

JGCA

日本ってどんな国

～ 粘土・無限の未来へ ～



一般社団法人 全国地質調査業協会連合会

はじめに

みなさんは、粘土ねんどというのを思い浮かべるでしょうか。幼いころの泥んこ遊びや泥団子作り、図工の時間の粘土細工、あるいは縄文式土器や瀬戸物せともののような焼き物でしょうか。後でお話しますが、実は粘土細工で使った紙粘土は、粘土が入っていない粘土なのです。

一方で、一見粘土と全く関係がないように見える身の周りのものに、粘土が入っていたりします。この小冊子では、太古の昔からの粘土と人のかかわり、こんなところにも粘土！の驚きおどろの世界、そして、粘土の未来、知られざる粘土の世界をご紹介します。

●粘土って何だろう

粘土は、砂粒すなつぶより細かい粘つこい土ねば、といったイメージでしょうか。でも、粘土にも定義があります。一つは性質によるもので、「目に見えないほど細かい粒子りゅうしが集まったもので、水を混ぜると軟らかくなり、力を加えると変形して元に戻らず、熱を加えると焼き固ま



焼き物・粘土細工・泥団子

る性質をもつもの」という定義です。

もう一つは、粒子の大きさによる定義です。地球上の鉱物は、粒子の大きさを分類されています。分野によつて少し異なりますが、地質学の分野では、粒子の大きさが $1/256 \text{ mm} \parallel 0.0039 \text{ mm}$ より小さいものを粘土と定義しています。土壌学^{どじょうがく}や農学の分野では 0.002 mm 、土木工学や土質工学の分野では 0.005 mm より小さいものを粘土としています。粘土は、粒径 2 mm の砂粒の $400 \sim 1000$ 分の1の大きさなので、砂粒を東京ドームに例えると、粘土粒子は、バスケットボールやビーチボールくらいの大きさになります。このように粘土粒子は非常に細かいので、粘土を指先でこすり合わせても、粒子が分らないくらい、なめらかです。

粘土は、主に粘土鉱物という目に見えない小さな鉱物からできています。言いかえれば、粘土鉱物を主体とするものが粘土です。粘土鉱物は、ケイ素とアルミニウムなどを主成分とした非常に小さい板状の結晶^{けいしょう}が、紙を積み重ねたような層状の構造をしています。粘土鉱物の種類によつては、積み重なった結晶の層と層の間に、水を取り込む^こことができます。

粒径	2mm	1/16 (0.0625)mm	1/256 (0.0039)mm
礫	砂	シルト	粘土
		泥	

地質学分野の粒度区分

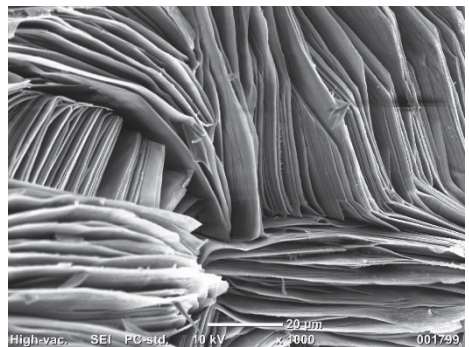
粘土鉱物の代表的なものとしては、モンモリロナイト（スメクタイト）、カオリナイト、イライト、バーミキュライト、クロライト、タルク、セリサイトなどがあります。

●粘土の性質

粘土には、他の物質にない性質がたくさんあります。まず、軟らかい粘土は、力を加えると形が変わり、力を除いても元に戻らず、変えた形を保つことができます。この性質を「可塑性^{かそせい}」と言います。

また、粘土には、水分を加えると粘り気がでる「粘性」という性質があります。さらに、粘土には水分を吸い取る「吸水性」があるため、水分を吸収することができます。そのため、粘土に水分を加えるとゼリー状になり、さらに加えると粘性の高い液体になり、もつと水分が多くなると液体に変化します。そして、水分を吸収すると膨らむ^か「膨潤性^{ぼうじゆんせい}」もあります。

さらに、粘土は高い温度で熱すると内部の水分がぬけ、粘土の粒子と粒子が強く結びついて焼き固まる「焼固性」という性質もあります。一度焼き固まった粘土は、水分を



粘土鉱物の電子顕微鏡写真(1000倍)



ドロドロになった粘土

加えても軟らかくなることはありません。

この他、粘土には「吸着性」があるため、イオンや分子などの非常に小さな物質を吸着することができません。また、ほとんどの粘土鉱物は、人間に対する

毒性がないか低いいため、食べることもできます。でも、あまり美味しそうではないので、食べたいとは思いませんね。

このような性質を利用して、粘土は私たちの周りの様々なところで使われています。一方、粘土は水分が多くなるとドロドロになり、迷惑な存在にもなります。また、粘土が原因となつて、地すべりや地盤沈下などの災害が発生することがあります。

日用品

陶磁器・衛生用品・石けん・シャンプー・ベビーパウダー・紙オムツ・使捨てカイロ・脱臭剤・入歯安定剤

土木・建築

建材・タイル・レンガ・セメント・地盤強化剤・地下水止水剤・掘削用泥剤

文具

鉛筆・紙・ノーカーボン紙・チョーク

粘土

医薬品・化粧品

胃腸薬・軟膏・ファンデーション・マニキュア・口紅・保湿クリーム

農水産業

漏水防止剤・農薬分散剤・土壌改良剤・ガーデニング・エビ飼育

その他

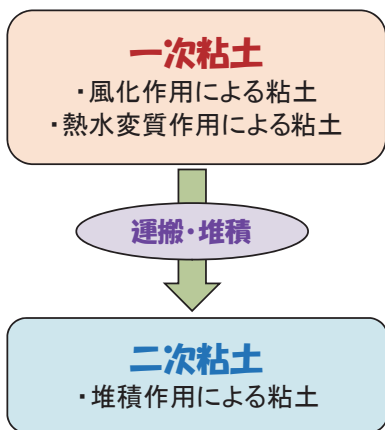
石油製品の脱色・炭化水素の精製・プラスチック加工・羊毛の脱脂・水質改良剤・水軟化剤・消火剤

粘土の様々な利用

● 粘土のでき方

粘土は、地質時代の長い時間をかけて、岩石を作っている長石、雲母、角閃石、輝石、かんらん石などの鉱物や火山ガラスが、粘土鉱物に変化することによってできます。粘土のでき方には、大きく2通りあります。一つは、岩石の風化作用や熱水変質作用で作られる粘土で、もう一つは堆積作用たいせきによって作られる粘土です。

もう少し詳しく説明くわしましょう。岩石は、長い年月にわたって雨風や日光にさらされると、風化作用によって少しずつひび割れて壊れこわ、小さく砕かれくだ、さらに化学的に変化し、やがて粘土になります。また、岩石が地下で熱水などによる変質作用を受けると、岩石はだんだんと粘土に変化していきます。このように、



一次粘土と二次粘土

風化作用や熱水変質作用で直接作られ、移動することなく、その場に留まっている粘土を一次粘土と言います。この一次粘土が風や水の流れによって運ばれ、堆積作用によって海や湖に溜たまると、粘土の地層が形成されます。こうしてできた粘土は、二次粘土と呼ばれます。

● 代表的な粘土

日本の代表的な粘土に、蛙目粘土かえろめと木節粘土きぶしがあります。蛙目粘土と木節粘土は、瀬戸物の語源となった愛知県瀬戸地域と岐阜県ぎふの多治見地域たじみに多く分布しています。これらの地域には花崗岩かこうがんが広く分布していて、この花崗岩が風化作用を受け大量の粘土が作られ、その粘土が今から3000～500万年前に東海湖とうかいこと呼ばれる当時の湖に流れ込み、粘土の地層が形成されました。この粘土層が、蛙目粘土と木節粘土です。

蛙目粘土は、径1～3mmの石英せきえいの粒子を多く含む灰色の粘土層で、粘土層中の石英の粒子が、水に濡れると蛙の目のように見えることから名づけられました。木節粘土は、湖に堆積するときに、周りにあつた植物片と一緒いっしょに溜まったチヨコレート色をした粘土層です。蛙目粘土や木節粘土は、水簸すいひと呼ばれる水でかき混ぜる選別作業が行われ、粘土とその他の余分なものに分けられて利用されます。



蛙目粘土 (岐阜大学教育学部地学教室)



木節粘土 (瀬戸染付工芸館)

1. 粘土と人のかかわり

●土偶と土器

粘土ねんどは、古くから土偶どぐうや土器の原料として人間の生活に深くかかわってきました。これは粘土を焼くと硬かたくなる性質せいし（3頁の焼固性）を利用したものです。

土偶は、粘土をこねて女性や精霊せいれいをイメージして作られたとされています。農作物の豊作を願う儀式ぎしきなどで、使われていたようです。日本最古の土偶は、約1万2000年前のものとされ、三重県松阪市まつさかで見つかりました。



縄文式土器
(国立博物館 HP)

土器は、粘土をこねて器などにしたもので、広場に木などの燃える物を集めて、700℃～900℃の温度の野焼きで作りました。そのため、とてももろくて壊こわれやすい物でした。世界最古の土器は、今から約2万年前のものとされ、中国江西省の洞窟遺跡どうくつゐせきで発見さ



合掌土偶
(八戸市 HP)

れました。日本では縄文式土器じようもんしきや弥生式土器やよいしきが知られています。土器を最初に料理に使ったのは約1万4000年前で、北海道の大正遺跡群いせきぐんの調査で分かりました。土器ができる前までは、食べ物は生や焼いて食べていましたが、土器ができたことで、煮炊きにたができるようになりました。海辺では、海水を煮詰にっめて、塩づくりも行われていたようです。

●粘土板

今から3750年前のメソポタミアでは、粘土をこねて作った粘土板に、楔形文字くさびがたを刻んで使っていたことが分っています。ここに書かれた文字を解読すると、銅の塊かたまりを買った人が売った人に対して、その品質の悪さに怒おこって「この商品は粗悪品そあくひん過ぎるので、お金を返せ」という内容が書かれていた手紙であることが分かりました。この他、粘土板はいろいろな出来事を記録することにも、役立てられていたようです。



楔形文字が刻まれた粘土板
(<http://karapaia.com/>)



弥生式土器
(国立博物館 HP)

● 陶器と磁器

土器が広まると、土器の焼き方が工夫され、いろいろな塗り薬（釉薬）ができたことで、有名な陶器や磁器が作られてきました。陶器と磁器を合わせて陶磁器と呼んでいます。

陶器の原料は土器と同じ粘土で、窯で

1100～1300℃の温度で焼いたもので

す。光を通すことはなく、水を吸い、厚手

で重く、叩いたときは鈍い音がします。日

本の伝統工芸を代表する陶器としては、

鎌倉時代以前から現在まで作り続けら

れている瀬戸焼、常滑焼、越前焼、信楽

焼、丹波立杭焼、備前焼が知られ、これ

らは日本六古窯と呼ばれています。信楽

焼の狸の置物は有名ですね。

磁器は、粘土を含む陶石を砕いたもの

が用いられ、窯で1300℃程度の温度で



焼いたものです。光を通すものが多く、水を吸いにくく、とても硬く、叩いたときは金属音がします。代表的な磁器としては、伊万里焼、九谷焼などが知られています。日本の陶器と磁器の産地は全国に広がり、それぞれの産地には、特有の粘土が分布し、いろいろな陶器と磁器が作られています。明治時代には、瀬戸周辺で大量に作られ、瀬戸物として広がりしました。

●レンガと瓦

建物や道路などに使われているレンガや瓦も、粘土で作られています。レンガは、紀元前4000年〜紀元前1000年のころは、粘土を乾かしただけの日干しレンガが使われていました。その後、レンガを焼いて作る方法が見つかり、より硬く焼き固めた焼レンガが作られました。焼成レンガのなかの耐火レンガは、ピザを焼く窯などに用いられています。レンガの色が赤褐色をしているのは、粘土の中に入っている鉄分の影響です。歴史的な建物などでは、独特の風合いを感じさせます。



横浜赤レンガ倉庫



信楽焼の狸の置物
(信楽町観光協会 HP)

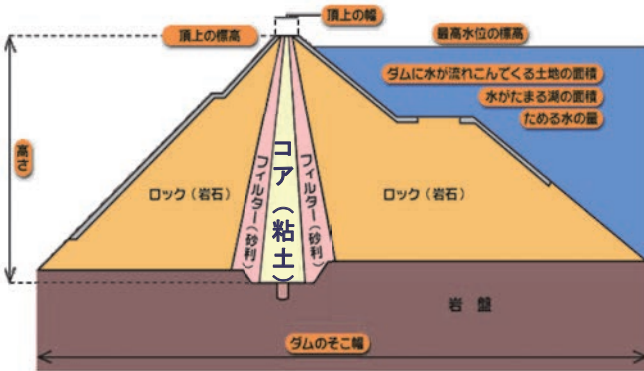


現存する日本最古の瓦屋根
(播州瓦工業 HP)

瓦の歴史は古く、日本には西暦588年に、百済から仏教と共に伝来したと言われ、奈良県にある飛鳥寺で初めて使われたとされています。現在日本に残っている最古の瓦は飛鳥時代のもので、元興寺の極楽坊本堂と禅室の屋根の瓦とされています。瓦は、本来、粘土の瓦を指しますが、最近ではセメントや金属などの瓦も用いられています。

● ダム

ダムは、私たちの生活に欠かせないもので、飲み水などの生活用水を貯めておくことや、大雨の時には洪水を防いでくれます。貯めた水を使って発電をするものもあります。ダムにはいろいろな種類がありますが、その中に、石や粘土で作ったロックフィルダムと呼ばれるものがあります。このダムの内部には、貯めた水が漏れないように、真ん中にコアと呼ばれる粘土のゾーンがあります。日本を代表するロックフィルダムとしては、高瀬ダム、徳山ダム、御母衣ダムなどが知られています。



ロックフィルダムの構造
(国交省最上川ダム HP 加筆)

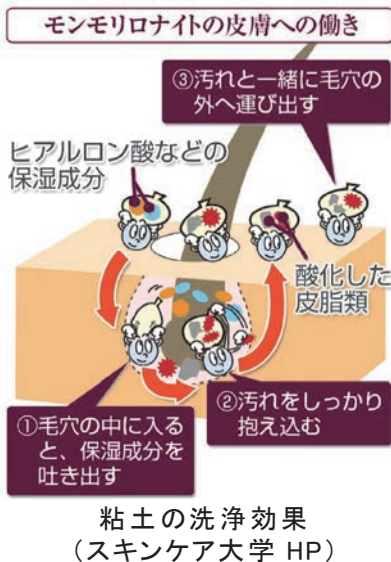
2. こんなところにも粘土

粘土は、私たちの身近なところで思ってもみない形でたくさん利用されています。ここでは、粘土が入っているとは思えないような利用について、いくつかご紹介いたします。

●石けん

日本で庶民が石けんを使うようになったのは、明治以降です。それまでは、植物の灰を水に浸した上澄み液や米ぬかななどで身体を洗い、粘土などで髪を洗っていました。

粘土の粒子は非常に小さいので、毛穴に入つて保湿成分を出しながら、汚れを外にかき出してくれます。また、髪の毛がべとつきにくくなるように、頭皮の脂をほどよく取ってくれます。江戸時代は水が貴重だったために、月に1〜2回しか髪を洗うことができなかったようですが、このような効果もあつて我慢できたのかもしれません。



●ベビーパウダーや胃腸薬

赤ちゃんのおむつかぶれ防止などに使うベビーパウダーには、タルクが使われています。タルクには、皮膚によく付着して乾燥させる効果があります。

湿布には、カオリナイトが使われています。カオリナイトは乾燥した皮膚にもよく付着し、汗や分泌物があれば吸い取る効果があります。また、炎症や痛みをやわらげる働きもあるとされています。

胃腸薬には、モンモリロナイトが使われています。モンモリロナイトには、胃腸内の有害物質や余分な水分を吸収する効果があります。また、胃腸の粘膜を保護する働きもあります。

●化粧品

クレオパトラは、ナイル川の泥でパックすることを好んだと伝えられています。粘土には様々なミネラル成分が含まれているので、肌を痛めずに汚れを取り除き、また、肌に潤いと美白効果を与えてくれます。粘土は自然の化粧品です。

粘土は、皮膚の上でよく伸びて付着する性質があり、絹のような光沢があるものもある



モンモリロナイト
(粘土サイエンス HP)



セリサイトの採掘状況
(三信鉱工 HP)

るため、ファンデーション、おしろい、アイシャドウ、口紅などに使われています。

化粧品原料に用いられる粘土鉱物の一つに、セリサイトがあります。日本でセリサイトを採っているのは、愛知県東栄町にある鉾山だけです。上の写真は、鉾山の中でセリサイトを掘り出しているところです。東栄町のセリサイトは、世界でも最高品質の一つで、数多くの大手化粧品メーカーがファンデーションの原料として使っています。

東栄町では、地元と地域おこし協力隊が一緒になって、セリサイトを使った手作り化粧品体験や鉾山見学会を開き、町おこしに役立っています。

●鉛筆

鉛筆の芯は、黒鉛と粘土を水で練り混ぜ、長い棒状に押し出し

て、約1000℃で焼き固めて作っています。黒鉛は、石墨と呼ばれる鉱物で、ダイヤモンドや石炭の仲間です。「鉛」の文字が使われ

ていますが、鉛は入っていません。



石墨

(山口県立山口博物館 HP)

紙に鉛筆で文字や絵などを書くとき、黒鉛が
少（す）しずつ削（けず）られて紙の繊（せん）維（い）にくつついて、黒く見
えます。しかし、黒鉛は軟（やわ）らかいため、黒鉛
だけで鉛筆の芯を作（つく）ることはできません。そこ
で、粘土を入れて硬（かた）くしています。

鉛筆の芯の硬さは、黒鉛と粘土の割合で決
まります。例えばHBの場合、黒鉛7に対して
粘土3の割合です。粘土の割合が多ければ多
いほど、芯は硬く、色は薄（うす）くなります。

●紙

紙にも粘土が使われています。和紙を除くほとんどの紙は、木材パルプを原料として作
られています。しかし、パルプだけではなめらかな紙にならないので、粘土が加えられます。
粘土はパルプの繊（せん）維（い）の隙（すき）間（ま）をうめて、紙の表面をなめらかにするとともに、紙に白さを与
えます。高級な印刷用紙では、さらに表面に粘土を薄く塗（ぬ）って、紙のなめらかさ、光沢、
白さを引き立たせています。



鉛筆の芯の原料の混ぜ合わせ
（三菱鉛筆 HP）

●粘土でない粘土

粘土と呼ばれているものの中には、実は粘土を含んでいない粘土があります。

小学校の図工などでおなじみの「紙粘土」は、パルプに水や糊のりを混ぜ合わせて作っています。乾くと固まり、軽くなります。

「パン粉粘土」は、家にあるパン粉に水を加えて混ぜればできる、手作り粘土です。小さい子が間違まちがって口に入れてしまっても安全です。

「木粉粘土」は、乾燥して固まると木のようになる粘土です。おがくずや不要になった材木を粉にして糊を混ぜて作っています。鉛筆の芯にまいてオリジナル鉛筆を作ったり、木製のようなインテリア雑貨を作ったりすることができます。

「銀粘土」は、純銀の粉末と水と糊を練り混ぜて、軟らかい粘土状にしたものです。自分の好きなデザインで形を作ってから電気炉でんきろで焼き上げると、純銀のオリジナルアクセサリを作ることができます。

粘土でない粘土には、「樹脂粘土」「シリコン粘土」など、たくさんあります。いろいろ調べて、楽しく遊びましょう。



銀粘土で作った指輪
(アートクレイ倶楽部 HP)





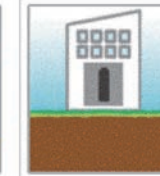
3. 粘土の未来

粘土ねんどは、今までお話したように、私たちの身近な色々などところで利用されていますが、今後、思いもよらないところで活躍かつやくする可能性があります。ここでは、粘土の未来についてご紹介しょうかいします。

●高レベル放射性廃棄物の地層処分

原子力発電所で使い終わった燃料から、まだ使えるウランを回収したあとに、放射能が強い高レベル放射性廃棄物はいきぶつが出てきます。この高レベル放射性廃棄物の処分は、世界中で取り組まなければならない課題かだいになっています。

高レベル放射性廃棄物の処分方法として、地上の建物の中に保管する長期保管、南極の氷の下に処分する氷床処分ひょうしょうぶん、海の底に沈めるしず海洋底処分、宇宙

○ 地層処分	× 宇宙処分	× 海洋底処分	× 氷床処分	× 長期保管
地上の影響を受けにくい。	ロケットの発射技術の信頼性の問題がある。	廃棄物などの海洋投棄を規制しているロンドン条約により禁止。	南極条約により禁止。氷床 <small>(注)</small> の特性などが十分に解明されていない。	将来の世代にまで管理の負担を負わせる。
				

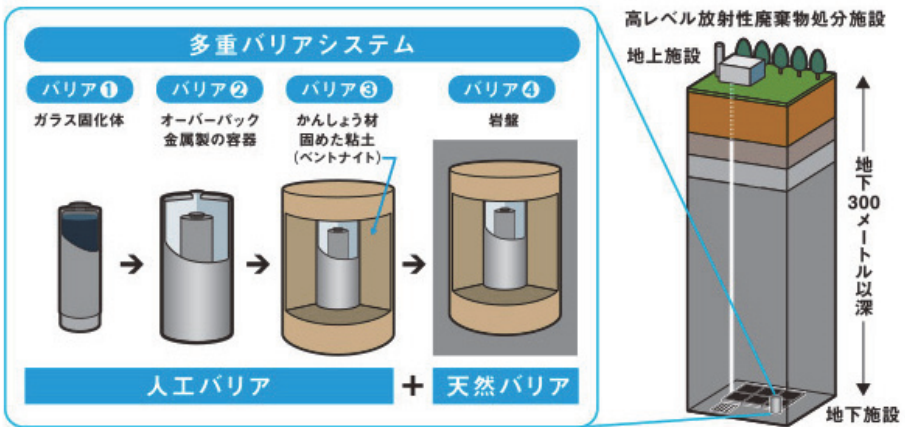
(注) 氷床…大陸の全体をおおって発達する氷河。現在は南極大陸とグリーンランドにだけみられ、厚さは1,000m以上ある。

高レベル放射性廃棄物の処分方法(経済産業省 HP)

にロケットで打ち上げる宇宙処分などの方法が、世界各国で検討されてきました。その結果、地下深い安定した地層に封じ込める地層処分が、最もよい方法となりました。

地層処分では高レベル放射性廃棄物を封じ込める際には、ガラスと一緒に固め、金属製の容器に入れ、その周辺を粘土で覆うという方法がとられる予定です。粘土は、地下水の流れを遅くする効果があり、万が一、放射性物質が漏れても吸着し、移動を防ぎます。

このようにして、高レベル放射性廃棄物を地上から300m以上の深い所に処分し、10年以上にわたって人間社会から隔て、影響を与えないようにします。しかし、日本では、地層処分の候補地が決まっていないことが問題になっています。



高レベル放射性廃棄物を地層処分するときの粘土の利用
(地層処分ポータルHP)

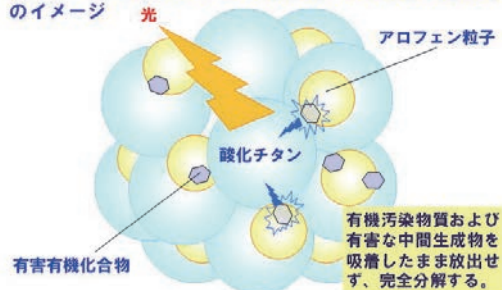
● 水素の製造

水素は、石油や石炭に代わる未来のエネルギー源になるかもしれませんが。水素を製造する一つに、太陽光と水とセラミックス光触媒を使う方法があります。このセラミックス光触媒に粘土が使われています。発生した水素は貯蔵ができ、空気中の酸素と反応させて電気を作る燃料電池や、ロケットなどの燃料として利用できます。水素からは二酸化炭素が出ないので、とてもクリーンです。現在はまだ水素を発生させる効率がよくありませんが、これからの技術開発が期待されています。

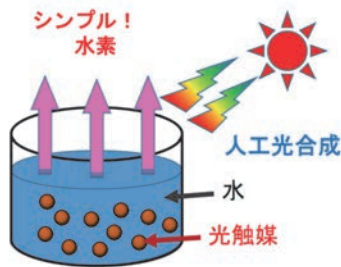
● 有害物質の分解

アロフェン粒子(粘土)と酸化チタンを混ぜ合わせて、有害物質を分解する技術が研究されています。酸化チタンは、光に当たると有害物質を水や二酸化炭素などに分解する性質があります。有害物質を分解するためには、有害物質を酸化チタンの表面に吸着させないといけません。そこで接着剤として

アロフェン-酸化チタンとの複合化による高活性光触媒のイメージ



環境分野での粘土の活用
(信州大学工学部HP)



セラミックス光触媒による水素の生成
(東京理科大学資料をもとに作成)

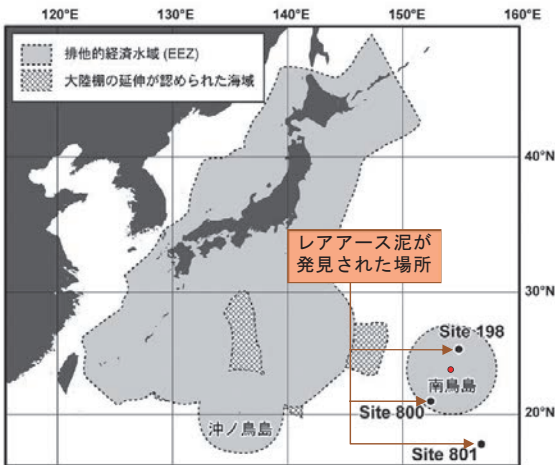
粘土を使います。このようにして作った酸化チタンを混ぜた塗料を川の護岸に塗れば、水中の有害物質を分解することができますと期待されています。

●皮膚の再生

粘土鉱物を用いて皮膚を再生させる技術が研究されています。この研究で、亜鉛やマグネシウム、ケイ素のイオンを出すように人工合成したスメクタイトを傷口に貼り付けることで、皮膚の主成分であるコラーゲンや血管の形成を助けることが分かりました。また、細菌を吸着し、皮膚が硬くなることを防ぐ効果があることも分かりました。原材料のスメクタイトは、世界中で産出する天然資源なので手に入り易く、人体への影響もありません。

●夢の粘土

みなさんは「レアアース泥」という言葉を聞いたことがあるでしょうか。レアアース泥とは、テレビや携帯電話、ハイブリッド車のモーターなどを作

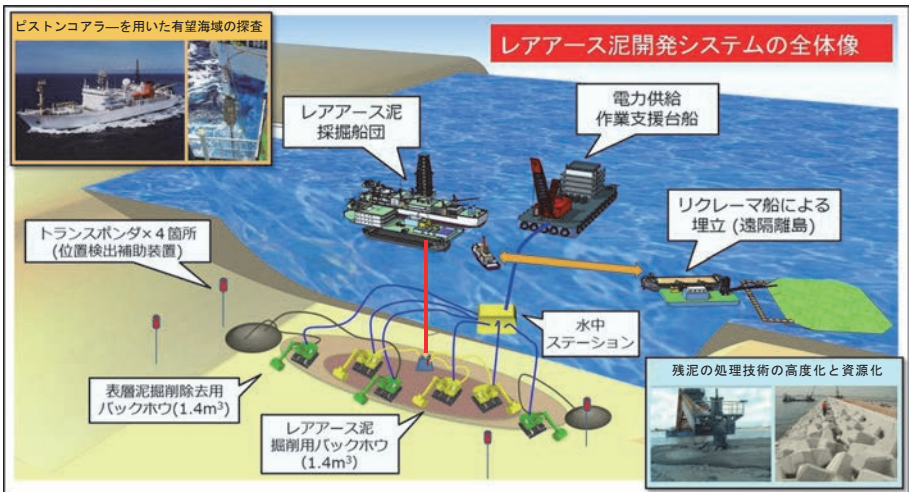


レアアース泥が発見された場所
(加藤泰浩 2012 に加筆)

るときに必要なネオジウムやイットリウムなどの金属元素を^{含む}込んだ泥のことです。泥には粘土鉱物が含まれていて、そこにレアアースが吸着していると考えられています。

現在、レアアースのほとんどは、中国で生産されています。ところが、2011年に、小笠原諸島^{おがさわら}にある南鳥島沖^{おき}の排他的経済水域^{はいたてき}（資源開発などができる水域）の海底で、レアアース泥が発見されました。推定される埋蔵量^{まいぞうりょう}は中国の30倍で、日本が必要とする量の300年分以上とされています。

レアアース泥は、水深5000mより深い海底にあるため、船からパイプを海底まで降ろし、空気を送って、戻ってくる空気と一緒に採取する方法が考えられています。実現すれば、日本も資源大国になるかもしれません。レアアース泥は夢の粘土です。



レアアース泥の採取方法（東京大学 HP）

一般社団法人全国地質調査業協会連合会では、「日本ってどんな国」という小冊子を、今までに 10 冊作りました。

No.	タイトル	発行年月
1	地震と地盤から考えてみよう	2008年 10月
2	地下水は大地からの恵み	2009年 5月
3	火山大国 その脅威と恵み	2010年 5月
4	豪雨から国土を守る	2011年 5月
5	津波の脅威と防災	2011年 7月
6	液状化に学ぶ	2012年 5月
7	6テーマ合本版	2013年 5月
8	富士山	2014年 5月
9	身近な石材 美しい石材	2015年 5月
10	地球の芸術・ジオパーク	2016年 5月

そのうち7号は、1号から6号までの要点を「日本の地形と地質についての解説」としてまとめ、さらに1号から6号までを再編集しました。

これらの小冊子は、どなたでも、無料でご覧いただけます！



一般社団法人全国地質調査業協会連合会
JAPAN GEOTECHNICAL CONSULTANTS ASSOCIATION

<https://www.zenchiren.or.jp/>

〒101-0047 東京都千代田区内神田 1-5-13 内神田 TKビル
TEL (03)3518-8873 FAX(03)3518-8876

北海道地質調査業協会	TEL(011)251-5766	FAX(011)251-5775
東北地質調査業協会	TEL(022)299-9470	FAX(022)298-6260
北陸地質調査業協会	TEL(025)225-8360	FAX(025)225-8361
関東地質調査業協会	TEL(03)3252-2961	FAX(03)3256-0858
中部地質調査業協会	TEL(052)937-4606	FAX(052)937-4607
関西地質調査業協会	TEL(06)6441-0056	FAX(06)6446-0609
中国地質調査業協会	TEL(082)221-2666	FAX(082)227-5765
四国地質調査業協会	TEL(087)899-5410	FAX(087)899-5411
九州地質調査業協会	TEL(092)471-0059	FAX(092)471-5786
沖縄県地質調査業協会	TEL(098)988-8350	FAX(098)988-8351

執筆編集：安藤 欽一，小田部 雄二，松浦 一樹，渡辺 寛
事務局：土屋 彰義，中川 直

表表紙：国宝 新潟県笹山遺跡出土火焰型土器(No.1)〔十日町市博物館 所蔵〕
裏表紙：粘土鉱物の電子顕微鏡写真〔株〕ダイヤコンサルタント 提供〕

初版 20170524

