

肥料の来た道帰る道

6. 工業化社会の幕あけと鉱物肥料の登場

京都大学

名誉教授 高橋 英一

産業革命は工業化社会の時代の幕をあけた。工業化社会は鉱物エネルギーに基礎をおいた経済社会であり、当時の代表的な顔は石炭であった。それまでのヨーロッパの生活は前回にも述べたように土地の生み出す有機物に大きく依存しており、その生産性をあげるために投入される肥料もまた土地由来の有機物であった。ところが19世紀になると地下から肥料効果をもった鉱物がもたらされ、従来の有機物肥料を補完するようになった。すなわちグアノ、チリ硝石、カリ鉱石そしてリン鉱石の登場である。この意義は大きく、それは19世紀におけるヨーロッパ人口の急激な増加にあらわれている。

グアノは糞あるいはこやしを意味しており、インカの公用語であったケチュア語に由来している。赤道近くの無人島に大挙営巣するペリカンやグアナイ(海鵜の一種)やカツオドリなどの排泄物が遺骸とともに堆積化石化したもので、リン酸分と窒素分を含んでおり、インカの時代から肥料として重用されていた。グアノがヨーロッパへ伝わったのは19世紀はじめであるが、そのきっかけはフンボルト(Alexander von Humboldt)らが1799年から1804年にかけて行なった赤道アメリカの探検であった。フンボルトは1802年ペルーの首都リマの近くで、グアノの肥料価値について調査し、少量をドイツに持ち帰って試験をしている。こうして1810年ごろからペルーのグアノはヨーロッパへ輸出されるようになった。

ペルーのグアノをヨーロッパに紹介したのはフンボルトであるが、このグアノをもたらしたものはフンボルト海流であった。ペルーの沖合には南極から北上した寒流(フンボルト海流)が通っているが、そのためにプランクトンが非常に豊富である。これを求めて魚が集まり、とくにアンチョビ(カタクチイワシ)の豊富な漁場になってい

る。そしてこのアンチョビを求めて海鳥類が群棲するためにグアノの堆積がおこるのである。つまり海水中の窒素とリンがまずプランクトンによって濃縮され、アンチョビ、海鳥という食物連鎖を経てヨーロッパの農地にもたらされたという次第である。

南米からヨーロッパにもたらされたいま一つの肥料鉱物であるチリ硝石は、1809年タドイス・ヘンケ(Thadeus Haenke)によってチリーの海岸山脈とアンデス山脈の間に横たわるアタカマ沙漠に発見され、1813年ごろスペイン人によって発掘がはじめられた。この鉱床の成因には諸説があるが、大きく分けると無機説と有機説になる。無機成因説は斜面や丘の上にあった凝灰岩と熔岩流に由来する硝酸塩が、沙漠環境下で露やまれにある降雨によって下へ運ばれてたまり、礫層中で蒸発沈澱したとするものである。有機成因説は海藻やグアノに窒素源を帰するものである。チリ硝石中には時として少量のホウ酸塩やヨウ素が含まれているが、これは有機成因説にとって有利である。精製されたチリ硝石(NaNO_3)は約16%の窒素を含んでおり、これは当時の有機物肥料の10倍以上におよび顕著な肥効を示し、また火薬の原料としても有用であったので、消費は加速度的に増大し19世紀末には早くもその枯渇が憂慮されるようになった。そしてそれは後で述べる空中窒素の工業的固定を促すことになったのである。

カリ(Kali ドイツ語、英語は potash)は海藻灰(主成分は K_2CO_3 と Na_2CO_3)を意味するアラビア語の qali に由来する。つまりカリの給源は海辺の近くにあつては海藻、内陸では草木といった植物を燃やした灰であった。これは植物がカリウムをまわりから選択的に吸収する性質を利用したものであった。カリは肥料として効果があるだけでなく、ガラスや石けんの製造、さらには戦

略物資として重要な硝石 (KNO_3) をつくるのにも必要になったので、大量の植物バイオマスが灰にされて消費されることになった。

19世紀に入って西ヨーロッパではボーリングの技術が進歩したが、これによって地下深部の岩塩層が発見され、採掘されるようになった。その中で最も重要な出来事はドイツ中部の町シュタッスフルトでの岩塩層の発見であった。1856年堅坑は256mの深さで塩を含んだ地層に到達し、はじめは「不純な塩」であったがやがて岩塩層につき当った。塩の純度は塩化ナトリウムの含量で評価され、硫酸塩やマグネシウム塩、カリ塩などは不純な塩あるいは廃物の塩と呼ばれていた。シュタッスフルトの廃物の塩は分析の結果カリウム塩とくに塩化カリウムを多く含んでいることが明らかになったが、このカリウム塩に大きな価値がみいだされることになった。それはそれまで植物の灰からとっていたポタッシに変わり得ることがわかったからである。このことはまことに時宜にかなっていた。何故なら当時ロシアとアメリカの森林はも早ポタッシの無尽蔵の源でないことが明らかになりつつあったからである。シュタッスフルトの工場の大部分は硝石工場を併設していた。カリ塩の販路ははじめはほとんど硝石製造業者に限られていたが、次第に肥料製造業者にも広がっていった。これには当時の農芸化学の権威であったリービヒの推奨の影響が大であった。

岩塩層にカリ塩の集積がみられる原因はつぎのように説明されている。すなわち乾燥した地域に水平な砂州によって部分的に外海から遮断された湾があり、海水がその砂州を越えて湾の表面から蒸発した量しか入ってこない場合は、湾内で塩の濃縮とその結果として堆積が進行する。はじめ沈澱するのは石膏であるが、食塩濃度が海水の11倍になったところでその上に塩化ナトリウムが沈積をはじめめる。塩化ナトリウムの沈積は湾の底と水面の高さを上昇させるので、上部の母液は砂州を越えて外海へ流出するようになる。そして一時期海水が湾内へ流れ込む一方で母液が外海へ流出する現象がつづくが、ついには粘稠になった母液が蒸発を減少させ、水面は低下しなくなり、海水の流入もとまる。砂州は閉じ、残った母液からマグ

ネシウム塩とカリ塩が沈積する。ほとんどの岩塩層にカリ塩の集積が見られないのは、岩塩から閉め出されたマグネシウム塩とカリ塩を含む母液が流れてしまうためと考えられる。シュタッスフルトのカリ塩の層はその母液の一部が凹地に残った場合に相当している。(市場泰男訳 マルソーフ著 塩の世界史 による)

シュタッスフルトにおけるカリ鉱床の発見はドイツをヨーロッパにおけるカリ資源大国にするとともに、アメリカの「ポタッシ産業」を壊滅させることになった。後に第1次世界大戦がおこり、ドイツからカリ塩が入らなくなったために、カリフォルニアのサールズ湖からカリが採掘、肥料にされたがこれは作物に思わぬ被害をもたらすことになった。(リン鉱石については次回で述べる)

一口メモ

毒は薬のたとえ

サールズ湖はカリフォルニアのモハーヴェ沙漠にあり、全塩濃度は34%を超え、液体というよりも固体に近い。湖の名は1873年ごろここでホウ砂の生産をはじめた J. W. Searles に因んでつけられたものである。その後この湖はポタッシも産出することがわかり(分析の結果塩化ナトリウム13.4%、炭酸ナトリウム4.9%、硫酸ナトリウム6.9%、塩化カリウム4.7%、ホウ砂1.5%その他を含む)、1913年から18年まで政府はこれを「ポタッシ保留地」に指定した。第1次世界大戦によりアメリカもドイツからポタッシを輸入できなくなったからである。ところがこれを肥料として用いたところ、カリ塩の3分の1近くあったホウ砂がトウモロコシなどの作物に大きな被害を与え、これを供給した農業共同組合は農家に多額の損害保障をしたといわれる。1926年ロザムステッド試験場の Warrington 女史が、水耕したソラマメでホウ素の必須性を証明したが、中々認めてもらえなかったのはこの事件も関係している。しかし毒と薬は表裏一体であり、ホウ素にかぎらず微量必須元素の多くははじめは毒性元素として知られたのである。