

世界文化遺産“端島炭坑(軍艦島)”等に関わっている建設材料について

－ 戦前の天川漆喰・天川コンクリートに関する研究論文を読み解く －

NPO研究機構ジオセーフ

理事 矢ヶ部 秀美

I. はじめに

今回、NPO研究機構ジオセーフの一員として長崎市の明治日本の産業革命遺産を見学・調査させて頂く機会を得た。最初に赴いた端島炭坑(以下、軍艦島と呼ぶ)では老朽化するコンクリート建造物群の凄まじさにエンジニアとして立ちすくむしかないほどのインパクトを受けた。その中で、護岸壁や直に近い擁壁を建設するのに用いられている天川(あまかわ)と呼ばれる目地や擁壁基礎に使われている材料が調査団員の目をくぎ付けにした。露わになった護岸壁面や擁壁基礎には、現地の砂岩や地下の採炭時に出たであろうズリ(石炭以外の石材)を黄褐灰色～赤褐色の天川漆喰で固めたものが用いられており、100年以上経った今も頑丈な姿で残っていた。次の日見学した小菅修船場跡(通称:ソロバンドック)の巻揚げ室や三菱重工長崎造船所史料館の蒟蒻レンガで作られた壁にも目地材として天川漆喰が用いられていることが観察できた。明治期にモルタルセメントではなく水硬性凝結材として用いられたこの材料について情報を集めて検討してみると意外な事実が見えてきた。

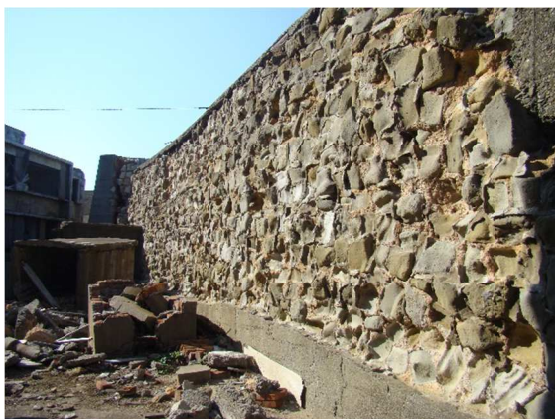


写真-1 護岸擁壁の天川「あまかわ」



写真-2 石材は砂岩および礫岩



写真-3 時代の異なる2層の天川「あまかわ」



写真-4 天川「あまかわ」の補強

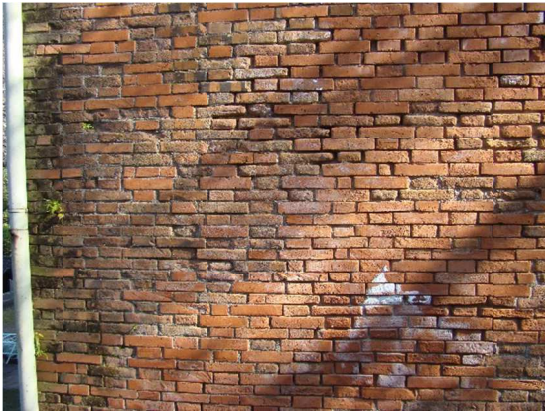


写真-5 小菅修船場跡巻揚げ機室壁



写真-6 左写真の壁近景
灰白色の目地材(後から補修?)



写真-7 三菱重工長崎造船所史料館のレンガ壁

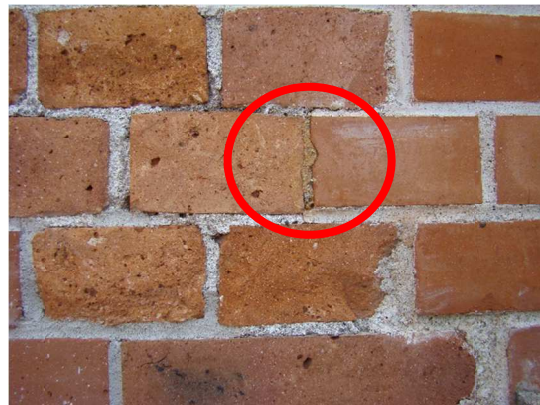


写真-8 左写真の壁近景
灰褐色の補修目地材と
明らかに古い赤褐色の
あまかわの目地

II. 天川漆喰とは何か

世界百科事典第2版には漆喰(plaster)の解説として次のように書かれている。

「壁塗りの素材。大別して2種類の素材がある。一つは日本で古代以来用いられてきた石灰プasterというべきもので、消石灰に苧(すさ)(きざんだ麻糸などの繊維質)と糊(フノリ、ツノマタなどの膠着剤)を加えて水練りした左官材料である。壁、天井に塗られ、瓦や煉瓦の目地などに用いられる。また、山土に消石灰とにがり混ぜ、たたき締めて土間床をつくるものを〈叩(たた)き漆喰〉または〈たたき(三和土)〉という。漆喰は〈石灰〉の字音のなまった言葉といわれる。」

また、漆喰の日本における歴史については、日本石灰協会・日本石灰工業組合の機関紙に豊の国生活文化研究所所長で写真家の藤田 洋氏が書かれている「左官技術における石

灰使用に関する歴史的考察」<http://www.jplime.com/bunkaisan/006> および「漆喰と石灰」www.jplime.com/bunkaisan/007/007.pdf などが詳しい。

それらの中から、漆喰や天川漆喰に関係するものを抽出すると次のような事項があった。

○石灰は 1900 年以前の建築物に多用されていた。今でも歴史的構造物の修復材に使われており、また最近はその利点を近代建築に生かしてみようという専門家が増えてきている。石灰は 19 世紀まで建築の主流工法であったが、ポルトランドセメントが登場後 20 世紀に入り減少。しかし最近 20 年で増加傾向にある。これは硬いセメントリッチのモルタルは古い建築物に適さないことが知られてきたからで、石灰は建築物保護の用途として復活した。

○石灰の利点：石灰は石材等の構造物の目地材、壁材として使われる。……接着剤としての石灰モルタルが石やレンガより柔らかく、多少の沈下や気温の変化に順応する。

また、石灰モルタルは石材より多孔質なために水分の蒸発を助け、塩分等の析出を目地に集める効果がある。

○用語の解説：土を固めて作る家屋の基礎部分をふつうタタキという。「叩き」、「敲き」と書くが「三和土」と書いて「タタキ」とルビをふるところもあり、サンワやタタキは混称されている。土間用の土は叩き土、または敲き土といい、花崗岩・安山岩などの風化した可溶性珪酸に富む土が良いとされ、天川土・三州土・深草土が知られている。天川土は、長崎地方に産する安山岩風化土でこれに石灰を加え、水で練ると硬化する水硬性の土で天川漆喰（あまかわ）と呼ばれ土間に用いた。三和土は、これらの土に塩に含まれる苦汁・ニガリに石灰を塗して木片で叩いたもの。二和土は、土と石灰だけで、石灰を加えて水で練ると硬化する性質を持ち、これを三寸程、土間の仕上げに叩きしめる。

ところで、出所は同じかもしれないが、天川（あまかわ）とは、マカオの発音が変化したものであるという説が多い。カステラと同様、ポルトガル人が蒔蒔レンガと一緒にマカオから持ってきたのが始まりなのか、詳細は明らかではない。

Ⅲ. 戦前の研究論文を読み解く

ところで、最近の天川漆喰の解説では、石灰と混ぜて水硬性が発現する材料の粘性土は安山岩の風化した赤土であるという記載が大半である。ただ、戦前に研究発表された次の論文では、長崎市内での産地、産状とその土の母岩の種類や成分分析が記載されているが、長崎の天川漆喰の原料は、明らかに安山岩の風化物ではなく、玄武岩の風化生成物であることがわかったので、最近の長崎周辺の地質図（長崎市史）を用いて、その根拠を明らかにしたい。

重要論文タイトル：石灰又はセメント凝結材としての本邦産岩石風化物に関する調査及試験（第 2 報） 玄武土及火山灰に就いて（長崎縣及佐賀縣）

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jcersj1892/50/598/50_598_524/_pdf

著者は、当時の所属が内務省土木試験所セメント試験室の福島彌六氏と松本栄氏で、発

表は昭和 17 年 8 月の戦時中である。なお、福島氏は終戦後も日本大学等で建設材料の研究を続けられていることがWEBで追跡できる。

この福島論文（以後、この論文を福島論文と呼ぶ）は長崎県内を中心に当時稼働中の産地を踏査し、地質的に興味深い産状について詳しく記載されている。また、物理的な性質、化学分析および鉱物分析、更に天川粘土等の凝結材を用いた当時の工作物とその成分についての分析結果（天川漆喰および天川コンクリートの配合方法も言及）、そして最後に凝結材の力学特性までが記載されている。

今回は、地質的な観点から産地と産状について最近の地形・地質情報と照合してみた。

序 説： 主に用語の解説で、重要な玄武土（今は地質用語としては使われていない）とは何か？玄武岩の風化形態について記載されている。

以下、重要な内容を抜粋しコメントしてみる。

論文から：

○長崎市を中心とする長崎県下には古来より天川漆喰、天川コンクリートと呼ばれる一種の敲き工法がおこなわれている。これは俗に天川粘土というある種の粘土質土壤に石灰を添加して二和土の配合（天川漆喰）となし、または砂、砂利、碎石を加えて三和土（天川コンクリート）となしたものを十分に突き固めて仕上げたものである。

○主原料たる天川粘土は玄武岩あるいはこれに類似した塩基性岩石の風化した分解生成物であり、玄武土の一種と考えられている。

○玄武土の成分性質は原岩石の性質、風化の程度等により異なり必ずしも一定ではない。強風化部は造岩鉱物のすべてが完全に分解し雑色の粘土質土壤となっており、また弱風化部は粗しょうな砂質粘土状あるいは砂礫状をなし、造岩鉱物の一部は十分に分解せず原形を保持している。

○玄武土の色は淡紫赤色、淡赤灰色、灰色等いろいろあるが最も普通なものは淡紫赤色か赤褐色である。

産地および産状

市町村合併で場所が特定できない可能性があるので、ここでは主な産地は論文中の地名を用いる。論文では、長崎県および佐賀県における産地が記載されているが、ここでは、長崎市内およびその周辺の産地に限って、現在の地名を探り、最新の地質図から関係する地質名を明らかにした。

産地の一覧（旧地名と推定した現在の地名・地区名）

1. 長崎市および西彼杵郡

- | | | |
|-------------|-----|--------------------|
| ① 長崎市小島 | ・・・ | 長崎市小島地区（東、中、西、上小島） |
| ② 長崎市上長崎三丁目 | ・・・ | 旧上長崎村（現長崎市伊良林地区付近） |
| ③ 西彼杵郡日見村 | ・・・ | 長崎市日見地区 |

④ 西彼杵半島長浦付近 …… 長崎市長浦町

2. 北高来郡

⑤ 古賀村 …… 長崎市古賀町（JR肥前古賀駅周辺）

⑥ 小江村，湯江村，小長井村 …… 諫早市（佐賀県境付近）

これらの産地のうち，長崎市街地に近い個所（④と⑥の地点を除く）を長崎市史の中の最新の地質図にプロットしたものが図-1になる。

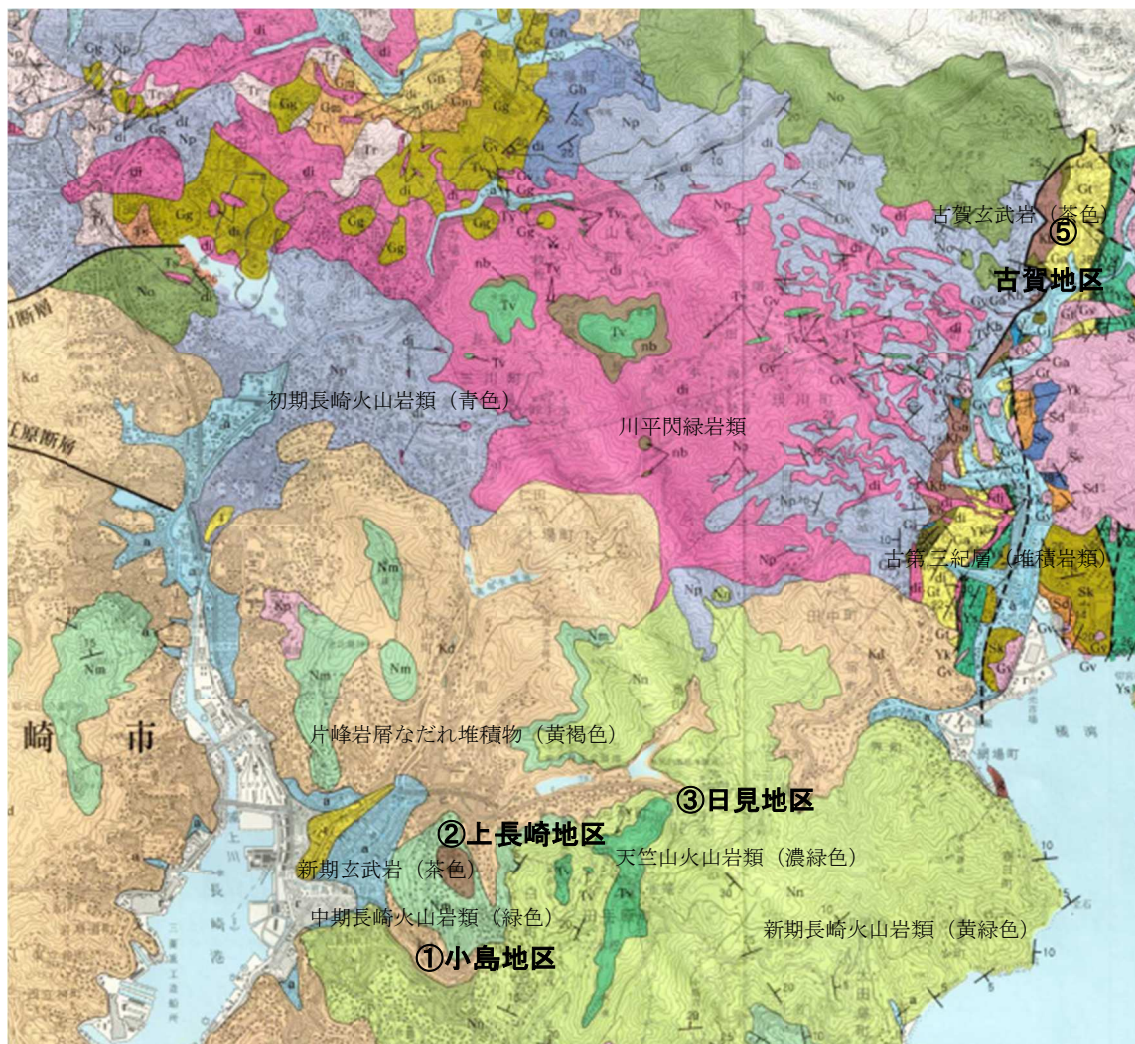


図-1 長崎市の地質図と玄武土産地（出典：長崎市史の地質図に位置を追加）

地質図から想定される採取されていた地層は以下の通りである。

- ①小島地区 新期玄武岩？
(愛宕山南麓は地層が入り組んでいる，化学組成からは玄武岩，後述)
- ②上長崎地区 新期玄武岩
- ③日見地区 中期長崎火山岩類の中の安山岩
- ⑤古賀地区 古賀玄武岩

産状の記載で詳細に論じられているのは、①小島地区および⑤古賀地区のものである。

長崎市小島（①小島地区）：

長崎市付近で古来天川粘土と称して二和土また三和土の凝結材に用いた粘土は市の東部から南東部の丘陵の中腹あるいは頂上より採取したものであるが、とりわけ小島付近に産出する粘土は有名である。天川粘土は表土の下にあり小豆色または赤褐色の粘稠なる粘土状態をなして存在する。天川粘土層の厚さ、埋蔵量については未だ詳細なる調査がないようであるが、しかし小島付近の地勢および現採掘個所の状態等よりみて小島一帯には天川粘土の極めて豊富な賦存が推測される。現在、小島にて天川粘土の採掘業を営む者の談によると、良質の天川粘土は小豆色またはチョコレート色を呈し主に丘陵の頂上付近に産し、中腹以下に出るものは色が一般に淡く粘結性が乏しいため良質とは称し難いとのことである。

北高来郡古賀村（⑤古賀地区）：

古賀村は北高来郡の西南隅にあり諫早町より長崎市へ至る国道のほぼ中間にある小村である。ここでは既に大正末期に古賀村大字松原字名高伝地先の丘陵に賦存していた風化岩石の1種を採掘粉碎して製品として「火山灰」と称して長崎市三菱造船所工事に納入したといわれており、・・・造船所ではもっぱらこれをセメント混合材として使用し、港湾、船渠その他の水中コンクリート工事に利用したといわれている。・・・この種の風化岩石の埋存状態は幅70～150m、延長約500mに達するように相当に豊富な埋蔵が推測される。・・・丘陵頂上には昔稼行した採掘個所が残り、ここに露出する風化岩石を見ると風化分解の度合いはほぼ完全であり、造岩鉱物のほとんどすべては原形を認めないくらいまで分解している。

性質と成分

論文には長崎県下から採取された9種類の玄武土および火山抛出物が分析されている。ここでは、長崎市内の①小島地区、③日見地区および⑤古賀地区の3試料の分析結果を示した。

表-1 玄武土および火山抛出物の性質

試料	天川粘土	日見粘土	古賀風化岩石
番号	①	③	⑤
産地	長崎市小島	西彼杵郡 日見村	北高来郡 古賀村
外観	土状	土状	土状
色	小豆色	黄褐色	小豆色
比重	2.65	2.53	2.78
含水量%	20.68	11.75	6.86

色調は①と⑤とが似ている。比重および含水量はそれぞれ異なった値をもっている。試験から、粉碎しない試料の比重は2.44～2.78の範囲にあり、新鮮な岩石に近いものが多いとしている。概して玄武岩の風化土の方が安山岩の風化土より比重は大きい傾向をもつ。

表-2 試料の粒度分析

試料番号		天川粘土 ①	日見粘土 ③
礫	>2.0mm	0	0
砂	2.0~0.05mm	6.1	14.3
シルト	0.05~0.01mm	62.1	35.4
粘土	<0.001mm	31.8	50.3
計		100	100

論文には、古賀風化岩石の粒度分析結果は掲載されていない。天川粘土（玄武土）はシルト分が60%以上と卓越し砂分が少ないのに対して、日見粘土（安山岩風化粘土）は砂分が15%前後含まれており、粘土分が50%以上と高い割合を占めている。

表-3 土壌状の岩石風化物と原岩石との化学組成の比較

試料番号	採取土			本邦産噴出岩(平均値)		
	天川粘土 ①	日見粘土 ③	古賀風化岩石 ⑤	安山岩	安山岩質 玄武岩	玄武岩
SiO ₂	44.5	59.2	43.9	59.8	52.1	47.1
Al ₂ O ₃	29.2	21.8	29.7	17.6	18.3	18.6
Fe ₂ O ₃	22.8	12.7	22.7	3.7	3.9	6.6
FeO	—	—	—	3.8	7	5.5
CaO	0.8	2.6	0.5	6.9	9.8	12.2
MgO	0.5	0.5	0.2	2.7	4.5	5.3

採取土である風化物は原岩石に比べて SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ の成分が割合として多く残り、CaO, MgO の塩基性成分は極めて少なくなっている。これは岩石の風化作用によって可溶性の塩基性成分が溶出された結果である。

この表から、風化作用によって塩基性成分に比べ動きにくいとされる SiO₂ の割合から、天川粘土（①）と古賀風化岩石（⑤）とが玄武岩起源の土であること、日見粘土（③）が安山岩起源であることが類推される。

福島論文を読み解くと次のようなことがわかる。また、少し問題も出てきた。

a)天川漆喰の材料として主に採掘された天川粘土は、一般に言われているような安山岩の風化生成物ではなく、地質的には玄武岩の風化した粘土（福島論文では玄武土）であった可能性が高い。

b)安山岩の風化した粘土（日見粘土など）にも一部水硬性があるものがあり、ローカルには利用された形跡がある。

c)軍艦島に大量に使われている天川漆喰や天川コンクリートの材料は、もっとも長崎港に

近い長崎市小島付近か、三菱造船所に収めていたとされる古賀村のものか、または全く別の場所で玄武土が採取されたのかは、軍艦島の凝結材の分析をして福島論文の中の試料の分析結果と比較すればわかるものと考えられる。

d)福島論文中の長崎市小島および長崎市上長崎三丁目という採掘場所は、市街化が進み採掘跡などは全くその痕跡を留めていない可能性が高い。小島地区にある愛宕山周辺の地質については長崎市史の地質図でも十分ではなく、おそらく新期玄武岩が上長崎地区から連続して、この丘陵性のなだらかな山地の頂上部や斜面にも広く分布していた可能性がある。

IV. 今後の軍艦島の保存へ向けて

軍艦島が世界遺産に登録されて、今後保存に向けて具体的な対策が検討されていくだろう。その中で、当初建設された護岸擁壁やその基礎の復元には、天川漆喰および天川コンクリートという材料の見直し、再利用が必要になるかもしれない。その場合、戦前に研究が進められ公表されている福島彌六氏と松本栄氏との論文は非常に重要な意味をもつものとする。特に、軍艦島に近い場所で、玄武岩の風化生成物の分布と賦存状況、その水硬性などについては、その採掘方法や環境負荷低減まで考えた検討が必要となる。

NPO 研究機構ジオセーフとしても、軍艦島の保存に向けた具体的な対応策を検討していく場合に、各種の技術的支援が求められた際には積極的に関わっていくことが重要である。