

歴史の中の肥料

チリ硝石物語 1

京都大学名誉教授

高 橋 英 一

はじめに

以前に本誌で「グアノ物語」と題する小文を連載した。19世紀にはこのグアノをはじめ、チリ硝石、カリ鉱石、リン鉱石といった肥料鉱物資源が相次いでヨーロッパ人によって発見され、世界中で利用されるようになった。

19世紀はまた産業革命の進行とともに、人類が巨大な鉱物エネルギー資源（石炭そして石油）に手をつけ始めた時代であった。その結果一世紀の間に世界人口は9億から16億と2倍近く増大したが、これだけの人口を養い得る食糧生産があったわけである。それを可能にしたものの一つに、この肥料鉱物資源の利用を挙げることができる。

人類は長い間生物起源の、すなわち有機物由来のエネルギーに依存して暮らしてきたが、鉱物エネルギーへの転換を始めたのが産業革命であった。一方食糧生産のための肥料資源もまた、有機物から無機物（鉱物）へ転換を始めた19世紀は、肥料革命の時代でもあった。

革命は社会の隅々まで大きな影響をもたらす。革命的な鉱物肥料の出現も、人間の歴史にいろいろなエピソードを残した。その一例として、前回「グアノ物語」を紹介したが、今回はチリ硝石について、更に残りのカリ鉱石、リン鉱石についても物語ってみたい。

アタカマ沙漠の贈り物

沙漠というところ¹⁾

沙漠というのはケッペンという人の定義によると、年間降水量が254mm以下で一般に高温なところである。このようなところは陸地面積1億4,500万平方kmの14%を占めており、5大陸に12の主な沙漠が分布している。その中で南アメリカ大陸のペルーとチリにまたがるペルー-アタカマ沙漠は、面積約36万平方キロメートルで最も小さく、降水量も13mmと最も少ない。

沙漠の土は塩類が飽和状態の場合が多く植物は育たないが、土の中の無機塩類が貴重な鉱物資源になっているところもある。たとえばカリフォル

本号の内容

§ 歴史の中の肥料	1
チリ硝石物語 1	
	京都大学名誉教授
	高 橋 英 一
§ 伊予柑園における肥効調節型肥料を利用した環境負荷軽減	5
	愛媛県立果樹試験場 生産環境室
	主任研究員 石 川 啓
§ 肥料と切手よもやま話 (5)	10
	越 野 正 義
§ 野菜に対する被覆カリ肥料の肥効特性と施用効果	11
	熊本県農業研究センター
	農産園芸研究所 土壌肥料部
	部 長 郡 司 掛 則 昭

ニアのモハベ沙漠からは硼砂(硼酸ナトリウム)や石膏(硫酸カルシウム)がとれ、アタカマ沙漠は硝酸ナトリウムを産する。

アンデス山脈とアタカマ沙漠^{2, 3)}

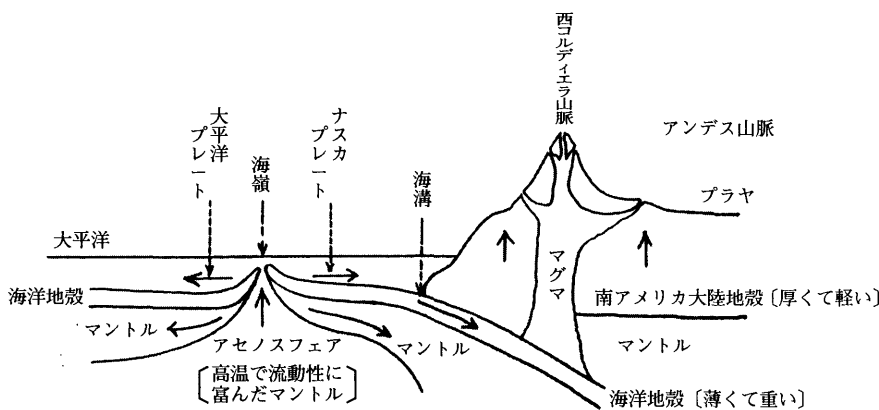
アンデス山脈は南アメリカ大陸の西側を、その北端から南端まで7,000km以上にわたって切れ目無く続く、世界最長のコルディエラ型山脈である。コルディエラ型とは、海洋プレートの沈み込みによって生じる山脈の中、大陸の縁にある山脈をいう。

アンデス山脈は東太平洋の玄武岩質の重いナスカプレートが、南アメリカ大陸の花崗岩質の軽い地殻の下に沈み込んで引き起こした、激しい造山運動によってつくられた。すなわち沈み込んだ海

洋プレートが大陸地殻下のマントルを溶かし、密度の小さいマグマを生じる。この軽いマグマは、浮力で上昇して大陸地殻に付着固化し、一部は地表まで噴き出して火山をつくる。こうして厚みを増した大陸地殻は、それ自身の浮力で隆起し、大きな山脈をつくる(図1参照)。

アンデス山脈の中央部は、東コルディエラ山脈と西コルディエラ山脈の二列の山脈からなり、両者とも5,000~6,000mの高度をもつ。西コルディエラ山脈には多数の火山があるが、東コルディエラ山脈は非火山性の山脈になっている。そして両山脈の間には、アルチプラノあるいはプラヤ(スペイン語で「海浜」の意)と呼ばれる標高4,000m近い高原が広がっている(図2)。

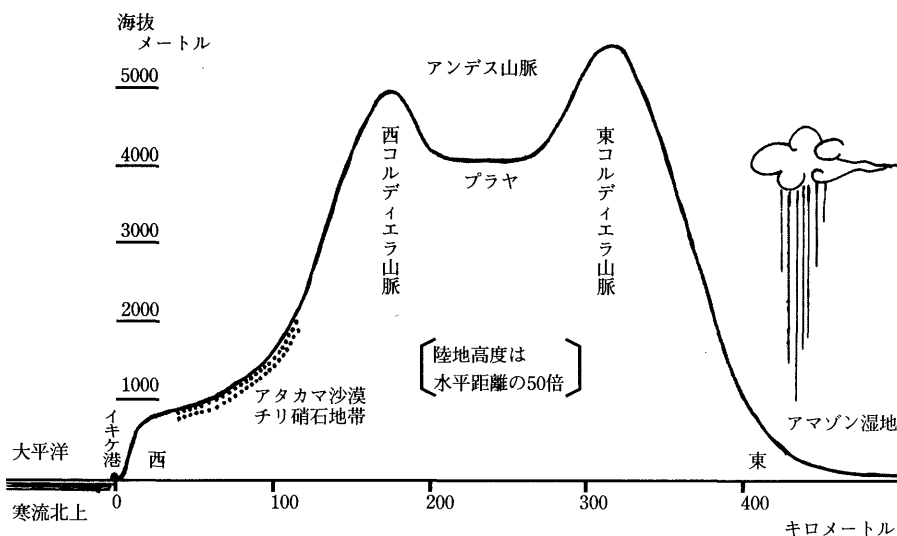
図1. プレートテクトニクスによるアンデス山脈の成因



南北に連なるアンデス山脈は東西方向の大気の流れを遮ぎるため、山脈の東側と西側で気候は著しく異なる。ペルーからチリ北部の緯度帯の東コルディエラ山脈の東側では、アマゾン河流域地帯から上昇してくる湿気のために雨量が多く、熱帯降雨林帯になっているのに対して、西コルディエラ山脈の西側では、太平洋岸から山腹まで沙漠がひろがっている。なかでもチリ北部のアタカマ沙漠は、世界で最も乾燥した土地であるが、このような極度の乾燥は、東西方向の大気の流れを遮る高い山脈の影響だけでなく、沿岸を流れる寒流が大いに関係している。

図2. 中央アンデス地域の横断面

(田中正武:栽培植物の起源 NHKブックス 1975 143頁をもとに描く)



南極から赤道方向へ流れる寒流(フンボルト海流)は南アメリカ大陸西岸に沿って北上するが、亜熱帯付近で深海底から湧き上がる冷水(湧昇流)が加わって更に低温になる。そのため

アタカマ沙漠の海岸の町の人は、亜熱帯に住みながら海水浴ができない。

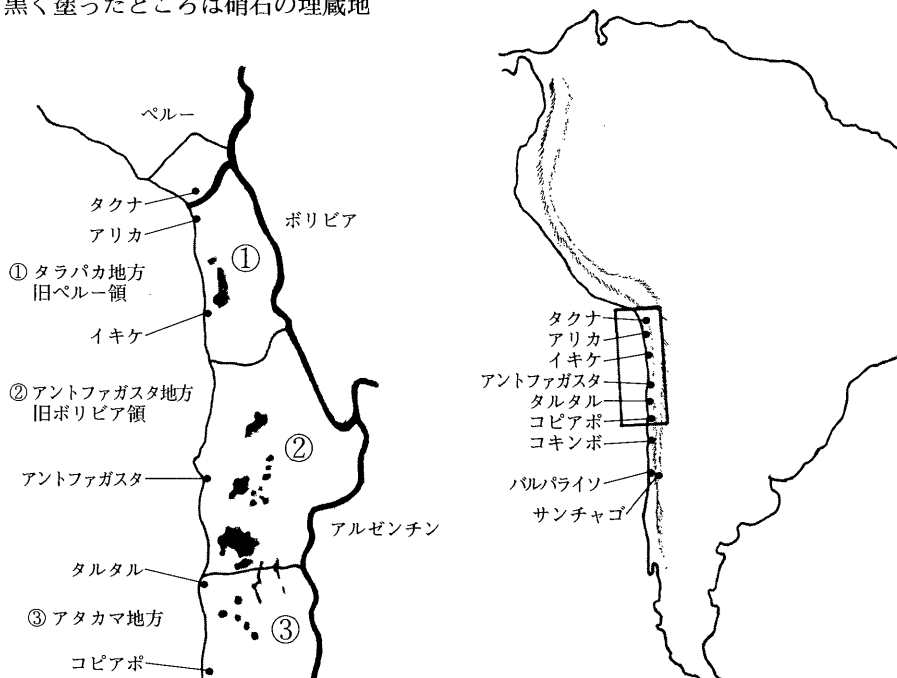
この低温の海水の上を越えて陸の方に吹く風は冷やされて重くなり、600～700m上空で逆転層(上層より下層の大気の温度が低い境界)を形成する。海上を渡ってくる風は水分を多く含んでいるが冷たく重いので、逆転層より上へ上昇できず気温が低下しないため、水分が凝縮して陸地に雨を降らすまでには至らない。しかし霧を生じ沙漠に大量の露をもたらす。

アンデスの西斜面は太平洋に向かって次第に下降し、途中尾根の間に断層によって生じた広い盆地や段丘を残しながら、緩傾斜の砂礫質の沙漠になり、最後に高さ数百メートルの断崖となって海に臨んでいる。海岸平野はなく、イキケ(Iquique)やアントファガスタ(Antofagasta)などの港町は、この断崖にへばりつくようにして存在している。

アタカマ沙漠はおおよそ現在のチリのアリカ(Arica)からコピアポ(Copiapo)まで1,000km余り、タラパカ(Tarapaca)、アントファガスタ、アタカマ(Atacama)の3地方にまたがっている(図3)。

図3. アタカマ沙漠の硝石埋蔵地

黒く塗ったところは硝石の埋蔵地



アタカマ沙漠とチリ硝石⁴⁻⁸⁾

1530年代のはじめ、スペインの征服者達がこの沙漠を通過した。彼らはここには得るものが何も

ないとみて「失望の地」と呼んだ。しかし3世紀の後、この地は銀、銅、硼砂、チリ硝石等の貴重な鉱物資源の宝庫であることが分かった。

アタカマ沙漠には薄い塩の皮殻に覆われたところが随所にある。塩の大部分は塩化ナトリウムであるが、ところどころに他の塩の「島」が点在しており、その中に硝酸ナトリウムを20～75%も含むものがある。この硝酸ナトリウムを含む塊はカリーチエ(caliche)とよばれチリ硝石の原鉱石として採掘される。

チリ硝石の鉱床は、アタカマ沙漠の中央部の、海岸から40～80km離れた、海拔650～2,300mのところ、東西50～100km、南北750kmにわたって分布している。

チリ硝石の成因とくにその窒素分の由来については、有機成因説と無機成因説の二つがある。有機成因説には1) 海藻*、2) グアノ**、3) バクテリアによる空中窒素固定に起源を求めるものがある。無機成因説には1) 稲妻などによる空中窒素固定、2) マグマによって運ばれてきた火山性堆積物(凝灰岩や溶岩)に起源を求めるものがある。これらの中、現在では無機成因説の2)が最も可能性が高いと考えられている。

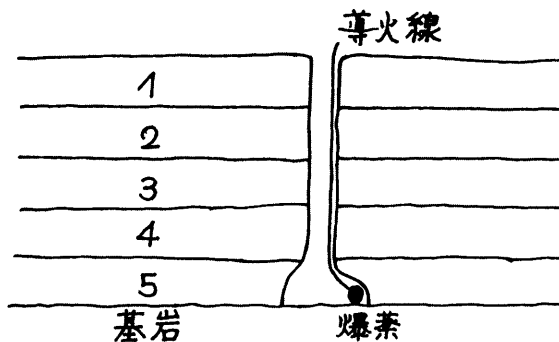
風化によって放出された火山性堆積物中のアンモニウム塩は、酸化されて硝酸にかわり、アルカリ分と反応して硝酸塩となる。そしてその他の塩類とともに、地表に結ぶ露、あるいはたまに降る僅かばかりの雨に溶けて下方の沙漠へ運ばれ、沙漠の砂礫層中で蒸発によって沈積する。

沈積した塩類の中、硝酸ナトリウムは潮解性に富んでいるので、湿度の高いときには溶解して、共存する塩化ナトリウムや硫酸ナトリウムなどと分離し、乾燥時に砂礫

層の間で硝酸ナトリウムの結晶を生じる。これを含んだカーチエは、沙漠の地表から1～6mの深さのところに、0.2～1mくらいの厚さで存在している。

図4. チリ硝石鉱床

- 1: チューカ, 2: コストラ, (1+2): タパ,
3: コンジェロ, 4: カリーチェ, 5: コバ



鉱床の層序は図4のようである。最上層はチューカ (Chuca) と称する灰色の軟らかい土層で、少量の食塩、硫酸ソーダ等を含む。第二層はコストラ (Costra) と称する硬い層で、粘土と礫が石膏、硫酸ソーダ、硫酸カリなどで固結されている。これら二層をタパ (Tapa) と称し、0.5～6mの厚さになっている。第三層はコンジェロ (Conjero) と称し、コストラに似ているが多少の硝酸ソーダを含んでいる。

カーチエ (Caliche) は第四層で、ソーダ、カリ、苦土等の硝酸塩、硫酸塩、塩化物などと少量のヨウ化物が砂礫をまじえて固結し、厚さは最高4m、硝酸ソーダの含量の最高は75%に達することがある。第五層はコバ (Coba) と称し、石膏の混じった粘土、礫層である。コバの下は基岩になっている。カーチエはコバ層に爆薬を装填し、導火線を通して爆破し採掘する。

19世紀になって埋蔵量の豊富なチリ硝石 (硝酸ナトリウム) が発見されるまで、硝石 (硝酸カリウム) は火薬の製造の原料として不可欠な存在であった (黒色火薬は硝石、木炭、硫黄を原料としてつくられた)。

天然の硝石はインド、スペイン、ポルトガルなどに産するが、中でもインド (ガンジス河平原の

ビハール地方) には硝石を多量に含んだ土があり、浸出処理するだけで硝石を取り出すことが可能である。また暑い気候下では火を使わなくても結晶にすることができる。その上インドでは労賃が安かった。それでヨーロッパの戦争で使われた火薬の多くは、インド産の硝石からつくられた。

当時列強は戦争に必要な硝石の入手に苦勞していた。たとえば1756～1763年に起こった7年戦争の間に、イギリスは硝石の主産地であったインドの支配権を確立し、フランスは火薬不足のため講和せざるを得なかったといわれる。このような状況の下で、チリ硝石はヨーロッパ人に発見されたのであった。

*海底に莫大な量の海藻が堆積し、その後の造山作用によって隆起して陸地となり、海藻が分解してアンモニアを生じ、さらに硝化作用によって硝酸になり、ナトリウムと結びついて硝酸ナトリウムとなったとする説。当該地方の沿海は、フンボルト寒流の関係で現在でも海藻が豊富であること、またカーチエにヨウ素が存在することは、海藻説に有利である。

**「グアノ物語」で述べたように、ペルー沿岸にはグアノの堆積した岩礁が多数あり、そのグアノが風に運ばれたとする説。

参 考 文 献

- 1) ライフ大自然シリーズ17: 砂漠, タイムライフインターナショナル (1970)
- 2) 赤木祥彦: 沙漠への招待, 河出書房新社 (1998)
- 3) 週刊朝日百科 世界の地理10: 地球のすがた 朝日新聞社 (1983)
- 4) 週刊朝日百科 世界の地理116: ペルー, ポリビア, チリ 朝日新聞社 (1986)
- 5) Encyclopaedia Britannica vol 2 (1960), 595 'Desert of Atacama'
- 6) Encyclopaedia Britannica vol 5 (1960), 491 'Chilean nitrate'
- 7) 西洋事物起源 第4巻 316-363 「硝石」, 岩波文庫 (2000)
- 8) 川島禄郎: 肥料学 469-470, 西ヶ原刊行会 (1929)