥（多窒素）集約栽培を行うところでは，実際の効果がある。ナトリウムやケイ酸に対する作物の変わった反応は，作物の栄養特性に根ざすものであり，それを掘り下げて行くといろいろ面白いことが分かる。

図2 Kと共にNaを施用した場合の各作物のNa・K含有量比率

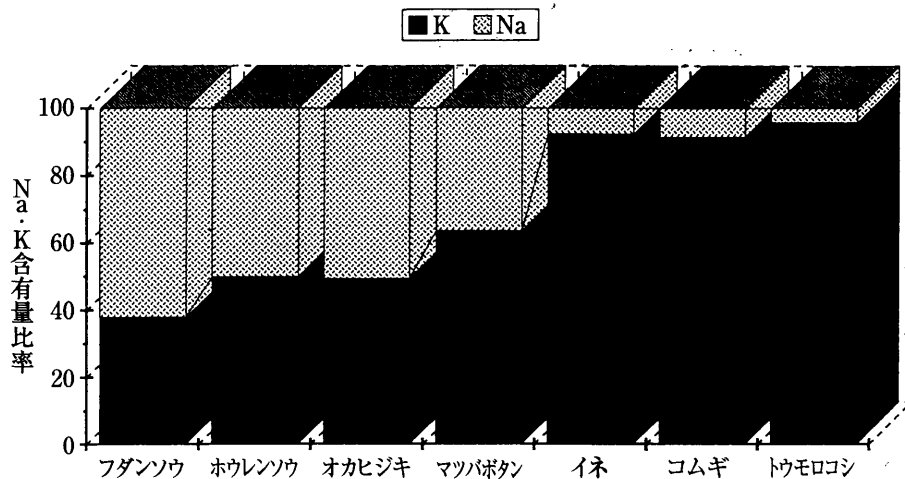
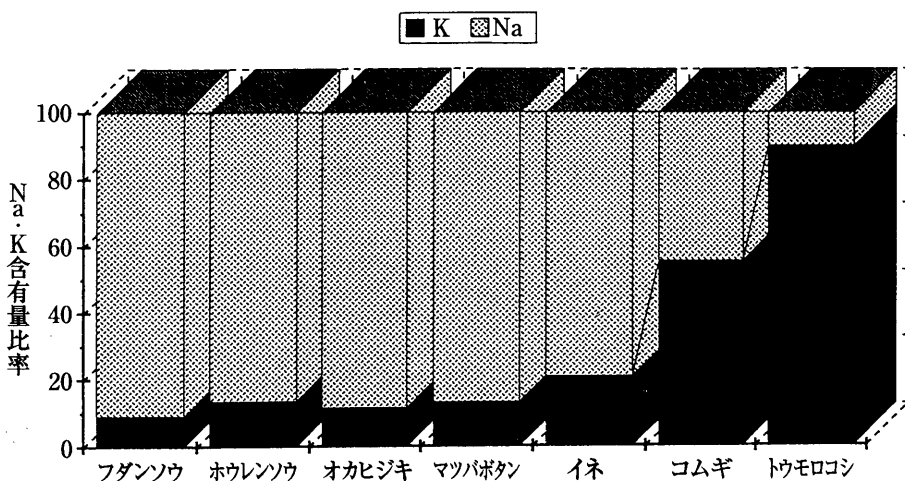


図3 Kを施用せずNaを施用した場合の各作物のNa・K含有量比率



作物のナトリウム吸収性とナトリウムの有用性との関係

筆者らは作物に対するナトリウムの有用性の根拠を明らかにする目的で，カリウムの施用レベルをかえて栽培した多くの作物に対するナトリウムの施用効果を調べた。栽培は土耕と根を調べるための水，砂耕を併用した。土耕にはカリウムの少ないマサ土を用い，水，砂耕では前培養期間中，十分量のカリウムを与えておき，試験期間中のカリウム無施用による極端な欠乏症の発現を避けた。試験区としては標準量のカリウムとこれと当量のカリウムを与えた区，どちらか一方を与えた区，どちらも与えなかった区を，すべての試験に共通して設けた。誠験には20種類の作物を供試したが，その結果次のようなことが明らかになった。

まずナトリウムの吸収性が供試作物によって大きく異なった。図2，3に代表的な七つの作物の結果を示した。当量のカリウムが施用されているときのナトリウムの吸収は図2のようで，フダンソウ（サトウダイコンと同じ種に属する葉菜）のナトリウム含有量はカリウムの1.5倍と著しく高かった。ホウレンソウ，オカヒジキそれからマツバボタンはカリウムと同等もしくはそれに近い含有量を示した。それに比べてイネ，コムギ，トウモロコシのナトリウム含有量は著しく低かった（とくにトウモロコシの場合）。

一方カリウムを同時に施用しなかった場合は(図3)，フダンソウからマツバボタンまでは（スベリヒユ科のマツバボタンを除きいずれもアカザ科の作物）一様に

ナトリウム含有量が圧倒的に高くなったのに対して、イネ科の作物の間には大きな違いが見られた。すなわちイネはカリウム不足下では、アカザ科の作物と同じくらいナトリウムを吸収するが、トウモロコシはそのような条件下でもナトリウムを殆ど吸収しない。そしてコムギはその中間に位置していた。

つぎにこれらの作物の生育に対するナトリウムの施用効果であるが、図4.5に見られるように、フダンソウに対する効果はカリウムの1.5倍と著しく高く、ハウレンソウ、オカヒジキ、マツバボタン

図4 作物の生育に対するNaの効果

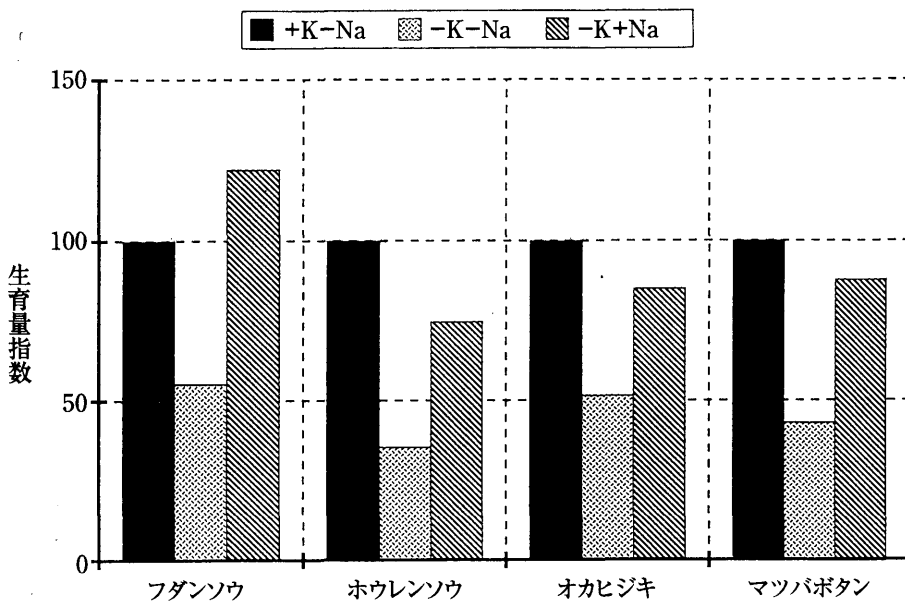
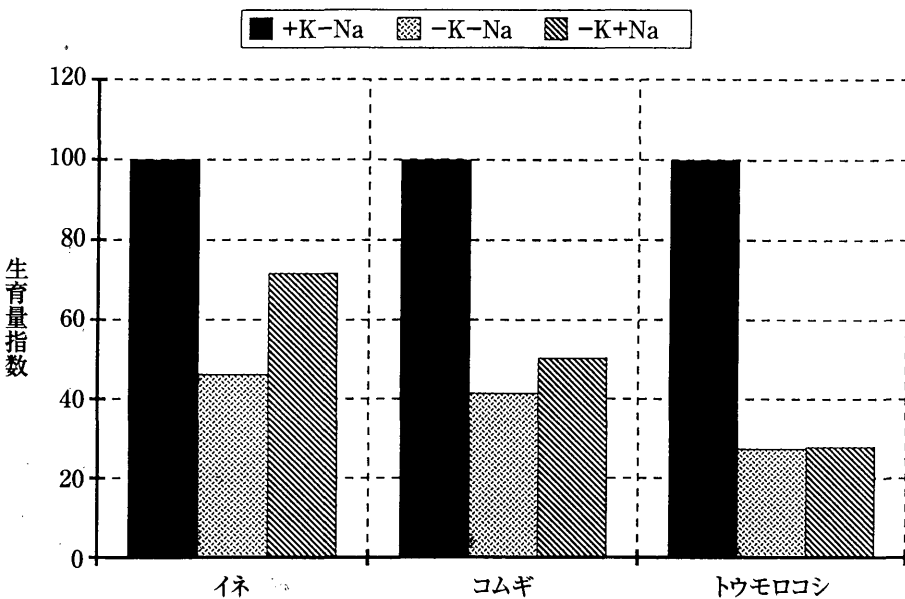


図5 作物の生育に対するNaの効果



タンに対するナトリウムの施用効果もカリウムのそれぞれ約60, 70, 80パーセントといずれもかなり高かった。これにたいしてイネ科のグループでは、イネが47パーセント、コムギが25パーセントそしてトウモロコシが0パーセントと大きな違いを示した。

ここに示した7種の作物のほかに13種の作物を加えた合計20種の作物の試験結果から、作物のナトリウム吸収パターンを表11のような五つに分けたが、このパターンとナトリウムの有用性の程度とはよく対応した。

図6はカリウムを施用しなかったときの作物のナトリウム・カリウム含有量比（作物のナトリウム吸収性の指標）とナトリウムのカリウム代替率との関係を表したものであるが、作物のナトリウム吸収性とナトリウムの施用効果の間には、非常に高い相関がみられた。

これらの結果からつぎのようなことが明らかになった。

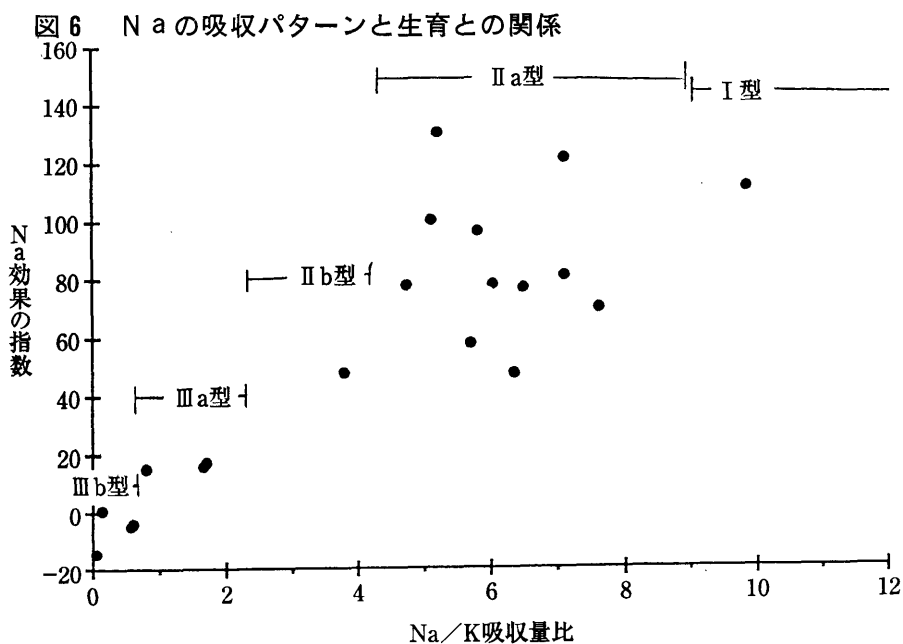
作物に対するナトリウムの有用性の程度は、作物のナトリウム吸収性の大小によってきまる。ここに見られたナトリウムの効果の原因は、アポプラスト（細胞間隙、細胞壁の孔隙、液胞内など細胞質以外の部分）にあるナトリウムイオンの浸透圧による保水力、吸水力作出作用にあると考えられる。それはアカザ科の葉菜類の含水率が、ナトリウム含有率の増加にともない有意に高まることからもうかがわれる。植物の細胞外液（アポプラストに存在す

表11 作物のNa吸収パターン

I型：K施用の有無にかかわらずNaをK以上に吸収するもの フダンソウ
II a型：K施用時にNaをかなり吸収し、K不足時にNa吸収性が著しく大きくなるもの オカヒジキ・ホウレンソウ・マツバボタン・ハクサイ・チンゲンサイ カブ・ノザワナ・コマツナ・キャベツ・オオムギ・キクナ
II b型：K施用時にはNaをわずかししか吸収しないが、K不足時にNa吸収性が著しく大きくなるもの イネ
III a型：K施用時にNaをわずかししか吸収しないが、K不足時にNa吸収性が若干大きくなるもの コムギ・レタス・トマト
III b型：K施用の有無にかかわらずNaをほとんど吸収しないもの トウモロコシ・インゲン・ヒユナ・イチゴ

物ではナトリウムでなくカリウムを用いている。しかし塩生植物ではカリウムよりナトリウムを好んで利用する傾向が見られる。これはナトリウムイオン濃度の高い環境に対する適応の結果であろう。

塩生植物にはアカザ科の植物が多いが、スベリヒユ科も同じアカザ目に属している。これらの科由来の作物がナトリウムに特別の生育反応を示したことは理解しやすい。しかしイネ科の作物がナトリウムに対して幅広い反応を呈したことは非常に興味深い。はじめに述べたように、わが国の農業はケイ酸を肥料として施用しているのと対照的に、ナトリウムに対する関心は欧米にくらべてやすい。これにはいろいろな理由が考えられるが(たとえば長年にわたる下肥の施用など、下肥には1パーセント近い塩化ナトリウムが含まれており、その連用は土壤の物理性などを悪化させた)、



る液)は動物の体液に相当するが、その浸透圧に関与する無機カチオンに、動物と違って一般の植

農業上ナトリウム塩が有効な場合のあることを、この一連の誠験の結果は示している。