

鹿児島大学大学院理工学研究科 地域コトづくりセンター主催

第1回 地域コトづくりセンターシンポジウム

「鹿児島の資材シラスの建設材料としての有効  
活用に関するシンポジウム」講演概要集



▲基礎にシラスコンクリートを使用し建設した「丸尾の滝橋」

平成28年1月29日

鹿児島大学大学院理工学研究科

地域コトづくりセンター

## 講演 7 屋根瓦の材料としてのシラス活用について

(有)瀬戸口瓦工場 企画・広報担当 講演者 瀬戸口 貴義  
(有)瀬戸口瓦工場 代表取締役 瀬戸口 和徳

**要旨**：近年の住宅産業に求められている、軽量、断熱、低コストなどを目的に、シラスを細骨材に用いたプレスセメントシラス瓦の研究開発を行った。鹿児島県工業技術センターの物性評価技術と(有)瀬戸口瓦工場の加圧脱水成形技術を用いることによって、シラスのコンクリート用細骨材としての欠点を克服し、軽量で断熱性に優れた環境に優しいシラス瓦の開発に成功した。シラス瓦は耐風耐震防水性に優れた機能を備えており、厳しい気候条件下で優れた耐久性を発揮している。

**キーワード**：プレスセメントシラス瓦、加圧脱水成形法、軽量性、断熱性、耐風耐震性

### 1. はじめに

従来のプレスセメント瓦は、骨材として川砂や砕砂を用いているため重く、また他の屋根材の攻勢を受け業績も低迷している。一方、軽量屋根材として主流であった石綿スレートは、補強材のアスベストが使えなくなりコストアップを招いている。このような中、当社では、コンクリート用細骨材としては、細かい粒度、高い吸水率、低比重、粒子の形が悪い、という点で不適とされていたシラスを活かし、軽量性と断熱性に優れたシラス瓦の開発に成功した。本稿では、シラス瓦の開発の背景とポイントについて概説し、次にシラス瓦の性能と施工事例について紹介する。

### 2. 屋根材の種類と使用比率

屋根材は「粘土系屋根材」「セメント系屋根材」「金属系屋根材など」の3つに大きく分類される。粘土系屋根材は、粘土を主原料として混練、成形および高温焼成(1000~1300℃)した瓦で焼き瓦といった呼び方もある。粘土瓦は、釉薬をかけて焼成する釉薬瓦(陶器瓦)、釉薬を使わずいぶすいぶし瓦、釉薬もいぶしもかけない無釉瓦の3つに大別される。セメント系屋根材は、セメントと砂を主原料として混練、成形および自然養生したプレスセメント瓦(旧称：厚形スレート)と、セメントと繊維を主原料にした薄い板状の住宅屋根用化粧スレート

がある。金属系屋根材は、鋼板と非鉄金属に大別され、さらに小分類すると非常に多くの種類がある。

表-1に住宅用屋根材の使用比率を示す。伝統的な粘土系屋根材が現在でも最も多く使われており、日本の住宅用屋根材の約半分の46.4%を占めている。次いでセメント系屋根材が27.7%、金属系屋根材が25.9%と続く。圧倒的なシェアを占める粘土系屋根材は、近年市場規模が縮小しているのに対し、金属系屋根材はその市場を拡大しつつある。これは東日本大震災以降、軽量の金属系屋根材に関心が高まったことも要因の一つと考えられている。セメント系屋根材は業界第二位のシェアを占めているが、そのほとんどは住宅屋根用化粧スレートで、プレスセメント瓦は住宅産業の低迷に伴う他の屋根材の攻勢を受け、1%程度まで使用比率が減少した。

今から50年前、九州では932社、鹿児島県では286社のセメント瓦の生産業者があった<sup>2)</sup>。セメント瓦は、製造時に焼成を行わないため歪みが少なく、粘土系屋根材よりも寸法精度が高いという特徴がある。そのため、台風の多い九州地方では、隙間が少なく雨仕舞が良いセメント瓦が一般的に使用されてきた。しかしながら他の屋根材の価格破壊等の影響により、セメント瓦の需要は少なくなり、現在生産稼働している工場は、九州では約25社、県内では10社程度に減少した。

表-1 住宅用屋根材の使用比率<sup>1)</sup>

	1999年	2001年	2003年	2005年	2007年	2009年	2012年
粘土系屋根材	50.0	52.9	56.1	55.8	55.2	51.4	46.4
化粧スレート	34.7	30.1	27.0	24.4	23.0	25.9	26.9
金属系屋根材など	11.9	15.2	15.2	18.0	20.8	21.5	25.9
プレスセメント瓦	3.4	1.8	1.7	1.8	1.0	1.2	0.8



### 3. シラス瓦開発の背景

当社では早くから危機感を持ち、セメント瓦の弱点である重量の軽量化や低コスト化を目的に、1985年頃からセメント瓦の製造技術を活かした新しい屋根材の開発に着手した。屋根材の軽量化のために板厚を薄くする方法が一般的だが、そのままでは強度不足で実使用に耐えられない。そのため軽量屋根材として当時主流であった住宅屋根用化粧スレートには、強度を保つため補強材に発がん性物質であるアスベストが使用されていた（現在はアスベストの使用が禁止されているため、ビニロンなどの高価な繊維や樹脂軽量骨材が使用されている）。また、板厚を薄くする方法は、断熱性が低下してしまい結露が発生しやすくなるなどの欠点がある。

当社では、当時からアスベストの危険性を懸念しており、健康、環境、リサイクルなどのニーズを見越して、人にも環境にも優しい自然素材のシラスに着目し、板厚を保ったままの軽量化に取り組んだ。1989年にシラスを細骨材に用いた和瓦の試作を行い屋外曝露試験を開始し、その特性と有効性を確認した。2001年には、鹿児島県工業技術センターの技術協力の元で、鹿児島県新技術開発推進協議会の委託調査研究「シラスコンクリート瓦の長期耐久性に関する調査研究」を行った<sup>3)</sup>。

### 4. シラス瓦開発のポイント

シラス瓦の開発において、細骨材の100%をシラスで置換した場合、瓦の断面に層間剥離が発生してしまう。したがって、このままでは強度低下につながり実用化が困難であるため、これらの問題の原因の追究と解決が必要となった。細骨材に砕砂100%を用いた従来の普通セメント瓦では層間剥離は発生しないため、砕砂を少量添加することにより課題改善を図った。層間剥離と配合比の関係を考察し試作と評価を繰り返した結果、砕砂を10%以上置換することにより層間剥離を抑えられることが確認できた。吸水率や強度、製造工程上の問題などを鑑み、シラス80%（砕砂20%）の配合比が屋根材の条件に最適であることを見出した。

成形方法は、従来のプレスセメント瓦の加圧技術である「加圧脱水成形法」を応用した。原材料を混合機で混合攪拌し製造したシラスモルタルを全自動プレスマシンの型にセットし、100トンプレスを5～10秒間行う。この加圧脱水成形法により、空隙の原因となる余分な水分を除去し、緻密な構造にして硬化させた。

このように、鹿児島県工業技術センターの持つ配合設計や物性評価技術、当社の加圧脱水成形技術により、シラスのコンクリート用細骨材としての欠点を克服し、2006年4月に鹿児島県と共同で特許を取得した<sup>4)</sup>。また、本開発で平成21年度九州地方発明表彰「鹿児島県支部長賞」を受賞した。

### 5. シラス瓦の性能<sup>5)</sup>

#### 5.1 軽量性

当社では現在、和タイプ、洋タイプ、大判タイプの3種類のシラス瓦の製造を行っている(図-1)。シラス和瓦の1枚当たりの重量は2464gで、同型の普通セメント和瓦2979gと比較して17%(515g)軽量化することができた。シラス洋瓦の1枚当たりの重量は3600gで、同型のセメント製品5040gと比較して28%(1440g)軽量である。

シラスの軽量性を活かして製作したシラス大判瓦は、和瓦の約2倍の面積を有しており、実用化されているものの中では九州で最大の大きさになる。このシラス大判瓦の1枚当たりの重量は4970gで、同型のセメント製品6573gと比較して24%(1603g)軽量である。

シラス洋瓦とシラス大判瓦は和瓦と比べて棟構造が簡素化されているため、シラスの軽量性と施工方法の工夫により最大35%の軽量化が可能である。



図-1 左からシラス和瓦 (HITTO-BAN S-49) シラス洋瓦 (ユーロベスト S-30)、シラス大判瓦 (石娘 S-24)

#### 5.2 吸水率

JIS A 5402-2002 では、セメント、細骨材などを主原料として加圧成形したプレスセメント瓦の吸水率は10%以下と規定されている。各シラス瓦の吸水率はいずれも10%未満となりJIS規格に適合している。

### 5.3 強度

同じく JIS A 5402-2002 では、プレスセメント瓦の曲げ破壊荷重は 1500N 以上と規定されている。各シラス瓦の曲げ破壊荷重はいずれも JIS 規格の 1500N 以上を示した。特にシラス洋瓦とシラス大判瓦は 4700N 以上を示し、基準値の 3 倍以上の強度を有する。

近年の研究では、細骨材にシラスを用いたシラスコンクリートの初期強度は、普通砂を使用したコンクリートと比べて 0~15%低いですが、材齢 1 年以降では同程度か若干高い、という研究結果が報告されており<sup>9)</sup>、シラス瓦の長期的な高強度の発現も期待できる。

### 5.4 熱伝導率

シラスを細骨材に用いたシラス板と普通セメント板の熱伝導率の測定を行った結果、シラス板の平均の熱伝導率は 0.77W/(m K)、普通セメント板は 1.46W/(m K)で、シラス板の熱伝導率が普通セメント板の熱伝導率の約 1/2 と優れた断熱性を有することが明らかになった。

## 6. 耐風耐震性能と施工事例

当社では、早くから防災瓦、防災施工を手掛け、1997 年の県北西部地震では被害を最小限に抑えることができ、優れた耐震性能が実証された(図-2)。シラス瓦は同型のセメント製品の防災機能を備えており、いずれも国土交通省技術評価の耐風引張試験<sup>7)</sup>の基準をクリアしている。



図-2 被害が最小限に抑えられた住宅  
(さつま町, 県営住宅観月台団地, HITTO-BAN)

シラス和瓦は上下左右の瓦がお互いを強固に連鎖結合する構造を備えている。図-3 は、県営住宅松陽台団地の新築屋根工事事例である。全体で 35 棟、約 15 万枚のシラス和瓦が使用されており、施工面積は 9,100 m<sup>2</sup>である。普通セメント和瓦を使用した場合と比較して屋根全体で 75.7 トンの軽量化を達成した。この軽量化により、普通トラック 2 トン車

38 台分の輸送コストと輸送時の CO<sub>2</sub> 排出量を削減することができた。その他、県営住宅蒲生島田団地や個人住宅などでも採用されている。



図-3 シラス和瓦 新築屋根工事  
(鹿児島市, 県営住宅松陽台団地)

シラス洋瓦とシラス大判瓦は、上下の瓦の重なり部分を 1 本のビスで同時に固定する国土交通省技術評価の「スルーホール工法」<sup>8),9)</sup>に対応しているため、耐風耐震性に優れている(図-4)。



図-4 スルーホール工法

特にシラス洋瓦は 8823.5N/m<sup>2</sup>の引張耐力を有しており、この値は基準値の 2 倍以上で国内の屋根瓦の中でも傑出した値である。建築基準法に基づく構造計算<sup>10)</sup>の結果、標準的な平屋住宅(建物の高さ 6m, 軒高 3.5m, 屋根勾配 4.5 寸)で 82.7m/s, 二階建て(建物の高さ 8.5m, 軒高 6.4m, 屋根勾配 4 寸)の場合 72.3m/s もの風速に耐えることができる。平屋住宅の場合、日本の平地での観測史上最も強い最大瞬間風速 85.3m/s にわずかに及ばないが、それに近い値まで理論上安全であるということになる。二階建ての場合は、離島を除く県内で最も強い最大瞬間風速 62.7m/s を十分上回っている。



驚異の耐風性能を持つシラス洋瓦は、与論島の県営住宅や町営住宅、徳之島の公共施設など台風の被害を受けやすい離島でも採用されている。2013年に大型台風が与論島を直撃し甚大な被害をもたらしたが、シラス洋瓦の被害は全く無く、高い評価をいただいている。また、現在建設が進められている県営住宅松陽台第二団地でも既に39棟の建物に採用されている（図-5）。



図-5 シラス洋瓦 新築屋根工事  
(鹿児島市、県営住宅松陽台第二団地)

シラス大判瓦は、和瓦と比較して施工枚数が少なくすむため手間がかからず、スルーホール工法にも対応しているため、施工時間を最大約30%短縮できる。現在、平板タイプの瓦が主流となっているが、平板瓦は凹凸が少ない形状のため強風時に水の横走りによる雨漏りが発生しやすいという欠点がある。シラス大判瓦は、表面に3か所の凹凸を設けてあるため、平板瓦の欠点である水の横走りをストップする。また、立体構造により瓦裏面の通気性を向上させてあるため結露が発生しにくく、



図-6 シラス大判瓦 新築屋根工事  
(さつま町、個人住宅)

シラスの軽量性、断熱性と共に家屋への負担軽減が期待できる。シラス大判瓦はスレート屋根にない立体的で重厚な趣があり、見る角度により様々な見え方が楽しめる（図-6）。お客様にご好評をいただいております。個人住宅を中心に採用されている。

## 7. まとめ

シラス瓦は現在、260棟、約4万㎡の施工実績がある（2001年6月1日～2015年12月31日出荷）。施工から15年近く経過した物件もあるが割れや雨漏りなどの不具合は無く、十分な耐久性を長期間維持している。

セメント瓦メーカーが廃業していく中、当社が残ることができているのは、鹿児島島の宝であるシラスとそれを活用へと導いて下さった皆様のお蔭である。皆様のご支援のお蔭でシラス瓦の認知度も少しずつ高まり、個人住宅への需要も増えてきている。今後は、シラス瓦に興味を持つ生産業者や企業などと連携してシラス瓦の普及に努めたい。

## 参考文献

- 1) 林親満, 稲葉茂編：屋根 Selection, 日本屋根経済新聞社, 2001, 2003, 2005, 2007, 2009, 2011, 2014
- 2) 九州セメント瓦工業組合編：九州地区セメント瓦工業生産業者名簿, 1967
- 3) 瀬戸口和徳, 袖山研一：シラスコンクリート瓦の長期耐久性に関する調査研究, 鹿児島県新技術開発推進協議会調査研究報告, No.39, pp.1-8, 2002.7
- 4) 袖山研一, 吉村幸雄, 瀬知啓久, 濱石和人, 瀬戸口和徳：高耐久性シラス瓦およびその製造方法, 特許第3787595号, 2006
- 5) 袖山研一, 瀬知啓久, 新村孝善, 吉村幸雄, 瀬戸口和徳：火山噴出物を用いた軽量断熱シラス瓦の開発, 鹿児島県工業技術センター研究報告, No.22, pp.23-29, 2008
- 6) 武若耕司：シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状, コンクリート工学, Vol.42, No.3, pp.38-47, 2004
- 7) 山口県厚型スレート協会編：中層建築物の耐風型勾配屋根の開発, 建設省技術評価研究成果書, 1994
- 8) (有)琴川建材工業所, 他：中層建築物における耐風型勾配屋根スルーホール工法, 建設省評価書, 1995
- 9) 佐々岡良介：屋根の瓦葺き工法, 特許第3532990号, 2004
- 10) 独立行政法人建築研究所監修：瓦屋根標準設計・施工ガイドライン, (社)全日本瓦工事業連盟, 全国陶器瓦工業組合, 全国厚形スレート組合連合会, 2001