

北海道で見いだされた酸性硫酸塩土壌および 熱水変質安山岩風化物の分布と性状

Distribution and Characteristics of Acid Sulfate Soils and Weathered
Material of Hydrothermal Altered Andesite found in Hokkaido

石渡輝夫* 沖田良隆** 斎藤万之助***
石田哲也**** 穴戸信貞**

全国各地の干拓地あるいは台地や丘陵地での大規模な切土を伴った農地造成などにおいて、成因は異なるが、ともに強酸性となる酸性硫酸塩土壌あるいは熱水変質安山岩風化物が見いだされ、農業上の問題とされている。近年、北海道においても、農業基盤整備が大規模な土地改変を伴うようになり、その存在が注目されるようになってきた。そこで、本報告では、北海道内の主に農業基盤整備予定地の近傍で見いだされた酸性硫酸塩土壌と熱水変質安山岩風化物の分布と性状について報告する。

《酸性硫酸塩土壌；熱水変質安山岩風化物；海成堆積物；パイライト；グレイジャイト》

まえがき

酸性硫酸塩土壌とは一般的に「干陸後酸化が進んだ後、作物の生育に支障をきたすほど強酸性となる土壌あるいはなっている土壌で、酸性の主因が硫化物の酸化による土壌である¹⁾。この硫化物は還元条件下で海水中の SO_4^{2-} と底泥に由来する鉄から生成沈澱したものである²⁾。したがって、酸性硫酸塩土壌は海成（汽水成を含む）の堆積層に存在する。このため、この土壌は全国各地の干拓地に分布する³⁻⁹⁾だけでなく、台地や丘陵地を形成している海成の洪積層や第三紀層のなかにも酸性硫酸塩土壌の性状を呈するものがある。台地や丘陵地でのこのような化石的な存在が、農業上の問題となる場合が生じている。それは近年の大規模な土地改変を伴う改良山成工による農地造成や客土材としての利用で、作物培地として用いられるからであり¹⁰⁻¹⁵⁾、北海道も例外ではない^{16,17)}。

酸性硫酸塩土壌の分類基準は、北海道¹⁸⁾あるいは日本¹⁹⁾の農耕地土壌に対する土壌分類には設定されていない。

一方、Soil Taxonomy²⁰⁾およびFAO/Unesco²¹⁾の土壌分類では、次の2特徴を酸性硫酸塩土壌の分類基準としている。

i) 0.75%以上のイオウを硫化物の形態で含み、酸化

されればpH(1:1水懸濁液)が3.5以下となる。

ii) pH(1:1水懸濁液)が3.5以下である。

Soil Taxonomyでは、i)が潜在的酸性硫酸塩土壌、ii)が顕在的酸性土壌の分類基準とされている。一方、FAO/Unescoの土壌分類では、この区別はない。

佐々木¹⁴⁾は H_2O_2 処理後の土壌pHが3.5以下の土壌を便宜的に酸性硫酸塩土壌と規定し、岩手県の新第三紀層を調査した。そして、塩基含量が中～小の試料では逆正水可溶性イオウを0.4%以上含む地層試料が酸性硫酸塩土壌になり得る母材と認めている。

本報告でもこれを準用し、海成堆積物であって H_2O_2 処理後のpHが3.5以下の試料よりなる土層を化石的であっても酸性硫酸塩土壌と規定する。

熱水変質安山岩は硫化水素を含む熱水により変質した安山岩で、鉍化作用により形成された硫化鉍物を含んでいる。その成因は酸性硫酸塩土壌とは異なるが、この風化物も硫化物が原因して強酸性を呈し、作物に生育障害を引起こすことが知られている²²⁾。

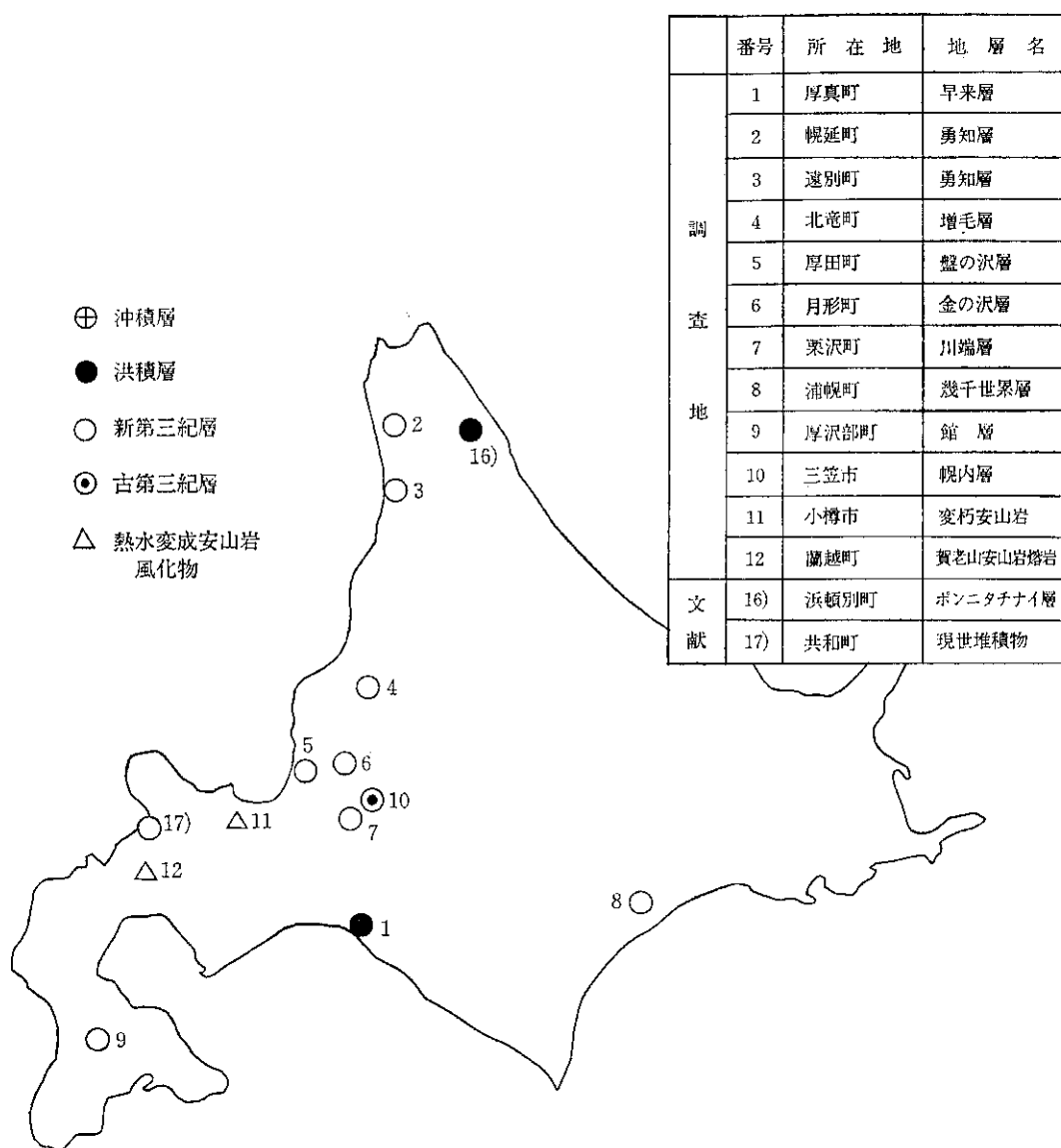
以下に、北海道内で見いだされた酸性硫酸塩土壌と熱水変質安山岩風化物について検討した結果を報告する。

1. 調査方法

1) 調査地および試料の採取

酸性硫酸塩土壌は、肉眼的には暗青灰色の特徴ある還

*土壌保全研究室副室長 **同室主任研究員 ***同室長 ****同室員



図—1 調査地および既報の酸性硫酸塩土壌の分布地とその地層名

元色を呈することが知られている。熱水変質安山岩風化物も硫化物により独特の呈色をする。そこで、このような呈色をする地層が存在する露頭を調査対象とした。調査地は、主に農業基盤整備予定地ないしその周辺の12地点であり、調査地層名とともに図-1に示した。調査地1および6では、2 km 以内の距離に存在する4カ所の露頭で調査を行った。なお、調査地近傍の作物や植物には強酸性によるとと思われる生育障害が観察される場合もあった。試料は対象とした地層から風化した表面を削剥除去後、色や土性の異なる層位ごとに採取した。試料は未固結の場合もあれば固結している場合もあった。

2) 試料の調整

2 mm 以下の新鮮試料および風乾試料を分析に供し

た。このため、固結した試料では乳鉢で粉碎した。

3) 分析方法

分析方法は以下のようであり、pH およびイオウ（以下 S と記す）含量については佐々木が記載した方法¹⁴⁾ に準じ次の項目を分析した。

a) 新鮮試料の pH（以下、pH(H₂O) と記す）；新鮮試料を1:2.5の試料：液比にして、ガラス電極法により pH を測定した。

b) H₂O₂ 処理 pH（以下、pH(H₂O₂) と記す）；風乾試料5 g に過酸化水素水(30%，アンモニア水にて pH 6.0 に調整) 100～150 ml を加え、十分に反応させて、硫化物を SO₄²⁻-S に酸化した。この処理で酸化される S は易酸化性 -S とされている。その後、試料：液比が1:10

になるように補水して、ガラス電極法により pH を測定した。

c) 水溶性 SO_4^{2-} -S 含量 (以下、 H_2O -S と記す); 乾重 10 g に当たる試験試料に試料: 液比が 1:10 になるように水を加え、1 時間振とう後濾過し、濾液について SO_4^{2-} -S 量を定量した。

d) H_2O_2 溶出 SO_4^{2-} -S 含量 (以下、 H_2O_2 -S と記す); pH(H_2O_2) 測定後の懸濁液を濾過して、濾液について SO_4^{2-} -S 量を定量した。

e) 逆王水可溶性 SO_4^{2-} -S 含量 (以下、逆王水-S と記す); Lunge のパイライトの S 定量法²³⁾ によった。試料 1 g に逆王水 (濃硝酸 3: 濃塩酸 1 の混液) 10 ml を加え加熱し、過塩素酸カリウムを添加して遊離 S の析出を防止しながら硫化物を SO_4^{2-} -S とした。濾過後、アンモニア水で鉄アルミナを沈澱除去し、濾液について SO_4^{2-} -S 量を定量した。逆王水-S-(H_2O_2 -S+ H_2O -S) は、可酸化性-S とされている。

なお、これらの SO_4^{2-} -S の定量は、イオンクロマトグラフ (Dionex 社製 SYSTEM 10 型) 法によった。

f) 炭素含量; 乾式分解・赤外線炭素分析計 (堀場製作所製 SEMIA-1110 型) によった。

g) 粒径分析; 風乾試料を H_2O_2 処理後 1 N-NaOH で分散させ、ピペット法 (あるいは比重計法) および篩別法によった。

h) 硫化物の同定; 風乾試料をフッ化水素酸で処理後、X 線回折を行った。

2. 調査結果

1) 試料の化学性

調査地 1, 2, 3, 5, 6, 8, 10, 11 および 12 の露頭から採取した試料のうち、逆王水-S が 0.4% 以上の試料の新鮮試料の色および分析結果を表-1 と図-2 に示した。

図-2 より海成堆積物の pH(H_2O) は 2.4~8.6 の範囲にあるが、 H_2O_2 処理により、大部分の試料で pH は低下し、試料 17 を除き作物培地として不適である。pH(H_2O_2) が 3.5 以下で、酸性硫酸塩土壤に該当する試料 (試料 2~6, 10~16, 18 および 19) の pH(H_2O) はいずれも 4.8 以下であった。一方、試料 1, 7~9 および 17 の逆王水-S は 0.4% 以上であるが、これら試料の pH(H_2O_2) は 3.5 以上であり、酸性硫酸塩土壤に該当しない。これらの pH(H_2O) は 5.8~8.6 の範囲にあり、酸性硫酸塩土壤に該当する試料よりも高い範囲に分布する。なお、分析結果は省略したが、逆王水-S が 0.4% 未満の試料の pH(H_2O_2) はすべて 3.5 以上であった。

熱水変質安山岩風化物の pH(H_2O) はすべて 3.5 以下

であり、 H_2O_2 処理により pH はさらに低下する。

なお、調査地 4, 7 および 9 の試料については pH(H_2O_2) を測定したが、いずれの調査地にも pH(H_2O_2) が 3.5 以下の地層が存在し (表-2)、酸性硫酸塩土壤の存在が確認された。

海成堆積物の H_2O -S は 0~0.61% の範囲にある (図-2) が、試料 10 を除き、 H_2O_2 -S は 0.11~1.52% に増加する。酸性硫酸塩土壤に該当する試料の H_2O_2 -S (平均 0.67%) および逆王水-S (平均 1.36%) は、酸性硫酸塩土壤に該当しない試料の H_2O_2 -S (平均 0.46%) および逆王水-S (平均 0.61%) より高いものが多い。

熱水変質安山岩風化物の場合、 H_2O -S は 0~0.23% の範囲にあり、海成堆積物と大差はない。また、 H_2O_2 -S は H_2O -S より多い。 H_2O_2 -S および逆王水-S は海成堆積物より高いものが多い。

炭素含量は海成堆積物で平均 0.93% であるが、熱水変質安山岩風化物ではすべて 0.1% 未満であり (表-1)、両者の成因の相違を反映している。

2) 新鮮試料の色とパイライト

表-1 に示した海成堆積物の新鮮試料の色は、彩度が低くグライ化した還元色である。すなわち、色相は 2.5~5 GY あるいは 2.5~10 Y であり、明度は 3~5.5、彩度は 1~2 の範囲にある。調査地 2 では、亀甲状のきれつが発達しており、この部分は明黄褐色 (2.5 Y 6/6) を呈する²⁴⁾。

熱水変質安山岩風化物の色は淡黄色、暗青灰色および緑灰色で海成堆積物と異なり、種々の色相よりなる。明度は 4~8 と高く、彩度 3.5 以下である。調査地 13 の試料では、暗青灰色や緑灰色を呈する試料 (20, 22 および 24) の pH(H_2O) は、淡黄色を呈する試料 (21, 23) より高いが pH(H_2O_2) は低く、 H_2O_2 -S および逆王水-S は多い。

調査地 11 の熱水変質安山岩風化物には肉眼で光沢のあるパイライトが認められた。さらに、反射光の顕鏡下で黄金色立方体のパイライト²⁵⁾ が認められた。

洪積層、新第三紀層、古第三紀層および熱水変質安山岩風化物より 1 点ずつ選定した試料 1, 6, 17 および 25 の X 線回折結果を図-3 に示す。試料 6 および 25 では、3.13 Å, 2.71 Å, 2.42 Å, 2.21 Å, 1.91 Å および 1.63 Å にパイライトの強い回折ピークがみられる。試料 1 および 17 ではパイライトの回折ピークのほかに、2.99 Å, 1.75 Å, 2.42 Å および 2.86 Å に回折線が現われている。これは、山根の熱水変質安山岩風化物における調査によれば、グレイジャイトの回折線と推定されている²²⁾。さらに、この 2 試料においては、山根も認めている 2.28 Å および 2.02 Å の回折線がみられ、未確認鉱物の存在が推定さ

表—1 試料の色および理化学性

種類	調査地 No.	試料 No.	地表よりの深さ (m)	色	逆王水-S (%)	炭素 (%)	土性
海 成 堆 積 物	1	1	5	灰 (10Y4/1)	0.46	0.59	LiC
	2	2*	11.4~12.4	オリーブ黒 (7.5Y3/2)	1.16	1.02	LiC
		3*	12.4~30.8	オリーブ黒 (10Y3/1)	1.72	0.89	LiC
		4*	30.8~35.8	オリーブ黒 (7.5Y3/2)	1.22	1.64	LiC
	3	5*	2~3	灰オリーブ (5Y5.5/2)	4.02	1.18	LiC
		6*	3~4	灰 (5Y5.5/1)	4.47	1.23	HC
	5	7	15	暗オリーブ灰(2.5GY3.5/1)	0.63	0.61	CL
		8	—	暗オリーブ灰 (5GY4/1)	0.51	1.10	SiC
		9	30	オリーブ黒 (10Y3.5/1)	0.63	0.65	SL
	6	10*	30~40	暗緑灰 (7.5GY4/1)	0.42	0.42	SL
		11*	30~34	灰 (10Y4/1)	0.49	0.90	CL
		12*	34~41	暗オリーブ灰 (5GY4/1)	0.58	0.96	CL
		13*	21.5~22.5	暗オリーブ灰 (2.5GY3/1)	0.68	0.68	L
		14*	22.5~23.5	オリーブ黒 (10Y3/1)	0.75	0.84	CL
		15*	24~26	暗オリーブ (2.5GY4/1)	0.41	0.79	L
	8	16*	—	—	1.55	0.80	CL
	10	17	9.5	灰オリーブ (5Y4/2)	0.80	1.44	LiC
		18	6.5	灰オリーブ (5Y4/2)	0.56	1.03	LiC
		19*	3.5	灰オリーブ (5Y4/2)	1.03	0.89	CL
	平均				1.16	0.93	—
熱水変質安山岩風化物	12	20	29.3~39.3	暗青灰 (10BG4/1)	7.29	0.04	—
		21	39.3~51.1	淡黄 (7.5Y8/2)	0.73	0.03	—
		22		暗青灰 (5BG4/1)	8.15	0	—
		23	51.1~68.3	淡黄 (5Y8/3.5)	3.86	0.03	—
		24		緑灰 (5G4/1)	8.47	0.01	—
	11	25		暗青灰 (5B4/1)	4.98	0.07	—
	平均				5.58	0.03	—

* pH(H₂O₂)<3.5 で、酸性硫酸塩土壤に該当する。

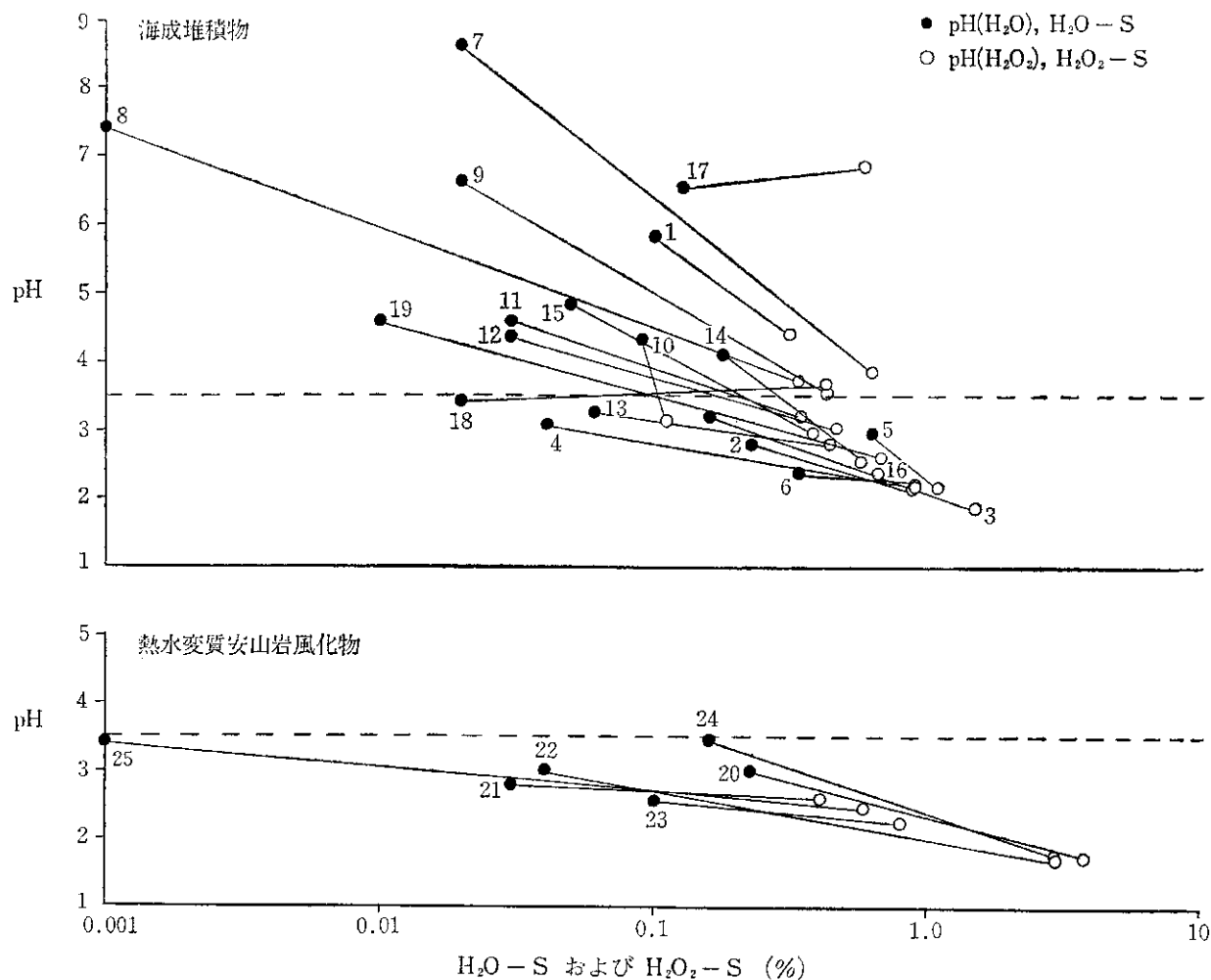


図-2 新鮮試料の pH と水溶性 S 量および風乾試料の H₂O₂ 処理後の pH と溶出 S 量

表-2 試料の pH

調査地 No.	pH(H ₂ O ₂)
4	2.53
7	2.98~3.28
9	2.26~2.94

れる。

3) 同一地層からなる露頭試料の比較

調査地 6 の金の沢層よりなる 4 カ所の露頭の試料の色および化学性を表-3 に示す。露頭 A の 14~30 m の層位、露頭 C の 0~21 m の層位および露頭 D の 0~24 m の層位試料を除いて、いずれも彩度が低くグライ化した還元色を呈している。これら試料の pH(H₂O₂) は 2.51~6.55 で、逆王水-S は 0.01~0.75% であり、化学性は試料により大きく異なる。

同様に、調査地 1 における 4 カ所の露頭で、ほぼ同じ

色と土性を呈する早来層試料の化学性を表-4 に示した。いずれも、pH(H₂O₂) は 3.5 以上であり、酸性硫酸塩土壤に該当しない。逆王水-S は 0.02~0.046% で、試料により大きく異なる。

3. 考 察

1) 酸性硫酸塩土壤と熱水変質安山岩風化物の分布

北海道の地形についてみると、石狩低地帯から道北の沿岸地帯へかけての地域、十勝平野から根釧台地へかけての地域、オホーツク海沿岸の斜里から紋別へかけての地域および渡島半島の一部地域は、典型的な台地あるいは丘陵地形を呈し、これら地域の地質は新生代の海成堆積物よりなる²⁶⁾。このため、北海道における酸性硫酸塩土壤の存在については、以前より予測されていた¹⁾ が、近年まで確認されていなかった。

本調査では、調査地 1 および 5 を除く調査地から、酸性硫酸塩土壤が見いだされた。すなわち、この土壤は既報の分布地を含めると道南から道北にかけての海成の沖

表-3 金の沢層露頭試料の理化学性

露 頭 No.	試料採取深さ (m)	色	pH (H ₂ O)	pH (H ₂ O ₂)	逆王水-S (%)	C (%)	土 性
A	0~5	灰 オ リ ー ブ (5Y6/2)	6.72	6.24	0.01	0.12	L S
	~8	暗 オ リ ー ブ (5Y4/3)	6.89	6.26	0.03	0.23	S L
	~10	灰 オ リ ー ブ (5Y6/2)	6.54	6.36	0.02	0.19	S L
	~14	灰 オ リ ー ブ (5Y6/2)	7.03	6.38	0.01	0.19	S L
	~17	オ リ ー ブ 黄 (5Y6/3)	7.12	6.39	0.01	0.20	S L
	~22	灰 褐 (7.5YR6/2)	6.86	6.29	0.04	0.19	S L
	~30	オ リ ー ブ 褐 (2.5Y4/3)	6.92	6.32	0.02	0.16	S L
	~40	暗 緑 灰 (7.5GY4/1)	4.32	3.13*	0.42	0.42	S L
B	0~30	灰 オ リ ー ブ (5Y4/2)	7.51	6.51	0.02	0.80	LiC
	~34	灰 (10Y4/1)	4.55	3.22*	0.49	0.90	C L
	~41	暗オリーブ灰 (5GY4/1)	4.34	3.01*	0.58	0.96	C L
C	0~4	黄 褐 (10YR5/6)	5.51	5.44	0.02	0.06	C L
	~7	黄 褐 (2.5Y5/4)	5.41	5.79	0.03	0.28	C L
	~21	黄 褐 (2.5Y4/4)	6.23	5.68	0.03	0.42	C L
	~21.5	オ リ ー ブ 灰 (7.5Y4/2)	7.10	6.51	0.02	0.38	C L
	~22.5	暗オリーブ灰 (2.5GY3/1)	3.24	2.79*	0.68	0.68	L
	~23.5	オ リ ー ブ 黒 (10Y3/1)	4.08	2.55*	0.75	0.84	C L
	~24	暗オリーブ (2.5GY3/1)	5.57	5.13	0.14	0.52	L
	~26	暗オリーブ (2.5GY3/1)	4.81	2.95*	0.41	0.79	L
D	0~1	黄 褐 (10YR5/6)	5.62	5.78	0.03	0.66	S L
	~4	オ リ ー ブ 褐 (2.5Y4/4)	5.92	5.68	0.01	0.13	S
	~5	オ リ ー ブ 褐 (2.5Y4/6)	6.11	6.17	0.03	0.16	S L
	~20	に ぶ い 橙 (5YR6/4)	6.63	6.23	0.02	0.13	S L
	~24	オ リ ー ブ 褐 (2.5Y4/6)	6.47	6.43	0.02	0.16	S
	~25	灰 オ リ ー ブ (5Y4/1)	7.28	6.44	0.02	0.72	C L
	~26.5	暗 緑 灰 (10GY4/1)	7.04	6.30	0.02	0.37	S L
	~27	暗 青 灰 (5BG4/1)	7.30	6.51	0.01	0.20	S L

* 酸性硫酸塩土壌に該当する。

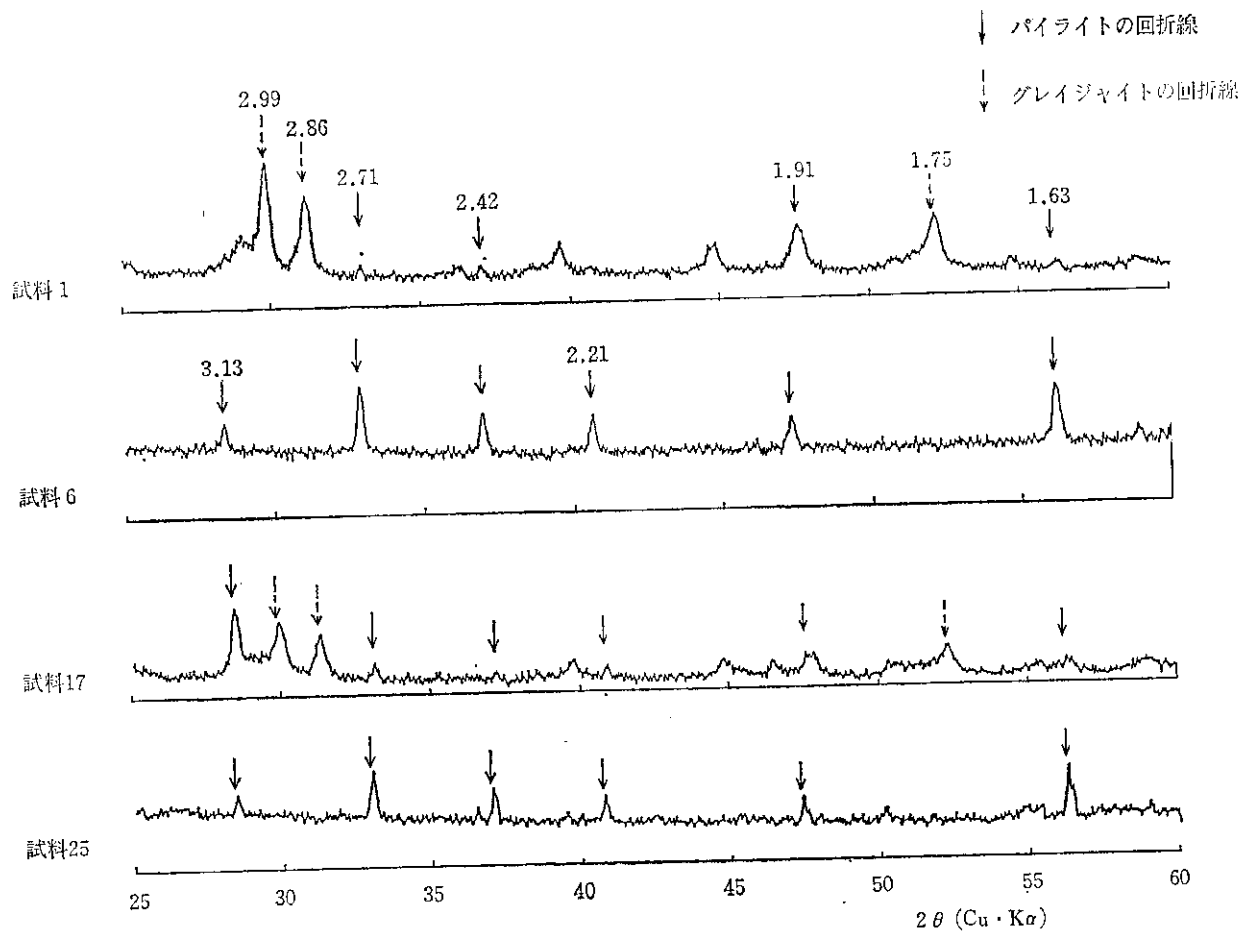


図-3 HF不溶物粉末のX線回折図

表-4 早来層露頭試料の化学性

露頭 No.	pH (H ₂ O)	pH (H ₂ O ₂)	逆王水-S (%)	C (%)
A	5.78	4.42	0.46	0.59
B	6.54	4.77	0.39	0.60
C	6.49	5.88	0.13	0.70
D	7.32	6.46	0.02	0.35

積層、洪積層、新第三紀層および古第三紀層において見いだされ、道東では、浦幌町の新第三紀層においてその存在が認められた(図-1)。これらの地点は、すべて上述の新生代海成堆積物の分布域に含まれる。

酸性硫酸塩土壌は上述のように有機物が供給され、海水の影響を受ける地域で生成する。すなわち、海水中的の SO_4^{2-} と底泥に由来する Fe^{3+} が還元されて、 FeS あるいは FeS_2 を生成し、底泥中に沈澱堆積したものである。したがって、同じ海成堆積物であっても、堆積当時の還元状態や淡水の混入割合など堆積環境の相違により硫化

物含量は大きく異なるもの^{1,9)}と考えられる。また、干陸後の風化、洗脱により、硫化物含量が減少することも考えられる。これらのことより、同じ地層における酸性硫酸塩土壌の分布は局所的な場合もあり得るであろう。

調査地1および6において、2km以内の距離に存在し、同一地層よりなる4カ所の露頭では、色や土性が類似していても試料の化学性はかなり異なっている(表-3, 4)。これは上述のように、生成時の堆積環境さらには干陸後の酸化・洗脱の局所的な相違が硫化物含量に差異をもたらすことを示唆するものであろう。

調査地2および3は、勇知層よりなる露頭である。この地層は日本海沿岸の道北の丘陵地に広く分布する^{27, 28)}。しかし、両調査地の試料で化学性がかなり異なり、勇知層における酸性硫酸塩土壌の分布も局所的なものと思われる。

このように、酸性硫酸塩土壌が局所的に分布することから、逆王水-Sが0.4%以上で、pH(H₂O₂)が3.5以上の試料を採取した調査地(1および5)の近傍では、pH(H₂O₂)が3.5以下の酸性硫酸塩土壌が局所的に存在する可能性がある。

今回の調査には、根釧台地やオホーツク海沿岸の斜里から紋別へかけての地域は含まれていない。そして、これら地域での酸性硫酸塩土壌の存在は確認されていない。しかし、釧路平原でのボーリング調査によれば、海成の新第三紀層である浦幌層群においては、パイライト含有層が確認されている²⁹⁾。したがって、これら地域の海成堆積物においても、酸性硫酸塩土壌が見いだされる可能性がある。今回の調査は系統的に行ったものではないので、未調査の地域が広くある。したがって、道内の海成層にはさらにこの土壌の存在が予想される。

熱水変質安山岩風化物の調査地では、現在、噴気あるいは高地温などの火山活動の徴候は一切認められない。熱水変質安山岩風化物はその生成過程から考えて、温泉や火山の近傍に今後も見いだされるであろう。

2) 酸性硫酸塩土壌と熱水変質安山岩風化物の性状と確認調査

北海道においても、酸性硫酸塩土壌や熱水変質安山岩風化物が各地に存在することが明らかとなり、今後も見いだされる可能性が示唆された。これらはともに酸化された場合、強酸性となり、作物の生育障害となるばかりでなく、工作物に対しても悪影響を及ぼす³⁰⁾。

酸性硫酸塩土壌の農業上の改良対策として、十分に酸化されていない潜在的酸性下で石灰を施用して土壌pHを上ることはパイライトの酸化を遅延し、根本的な改良対策にはならない。このため、十分な酸化とその後の洗浄により土壌がかなり改良された段階で石灰を使用することが有効とされている³¹⁾。しかし、このような方法で改良するには長時間を要する。このため、酸性硫酸塩土壌や熱水変質安山岩風化物が耕土層に出現あるいは混入した場合には、従来、酸性矯正^{2,32)}や排水対策とともに、無害な土壌を耕土層として新たに搬入する場合が多い^{10,12,13,17,22)}。しかし、この改良策は多大な経費を要する。したがって、大規模な土地改変を伴う改良山成工による農地造成や客土材の採取計画などに関しては事前に調査を行い¹⁵⁾、これらを耕土として用いないことが肝要であろう^{12,13)}。

事前調査では、既存の地質図幅などの資料により対象地層の成因や性状を把握するとともに、現地調査が必要である。この場合、色などの外観は酸性硫酸塩土壌や熱水変質安山岩風化物を識別するための重要な指標であり最も簡便な調査項目である。調査した地層の地質図幅による色は青灰色、暗灰色、灰色などである^{27,28,33~39)}。市原⁴¹⁾によれば、硫化物を含む海成層は暗青灰色を呈するとされている。今回、調査した試料で逆王水-Sが0.4%以上の試料の標準土色帳で判定した色は、彩度が

低く黒味がかかってグライ化した還元色である。酸性硫酸塩土壌の炭素含量は1%前後と低いが、炭素含量に比べて黒味を帯びているのが特徴であり、露頭の色は一見すると青味をおびているものもある。なお、幌延層で黒味のない青灰色の部分を調査した結果では、酸性硫酸塩土壌に該当しなかった(未発表)。

なお、調査地6の還元色を呈する試料の炭素含量を比較すると(表-3)、酸性硫酸塩土壌は平均0.77%($n=6$)で、非酸性硫酸塩土壌の平均0.39%($n=9$)より高い⁴²⁾。しかし、色により両者を識別することはできない。試料7,8,12および13(表-1)はいずれも暗オリーブ灰色を呈するが、前2者は $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) > 7$ で酸性が潜在的であり、後2者は顕在的である。この場合にも、色による両者の識別は困難である。

上述のように、海成堆積物に関して、地質図幅などには色は記載されているが、パイライト、石こうあるいはイオウの存在を認めているもの^{29,33)}は少なく、試料のpHを測定している地質図幅は皆無である。したがって、地質図幅に記載されている色を指標として、酸性硫酸塩土壌存在の可能性は予測されるが、存在の確認は別途なされねばならない。この土壌は還元色を呈する海成堆積物の一部である。したがって、この確認には、このような色を呈する試料の $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ および $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ を測定する必要がある。 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) > \text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ で、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2) < 3.5$ の試料はS含量を測定するまでもなく、酸性硫酸塩土壌であろう。

熱水変質安山岩の変成状況は地質図幅⁴³⁾に記されており、変成度合の大きい岩種は変質安山岩(プロピライト)に判別され、黄鉄鉱化作用や黄鉄鉱による鉱染が記載されている⁴⁴⁾ので、硫化物の存在を確認できる。したがって、熱水変質安山岩風化物の存在と分布は酸性硫酸塩土壌とは異なり、地質図幅により概略的に確認され得る。

なお、調査地12の熱水変質安山岩風化物では、暗青灰色の試料は淡黄色の試料に比べ、 H_2O_2 処理によるpHの低下が大きく、 H_2O_2 -Sおよび逆王水-Sが多い(表-1)。淡黄色の試料は暗青灰色の試料よりも脆弱であることから、淡黄色の試料は酸化、洗脱が進んでいるのであろう。

酸性化の主因である硫化物に関して、青灰色あるいは灰褐色を呈する酸性硫酸塩土壌では、パイライトが主要なものとされている^{1,2,12,45,46)}。東南アジアのマングローブ林下の堆積物に由来する酸性硫酸塩土壌では、酸化に伴いパイライト含量は減少し、ジャロサイト含量が増加するという⁴²⁾。一方、山根によれば、熱水変質安山岩風化物では、パイライトのほかに湖成堆積物にも存在す

るグレイジャイト⁴⁷⁾が認められるとされる²²⁾。本調査ではX線回折を行った4試料のうち、逆王水-Sが4%以上で、pH(H₂O)が3以下である熱水変質安山岩風化物と酸性硫酸塩土壌においてパイライトが認められる。また、逆王水-Sが1%未満で、pH(H₂O)が弱酸性の酸性硫酸塩土壌には、パイライトのほかにグレイジャイトと思われる硫化物が認められる。酸性硫酸塩土壌と熱水変質安山岩風化物はその成因は異なるが、硫化物の形態に差異は認められないようである。両者における含有硫化物の形態はむしろ試料の風化あるいは酸化程度と関連があるようである。この点に関しては試料17および18のpHが、H₂O₂処理により上昇することの解明とも関連して、今後の検討課題であろう。

顕在的酸性硫酸塩土壌は、洗脱されると非酸性硫酸塩土壌となる。洪積世あるいは第三紀に堆積した酸性硫酸塩土壌が化石的に現存することは、酸化、洗脱されずに保存される環境下に存在したことによるものであろう。この点に関して、湯村¹⁰⁾は台地上の土性がCLよりなる酸性硫酸塩土壌を調査し、水分移動の主体となる粗孔隙や毛管孔隙がきわめて少ないことを理由の1つとしている。なお、本調査の試料の土性は、細粒質なものから粗粒質なものまであり(表-1、表-3)、酸性硫酸塩土壌は細粒質なものに限定されないようである。酸性硫酸塩土壌の存在環境の検討は、不均質で局所的と思われるこの土壌の分布の予測に有用であり、今後の課題であろう。

要 約

北海道内の、主に農業基盤整備予定地近傍の12地点で調査した酸性硫酸塩土壌と熱水変質安山岩風化物の性状と分布を検討した。

1. 酸性硫酸塩土壌の存在が北海道内各地の洪積層、新第三紀層および古第三紀層において認められた。これら試料は、彩度が低く黒味をおびグライ化した還元色を呈していた。

2. 逆王水-Sが0.4%以上の海成堆積物のpH(H₂O)は2.4~8.6の範囲にあるが、H₂O₂処理により大部分の試料のpH(H₂O₂)は低下し、1.8~6.8の範囲になった。H₂O₂処理によるpHが3.5以下である試料のpH(H₂O)は、H₂O₂処理によるpHが3.5以上である試料のpH(H₂O)より低い傾向にあった。

3. 同一地層よりなり、2km以内の距離に存在する4カ所の露頭調査の結果、海成堆積物の化学性は同一地層でもかなり異なり、酸性硫酸塩土壌の分布は局所的であると思われた。

4. 逆王水-Sが0.4%以上の熱水変質安山岩風化物

のpH(H₂O)は3.5以下であった。H₂O₂処理によりpHは低下し、多量のSO₄²⁻が溶出した。熱水変質安山岩風化物の分布は地質図幅により、概略的に確認された。

5. 含有硫化物は熱水変質安山岩風化物ではパイライトであった。酸性硫酸塩土壌ではパイライトだけの試料と、パイライトのほかにグレイジャイトと思われる硫化物を含む試料があった。

謝 辞

北海道大学農学部岡島秀夫教授には草稿の校閲をいただき、懇切な助言を賜わった。また、地質研究室の鈴木哲也氏には、貴重な助言や分析法の教示をいただいた。ここに記して心から感謝する。

文 献

- 1) 川口桂三郎：水田土壌学，p. 458-462，講談社(1978)。
- 2) C. BLOOMFIELD and J. K. COULTER：Genesis and Management of Acid Sulfate Soils；Adv. Agron., 25, 265-326 (1973)。
- 3) 小林 嵩：干拓地不良土改善に関する研究，茨城農試臨時報告，3, 1-47 (1939)。
- 4) 入沢周作：波根湖干拓地土壌に関する研究，低位生産地調査事業十周年記念論文集，p. 748-768(1957)。
- 5) 農林水産技術会議事務局・秋田県農業試験場：八郎潟干拓地土壌の特性と耕地化過程に関する土壌学的研究，p. 1-115 (1971)。
- 6) 吉野光男：干拓地および背後地土壌に関する調査研究，低位生産地調査事業十周年記念論文集，p. 855-877 (1957)。
- 7) 久保田収治：干拓地土壌の特性と干拓後における土壌型の変遷，岡山農試臨時報告，59, 1-300 (1961)。
- 8) 米田茂男：本邦干拓地土壌の生成論的ならびに立地学的研究，岡大土肥研究室報告，8, 1-183 (1964)。
- 9) 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)。
- 10) 湯村義男：台地上の酸性硫酸塩土壌，中部の土壌と農業，p. 64-67 (1975)。
- 11) 佐野 豊：機械耕法による草地造成地における強酸性土壌，山陰の農業と土壌肥料，p. 169-172 (1980)。
- 12) 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 (1980)。
- 13) 平峯重郎・池ヶ谷賢次郎：静岡県掛川市の茶園開墾地に露出した第三紀層掛川層下部の青灰色砂泥岩層(大日層)の硫酸塩，茶業技術研究，39, 32-40 (1970)。
- 14) 佐々木信夫：新第三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).
- 15) 加藤芳朗: 土地改変と土壌, 第四紀研究, 24, 197-205 (1985).
 - 16) 藤井義昭・矢野義治: 台地の酸性硫酸塩土壌の理化学性, 北海道開発局土木試験所月報, 331, 10-16 (1980).
 - 17) 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その改良法, 北農, 51, 7-17 (1984).
 - 18) 北海道土壌分類委員会: 北海道の農牧地土壌分類第2次案, 北海道立農業試験場資料, 10, 1-89 (1979).
 - 19) 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次案改訂版, p. 1-75 (1983).
 - 20) U.S.D.A. Soil Conservation Service: Soil Taxonomy, A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys, p. 47, 63, 186-187, 245, Wiley-Interscience (1975).
 - 21) F.A.O.: FAO/Unesco Soil Map of the World Vol. 1 Legend 27, 31, 33, Unesco (1974).
 - 22) 山根忠昭: 水稻の生育障害原因となる熱水変性安山岩中の硫化物, 土肥誌, 55, 146-150 (1984).
 - 23) TREDWELL F. P. and HALL, W. T.: Determination of Sulfur in Pyrite, G. Lunge's Method, Analytical Chemistry, p. 320-321, Academic Press (1935).
 - 24) 松井佳久・寄藤信明: 島根県中海干拓地の酸性硫酸塩畑土壌の断面形態, 土肥誌, 53, 183-189 (1982).
 - 25) 地団研地学辞典編集委員会編: 地学辞典, p. 129, 平凡社 (1976).
 - 26) 北海道立地下資源調査所: 北海道の地質, 北海道の地質と資源 I, 8-14 (1980).
 - 27) 北海道立地下資源調査所: 5万分の1地質図幅説明書, 豊富, p. 17 (1960).
 - 28) 工業技術院地質調査所: 地域地質研究報告, 5万分の1図幅, 遠別地域の地質, p. 20-23 (1969).
 - 29) 北海道開発庁: 5万分の1地質図幅説明書, 大楽毛, p. 22 (1966).
 - 30) 片野幸雄・西崎耕造・岩松潤吉: 埋設管の腐食と防食, アーバンクボタ, 23, 9-12, 久保田鉄工株式会社 (1984).
 - 31) 村上英行: 酸性硫酸塩土壌の特性とその改良法に関する研究, 学位論文, 140-141 (1965).
 - 32) 佐々木信夫: 新第三系に由来する酸性硫酸塩土壌 II その土壌改良, ペドロジスト, 22-2, 2-12 (1978).
 - 33) 馬追団体研究会: 北海道中央部馬追丘陵南東の中・上部更新統一2つの海進について, 地球科学, 37, 8-21 (1983).
 - 34) 地質調査所: 5万分の1地質図幅説明書, 国領, p. 14-20 (1964).
 - 35) 地質調査所: 5万分の1地質図幅説明書, 厚田, p. 7-8 (1956).
 - 36) 地質調査所: 5万分の1地質図幅説明書, 月形, p. 42 (1958).
 - 37) 北海道開発庁: 5万分の1地質図幅説明書, 夕張, p. 115-123 (1964).
 - 38) 北海道開発庁: 5万分の1地質図幅説明書, 常室, p. 23-26 (1964).
 - 39) 地質調査所: 地域地質研究報告, 5万分の1図幅, 館地域の地質, p. 28-39 (1975).
 - 40) 北海道開発庁: 5万分の1地質図幅説明書, 岩見沢, p. 103-121 (1964).
 - 41) 市原優子: 海成粘土の風化と粘土鉱物, アーバンクボタ, 23, 9-12, 久保田鉄工株式会社 (1984).
 - 42) 久馬一剛: 熱帯, 特に東南アジアにおける低湿地土壌の分布と特性, 酸性土壌とその農業利用—特に熱帯における現状と将来, p. 101-119, 博友社 (1984).
 - 43) 北海道立地下資源調査所: 5万分の1地質図幅説明書, 歌棄, p. 30-31 (1984).
 - 44) 北海道開発庁: 5万分の1地質図幅説明書, 銭函, p. 9-10 (1953).
 - 45) 米田茂男・川田 登: 干拓地土壌に関する研究 (第5報) 塩成干拓地に於ける特殊酸性土壌の生成機構に関する一考察, 土肥誌, 25, 36-40 (1954).
 - 46) 村上英行: 可酸化性イオウの形態, 酸性硫酸塩土壌の特性と改良法, 土肥誌, 38, 117-120 (1967).
 - 47) SKINNER, B. J., ERD, R. C. and GRIMALDI, F. S.: Greigite, the Thio-Spinel of Iron; A New Mineral. Am. Mineral., 49, 543-555 (1964).

Distribution and Characteristics of Acid Sulfate Soils and Weathered Material of Hydrothermal Altered Andesite found in Hokkaido

Summary

Key words: acid sulfate soils, weathered material of hydrothermal altered andesite, marine sediment, pyrite, greygite

Acid sulfate soils and weathered material of hydrothermal altered andesite although different in their origin are both acidic, or turn to be acidic when they are oxidized. Crops will be severely injured, if they are formed or incorporated into Ap horizon.

Surveys were conducted in many outcrops near which agricultural land improvement projects are planned. Samples of marine sediment and weathered material of hydrothermal altered andesite were collected from these outcrops and some physical and chemical properties were investigated. The results are as following:

1. Samples of marine sediment which contain more than 0.4% of aqua regia soluble-S exist in Pleistocene series, Neogene system and Palaeogene system all over Hokkaido. The color of the samples was grayish or olive.

2. The pH(H₂O) (the pH value of samples treated with H₂O) of these samples ranged from 2.4 to 8.6. The pH of almost of these samples was lowered and a lot of SO₄²⁻-S was dissolved from these samples after treated with H₂O₂.

3. Results of surveys and sample analysis in 4 outcrops with the same stratum and within a distance of 2 km suggested that the distribution of acid sulfate soils is probably partial.

4. The pH(H₂O) of weathered material of hydrothermal altered andesite which contains more than 0.4% of aqua regia soluble-S was below 3.5. The pH of these samples was lowered and a lot of SO₄²⁻-S was dissolved after they were treated with H₂O₂. The distribution of weathered material of hydrothermal altered andesite is roughly predicted from the data of geological maps.

5. Samples of acid sulfate soils and weathered material of hydrothermal altered andesite contain pyrite. Another sample of acid sulfate soils seems to contain not only pyrite but also greygite.