

# 土地改変を巧みに利用した弥生人 ?

—古代無機顔料の由来—

矢彦沢清允・藤松 仁・村上 泰

信州大学繊維学部精密素材工学科

Land amelioration was well utilized by Yayoi-acients ?  
Origin of aicent inorganic pigment, the so-called rouge.

Kiyochika YAHIKOZAWA, Hitoshi FUJIMATSU and Yasushi MURAKAMI  
Fac. Textile Sci. & Technol., Shinshu Univ.

**Key words:** inorganic pigment, rouge, Yayoi-acients, land amelioration of gley horizon.  
無機顔料, べんがら, 弥生人, グライ層の土地改変.

## 1. はじめに

繊維学部の構内敷地は東信地方における弥生時代の  
大集落跡の一つであり<sup>1)</sup>, 最近行われた運動場整備工  
事現場や学内の圃場桑園においてもたくさんの土器片  
が見出されている。本格的な土器が出土したのは昭和  
20年代の初期に行われた本学部の拡張工事の際であ  
ったといわれ, その土器の鑑定調査は「信州大学繊維学  
部保存の弥生土器」として報告されている<sup>2)</sup>。類似の  
土器は長野市箱清水地籍の, 明治33年創立された長野  
県立長野高等女学校(現 長野西高校)の建築工事現  
場において多数出土し, その後, フォッサマグナ東端  
を流れる千曲川水系の広範な地域においても数多く出  
土している。中でも壺と高杯は丹が塗られ, 特に, 壺  
は頸部に楯で描かれて文様を巡らし, 無花果形という  
独特な器形であることが知られている。これらの土器  
は最初の出土地名をとって箱清水式土器として名称区  
分されている<sup>3-5)</sup>。信州の土器分布圏は天竜川水系と  
千曲川水系に分けられ, 千曲川水系の箱清水式土器は,  
在地性が濃厚であるといわれている<sup>6)</sup>。

弥生土器の研究は, 土器の製作技法に関するものが  
あるものの, ほとんどは土器の形態や文様に関するも  
のであり<sup>7-9)</sup>, 赤色塗彩物の由来に関する研究は極めて  
少ない<sup>10,11)</sup>。しかし, 近年登場したニュー・アーケ  
オロジーすなわち自然科学などの他の分野の成果との  
対比による演繹的な手法を用いる考古学は, ハイテク  
考古学として注目され<sup>12-15)</sup>, 従来の土器の器形や文

様の研究に加えて弥生時代に大量に生産された塗彩土  
器の顔料が, どこからどのようにして入手されたかが  
一つのテーマになっている<sup>16)</sup>。

一方, 千曲川水系地域の弥生時代は, 水稻耕作技術  
が勃興し, 農具は石製の鎌・鍬に代わって鉄製の鎌・  
鍬が使用されるようになり, 生活形態が縄文式の収集  
経済から弥生式の生産経済へと移行したことが報告され  
ている<sup>17-20)</sup>。また, 古代日本の水田はその河川の後  
背湿地, あるいは埋積谷や谷頭部の湧水帯などを地形的  
特徴とする平坦地に開田されているために, 土壌科  
学的には地下水位の高い低湿地土すなわちグライ土地  
帯の土地改変による水田の造成に相当するといわれて  
いる<sup>21)</sup>。

著者らは, フォッサマグナ東端地域の大規模土地造  
成地下におけるグライ土層に, 火成起源とは異なる水  
成起源の黄鉄鉱を見出し, その形態的特徴, 分布状況,  
ならびに風化過程に生成する黄鉄鉱の関連物質である  
硫酸, 石膏, ジャロサイト, 緑礬などの地表土内の化  
学的生成挙動, さらに, 酸性硫酸塩土壌の生成など  
について既に報告した<sup>22-28)</sup>。特に, 当地域における  
新第三紀中新世に海成堆積下で生成した黄鉄鉱を含む  
グライ土層が地表に露出した場合, 黄鉄鉱は大気と降  
水の作用により風化をうけて水溶性鉄となり, その可  
溶化した鉄塩は酸化鉄として伏流水溝や暗渠排水溝に  
沈澱・集積すること, また, 第四紀洪積世の後背湿地  
に形成されたグライ土および黒泥土中の黄鉄鉱からも

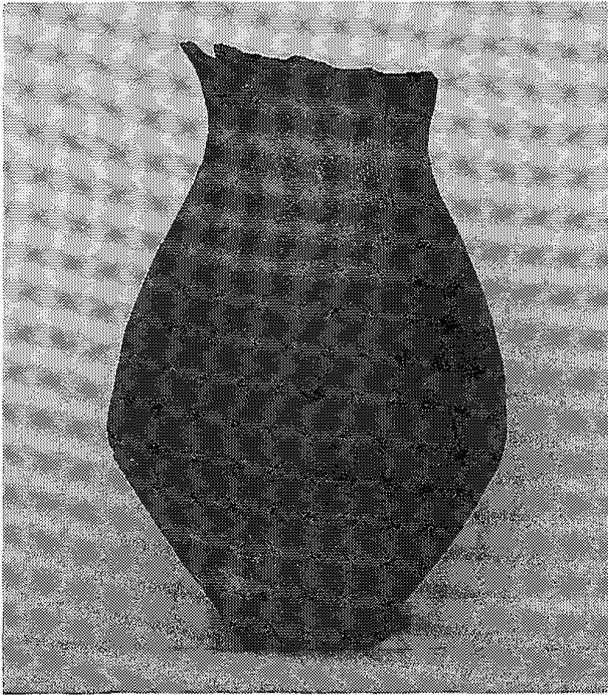


写真-1 弥生時代後期の壺（信州大学繊維学部所蔵）

同様に酸化鉄が伏流水溝および暗渠排水溝などに沈殿・集積することを把握している。

従って、グライ土地帯の土地改変によって水田開発をした弥生人がその工事排水路、暗渠排水溝ならびに伏流水溝などに沈殿・集積するべんがらの前駆体である酸化鉄を身近に見出し、それを土器の塗彩に使用した可能性は極めて高いと考えられる。

この様な観点から、弥生土器の赤色顔料の同定およびフォッサマグナ東端地域における大規模農地基礎整備工事下のグライ土地帯において、その排水溝、伏流水溝ならびに暗渠排水溝に沈殿・集積した黄褐色物質を採取し、その理化学的性状ならびに加熱による色調変化を調べ、さらに、供試土器の赤色塗彩顔料の性状と対比し、古代土器に使用されたべんがらの由来について検討した。

### 2-1. 供試土器

土器は信州大学繊維学部に保管されているものを供試した<sup>2)</sup>。本学部所蔵の箱清水式土器の典型的な壺を写真-1に示す。当壺は口縁が欠けていて全形を知ることにはできないが、高さ30cm位の長大なものであろう。口縁部の径は不明であるが頸部の最短径13cmで、下腹部までならだかなふくらみがあり、底より1/3位上がった処が最大径19cmのいわゆる無花果形である。底径は6.8cmで、口頸部に楕円直線紋がある。この縦線紋は頸部回りに5ヶ所ある。この口頸部以外の部分に

は赤色の塗彩がある。

### 2-2. 調査地点ならびにその周辺の概要

試料採取①地点は、長野県上田市富士山大規模基盤整備農地で、第三紀中新世以降の海進によって形成された海成堆積層である。本地層は小川層と青木層の境界域に当り、これらの地層が隆起・侵蝕をうけ、丘陵地の小高い山地を形成している。②地点は、長野県更

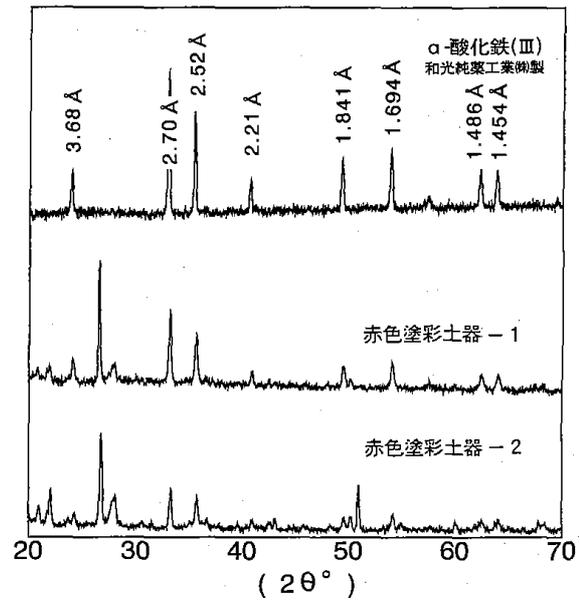


図-1 赤色塗彩土器表面のXRDパターン

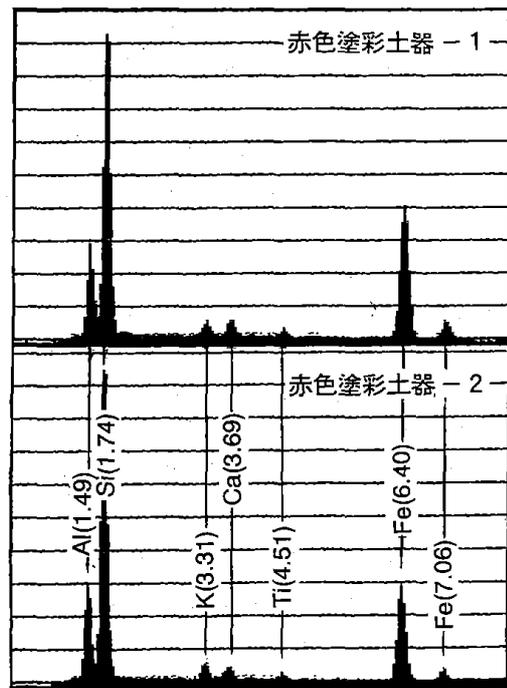


図-2 赤色塗彩土器表面のEPMAスペクトル

埴市八幡大規模基盤整備農地で、高尾山東面からの佐野川や中沢川の扇状地である。下層には泥炭や黒泥土が分布する後背湿地である。①、②両地域ともグライ土層の土地改変がみられる。

### 3-1. 土器の塗彩赤色顔料の同定

土器の赤色塗彩顔料の X 線回折結果を図-1に示す。これらのパターンが酸化第二鉄標本のそれぞれ特性ピークとよく一致した。千曲川水系域の古代赤色顔料はほとんどがべんがらであるが、微量の水銀を含有するとする報告がある<sup>11,29,30</sup>。そこで、土器顔料の EPMA による元素分析の結果を図-2に示す。検出された元素はいずれも胎土およびべんがらの成分であるケイ素、鉄、アルミニウムと、微量のチタン、カルシウム、カリウムである。従って、当土器の赤色顔料の主成分はべんがらであり、水銀は含有しないことが判明した。

### 3-2. 黄褐色物質の性状特性

当土地改変地域において沈殿・集積する黄褐色物質は、(1)土地改変後の伏流水溝、暗渠配水管ならびにその排水溝、(2)水田のグライ土層下の盤層、(3)掘削および天然露頭の割れ目の充填層などにみられる。これらの中で、(1)および(2)における黄褐色物質は水中あるいは湿潤状態にある。その性状は微粒で可塑性があり、塗彩剤としての優れた性能が認められる。また、(3)の場合は硬い盤層状であり、塗彩剤として利用するには粉碎することが必要となる。古代人が身近に入手でき、且つ容易に利用できる形態は、(1)および(2)であると考えられる。従って、ここでは(1)および(2)の産出物に注目して検討することにする。

### 3-3. 黄褐色物質の化学組成とその成因

①地点の伏流水溝と、②地点の暗渠排水溝で採取した黄褐色物質をそれぞれ試料-1 および試料-2 とし、両試料の EPMA による元素分析結果を図-3に示す。そのパターンから、両試料とも鉄が主成分であり、試料-1 では微量のケイ素およびカルシウムが、また、試料-2 では微量のケイ素および硫黄が検出された。①地点の試料-1 のカルシウムは、当地層に挟在する石灰岩層あるいは石膏層<sup>22,28</sup>からの溶脱・混入であり、また、②地点の試料-2 の硫黄は、当地層に分布する超微粒子黄鉄鉱の含有量が極めて高いこと<sup>26,27</sup>などが反映していると言える。

次に、試料-1 と 試料-2 について EPMA により

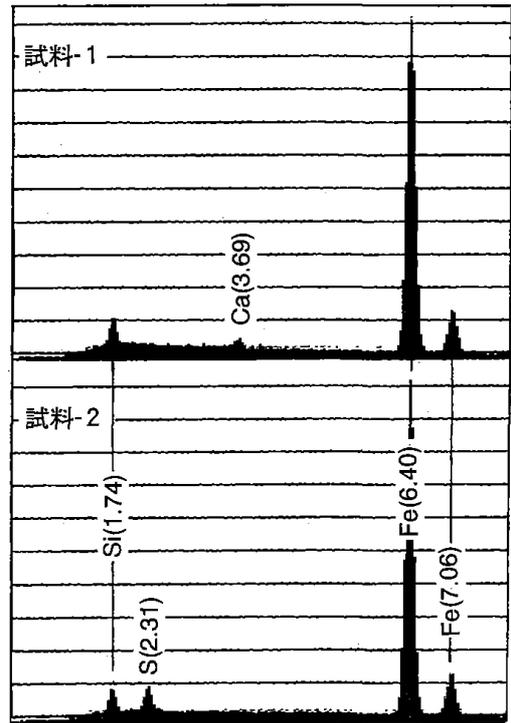


図-3 試料1および2の EPMA スペクトル

表-1 試料の化学成分含有率 (%)

試料 No.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O
1	81.23	4.32	0.39	—	12.21
2	70.56	4.88	—	9.02	13.61

% : 100° C 乾物重 H<sub>2</sub>O : 灼熱減量

検出された化学元素の定量分析結果を表-1に示す。Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の含有率は、試料-1では、81.23%、試料-2では70.56%である。鉄鉱石として有用な Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の含有率は71~97%の範囲にあり<sup>32</sup>、また、硫化鉄鉱の天然風化によって生じた酸化鉄は少量の不純物しか含まない場合が多いといわれている<sup>33</sup>。この両試料は酸化第二鉄含有率が極めて高く、このことからしても現代の工業製品と対比して優るとも劣らない塗彩剤としての高い純度を有することが明らかとなった。

グライ土に関わる鉄の酸化還元反応機構に関しては多くの研究があり、その反応過程は極めて複雑であることが知られている<sup>33-37</sup>。このような堆積機構による鉄鉱床は世界の鉄鉱床の60%を占めるといわれている<sup>33</sup>。これらの採取した黄褐色物質は、次のような過程を経て生成したものと考えられる。①地点の場合には、第三紀の海成堆積物が有機物の還元によって嫌気性のグライ土を形成し、海水中の硫酸(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)イオンの還元から発生する硫化水素(H<sub>2</sub>S)がグライ土中

の還元鉄 (Fe<sup>2+</sup>) と反応して硫化鉄として沈殿し、さらに、黄鉄鉱化して木いちご様黄鉄鉱すなわちフランボイダルパイライトを形成する。また、②地点の場合には、聖山東北面鍋久保を発源とする佐野川あるいは中沢川が源流基底の複輝石玢岩に含有する火成起源の黄鉄鉱風化による硫酸鉄<sup>38)</sup>が八幡の扇状地の後背湿地に流入し、グライ土中にフランボイダルパイライトを形成する。これらのフランボイダルパイライトが土地改変によりその風化過程において硫酸鉄から水酸化鉄を排水溝に沈殿・集積する。

べんがらは現在でも重要な無機顔料のひとつであり、その製法については詳細な総説がある<sup>35)</sup>。その製法の原理は、まず、水和硫酸鉄 (FeSO<sub>4</sub>・7H<sub>2</sub>O) をつくり、焙焼して酸化第二鉄 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) を製造することである。黄鉄鉱を酸素の存在下で湿らせて自然酸化すると容易に水和硫酸鉄が生成するので、それを焙焼して製造するのが最も簡単な方法とされている<sup>32)</sup>。この酸化鉄の生成過程に類似した反応が当地点の黄鉄鉱を含むグライ土層の風化過程で起こり、それらの成分が溶脱し、関連水路に黄褐色物質すなわち含水酸化第二鉄として沈殿・集積することが明らかとなった。また、酸化第二鉄の水和水は極めて多様であり、300°Cで急激に減少し、500°C以上の加熱によりほとんど消失する<sup>33)</sup>。

表 - 2 加熱による試料1および2の色調変化

試料No.	加熱温度 (°C)	マンセル記号	色名
1	100	5 YR 5/8	明赤褐 : bright reddish brown
	250	2.5 YR 4/8	赤褐 : reddish brown
	500	2.5 YR 5/8	明赤褐 : bright reddish brown
	750	10 R 4/8	赤 : red
	900	7.5 R 4/8	赤 : red
2	100	7.5 YR 7/8	黄橙 : yellow orange
	250	2.5 YR 4/8	赤褐 : reddish brown
	500	10 R 4/8	赤 : red
	750	10 R 4/8	赤 : red
	900	10 R 5/8	赤 : red

表 - 3 赤色塗彩土器および試料の色調

試料	No.	マンセル記号	色名
赤色土器	1	10 R 4/8	赤 : red
	2	7.5 R 4/8	赤 : red
	3	10 R 4/8	赤 : red
採取試料*	1	5 YR 5/8	明赤褐 : bright reddish brown
	2	2.5 YR 4/8	赤褐 : reddish brown
	3	10 YR 7/8	黄橙 : yellow orange

\* 湿状態

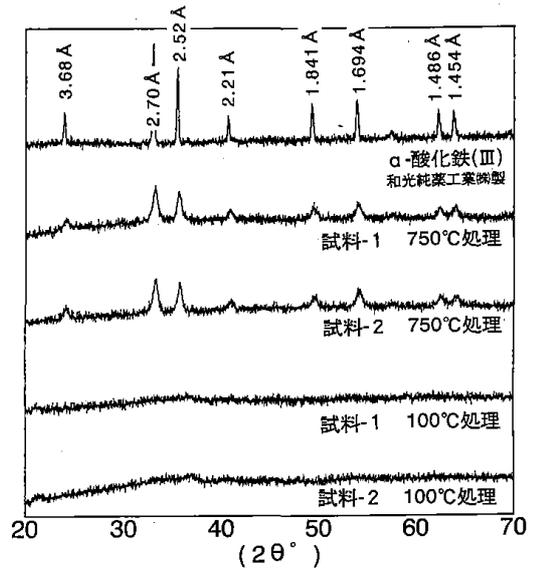


図 - 4 加熱試料の XRD パターン

### 3-4. 黄褐色物質の加熱に対する色調変化

べんがらの色調は加熱温度のみならず化学成分、不純物、粒子径により広範に関係することが知られている<sup>33,37)</sup>。ここでは、処理温度のみについて検討した。採取黄褐色物質は、100°C, 250°C, 500°C, 750°Cならびに900°Cの所定温度で4時間処理した。試料の色調はマンセル表示法により表示した<sup>39,40)</sup>。その結果を表-2に示す。加熱処理では、いずれの試料も加熱温度が高くなるとともに黄味がなくなり、次第に赤味が強くなる傾向がみられた。これらの色調を、表-3に示した供試土器塗彩顔料の色調と比べると、①地点採取試料については750°Cおよび900°C、②地点採取試料については500°C, 750°Cならびに900°Cの温度で処理したものが、極めて類似した色調をもつことがわかる。また、加熱処理した試料の XRD (図-4) から、両試料とも焼成によって脱水され、べんがらを生成することが明らかとなった。以上、色調の変化および XRD 測定から、両試料とも優れたべんがらの前駆体であることが判明した。

## 4. ま と め

以上の結果より、グライ土地帯に水田開発を行った弥生人が、その工事排水溝、暗渠排水溝ならびに伏流水溝などに沈積するべんがらの前駆体である含水酸化第二鉄を身近に見出し、その可塑性を有する微粒の糊状物を成形粘土に塗彩し、更に、焼成することによってべんがらの赤色を発現させた可能性が極めて高いこ

とが示唆された。

今後、採取した黄褐色物質の塗彩性能については更なる検討が必要である。

本研究に対しご助言を頂いた長野県考古学会長・千曲川水系古代文化研究所主幹森嶋稔氏に深謝します。

## 文 献

- 1) 信濃毎日新聞社編 (1974), 上田市史上巻, p.23-31, 信濃毎日新聞社, 長野市.
- 2) 五十嵐幹夫 (1950), 信州大学繊維学部保存の弥生式土器, 信濃, 2, 830-834.
- 3) 桐原 健 (1956), 箱清水式土器における赤色塗彩の傾向とその意義, 信濃, 8, 774-779.
- 4) 桐原 健 (1975), 赤色塗彩土器の出現, 信濃, 27, 589-595.
- 5) 桐原 健・樋口昇一・宮下健司編 (1994), 信州の大遺跡, p.105, 郷土出版社, 松本市.
- 6) 桐原 健・樋口昇一・宮下健司編 (1994), 信州の大遺跡, p.37-38, 郷土出版社, 松本市.
- 7) 坪井清足 (1973), 陶磁大系第二巻弥生, p.86-124, 平凡社, 東京.
- 8) 佐原 真 (1979), 世界美術全集 第1巻, p.260-264, 小学館, 東京.
- 9) 竹原 学 (1990), 赤い土器の製作技術, p.196-203, 佐久考古学編, 佐久考古学6号, 赤い土器を追う, 佐久市考古学会, 長野県小海町.
- 10) 赤星直忠 (1962), 横須賀市吉井城山第一貝塚の丹について, 横須賀市博物館研究報告書, 6, p.69-75, 横須賀市博物館, 横須賀市.
- 11) 岡川勇夫 (1970), 古代赤色顔料についての一知見, 信濃, 30, 32-37.
- 12) 中井信之・馬淵久夫・沢田正昭 (1993), 考古学へのいざない, 化学と工業, 46, 316-323.
- 13) 藤本 強 (1994), 考古学を考える 増補版 方法論的展望と課題, p.71-82, p.205-217, 雄山閣出版, 東京.
- 14) 田中 琢・佐原 真編 (1994), 発掘を科学する, p.1-11, p.215-227, 岩波書店, 東京.
- 15) 第9回大学と科学公開シンポジウム組織委員会 (1994), 古代に挑戦する自然科学予稿集, p.1-41.
- 16) 森嶋 稔 (1990), 核現象と周辺現象 - 赤い土器追跡の方法, p.206-209, 佐久考古学会編, 佐久考古学6号, 赤い土器を追う, 佐久市考古学会, 長野県小海町.
- 17) 塩入秀敏 (1981), 赤色塗料, p.22, 千曲川水系古代文化研究所編, 箱清水式土器研究ノート4, 千曲川水系古代文化研究所, 更埴市.
- 18) 森嶋 稔 (1981), 箱清水式土器研究ノート4, p.48, 千曲川水系古代文化研究所編, 千曲川水系古代文化研究所, 更埴市.
- 19) 森本六爾 (1943), 日本農耕文化の起源—考古学上より見たる日本原始農業の研究, p.11-62, p.201-210, 葦牙書房, 東京.
- 20) 森本六爾 (1946), 日本考古学研究, p.7-8, p.95-101, 桑名文星堂, 京都.
- 21) 岩本次郎 (1994), 古代における地割の展開と稲作, p.115-133, 武光 誠・山岸良二編, 古代日本の稲作, 雄山閣出版, 東京.
- 22) 矢彦沢清允・荒井智彦・上野満夫・中田利裕, (1986), 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.99, 化学系, No.14, 13-25.
- 23) 矢彦沢清允・荒井智彦 (1987), 上田市東南の造成地に見出されたフランボイダル武石とその意義, 長野経済論集, No.26, 71-87.
- 24) 矢彦沢清允・上野満夫・藤松 仁 (1988), 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, 13, 32-41.
- 25) 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 (1991), 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.
- 26) 矢彦沢清允・山本満寿夫・上野満夫・藤松 仁 (1993), 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, 環境科学年報—信州大学, 15, 105-110.
- 27) 矢彦沢清允・山本満寿夫・上野満夫・藤松 仁 (1993), フォッサマグナ東端地域に分布する第三系海成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, 環境科学年報—信州大学, 15, 105-110.
- 28) 矢彦沢清允 (1993), 上田—更埴地方の大規模造成地における掘削土の強酸性発現の実態把握と酸性防止対策, 平成3年度研究助成事業研究レポート No.1, p.75-79, (財)長野県テクノハイランド開発機構・(財)浅間テクノポリス開発機構, 長野市.
- 29) 成瀬正和 (1988), 森將軍塚古墳出土赤色顔料の分析, p.34, 森將軍塚古墳古墳発掘調査団編, 森將軍塚古墳—保存整備事業第7次発掘調査報告書, 更埴市教育委員会, 更埴市.

- 30) 成瀬正和・岡田文男 (1992), 森將軍塚古赤色顔料・樹脂の同定, p.454-456, 森將軍塚古墳古墳発掘調査団編, 史跡森將軍塚古墳一保存整備事業発掘調査報告書, 更埴市教育委員会, 更埴市.
- 31) 矢彦沢清允・山本満寿夫・上野満夫・藤松 仁 (1993), フォッサマグナ東端地域に分布する第三系海成堆積物中に見出される石灰質泥岩とその意義, 環境科学年報一信州大学, 15, 99-104.
- 32) 千谷利三 (1960), 無機化学下巻, p.1163-1164, 産業図書(株), 東京.
- 33) 南部松夫 (1956), 褐鉄鉱の鉱物組成, 鉱物学雑誌, 3, 53-76.
- 34) 原口九萬 (1963), 堆積源鉄鉱床の成因的考察, 山形大学紀要 (自然科学), 5, 875-892.
- 35) Rickard, D. T. (1970), The origin of frambooids, *Lothos*, 3, 269-293.
- 36) 山根一郎・松井 健・入沢周作・岡崎正規・細野衛 (1978), 図説日本の土壌 - グライ土, p.78-87, 朝倉書店, 東京.
- 37) Mellor, J. W. (1934), A comprehensive treatise on inorganic and theoretical chemistry Vol.13, p. 774-814, Longmans, Green and Co., London.
- 38) 八木貞助 (1943), 更埴地質誌, p.210-211, 信濃毎日新聞社, 長野市.
- 39) 小山正忠・竹原秀雄 (1976), 新版標準土色帖, 日本色研事業(株), 東京.
- 40) Munsell color (1976), Munsell book of color, Macbeth Division of Kollmorgen Co. Baltimore, Maryland 21218.

(受付 1995年2月6日)