資　　料

# 大形屋根材の開発

原田　達也*・若槻　和郎*・土肥　亮馬**

## 1．目　　的

島根県西部地域は，石州瓦の名称で知られる陶器瓦の生産地である．陶器瓦は都野津層の粘土を主原料としているが，長年の採掘により良質な粘土が減少し，大きな問題となっている．当研究開発グループでは，島根県浜田市金城町近辺に分布する風化花崗岩が窯業原料として利用可能であることを見いだし[1)]，この風化花崗岩と耐火度が低いために使用されていなかった低品位粘土を配合することにより，石州瓦用原料になりうることを示した[1),2)]．風化花崗岩は埋蔵量が1,000万トン以上と推測されていることから，これを用いれば良質な粘土の減少に十分対応できると考えられる．

一方，風化花崗岩を用いた窯業製品として，既報[3)]で大形陶板を試作し良好な結果を得た．これより，風化花崗岩を配合した粘土を用いると大形製品の作製が可能になると考えられる．現在市販されている陶器瓦製品において最大のものは平板瓦（長さ：350㎜，幅：345㎜）である．一般にこの寸法より大きな製品の作製は困難であるとされているが，風化花崗岩を用いることで陶器質の大形屋根材が作製できる可能性がある．瓦製品を大形化すると，１枚あたりの質量が大きくなり取り扱いが難しくなるが，屋根の施工に伴う副資部材の削減，及び瓦の重なり部分の減少により屋根全体では軽量化が図れると考えられる．そこで本研究では，石州瓦業界に対して商品開発における技術的可能性の提示を目的とし，風化花崗岩を用いた配合粘土による大形屋根材の試作を行った．

## 2．方　　法

### 2.1　形状設計

大形屋根材（以下，試作品と記す.）は，近年市場において新築物件で多く採用されるようになった平板の形状を前提とした．試作品の寸法は，瓦工場が所有する土練機で粘土が押し出せるサイズ，及びプレス成型機に取り付け可能な金型寸法を考慮して可能な限り大きくした．また，設計の基本方針を(1)現行の平板瓦は厚みにより屋根上に施工されると屋根全体が厚く見えるので，屋根全体が薄くかつシャープに見える外観，(2)１回のプレスで成形するため可能な限り単純な形状，(3)雨水処理のため現在の平板瓦と同様のちどり葺き，とした．

### 2.2　金型の加工

金型の加工は有限会社ダサイに委託した．

### 2.3　配合粘土の調整

原料は風化花崗岩，低品位粘土及び瓦坏土を使用した．風化花崗岩は浜田市金城町下来原，低品位粘土は邑智郡美郷町内田で採取した．瓦坏土は石州瓦メーカーで使用されている調製済み粘土を用いた．

風化花崗岩は105±５℃で乾燥させ，アルミナボールミルを用いて30㎏ずつ１時間の乾式粉砕を行った．低品位粘土及び瓦坏土は，自然乾燥物をジョークラッシャーとロールクラッシャーにて粗粉砕した．

これらの原料を所定の割合になるように秤量し，逆流式混合機（アイリッヒ製）を用いて10㎏ずつ約140回撹拌･混合した．その後，湿量基準で含水率が17～18mass%になるように水を加えてポリエチレン袋中で混練し静置した．この水分調整後の粘土を減圧せずに土練機を通し，試作用の配合粘土とした．

### 2.4　試作品の作製

試作品の作製は木村窯業所に委託した．乾燥は乾燥用パレット上に水平に静置して自然乾燥させた．この乾燥体を施釉してから焼成台車上に耐火物煉瓦等を用いて水平に静置し，現行製品と同等の温度（約SK6a）で１～２枚ずつ焼成した．

### 2.5　評価方法

既報[4)]の方法に従って粒度分布と耐火度を測定し，JIS A 5208に従って吸水率と曲げ破壊荷重を測定した．ただし，平板瓦の曲げ破壊荷重は，JISに規定されている桟木の代わりに約100×25㎜の木製角材を用いて測定をおこなった．

原料の鉱物分析はX線回折分析装置（島津製作所製XRD-6000）を使用し，その結果から鉱物組成を推定した．また，作製した試作品について外観観察をおこなった．

## 3．結　　果

### 3.1　配合粘土の調製

#### 3.1.1　風化花崗岩の粉砕処理

採取直後の風化花崗岩は長石及び雲母がカオリン化した

*環境技術グループ　**情報デザイングループ

表１　風化花崗岩分級物の粒度組成

| 分級物の粒度区分 | 粒度組成(mass%) | | |
|---|---|---|---|
| | 砂分 (75 μm以上) | シルト分 (75～2 μm) | 粘土分 (2 μm以下) |
| 240 μm以上 | 92 | 8* | |
| 240 μm～150 μm | 39 | 46 | 15 |
| 150 μm以下 | 5 | 78 | 17 |

*:シルト分と粘土分の合計値．ただし,粘土分は極微量..

ものが凝集していた．この凝集物中のカオリン鉱物を配合粘土中で均一に分散させるために粉砕処理した．この粉砕物を観察すると，石英の粗粒が残存していた．石英は素地の焼成及び冷却の工程で大きく膨張･収縮し，素地に残留応力を生じさせ，時には素地の割れの原因となる場合があり，粘土の配合及び焼成･冷却で考慮を要する[5]．本試作品は現行の瓦製品と比較して製造が難しいと考えられることから，挙動に注意を要する石英分をできるだけ除去するため，振動ふるいを用いて目開き240 μmと150 μmのふるい網で粉砕物を分級した．この分級物の粒度分布組成を表１に示す．この結果において分級物240 μm以上で砂分の割合が高かったことと，その砂分に石英粒と推測される粗粒が多く観察されたことにより，多くの石英粒が微粉化されていないことが分かった．

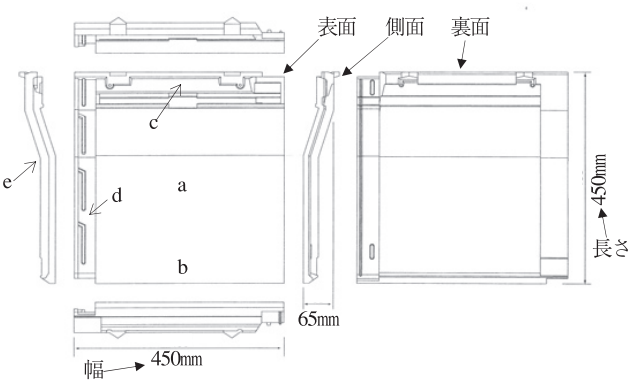
表１に示したとおり，分級物240 μm～150 μmにシルト分と粘土分がある程度残存していたため，240 μm以下の分級物を用いることにした．ただし，分級物150 μm以下を本研究以外に流用したため，分級直後の比率は150 μm～240 μm：150 μm以下の比率が１：１であったのに対し，試作に用いたものはおよそ３：１となった．

### 3.1.2　粘土の配合

原料には風化花崗岩分級物と低品位粘土を使用した．これらの原料の耐火度，粒度分布及び鉱物組成を表２に示す．風化花崗岩と低品位粘土の両者ともカオリン鉱物を含有するが，前者はハロイサイト，後者はカオリナイトを主としていた．

配合の予備試験及び既報[2),6)]の結果から，風化花崗岩分級物：低品位粘土＝40：60 の比率で配合することとした．この配合粘土の耐火度はSK18であった．

土練機を通した配合粘土の含水率は19mass%であり，瓦




a:胴部 b:頭部 c:尻部 d:アンダーラップ部 e:折れ曲がり部

図１　試作品　六面図

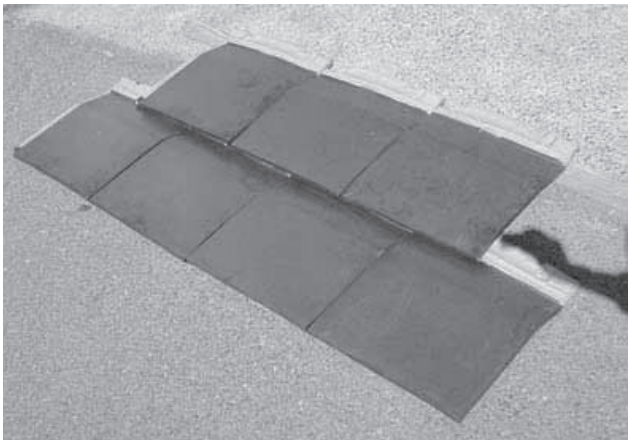


図２　試作品　外観写真

工場で水分調整された瓦坏土と比較して若干柔軟であった．土練機での混練状態及び混練物の状態から，配合粘土は可塑性を有しており成形が十分可能であった．

### 3.2　試作品の作製

2.1の方針を踏まえて図１の形状を設計し金型を作製した．この金型の形状に配合粘土を成形し，乾燥及び焼成の工程を経て試作品を作製した．この試作品の外観写真を図２に示す．

本試作品は歪みが大きいため割付部が平面にならず，またアンダーラップ部が設計より若干浮き上がっていた．そのため，アンダーラップ部の端部が隣接した瓦裏面に接触し，葺き合わせると瓦同士の連続性に欠けた．これは，試作品中央付近の折れ曲がりが大きいことと，アンダーラップ部と胴部のつながりが直角の階段形状のために，乾燥･

表２　原料の性状

| 原料名 | 耐火度 | 粒度組成(mass%) | | | 鉱物組成 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 砂分 (75 μm以上) | シルト分 (75～2 μm) | 粘土分 (2 μm以下) | |
| 低品位粘土 | SK14 | 10 | 67 | 23 | 石英, 長石, 雲母,　カオリン鉱物, モンモリロナイト |
| 風化花崗岩分級物 | SK30(-) | 38 | 47 | 15 | 石英, 長石, 雲母, カオリン鉱物 |

焼成工程で歪みを抑えられなかったと考えられた．

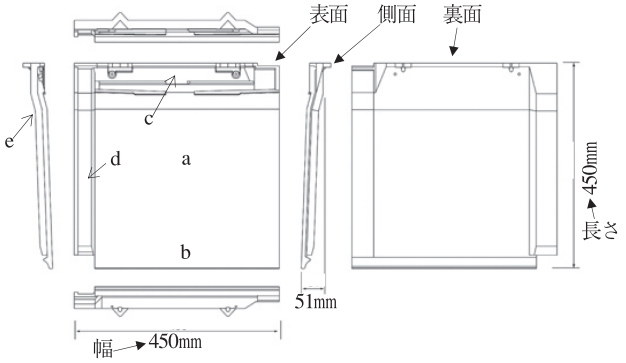
また，アンダーラップ部と瓦頭部の間に大きな割れがあり，その他に鋭角的な窪みの部分で小さな割れが観察された．大きな割れは成形時あるいは乾燥工程の初期に生じていた．これは，瓦頭部の端とアンダーラップ部の先端が連続する形状のため，プレス成型の際に粘土が完全に充填しきれず，その部分の粘土の密度が小さくなり割れやすくなったものと推察された．小さな割れは乾燥中の収縮により生じたと考えられた．これらの歪みと割れの問題は形状変更により改善可能と予測された．

次に試作品の寸法と質量を表３に示す．割付寸法から１坪当たりの枚数を算出すると，3.3㎡あたり約24枚となり，現行の平板瓦と比較すると若干重くなった．

比較的歪みが少なく，割れが小さかった数枚の試作品について吸水率と曲げ破壊荷重を測定したところ，吸水率は3.8%でありJIS規格に規定されている12%以下を満たし，製品として必要な品質を有していることが分かった．しかし，曲げ破壊荷重はばらつきが大きくJIS規格に規定されている1500N以下となったものが多かった．これは，試作品に歪みや割れが存在していたためと考えられ，歪みや割れが改善すると破壊荷重が向上し，ばらつきも小さくなると推察された．

表３　試作品の外観寸法と重量

| 全体長さ（働き長さ） | 全体幅（働き幅） | 質量 |
|---|---|---|
| 449mm (346mm) | 445mm (400mm) | 6.3kg |




a:胴部 b:頭部 c:尻部 d:アンダーラップ部 e:折れ曲がり部

図３　試作品　六面図

### 3.3　試作品の改良

3.2の結果を踏まえ，形状，原料の点から試作品の改良を検討した．

#### 3.3.1　形状の修正

修正後の形状を図３に示す（以下，形状変更前を試作１回目，変更後を試作２回目と記す）．大きな修正点は(1)瓦頭部とアンダーラップ部の切り離し，(2)本体とアンダーラップ部の段差に傾斜を付加，(3)折れ曲がり部を10mm瓦尻部方向へずらし，割付部を瓦尻部近辺に対して２°仰角に傾けた点である．これらに従って金型を修正した．

#### 3.3.2　配合粘土の調製

試作２回目では風化花崗岩，低品位粘土及び瓦坏土を使用した．風化花崗岩及び低品位粘土は再度採取した．

風化花崗岩は3.1.1と同様に処理した．風化花崗岩分級物の粒度分布組成を表４に示す．粉砕物中の石英粒は微粉化されていないことを確認した．今回は240 μm以下の分級物の全量を用いた．この風化花崗岩分級物とともに他の原料の耐火度，粒度分布及び鉱物組成を表５に示す．

今回の配合比は，試作１回目と同等のもの（以下，配合２Aと記す），及び風化花崗岩：低品位粘土：瓦坏土＝30：30：40の比率で配合したもの（以下配合2Bと記す）の２種類とした．配合粘土の耐火度は，配合2AがSK18，配合2BがSK20(+)であった．土練機を通した配合粘土の含水率は18mass%であり，瓦工場の瓦坏土と同程度の硬さであった．

#### 3.3.3　試作品の作製

試作は配合2A，2Bの順に行った．配合2Bを用いて試作

表４　風化花崗岩分級物の粒度組成

| 分級物の粒度区分 | 粒度組成(mass%) 砂分 (75 μm以上) | シルト分 (75～2 μm) | 粘土分 (2 μm以下) |
|---|---|---|---|
| 240 μm以上 | 84 | 8* | |
| 240 μm～150 μm | 49 | 35 | 16 |
| 150 μm以下 | 8 | 73 | 19 |

*:シルト分と粘土分の合計値．ただし，粘土分は極微量..

表５　原料の性状

| 原料名 | 耐火度 | 粒度組成(mass%) 砂分 (75 μm以上) | シルト分 (75～2 μm) | 粘土分 (2 μm以下) | 鉱物組成 |
|---|---|---|---|---|---|
| 低品位粘土 | SK13 | 14 | 60 | 26 | 石英, 長石, 雲母, カオリン鉱物, モンモリロナイト |
| 風化花崗岩分級物 | SK33 | 30 | 53 | 17 | 石英, 長石, 雲母, カオリン鉱物 |
| 瓦坏土 | SK18 | 21 | 44 | 35 | 石英, 長石, 雲母, カオリン鉱物 |

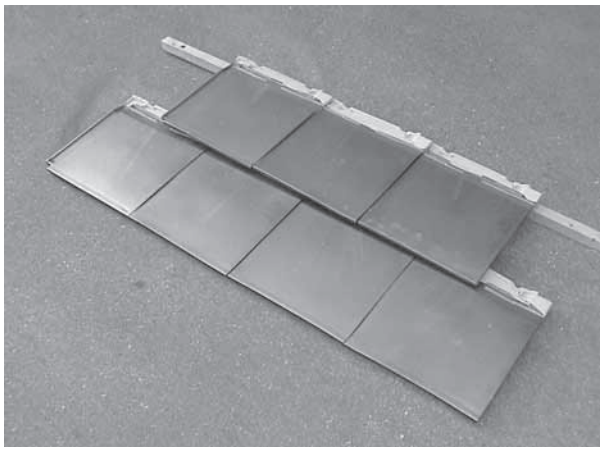


図２　試作品　外観写真

した試作品の外観写真を図４に示す．

試作１回目で生じていたアンダーラップ部と瓦頭部の間の割れは全く観察されず，その他の割れも認められなかった．また，乾燥工程で歪みが生じたが，焼成工程である程度設計形状に改善した．配合比に関しては，配合2Aより配合2Bを用いた試作品の歪みが小さくなった．これは，試作品を１～２枚ずつ焼成したことにより焼成工程を繰り返す中で試作品の保持方法が少しずつ改善されたためであり，配合の違いは大きく影響しなかったと考えられる．

試作品を葺き合わせると，試作１回目より割付部が平面に近づいたため，製品同士の連続性が比較的保てるようになったが，アンダーラップ端部の収まりが少し悪いことも分かった．これらについては両配合とも同様の傾向を示した．

試作品の寸法及び質量を表６に示す．両配合ともほぼ同等の結果となったが，試作１回目に対して約５㎜働き長さが大きくなった．また，3.3㎡あたりの枚数及び質量が変わらなかったことは，屋根全体で軽量化を図るためには少しでも薄くする必要があることを示している．

吸水率と曲げ破壊荷重を表７に示す．吸水率は配合2A，2Bとも，試作１回目と同等の値であった．曲げ破壊荷重は，配合2Aより配合2Bが大きい結果となった．これは，配合の違いよりも歪みが小さくなったことの影響が大きいと推察される．試作１回目と比較すると両配合とも曲げ破壊荷重の値が大きくなり，ばらつきが減少した．これは，試作２回目において割れが観察されず，歪みが小さくなったためと考えられる．試作２回目は両配合とも吸水率及び曲げ破壊荷重ともにJIS規格の規定を満たしており，試作１回目より製品としての完成度は高まったと判断された．

表６　試作品の外観寸法と重量

| 配合 | 全体長さ<br>(働き長さ) | 全体幅<br>(働き幅) | 質量 |
|---|---|---|---|
| 配合2A | 450㎜<br>(350㎜) | 445㎜<br>(399㎜) | 6.4kg |
| 配合2B | 451㎜<br>(350㎜) | 445㎜<br>(399㎜) | 6.6kg |

表７　試作品の吸水率と曲げ破壊重量

| 配合 | 吸水率 | 曲げ破壊荷重 |
|---|---|---|
| 配合2A | 3.7% | 1720N |
| 配合2B | 3.6% | 2330N |

以上のことから，今後の課題としてアンダーラップ部をはじめとする形状の改良，及び，現段階よりも歪みを小さくするために乾燥工程及び焼成工程の改善を検討する必要があると推察される．また，本試作品の重量では寸法を大きくした効果が少ないが，薄型化によって軽量化が進めば製品としての可能性が期待できる．

## 文　　献


１）塩村隆信，川谷芳弘，若槻和郎，永島晴夫，瓦用粘土を配合した金城地区風化花崗岩の焼成性状，島根県立工業技術センター研究報告，31，14–21（1994）

２）原田達也，若槻和郎，上野敏之，川谷芳弘，未利用粘土活用技術の開発－低品位粘土を用いた瓦用坏土による石州瓦の試作－，島根県産業技術センター研究報告，39，75–78（2002）

３）若槻和郎，塩村隆信，川谷芳弘，金城風化花崗岩を用いた大型陶板の試作，島根県立工業技術センター研究報告，31，22–25（1994）

４）塩村隆信，川谷芳弘，石州瓦坏土および瓦製品の品質調査（平成２年度～平成５年度），島根県立工業技術センター研究報告，30，53–57（1993）

５）田中稔，粘土瓦ハンドブック，東京，技報堂出版，1980，19–20

６）原田達也，若槻和郎，川谷芳弘，瓦坏土としての低品位粘土活用技術開発－低品位粘土と金城風化花崗岩の配合基礎試験－，島根県産業技術センター研究報告，38，72–75（2001）