

更埴地方の改良農地に生成した酸性硫酸塩土壌とその成因的考察

矢彦沢清允・山本満寿夫*・上野満夫・藤松仁

信州大学繊維学部精密素材工学科, *応用生物科学科

On the Acid Sulfate Soil at Reclaimed farm in Kohsyoku Region and its Genetic Considerations

Kiyochika YAHIKOZAWA, Masuo YAMAMOTO, Mitsuo UENO and Hitoshi HUIJIMATSU

Faculty of Textile Sci., and Tech., Shinshu Univ.

Abstract : In Kohsyoku region, it has been found that the crop failed reclaimed farms. To clarify the cause, the soil included in weathered and unweathered zones has been investigated by chemical analysis, scanning electron microscopic and X-ray diffraction method. In the soil of unweathered zones, various forms of framboidal minerals have been found under scanning electron microscope observations. The framboidal minerals have been identified as pyrite by X-ray diffraction method. The pyrite content of subsoil was the range of 0.47 to 3.53 %. The content of 3.53% in sedimentary muds is very high value. The yellow minerals found in the ridge between rice-fields has been identified as jarosite by X-ray diffraction method. The very acid soil was found to be driven from sulfuric acid which was produced by the oxidation of pyrite. It was then suggested that the acid soil is a acid sulfate soil. In the soil horizons containing pyrite, peat and so-called Takasikozo have been coexisted. In addition, the soil was a heavy clay of drain ill. The region is a fan irrigated by the Sanoh river that has the high acidity of sulfuric acid type. Accordingly, It is then suggested that the framboidal pyrite in the deep subsoil in this farms has been formed by sulfuric acid in Sanoh river.

はじめに

近年大規模な高度技術工業集積地域開発計画に伴う工場用地および宅地、あるいは農地の基盤圃場整備事業などによって大量の土壌が動かされ、これまでに見られなかった深層土を地表に露出させることが多くなっている。このような土地の改変は、環境保全に関する問題を起こすことも少なくない。東信地方においても、埋設構造物である水道管やガス管およびコンクリートの腐食破壊、ならびに水稻、畑作物およびのり面保護のための牧草などの生育不良や枯死などが発現している。そのため開発促進と安全性の両面から、その実態の把握と防止対策が渴望されている。しかしながら、開発計画時の予備調査では、改変によって、地表に露出する深層土の地質や土木的な観点からの土質に関する資料は得られているものの、土壌科学の視点からの資料は、ほとんど得られていないのが現状である。著者らは、1983年以来、これらの被害の実態を解明

するとともに、その被害防止対策を計るための基礎資料を得ることを目的にし、土壌科学的視点から研究を進めている。

これまでの研究により、上田地方に分布する第三系の海成堆積物の深層土中に、第三紀中新世に生成した超微粒子状のパイライトが分布すること、さらに、地表に露出した深層土中のパイライトが化学的風化過程で硫酸を生成し、土壌を極強酸性化するため酸性害が発現することなどを明らかにした¹⁻⁶⁾。

最近、更埴市の大規模土地改変に伴う基盤整備農地において、水稻やのり面保護用牧草などの生育不良、枯死、ならびに水路コンクリートの腐食などの被害が発見した。

本報では、この問題を土壌科学の視点から取り上げ、改変土壌の理化学性と硫化鉱物組成、および灌漑水と暗渠排水の水質などを調べ、土地改変によって大気暴露された下層土中に、大量に存在する超微粒子パイライトの酸化過程で生成した硫酸による土壌の酸性化と

の関連で、詳細に検討した結果を報告する。

調査地域ならびに周辺の地形・地質

調査地域は更埴市八幡である(Fig.1)。標高は350~500mであり、地形は西山地帯を背に東に伸びる千曲川に面した緩傾斜地で、千曲川支流である佐野川により形成された扇状地である。この地域は改変前ほ

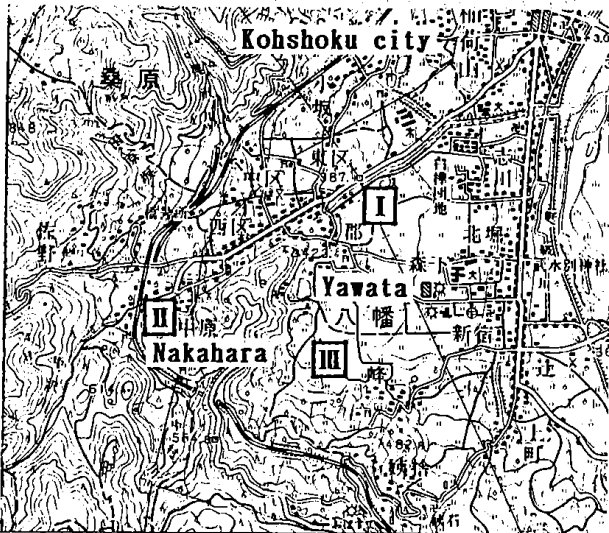


Fig. 1. The surveying sites indicated by symbols, I~III in the topographical map (using the topographical map of "Nagano" published by Geological Survey Institute of Japan, Scale:1:50,000).

とんど森林であった。その森林の山際から千曲川までは、水田地帯であり、一部急傾斜地には水田が形成されていた。土壌は第四系の洪積層を母材とする褐色森林土である。一方、近くを流れる佐野川の水は強酸性であるにもかかわらず、最近まで水田などの灌漑水として利用されていたため、この地域の土壌は慢性的な酸性状態にある。水田や畑地の土壌は粘土質のものが多く、排水が極めて悪い^{6,7)}。

試料および方法

土壌は3地点から採取しものを用いた。また、佐野川および千曲川の水はそれぞれ八幡および平和橋下の地点から、また暗渠排水は7ヶ所の排水口から採取した。

土壌の理化学性および水質についてはそれぞれ常法により測定した^{8,9)}。土壌の多硫化態硫黄は、Lunge法で測定し、これを全硫黄とした⁴⁾。別に塩酸可溶性硫黄を測定し、この値を全硫黄量から減じて多硫化態硫黄量とした。塩酸可溶性硫黄は、Smittenberg法により単硫化態硫黄を測定した⁴⁾。pH(H₂O₂)は、細土にpH6.0に調整した30%過酸化水素水を加え、初めは激しく反応するので水冷してしばらく放置後湯煎上で加温して十分に反応させ、その後重量の増減により補水して試料との液比を1:10とし、その懸濁液をガラス電極で測定した⁴⁾。硫化鉱物は、試料をフッ化水素酸ならびに塩

Table 1. Characteristics of soil samples collected.

Sample No.	Site No.	Depth (cm)	Soil Texture	Soil Colour	Humus
1		0~30	CL	7.5YR3/4 Dark brown	Small
2	I	30~80	SL	7.5YR4/4 Brown	Medium
3		80~100	SL	7.5YR4/6 Brown	Rich (Peat)
4		0~25	CL	7.5YR4/6 Brown	Medium
5	II	25~70	L	7.5YR5/8 Bright brown	Medium
6		70~100	C	10 BG3/1 Dark bluish gray	Rich (Peat)
7		0~18	C	7.5YR4/6 Brown	Medium
8	III	18~42	CL	7.5YR3/2 Brownish black	Medium
9		42~70	SL	7.5YR5/6 Bright brown	Small (*)
10		70~100	C	7.5YR3/1 Brownish black	Rich

(*): Tubulous limonate

更埴地方の改良農地に生成した酸性硫酸塩土壌

酸処理した後X線回折法により同定した⁹⁾。鉱物の顕微鏡観察ならびに化学元素組成の測定には走査電子顕微鏡とエネルギー分散型マイクロアナライザーを併用した⁹⁾。

結果と考察

本地域の土壌断面の状況をTable 1に示す。本土壌の土色は黒褐色ないしは褐色がほとんどであるが下層土には暗青灰の還元層が見られた。重粘土質土壌が多く、腐植含量は富むに属する土壌であり、下層域には泥炭の混在するものが見られた。また、一部には泥炭がのり面に露出しており、そこには雑草も生えず、裸地状態である。

この地域の泥炭は植物残体を主とするものである(Plate 1)。Plate 2には、試料No. 6の層位で見出された管状形態をもつ褐鉄鉱の団塊を示す。この外径は2~3mmであり、内径は1mm程度のものがほとんどである。採取場所によっては、外形が8mm程度のものも見られた。この褐鉄鉱の団塊は高師小僧と呼ばれているもので、地下水中に溶解している鉄分が粘土中の植物体と交代して生じた水酸化鉄の沈澱物である¹⁰⁾。このような高師小僧が産出したことは、本地域にかつて湿地植物が生育していたことを示唆している。

畦畔には淡黄色(マンセル表示法、2.5Y7/8)の斑紋が見られた。この淡黄色斑紋を形成する鉱物は、X線回折によりジャロサイトと同定した(Fig. 2)。このよ

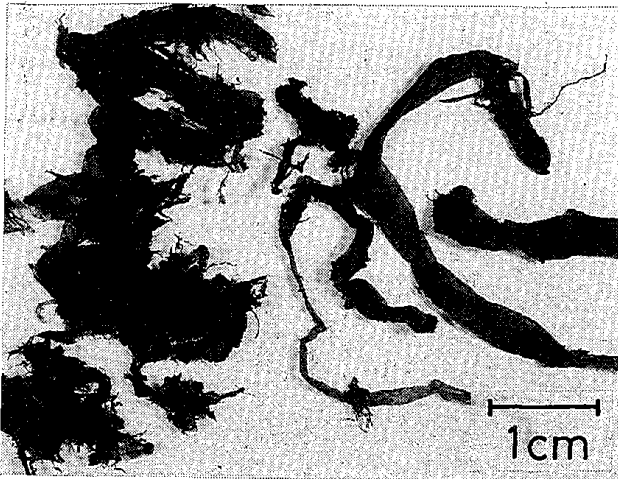


Plate 1. Peat

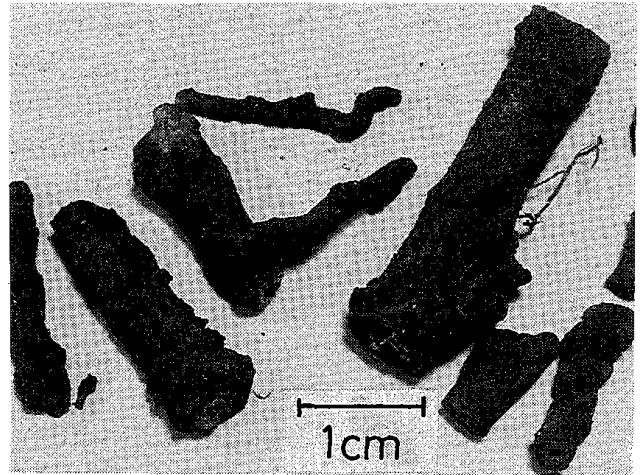


Plate 2. Takashikozo

Table 2. Data of chemical analysis for soil acidity and sulfides in the soils.

Sample No.	pH		Sulfur(% as S)		sulfide(% as S)	
	H ₂ O	H ₂ O ₂	Aqua soluble	HCl soluble	HCl soluble	Pyrite
1	6.02	5.15	0.04	0.04	0.00	0.00
3	4.06	3.02	0.48	0.03	0.00	0.45
4	4.60	5.52	0.15	0.12	0.00	0.03
6	5.03	2.53	3.57	0.04	0.00	3.53
7	5.21	6.61	0.03	0.03	0.00	0.00
8	5.62	6.26	0.04	0.04	0.00	0.00
9	2.67	2.17	0.75	0.05	0.00	0.70
10	3.95	2.34	0.84	0.02	0.00	0.82

うなジャロサイトが検出されたことは、この鉱物が土壌のpH(H₂O)4.0以下において安定に存在し得ることから、極強酸性土壌が生成しているを示唆している。土壌の化学性をTable 2に示す。pH(H₂O)をみると、その値が4以下の極強酸性土壌が認められた。この様に土壌が極強酸性を示すことは遊離酸の存在を示唆している。pH(H₂O₂)をpH(H₂O)と対比してみると、試料番号No. 4、No. 7、No. 8以外はいずれもpH値の低下がみられる。これら3つの試料について、pH値の増加がみられるのは、pH測定の際液比がpH(H₂O₂)ではpH(H₂O)の4倍に希釈されているので、pH値の増加は見掛けのものと言える。

多硫化態硫黄量をみると、表土は、0.05~0.02%の極めて低い値であるが、下層土は0.47~3.53%の高い値を示している。特に、その含量が1.38%ならびに3.53%と、極めて高いものが認められた。この多硫化態鉱物の多い層位に着目して、その層位内の鉱物の形態的特徴を調べた結果、走査電子顕微鏡写真下に球形鉱物を見出した。また、この球形状鉱物をエネルギー分散型マイクロアナライザーによりその元素組成を定性および半定量分析した結果、この鉱物は二硫化鉄であると判断された。二硫化鉄には結晶構造の異なる黄鉄鉱と白鉄鉱があるので、X線回折を行った結果、黄鉄鉱と同定した(Fig. 3)。この鉱物は超微粒子結晶の集合体でありこの集合体を構成している超微粒子結晶は等粒の自形鉱物である。従って、この鉱物の形態的特徴から木苺様鉱物すなわちフランボイダルパイライトであると判別した(Plate 3)。これらの鉱物の大きさをみると、フランボイドの大きさの範囲は1~50 μ mであ

り、平均の大きさは10 μ mである。また、集合体を構成する自形単結晶の大きさは0.2~4.5 μ mの範囲にある(Fig. 4)。この様なフランボイダルパイライトの大きさの範囲は、これまでに、上小地方ならびに松本北東地方で見出されているものとはほぼ同じであることが認められた^{5,6)}。この鉱物は還元性堆積環境下で生成されることから^{12,13)}、本地域の土壌は強い還元状態下で形成され、しかも工事前まで還元状態のまま保持されて

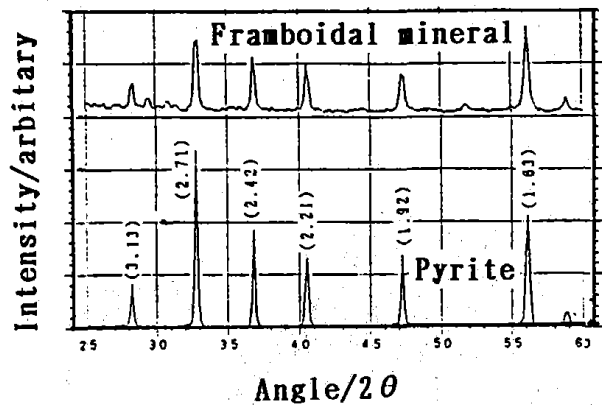


Fig. 3. X-ray diffraction patterns of framboidal mineral.

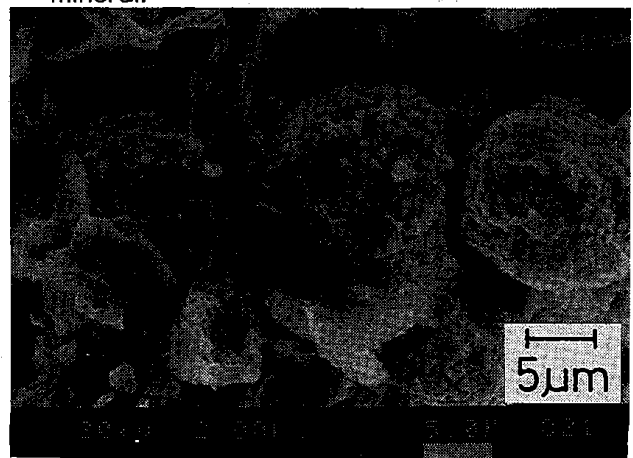


Plate 3. SEM photograph of framboidal minerals.

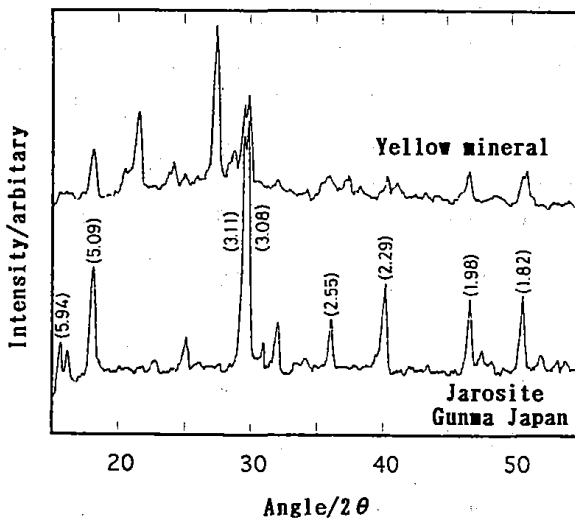


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of yellow mineral.

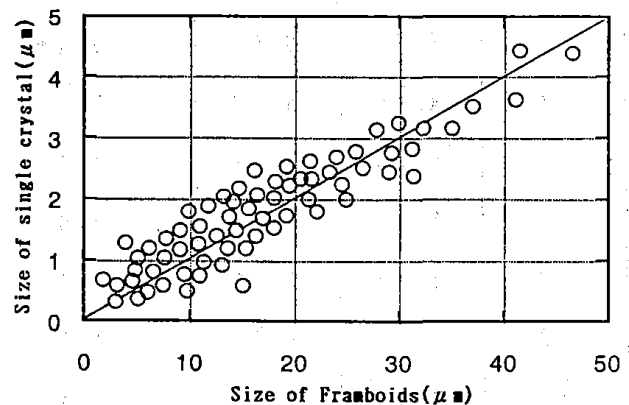


Fig. 4. Relation between size of framboids and size of their constituent single crystals.

更埴地方の改良農地に生成した酸性硫酸塩土壌

Table 3. Water quality of rivers and drainages by a culvert.

No.	pH	EC (mS/cm)	SO_4^{2-} Fe^{2+} Mn^{2+} Al^{3+} Ca^{2+} Mg^{2+} K^+ Na^+ (mg/dm ³)							
			1	3.64	0.54	73.0	8.66	3.59	5.51	62.0
2	6.02	0.24	53.4	1.06	3.64	0.15	14.4	6.5	1.0	5.0
3	6.05	0.17	70.3	3.79	2.22	0.08	11.6	3.0	1.0	3.9
4	3.72	0.42	84.5	6.22	0.12	5.07	13.2	5.0	1.6	11.2
5	2.72	1.31	883.0	34.1	3.05	16.08	121.0	23.3	2.2	14.7
6	3.79	0.57	144.0	8.62	0.95	2.43	47.0	7.0	1.6	11.1
7	3.74	0.47	250.0	1.97	0.49	1.89	34.1	5.3	1.5	11.3
8	4.01	0.37	88.3	2.59	0.91	5.80	14.5	6.3	2.2	8.8
9	7.83	0.14	25.0	0.33	0.02	0.53	12.6	1.7	1.2	9.6

Drainages by a culvert: No.1~No.7, Sanoh river: No.8, Chikuma river: No.9.

いたものと思われる。

佐野川、千曲川および暗渠排水の水質をTable 3に示す。佐野川の水質はpH4.0の強酸性であり、千曲川の水質と対比してみると、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Al^{3+} 、 SO_4^{2-} などのイオン量が高く、硫酸酸性水としての特徴が顕著である。

また、暗渠排水の水質は、排水口によって違いが見られるものの、極めて強い硫酸酸性を示すものがある。この酸性水は土地改変のために土層中のパイライトが酸化して生成した硫酸に由来するもので、この酸性水により土壌成分が洗脱されていることが明らかとなった。

摘要

本地域に発現した作物の生育不良や枯死ならびにコ

ングリート腐食などの被害は、土地改変によって掘り出されたパイライトから生成した硫酸の酸性害であることを明らかにした。本地域は佐野川の重粘土質扇状地であり、泥炭や高師小僧の産出などから、湿原であったこと、また、この泥炭が生成する還元状態において、微生物が関与して佐野川から供給された硫酸(SO_4^{2-})が木莓様のパイライトとして集積したことを示唆している。以上の結果を考慮すると、大規模土地改変には計画段階で、下層土の土壌科学的観点からの詳細な検討が必要であると考えられる。

本研究の一部は、財団法人長野県テクノハイランド開発機構の研究助成金の援助によった。また、試料採取には長野県埴科農業改良普及所の小林靖子技師に協力を頂いた。ここに併せて感謝の意を表します。

文献

- 1) 矢彦沢清允ら：海成堆積物中の埋設配管の腐食について，第14回安全工学シンポジウム講演予稿集，11-13(1985)。
- 2) 矢彦沢清允ら：上田市東南の造成地に見出された透明石膏ロードとその成因について，信州大学繊維学部紀要，No.14，1-25(1986)。
- 3) 矢彦沢清允ら：上田市地方の海成堆積層に見出されたジャロサイトとその成因について，信州大学繊維学部紀要，No.15，1-13(1987)。
- 4) 矢彦沢清允ら：上田地方に見出された酸性硫酸塩土壌について，信州大学環境科学論集，10，32-41(1989)。

矢彦沢清允ほか

- 5) 矢彦沢清允ら：上田地方の新第三紀海成堆積物中に見出される微小パイライトについて，環境科学年報-信州大学，11，33-42(1989).
- 6) 矢彦沢清允・加藤和彦・荒井智彦・上野満夫・山本満寿夫・藤松仁：松本北東地域の第三紀海成堆積物中に見出される微小パイライトについて，環境科学年報-信州大学，13，114-122(1991).
- 7) 北信地区施肥改善協会他：土壤保全対策診断調査事業成績報告書，平成3年3月.
- 8) 土壤標準分析・測定法委員会編：土壤標準分析・測定法，pp.70-71，博友社，1986.
- 9) 八木貞助：更埴地質誌，pp.34-35，210-211信濃毎日新聞出版部，1949.
- 10) 日本分析化学会北海道支部編：水の分析，pp.131-173，化学同人，1972.
- 11) 地学団体研究会・地学事典編集委員会：増補改訂地学事典，p.647，平凡社，1983.
- 12) Rust, G.W.: Colloidal Primary copper ores at Cornwall Mines, South-eastern Missouri, J. Geol., 43, 398-426(1935).
- 13) Rickard, D.T.: The origin of frambooids, Lithos, 3, 269-293(1970).