

歴史の中の肥料

カリ鉱石物語 2

京都大学名誉教授

高 橋 英 一

カリ鉱床の成因

ところで何故シュタッスフルトの岩塩層にカリ塩の集積がみられるのだろうか。海水中にカリウムはナトリウムの約30分の1含まれている(表2)。

表2. 海水の平均組成

	%
ナトリウム	1.05
カリウム	0.04
マグネシウム	0.14
カルシウム	0.04
塩素	1.90
イオウ	0.09
その他	0.01

したがって海水はカリウムの給源になりうるが、それを取り出すことは技術的、経済的に難しい。しかしもし海水中の塩類が、蒸発濃縮によって沈殿する際に、カリウム塩とナトリウム塩の分離が起こるならば、カリウム塩の集積層を採取すればよい。

1849年にユジリオという人が、海水が自然に蒸発する間にどのような順序で塩が沈積するかを調べたが、その結果は次のようであった¹⁾。

全塩濃度3.5パーセントの海水を自然蒸発させると、全塩濃度が2倍の7パーセントに上昇したとき炭酸カルシウムと少量の酸化鉄が沈殿し始める。更に全塩濃度が約17パーセントになると炭酸マグネシウムと硫酸カルシウムが現れ始める。

全塩濃度21パーセントでは硫酸カルシウムが主な沈殿物であるが、25パーセントになると塩化ナトリウムの沈殿が始まる。しかしこの沈殿は、硫酸カルシウムとマグネシウムの硫酸塩と塩化物が多少混じった「不純な塩」である。

それらの不純物は、溶液の体積がもとの100分の1近くに減少する時点まで塩化ナトリウムとともに沈殿し続けるが、硫酸マグネシウムの割合が高くなる。

このときの残存母液は、非常にねばねばしていて温度を高くしても殆ど蒸発せず、冷えると塩の

本号の内容

§ 歴史の中の肥料 1

カリ鉱石物語 2

京都大学名誉教授

高 橋 英 一

§ 肥料と切手よもやま話 (9) 5

越 野 正 義

§ キャベツのセル内基肥による生育の斉一化技術 6

北海道立北見農業試験場
作物研究部 畑作園芸科

研究職員 小 谷 野 茂 和

§ クワイの肥効調節型肥料を用いた全量基肥施肥 10

大阪府立食とみどりの総合技術センター
みどり環境部 都市緑化グループ

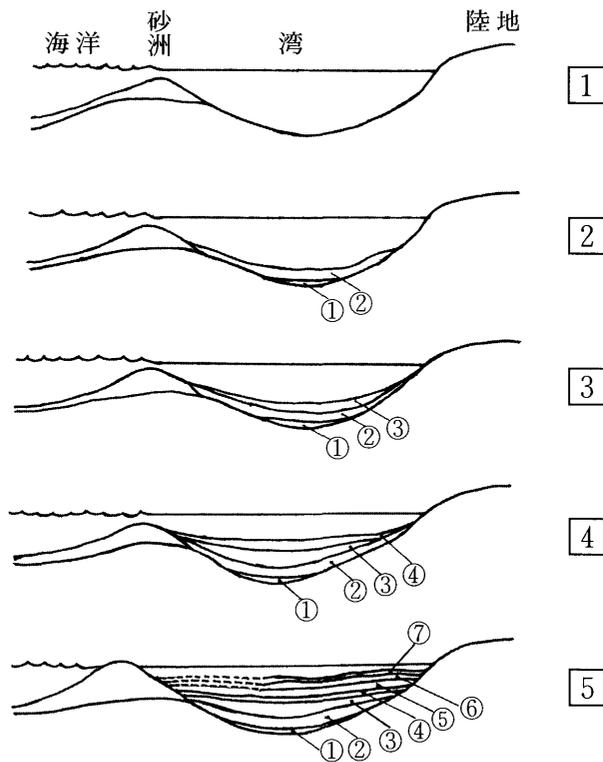
主任研究員 内 山 知 二

混合物の塊が生じた。

その組成は温度や湿度によって変動するが、共通して大量に含まれているのは硫酸マグネシウム(キーゼライト)と複塩の硫酸マグネシウム・カリウム(ラングバナイト)であった。

このユジリオの研究結果をもとに、1888年オクセニウスという人が、水平な砂州によって湾が部分的に外海から遮断されていて、蒸発による湾内の海面低下に伴って海水が進入する場合について、岩塩が形成されてゆく過程を推測した。その大要は図1のようである²⁾。

図1. 蒸発に伴う海水中の塩類の沈積過程



①酸化鉄を含む炭酸カルシウム②石膏③岩塩④無水石膏
⑤キーゼライト層⑥カーナライト層⑦塩粘土層

(1) 海水が砂州を越えてたえず湾内に流れ込み、蒸発して塩分が濃くなる。水中の生物はすべて追い出されるか死んでしまう(堆積塩類中に生物の化石が見つからない理由)。

(2) 海水は引き続き流れ込み、蒸発によってますます濃くなると、炭酸カルシウムと酸化鉄を沈積させる。塩分の濃さが溶液比重1.129の段階に達すると、石膏(CaSO₄・2H₂SO₄)が沈殿を始める。

(3) さらに海水が流れ込み、ますます濃くなって、比重1.218あたりになると岩塩(石膏を含んだ塩化ナトリウム)が沈殿を始める。

(4) 海水の流入が続く一方母液の一部が流出するようになり、岩塩の上に無水石膏が沈積する。

(5) 砂州は閉じ、母液(マグネシウム塩とカリウム塩を含む「苦い湖」)からカリ塩が沈積し始める。母液からの沈積層はキーゼライト層(硫酸マグネシウム)、カーナライト層(塩化マグネシウムと塩化カリウム)から成る。

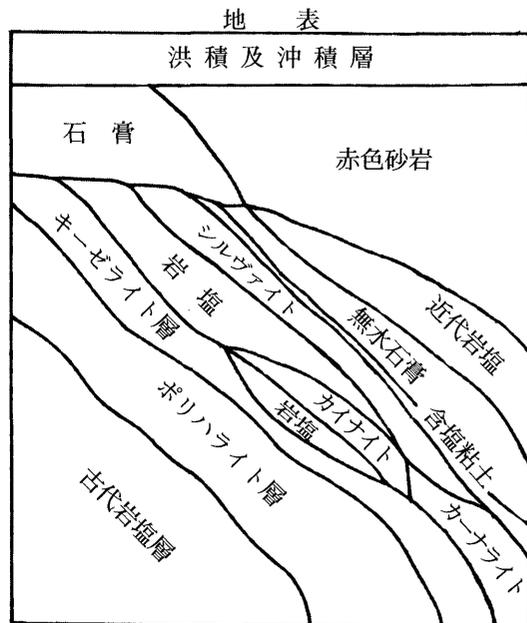
ただ多くの塩の堆積層にはこの(5)の過程に相当する沈積層は見られない。これについて彼は、内陸の隆起か何らかの地質学的攪乱が起こって「苦い湖」を流し去ってしまったと説明した。シュタッスフルトのカリ層は、その「苦い湖」の一部が窪地におしとどめられた場合を表している。

1907年に新しい雑誌「カリ」が創刊されたが、その第1号にはオクセニウスの理論に基づいて、シュタッスフルトのカリ鉱床の生成が、次のように説明されている³⁾。

古生代の末、ドイツ全体は沙漠気候のもとで海面下にあり、その海は現在のスイスのバーゼルからウイーンまで延びる砂州によって南の大洋から隔てられていた。

この海が干上がって行くにつれて塩類が、石膏、岩塩、ポリ塩化物の順に沈積した。そして母液が

図2. カリ鉱床断面模式図



まだ残っている間に砂州が閉じ、太陽熱がねばねばした液の温度を上げてゆくにつれてキーゼライト、カーナライト、カイナイト、塩性粘土などが次々に沈積した。やがて大きな沈降が起こって海洋の水が再び入り、もう一つの上部に位置する岩塩層を生み出した。そのあと今度は隆起が起こり、

新しい母液を外洋に押し出した。

この隆起は数千メートルの高さに達するまで続き、その間に塩の沈積層は水平なままではいられなくなり、逆転したりした。その後洪積、沖積の堆積物に埋められて、図2のような鉍脈を生ずるに至ったというものである。

カリ鉍床発見の影響

19世紀のはじめ、ヨーロッパにおけるポタッシ需要の増大は、化学者達をカリウム源の探求に駆り立てた。彼らはカリウムが多くて岩石の構成成分になっているというクラブロートの発見(1797)に刺激されて、岩石からカリウムを取り出す試みを繰り返した。またスコットランドではケルプから、ドイツでは甜菜の残りかすから、フランスでは海水からカリウムの抽出が行われた。一方新大陸アメリカの森林は、ヨーロッパへのポタッシの大きな供給源になっていた*1。

フルトでカリ鉍床が発見されたことは大きな福音であった。それはカリ不足からの解放を約束するとともに、森林消滅の危機を救うものでもあった。

カリ鉍山はシュタッスフルト地方のほかにも、ハノーヴァー、ハレ、南ハルツ地方などで次々に開かれていったが、フランス国境に近いアルサスを除きすべてドイツ中央部に集中していた(図3参照)。そしてドイツは第一次世界大戦の結果アルサス地方を失うまで、唯一のカリ生産国の地位を保っていた。

このような中、19世紀の半ば過ぎにシュタッス

ドイツのカリ鉍山から産出されるカリ塩は、表3に見られるように1861年以降加速度的に増加したが、その6割以上が輸出された。また生産されたカリの中で、肥料として施用された割合は1880年42.5%、1890年58.4%、1900年76.7%、1910年88.3%、1920年94.3%と、20世紀になってからは殆どが農業用になった*2。

図3. 中央ヨーロッパ(ドイツ)におけるカリ鉍床の分布



これは硝石を原料とする黒色火薬の時代が去ったことと、窒素、リンにカリウムが加わった肥料三要素の時代が到来したことを反映している。また1884年にはカリシンジケートが組織され、以後これがカリ塩の世界貿易を独占することになった。

表3. ドイツのカリ塩生産量 1861-1925

年	原料塩 (万トン)
1861	0.2
1870	29.9
1880	66.9
1890	127.9
1900	303.7
1910	816.1
1920	1138.6
1925	1204.3

出所：川島禄郎著 肥料学 625頁
西ヶ原刊行会 1929年

世界の集約的な施肥農業にカリ肥料が次第に不可欠なものになり、その給源をドイツに依存するという構造は、第一次世界大戦中の連合国をカリ不足に悩ますことになった。

アメリカは大戦中、カリフォルニアのサールズ塩湖をポタッシ保留地に指定した*2。そしてそれを契機に各国でカリ塩の探査が始まり、その結果ドイツによるカリの独占はなくなった。

現在世界のカリの推定埋蔵量は表4に示すように、約525億トンで、ドイツは第3位になっているが、上位3国のロシア、カナダ、ドイツが全体の97パーセントを占めるといふ寡占構造は変わらない。

世界におけるカリ肥料の生産と消費は増加の一途をたどり、現在年間3000万トン近い値になっている(表5)。もしこれを木材を焼いた灰から生

産するならば、年間150億トンの木材を灰にすることになり、それは50万平方キロメートル(日本の国土の約1.3倍)の面積の森林が年々なくなる計算になる*3。

現在世界人口は60億を越えたが、地下から採取されるカリ塩が肥料として施用される以前の19世紀半ばの世界人口は約11億であったから、150年間に5倍以上の増加をみたわけである。それは耕地を介して5倍以上の食糧の供給、それを生産するためのカリの供給があったことになる。しかしこれだけのカリの供給を有機物のみを求めることは不可能であろう*4。ここに鉱物資源を利用する端緒をひらいた、シュタツフルトにおけるカリ鉱床発見の歴史的意義が見出されるのである。

*1アメリカにおける木材の灰からのポタッシ生産は、1608年にジェームスタウンで始まった。当時大英帝国が、新大陸の大西洋沿岸部に植民地を拓いた動機の一つは、増大するポタッシの需要に対処するため、その原料となる木材を確保するためであったといわれる。

アメリカ独立戦争(1775-1783)の一時期、マサチューセッツは植民地で生産されるポタッシ1トンにたいして100ポンドの奨励金を出すと広告した。またこの時期ポタッシは税金の代わりに受納された。

1789年8月から1790年10月までの14ヶ月の間に、アメリカからヨーロッパに7050トン、価格にして66万ドルのポタッシと、1548トン、18万ドルのパールアッシ(ポタッシの半精製品)が輸出された。

1825年にはそれらの輸出総額は200万トンに達し、これをピークにして以後急速に低下していったが、それは大西洋沿岸諸州の森林資源の枯渇と、ドイツのカリ鉱石

表4. 世界のカリ推定埋蔵量

	K ₂ O 億トン	(%)
ロシア	240	(46)
カナダ	180	(34)
ドイツ	90	(17)
中国	5	(1)
アメリカ	3	(0.6)
フランス	2	(0.4)
その他(11ヶ国)	5	(1)
世界計	525	(100)

出所: Potassium Reserves in the World
The Role of Potassium in the World p4~8
(1968)

表5. 世界におけるカリ肥料の生産と消費(1998年)*

	生 産		消 費	
	K ₂ O 万トン	(%)	K ₂ O 万トン	(%)
ヨーロッパ	529	(21.2)	494	(21.8)
ロシア	670	(26.9)	109	(4.8)
北中米	991	(39.7)	562	(24.9)
南米	52	(2.1)	265	(11.7)
アジア	252	(10.1)	741	(32.8)
アフリカ	—		49	(2.2)
オセアニア	—		41	(1.8)
世界計	2495	(100)	2261	(100)

1980年代の2800万トン前後をピークに生産はやや減少の傾向

*ポケット肥料要覧による

供給によるヨーロッパ市場の需要の変化が原因であった。

木材の灰からのポタッシの生産は、農業の観点からすると、アメリカの歴史における最大の経済的犯罪(the geatest economic crime)の一つに数えられるという指摘がある。

アメリカからヨーロッパへの2世紀にわたる木灰の輸出は、木灰以外のカリ資源が知られていなかったヨーロッパの産業の発達を大いに助けた一方で、アメリカ東部諸

州の農業を著しく遅らせた⁵⁾。

*² アメリカ合衆国で最初にカリの商業的生産が行われたのは1915年、カリフォルニアのモハーヴェ砂漠にあるサールス (Searles) 塩湖においてである。ここの鹹水から硼砂をとる際の副産物としてカリが生産された。鹹水にカリは、塩化カリにして平均4.7パーセント含まれている。

*³ 木材1トンから、灰化抽出されるカリを2キログラム、1ヘクタールの森林の木材存在量を300トンとして計算。

*⁴ 無機化学肥料が普及する以前、わが国ではカリは主に自給肥料の堆厩肥と草木灰から供給されていた。カリ塩の消費が途絶えた昭和20年の堆厩肥の生産量は過去最高の6000万トンに上ったが、これから供給されるカリの量は約30万トンで、これは昭和29/30年度のカリ塩消費量に匹敵する値である。またわが国の農家の間では、「灰がなければ麦播くな」とか「灰をやらずに豆播くな」などといわれ、灰を肥料として施すことは古くから行われてきたが、昔は農家では樹の枝、薪、落ち葉、藁等を燃料にしていたので、農家一戸当たりの草木灰の生産量は

年間80-150貫位になった⁶⁾。これは草木灰のカリ含量を平均5パーセントとすると、15-28キログラムに相当する。その他に水田では、灌漑水から10アール当たり1-6キログラムのカリが供給される。欧米と異なり労働集約的な園地農業が営まれてきたわが国では、効率のよい有機物利用が行われてきたといえよう。

参 考 文 献

- 1) R.P.マルソーフ著、市場泰男訳：塩の世界史 240頁、平凡社 (1989)
- 2) 文献1の244-248頁
- 3) 文献1の304-305頁
- 4) 川島祿郎著：肥料学 625頁、西ヶ原刊行会 (1929)
- 5) G.H.Collings：Commercial Fertilizers-Their Sources and Use p 226 - 227, The Blakiston Company (Philadelphia) (1949)
- 6) 安川泰三編：加里肥料 理論と実際 61,62頁、高陽書院 (1955)

肥料と切手よもやま話 (9)

越 野 正 義

土壌診断に基づく施肥

養分が集積した土壌に施肥をするときには、これまでの標準施肥量の考えは通用しない。土壌の養分水準が低ければ作物の吸収量を基にして施肥設計をすればよく、この地域にはこの施用量でよいという標準施肥量でよかった。しかし長年の営農活動の差により農家ごと、圃場ごとに土壌の養分レベルが違ってくると、それを考慮に入れずに施肥処方箋を正しく書くことはできない。土壌養分の違いは土壌診断で知るしかない。農水省では環境保全型農業において土壌診断に基づく施肥を大きな柱としている。

この中国の切手は、土壌診断を進めようというキャンペーンのために発行された。「大塞に学べ」と紅衛兵が活躍していたころのものである。試験管の中の液は赤色を呈しており、ナフチルアミン-スルファニル酸による硝酸のテストであろうか (ナフチルアミンは発ガン性があるため入手できなくなったので、最近ではナフチルエチレンジアミンなどを使う)。

土壌診断に基づく施肥設計が普及すると肥料の銘柄の考え方も変わらざるを得ない。診断値が違えば成分比が違い、施肥量も違ってくる。土壌診断と結びつけて肥料の選択を容易にするのがバルクブレンド (BB) であった。しかし日本ではBBすら登録、あるいは届け出が必要なため銘柄に柔軟性がない。アメリカの肥料小売店では1%刻みでどのような成分比でも受注できる。配合時にフィラーが自由に使えるから、どのような成分比でも簡単に作れる。

環境保全型農業において土壌診断結果を活用するためには、肥料銘柄、流通のあり方も一度検討する必要はないだろうかと考えている。



(財 日本肥糧検定協会 参与)