

# 阿蘇黄土リモナイトを活用した理科教育

～郷土の教育教材を用いて～

坂本昌弥<sup>1)</sup>

Science education using Aso ochter limonite  
— Using local geological teaching materials —

Masaya SAKAMOTO

[要約] 郷土に根ざした教材として、本研究では阿蘇黄土リモナイトを活用した理科教育について考察した。阿蘇黄土リモナイトは阿蘇カルデラ内で採取することができる有用な鉱物資源であるが、地域の歴史及び産業等を考えるうえでも重要な資源である。茶葉から出るタンニンとリモナイト中のFeが反応し、黒色化する現象は、児童・生徒が阿蘇黄土リモナイトの持つ特徴を教室内で手軽に理解できる。また阿蘇黄土リモナイトを家庭用コンロで加熱すると、黄土色からベンガラ色へ変化する。この現象を教材として活用することにより、阿蘇火山や周辺の地層の形成史、歴史・産業等を学習することができる。

キーワード：阿蘇黄土リモナイト、地質教材、地域学習、郷土教育、教育資源

## I. 研究目的

熊本県教育委員会（2014）は、「第2期くまもと『夢への架け橋』教育プラン」（2014年～2018年）を策定し、その基本理念を“郷土に誇りを持ち、夢の実現を目指す熊本の人づくり”として積極的に推進することとした。加えて熊本県教育委員会（2017）が2016年に発生した熊本地震後に策定した熊本県教育大綱では、地震からの力強い復旧・復興を目指し、「郷土の伝統・文化を理解し、愛着や誇りを持つ」教育方針を打ち出した。これらにより熊本県は今後の具体的な教育行政の指針と施策を示したことになるが、特筆すべき特徴には「ふるさとを愛する心を育成し、郷土への愛着や誇りを持たせる教育」を行い、そこから創造的復興を目指すことである。この教育方針に鑑みると、理科教育分野においては郷土熊本の身近な素材を用いた教育教材の開発と活用を行い、これにより児童・生徒が郷土の自然科学的特色を深く理解し、これを土台として科学的思考力を身につけるよう

な教育実践が重要視されることになる。小学校学習指導要領（文部科学省，2017）でも、「郷土の伝統、文化及び生活に親しむ心を育成しなければならない」ことが強く提起されており、国の教育方針と熊本県教育委員会の教育方針は、同様の方向性を持ち、親和的な関係にある。

こうした事由から、郷土熊本の特色を活かした教育効果のある理科教育教材の開発は急務である。そしてこの方向性を持つ理科教育教材の開発をおこなうことが今回の研究目的である。

阿蘇山中央火口丘の北側に位置する阿蘇谷では、地中の鉄分の集積によりいわゆる「褐鉄鉱」層が形成されている（熊本県教育委員会，2010）。阿蘇市教育委員会（2011）によると、こうした阿蘇カルデラ内に存在する多量のFeを含む酸性土壌は、近代までは農業生産の障害となってきたが、その土壌を構成する主なる鉱物である針鉄鉱（goethite：FeO（OH））からなるいわゆる「褐鉄鉱」（以下、阿蘇黄土リモナイト）は、鉱物資源として古来よりそこに居住する住民に採掘・加工されていたことが述べられている。また産出する阿蘇黄土リモナイトを利用した古代の鉄

<sup>1)</sup> 九州ルーテル学院大学人文学部人文学科  
m-sakamoto@klc.ac.jp

器製作（鍛冶）の可能性も指摘されている（野島・平尾，2015）。志賀（2019）は，粉末状にした阿蘇黄土リモナイトを加熱することにより，容易に赤色顔料「ベンガラ」を得ることができることから，弥生時代から古墳時代にかけての阿蘇谷の遺跡では，住居跡や墳墓等で赤色顔料として使用された可能性が高いことを指摘している。

現在では，それらの有用性を活かし，㈱日本リモナイトから水質浄化剤及び $H_2S$ ， $NH_3$ の吸着剤などの商品として国内外で販売されており，産業や下水道行政の分野で広く利用されている（例えば，坂本ほか，2008）。また高い防虫効果やシックハウス症候群を引き起こす家屋中のホルムアルデヒドの吸着効果に着眼し（くまもと塗壁研究所株式会社，2019），家屋下土壤に阿蘇黄土リモナイトを敷き詰めたり，家屋壁に塗り込んだりする利用例も存在する。加えて阿蘇黄土リモナイトにはFe以外にも多様なミネラル分が含有されるため，家畜・養殖魚等の肥育用飼料及び防臭剤としても活用されており，また子豚の貧血を未然に防ぐ補助飼料としての活用できる可能性も示唆されている（小池ほか，2009）。さらに矢島（2013）は，阿蘇黄土リモナイトの今後の有用性として，2011年の原発事故によって汚染された土壤中に存在する $^{134}Cs$ （半減期2.1年）及び $^{137}Cs$ （半減期30.2年）の $\gamma$ 線を65%近く低減させる効果を有することを明らかにしている。

このように熊本特有の鉱物資源であり，その生活風土に適応しながらこれまで地域の歴史・行政・産業・生活等の多様な面で用いられてきた阿蘇黄土リモナイトは，熊本で生活する児童・生徒だけでなく，地域住民が郷土への愛着や誇りを持つために活用できる貴重な地質分野に係る教育資源である。そしてこれを用いた教材開発は，国や県の教育方針に合致した郷土の特徴を活かした理科教育教材及び教育方法となり得る可能性がある。このため本研究では，これを用いた理科教育教材の開発を具体的な研究目的とした。

なお本研究で用いた色彩の指標は，赤（R），緑（G），青（B）の各構成要素の値を0から255の範囲で画像処理ソフト（Adobe Photoshop 5.0J）によって数値化したものを表示している。

## II. 阿蘇黄土リモナイトの教材化

### 1. 産地及び成分

小学校学習指導要領（文部科学省，2017）では，第4学年「雨水の行方と地面の様子」，第5学年「流れる水の働きと土地の変化」の学習を踏まえて，「地球」についての基本的な概念等を学習することになっている。この内容は「地球の内部と地表面の変動」に関わるものであり，中学校第2分野「大地の成り立ちと変化」の学習につながる系統性を有する。この学習の過程では，児童が土地やその中に含まれている岩石・鉱物等に注目して，土地のつくりやでき方を多面的に調べる活動を通して，土地のつくりや変化についての理解を図り，観察，実験などに関する技能を身に付けるとともに，より妥当な考えをつくりだす力や主体的に問題解決しようとする態度を育成することをねらいとしている。

九州の中央部に位置する阿蘇火山（図1）は，東西18km，南北25kmの巨大なカルデラ火山であり，中心部には中央火口丘が存在している。この阿蘇火山では，およそ30万年前に始まった火山活動のうち，比較的大規模な噴火が4回知られており，火砕流等の火山噴出物の総体積は $175km^3$ 程度であると見積もられている。そしてその噴出物の堆積範囲は，九州中央部のみに限らず山口県南部・四国西部までに及んでいる。そしてこうした火山活動により，中央火口丘とその外側に広がるカルデラ壁の間には少なくとも2回の巨大な湖沼が生じたことが明らかになっている（渡邊，1991）。

リモナイトは，褐鉄鉱・沼鉄鉱などと呼称されることがあるが，鉄分を多く含む水が湖沼等で酸化，沈殿，堆積した鉱物資源である。阿蘇火山におけるカルデラ湖末期に出現した沼沢地性の泥炭層で火山活動起源のFe等が酸化・沈殿・堆積し，リモナイト（表1）を含む地層が形成されたと考えられている（池辺・渡邊，1998）。

### 2. 阿蘇黄土リモナイト中のFeの確認実験

表1に示されるように阿蘇黄土リモナイト中には，Feが約70%含有される。これが阿蘇黄土リモナイトの大きな特徴であるため，これを児童・生徒が確認する実験方法を示す。

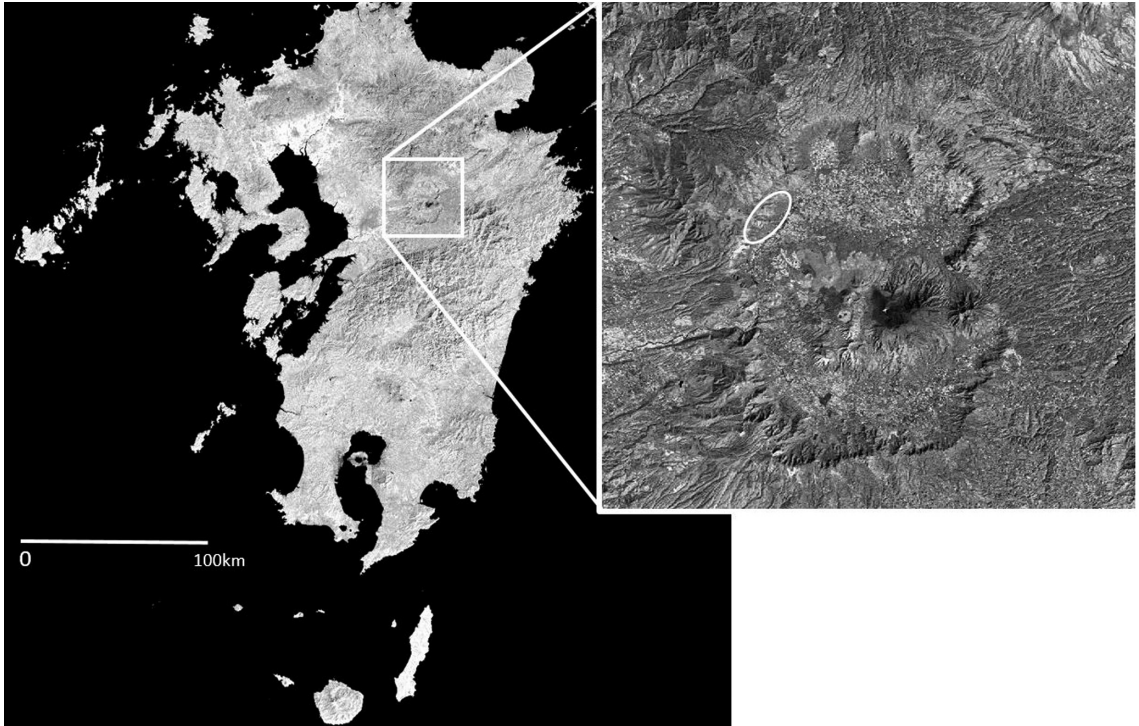


図1 阿蘇黄土リモナイトの産地である阿蘇カルデラの位置。○内は採取場所。

表1 阿蘇黄土リモナイトの成分表 [(池辺・渡邊, 1998) から引用]

Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	S	MgO	K	P	Mn	Na
69.08	13.7	2.76	1.49	0.58	0.51	0.2	0.09	0.029	0.015

まず20 lの水が入った水槽A,B,Cを準備した。水槽Aには800g, 水槽Bには200gの商品化されているペレット状の阿蘇黄土リモナイトを入れ、これらに対する比較用として何も入れない水槽Cも準備し、常温の室内(日陰)にて2か月間保管した(表2)。

実験時には、それぞれの水槽から200 mlを採取し、ろ過を行い、90℃まで加熱した。その後それぞれ100 mlに対し2 gの茶葉(伊藤園おーいお茶抹茶入り緑茶500)を茶入れ用の容器を用いて20秒浸出させ、300秒間室温で冷却させた。その結果を図2に示す。

表2 実験時の水槽の状態(保管期間:2019年10月1日~11月30日:61日間)

水槽	A	B	C
水槽の水量 [ℓ]	20	20	20
阿蘇黄土リモナイトの量 [g]	800	200	0
実験時の水温 [°C]	15.6	14.4	15.0
実験時の電気電導度 [mS/cm]	9.1	6.7	1.2



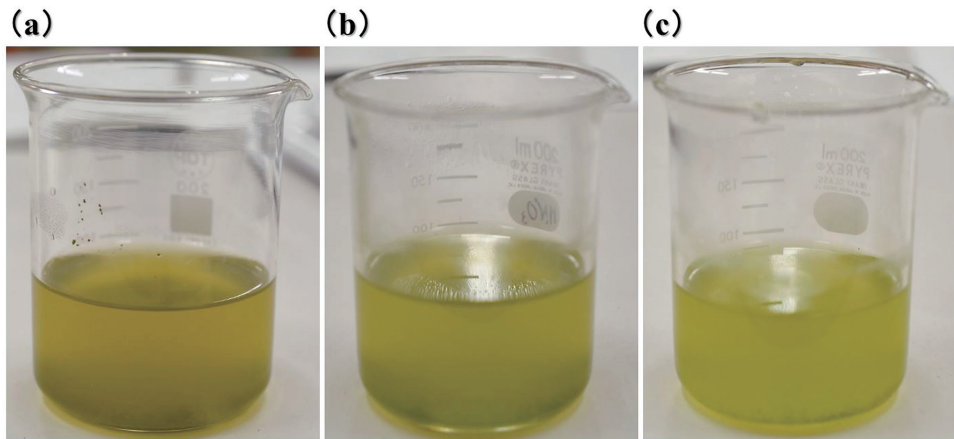


図2 実験結果 [ ( ) は (R,G,B) を示す]

- (a) 水槽A ( 20, 51, 35), カラーコード: #143323  
 (b) 水槽B (140,195,45), カラーコード: #8cc32d  
 (c) 水槽C (166,220,39), カラーコード: #a6dc27

この茶の色彩の差は、梶田ほか(1964)及び安田ほか(2010)で述べられているように、茶に含まれるタンニン及びカテキンと阿蘇黄土リモナイトから溶解したFeの影響によるものであり、茶の浸出時間を40秒、60秒とするに従い、水槽A及びBの色はより黒色へ近づいていく傾向にある。

実験を実施するにあたっては、茶の浸出時間を1分程度考えておけば十分であるが、タンニンの含有量を事前に確認しておき、比較的多めの茶葉を用いたほうが効果的である。

### 3. 阿蘇黄土リモナイトによるベンガラ製作

阿蘇の下扇原遺跡の住居跡等で見られるベンガラは、比較的鮮やかな赤色を示す(辻, 2013)。また阿蘇だけでなく熊本県内の多くの遺跡で見ることができるこの鮮やかな赤いベンガラは、郷土の歴史を知るためには重要な教材となり得る。これを見童・生徒に教室内で製作させ、郷土の歴史や古代住民の知恵について学習することは、歴史・理科教育だけでなく、他の教育分野への波及効果も考えられる。

ベレット状の阿蘇黄土リモナイトを硬質乳鉢で粉碎し、本研究では13gを蒸発皿に入れ、これをカセットコンロ(3.2 kW, DHI-270HP)で60秒加熱した。この時、パウダー状にはせず、肉眼で確認できる程度の粒度とした。その後、室内でゆっ

くりと冷却させ、色に変化したものを図3に示す。ここで赤色が際立って目立つようになり、黄土色がベンガラになる様子が手軽に観察できる。

実験を実施するにあたっては、ベンガラの色及び歴史的活用について事前に学習をしておくことが好ましい。また製作したベンガラを活用して絵の具の黄土色をつくり、図画工作や美術の時間に活用しても良い。

辻(2013)は、一般にベンガラ粉末の色彩は $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の粒子径と凝集状態に依存し、粒子径や凝集粒子が小さいほど色鮮やかになるが、約100 nmよりも小さい粒子では、逆に色彩が低下することを指摘している。これは粒子が微細化すると、透過率が高くなり反射率が減少するためと考えられているが、本研究においてもベンガラ製作時に阿蘇黄土リモナイトを乳鉢で粉碎する際に、あまりに粉末状に粉碎すると、鮮やかな赤い色彩が出ないか、もしくはくすんだ色となるが多かった。それゆえ粒子の大きさについては、砂・泥の境界である1/16mm程度の大きさであることが必要である。また阿蘇黄土リモナイトは表1にあるように他の化合物も含有されているため、粉碎後は磁性鉱物だけでも取り除いておくことが、より鮮やかな赤い色彩を出すためには重要である。



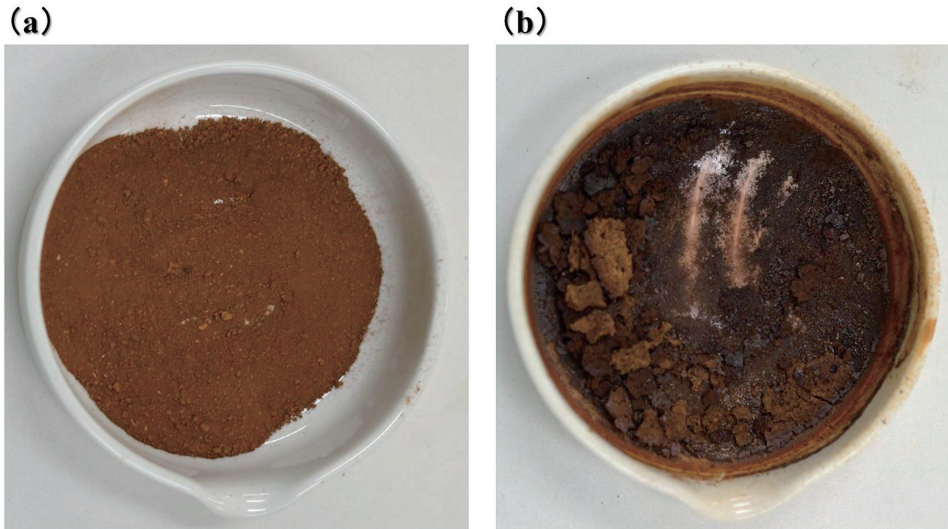


図3 実験結果 [ ( ) は (R,G,B) を示す ]

(a) 加熱前の阿蘇黄土リモナイト (166,108,61) カラーコード：#a66c3d  
(b) 加熱後の阿蘇黄土リモナイト (112, 30, 27) カラーコード：#701e1b

#### 4. 考察

小学校学習指導要領（文部科学省, 2017）では、学習過程において児童・生徒が土地やその中に含まれている岩石・鉱物等に着目して、土地のつくりやでき方を多面的に調べる活動を行い、土地のつくりや変化についての理解を図り、観察、実験などに関する技能を身に付けるとともに、主により妥当な考えをつくりだす力や主体的に問題解決しようとする態度を育成することとしている。鉱物資源である阿蘇黄土リモナイトを活用した理科教育はそうした意味において大きな可能性を持っている。阿蘇火山の活動とカルデラは防災教育という観点以外にも、郷土を形作っている地形・地質に大きな影響を与えており、郷土教育を行うには欠かすことができないものである。その産物といえる阿蘇黄土リモナイトは、簡単に教室内で行うことができるため、小・中学校での理科授業で利用しやすい。今回提示した阿蘇黄土リモナイトを活用した2種の実験は、比較的短時間で行うことができるため、小学校の理科の時間でも45分以内に2種とも実施することが可能である。

#### Ⅲ. まとめと今後の課題

本研究では阿蘇黄土リモナイトを活用した2種の実験を提案した。この実験は簡便な実験器具に

より短時間で実施することができ、小・中学校の教師が指導しやすい教材である。また阿蘇黄土リモナイトは経費的にも安価であり、実験器具も各学校の消耗品で十分間に合わせることができる。

(株)日本リモナイト本社工場(阿蘇市狩野289)は、阿蘇ジオパークのジオサイトになっている。そこに流れる河川水は、リモナイト層を透過してきた地下水であるため、Feが通常よりも高い濃度で含まれ、茶を浸出させると黒色化することが知られていた。そのため訪れる観光客等へ(株)日本リモナイトによってFeの確認実験等を紹介してきたが、郷土教育的な教材として用いられることは少なく、今後は学校現場での阿蘇黄土リモナイトの実践的活用とその成果の蓄積が待たれる。

#### 謝辞

(株)日本リモナイト会長杉原實氏及び同社職員のみなさまには、リモナイト試料をご提供していただき、加えて多くの示唆に富むアドバイスをいただきました。厚く御礼申し上げます。和田恵乃氏には、実験及び試料処理で多くの協力をいただきました。感謝申し上げます。二人の査読者には多くのご意見をいただきました。御礼申し上げます。

参考文献

- 阿蘇市教育委員会 (2011) : 阿蘇市文化財調査委員会報告第2集 : 宮山遺跡Ⅱ. 一市立阿蘇西小学校体育館新築工事及び進入路拡幅工事に伴う埋蔵文化財発掘調査一, 付論 平原B遺跡内発見の火葬墓緊急調査.
- 池辺伸一郎・渡邊一徳 (1998) : 阿蘇火山往生岳溶岩に焼き敷かれた木幹の放射年代. 熊本県地学会誌, 118, pp.2-4.
- 梶田武俊・西川郁子・岸田典子・長谷川千鶴 (1964) : 茶の浸出条件と可溶性成分の関係. 日本食品工業学会誌, 11, pp.429-434.
- 小池晶琴・本田憲昭・岡本智伸・梶田聖孝 (2009) : 子豚の生理状態, 発育ならびに行動に対する阿蘇黄土 (リモナイト) 給与の効果. 東海大学紀要, 28, pp.15-22.
- 熊本県教育委員会 (2010) : 小野原遺跡群 黒川広域基幹河川改修事業に伴う埋蔵文化財調査報告書, 熊本県文化財調査報告第1分冊, 257, pp.1-358.
- 熊本県教育委員会 (2014) : 第2期くまもと「夢への架け橋」教育プラン, 熊本県教育振興基本計画. pp.1-98.
- 熊本県教育委員会 (2017) : 熊本県教育大綱. pp.1-2. <https://www.pref.kumamoto.jp/> 最終閲覧日2019年12月10日.
- くまもと塗壁研究所株式会社 (2019) : 熊本天然漆喰「命の土壁」. <http://kumamoto-nurikabe.info/inochino-tsuchikabe/> 最終閲覧日2019年12月12日.
- 文部科学省 (2017) : 小学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説 理科編. 東洋館出版.
- 野島永・平尾英希 (2015) : リモナイトによる製鉄実験 (1). 広島大学考古学研究室紀要, 7, pp.85-91.
- 坂本陵治・竹野大志・東川圭吾 (2008) : 最終処分場における硫化水素ガス及び黒色浸透水の発生対策に関する研究. 長崎県環境保健研究センター所報, 54, pp.41-47.
- 志賀智史 (2019) : 熊本県阿蘇地域の墳墓から出土した赤色顔料について. 古墳時代阿蘇ルートの研究 : 阿蘇地域に築かれた古墳に着目して. pp.135-144.
- 辻 広美 (2013) : 古代遺跡出土ベンガラ of 材料科学的研究. 岡山大学大学院自然科学研究科博士論文.
- 矢島博文 (2013) : 阿蘇黄土リモナイト (褐鉄鉱) のセシウム放射線量低減効果. 一原発事故による放射線汚染土壌改良対策及び復旧・復興に向けてのリモナイトの活用と今後の展望一. Isotope News, 715, pp.14-18.
- 安田みどり・尾崎加奈・野島芳恵・大城あゆみ・尊田民喜 (2010) : 茶殻を用いた水中の重金属イオンの除去. 日本家政学会誌, 61, pp.349-354.
- 渡邊一徳 (1991) : 阿蘇火山中岳の火山活動. 熊本県地学会誌, 98, pp.2-13.

(受稿 : 12月20日, 受理 : 3月31日)

## Science education using Aso ocher limonite — Using local geological teaching materials —

Masaya SAKAMOTO

It is important for education to develop local-based teaching materials. This study considered science education using Aso ocher limonite. Aso ocher limonite is a valuable mineral resource that can be collected within the Aso caldera. It is also an important resource in considering local history and industry. Fe in limonite reacts with tannins from tea leaves and turns black. This phenomenon allows students to easily understand the characteristics of Aso ocher limonite in the classroom. In addition, when Aso ocher limonite is heated with a household stove, the color changes from ocher to red. From this point, students can learn not only the formation history of Aso volcano and surrounding strata, but also history and industry.

**Key words:** Aso ocher limonite, geological teaching materials, regional learning, local education, educational resources