

(資料)

福岡地方の古い赤れんがの化学成分：第2報*

百 武 秀**

The Chemical Composition of the Old Bricks near Fukuoka Area:
Fukuoka, Yanagawa and Omuta

Hiizu HYAKUTAKE

1. はじめに

普通の赤れんがの原料は主として粘土である。粘土の化学成分の割合は産地ごとにかなり異なる。そこで、れんがの化学成分を定量的に分析することによって、そのれんがの原料である粘土の産地を、さらにそのれんがの製造地を推測することは可能かと考えられる。この考えを確かめるために、いくつかの粘土およびれんがが試料、少なくとも90年以上前の古いれんが、について分析を行い、上記の考えがかなり妥当なものであることを前報(1)で報告した。

本報では、上記の考えの妥当性をさらに実証するために、各地から多数のれんが試料を採集し、これらについて化学成分を分析し、試料ごとに成分割合の差異を比較した。これらの試料は、主として福岡県内に残っている赤れんが造りの古い、建造後少なくとも80年以上経過した、建造物および遺構から採取したものである。

約80年前の昭和初期頃のわが国では、ものの流通状況は現在ほど活発ではなかった。したがって建材用の普通の赤れんがのように重くて、かさばって、しかも安価で大量に使用する資材は、それを使用する地域内で製造した、そして赤れんが原料の粘土も製造地の近くで採取した、と考えられる。

この観点から、採取した試料を次の三つのグループに分けた。すなわち、(1)福岡市内の古いれんが；これは第1報(1)の続きであるが、さらに試料を集め総数23点である。(2)柳川地区の古いれんが；試料数は7点である。(3)大牟田市内の炭坑跡のれんが；試料数は10点で

ある。

これら三つの地域は、福岡県内でも互いに離れており、それぞれの地域で使用された赤れんがの製造地および原料の粘土の産地もそれぞれ違うと思われる。このことは、各地で採取された赤れんが試料の化学成分の分析結果に反映していると予想される。

化学成分の定量分析は前報(1)と同じく蛍光X線分析法による。その装置は、福岡大学資源循環・環境制御システム研究所(若松)に設置のものを使用した。

2. 分析結果および考察

2.1 福岡市内の古いれんが(前報の続き)

国土地理院発行の5万分の1地図で、明治33年(1900)発行の「福岡」(2)を見ると、福岡市の南郊、油山の北麓の早良郡七隈に煉瓦山という地名があり、そこに窯場のマークが付いている。窯の位置は、現在の福岡大学14号館の西側にあるボーリング場付近と思われる。今から百年以上も昔、その30年後に福岡大学が設立される地に、れんがという工業材料の製造場があった。現在は煉瓦山という地名も窯場の痕跡も残っていない。

「七隈郷土誌」(3)によれば、七隈地区は昔から良質の粘土を産出し、明治初期頃まではその粘土が販売されていたが、後に耐火煉瓦の窯場が開かれた。地元ではこれを煉瓦山と呼び、製品は官営八幡製鉄所に納められ、それが大正末まで続いた、とある。「耐火煉瓦の歴史」(4)によれば、明治39年(1906)から大正7年(1918)にかけて、福岡県の耐火煉瓦生産量は全国で3~4位を保持していた。七隈の煉瓦山がこれにどの程度寄与していたかは不明である。

「福岡市史、第1巻明治編」(5)によれば、明治20年(1887)に「福岡煉瓦会社」が早良郡西新町に設立され

*平成18年5月31日受付

**福岡大学名誉教授

た。その創業目的に、福岡でもれんがの需要は高まっているが、九州地方にはれんが製造所はほとんどなく、京阪地方から輸入している。西新町は昔から陶器製造では実績があり、近くには最上の粘土を産出する、とある。これは七隈の粘土のことと思われる。同書にはまた明治29年(1896)に「博多製陶工場」が筑紫郡堅粕村にできて、れんがや土管を製造した、との記述もある。これらの工場は今はない。

花崗岩の分解によって良質の粘土ができる(6)。七隈の粘土はその南にある油山の花崗岩によるといわれ、油山から北に向かって福岡大学、菊池神社、七隈小学校と連なる低い丘陵のあちこちから、かつては粘土が採取されていたようである。現在のこの地域は建物、道路などが密集し、付近を歩いても丘陵の存在に気付かない。

福岡大学から北へ、その丘陵跡をたどって行けば、七隈4丁目に「七隈粘土製作所」の作業場がある。当主の大原利彦氏から話を聞き、すぐ近くの粘土採取場へ案内してもらった。そこは人家に囲まれた丘陵の一角である。採取した粘土は砕いて水に沈殿させ、砂質を除去する。最上質の粘土は博多人形の工房へ、それ以下は小石原などの窯元へ出荷している。この粘土製作所は家業として代々続いており、前述の七隈煉瓦山の窯場は氏の祖父の代に開かれたもので、当時は普通のれんがも焼き、またれんがや土管の原料の粘土を市内のれんが工場に出荷していた、とのこと。当時の古いれんがを所望したところ、近年までれんが造りの納屋等が残っていたが、今はすべて取り壊されてしまった由。あちこち探して、作業場敷地内にある祠の台に使っていたれんがを下さった(試料60)。表面はかなり風化しており、その寸法は規格材よりも大きく(表2)、一見して古いものであることが分かる。

以上見てきたように、明治の中期以降から福岡地区で使用されたれんがの多くは七隈の粘土を原料として、福岡市内で焼かれたものと思われる。このことは福岡市内から採取された古いれんがが試料の化学分析値と七隈粘土のそれとを比べることによって確かめられるであろう。

表1に福岡県内各地の粘土の化学成分を示す。試料57

は上記の七隈粘土製作所の粘土、試料34は福岡大学構内(3号館跡地)から採取したものである。これらと合わせて荒木窯業から提供された久留米の粘土(試料09)と大牟田の粘土(試料10)、さらに筑後川下流域の迎島粘土(試料23)の分析値を示す。試料09および23は前報(1)と同じものである。

表1には粘土の主成分であるアルミナ Al_2O_3 、シリカ SiO_2 および酸化鉄 Fe_2O_3 のほかに、マグネシア(苦土) MgO と酸化トリウム ThO_2 の5種類のみを記載した。れんがの化学成分の比較には、これらの5種類で十分と考えている。したがって後で示すれんがが試料の成分もすべてこれら5種類のみを示す(表3, 5および7)。ここで酸化トリウム ThO_2 を選んだ理由は、前報(1)で示したように、この物質は筑後川下流域で産出する粘土には含まれていない。したがって酸化トリウム含有の有無はれんが製造地推定の一つの指標になると考えたからである。各試料の詳細な化学成分値はすべて付録に示す。

表1に示すように、七隈粘土(試料57)と福大粘土(試料34)の成分は互いによく似ている。両者とも同じ丘陵から採取しているから(互いに約700m離れている)、これは当然であろう。七隈地区の粘土の特徴はマグネシアの含有率が1%以下、酸化鉄のそれは4%程度で、この値は福岡県内の他地域の粘土(表1)に比べてかなり低い。このことから、れんがの分析値でマグネシアと酸化鉄の含有率を見れば、そのれんがは七隈地区の粘土でできたものか否かの推定が可能と思われる。

筑後川下流域の粘土である久留米粘土(試料09)および迎島粘土(試料23)はともに酸化トリウム ThO_2 を含んでいない。

表2に福岡市内で採取したれんがが試料の明細を、表3にこれら試料の化学成分を示す。前述したように、ここでは成分は5種類しか表示していない。全成分の詳細は付録に示す。なお試料02, 04, 15, 19および20の5点については前報(1)で報告しているが、参考のため合わせてここでも示す。

まず最初に試料60の七隈れんがを取り上げる。その成分はマグネシアと酸化鉄の含有率が低く(表3)、この

表1 福岡県内の粘土の化学成分

試料番号	試料名称	試料採取日	化 学 成 分 (mass %)				
			MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	ThO ₂
57	七隈粘土	2006.01.31	0.787	32.4	59.0	3.57	0.0013
34	福大粘土	2005.11.25	0.760	32.3	55.8	4.04	0.0017
09	久留米粘土	2005.04.12	3.41	25.0	57.8	6.63	
10	大牟田粘土	2005.04.12	1.58	27.7	57.6	7.53	0.0012
23	迎島粘土	2005.07.21	2.58	26.3	56.7	7.62	

特性は表1に示す七隈粘土（試料57）とよく似ている。これより七隈粘土製作所で提供された古いれんが（試料60）の原料は確かに七隈粘土（試料57）であると考えられる。

試料01は本研究で一番最初に採取したもので、図1(a)に示す門柱の一部の小片である。この門柱は福岡大学の前身である福岡高等商業学校（昭和9年創立）の正門で、昭和17年（1942）頃建造された。福岡高商時代のものとしては唯一の遺構であるが、現在周囲が工事中のせいか、あまり大切に管理されていないように見える。れんがの寸法は現在の規格と同じである。その成分は、表3に示すように、マグネシアと酸化鉄の含有率がともに低い。この点は七隈れんが（試料60）の成分とよく似ており、これより福岡高商の門柱のれんが（試料01）は、まさに地元である七隈の粘土を福岡で焼いて作ったものと考えられる。

試料02は、前報(1)で示したように九州大学の材料強弱学教室のれんがである。この建物は大正7年（1918）に建造された。れんがの化学成分を見れば、七隈の粘土の成分とよく似ている。同じことが、九州大学箱崎キャンパス内に残存する他のれんが造りの建造物についてもいえる。試料32は九州大学の船舶海洋工学実験室の赤れんがで、この建物は大正10年（1921）に建造された。試

料33は九州大学正門門衛所の赤れんがで、これは大正3年（1914）に建造された。これら二つの試料は試料02と同様に、マグネシアと酸化鉄の含有率がともに低い。この点に関するかぎり、これら九州大学箱崎キャンパスで使用されたれんがは地元福岡の七隈粘土を福岡で焼いて作ったものと思われる。

ただし、九州大学事務局第一庁舎（図1b）のれんがは上記と異なる。大正14年（1925）に建造された赤れんが造りのこの建物は、正面と側面の壁はともに小口積み、れんがが張り、裏側はイギリス積みである。近年裏窓の改装工事があったようで、裏庭の草むらにれんが片が散乱しており、その一部を拾って試料31とした。試料分析の結果は表3に示すように、マグネシアの含有率は5%、酸化鉄は10%で、これらの値は七隈粘土のそれらに比べてかなり高い。また、福岡県内の粘土（表1）のどれよりも高い。すなわち九大事務局（試料31）のれんがの原料は、表1に示した福岡県産の粘土のどれにも適合しない。このれんが（試料31）の成分とよく似た試料が、福岡市内でほかに2点あり、それらは試料42および51である。どちらも天神および中州という繁華街に残存する遺構から採取したものである。

中央区の赤坂門近くの民家に、大正初期（1910年代）に建造された赤れんがの塀があった。この塀は前報(1)で述べたように去年3月20日の玄界島沖地震で崩壊した（図1c）。その破片（試料04および05）を分析すると、表3に示すように、七隈粘土とかなり異なる。赤坂門れんが（試料04）の成分によく似た試料が、福岡市内でほかに4点あり、試料18、20、40および49である（表3）。いずれもマグネシアは1%程度であるが、酸化鉄は七隈粘土より少し高目の5～6%である。これらの値を福岡県産の他の粘土（表1）と比べると、久留米粘土（試料09）にやや近い。

なお、試料04と05は同じ赤坂門のれんがであるが、その採取の時期および入手の経路は異なる。しかし成分分析の結果を見ると、両者は互いによく一致している（表3）。このことは、われわれが行っている分析方法の精度はかなり高いことを示している。

図1(c)の塀は現在修理されている。これについては後述する。

図1(d)に、中央区平尾にあった福岡市の元浄水場の遺構（赤れんが造り）を示す。建物の銘は「配水池」と読める。大正12年（1923）の建造である。図示の建物は、現在の植物園に入って左の奥にある。元浄水場の入り口付近の草むらに浄水場時代のれんが片が捨ててあり、これを拾って試料15および66とした。分析結果は、表3に示すように酸化鉄の含有率は8%、マグネシアは2%で、これらの値は赤坂門塀（試料04）のグループとも、また

表2 福岡市内の古いれんが

試料番号	試料名称	試料採取日	れんがの寸法(mm)	れんがの積み方
01	福商門柱	2005.02.26	210x100x60	長手積み
02	九大材料	2005.02.28		
04	赤坂門塀1	2005.03.21	220x105x60	イギリス積み
05	赤坂門塀2	2005.04.05	220x110x60	
15	植物園1	2005.05.24	220x105x60	イギリス積み
66	植物園2	2006.02.26	230x110x60	イギリス積み
18	福岡市文学館	2005.06.29	170x110x60	小口積み
19	文学館外塀1	2005.06.29	230x110x60	イギリス積み
67	文学館外塀2	2006.02.26	230x110x60	イギリス積み
20	若宮神社	2005.07.11	225x110x60	イギリス積み
31	九大事務局	2005.11.21	225x110x60	小口積み
32	九大造船	2005.11.21	225x110x60	イギリス積み
33	九大門衛所	2005.11.21	225x110x60	小口積み
40	渡辺邸塀	2005.11.25	210x110x60	長手積み
41	桜坂2丁目塀	2005.12.12	220x110x60	長手積み
42	今泉1丁目塀	2005.12.17	210x100x60	イギリス積み
49	赤坂2丁目塀	2005.12.26	225x110x60	長手積み
50	大名小学校塀	2005.12.26	220x105x60	イギリス積み
51	中州5丁目塀	2006.01.08	210x100x60	イギリス積み
52	修猷館高校塀	2006.01.09	230x110x60	長手積み
53	六本松3丁目塀	2006.01.11	210x100x60	長手積み
54	西新5丁目塀	2006.01.15	220x110x60	長手積み
60	七隈れんが	2006.02.21	230x110x60	



(a) 福岡高等商業学校正門跡(試料01):福岡大学広報課提供



(b) 九州大学事務局第一庁舎(試料31)



(c) 地震で倒壊した赤坂門塀(試料04,05)



(d) 元平尾浄水場の遺構(試料15,66)



(e) 大名小学校の塀(試料50)



(f) 桜坂2丁目駐車場の塀(試料41)

図1 福岡市内のれんが建造物

九大事務局(試料31)のグループとも異なる。これを福岡県産の他の粘土(表1)と比べれば、迎島粘土(試料23)にやや近い。元浄水場れんが(試料15)の成分に似たものに試料53がある。これは浄水場があった平尾山に連なる丘陵の一角にある駐車場の塀である。ここに以前何があったかは分からない。

試料18は福岡市文学館のれんがである。前報(1)で述べたように、この建物は明治42年(1909)に建造された国の重要文化財である。昨年3月の大地震の後、建物内部のれんがにき裂が生じて小片がこぼれ落ちていた。これを拾って試料18とした。この建物と連結してれんが造りの塀が建物の裏側を囲んでいる。この塀の建物側(図4a)はきれいだいが、外側の道路側はかなり傷みが見られ、特に上記の地震によるものか、あちこちにき裂が生じ、塀の根元にれんがの破片が散らばっている。これらを拾って試料19および67とした。

分析の結果(表3)から酸化鉄とマグネシアの含有率

を検討し、これより建物本体のれんが(試料18)は赤坂門(試料04)のグループに属し、外塀のれんが(試料19,67)は七隈れんが(試料60)のグループに属すると思われる。建物本体には他の地域からの上質のれんがを用い、外塀には安価な地元産のれんがを用いたのであろうか。外塀のれんがの寸法は七隈れんがのそれと同じで、古いタイプのものである。

なお、試料19と67は採取の時期は異なるが、成分分析の結果は互いによく一致している。

表2に記載した試料で、上記以外のものはすべてれんが造りの塀である。どれも明治末から大正時代の建造と思われ、したがって建造後長い年月を経ており、その表面を丹念に調べればれんが表面から薄片が脱落したり、粉末状になっている箇所がある。それらを集めて試料とした。現在も塀として使用されているのは試料40,42,50(図1e)、52および54で、試料41(図1f)、49,51および53は駐車場の一角に壊れかけて残っている塀の遺構

である。これらはどれもかなり傷んでおり、いずれ撤去されるであろう。試料20の神社の塀は去年の地震で倒壊した後、今はブロック塀に建て替えられている。

試料分析の結果、市内のれんが塀の大半は地元の七隈粘土でできていると思われる。その他は赤坂門塀のれんが（試料04）に似たもの、九大事務局のれんが（試料31）に似たもの、元浄水場のれんが（試料15）に似たものなどに分類される。

以上、福岡市内で採取した古いれんが試料の分析結果を整理して、酸化鉄の含有率から分類すれば次のようになる。(1) 4%のグループ；七隈れんが（試料60）を代表とする試料01, 02, 19, 67, 32, 33, 41, 50, 52および54で、れんがの原料は七隈粘土と考えられる。(2) 5～6%のグループ；赤坂門塀のれんが（試料04）を代表とする試料05, 18, 20, 40および49で、れんが原料の粘土は久留米産と思われる。(3) 8%のグループ；元浄水場のれんが（試料15）を代表とする試料66および53で、れんがの原料は筑後川下流域の迎島粘土と思われる。(4) 10%のグループ；九大事務局のれんが（試料31）を代表とする試料42および51で、れんがの原料は表1に列挙した福岡県産の粘土のどれにも適合しない。

2.2 柳川地区の古いれんが

表4に柳川地区で採取したれんが試料の明細を示す。柳川のように人災や自然災害が少ない、地方の古い町でも、今日まで残っているれんが造りの建造物は少ない。目につくものは古い民家の間にある駐車場のれんが塀で、この点は福岡市内と同じである。

試料63, 64（図2b）、65（図2c）、72および74（図2d）はすべて塀である。

試料64の「御花」の塀は図2（b）に示すように上から下までイギリス積みきれいに仕上げられている。れんがの寸法は現在の規格材よりも大きい。明治の末頃の建造である。

試料12は、明治43年（1910）に建造された上記「御花」の西洋館の、マントルピースのれんがである。去年3月の玄界島沖地震によって西洋館の一部が破損した。その修復の関係者を介して入手したものである。れんがの寸法は試料64の塀のそれと同じで、規格材より大きい。

上記の試料12と64ではれんがの使用目的、および試料入手の時期や方法は全く異なる。試料12は1個のれんがから採取したが、試料64は塀の表面の風化して脱落した粉末や薄片を集めたものである。にもかかわらず、成分

表3 福岡市内の古いれんがの化学成分（mass %）

試料番号	試料名称	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	ThO ₂
01	福商門柱	0.676	15.0	75.5	3.78	0.0010
02	九大材料	1.00	20.9	68.4	4.84	0.0010
04	赤坂門塀1	1.08	20.9	66.7	5.59	0.0009
05	赤坂門塀2	0.916	19.3	67.9	5.18	0.0016
15	植物園1	1.47	22.9	62.8	6.78	0.0012
66	植物園2	2.66	24.1	57.8	9.33	
18	福岡市文学館	1.33	18.9	67.4	5.52	
19	文学館外塀1	0.761	19.9	68.4	4.24	0.0014
67	文学館外塀2	0.846	20.3	66.5	4.05	
20	若宮神社	0.958	22.1	67.1	6.03	
31	九大事務局	5.58	18.7	57.0	10.7	
32	九大造船	0.636	17.1	72.8	4.34	
33	九大門衛所	0.827	18.7	69.7	4.43	0.0013
40	渡辺邸塀	0.815	20.7	62.8	6.02	
41	桜坂2丁目塀	0.763	19.9	69.7	5.40	0.0013
42	今泉1丁目塀	4.51	17.4	46.2	11.2	
49	赤坂2丁目塀	0.963	19.7	62.6	6.27	
50	大名小学校塀	1.05	21.0	63.2	5.43	0.0020
51	中州5丁目塀	5.56	18.8	51.7	12.0	
52	修猷館高校塀	1.01	21.3	67.2	4.94	
53	六本松3丁目塀	2.65	21.1	59.3	7.51	
54	西新5丁目塀	0.796	23.3	62.3	5.58	0.0012
60	七隈れんが	0.489	25.6	63.9	2.70	



(a) 並倉 (試料73)



(b) 柳川「御花」の塀 (試料64)



(c) 伝習館高等学校の塀 (試料65)



(d) 市役所裏の塀 (試料74)

図2 柳川市内のれんが建造物

分析をすると、表5に示すように、二つの試料で4成分ともすべてよく一致している。このことから試料12と64は同じ出所のれんがであると考えられる。

試料65の伝習館高校の塀は(図2c)、下半分はイギリス積みであるが上半分は長手積みで塀の壁を薄くしている。この塀はかなり傷んでいる。

試料73は並倉のれんがである。堀に沿って赤れんがが造りの一連の倉が並んでいる(図2a)。これを「並倉」と称して柳川の観光案内図に記載してある。これは鶴味噌醸造株式会社(明治6年創業)の現役の味噌倉である。会長の吉開希介氏および社長の吉開元治氏からこの倉について話を伺い、倉の内側かられんがが積みの様子を詳しく見せてもらい、さらに予備のれんがを一個頂戴した。倉の建造は大正時代で、れんがの寸法は、長さ240mm、幅115mm(表4)と大きく、これまで見た中で最大である。さらに、倉のれんが積みはフランス積みで、これもこれまで調べた中で唯一の例である。これについては後でまた述べる。

表4 柳川地区の古いれんが

試料番号	試料名称	試料採取日	れんがの寸法(mm)	れんがの積み方
63	柳川布橋	2006.02.23	200x100x55	長手積み
12	柳川「御花」	2005.04.23	230x110x60	
64	「御花」塀	2006.02.23	230x110x60	イギリス積み
65	伝習館高校塀	2006.02.23	210x100x60	イギリス積み
72	本吉屋塀	2006.03.07	230x110x60	長手積み
73	並倉	2006.03.07	240x115x60	フランス積み
74	市役所裏塀	2006.03.07	230x110x60	長手積み

表5に各試料の化学成分を示す。マグネシアから酸化鉄までの4成分の含有率は、市内のあちこちから採取したすべての試料でよく揃っている。平均値と標準偏差も合わせて示した。これより、柳川市内で使用された明治末から大正時代の古いれんがはすべて、柳川周辺のどこか一つの場所で、同じ原料(粘土)を使って焼かれたものと思われる。その場所はどこか?柳川から東へ約6km離れた瀬高ではないかと考えられるが、この地域のれ

表5 柳川地区の古いれんがの化学成分(mass %)

試料番号	試料名称	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	ThO ₂
63	柳川布橋	2.81	23.4	57.0	8.22	
12	柳川「御花」	2.09	20.0	63.7	6.25	
64	「御花」堀	2.02	19.3	61.2	6.64	
65	伝習館高校堀	2.00	20.4	60.8	6.94	
72	本吉屋堀	1.42	18.7	64.7	7.32	
73	並倉	1.92	19.8	64.3	6.84	
74	市役所裏堀	1.79	19.3	55.3	6.17	
平均値		2.01	20.1	61.0	6.91	
標準偏差		0.388	1.43	3.39	0.648	

んがについてはまだ調査していない。

柳川地区で採取したれんがが試料の化学成分（表5）と福岡県内の粘土の成分（表1）とを比べると、柳川市内のれんがの原料は久留米粘土（試料09）または迎島粘土（試料23）にやや近い。これら筑後川下流域の粘土は酸化トリウム ThO₂を含有せず、一方柳川地区で採取したすべての試料では、表5に示すように、酸化トリウムは検出されなかった。

2.3 大牟田市内の炭坑跡のれんが

大牟田市内にはかつて、炭坑がいくつもあったが今はそのすべてが廃坑になっている。そのうちの幾らかは国の重要文化財、史跡に指定され、そこには古いれんが造りの建造物を含めて鉱山設備の一部が残っている。しかし上記の指定にもかかわらず、これらの設備・遺構を保存し、後世に残そうという熱意は乏しいように感じられる。廃坑跡のれんが造りの建造物は、実用的で不格好な鉱山の建物であって、市街地にある優美な赤れんが造りの建物と違い、鑑賞に訪れる人も少ないようである。どの廃坑跡も人気のない広い空き地の中で、生い茂る草むらにひっそりと埋もれ朽ちかけている。その静寂さはこれらの炭坑の歴史、その地底で行われたかつての過酷な採炭作業を思うとき、明るい真昼においてすら鬼哭啾々の感を覚える。

表6に、採集した試料の明細を示す。試料43、45および48以外は廃坑跡で採取したものである。

試料43は、明治28年（1895）に建造された三井三池製作所の鍛冶工場のれんがである。この工場の跡地（大牟田市東新町）に鍛冶工場の一部遺構が保存展示されている。なお、これら炭坑遺跡に関する年代は、主として大牟田石炭産業科学館のパンフレット「大牟田近代化遺産」による。

試料44は宮浦坑跡で採取したものである。れんが積み

表6 大牟田市内の炭坑跡のれんが

試料番号	試料名称	試料採取日	れんがの寸法(mm)	れんがの積み方
43	三井三池	2005.12.25	220x110x60	
44	宮浦坑	2005.12.25	220x110x60	イギリス積み
45	三池工校堀	2005.12.25	220x110x60	イギリス積み
46	宮原坑1	2005.12.25	220x105x60	イギリス積み
47	宮原坑2	2005.12.25	225x110x55	イギリス積み
48	大浦坑碑	2005.12.25	220x100x45	長手積み
68	万田坑1	2006.03.04	220x110x60	イギリス積み
69	万田坑2	2006.03.04	220x110x60	イギリス積み
70	万田坑3	2006.03.04	210x110x60	イギリス積み
71	万田坑堀	2006.03.04	230x110x60	イギリス積み

料とした。

宮浦坑（大牟田市宮浦町）は明治20年（1887）開坑、昭和43年（1968）廃坑で、その跡は重要文化財に指定され、周辺は宮浦石炭記念公園として整備されている。ここには、明治21年（1888）に建造された、高さ31.3mのれんが造りの大きな煙突があり、登録有形文化財である。

明治6年（1873）に三池炭坑は官営になり、明治22年（1889）に炭坑のすべてが三井組に払い下げられた。宮浦坑とその大煙突は官営時代の建造物である。

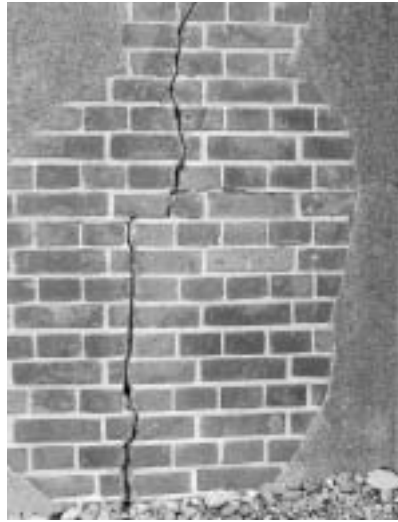
試料45は、現在の三池工業高等学校の堀（図2b）で採取したもので、堀の根元に散らばっているれんがの小片である。高さ5～6m、長さ600mのれんが造りのこの堀は、かつての三池集治監（三池監獄）の外壁である。

この監獄は明治16年（1883）に開庁、昭和6年（1931）に閉庁の、石炭採掘を目的とした囚人収監施設である。三池炭坑が官営となった10年後にこの監獄が作られ、以後官営、三井時代を通して約半世紀の間、囚人たちは坑夫とし採炭に従事させられた。

この監獄から南へ1キロほどの所に宮原坑跡（図3c）がある。この炭坑は明治31年（1898）に開坑、昭和6年（1931）廃坑で、その跡は国の重要文化財、史跡に指定



(a) 宮浦坑跡 (試料44)



(b) 三池工業高等学校の塀 (試料45)



(c) 宮原坑跡 (試料46, 47)



(d) 万田坑跡 (試料68~71)

図3 大牟田市内炭坑跡のれんが建造物

されている。「三池炭坑」(7)によれば、三池監獄から囚人たちは鎖に繋がれ、看守の監視のもとに宮原坑へ通い、坑内で働いた。彼らは宮原坑を修羅坑と呼んで恐れた、と大牟田市教育委員会の案内板にある。

試料46は宮原坑のれんが積みの坑口で、試料47はれんが造りの機械室で採取したものである。

試料68~71の4点は万田坑(荒尾市)で採取したものである。この炭坑(図3d)は明治35年(1902)に開坑、昭和26年(1951)廃坑で、その跡は国の重要文化財、史跡に指定されている。巻上機室、ボイラ室、保安室など

の建物、塀などが残っており、これらはすべてれんが造りである。どの建物も風化して傷み、あちこちにれんがの破片が散らばっている。これを拾って試料とした。

最後に、試料48は大浦坑記念碑のれんがである。大牟田市諏訪町に、明治41年(1908)竣工の三池港倶楽部があり、その庭にれんが積みの記念碑がある。団琢磨^[注]の書で「大浦坑遺址」大正15年6月とある。

大浦坑は宮浦坑よりもさらに東の山の手にあり、明治6年(1973)に官営化、明治22年(1889)に三井組に払い下げ、大正10年(1921)に廃坑で、炭層は立派だった

表7 大牟田市内炭坑跡のれんがの化学成分 (mass %)

試料番号	試料名称	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	ThO ₂
43	三井三池	1.25	15.8	70.9	5.79	
44	宮浦坑	2.74	24.6	57.5	7.15	
45	三池工校堀	1.12	20.1	66.8	4.83	
46	宮原坑1	1.30	23.4	67.2	6.70	
47	宮原坑2	1.08	20.1	62.4	5.28	0.0013
48	大浦坑碑	1.22	27.9	45.6	10.7	
68	万田坑1	0.957	19.0	59.2	6.34	
69	万田坑2	0.973	23.3	62.0	7.66	
70	万田坑3	1.92	22.8	58.5	7.04	
71	万田坑堀	0.794	17.1	69.8	5.87	

ようである(7)。

この碑のれんがの厚さは、これまで見た中で最も薄い45mmである。その表面は風化して薄片が脱落しており、それを集めて試料とした。

表7に各試料の化学成分を示す。試料45と48を除く8点の試料で、かなりのばらつきはあるが四つの成分は互いにかなりよく似ている。これを表1に示す福岡県産の粘土の成分と比べると、大牟田粘土(試料10)にやや近い。これより三池炭坑の施設の多くは地元の粘土を焼いたれんがを使用したと思われる。

試料45の三池監獄の堀のれんが成分は大牟田粘土とは異なる。建造が明治初期であり、また政府直轄の施設であるため、他の先進地(福岡県外)から上質のれんがを移入したものであろう。

試料48の大浦坑碑のれんがは酸化鉄の含有率が10%もあり、試料45とも異なる。れんがの原料は表1に示した福岡県産の粘土のどれにも適合しない。三井の理事長団琢磨ゆかりの大浦坑記念の碑であるため、特別に他で作せられたれんがと思われる。

3. れんがの積み方

れんがの積み方にはイギリス積み、フランス積み、小口積み、長手積みなどがある(8)。本報に記載した建造物ではその多くがイギリス積みであった。民家の堀では長手積みが多く見られるが、この場合も堀の下半分を厚くしてイギリス積みをしているものもある。小口積みは3例あり、福岡市文学館(試料18)、九大事務局(試料31)および九大門衛所(試料33)である。フランス積みは柳

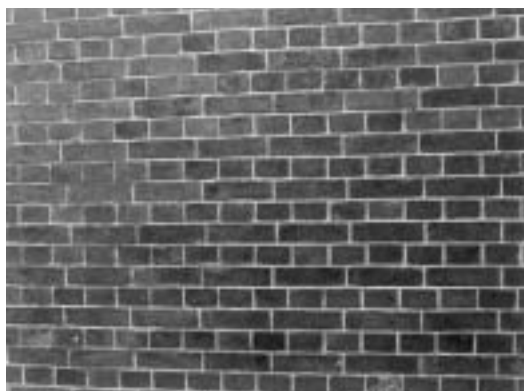
川並倉(試料73)の1例のみである。

図4(a)にイギリス積みの例を示す。明治42年(1909)に建造された福岡市文学館の、外壁(試料19, 67)部分を建物の内側から見たものである。れんがは左右、上下に整然と積み、全体は一つのきれいな平面をなしており、これを積み上げた当時のれんが職人の見事な腕前を今に見ることができる。明治末の当時、一人前のれんが職人は表張りで1日千本のれんがをつけるのが標準だったそうである(9)。

図4(b)にフランス積みの例を示す。これは前述したように柳川並倉(試料73)で、大正時代(1912~25)に建造されたものである。これまでに調査した福岡県内の約70点のれんが建造物で、フランス積みはこの1例のみである。これを積んだ職人はどこから来て、並倉の仕事の後、どこへ行ったか。日本でフランス積みが見られるのは明治10年代の半ばまでで、それ以降は主としてイギリス積みに移行したといわれている(10)。それから約30年後に、九州の一地方に突然、古い手法のフランス積みが見られた。これは技術史的に興味深い問題と思われる。図4(b)に示す柳川並倉は、掘り割り水に映る赤れんがの美しい建物、という観光資源としての価値だけでなく(もちろん今も味噌蔵として活用されているが)、産業技術史的にも貴重な存在価値がある。

図4(c)は、図1(c)に示した福岡市赤坂門の堀(試料04, 05)が2005年3月20日の地震によって崩壊した後、その年の秋に修理されたものである。大正初期に建造されたこの堀はきちんと仕上げられたイギリス積みであった。元のれんがを出来るだけ使って修理されたものの、その結果は図4(c)に示すように、ぶざまに見えるに耐えない。れんがの積み方は、一見前と同じイギリス積み風である。しかし、れんが積みの原則である「縦方向の目地をまっすぐ通すな」を一切無視して無造作に積み重ねている。目地塗りは稚拙なうえに雑である。このれんがを

[注] 団琢磨(1858-1932)、旧福岡藩士。MIT鉱山学科卒。三井三池炭坑の初代事務長。エンジニアとして、また経営者として三池炭坑の発展に尽力。後に三井合名会社理事長。昭和7年(1932)右翼団体血盟団によって射殺された。



(a) 福岡市文学館の外塀(試料19,67) : イギリス積み



(b) 柳川並倉 (試料73) : フランス積み



(c) 福岡市赤坂門塀(修理後) : イギリス積み風

図4 れんがの積み方

積んだ作業者の腕は、約百年前に図4(a)の塀を積んだ職人に比べればまるで素人である。このような仕事はれんが積みとしては見苦しく、修復したとは言い難い。

4. おわりに

福岡市内、柳川地区および大牟田市内の炭坑跡から採取したれんが試料を化学分析し、成分の差異を比較・検討した。どの試料も、明治時代から昭和の初め頃までに建てられた赤れんが造りの建造物および遺構から採取したものである。

これら3地域のそれぞれで、地域内のれんが試料の化学成分の割合にある共通性が見られる。この特性は、上記の3地域で、互いに異なる。このことは、それぞれの地域で使用されたれんがの原料である粘土の違いを反映

していると考えられる。これより、各地域で使用されたれんがの製造地、およびその原料である粘土の産地がどこであるかがある程度推測できると思われる。

ただし、福岡市内の赤れんが建造物は、他の2地域のそれらに比べ、使用目的に大きな幅がある。このため使用された赤れんがの一部に、成分の割合が他と大きく異なるものがある。このようなれんがは、本報で取り上げた地域以外から持ち込まれたものと思われる。

赤れんが造りの建造物は、福岡県内の上記3地域では昭和初期以降は建てられていないようである。現存するものも、一部を除いて、そのほとんどが使命を終え、建造後80年以上経過したいま、どれもかなりの風化が見られる。特に福岡市内に今も残っているれんが建造物の大部分は塀であるが、その多くは昨年3月20日の大地震でひび割れ、倒壊し、そのほとんどが修復されることなく消滅した。

この研究にあたり、次の方々のお世話になった。渡辺鉄工株式会社の社長渡辺英雄氏は福岡市内の古い赤れんがについて種々教示され、さらに自邸の赤れんが塀からの試料の採取を許可された。七隈粘土製作所の大原利彦氏は福岡市七隈地区の粘土について多大のご教示をされ、さらに古いれんがを提供された。柳川市の鶴味噌醸造株式会社の会長吉開希介氏および社長の吉開元治氏は古い赤れんが造りの味噌蔵の見学を許可し、案内され、そのうえ、予備のれんがを下さった。福岡大学史資料室の後藤正明氏からは七隈地区の歴史と煉瓦山の位置について有益な教示を受けた。工学部資源循環・環境グループの武下俊宏助教授には蛍光X線分析で、山本俊浩助教授には試料の作製等で、継続して全面的なご援助を受けた。以上の方々のお名前を記して厚くお礼を申し上げます。

付 録

本報に記載した粘土(表1の5点)と赤れんが(表2,

4および6に記載の合計40点)を合わせた45点の試料の化学分析の詳細を表8～15に示す。ただし、粘土で試料09および23、福岡市内のれんがで試料02, 04, 15, 19および20は第1報(1)に記載しており、ここでは省く。なお試料記載の順は、本文の記述順にしたがう。表8の最初の三つだけが粘土で、残りはすべてれんがである。

参 考 文 献

- (1) 百武秀, 福岡大学工学集報, 第76号, (2006), p.169, 福岡大学.
- (2) 平岡昭利 (編), 九州一地図で読む百年, (1997), p.2, 古今書院.
- (3) 七隈郷土史研究会 (編), 七隈郷土誌, (1986), p.91, 海鳥社.
- (4) 竹内清和, 耐火煉瓦の歴史, (1999), p.46, 内田老鶴園.
- (5) 福岡市史, 第1巻明治編, (1959), p.835, 福岡市役所.
- (6) 工業技術連絡会議窯業連絡部会, 日本の窯業原料, (1992), p.179, ティー・アイ・シー.
- (7) 森弘太, 原田正純, 三池炭坑, (1999), 日本放送出版協会.
- (8) 堤一郎, 職業能力開発総合大学校紀要, 第35号B, (2006), p.57, 職業能力開発総合大学校.
- (9) 竹田米吉, 職人, (1991), p.185, 中公文庫, 中央公論新社.
- (10) 水野信太郎, 日本煉瓦史の研究, (1999), p.244, 法政大学出版局.

表8 粘土およびれんがの化学成分(mass %)

試料番号	57	34	10	01	05
F	0.207	0.214	0.151	0.0763	0.0248
Na ₂ O	0.342	0.312	0.587	0.629	0.470
MgO	0.787	0.760	1.58	0.676	0.916
Al ₂ O ₃	32.4	32.3	27.7	15.0	19.3
SiO ₂	59.0	55.8	57.6	75.5	67.9
P ₂ O ₅	0.0343	0.0451	0.157	0.0980	0.112
SO ₃	0.0788	0.0854	0.0202	0.0603	1.08
Cl	0.0116	0.0229	0.0068	0.0066	0.0411
K ₂ O	0.0133	3.21	3.11	2.02	2.72
CaO	0.310	2.36	0.338	0.849	0.937
TiO ₂	0.672	0.539	1.01	0.948	0.919
Cr ₂ O ₃	0.0108	0.0081	0.0222	0.0123	0.0164
MnO	0.0533	0.0853	0.0429	0.0489	0.0991
Fe ₂ O ₃	3.57	4.04	7.53	3.78	5.18
Co ₂ O ₃	0.0045	0.0030	0.0000	0.0375	0.0155
NiO	0.0035	0.0042	0.0098	0.0041	0.0052
CuO	0.0030	0.0027	0.0103	0.0038	0.0033
ZnO	0.0209	0.0127	0.0172	0.0074	0.0119
Ga ₂ O ₃	0.0055	0.0039	0.0049	0.0028	0.0028
Rb ₂ O	0.0122	0.0119	0.0153	0.0083	0.0132
SrO	0.0074	0.0142	0.0067	0.0095	0.0100
Y ₂ O ₃			0.0077		
ZrO ₂	0.0535	0.0170	0.0283	0.0327	0.0273
Nb ₂ O ₅	0.0026	0.0016		0.0020	0.0024
SnO ₂	0.0057				
BaO	0.0470	0.0739	0.0539	0.0477	0.0621
Au ₂ O	0.0024				
WO ₃		0.0064		0.137	0.0808
PbO	0.0042	0.0048	0.0035	0.0110	0.0064
ThO ₂	0.0013	0.0017	0.0012	0.0010	0.0016

表9 れんがの化学成分 (mass %)

試料番号	66	18	67	31	32
F				0.0919	
Na ₂ O	1.13	1.61	2.27	1.20	0.888
MgO	2.66	1.33	0.846	5.58	0.636
Al ₂ O ₃	24.1	18.9	20.3	18.7	17.1
SiO ₂	57.8	67.4	66.5	57.0	72.8
P ₂ O ₅	0.140	0.0624	0.0988	0.102	0.0646
SO ₃	0.0760	0.124	0.977	0.0391	0.0231
Cl	0.0045	0.0171	0.0202	0.0050	0.0082
K ₂ O	1.95	3.05	2.67	1.46	2.46
CaO	1.03	0.808	1.12	3.00	0.506
TiO ₂	1.54	0.810	0.979	1.58	0.912
Cr ₂ O ₃	0.0293	0.0181	0.0142	0.0758	0.0185
MnO	0.0910	0.0881	0.0569	0.282	0.0587
Fe ₂ O ₃	9.33	5.52	4.05	10.7	4.34
Co ₂ O ₃	0.0057	0.0089	0.0063	0.0094	0.0034
NiO	0.0089	0.0057	0.0048	0.0382	0.0043
CuO	0.0060	0.0039	0.0042	0.0068	0.0029
ZnO	0.0125	0.0116	0.0115	0.0129	0.0115
Ga ₂ O ₃	0.0041	0.0030	0.0032	0.0035	0.0028
As ₂ O ₃				0.0060	
Rb ₂ O	0.0102	0.0126	0.0115	0.0093	0.0122
SrO	0.0088	0.0111	0.0206	0.0150	0.0105
ZrO ₂	0.0272	0.0228	0.0304	0.0245	0.0269
Nb ₂ O ₅	0.0022	0.0017	0.0023	0.0026	0.0022
BaO	0.0366	0.0667	0.0523	0.0371	0.0601
WO ₃	0.0165	0.0511	0.0339	0.0143	0.0261
Au ₂ O	0.0072				
PbO	0.0083	0.0049	0.0056	0.0027	0.0093

表10 れんがの化学成分 (mass %)

試料番号	33	40	41	42	49
F				0.198	0.155
Na2O	1.25	0.496	0.332	1.71	1.17
MgO	0.827	0.815	0.768	4.51	0.963
Al2O3	18.7	20.7	19.9	17.4	19.7
SiO2	69.7	62.8	69.7	46.2	62.6
P2O5	0.0472	0.0681	0.123	0.222	0.958
SO3	0.137	3.64	0.0410	7.18	1.40
Cl	0.0116	0.0391	0.0093	0.416	0.661
K2O	2.64	1.82	1.94	0.903	2.04
CaO	1.11	2.19	0.379	8.03	2.70
TiO2	0.868	1.16	1.14	1.53	1.10
Cr2O3	0.0157	0.0257	0.0159	0.0362	0.0168
MnO	0.0376	0.0699	0.0667	0.349	0.0947
Fe2O3	4.43	6.02	5.40	11.2	6.27
Co2O3	0.0070	0.0043	0.0089	0.0078	0.0032
NiO	0.0044	0.0070	0.0051	0.0110	0.0059
CuO	0.0035	0.0031	0.0031	0.0104	0.0030
ZnO	0.0430	0.0090	0.0083	0.0181	0.0172
Ga2O3	0.0033	0.0038	0.0030	0.0023	0.0034
Rb2O	0.0133	0.0108	0.0102	0.0033	0.0098
SrO	0.0123	0.0078	0.0086	0.0190	0.0120
Y2O3				0.0047	
ZrO2	0.0250	0.0350	0.0379	0.0160	0.0279
Nb2O5	0.0018	0.0030	0.0024		0.0020
BaO	0.0576	0.0346	0.0437	0.0384	0.0408
Yb2O3				0.0060	
WO3	0.0477	0.0165	0.0502		0.0120
Au2O				0.0081	0.0066
PbO	0.0042	0.0052	0.0065	0.0042	0.0071
ThO2	0.0013		0.0013		

表11 れんがの化学成分 (mass %)

試料番号	50	51	52	53	54
F					0.201
Na2O	1.39	2.33	0.481	2.58	0.733
MgO	1.05	5.56	1.01	2.65	0.796
Al2O3	21.0	18.8	21.3	21.1	23.3
SiO2	63.2	51.7	67.2	59.3	62.3
P2O5	0.0941	0.121	0.114	0.212	0.0838
SO3	2.48	0.294	0.190	0.310	0.721
Cl	0.178	0.0078	0.0291	0.0171	0.375
K2O	2.04	0.580	2.17	2.36	2.35
CaO	1.69	6.16	1.15	2.46	2.43
TiO2	1.17	2.08	1.14	1.05	0.920
Cr2O3	0.0149	0.0416	0.0151	0.0214	0.0152
MnO	0.0653	0.221	0.105	0.169	0.0420
Fe2O3	5.43	12.0	4.94	7.51	5.58
Co2O3	0.0080	0.0082	0.0041	0.0072	0.0064
NiO	0.0051	0.0127	0.0058	0.0082	0.0050
CuO	0.0036	0.0094	0.0031	0.0060	0.0055
ZnO	0.0115	0.0172	0.0113	0.0146	0.0219
Ga2O3	0.0030	0.0030	0.0035	0.0032	0.0039
As2O3			0.0055		
Rb2O	0.0097	0.0020	0.0108	0.0100	0.0110
SrO	0.0157	0.0176	0.0116	0.0277	0.0105
Y2O3		0.0056			
ZrO2	0.0344	0.0115	0.0335	0.0175	0.0332
Nb2O5	0.0026		0.0023	0.0019	0.0026
BaO	0.0553		0.0547	0.0561	0.0418
Lu2O3					0.0018
WO3	0.0352	0.0164	0.0165	0.0134	0.0598
Au2O	0.0064	0.0065	0.0044		
PbO	0.0083		0.0029	0.0076	0.0051
ThO2	0.0020				0.0012

表12 れんがの化学成分 (mass %)

試料番号	60	63	12	64	65
F		0.0726		0.136	0.221
Na ₂ O	0.922	1.83	1.57	1.85	1.50
MgO	0.489	2.81	2.09	2.02	2.00
Al ₂ O ₃	25.6	23.4	20.0	19.3	20.4
SiO ₂	63.9	57.0	63.7	61.2	60.8
P ₂ O ₅	0.0332	0.152	0.119	0.136	0.130
SO ₃	0.738	0.476	0.313	1.91	1.55
Cl	0.284	0.0435	0.0043	0.0372	0.0909
K ₂ O	3.89	2.19	2.12	2.05	1.99
CaO	0.670	2.40	2.53	3.30	2.97
TiO ₂	0.527	1.06	0.941	0.951	0.971
Cr ₂ O ₃	0.0071	0.0221	0.0151	0.0183	0.0137
MnO	0.0439	0.127	0.190	0.254	0.250
Fe ₂ O ₃	2.70	8.22	6.25	6.64	6.94
Co ₂ O ₃	0.0071	0.0066	0.0043	0.0067	
NiO	0.0033	0.0085	0.0056	0.0058	0.0057
CuO	0.0026	0.0060	0.0032	0.0039	0.0041
ZnO	0.0071	0.0188	0.0099	0.0126	0.0130
Ga ₂ O ₃	0.0037	0.0035	0.0028	0.0029	0.0032
Rb ₂ O	0.0123	0.0089	0.0088	0.0089	0.0086
SrO	0.0118	0.0234	0.0273	0.0301	0.0295
ZrO ₂	0.0254	0.0202	0.0144	0.0139	0.0155
Nb ₂ O ₅	0.0017	0.0017	0.0017	0.0016	0.0016
BaO	0.0814	0.0584	0.0494	0.0474	0.0488
WO ₃	0.0519	0.0132	0.0207	0.0273	0.0100
Au ₂ O		0.0073			
PbO	0.0022	0.0102	0.0043	0.0050	0.0047

表13 れんがの化学成分 (mass %)

試料番号	72	73	74	43	44
F	0.0748	0.0893			
Na ₂ O	1.66	1.61	1.67	1.34	1.61
MgO	1.42	1.92	1.79	1.25	2.74
Al ₂ O ₃	18.7	19.8	19.3	15.8	24.6
SiO ₂	64.7	64.3	55.3	70.9	57.5
P ₂ O ₅	0.0797	0.0933	0.106	0.0890	0.0606
SO ₃	0.0239	0.0828	6.30	0.0373	1.12
Cl	0.0048	0.0053	0.306		0.0301
K ₂ O	1.99	2.13	1.80	2.72	2.41
CaO	2.67	1.81	6.05	0.883	1.25
TiO ₂	1.04	1.06	0.895	0.928	1.22
Cr ₂ O ₃	0.0152	0.0191	0.0121	0.0238	0.0240
MnO	0.232	0.131	0.116	0.0409	0.0912
Fe ₂ O ₃	7.32	6.84	6.17	5.79	7.15
Co ₂ O ₃	0.0044	0.0041	0.0047	0.0066	0.0040
NiO	0.0060	0.0072	0.0050	0.0061	0.0086
CuO	0.0035	0.0047	0.0049	0.0041	0.0059
ZnO	0.0125	0.0130	0.0118	0.0105	0.0196
Ga ₂ O ₃	0.0032	0.0028	0.0029	0.0029	0.0040
GeO ₂			0.0005		
As ₂ O ₃				0.0027	
Rb ₂ O	0.0088	0.0094	0.0070	0.0132	0.0104
SrO	0.0278	0.0228	0.0275	0.0177	0.0130
ZrO ₂	0.0181	0.0199	0.0159	0.0238	0.0231
Nb ₂ O ₅	0.0017	0.0018	0.0018	0.0024	0.0017
BaO	0.0445	0.0480	0.0498	0.0444	0.0591
WO ₃	0.0133	0.0131	0.0143	0.0438	0.0067
Au ₂ O			0.0071		0.0076
PbO	0.0035	0.0067	0.0051		0.0059

表14 れんがの化学成分 (mass %)

試料番号	45	46	47	48	68
F				0.205	0.0851
Na ₂ O	1.57	1.22	1.41	0.309	1.50
MgO	1.12	1.30	1.08	1.22	0.957
Al ₂ O ₃	20.1	23.4	20.1	27.9	19.0
SiO ₂	66.8	62.2	62.4	45.6	59.2
P ₂ O ₅	0.0548	0.0744	0.0588	0.0834	0.0694
SO ₃	0.138	0.119	4.00	6.17	5.75
Cl	0.0082	0.0373	0.122	0.0255	0.0515
K ₂ O	2.64	2.19	1.86	1.63	2.05
CaO	1.44	1.18	2.29	4.64	3.55
TiO ₂	1.03	1.23	1.07	1.26	1.09
Cr ₂ O ₃	0.0184	0.0137	0.0145	0.0176	0.0130
MnO	0.0389	0.107	0.0784	0.119	0.0931
Fe ₂ O ₃	4.83	6.70	5.28	10.7	6.34
Co ₂ O ₃	0.0043	0.0038	0.0028	0.0063	0.0046
NiO	0.0036	0.0046	0.0044	0.0074	0.0050
CuO	0.0034	0.0041	0.0029	0.0057	0.0042
ZnO	0.0188	0.0550	0.0111	0.0268	0.0129
Ga ₂ O ₃	0.0033	0.0034	0.0029	0.0047	0.0030
Rb ₂ O	0.0258	0.0100	0.0089	0.0100	0.0096
SrO	0.0229	0.0242	0.0170	0.0098	0.0280
ZrO ₂	0.0252	0.0331	0.0342	0.0243	0.0326
Nb ₂ O ₅	0.0014	0.0019	0.0017	0.0024	0.0017
BaO	0.0415	0.0511	0.0469	0.0396	0.0608
WO ₃	0.0162	0.0126	0.0123		0.0289
Au ₂ O	0.0065	0.0054			
PbO	0.0048	0.0074	0.0046	0.0053	0.0065
Bi ₂ O ₃	0.0026				
ThO ₂			0.0013		

表15 れんがの化学成分 (mass %)

試料番号	69	70	71
F	0.0173	0.141	0.0606
Na ₂ O	0.700	1.40	1.15
MgO	0.973	1.92	0.794
Al ₂ O ₃	23.3	22.8	17.1
SiO ₂	62.0	58.5	69.8
P ₂ O ₅	0.0557	0.102	0.0603
SO ₃	0.809	1.99	0.255
Cl	0.0086	0.0941	0.0153
K ₂ O	1.83	2.04	2.14
CaO	1.05	2.56	1.50
TiO ₂	1.29	1.09	1.02
Cr ₂ O ₃	0.0176	0.0166	0.0133
MnO	0.0846	0.160	0.0724
Fe ₂ O ₃	7.66	7.04	5.87
Co ₂ O ₃	0.0029	0.0035	0.0059
NiO	0.0050	0.0069	0.0042
CuO	0.0053	0.0053	0.0038
ZnO	0.0255	0.0238	0.0120
Ga ₂ O ₃	0.0038	0.0034	0.0027
Rb ₂ O	0.0110	0.0096	0.0099
SrO	0.0168	0.0200	0.0194
ZrO ₂	0.0367	0.0223	0.0308
Nb ₂ O ₅	0.0019	0.0019	0.0020
SnO ₂	0.0158		0.0082
BaO	0.0443	0.0507	0.0421
Ta ₂ O ₅			0.0038
WO ₃	0.0170	0.0077	0.0496
Au ₂ O	0.0051		
PbO	0.0067	0.0069	0.0069