

(資 料)

福岡地方の古い赤れんがの化学成分： 第3報 鉄道関連施設*

百 武 秀**

The Chemical Composition of the Old Bricks near Fukuoka Area:
Uilities for the Rail Way

Hiizu HYAKUTAKE

Key Words: Brick, Rail way, X-ray fluorescence analysis

1. はじめに

福岡地方の古い（少なくとも80年以上前に作られた）赤れんがについて化学成分の定量分析を行い、これよりそのれんがの主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がかなり可能であることをこれまで報告してきた。(1, 2)

本報では、上記の方法を福岡地方の鉄道関連施設に使用されている古い赤れんがに適用して、その産地を検討する。さらに、第1報(1)で提示した疑問、すなわち明治22年(1889)に建造された九州鉄道城山三連橋梁(図4a)のれんがはドイツから輸入したものか、それとも国産品か、についても検討する。

前報(2)で述べたとおり、福岡地方には現存する古い赤れんがの建造物は少ない。文化財に指定されている少数の建物以外に目にする数少ない赤れんが造りは、町の中では主として駐車場の塀であり（以前そこには広い屋敷があった）、郊外では古い農家の納屋くらいである。例外として大牟田市内の炭坑跡地(2)および門司の大里地区、かつてそこには各種の工場が集中していた、に赤れんが造りの建造物がいくつか残っている。これらはいずれも工場の建物や倉庫である。

一方、福岡地方の鉄道関連の施設には、古い赤れんが造りの建造物を今もいくつか見ることができる。日本では初期の鉄道工事にれんがは広く使用されていた。「明

治から大正期にかけて、標準的な建設材料としてれんがは最も安価だったため、全国的に普及した。当時セメントは高価だった。」(3)

鉄道関連の施設におけるれんがの使用例として、トンネル、アーチ橋、橋の下部構造である橋台や橋脚(4)、さらにれんが造りの機関車庫(5)、危険品庫(6)などがある。しかし現在の福岡地方では、これられんが建造物の多くは、特に都市近郊では、ほとんどがコンクリート造りに作り替えられている。

採取したれんが試料は、鹿児島本線の博多一折尾間で22点、平成筑豊鉄道の直方―油須原間で19点、唐津線の佐賀―山本間で5点、旧九州鉄道の遺構4点の総計50点である。これらの各試料を、建造物の使用別に分類して表1に示す。分類別ごとの事例は次章で図示し、また分類の4番以降については次章で説明する。

れんが試料の化学成分の定量分析には、前報(1, 2)と同じく蛍光X線分析法を用いた。その装置は福岡大学資源循環・環境制御システム研究所（北九州市若松区）のものである。

2. 分析結果および考察

2.1 鹿児島本線、博多一折尾間のれんが

九州で鉄道が最初に敷かれ、開業されたところは、第1報(1)で述べたように、明治22年(1889)12月の博多―久留米間である。その2年後の明治24年4月には博多―門司間も開通した。現在この路線、門司―博多―久留米間は鹿児島本線の一部で、九州内で列車の運行が最も密である。なお九州鉄道については2.4で述べる。

* 平成18年11月30日受付

** 福岡大学名誉教授

表1 赤れんが造りの鉄道関連施設

使用別分類	試料数	試料番号
1. トンネル	1	56
2. アーチ橋	6	16,21,101,131,133,142
3. 橋台、橋脚	19	27,29,30,37,61,62,113,116,117,125,126,127,130,149,159,160,161,162,164
4. 鉄道をまたぐ道路の橋台	5	26,35,121,122,124
5. 鉄道の土手を貫くトンネル	8	129,143,144,147,148,150,151,163
6. プラットホーム	5	114,115,118,119,146
7. その他(危険品倉庫など)	6	11,55,123,128,132,145
合 計	50	

本節では、鹿児島本線の博多－折尾間で鉄道関連施設として現存する赤れんが造りの建造物から採取した22点の試料の調査結果について述べる。この区間が九州鉄道によって開通した時期は、博多－赤間間が明治23年(1890)9月、赤間－遠賀川間が同年11月、遠賀川－黒崎間が翌明治24年2月である。同じ年の4月に黒崎－門司間が開通した。(7)したがって、今回博多－折尾間(48.1km)で採取した試料のれんがは、いずれも明治20年代初めに製造されたものと考えられる。

現在の鹿児島本線は、後述するように、建設時の路線から離れている部分が数箇所ある。今は使用されなくなった当初の路線跡に、明治20年代初めに建造された赤れん

が造りの遺構がいくつか残っている。これらについては2.4で述べる。

表2に採取したれんが試料22点の明細を示す。博多から折尾へ向かう順に列記している。この区間には赤れんが造りの建物はない。れんが造りで多いものは表1の分類で3番の橋台および5番の、線路の土手を貫くトンネルである。

橋台は橋桁(ガード)を支えるものであるが、橋脚と違って橋梁端部の建造物であり、したがって土圧も支える構造になっている。古い橋台ではれんが造りが多い。実例は図1(a), (b), (d) および (e) である。

鉄道の土手を貫くトンネルの実例を図1の(c) およ

表2 鹿児島本線、博多－折尾間のれんが試料

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	分類
1 1 3	和白白浜橋台	2006.06.17	225x110x60	イギリス積	3
1 1 4	古賀駅ホーム	2006.06.17	230x110x60	イギリス積	6
1 4 6	福岡駅ホーム	2006.10.01	225x110x60	イギリス積	6
3 5	東福岡橋台	2005.11.24	220x110x60	イギリス積	4
2 6	教育大前橋台	2005.11.15	220x110x60	イギリス積	4
1 4 7	谷	2006.10.01	225x110x60	イギリス積	5
1 4 8	浦之谷	2006.10.01	225x110x60	イギリス積	5
1 4 9	古賀の原	2006.10.01	225x110x60	イギリス積	3
1 5 0	土力	2006.10.01	225x110x60	イギリス積	5
1 5 1	道勢	2006.10.01	225x110x60	イギリス積	5
1 4 3	広丸	2006.09.23	225x110x60	イギリス積	5
1 4 4	海老津	2006.09.23	225x110x60	イギリス積	5
1 5 9	横川	2006.10.26	225x110x55	イギリス積	3
1 6 0	頭無	2006.10.26	225x110x55	イギリス積	3
1 6 1	遠賀川左岸	2006.10.26	225x110x60	イギリス積	3
1 6 2	遠賀川右岸	2006.10.26	225x110x55	イギリス積	3
1 6 3	遠賀川東	2006.10.26	225x110x55	イギリス積	5
1 6 4	島内第2	2006.10.26	225x110x55	イギリス積	3
2 7	折尾駅橋台	2005.11.15	225x110x60	イギリス積	3
1 2 8	折尾駅地下1	2006.09.07	225x110x60	イギリス積	7
1 4 5	折尾駅地下2	2006.09.23	220x110x60	イギリス積	7
3 7	折尾鷹見	2005.11.24	225x110x55	イギリス積	3

び (f) に示す。教育大前一海老津間の山間部および遠賀川付近の低地では、線路は盛り土の高い土手の上に敷かれている。この土手を貫いて水路や農道のためのトンネルが作られており、そのトンネルは赤れんが造りのアーチである。このようなトンネルの所在は国土地理院25,000分の1地図である程度知ることができる。

香椎駅から門司へ向かって約3kmの白浜に、赤れんが造りの古い橋台がある(図1a)。ここで香椎線が鹿児島本線をまたいでいる。旧海軍が明治20年代に、福岡東部の須恵に軍艦燃料用の炭坑を開き、その石炭を博多湾岸に運ぶための鉄道、現在の香椎線を明治30年代末(1904年頃)に敷いた。その時、当時の九州鉄道をまたぐ高架とした。(8) この高架は現在も使用されているが、橋台はかなり傷んでおり、その根元にはれんがの破片がいくつも散らばっている。その一つを拾って試料113とした。

香椎の次の古賀駅、福岡駅はともに、明治23年の路線開通時に開業した。これら二つの駅で、一部のプラットホームの下部は赤れんが積みで、それが現存している。後述の平成筑豊鉄道でも、古い駅のプラットホームにれんが積を見ることができる(図2b)。これらのれんがは路線開業時のもので、100年以上は経っており、場所によってはかなり傷んでいる。試料114は古賀駅で、試料146は福岡駅で採取した。

福岡駅から門司へ向かって約2kmの、通り堂付近は切り通しになっており、以前はそこに線路をまたぐ広い道路があったようである。今は線路の両側に、赤れんが造りの幅広い橋台だけが残っている(図1b)。傷みがかなりひどい。試料35を採取した。

教育大前駅のホームのはずれにも、かつては線路をまたぐ道路を支えていた橋台が線路の両側に残っている。これも赤れんが造りである。試料26を採取した。

教育大前駅から海老津駅までの5.2kmは山間部で人家はない。途中で城山峠があり、今はその下をトンネルが通っている。この区間では、線路は築かれた高い土手の上に敷かれている。この土手を貫くトンネルが全部で7箇所ある。農道用の幅が狭いトンネルで、試料149を除いて、すべて図1(c)に示すようなれんが造りのアーチである。これらのトンネル7箇所から試料147、148、149、150、151、143および144の7点の試料を採取した。各トンネルの壁面に白ペンキで名前が記されており、それを試料名称とした。

これらのトンネルのいくつかは、人道用の小さなもので、その場所は分かりにくい。やぶを抜けてトンネルにたどり着けば、長期間人が通らなかったようで、トンネル内にも草が生い茂っている。トンネルの向こうは谷間の休耕田のやぶである。あたり一帯に人気なく、なんとなく気味の悪い雰囲気漂う。

遠賀川駅から遠賀川左岸まで約800mの間に、4箇所でのガード(ガード)が水路や人道をまたいでいる。これらのガードを支える橋台は、いずれも赤れんが造りである。遠賀駅から2番目のガードの橋台から試料159を、同じく3番目のガード(図1d)の橋台から試料160を採取した。これらのガードはもともと人道用であるから低くて幅も狭い。そこを近頃、車が無理に通る、橋台にぶつければ、れんが壁面を傷めている。

川幅約400mの遠賀川をまたぐ現在の鉄道橋は、橋脚も橋台もコンクリート造りである。その橋台と並んで、明治20年代初めに建造された赤れんが造りの橋台が右岸、左岸ともに今も残っている(図1e)。それぞれの橋台から試料161および162を採取した。

遠賀川右岸から水巻駅まで約800mの間に、線路は5箇所道路や水路をまたぐ。このうち1箇所はコンクリート造りの橋台、1箇所はれんが造りのアーチで、これは人道と水路と一緒に通しているから、大きなアーチである(図1f、試料163)。残りの3箇所はれんが造りの橋台で橋桁を支えている。そのうちの1箇所から試料164を採取した。

折尾駅は複雑な構造の建物である。筑豊の石炭を若松に運ぶため、筑豊興業鉄道が明治24年(1891)8月に直方-若松間に鉄道を敷いた。(8) その半年前の2月に九州鉄道の遠賀川-黒崎間が開通している。二つの鉄道は現在の折尾駅で交差する。地上を筑豊本線が南北に走り、その上をまたいで鹿児島本線が東西に走る。筑豊本線の線路を挟んで、両側にれんが造りの橋台が立ち、上を通る鹿児島本線の橋桁を支えている。このため筑豊本線のプラットホームは1階に、鹿児島本線のホームは2階にある。これら二つのホームと駅舎を連絡するために、れんが造りのアーチの通路がある。

鹿児島本線の橋桁を支える橋台の根元に散らばっているれんが片を拾い、試料27とする。プラットホームを連絡する通路のれんが壁面はかなり風化して、表面が剥離している。これらを通路の2箇所から集め、試料128および145とした。

折尾駅から黒崎方向約500mのところに、鹿児島本線をくぐり抜ける人道用の小さな通路がある。その橋台はれんが造りで、路線の建設当初のものと思われる。れんがはかなり傷んでおり、橋台根元にかげらが落ちている。それを拾って試料37とした。

以上、鹿児島本線の博多-折尾間で採取した古い(100年以上前の)赤れんが試料22点について蛍光X線分析を行い、その化学成分(mass%)を求めた。結果はまとめて表6より表10までに示す。これらの表で試料番号は表2の順にしたがう。なお、成分表はすべて本報の最後にまとめて示す。



(a) 和白白浜橋台 (試料113)



(b) 東福岡橋台 (試料35)



(c) 海老津 (試料144)



(d) 頭無 (試料160)



(e) 遠賀川右岸 (試料162)



(f) 遠賀川東 (試料163)

図1 鹿児島本線，博多－折尾間

表6で最初の試料113は他の試料と比べ、マグネシア MgO の含有率が1%以下、酸化鉄 Fe_2O_3 のそれは4%台と低い。これら二成分の含有率が低いことは、前報(2)で示したように、福岡産のれんが（原料は七隈粘土）の特徴である。試料113の橋台は博多―赤間間開業の14年後に建造されたこと、場所は福岡市に近いこと、などから考えて、福岡で焼かれたれんがと思われる。

表9に示す試料128は、赤れんがの主成分であるアルミナ Al_2O_3 、シリカ SiO_2 および酸化鉄の含有率が低く、代わりにカルシウム CaO のそれは高い。これは鈹滓れんがの特徴である。この試料は折尾駅地下道のれんがの壁から採取したもので、外観は赤れんがに似ている。しかし、これは鈹滓れんがで補修して赤い塗料を塗ったものであろう。ここには示していないが、外で採取した鈹滓れんがの化学成分は調べている。地下道の別の場所で採取した試料145の成分は表10に示すように、化学成分の含有率は赤れんがの特徴を示している。

上記二つの試料(113と128)を除いた20点の試料で、含有率が高い五つの成分、マグネシア、アルミナ、シリカ、カリウムおよび酸化鉄について、それぞれの含有率を試料ごとに比べた。試料163を除く19点の試料で、各試料ごとの上記五成分の含有率は、かなりよく似た値を示している。それらの値および試料163については後の2.4で詳述する。

後述する旧九州鉄道の赤れんが遺構は、本節で述べた

門司―久留米間の鉄道工事に際して建造されたものである。したがってこれらの遺構から採取した試料の分析結果と、本節で取り上げた試料の分析結果とを合わせて、後で検討する。

2.2 平成筑豊鉄道、直方―油須原間のれんが

前出の筑豊興業鉄道会社は、直方―若松間に次いで、明治26年(1893)に直方―金田(かなだ)間に鉄道を敷き、(7) その6年後の明治32年(1899)に、金田―田川伊田間が九州鉄道によって開通した。(8) これらの路線は筑豊の石炭を直方経由で若松へ運ぶためのものである。一方、田川地区の石炭を門司へ運ぶために、豊州鉄道会社は明治28年(1895)に田川伊田―行橋間に鉄道を敷いた。(8) この年の4月に、小倉―行橋間が九州鉄道によって開通している。(7) 上記の各区間を一本に連ねた直方―金田―田川伊田―行橋の路線は現在の平成筑豊鉄道線である。

このように平成筑豊鉄道の歴史は古い。しかし、その後の筑豊地区における石炭産業の消滅によって、鉄道は今も運行されているが、鉄道関連の建物や施設などは多数撤去された。ただ、路線そのものの変更や大きな改造はなされていないようである。このため、平成筑豊鉄道の路線沿いに、路線建設時(1900年以前)の古い赤れんが造りの建造物をまだいくつか見ることができる。本節では、直方駅から油須原駅まで、25.5kmの間で採取した17点のれんが試料について検討する。なお、旧宮田線

表3 平成筑豊鉄道、直方―油須原間のれんが試料

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	分類
1 2 3	直方駅倉庫	2006.06.29	230x110x60	イギリス積	7
1 2 2	多賀神社1	2006.06.29	220x110x60	イギリス積	4
1 2 4	多賀神社2	2006.07.14	230x110x60	イギリス積	4
1 2 1	石炭記念館	2006.06.29	230x110x60	イギリス積	4
1 2 5	嘉麻川橋梁	2006.07.14	225x110x60	イギリス積	3
1 2 6	あかぢ駅北	2006.07.14	230x110x60	イギリス積	3
1 2 7	あかぢ駅南	2006.07.14	230x110x60	イギリス積	3
1 1 6	人見駅北	2006.06.29	220x110x60	イギリス積	3
1 1 5	金田駅ホーム	2006.06.29	220x110x60	イギリス積	6
1 1 8	田川伊田駅	2006.06.29	230x110x60	イギリス積	6
1 1 9	伊田駅ホーム	2006.06.29	230x110x60	イギリス積	6
1 1 7	伊田駅南	2006.06.29	220x110x60	イギリス積	3
1 3 3	勾金三連橋梁	2006.09.07	220x110x55	イギリス積	2
1 3 2	勾金駅倉庫	2006.09.07	220x110x60	イギリス積	7
1 3 1	内田三連橋梁	2006.09.07	220x105x50	イギリス積	2
1 3 0	赤駅北	2006.09.07	220x105x50	イギリス積	3
1 2 9	油須原駅	2006.09.07	220x105x50	イギリス積	5
2 9	宮田線勝野1	2005.11.15	230x110x60	イギリス積	3
3 0	宮田線勝野2	2005.11.15	220x110x60	イギリス積	3

からもれんが試料2点を採取した。筑豊地方の鉄道関連施設に使用された古い赤れんがの例として、上記17点に加えて検討する。

表3に採取した赤れんがが試料、全部で19点の明細を示す。直方から行橋へ向かう順に記載している。分類番号の説明は表1に記したとおりである。この路線では、表3に示すように、れんが造りの橋脚(図2a)、れんがのアーチ橋(図2cおよび図2e)およびれんが造りの危険品倉庫(図2d)などが現存し、そのほとんどが今も使用されている。なお、今回の調査は直方一行橋間の約6割の区間である。

直方駅から南へ筑豊本線と平成筑豊鉄道は並んで走っている。駅の南側の構内は広々として、かつては種々の鉄道関連施設があったと思われるが、現在は赤れんが造りの小さな倉庫が一つ残っているだけである。倉庫の大きさ、形態は後出の勾金(まがりかね)駅の倉庫(図2d)とよく似ており、元は危険品倉庫(油倉庫)(9)であったと思われる。今は使用されていない。かなり風化して傷んだ箇所があり、試料123を採取した。

直方駅の西側には低い丘陵が連なり、そこに古い神社や石炭記念館などがある。これらの施設へ通ずる2本の道路が、それぞれ筑豊本線と平成筑豊鉄道の線路をまたいでいる。これら二つの道路橋を支える橋台4箇所のうち3箇所はれんが造り、1箇所はコンクリート造りである。れんがの寸法や傷み具合から見て、かなり古いものと思われる。それぞれの橋台から試料122、124および121を採取した。

直方駅から南へ、平成筑豊鉄道に沿って田川に向かうと、約2kmで遠賀川を渡る。ここに長さ約200mの嘉麻川橋梁がかかっており、橋脚、橋台とも全部赤れんが造りである(図2a)。福岡地方で今も使用されているれんが造りの橋脚は珍しい。右岸の橋台の傷んだ箇所から小さなれんがのかかけらを採取した(試料125)。

遠賀川を渡ってすぐがあかち駅で、この駅の直方側と田川側に水路や農道をまたぐ橋桁がある。それぞれの橋桁を支える橋台はすべてれんが造りである(試料126、127)。築かれた土手の上に敷かれた鉄道が水田地帯を通るとき、必ず水路や農道をまたぐ箇所があり、そこには橋桁を支える橋台がある。その橋台は、古い路線ではれんが造りが多い。都市近郊では、この種の橋台はすべてコンクリート造りに作り替えられている。

金田駅の一つ手前の人見駅近くに、広い道路をまたぐ橋桁がある。橋台はコンクリート造りであるが、それと並んで赤れんが造りの橋台が残っており、古い橋桁は撤去されている。路線建設時(1899年頃)の遺構である。この橋台はかなり傷んでいる。試料116を採取した。

金田駅およびさらに南の田川伊田駅は、路線建設当時

はそれぞれターミナル駅であった。両駅とも構内は広々としているが、目立った建造物はない。ただ両駅とも、プラットホームの下部は、図2(b)に示すように、赤れんが積みである。これらは建設当時のものと思われる。あちこちに傷んだ箇所がある。金田駅で試料115を、田川伊田駅で試料118を採取した。

田川伊田駅には線路を挟んでJR日田英彦山線田川伊田駅のプラットホームがあり、このホームにも赤れんがが使用されている(試料119)。豊州鉄道が田川伊田一行橋間を開通させた翌年の明治29年(1896)に、田川伊田から後藤寺へ線路を延ばした。現在のJR日田彦山線の一部で、嘉穂地区の石炭を門司へ運ぶためのものである。(8)田川伊田駅のJR日田英彦山線と平成筑豊鉄道の二つのプラットホームは、同じ会社によって、ほとんど同じ時期に建設されたものである。

田川伊田駅を出てすぐ、道路と水路をまたぐ大きな橋桁がある。これを支える橋台は高く、横幅が大きい。れんが造りである。橋台の壁面はイギリス積みに、きちんと積み上げられて傷みは少ない。しかし、橋台の上側の力がかかっていない部分では、目地が風化してれんがが外れていた。試料117を採取した。

田川伊田から先、勾金駅の600mほど手前に農道と水路またぐ赤れんが造りの三連アーチ橋がある(図2c)。アーチの規模や構造は後出の内田三連橋梁(図2e)とほとんど同じである。にもかかわらず図2(c)の橋は人にあまり知られず、写真などで紹介されてもいないようである。田んぼの真中であって、水あかでかなり汚れているせいかも知れない。試料133を採取した。なお、この橋を植田辰生は「石炭輸送と鉄道敷設」(9)のなかで中津原三連アーチ橋と呼んでいる。

勾金駅には図2(d)に示すれんが造りの倉庫がある。前述した直方駅の倉庫(試料123)と同様、かつての危険品倉庫(油倉庫)と思われる。現在は使用されていない。試料132を採取した。

勾金を過ぎると線路は右折して南の山間部に向かう。内田駅を過ぎて約1kmのところに、赤れんが造りの内田三連橋梁がある(図2e)。国の登録有形文化財で明治28年(1895)8月建造、と赤村教育委員会の案内板に記してある。この橋の近くには大きな道路が通っている。車による見物人が多いせいか、そして車を橋にぶつけたのか、れんがが片が落ちていた。これを拾って試料131とする。

内田三連橋梁を過ぎれば赤駅で、そのすぐ手前に水路をまたぐ橋桁がある。その橋台は赤れんが造りである。試料130を採取した。

赤駅の次の油須原駅は、かつては分岐点であったためか、駅の構内は広い。今は無人駅で、目立った施設はな



(a) 嘉麻川橋梁（試料125）



(b) 金田駅ホーム（試料115）



(c) 勾金三連橋梁（試料133）



(d) 勾金駅倉庫（試料132）



(e) 内田三連橋梁（試料131）



(f) 油須原駅（試料129）

図2 平成筑豊鉄道，直方－油須原間

表4 唐津線、佐賀ー山本間のれんが試料

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	分類
6 1	多布施川鉄橋	2006.02.23	225x110x55	イギリス積	3
6 2	多布施ガード	2006.02.23	225x110x55	イギリス積	3
5 5	東多久	2006.01.29	230x110x60	イギリス積	7
1 1	厳木駅給水塔	2005.04.22	220x110x60	イギリス積	7
5 6	久保トンネル	2006.01.29	230x110x60	イギリス積	1

い、駅のはずれに線路の土手を貫いたトンネルがある(図2f)。人道用の小さなものであるが、赤れんが造りで、壁面は傷みもなくきれいだである。トンネルの上部で試料129を採取した。

試料29および30は旧宮田線の赤れんが建造物の遺構(橋台)から採取したものである。明治34年(1901)に、貝島^[注]が石炭輸送のために、自分の炭坑があった宮田から筑豊本線の勝野駅(直方から飯塚方面へ一つ目)まで約5kmの間に鉄道を敷いた。(8)後に国鉄になって宮田線と呼ばれる。炭坑閉山とともにこの路線は廃止された。今はレールも撤去され、ところどころに線路の土手らしい痕跡を残すのみである。

勝野駅から、丈の高い草に覆われた土手の上を500mほどたどれば、草むらが途切れて突然、深い水路をまたぐ橋桁が現れる。橋桁から水面まで6mはあるだろう。リベット継ぎ手のさびた鋼製の橋桁と、これを支える水路の両側の橋台が残っている。橋台は赤れんが造りである。この橋台のれんが積みは、これまで見てきた橋台のなかで最もきれいなものである。竹田(10)によれば、明治40年頃のれんが職人は、上等は建築れんが屋で、鉄道関係の仕事をする者を鉄道れんが屋と呼んで軽べつしていたようである。しかし、イギリス積みにきちんと積み上げられたこの勝野の橋台の壁面は、同じ時期に建造された福岡市文学館のれんが塀(2)の壁面と比べても見劣りしない出来映えである。

以上、平成筑豊鉄道の直方ー油須原間で採取した古い(100年以上前の)赤れんが試料19点について蛍光X線分析を行い、その化学成分(mass%)を求めた。結果はまとめて表10より表14までに示す。これらの表で試料番号は表3の順にしたがっている。

前述のように、平成筑豊鉄道は直方ー金田、金田ー田川伊田、田川伊田ー行橋の各区間で線路敷設の会社も開業時期もそれぞれ異なる。このためか、各地で採取したれんが試料の成分含有率の割合はばらばらで、前節の鹿児島本線のように比較的揃っていない。

含有率の変化が顕著な酸化鉄を目安に分類してみると、

かなりのばらつきはあるが、直方ー田川伊田間のれんがでは酸化鉄含有率の平均値は8%弱であり、田川伊田ー油須原間のそれは5%で、両グループではかなり差がある。また、旧宮田線のれんがでは、試料は2個しかないが、この値は10%である。

前節の鹿児島本線で使用されたれんがの酸化鉄含有率は、後述するように(表16)、約7%であり、平成筑豊鉄道のどの地区のれんがとも異なる。

表10から14に示した成分含有率のばらつきから見て、筑豊地区では鉄道敷設の際に、れんがは各地区の小規模工場で作って供給された、と想像される。

2.3 唐津線、佐賀ー山本間のれんが

唐津線、佐賀ー西唐津間48.9kmは、多久地方の石炭を運ぶために、最初は明治32年(1899)に多久ー西唐津間が開通したようである。この路線も歴史が古いうえに、炭坑の閉山による沿線地区の過疎化もあって、路線沿いに古いれんが建造物が残っていると予想し、調査をした。

本節では、佐賀駅から山本駅まで39.3kmの区間で採取した5点の試料について検討する。表4に採取した試料の明細を示す。佐賀から唐津へ向かう順に記載している。

佐賀駅を出て約1kmで多布施川を渡る鉄橋があり、橋台は赤れんが造りである(図3a)。橋台上部の傷んだ箇所から試料61を採取した。鉄橋を渡ってすぐ、小さな道路をまたぐ橋桁(ガード)があり、橋台は赤れんが造りである。道幅は狭い。そこを車がひんばんに通るため、橋台のれんが壁面は傷められている。落ちているれんがのかけらを拾って試料62とした。

小城駅から3kmほどで線路は山間部に入り、長い切り通しが始まる。そこに線路沿いに奇妙な赤れんが建造物の遺構がある(図3b)。茂った草木に覆われ、全ぼうは分からないが、もとは鉄道関連施設と思われる。やぶをかき分け調べると、イギリス積みにきちんと築かれた壁面がある。れんがの寸法は現在の規格材よりも大きい。試料55を採取した。

かって炭坑があった多久を過ぎ、峠のトンネルを抜け

[注] 貝島太助(1845-1916)。筑豊の石炭全盛期に麻生太吉、安川敬一郎と並ぶ御三家の一人。

[注] 写真家荒木経惟・陽子夫妻のモデル映画で、厳木駅を柳川の駅に見立てている。



(a) 多布施川鉄橋（試料61）



(b) 東多久（試料55）



(c) 厳木駅給水塔（試料11）



(d) 久保トンネル（試料56）

図3 唐津線，佐賀－山本間

れば厳木（きゅうらぎ）駅で，ここには赤れんが造りの給水塔が残っている（図3c）．塔の上の鋼板製タンクから蒸気機関車に水を補給するもので，れんがの塔は明治32年建造と思われる．緑多い山間の小さな無人駅に，赤れんがの給水塔が一つだけ立っている風景は，1997年の邦画「東京日和」^[注]に出てくる．給水塔外壁のれんがに傷みは無いが，内部は少し傷んでおり，そこから試料11を採取した．

さらに唐津へ向かって進めば相知（おうち）駅で，ここから約2 kmで川を渡ってトンネルに入る．赤れんが造りのトンネルで，壁に久保と記されている（図3d）．トンネル前面の唐津に向かう側は装飾され，外国の城壁のようである．一方，裏側の佐賀へ向かう面は，トンネル穴のまわりにれんがを張っただけの簡素な作りである．

図3 (d) のように，積み上げられたれんがが構造物ではその一番上に上って調べると，大抵傷んだ箇所がある．そこで試料56を採取した．

以上，唐津線の佐賀－山本間で採取した古い赤れんがが試料5点について，化学成分の分析を行い，その結果を表14および15に示す．これらの表で試料番号は表4の順にしたがう．

成分含有率から見て，5点の試料は試料61と62のグループと，残りの試料3点のグループに分けられるようである．これら二つのグループについて五つの主成分，マグネシア，アルミナ，シリカ，カリウムおよび酸化鉄の含有率を比べてみる．まず酸化鉄では，試料61と62の平均値9.29%は残り3点の平均値6.73%よりかなり高い．マグネシアおよびシリカの含有率も二つのグループでかな



(a) 城山三連橋梁（試料16）



(b) 岡垣町アーチ（試料142）



(c) 尾倉橋梁（試料101）



(d) 茶屋町橋梁（試料21）

図4 旧九州鉄道遺跡

り差がある。これら二つのグループのれんがは、それぞれ別の工場で製造されたと思われる。

なお、これらの二つのグループで、五成分の含有率の割合は前述の鹿児島本線のれんがとも、また平成筑豊鉄道のれんがとも一致しない。

佐賀市近郊の、試料61および62を採取した区間は、残りの試料3点を採取した区間（多久－西唐津間）よりも、数年遅れて開通している。

2.4 旧九州鉄道のれんが

前述したように、九州で最初に鉄道が敷かれたのは博多－久留米間であるが、九州の中でこの区間だけを特別に計画し、工事がなされたものではない。高野江基太郎の「門司港誌」(7)によれば、九州鉄道会社設立の経緯は以下のとおりである。明治20年（1887）1月に理事会が

設立、9月に事務所を博多に開き、12月にドイツの鉄道局より Herman Rumschoettel を顧問技師に招聘、翌明治21年3月に会社設立書を内閣総理大臣へ提出、同年6月に政府の許可がおりた。路線の計画は門司より久留米を経て熊本県の三角まで、久留米の手前の田代から長崎まで、および小倉から行橋までの三路線であった。

会社設立の許可後、第1区の門司－久留米間を、門司－遠賀、遠賀－博多、博多－久留米の三つの工事区間に分け、同時に着工の予定であった。この中で博多－久留米間が一番早く完成した。明治21年12月に博多駅で起工式を行い、その1年後に工事は落成、直ちに12月11日開業である。

その後、明治24年(1891)4月門司－黒崎間の開業をもって第1区の工事は完了し、これによって門司－久留米間

が開通した。着工から2年半足らずでこの区間108.4km（現在）の鉄道工事が完成したことは、一貫した方針のもとに綿密に計画され、施工された、したがって赤れんがなどの建設資材は事前に用意されていた、と思われる。

現在の鹿児島本線は、少なくとも3箇所で建設時の路線から離れており、元の路線跡に、明治20年代初めに建造された赤れんが造りの遺構を見ることができる。

図4(a)は前報(1)でも示した、国登録文化財の城山三連橋梁である。鹿児島本線原田駅から博多へ向かって約1.5kmの城山（きやま）にあり、赤れんが造りのアーチ橋で、博多－久留米間の鉄道開業時のものである。この場所は勾配が急なため、現在の鹿児島本線は大正9年（1920）に、この橋から東へ数百メートル移動した。(8)今も列車でそこを通るとき、窓からこの橋が見える。

図4(b)は岡垣町にある赤れんが造りのアーチで、明治23年赤間－遠賀川間の鉄道開業時のものである。アーチは海老津駅から約1.5km博多寄りのところにあり、列車の窓から山陰にちらりと見える。このアーチがある場所は勾配が急な城山峠の近くである。明治40年（1907）に峠の下にトンネルが掘られ、路線は変更された。(8)それから100年、アーチは山中でやぶに覆われていたであろう。今年（2006）になって地域の教育委員会が周囲を整備して案内板を立てた。

図4(c)は北九州市八幡東区尾倉にある九州鉄道尾倉橋梁であり、図4(d)は同じ区の花屋町にある九州鉄道花屋町橋梁である。いずれも赤れんが造りのアーチ橋で、明治24年4月の黒崎－門司間の鉄道開業時のものである。

この路線は、上記二つの橋梁を経て八幡の内陸部を通っていた。後に洞海湾側に八幡製鉄が建設され、明治34年（1901）に操業開始、これに伴い洞海湾沿いに新しく現在の路線が敷かれた。(8)内陸部を通る当初の路線は明治44年（1911）廃業となり、尾倉橋梁と花屋町橋梁の使命は終わった。

これら二つの橋は町の中にあるせいか、人目につき、本でも紹介(5)されている。北九州市も保存の意向なのか、花屋町橋梁は市指定史跡になっている。しかし、尾倉橋梁の上には驚いたことに人家が乗っている。

以上4箇所の遺構から採取した試料の明細を表5に示す。前述したように、古いれんがが建造物にはどこかに傷んだ箇所があり、れんが薄片の剥離や粉の脱落がある。それを集めて試料とした。各試料の化学成分の分析結果を表15に示す。

本節で取り上げる4点の試料のうち、試料101を除く三つの試料で、主要な五つの成分、マグネシア、アルミナ、シリカ、カリウムおよび酸化鉄の含有率をそれぞれ比べると、どの成分でも各試料は互いに近い値を示している。さらに、それらの値は2.1で取り上げた試料19点

の平均値に近い。

上記五つの成分の各含有率を、本節で取り上げた試料3点の平均値と、2.1で取り上げた試料19点の平均値とで比べてみる。結果は表16に示すように、二つのグループでは、五成分のそれぞれで、含有率は互いに近い値を示す。このことから、門司－久留米間の最初の線路工事で使用された赤れんがは、すべて同じ系統のもの、少なくとも粘土の出所は同じもの、と思われる。

表16に含まれない試料101（表5、尾倉橋梁）および試料163（表2、遠賀川東）は、ともに酸化鉄の含有率が4%台で、この値は表16に示した計22点の試料に比べてかなり低い。

さらに、試料101と試料163では、表17に示すように、上記の五成分にナトリウムとカルシウムを加えた七つの成分で、各含有率は互いに近い。これら二つの試料を採取したれんが（その原料の粘土）の出所は同じであろう。そしてそれは、表16に属する22点のれんがの出所とは異なるであろう。一般に、酸化鉄の含有率が低い粘土は上等品である。

なお、試料101の尾倉橋梁（図4c）と試料163の遠賀川東（図1f）のれんが造りのアーチの形状は互いによく似ており、設計者は同じ人かと想像される。

本報の冒頭で提示した疑問、試料16の城山三連橋梁のれんがは国産品か、ドイツからの輸入品かの答えはれんがの成分分析結果からだけでは出てこない。ただ、この橋梁に使用されているれんがは、その寸法、成分ともに特殊なものではなく、路線全体で使用された他のれんがとほぼ同じである。したがって、それが輸入品であるならば、明治20年から22年頃にかけて、ドイツから大量に輸入されているはずである。

大蔵省編「大日本外国貿易年表」(11)によれば、鉄道客車、貨車、部品等のドイツからの輸入は、明治22年に前年の5倍に急増し、以後これが続く。このことは九州で、ドイツの技術者の指導で鉄道工事が始まったことと一致する。一方、この時期、日本はれんがやタイルも輸入しているが、主としてイギリスからである。九州鉄道の工事が始まる明治21年には前年の2倍輸入しており、そのうちドイツからの輸入は4%以下である。ただしこれは輸入金額であり、量については分からない。

3. おわりに

鉄道関連施設の古い赤れんがが建造物で現存するものは、福岡地方でもその数は少ない。かつては赤れんがで建造されたトンネル、アーチ橋、橋脚、橋台、倉庫なども、今はそのほとんどがコンクリート造りに作り替えられている。それでも線路に沿って歩けば、赤れんが建造物の遺構を見ることがある。また山間部や水田地帯では、土

表5 旧九州鉄道のれんが試料

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	分類
1 6	城山三連橋梁	2005.05.24	230x110x60	イギリス積	2
1 4 2	岡垣町アーチ	2006.09.23	225x110x60	イギリス積	2
1 0 1	尾倉橋梁	2006.05.29	230x110x60	イギリス積	2
2 1	茶屋町橋梁	2005.07.16	220x110x55	イギリス積	2

表16 九州鉄道と鹿児島本線のれんがの化学成分

化学成分 (mass %)	九州鉄道 (試料3点)	鹿児島本線 (試料19点)
MgO	1.28	1.34
Al ₂ O ₃	19.9	20.8
SiO ₂	66.3	64.1
K ₂ O	2.51	2.51
Fe ₂ O ₃	6.42	7.02

表17 試料101と試料163の化学成分

化学成分 (mass %)	試料101 尾倉橋梁	試料163 遠賀川東
Na ₂ O	1.34	1.25
MgO	0.612	0.984
Al ₂ O ₃	17.8	16.8
SiO ₂	70.2	70.8
K ₂ O	2.73	3.16
CaO	0.953	1.18
Fe ₂ O ₃	4.48	4.32

を盛って上に線路を敷いた土手に、水路や農道を通す小さなトンネルや橋桁を支える橋台があるが、古い鉄道ではそれらはれんが造りであることが多い。

本報は、このような赤れんが造りの建造物から試料を採取し、化学分析を行って、成分含有率からそのれんがの由来を考察したものである。調査した鉄道は(1)鹿児島本線の博多ー折尾間、(2)平成筑豊鉄道の直方ー油須原間および(3)唐津線の佐賀ー山本間である。

上記(2)および(3)の鉄道は、二つとも最初は石炭輸送のために敷設されたもので、現在はつながった一本の路線であるが、かつてはいくつかの区間からなり、それぞれの開通時期は違っている。このため鉄道関連施設に使用されたれんがの化学成分含有率は、かつての路線区間ごとに異なる。それぞれの区間内にあった小さなれんが工場で、付近の粘土を用いて焼いたものを、その区間内で使用したと想像される。

これに対して、(1)の鹿児島本線門司ー久留米間は、一つの計画の下に短期間(2年半たらず)で開通した。この工事で使用された、当時主要な建設資材である赤れんがの化学成分は、路線の長い距離にわたって採取した試料で見れば、比較的良好にそろっている。

これらのことから、門司ー久留米間の鉄道工事では、着工前に、同じ工場で作ったれんがを大量に準備していたと思われる。この鉄道工事の指導者はドイツ人であり、したがって機関車、車両、レール、鉄橋などはすべてドイツから輸入された。一方、建設資材である大量の赤れんがはドイツからの輸入品ではなく、国産品であるとは本報の段階では断定できない。

この研究にあたり、職業能力開発総合大学校の堤一郎先生には鉄道に関して多大のご教示を受けた。蛍光X線分析では、工学部資源循環・環境グループの武下俊宏助教授、山本俊浩助教授および資源循環・環境制御システム研究所のラオ・チーさんから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。

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) 百武秀, 福岡大学工学集報, 第77号, (2006), p.97, 福岡大学.
- (3) 堤一郎, 私信.
- (4) 小野田滋, 鉄道と煉瓦, (2004), p.20, 鹿島出版会.
- (5) 砂田光紀, 九州遺産, (2005), p.64, 弦書房.
- (6) 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.
- (7) 高野江基太郎, 門司港誌, (1897), 復刻版, (1973), 名著出版.
- (8) 弓削信夫, 福岡鉄道風土記, (1999), 葦書房.
- (9) 植田辰生, 石炭輸送と鉄道, (2002), 方城町郷土史研究会.
- (10) 竹田米吉, 職人, (1991), p.185, 中公文庫, 中央公論新社.
- (11) 大日本外国貿易年表, 大蔵省編, 復刻版 (1990), 大蔵省関税局編, 東洋書林.

表6 れんがの化学成分（mass%）

試料番号	113	114	146	35	26
Na ₂ O	1.01	0.675	1.13	0.410	0.311
MgO	0.606	1.67	1.67	1.10	0.669
Al ₂ O ₃	16.2	20.4	22.6	22.8	19.2
SiO ₂	73.2	64.0	60.8	64.0	67.2
P ₂ O ₅	0.0384	0.103	0.0931	0.0605	0.0607
SO ₃	0.0646	0.0268	0.147	0.0622	0.950
Cl	0.0486	—	0.0326	0.0307	0.0737
K ₂ O	2.51	2.56	1.77	2.51	1.67
CaO	0.461	1.53	1.02	0.676	0.771
TiO ₂	0.834	1.16	1.40	0.781	0.971
Cr ₂ O ₃	0.0142	0.0190	0.0257	0.0083	0.0119
MnO	0.0400	0.0959	0.0722	0.100	0.0869
Fe ₂ O ₃	4.81	7.55	9.09	7.31	7.87
Co ₂ O ₃	0.0087	0.0070	0.0064	0.0071	0.0073
NiO	0.0036	0.0078	0.0082	0.0038	0.0043
CuO	0.0025	0.0066	0.0076	0.0059	0.0080
ZnO	0.0100	0.0144	0.0141	0.0169	0.0116
Ga ₂ O ₃	0.0030	0.0034	0.0045	0.0042	0.0032
As ₂ O ₃	—	—	—	—	0.0051
Rb ₂ O	0.0136	0.0138	0.0099	0.0151	0.0126
SrO	0.0091	0.0119	0.0076	0.0063	0.0027
Y ₂ O ₃	—	—	—	0.0099	—
ZrO ₂	0.0278	0.0304	0.0267	0.0176	0.0271
Nb ₂ O ₅	0.0025	0.0025	0.0021	—	0.0026
BaO	0.0616	0.0372	0.0439	0.0513	0.0277
WO ₃	0.0415	0.0375	0.0223	0.0277	0.0344
Au ₂ O	—	—	—	—	0.0080
PbO	0.0080	0.0077	0.0055	0.0057	0.0025
ThO ₂	—	0.0017	—	0.0016	—

表7 れんがの化学成分（mass%）

試料番号	147	148	149	150	151
F	—	0.0541	—	—	—
Na ₂ O	1.56	1.07	0.396	1.04	1.79
MgO	0.790	1.12	1.06	1.73	0.928
Al ₂ O ₃	20.9	19.9	22.3	22.0	21.4
SiO ₂	63.5	64.6	65.4	61.0	64.7
P ₂ O ₅	0.0502	0.0617	0.0408	0.0966	0.0422
SO ₃	1.79	0.518	0.0688	0.461	1.03
Cl	0.146	0.0490	0.0109	0.0528	0.0575
K ₂ O	2.31	2.45	1.81	2.72	1.90
CaO	1.06	2.92	0.895	1.66	0.603
TiO ₂	0.891	0.889	0.827	1.11	0.859
Cr ₂ O ₃	0.0124	0.0102	0.0090	0.0185	0.0082
MnO	0.0770	0.108	0.0870	0.109	0.0742
Fe ₂ O ₃	6.85	6.10	6.93	7.87	6.41
Co ₂ O ₃	0.0070	0.0080	0.0104	0.0087	0.0046
NiO	0.0029	0.0044	0.0032	0.0061	0.0037
CuO	0.0039	0.0038	0.0047	0.0045	0.0028
ZnO	0.0090	0.0125	0.0149	0.0135	0.0094
Ga ₂ O ₃	0.0035	0.0032	0.0033	0.0038	0.0042
Rb ₂ O	0.0135	0.0139	0.0129	0.0144	0.0118
SrO	0.0038	0.0114	0.0039	0.0110	0.0040
ZrO ₂	0.0222	0.0226	0.0230	0.0255	0.0237
Nb ₂ O ₅	0.0023	0.0022	0.0020	0.0024	0.0021
BaO	0.0272	0.0507	0.0430	0.0499	0.0289
WO ₃	0.0324	0.0390	0.0503	0.0377	0.0244
Au ₂ O	—	—	—	0.0073	—
PbO	0.0098	0.0053	0.0055	0.0053	0.0043
ThO ₂	0.0016	0.0014	0.0014	0.0020	0.0014

表8 れんがの化学成分 (mass%)

試料番号	143	144	159	160	161
Na ₂ O	1.48	1.03	0.796	1.07	1.32
MgO	1.12	0.947	1.65	0.794	2.39
Al ₂ O ₃	21.7	21.5	18.8	19.4	23.8
SiO ₂	64.1	64.3	65.6	68.7	58.7
P ₂ O ₅	0.0461	0.120	0.123	0.0703	0.182
SO ₃	0.492	0.293	0.457	0.119	0.0512
Cl	0.147	0.0482	0.0126	0.0668	0.0172
K ₂ O	2.22	2.39	2.98	2.61	2.03
CaO	0.731	0.879	0.932	1.10	1.19
TiO ₂	0.859	0.933	1.07	0.983	1.39
Cr ₂ O ₃	0.0089	0.0084	0.0208	0.0157	0.0271
MnO	0.0827	0.0849	0.0718	0.0543	0.142
Fe ₂ O ₃	6.89	7.39	7.20	4.72	8.57
Co ₂ O ₃	0.0074	0.0055	0.0117	0.0063	0.0041
NiO	0.0031	0.0035	0.0073	0.0050	0.0086
CuO	0.0074	0.0040	0.0080	0.0054	0.0077
ZnO	0.0149	0.0098	0.0659	0.0323	0.0171
Ga ₂ O ₃	0.0035	0.0039	0.0040	0.0039	0.0037
Rb ₂ O	0.0139	0.0136	0.0148	0.0139	0.0105
SrO	0.0045	0.0051	0.0118	0.0116	0.0116
Y ₂ O ₃	—	0.0086	—	—	—
ZrO ₂	0.0225	0.0215	0.0292	0.0417	0.0251
Nb ₂ O ₅	0.0020	—	0.0021	0.0027	0.0018
Cs ₂ O	—	—	—	—	0.0185
BaO	0.0423	0.0287	0.0624	0.0729	0.0493
WO ₃	0.0327	0.0211	0.0705	0.0341	0.0129
PbO	0.0057	0.0062	0.0167	0.0067	0.0088
ThO ₂	0.0012	0.0014	0.0008	0.0016	0.0012

表9 れんがの化学成分 (mass%)

試料番号	162	163	164	27	128
F	—	0.0247	0.141	0.136	0.419
Na ₂ O	1.11	1.25	0.855	2.06	1.34
MgO	1.87	0.984	1.06	2.19	1.12
Al ₂ O ₃	20.2	16.8	19.5	24.3	3.74
SiO ₂	59.9	70.8	67.6	55.8	18.3
P ₂ O ₅	0.0916	0.0461	0.0549	0.156	0.0398
SO ₃	0.149	0.113	0.223	2.04	4.40
Cl	0.0328	0.0045	0.0209	0.0592	0.298
K ₂ O	2.51	3.16	2.87	2.55	0.467
CaO	4.78	1.18	1.01	2.31	66.5
TiO ₂	1.02	0.955	0.756	1.01	0.158
Cr ₂ O ₃	0.0149	0.0168	0.0095	0.0229	0.127
MnO	0.106	0.0670	0.113	0.0660	0.0547
Fe ₂ O ₃	7.80	4.32	5.71	7.08	2.95
Co ₂ O ₃	0.0061	0.0062	0.0056	0.0093	0.0196
NiO	0.0048	0.0043	0.0032	0.0112	0.0095
CuO	0.0073	0.0037	0.0063	0.0072	0.0058
ZnO	0.0613	0.0135	0.0133	0.0194	0.0187
Ga ₂ O ₃	0.0048	0.0033	0.0036	0.0048	—
Rb ₂ O	0.0136	0.0144	0.0156	0.0115	0.0011
SrO	0.0147	0.0155	0.0106	0.0240	0.0313
ZrO ₂	0.0213	0.0394	0.0217	0.0316	0.0058
Nb ₂ O ₅	0.0020	0.0023	0.0021	0.0030	—
BaO	0.0749	0.0681	0.0470	0.0628	0.0399
WO ₃	0.0263	0.0402	0.0328	0.0237	0.0089
Au ₂ O	—	—	—	0.0086	—
PbO	0.133	0.0052	0.0116	0.0063	—
ThO ₂	—	0.0017	0.0010	—	—

表10 れんがの化学成分（mass%）

試料番号	145	37	123	122	124
F	0.0706	—	—	—	—
Na ₂ O	1.64	0.666	2.14	1.96	0.596
MgO	1.85	1.52	5.49	0.606	1.68
Al ₂ O ₃	19.5	18.6	19.7	17.0	18.2
SiO ₂	63.0	66.1	51.4	69.5	66.3
P ₂ O ₅	0.0805	0.804	0.145	0.0508	0.106
SO ₃	0.902	0.123	0.176	0.404	0.202
Cl	0.0308	0.0252		0.0559	0.0081
K ₂ O	3.09	2.98	1.30	2.77	2.66
CaO	1.15	1.07	5.34	0.825	0.913
TiO ₂	1.09	1.08	1.66	0.891	1.18
Cr ₂ O ₃	0.0222	0.0207	0.0334	0.0139	0.0219
MnO	0.0618	0.0701	0.307	0.0609	0.101
Fe ₂ O ₃	7.37	6.72	12.0	5.59	7.89
Co ₂ O ₃	0.0050	0.0063	0.0078	0.0085	0.0084
NiO	0.0074	0.0061	0.0115	0.0051	0.0063
CuO	0.0048	0.0108	0.0101	0.0039	0.0557
ZnO	0.0201	0.0344	0.134	0.0108	0.0119
Ga ₂ O ₃	0.0035	0.0035	0.0033	0.0036	0.0037
Rb ₂ O	0.0157	0.0150	0.0067	0.0157	0.0147
SrO	0.0114	0.0108	0.0207	0.0111	0.0100
Y ₂ O ₃	—	—	0.0073	—	—
ZrO ₂	0.0245	0.0301	0.0156	0.0377	0.0297
Nb ₂ O ₅	0.0025	0.0026	—	0.0030	0.0026
SnO ₂	—	—	—	0.0149	—
BaO	0.0475	0.0468	0.0272	0.0648	0.0426
WO ₃	0.0213	0.0400	0.0107	0.0464	0.0269
Au ₂ O	—	—	—	0.0090	—
PbO	0.0091	0.0074	0.0066	0.0074	0.0108
ThO ₂	—	0.0018	—	—	0.0016

表11 れんがの化学成分（mass%）

試料番号	121	125	126	127	116
F	—	—	0.0359	—	0.0338
Na ₂ O	1.05	1.17	0.646	1.06	1.52
MgO	0.798	1.69	1.36	4.59	2.29
Al ₂ O ₃	17.4	17.8	17.0	20.5	24.5
SiO ₂	69.5	68.6	70.1	57.1	55.3
P ₂ O ₅	0.146	0.126	0.0988	0.175	0.266
SO ₃	0.0736	0.0745	0.0986	0.0199	0.0446
Cl	0.0090	0.0042	0.0308	—	0.0078
K ₂ O	1.88	2.87	2.51	1.58	2.29
CaO	0.635	0.695	0.597	2.65	2.23
TiO ₂	1.30	0.959	1.18	1.45	1.41
Cr ₂ O ₃	0.0256	0.0184	0.0183	0.0360	0.0223
MnO	0.0817	0.0776	0.0798	0.211	0.402
Fe ₂ O ₃	6.89	5.42	6.05	10.5	9.45
Co ₂ O ₃	0.0093	0.0165	0.0079	0.0071	0.0068
NiO	0.0093	0.0067	0.0055	0.0169	0.0082
CuO	0.0071	0.0046	0.0042	0.0084	0.0077
ZnO	0.0208	0.139	0.0147	0.0200	0.0219
Ga ₂ O ₃	0.0038	0.0032	0.0029	0.0037	0.0040
Rb ₂ O	0.0109	0.0133	0.0129	0.0090	0.0132
SrO	0.0140	0.0140	0.0098	0.0119	0.0194
ZrO ₂	0.0320	0.0298	0.0310	0.0225	0.0264
Nb ₂ O ₅	0.0022	0.0019	0.0030	0.0023	0.0023
SnO ₂	0.0160	—	—	—	—
BaO	0.0465	0.0570	0.0410	0.0329	0.0825
WO ₃	0.0552	0.0813	0.0451	0.0162	0.0198
Au ₂ O ₃	—	—	0.0032	—	—
PbO	0.0072	0.0367	0.0102	0.0075	0.0214

表12 れんがの化学成分 (mass%)

試料番号	115	118	119	117	133
F	—	0.0591	—	0.0319	0.0768
Na ₂ O	1.50	0.980	1.84	0.712	0.773
MgO	1.15	2.14	1.35	1.59	0.896
Al ₂ O ₃	18.6	25.4	20.2	18.4	17.3
SiO ₂	66.8	55.1	63.7	66.6	67.9
P ₂ O ₅	0.204	0.0771	0.0523	0.0752	0.278
SO ₃	0.104	0.0315	0.264	0.0365	0.526
Cl	0.0040	0.0047	0.0390	0.0075	0.0877
K ₂ O	2.82	2.50	2.34	2.95	1.98
CaO	1.93	1.37	1.61	0.918	2.76
TiO ₂	0.885	1.46	0.886	1.10	1.13
Cr ₂ O ₃	0.0126	0.0256	0.0110	0.0180	0.0143
MnO	0.0818	0.208	0.114	0.0732	0.0463
Fe ₂ O ₃	5.69	10.5	7.39	7.24	6.04
Co ₂ O ₃	0.0116	0.0104	0.0080	0.0104	0.0089
NiO	0.0050	0.0086	0.0032	0.0071	0.0046
CuO	0.0051	0.0068	0.0042	0.0049	0.0031
ZnO	0.0145	0.0169	0.0137	0.0145	0.0088
Ga ₂ O ₃	0.0036	0.0044	0.0038	0.0037	0.0029
As ₂ O ₃	—	0.0062	—	—	—
Rb ₂ O	0.0139	0.0134	0.0147	0.0161	0.0107
SrO	0.0153	0.0140	0.0078	0.0123	0.0122
Y ₂ O ₃	—	—	0.0084	—	—
ZrO ₂	0.0271	0.0306	0.0193	0.0299	0.0287
Nb ₂ O ₅	0.0021	0.0024	—	0.0023	0.0026
SnO ₂	—	—	0.0084	—	—
BaO	0.0602	0.0598	0.0469	0.0577	0.0503
WO ₃	0.0576	0.0312	0.0397	0.0443	0.0641
PbO	0.0066	0.0037	0.0048	0.0079	0.0036
ThO ₂	—	0.0014	0.0014	—	0.0015

表13 れんがの化学成分 (mass%)

試料番号	132	131	130	129	29
F	0.0133	—	0.0364	—	—
Na ₂ O	0.842	1.49	0.845	1.74	1.96
MgO	0.691	0.872	0.797	0.644	2.68
Al ₂ O ₃	21.2	21.4	21.8	19.7	23.4
SiO ₂	68.3	65.9	66.8	69.1	56.8
P ₂ O ₅	0.0700	0.0522	0.0382	0.0688	0.161
SO ₃	0.0866	0.0415	0.0217	0.0843	0.0298
Cl	—	0.0079	0.0045	0.0172	0.0080
K ₂ O	2.20	2.27	2.34	2.54	2.01
CaO	0.737	0.741	0.696	0.810	2.08
TiO ₂	1.14	0.935	0.987	0.827	1.32
Cr ₂ O ₃	0.0127	0.0113	0.0146	0.0124	0.0210
MnO	0.0779	0.0553	0.0270	0.0426	0.187
Fe ₂ O ₃	4.47	6.10	5.33	4.19	9.19
Co ₂ O ₃	0.0070	0.0120	0.0114	0.0070	0.0069
NiO	0.0037	0.0041	0.0048	0.0041	0.0086
CuO	0.0027	0.0039	0.0032	0.0025	0.0063
ZnO	0.0094	0.0096	0.0093	0.0075	0.0161
Ga ₂ O ₃	0.0031	0.0046	0.0043	0.0034	0.0042
Rb ₂ O	0.0101	0.0116	0.0125	0.0106	0.0089
SrO	0.0188	0.0136	0.0090	0.0156	0.0210
ZrO ₂	0.0286	0.0300	0.0386	0.0305	0.0260
Nb ₂ O ₅	0.0020	0.0026	0.0024	0.0019	0.0019
BaO	0.0572	0.0538	0.0596	0.0526	0.0455
WO ₃	0.0327	0.0352	0.0263	0.0231	0.0252
Au ₂ O	—	—	—	—	0.0074
PbO	0.0060	0.0059	0.0050	0.0034	0.0046
ThO ₂	0.0011	0.0018	0.0014	0.0014	—

表14 れんがの化学成分（mass%）

試料番号	30	61	62	55	11
F	—	0.126	—	—	0.128
Na ₂ O	1.45	1.29	1.32	0.691	0.520
MgO	5.44	2.31	2.68	1.04	1.00
Al ₂ O ₃	20.6	23.3	22.4	20.0	18.2
SiO ₂	52.4	59.2	57.0	67.6	68.2
P ₂ O ₅	0.174	0.124	0.214	0.0734	0.0936
SO ₃	0.291	0.0629	0.0674	0.116	0.0938
Cl	0.0130	0.0333	0.0064	0.0818	0.0953
K ₂ O	1.23	2.11	2.18	2.36	2.19
CaO	3.92	1.03	2.46	0.812	0.440
TiO ₂	1.67	1.40	1.45	0.982	1.04
Cr ₂ O ₃	0.0479	0.0316	0.0301	0.0181	0.0202
MnO	0.322	0.0993	0.118	0.0660	0.0963
Fe ₂ O ₃	12.3	8.79	9.78	6.00	7.73
Co ₂ O ₃	0.0108	0.0068	0.0095	0.0087	0.0118
NiO	0.0237	0.0088	0.0094	0.0056	0.0066
CuO	0.0116	0.0069	0.0084	0.0030	0.0033
ZnO	0.0191	0.0148	0.0508	0.0101	0.0159
Ga ₂ O ₃	0.0038	0.0036	0.0038	0.0030	0.0029
As ₂ O ₃	—	0.0053	—	—	—
Rb ₂ O	0.0067	0.0107	0.0109	0.0120	0.0110
SrO	0.0153	0.0095	0.0125	0.0095	0.0064
Y ₂ O ₃	0.0065	—	—	—	—
ZrO ₂	0.0181	0.0271	0.0281	0.0348	0.0262
Nb ₂ O ₅	—	0.0019	0.0024	0.0024	0.0018
BaO	0.0358	0.0481	0.0505	0.0461	0.0336
WO ₃	0.0160	0.0225	0.0291	0.0325	0.0412
Au ₂ O	—	0.0058	0.0097	—	—
PbO	0.0057	0.0037	0.0097	0.0056	0.0120
ThO ₂	—	0.0012	—	—	—

表15 れんがの化学成分（mass%）

試料番号	56	16	142	101	21
F	0.084	0.0312	0.0252	0.000	0.0862
Na ₂ O	2.11	0.651	1.57	1.34	0.970
MgO	2.47	1.69	0.888	0.612	1.25
Al ₂ O ₃	21.2	20.4	21.1	17.8	18.2
SiO ₂	60.2	65.7	65.3	70.2	68.0
P ₂ O ₅	0.0612	0.0467	0.0595	0.581	0.0602
SO ₃	0.122	0.0561	0.253	0.165	0.0303
Cl	0.190	0.0167	0.0740	0.0185	0.0141
K ₂ O	2.52	2.64	2.66	2.73	2.24
CaO	3.31	0.749	0.951	0.953	0.994
TiO ₂	1.16	0.921	0.896	0.880	1.19
Cr ₂ O ₃	0.0348	0.0110	0.0127	0.0140	0.0189
MnO	0.0259	0.108	0.0556	0.0339	0.107
Fe ₂ O ₃	6.48	6.82	5.90	4.48	6.53
Co ₂ O ₃	0.0095	0.0054	0.0074	0.0076	0.0165
NiO	0.0115	0.0037	0.0041	0.0038	0.0063
CuO	0.0050	0.0026	0.0028	0.0031	0.0069
ZnO	0.0121	0.0121	0.0098	0.0210	0.0128
Ga ₂ O ₃	0.0030	0.0036	0.0043	0.0032	0.0031
As ₂ O ₃	0.0017	—	—	—	—
Rb ₂ O	0.0094	0.0144	0.0133	0.0133	0.0109
SrO	0.0243	0.0076	0.0111	0.0129	0.0095
ZrO ₂	0.0277	0.0209	0.0327	0.0417	0.0266
Nb ₂ O ₅	0.0017	0.0017	0.0024	0.0024	0.0020
BaO	0.0557	0.0579	0.0666	0.0690	0.0492
WO ₃	0.0323	0.0353	0.0469	0.0525	0.115
PbO	—	0.0033	0.0046	0.0068	0.0045
ThO ₂	—	0.0016	0.0015	0.0014	—

