

北海道における各種酸性硫酸塩土壌の区分, 分布および性状

The Kinds, Distribution, and Characteristics of Acid Sulfate
Soils in Hokkaido

石渡 輝夫* 沖田 良隆** 斉藤万之助***

Teruo ISHIWATA, Yoshitaka OKITA and Mannosuke SAITO

北海道で見いだされた酸性硫酸塩土壌はイオウの起源により海成のものと、火山作用によるものに大別された。前者はさらに現世に生成し、海岸沿いの湿地や干拓地に分布するものと、地質時代に生成したものに2分された。後者は1)イオウ化合物を含む火山碎屑物を母材とするもの(十勝泥流), 2)イオウ化合物を含む熱水により変質作用を受けたものおよび3)亜硫酸ガスなどを含む火山噴気によるものに細分された。火山性の酸性硫酸塩土壌のイオウ含量は海成のものより高い場合が多いので、その被害が甚大になる場合が多い。酸性硫酸塩土壌の耕地化に伴う改良対策はほぼ確立されているが、一般に多大な費用と時間を要するので事前調査を行い、これらを耕土として用いないことが最良の対策である。
《酸性硫酸塩土壌; 熱水変質安山岩風化物; バイライト; 古土壌; 海成堆積物》

Acid sulfate soils is large scale cuts of civil engineering construction work can be divided into two categories; 1) soils originating from marine deposits, and 2) from volcanic activities.

The marine deposit soils can further be divided into soils 1) formed in the Holocene, and 2) in geological age. The latter may be termed fossil acid sulfate soils.

Acid sulfate soils formed by volcanic activities may be divided in 1) pyroclastic acid sulfate soils, 2) hydrothermally altered acid sulfate soils, and 3) volcanic emission induced acid sulfate soils.

Acid sulfate soils should not be used for cultivation, and soil and geological surveys are indispensable before land reclamation or excavation of materials for soil dressing of peat land in large scale cuts.

Keywords : acid sulfate soils, weathered material of hydrothermally altered andesite, pyrite, fossil soils, marine deposit.

*土壌保全研究室長 **同室主任研究員 ***農業開発部長

はじめに

世界的には、酸性硫酸塩土壌とは、「a) 硫黄化合物により強酸性を呈するか、あるいは強酸性となる土壌で、b) 海岸沿いの（すなわち、硫黄は海水に由来し）、c) 湿地や干拓地において現世に生成した土壌」をいう^{1,2)}。しかし、本州や九州などにおいては、a) のような性状を有する土壌（あるいは地層）が海成の洪積層や第3紀層、あるいは熱水変質作用を受けた地層から、以前から見いだされていた^{3,4)}。近年、北海道においても、大規模な切土を伴う農業基盤整備などの工事により、このような土壌（地層）が見いだされている^{5,6)}。これらの土壌（地層）は、上述の世界的に認められている酸性硫酸塩土壌とは、その成因や生成年代あるいは性状が異なるが、これらについて言及したものは少ない。そこで、北海道の海成の洪積層や第3紀層、あるいは熱水変質作用を受けた地層から見いだされたこれら土壌（地層）の分類上の課題についてまず述べ、ついでその分布と性状を概述する。

1. 成因および生成年代による区分

日本の農耕地土壌の分類⁷⁾によると、大規模な切土や盛土により創出された農耕地土壌は造成土壌群に分類される。しかし、本土壌分類は、酸性硫酸塩土壌に関する基準を設定していない。一方、Soil Taxonomy および FAO/Unesco の土壌分類^{8,9)} では、sulfuric 層（顕在的酸性土層）あるいは sulfidic 物質（潜在的酸性物質）をある深さ以内に有する土壌が、酸性硫酸塩土壌的性質を有するものとして分類される。しかし、改良山成工などにより創出された造成土壌については規定がない。したがって、現在の土壌分類体系では、大規模な土地改変により創出され、かつ a) の性状を有する土壌は、明確に分類し得ないの

が現況である。

ところで、a) の性状を有し、海成の洪積層や第3紀層から見いだされる土壌（地層）は、それぞれの地質時代に現世の酸性硫酸塩土壌と同様に海岸沿いの低湿地で生成した土壌、あるいは還元的条件下の海底で堆積した海成層である。これらはその後の陸化により、化石のように地中で保存され、大規模な土地改変により、地表に出現した土壌（地層）である。したがって、これらは化石土壌（fossil soils）の一種であり¹⁰⁾、化石的酸性硫酸塩土壌といえよう。

一方、火山活動により a) の性状を有する土壌（地層）には、1) 硫黄化合物を含有する火山碎屑物を母材とするもの、および 2) 硫化水素などの硫黄化合物を含む熱水により変質して生じたものの 2 種類が北海道で見いだされており、さらに、3) 亜硫酸ガスを含む火山噴気の影響により硫黄化合物を含む土壌も将来見いだされる可能性がある。

a) の性状を有する土壌（地層）を広義の酸性硫酸塩土壌とすれば、a), b) および c) の 3 条件を有し、世界的に認められている酸性硫酸塩土壌は「典型的酸性硫酸塩土壌」といえよう。そして、上述の各種の酸性硫酸塩土壌は表—1 のように区別される。なお、以下では、農耕地土壌に限定せず、各種工事により用土材などとして使用され、a) の性状を有することが判明した地層をも、酸性硫酸塩土壌として含め、紹介する。

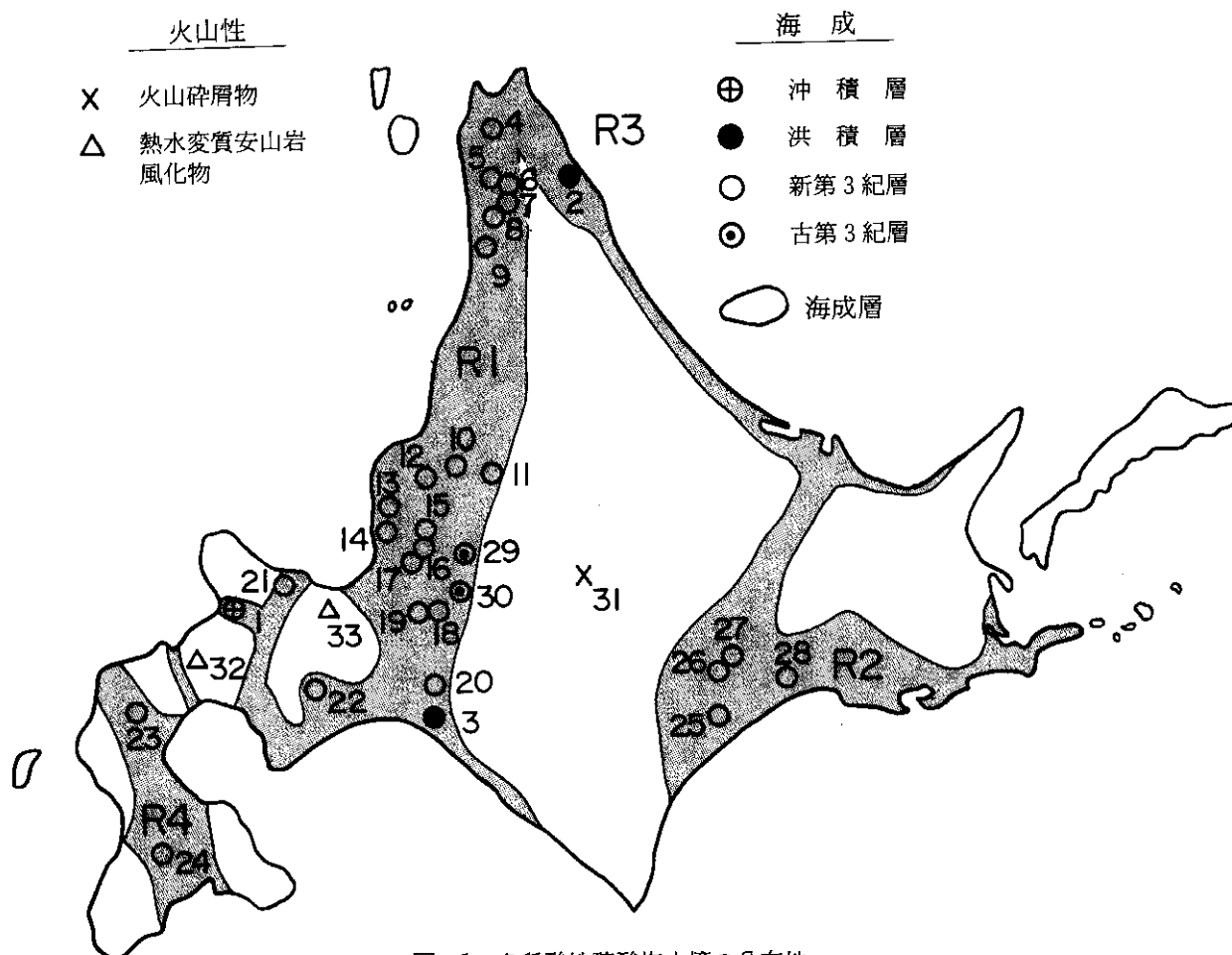
2. 各種酸性硫酸塩土壌の分布

佐々木¹¹⁾ は、過酸化水素水処理後の試料 pH [土壌—溶液比 1:10, 以下、pH (H₂O₂) で表わす] が 3.5 以下の試料を便宜的に酸性硫酸塩土壌としている。本報でもこの基準を準用し、各種の酸性硫酸塩土壌が見いだされた地点を図—1 に示した。化石的酸

表—1 酸性硫酸塩土壌の区分

硫黄の起源	条 件	呼 称	具 体 例
海水	a), b), c)	典型的酸性硫酸塩土壌	干拓地や海岸沿いの湿地に分布
	a), b)	化石的酸性硫酸塩土壌	洪積層や第3紀層から出現
火山作用	a)	火山碎屑物酸性硫酸塩土壌	十勝泥流
	a)	熱水変質酸性硫酸塩土壌	熱水変質安山岩風化物
	a)	火山噴気酸性硫酸塩土壌	(アトサヌブリ岳近傍土壌)

a) 硫黄化合物により強酸性となる。b) 海水に由来する硫黄である。c) 現世に生成した土壌である。



図—1 各種酸性硫酸塩土壌の分布地

性硫酸塩土壌の分布地は、台地や丘陵地形を呈する石狩低地帯から日本海北部沿岸にかけての地域 (R1)、十勝平野から根釧台地にかけての地域 (R2)、オホーツク沿岸の台地 (R3) および渡島半島のいくつかの地域 (R4) であり、いずれも新生代の海成層よりなる。

後述のように同一地層からなり、2 km 以内に存在する 4 露頭の試料では同じような色を呈し、同様な土性であっても化学性は大きく異なる。また、地点 No. 5 と 9 は日本海沿岸の台地に広く分布する勇知層よりなるが、両地点からの試料の化学性は大きく異なる。これらのことは、化石的酸性硫酸塩土壌の分布が不均一であることを意味している。海成層からなる酸性硫酸塩土壌の主な硫黄化合物は、パイライト (FeS_2) である。これは海水に由来する硫酸態硫黄と底泥中の鉄により、有機物の供給される還元的な状態で微生物を介して生成される。典型的酸性硫酸塩土壌の硫黄含量は、生成時の還元状態や海水と河川水の混合状況などの沈積環境によって異なると考えられている¹²⁾。また、干陸後の海成層の硫黄含量

は、風化や溶脱により減少する。このような要因により、海成層よりなる酸性硫酸塩土壌の分布が不均一で局所的なのであろう。なお、この調査は北海道全域について行われたものではなく、大部分の地域が未調査である。したがって、化石的酸性硫酸塩土壌はこのほかにも分布すると予想される。

火山性酸性硫酸塩土壌は、火山や温泉の近傍で見いだされている。大正 15 年に発生した十勝泥流 (地点 No. 31) は、硫黄化合物含量が高い火山碎屑物¹³⁾ からなり、この分布地は現在でも農耕上の支障をきたしている。さらに、近傍の河川水は強酸性のため、中和した後、水田用水に用いられている。硫黄化合物を含む熱水により変質作用を受けて生成した火山性酸性硫酸塩土壌は、現在までに安山岩を母岩とするもののみが見いだされている (地点 No. 32 および 33) が、その他の岩石を母岩とするものも、今後見いだされる可能性がある。火山噴気による酸性硫酸塩土壌は、現在までに報告されていないが、アドサヌブリ岳 (硫黄山) 近傍の酸性土壌¹⁴⁾ は、将来、土壌 pH が 3.5 以下に低下し、酸性硫酸塩土壌になる可

能性がある。このほか、温泉や火山より流出した硫黄化合物により、2次的に生成した酸性硫酸塩土壌¹⁵⁾が、将来北海道においても見いだされる可能性もある。なお、本報告では、温泉や火山で見いだされる硫黄の分布地は除外した。

3. 各種酸性硫酸塩土壌の性状

地点 No. 5, 9, 14, 17, 25, 30, 32 および 33 において見いだされた化石的酸性硫酸塩土壌および熱水変質安山岩風化物の理化学性を、表—2 に示した。なお、この表には pH (H₂O₂) が 3.5 以上であっても、pH (H₂O) が 3.5 以下の試料も含めた。いずれも、硫黄含量は 0.4% 以上である¹¹⁾。化石的酸性硫酸塩土壌試料の色相は 2.5~7.5 GY あるいは 5~10 Y であり、明度は 3~6 の範囲である。彩度は 2 以下と低く、還元状態に特有な色を呈する。熱水変質安山岩風化物の色は淡黄色、暗青灰色あるいは緑灰色であり、化石的酸性硫酸塩土壌に比べ鮮やかである。化石的酸性硫酸塩土壌試料の粒径組成は、細粒質なものに限定されない。化石的酸性硫酸塩土壌の pH (H₂O) は 2.4~6.6 の範囲内であるが、熱水変質安山岩風化物の pH (H₂O) はすべて 3.5 未満である。また、前者の pH (H₂O₂) は 1 例を除き、pH (H₂O) よりも低い、後者では全試料で低い。熱水変質安山岩風

化物は炭素、すなわち有機物をほとんど含まないのに対し、化石的酸性硫酸塩土壌は 1% 前後の炭素を含む。硫黄含量は熱水変質安山岩風化物で高いものが多い。生成に生物が関与している化石的酸性硫酸塩土壌と、無機的に生成する熱水変質安山岩風化物は、その成因の相違を反映して性状が大きく異なる。そして、火山性の酸性硫酸塩土壌の方が海成のものより硫黄含量の高い試料が多い³⁾ので、その作物や工作物などに対する被害も甚大になる場合がある。

地点 No. 17 で、同一地層からなり、2 km 以内に分布する 4 露頭からの試料のうち、上記の化石的酸性硫酸塩土壌の色調を呈する試料の理化学性を表—3 に示した。試料の pH (H₂O₂) は 2.55~6.51 の範囲であり、硫黄含量は 0.01~0.75% の範囲である。このように、同様な土色を示す試料の化学性は、試料により大きく異なっている。したがって、化石的酸性硫酸塩土壌は土色や土性だけでは、a) の性状を有しない非酸性硫酸塩土壌と区別され得ない。このため、酸性硫酸塩土壌の判定には酸化後の pH を測定しなければならない。

海成および火山性の酸性硫酸塩土壌の硫黄化合物は一般にパイライトが認められているが、このほかにグレイジャイトも存在するようである。海成の酸性硫酸塩土壌のパイライトは、フランボイド状ある

表—2 2 種類の酸性硫酸塩土壌の性状 (上段: 平均値, 下段: 範囲)

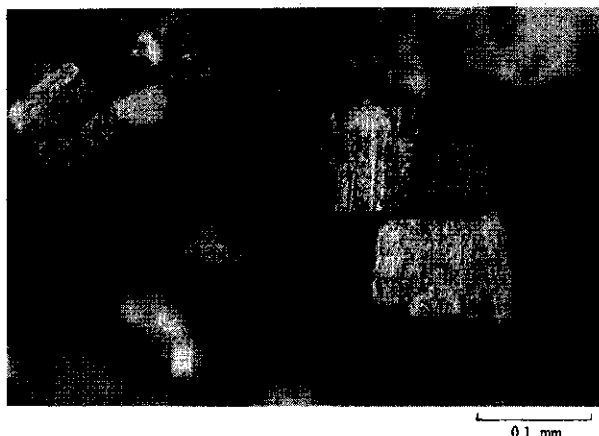
種 類	試料数	硫黄 * 1 (%)	炭素 * 2 (%)	pH(H ₂ O ₂)	pH(H ₂ O) * 3	土性 * 4
化石的酸性硫酸塩土壌	15	1.31 0.41—4.47	0.90 0.42—1.64	2.68 1.84—3.50	3.83 2.35—6.62	HC, LiC, CL, SL, L
熱水変質安山岩風化物	5	5.58 0.73—8.47	0.03 0—0.07	2.08 1.74—2.60	3.04 2.56—3.43	

* 1: 逆王水 塩酸+硝酸 (1:3) 可溶性硫黄含量, * 2: 乾式燃焼法,

* 3: 土壌—溶液比 1:2.5 での蒸留水による pH, * 4: 国際法,

表—3 化石的酸性硫酸塩土壌と同様な色を呈する試料の性状 (範囲)

露頭	調 査 対 象		特 定 の 色 を 呈 す る 試 料			
	深度 (m)	試料数	試料数	硫黄 (%)	炭素 (%)	pH(H ₂ O ₂)
A	1~40	8	4	0.01—0.42	0.12—0.42	3.13—6.38
B	1~41	3	3	0.02—0.58	0.80—0.96	3.01—6.51
C	1~26	8	5	0.02—0.75	0.38—0.84	2.55—6.51
D	1~27	8	1	0.02	0.72	6.44



写真—1 地点No. 33の熱水変質安山岩風化物に含まれるパイライト
(立方体の単結晶である)

いは団粒状を呈する²⁾が、火山性の酸性硫酸塩土壌（熱水変質安山岩風化物）のパイライトは立方体の単結晶（写真—1）のようであり、これも成因の相違を反映しているようである。なお、十勝泥流はかなりの単体硫黄や硫酸根も含むとされる¹³⁾。

4. ま と め

上記の各種酸性硫酸塩土壌は十勝泥流を除き、1) 改良山成工による農地造成、2) 台地や丘陵地土壌の泥炭地への客土、3) 水田の圃場整備、4) 山土による河川堤防の盛土、5) ダムの築造工事、6) 道路建設のためののり面の切土など、大規模な切土工事により見いだされたものである。これらによる被害は、直接的に作物や植物に対するものだけでなく、酸性水による用水障害、コンクリートや鉄の腐食あるいは土木構造物の強度低下まで及ぶ^{16,17)}。したがって、大規模な土地改変は今後とも減ることはないと考えられる状況から、酸性硫酸塩土壌的な性状を有する土壌（地層）については、農業方面だけでなく、土木工事の面からも留意しなければならない³⁾。酸性硫酸塩土壌の耕地化に伴う改良対策はほぼ確立されている³⁾が、一般に多大な経費を要する¹⁸⁾。したがって、大規模な土地改変に伴う農地造成や客土材の採取計画に際しては事前に調査を行い、これらを耕土として用いないことが肝要であろう。

謝辞：北海道農業試験場草地部長越野正義博士には、本報告の御校閲と貴重な助言、指導をいただいた。記して、感謝します。

参 考 文 献

- 1) Bloomfield, C. and Couter, J. K.: Genesis and Management of Acid Sulfate Soils. *Adv. Agron.*, 25, 265~326 (1973).
- 2) Davit Dent: Acid Sulfate Soils. A Baseline for Research and Development. p. 22~42, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen (1986).
- 3) 川崎 弘：わが国における酸性硫酸塩土壌の分布と対策, *農業技術*, 44, 409~414 (1989).
- 4) 山根忠昭：水稻の生育障害原因となる熱水変成安山岩中の硫化物, *土肥誌*, 55, 146~150 (1984).
- 5) 水野直治・前田 要・稲津 脩：後志地方に発生した酸性硫酸塩土壌の実態と対策, *北農*, 51, 7~17 (1984).
- 6) 石渡輝夫・沖田良隆・斉藤万之助・石田哲也・宍戸信貞：北海道で見いだされた酸性硫酸塩土壌および熱水変成安山岩風化物の分布と性状, *土木試験所月報*, 398, 15~24 (1986).
- 7) 農業技術研究所化学部土壌第3科：農耕地土壌の分類 —土壌統の設定基準および土壌統一覧表— 第2次改訂版, p. 1~75 (1983).
- 8) Soil Survey Staff: Soil Taxonomy, Agricultural Handbook No. 436, p. 47, 63, 186~187, 245, USDA-SCS, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C. (1975).
- 9) FAO-Unesco: Soil Map of the World, Vol. 1 Legend, p. 27, 31, 33, Unesco, Paris (1974).
- 10) 松井 健：土壌地理学特論, p. 81~136, 築地書院, 東京 (1989).
- 11) 佐々木信夫：新第3系に由来する酸性硫酸塩土壌, I その特性, *ペドロジスト*, 22, 2~11 (1978).
- 12) 村上英行：中海, 宍道湖地域における酸性硫酸塩土壌の分布とその特性, 酸性硫酸塩土壌の特性と改良法 (第1報), *土肥誌*, 38, 112~116 (1967).
- 13) 猪狩源三：十勝岳爆発泥流に関する調査成績, *北農試報告*, 39, 1~136 (1940).
- 14) 山田 忍・田村昇一・近堂祐弘：アトサヌプリ統火山性土の酸性化の要因について(第1報), *土肥誌*, 29, 126~128 (1958).
- 15) 川崎 弘・古閑孝彦：阿蘇カルデラ内の酸性硫酸塩土壌, *九州農試報告*, 18, 271~292 (1976).

- 16) 落合英俊・松下博通・江頭和彦・一瀬久光：温泉余土と基礎工，土と基礎，36，61～66（1988）。
- 17) 千木良雅弘・曾根賢二：泥岩の化学的風化のメカニズム ―岩石劣化試験装置を用いた酸化実験―，電力中央研究所報告，U 87040，1～21（1987）。
- 18) 村上英行・古山光雄：島根県東部の低地，丘陵等に分布する酸性硫酸塩土壌，山陰の農業と土壌肥料，p. 184～189，昭和 55 年度土肥学会大会運営委員会，鳥取（1980）。

*

*

*