

# 石川県金沢市の赤戸室粘土中の磁性鉱物とその応用・利用

田崎和江<sup>1\*</sup>・松浦明久<sup>2</sup>・佐々木直哉<sup>3</sup>・金 正逸<sup>4</sup>・李 一烈<sup>4</sup>・矢方憲三<sup>5</sup>・  
竹原照明<sup>6</sup>・奥野正幸<sup>7</sup>・福山厚子<sup>8</sup>・田崎史江<sup>9</sup>

<sup>1</sup> 河北潟湖沼研究所, 929-0342 石川県河北郡津幡町字北中条ナ 9-9

<sup>2</sup> マツウラ技研, 920-0011 石川県金沢市松寺町寅 87-1

<sup>3</sup> 石川県工業試験場, 920-8203 石川県金沢市鞍月 2 丁目 1 番地

<sup>4</sup> 赤鉄焼研究所, 929-1176 石川県河北市外日角イ 5-6

<sup>5</sup> アグリリンクテクノロジー, 935-0023 富山県氷見市朝日丘 2-32

<sup>6</sup> 金沢医科大学総合研究所, 975-0039 石川県河北郡内灘町大学 1-1 (退職 2020 年 3 月)

<sup>7</sup> 金沢大学理工研究域, 920-1192 石川県金沢市角間町

<sup>8</sup> 第一工業大学, 899-4395 鹿児島県霧島市国分町 1-10-2

<sup>9</sup> 大阪河崎リハビリテーション大学, 597-0104 大阪府貝塚町水間 158

(\* 連絡先: 田崎和江 E-mail kazueta@cure.ocn.ne.jp)

要約: 2020 年 2 ~ 3 月に石川県金沢市俵町で赤戸室石とその周辺の赤色堆積物を採取し, その物理・化学・鉱物学的特徴を調べた。現地赤戸室石堆積物を水道水に入れた直後は pH6 であったが, 赤戸室赤色粘土を純水に懸濁した液は酸性 (pH4.4) を示した。俵町の赤色粘土の残留磁束密度を測定したところ 3 ~ 22.5  $\mu\text{T}$  であった。なお, 握りこぶし大の赤戸室石 (520g) は 3 ~ 12.83  $\mu\text{T}$  であった。俵町の赤色粘土堆積物について, 磁石を用いて磁性物質 / 砂鉄; 磁鉄鉱 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) を集め, 走査型電子顕微鏡 (SEM) および透過型電子顕微鏡 (TEM) で観察したところ多数の細菌が生息していることが確認された。俵町に産出する戸室石起源の赤色粘土中には, 磁性鉱物とマグネトソームが多量に含まれていることが明らかになった。それらの科学的データを基にして戸室石起源の赤色粘土の応用・利用についても検討したので報告する。

キーワード: 戸室石, 風化堆積物, 赤色粘土, マグネトソーム, 磁性鉱物

## Abundant Magnetosome Inhabits in the Reddish Weathered Tomuro Volcanic Andesite in Kanazawa, Japan

TAZAKI K., MATSUURA A., SASAKI N., KIM J., LEE I., YANOHO K., TAKEHARA T.,  
OKUNO M., FUKUYAMA A. and TAZAKI F.

\*Corresponding person; Kazue Tazaki; Tawara, Kanazawa, Ishikawa 920-1108, Japan. E-mail  
address: kazueta@cure.ocn.ne.jp

Abstract: Tomuro volcanic andesite (quaternary period) at Tawara, Kanazawa, Japan, showing weathering processes from fresh red rocks to weathered clays and fertile soils which abundant magnetosome found in the reddish sediments in Kanazawa, Japan. The reddish Tomuro clays contain high  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , suggesting large amounts of organics under reduction condition. The XRD results clearly indicated 10 Å (Illite), 7.6 Å (Kaolinite) and 2.51 Å (Maghemite), associated with XRF data, such as  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (29.3%),  $\text{SiO}_2$  (48.5%), and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (17.3%) which clay minerals are rich in the red clay sediments. The SEM and TEM observations of reddish clays revealed magnetite coexistence of abundance magnetosome. Magnetosome existed on the surface of magnetite minerals attaching with chains, filamentous and spherules in  $\mu\text{m}$  size. Thus, magnetite with magnetosome weathering products might be more ubiquitous in the geologic record than previously thought. We conclude that red Tomuro volcanic andesite sediments can be used for many ways,

because of many magnetite associated with magnetosome in it. Also, we will intend to return the results to the community, such as ceramic art materials.

Key Words; Tomuro volcanic andesite, Weathered fertile soils, Red clays, Magnetosome, Magnetite

## はじめに

戸室山は石川県金沢市の南西部にあり、隣のキゴ山とともに約 50 万年前の噴火でできた溶岩円頂丘の火山であり、ハイキング、自然観察、スキーなどの場として金沢市民に親しまれている（石渡, 2001; 石渡ほか, 2001）。戸室山は、溶岩円頂丘として生まれた後のある時期に、爆発によって西側山腹が崩壊し、山麓に溶岩なだれ（火山泥流堆積物）が流出して平坦な台地状地形を作っている。その火山泥流堆積物は、中期更新世前半（80 万～50 万年前）の卯辰山層を不整合で覆っている（今井, 1959; 鮎野, 1993; 石渡, 2001; 酒寄ほか, 2004）。金沢から産出する赤戸室・青戸室は金沢を代表する石材であり、金沢城をはじめ金沢大学の標石、境内の鳥居、庭石などに広く使用されている。戸室石は、斜方輝石を含む角閃石安山岩で、石英・黒雲母の斑晶も含まれ、K-Ar 年代としては、40～60 万年前（0.43～0.61 Ma）が知られている（星・石渡, 2004）。戸室石の色は赤と青の 2 種類があり、それぞれ赤または青の生地に 5 mm の白い結晶（斜長石・石英）や 1～2 mm 大の黒い結晶（輝石・角閃石・黒雲母）が入っている典型的な安山岩である。

戸室山の形を上から見ると、普通の溶岩ドームのような円形や楕円形ではなく、凹面を金沢方面（西）に向けた三日月型をしている。この三日月型にえぐれた部分が崩壊し、この堆積物は戸室山から西へ 3 km の範囲に広がっており、地形的にも明瞭に多数の流山がみられる。道路工事現場などでは 1 m 大の赤戸室や青戸室が雑然と積み重なった地層として観察できる（図 1-1）。

この崩壊の発生時期について、1999 年に俵町公民館が俵町の農道工事現場において行った野外観察会で、児童たちが崩壊堆積物に含まれる泥の中から多量の炭化木片を発見した。この木片を炭素 14 法で年代測定したところ、18 200 年前（誤差±200 年）という年代値が得られた（石渡ほか, 2001）。

戸室火山の戸室山（安山岩の溶岩ドーム）で岩石磁気・古地磁気学的研究が行われている。磁気測定により

安山岩に含まれる磁性鉱物の種類、量、粒子サイズを推定した（星・石渡, 2004）。マグネタイトとヘマタイトが残留磁化の担い手であると考えられるが、溶岩ドーム内部の大部分をなす淡青灰色の安山岩（青戸室石）とドーム表層部をなす赤身を帯びた安山岩（赤戸室石）の間で両鉱物の量とマグネタイトの粒子サイズが異なる。赤戸室石では高温酸化によりマグネタイトの大部分がヘマタイトに変化し、それがマグネタイト量の減少と細粒化、ヘマタイト量の増加をもたらした。戸室山では 3 地点で正帯磁の平均方位が決定されたが、それらは有意に異なっていた。溶岩ドームの表面では熱残留磁化の獲得後に溶岩の変形が起こった可能性が高い。なお、戸室山の東南に隣接するキゴ山（546 m）の山体を作る溶岩は、中期更新世に噴出した溶岩円頂丘である（図 1-1a）。

北陸地方（福井県、石川県、富山県）には、古くから“泥漬け”と呼ばれる漬物が伝わっている。“泥漬け”とは、糠床の代わりに地元の赤土を用いて作られる漬物のことであり、東南アジアから伝来したといわれている。この北陸地方の赤土は、特に“赤べと”と呼ばれ、赤褐色で粘性が高く、漬け上がったナスの色は鮮やかなコバルト青を呈する。経験的にアントシアン系のナスニンとヒアシンの作用であることが知られている。金沢大学理学部地球科学科の授業の一環として、石川県内の 10 名に直接インタビューした所、泥漬けに用いる土は特定の地域に限られ、かつ表土よりもかなり深いところにある赤褐色の土壌を使用するという。漬ける野菜はナスのみで、添加物として水、塩、糠などを複合して添加し、または、全く何も添加しない泥のみの場合もある。いずれの地域においても共通して言えることは、“赤べと”で漬けたナスの色がきれいなコバルト青に仕上がることである。蛍光顕微鏡下で観察すると、赤べと中には、直径 1  $\mu\text{m}$  弱の球菌、長さ 2～4  $\mu\text{m}$ 、幅 0.5～1  $\mu\text{m}$  の桿菌、長さ 5～8  $\mu\text{m}$  の糸状菌が多数認められた。“赤べと”に NaCl を加えた試料は、光学顕微鏡下で、鉄を含有していると考えられる直径 20  $\mu\text{m}$  の黄褐色や赤褐色の粒子が顕著である。“赤べと”の化学組成は、いずれも Fe を非常に多く含み、その他 Si, Al, K, Ti も含んでいる。その pH は 4.0～4.3 である（田崎・倉繁,

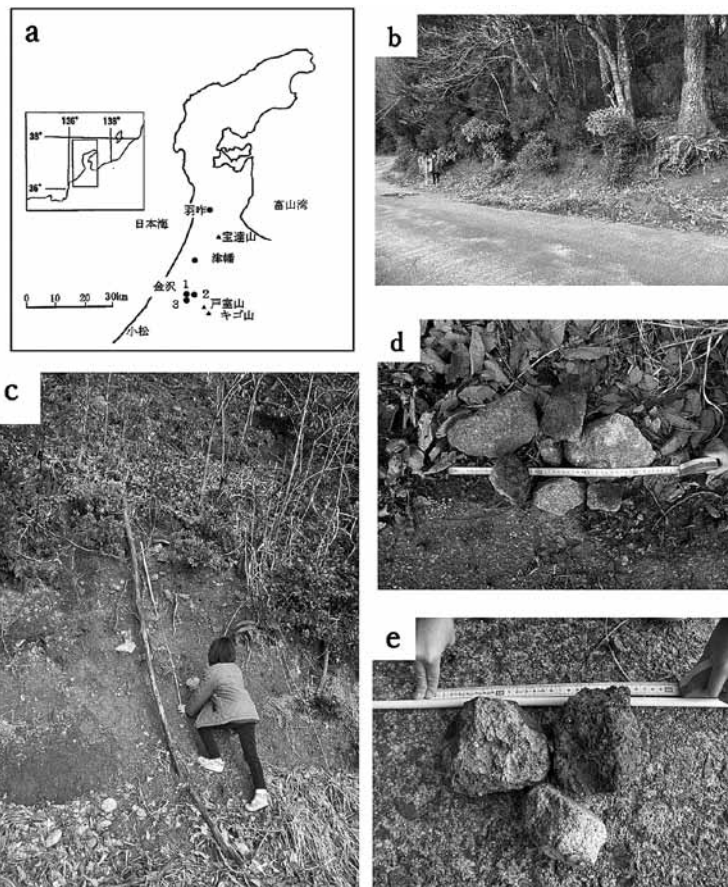


Fig. 1-1. Location map of study areas and collected weathering samples from Mt. Tomuro, Kanazawa, Ishikawa, Japan.

図 1-1. 石川県金沢市俵町における戸室山の赤色粘土の調査地点 (a, b, c) と風化した戸室石試料 (d, e).

2000).

本研究では、金沢市俵町 (1)、小豆沢 (2)、中山町 (3) の風化した赤粘土の露頭について研究を行った (図 1-1a). そのうち本研究の分析・電子顕微鏡観察に用いた赤粘土は俵町の道路際の試料である (図 1-1b, c),

風化した赤戸室石が赤色に土壌化することにより、大量の細菌が生育している様子を電子顕微鏡観察で捉えた。特に、土壌化した赤戸室石には磁性鉱物が増加していたので、その詳細と応用・利用について検討したので報告する。

### 現地における観察・分析・試料採取 および実験・分析方法

2020 年 2 ～ 4 月に石川県金沢市俵町で赤戸室石と

その周辺 (小豆沢町, 湯谷原町, 中山町) の地質学的調査を行い、赤色堆積物を採取した (図 1-1, 図 1-2)。

### 測定および観察

採取した赤戸室石堆積物の pH 測定, 磁性物質の確認, 走査型・透過型電子顕微鏡による観察を行った。

### 磁力測定方法

測定には磁力計 (GU-3001D: LUTRON ELECTRONIC ENTERPRISE CO. LTD) を使用した。地球磁場 (金沢市周辺約  $48 \mu\text{T}$ ) をキャンセルするため、磁気センサーを一定方向に固定後、数値が安定したところでゼロ調整し測定を行った。俵町の赤色粘土をポリエチレン袋に 200 g 入れ、測定部分に外部磁場 (ネオジム磁石: 直径 30 mm, 高さ 15 mm, 表面磁束密度 500 mT, 2

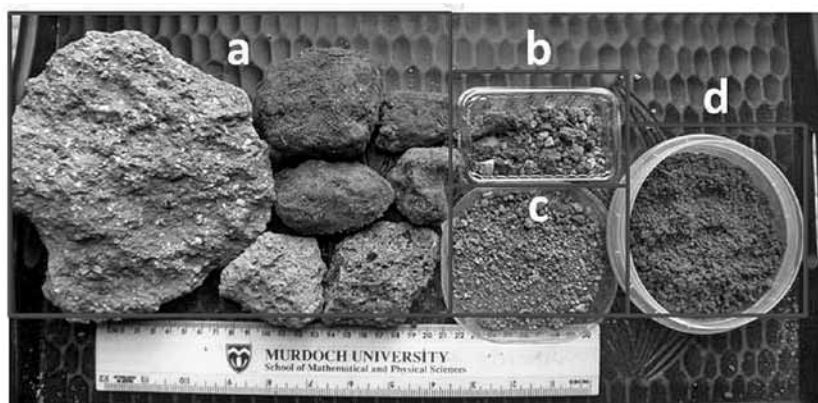


Fig. 1-2. The weathered samples collected from Mt. Tomuro, Kanazawa, Ishikawa, Japan.

図 1-2. 石川県金沢市俵町における戸室石の風化した試料. a: 新鮮な赤戸室石, b: 風化した戸室石, c: 土壌化した戸室石, d: 赤色粘土化した戸室石.

～3秒接近させた)で着磁(飽和磁化)させた. その後、袋表面にセンサーを接近させて磁束密度(残留磁束密度)を測定した(図2).

#### X線粉末回折分析(XRD)による鉱物相の同定

採取した赤色粘土試料の構成鉱物の同定は、X線粉末回折装置(リガク社製 Ultima IV)を用いて行った. X線源としてはCu-K $\alpha$ 線を使用し、加速電圧:60 kV、電流:150 mA、 $\theta$ -2 $\theta$ 走査法を用い走査速度2°/minで測定を行った.

#### 蛍光X線分析(XRF)による化学組成分析

採取試料の化学組成を知るために蛍光X線分析を行った. 試料は、電気炉において、60℃で20分間加熱処理後、室温に放冷し回収したものを分析に使用した. 加熱処理試料をアルミナ乳鉢で粉碎した後、プレスで成型し蛍光X線分析装置(リガク Primus II)を使用し、Rh管球を用いて加速電圧・電流60 kV・150 mA(max.)で分析を行った.

#### 走査型電子顕微鏡と透過型電子顕微鏡による観察

走査型電子顕微鏡は日立ハイテクノロジーズ(S-3400N, Hitachi, Japan)を使用した. 検鏡試料は白金パラジウムで蒸着を施し、加速電圧15～20 kV、電流70～80  $\mu$ Aで実施した. 透過型電子顕微鏡は日立HU-12Aを使用した.

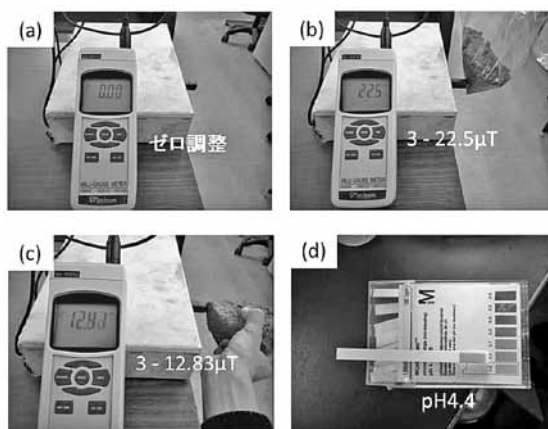


Fig. 2. Magnet force and pH of red clay at Tawaramachi.

図2. 俵町における赤色粘土の磁性と懸濁液のpH. (a)ゼロ調整, (b)俵町・赤色粘土, (c)赤戸室石, (d)赤戸室石粘土を純水に懸濁した液のpH.

## 結果と考察

### 測定結果

金沢市俵町で採取した赤戸室石堆積物を現地で水道水に入れた直後はpH6であったが、純水に懸濁した液はpH4.4を示した(図2d). 俵町で採取した赤戸室石堆積物は持ち帰って、磁石を用いて磁性物質/砂鉄:磁鉄鉱( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )を集め、それらの微細形態を走査型電子顕微鏡(SEM)および透過型電子顕微鏡(TEM)で観察を行い微生物の存在を確認した.

現地で認められた青戸室石(図1-1d), 赤戸室石(図1-1e)にネオジム磁石(直径30 mm, 高さ15 mm)を

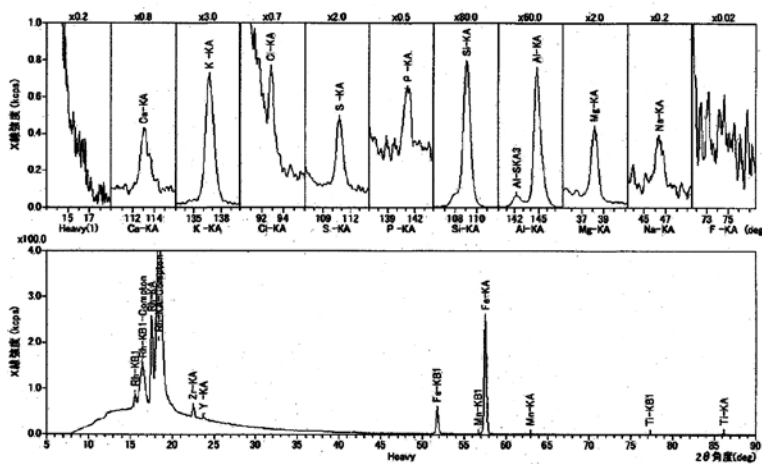


Fig.3. XRF analysis of red clay at Tawaramachi.

図3. 俵町赤色粘土の蛍光X線分析.

長さ 20 cm 程の木綿糸で吊るし近づけたところ、吸引力が認められた。また、風化した赤粘土には、さらに強い吸引力が認められた。風化した赤粘土をネオジム磁石で着磁させたものは、方位磁石にも反応するレベルの残留磁化が認められ、多くの磁性鉱物の存在が示唆された。

#### 磁力測定結果

俵町の赤色粘土の残留磁束密度を測定したところ（図2）、赤戸室石（測定値 3 ~ 12.83  $\mu\text{T}$ ）そのものよりも、風化した赤色粘土（測定値 3 ~ 22.5  $\mu\text{T}$ ）の磁性の方がやや高い値を示した。これは、俵町・赤色粘土中には、磁性鉱物が多く含まれていることを示唆している。なお、立山赤色粘土（金ほか、2019）と比較して俵町・赤色粘土の磁性はさらに高い磁性値を示した。

#### pH 及び蛍光 X 線分析 (XRF) による化学組成分析

新鮮な赤戸室石が風化し、赤色粘土化することにより、蛍光X線分析による化学組成（図3、表1-1、表1-2）やpH（表2）が変化することが明らかになった。赤戸室土壌はpH6.8 ~ 7.0であるが、赤戸室バイオマットが形成している3か所はpH6.4を示した。すなわち、風化により $\text{Al}_2\text{O}_3$ が29.3%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ が17.3%、 $\text{MgO}$ が1.4%、 $\text{TiO}_2$ が1.94%、 $\text{SO}_3$ が0.27%と増加し、pHも酸性化する。特に、赤色粘土中には $\text{Fe}_2\text{O}_3$ が新鮮な戸室石と比較して、12%も増加して、鉄成分が多くなることを示している（表2）。後で述べるように、電子顕微鏡観察によるマグネソームが大量に存在していることと整合している。

Table 1-1. XRF analysis of red clay in the red Tomuro at Tawara-machi.

表 1-1. 金沢市俵町の赤戸室石中の赤色粘土の XRF 分析結果.

| 成分名                     | 分析値<br>(mass%) | 分析線   | X線強度    | 規格化前    |
|-------------------------|----------------|-------|---------|---------|
| $\text{Na}_2\text{O}$   | 0.226          | Na-KA | 0.0417  | 0.0726  |
| $\text{MgO}$            | 1.4084         | Mg-KA | 0.7474  | 0.4596  |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 29.3017        | Al-KA | 43.7376 | 9.5615  |
| $\text{SiO}_2$          | 48.4811        | Si-KA | 63.2694 | 15.8199 |
| $\text{P}_2\text{O}_5$  | 0.0558         | P-KA  | 0.1697  | 0.0182  |
| $\text{SO}_3$           | 0.2716         | S-KA  | 0.7405  | 0.0886  |
| Cl                      | 0.1153         | Cl-KA | 0.2313  | 0.0376  |
| $\text{K}_2\text{O}$    | 0.5518         | K-KA  | 2.0184  | 0.1801  |
| CaO                     | 0.0767         | Ca-KA | 0.27    | 0.025   |
| $\text{TiO}_2$          | 1.9422         | Ti-KA | 3.153   | 0.6337  |
| MnO                     | 0.1283         | Mn-KA | 1.2863  | 0.0419  |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 17.3071        | Fe-KA | 251.853 | 5.6475  |
| $\text{Y}_2\text{O}_3$  | 0.021          | Y-KA  | 3.5096  | 0.0068  |
| $\text{ZrO}_2$          | 0.1164         | Zr-KA | 20.2596 | 0.038   |
| S-BLEND                 | 5              |       |         | 5       |

#### X線粉末回折 (XRD) による鉱物相の同定

新鮮な赤戸室石が風化し、赤色の粘土に変化することにより、元来の石英（Quartz; 4.28 Å）のほかに、イライト（Illite; 10.17 Å）、カオリナイト（Kaolinite; 7.58 Å）、マグヘマイト（Maghemite; 2.96 Å, 2.51 Å, 2.37 Å）などの二次粘土鉱物が形成されることが明らかになった（図4）。

#### 走査型電子顕微鏡 (SEM) による堆積物の観察

赤戸室粘土の走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察によ

Table 1-2. XRF analyses of Tomuro volcanic andesite (quaternary period) at Tawara, Kanazawa, Japan, showing weathering processes.

表 1-2. 風化過程を示唆する金沢市俵町から採取した戸室石の XRF 分析結果.

| 元素                             | 新鮮な戸室石 | 風化した戸室石 | 土壌化した戸室石 | 赤色粘土化した戸室石 | 粘土化作用 |
|--------------------------------|--------|---------|----------|------------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 62.000 | 60.100  | 55.600   | 48.481     | 減少    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17.300 | 21.100  | 19.300   | 29.302     | 増加    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5.240  | 5.370   | 6.080    | 17.307     | 増加    |
| CaO                            | 3.760  | 2.600   | 1.060    | 0.077      | 減少    |
| Na <sub>2</sub> O              | 3.010  | 1.640   | 1.200    | 0.223      | 減少    |
| K <sub>2</sub> O               | 2.140  | 1.610   | 2.080    | 0.552      | 減少    |
| MgO                            | 1.330  | 1.160   | 1.070    | 1.408      | 増加    |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.464  | 0.501   | 0.658    | 1.942      | 増加    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.299  | 0.545   | 0.223    | 0.056      | 減少    |
| MnO                            | 0.138  | 0.144   | 0.112    | 0.128      | 変化なし  |
| WO <sub>3</sub>                | 0.040  | 0.020   | 0.015    | -          | -     |
| SrO                            | 0.038  | 0.022   | 0.016    | -          | -     |
| SO <sub>3</sub>                | 0.036  | 0.115   | 0.095    | 0.272      | 増加    |
| Cl                             |        |         |          | 0.115      |       |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  |        |         |          | 0.021      |       |
| ZrO <sub>2</sub>               |        |         |          | 0.116      |       |

Table 2. Potential Hydrogen of clays and outcrops at Tawara, Kanazawa, Japan.

表 2. 金沢市俵町の土壌と露頭の水素イオン濃度指数 (pH).

| 区分  | 採取環境   | pH (平均) | 測定地点数 | 備考          |
|-----|--------|---------|-------|-------------|
| 赤戸室 | 水田土壌   | 6.5     | 24    | 田植え直前       |
| 赤戸室 | 畑      | 6.9     | 3     | ネギ・トマト      |
| 赤戸室 | 崖      | 6.8     | 7     | Fig. 1-1- c |
| 赤戸室 | 水田の法面  | 6.8     | 4     |             |
| 赤戸室 | バイオマット | 6.4     | 3     |             |
| 青戸室 | 露頭・崖   | 7.0     | 5     |             |
| 青戸室 | 露頭     | 7.0     | 3     | グリーンタフ      |

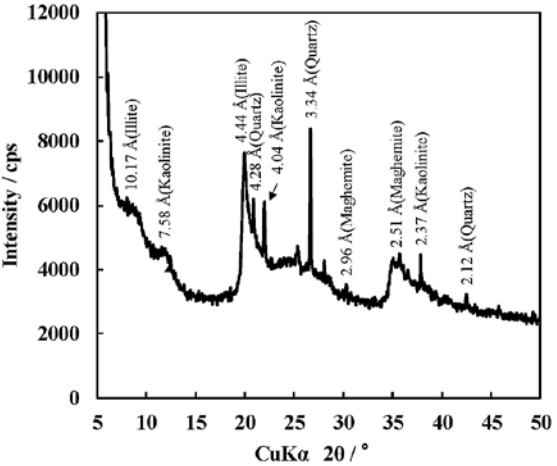


Fig.4. XRD analysis of red clay at Tawaramachi.

図 4. 俵町赤色粘土のX線粉末回折分析.

り、平滑な粘土鉱物の表面には至る所に  $\mu\text{m}$  サイズの球粒微生物の集合体が認められた (図 5). さらに、粘土鉱物表面や隙間には多量の数  $\mu\text{m}$  サイズの球菌の集合体および数珠状に連結した細菌が認められた。細菌が形成する磁気微粒子は大きさ直径  $< 1 \mu\text{m}$  の球状を呈して、凝集、鎖状、棒状、枝状に連結または分離しながら平滑なマグネタイト (磁鉄鉱) 鉱物粒子を被覆している。数  $\mu\text{m} \sim 20 \mu\text{m}$  の直径を持つボール状に発達したもの、約  $5 \sim 10 \mu\text{m}$  の長さにつながっているものも観察された。

透過型電子顕微鏡 (TEM) による物質内部の観察

透過型電子顕微鏡観察により、粘土の薄膜の中にも数百 nm の物質が多量に観察された (図 6)。さらにその中には電子線を通さない塊状の鉱物粒子や、薄膜の粘土の周囲には角張った鉱物粒子が付着している。長さ  $200 \sim 500 \text{ nm}$  の棒状の物質も観察された。直径  $100 \text{ nm}$  前後の電子線を通さない小球粒は典型的なマグネソームと考えられ、30 数個が凝集してチェーン状に連なっている。走査型および透過型電子顕微鏡観察結果から、赤

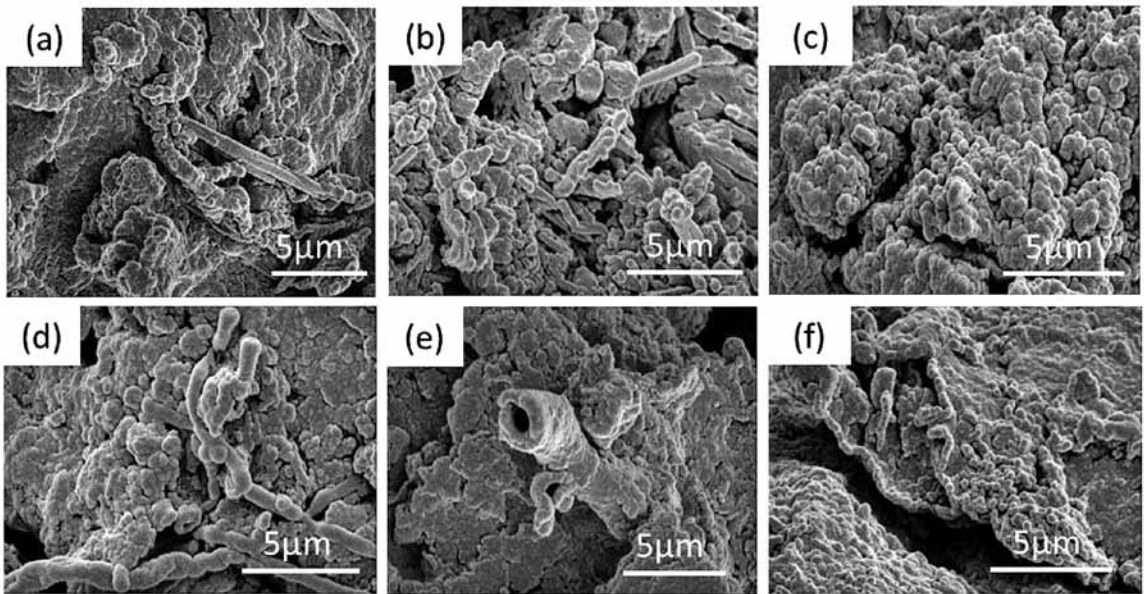


Fig.5. SEM morphology show abundant magnetite minerals associated with magnetosome microorganisms.  
 図 5. 赤戸室石中の赤色粘土鉱物と細菌類の走査型電子顕微鏡写真.

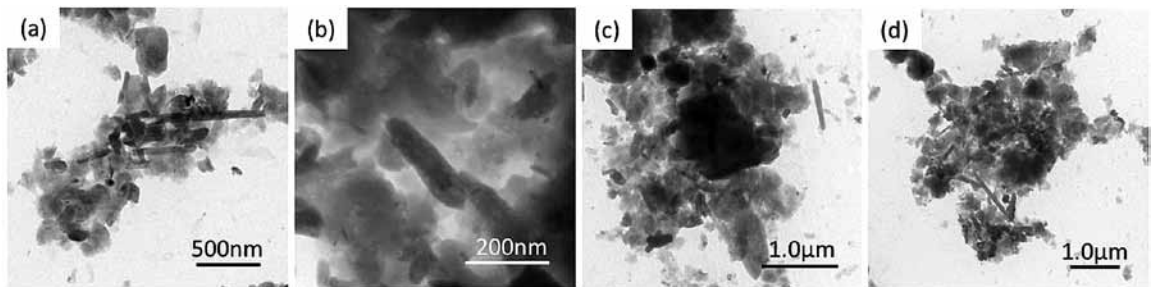


Fig. 6. TEM morphology show abundant magnetite minerals associated with magnetosome microorganisms.  
 図 6. 赤戸室石中の赤色粘土鉱物とマグネソームの透過型電子顕微鏡写真.

戸室石の風化産物中には粘土粒子に加え多量の生物由来のマグネソームが凝集して存在することが明らかになった (図 5, 6)。

#### 赤戸室石の風化粘土を用いて焼成した陶芸品

俵町の赤戸室石の風化粘土を用いて、陶芸の可能性を確かめた。陶芸用粘土の調合は、赤戸室風化粘土と白土を 1:9 (A-1), 3:7 (A-2), 5:5 (A-3) の割合で調合して焼成した (図 7)。A-1, A-2, A-3 はチタンを基本とする釉薬を使用し、B-1, B-2, B-3 は天然灰の釉薬を使用した。現地から採取した赤戸室粘土は一週間以上乾燥させた後、不純物を取り除き、砕いた後、水に沈殿させて 20 メッシュの篩にかけた後、さらに乾燥させ

た。粘土質に変わったことを確認してから 3 つの異なる割合 (A-1, A-2, A-3) で出来上がった粘土をろくろ成型でぐい呑みの形に成型した。1260 °C で酸化焼成した後、異なる割合による粘土の色は赤戸室石の粘土の量が多い順に赤身が濃くなっていくことが明らかになった。特に灰釉の場合は釉薬そのものの色の変化が極端に変化することから確認できる。

一方、マグネタイトの粒子が細かいために釉面の変化が少なく、成形時に亀裂が入り易い傾向がある。従って、大きい器物や薄めの成形が難しい欠点がある。さらに、赤味が少ないため、他の赤粘土との混用などの改善が必要である。釉薬が溶ける時に起きる粘土内の鉄分 (マグネタイト) との絡み合いの影響が少ないために釉面の変化



Fig.7. Production and various applications, such as pottery, distinct materials by science.

A-1, A-2, A-3, B-1, B-2, B-3, paperweight, pickle stone, bracelet etc.

図 7. 産物・陶芸製品・焼成実験結果。赤戸室石の風化粘土と白土の割合は 1:9 (A-1), 3:7 (A-2), 5:5 (A-3) である。A はチタンを基本とする釉薬を使用し, B は天然灰を使った釉薬を使用した。C は赤戸室石と青戸室石の文鎮, 漬物石, 腕輪などの実用品。

が従来の一般的な状態に留まる。成形時の亀裂などが今後の課題である。なお、富山県の立山の赤色粘土を使用した“赤鉄焼”に迫る作品が今後期待される（金ほか, 2019）。

一方、赤粘土中には多量の磁性物質が含まれているので、それを利用した家庭用漬物石、磁性腕輪、磁性小玉（指の運動用）などの応用利用も考えられる（図 7C 左）。さらに、金沢に来られた観光客には、赤戸室石と青戸室石の文鎮などのお土産はどうであろうか。2001 年 9 月に金沢大学で開催された“日本地質学会第 108 年学術大会”の時に、参加者に記念品として配布したものである。当時、金沢美大の協力により、作られた記念品である（図 7C 右）。なお、今日、磁性細菌の磁気微粒子（マグネトソーム）は医療分野においても、医学的な応用・利用が注目されている（Matsunaga, 1990; 松永, 1991）。

さらに、戸室山周辺は米作が盛んであり、戸室山の裾野にある大池から農業用水が俵町の水田に引かれている。大池にはオオマリコケムシが繁殖し、近年蛸はほとんど見られなくなった。農業用水中にはマルタニシが多くなり、神社の石垣の中に棲息する蛇は急激に減少し、蛸もほとんど見られなくなった。これらの環境の変化に対して、戸室石や赤色粘土・土壌が米作りにどのようにかわっていったのか、科学的に明らかにする必要がある（図 8）。なお、近年、戸室山の裾の湯谷原周辺で、水色の柔らかいグリーンタフが認められた。また、田んぼや畑の中には小さい瓢箪型のノジュールが認められる（田崎ほか, 2015）。これらも町おこしの一環として取り上げたらと考えている。

石川県金沢市の観光の中心は金沢城と兼六園であろ

う。前田藩の歴史に興味・関心があることは勿論であるが、金沢城を構築した地元の戸室石の存在が大きい。戸室石を戸室山から碎石し、それを運んだ道路は“石引町”という地名が残っている。採石したグループの名前が城壁にも刻まれている。地元住民及び観光客にもこの戸室石を配布・販売し、金沢の地質・鉱物・陶芸にも関心を持ってもらい地域貢献の一助になれば幸いである。なお、金沢大学の地球学実験セミナー「ねんどと遊ぼう！やきものづくり」は、地元の大人から子供まで、老若男女がいつしよにやきものづくりに取り組み好評であった（田崎ほか, 2002）。

## 謝 辞

石川県・富山県在住の“市民科学”のメンバーの皆様方および河北潟湖沼研究所のスタッフの皆様には、多方面にわたりご指導とご協力をいただいた。また、元金沢美術工芸大学学長・故・久世建二先生と金沢市俵町久世紀代子様には粘土と陶芸について、ご教示いただき、感謝申し上げる。また、2 名の査読者には有益なコメントをいただきお礼申し上げます。

## 引用文献

- 星 博幸・石渡 明. 2004. 石川県、戸室火山溶岩ドームの岩石磁気と古地磁気. 地質学雑誌, 110 (9): 536-544.
- 今井 功. 1959. 5 万分の 1 地質図幅「金沢」及び

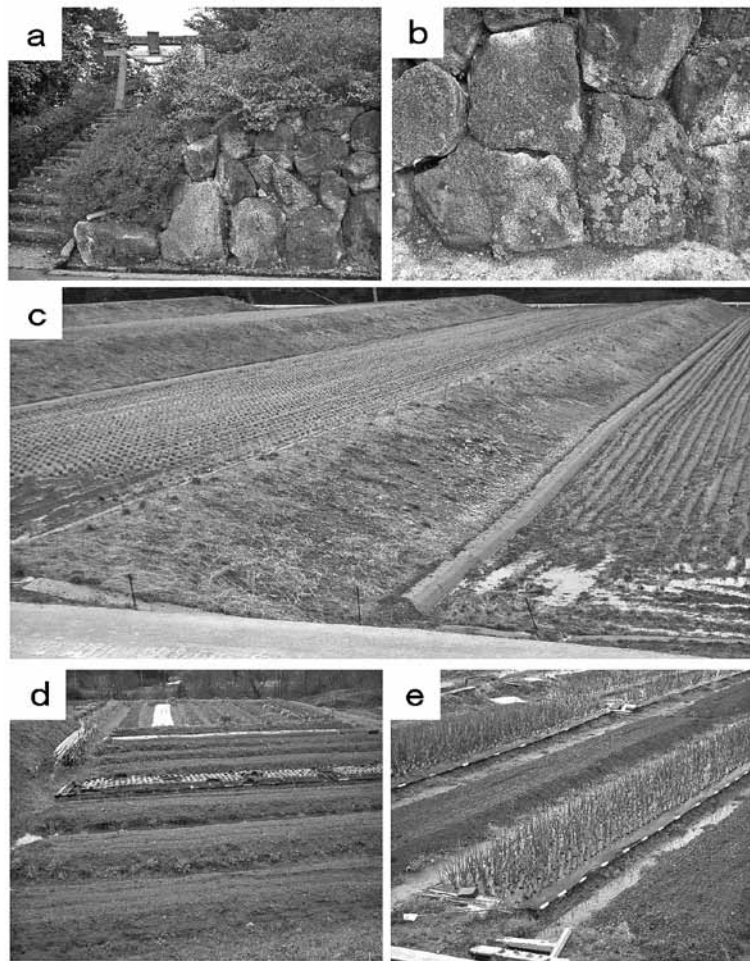


Fig. 8. Shrine at Nakayama, using red Tomuro stone (a, b), terraced rice fields at Tawara (c), and the vegetables field at Tawara (d,e).

図 8. 中山町の神社の石垣（赤戸室石）、俵町の段々状の水田（赤戸室土壌）、野菜畑（赤戸室土壌）。

同説明書. 地質調査所. 27p.

石渡 明. 2001. 金沢周辺－火山と火山岩. 北陸の自然をたずねて編集委員会編, 北陸の自然をたずねて. 築地書館. 東京. 92-97.

石渡 明・田崎和江・田崎耕市. 2001. 金沢市の戸室火山岩屑流堆積物の特徴とその中の木片の  $^{14}\text{C}$  年代. 日本地質学会第 108 年学術大会講演要旨. p.140.

粕野義夫. 1993. 石川県地質誌. 石川県北陸地質研究所. 321p.

金 正逸・田崎和江・李 一烈・奥野正幸・立山赤色粘土研究グループ. 2019. 富山県立山町栃津地区から産出する赤色粘土の特性と応用利用. 地学教

育と科学運動. 83: 42-50.

Matsunaga, T. 1990. Application of bacterial magnetite. In Richard, B. F. and Richard, P.B. eds., Iron Biominerals. Springer. 79-95.

松永 是. 1991. 磁性細菌の磁気微粒子の応用. 材料の科学, 40: 687-693.

酒寄淳史・中田朋子・奥村博之・林信太郎. 2004. 金沢市の戸室火山における溶岩の分布－田島城跡溶岩ドームの発見－. 金沢大日本海域研究所報. No. 35: 117-124.

田崎和江・倉繁和也. 2000. 北陸地方に伝わる泥漬けに使用される“赤ベド”の特性. 地球科学. 54: 287-297.

- 田崎和江・奥野正幸・久世建二・久世紀代子. 2002. 環境よもやま話 (PART 4) ～ねんどと遊ぼう! やきものづくり～. 金沢大学理学部地球学科. 1-40.
- 田崎和江・赤木三郎・高村嘉子・四ヶ浦弘. 2015. 石川県金沢市の田畑におけるノジュールの形成. 河北潟総合研究. 18:29-42.
- 田崎和江・市民グループ. 2019. 立山赤色粘土の魅力と市民科学; 立山の赤色粘土. 高桑美術印刷. p.1-69. ISBN-4-9901809-5-X.