

5 つきあい方 シラスの工業的利用について



袖山 研一
SODEYAMA Kenichi

鹿児島県工業技術センター
地域資源部/シラス研究開発室/室長

なかなか資源として扱われてこなかった火山噴出物のシラス。鹿児島にはシラスが豊富に分布することから、これを有効利用するため、半世紀以上にわたってシラスの研究・資源開発が進められてきた。その研究の歴史、シラスの特徴、利用の現状などについて紹介する。

シラスの資源開発

鹿児島中央駅の桜島側の広場に降り立つと、路面電車の軌道敷芝生が目飛び込んでくる。繁華街の天文館へと導く色鮮やかな緑の絨毯は、今や観光鹿児島のシンボルとなっている。この芝生の下には、火山噴出物のシラスを用いた緑化基盤が採用されている。景観向上はもとより、ヒートアイランド現象の軽減効果や路面電車の騒音低減も実証され、市民や観光客に好評である。火山噴出物のシラスに覆われている南九州においては、シラスが地域産業や生活に多大な影響を及ぼしている。この無尽蔵とも言えるシラスを工業資源化できれば、地域に計り知れない恩恵をもたらす。

県立の試験機関である鹿児島県工業技術センターは、前身の工業試験場時代から、依頼分析や研究開発を通して中小企業の支援をしている。先達からの信念でもあるシラスの資源開発は、1951年のシラス・セメント成形物を焼成した赤レンガ以来の伝統があり、シラスコンクリートやシラス緑化基盤の製品化で活路が拓かれつつある。これらは半世紀以上に渡って産学官で行われてきた研究開発の歴史の賜物である。

シラスの工業的利用の分類

シラスは堆積形態や利用し易さから、大きく「普通シラス」「降下軽石」「淘汰されたシラス」の3種類に分類される。シラスの中で最も埋蔵量の多いのが、シラス台地を形成する入戸火砕流堆積物である。これを普通シラスと称し、淘汰作用を受けた産地限定の

特殊なシラスと区別している。

普通シラスの利用

普通シラスは2mm以上の礫(主に軽石)を含み、幅広い粒径から構成されており、大部分は砂分からなる。火山ガラスを主成分とし、斜長石、輝石、石英、磁鉄鉱などの副成分を含んでいる。化学組成はケイ酸分が約70%と最も多く、次いでアルミナ分約14%、アルカリ酸化物約8%と続く。普通シラスは道路の路盤材料や舗装用材料として用いられ、鹿児島湾の大規模な埋立材として利用された。1972年に完工した鹿児島市の与次郎ヶ浜地区は、城山裏のシラス台地から1,300万m³のシラスを削り、汲み上げた海水と混ぜて、日本初の水搬工法によって66万m²の土地造成を行った。1978年には鹿児島市の祇園之洲も、54.5万m³のシラスと河川水を混ぜた水搬工法による土

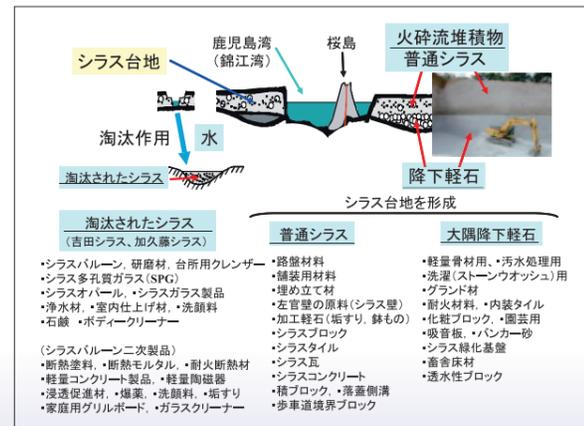


図1 シラスの工業的利用の分類



写真1 鹿児島市電の軌道敷緑化



写真2 シラス緑化基盤



写真3 装飾シラスブロックを敷き詰めた天文館いづろ大通りの舗道

地造成が完工した。

1999年には横浜市の企業により左官壁材が製品化された。伝統的な左官壁は消石灰と海藻などの糊材と珪藻土等の材料を配合したものであるが、製品化された左官壁材はシラスを珪藻土の代わりに用いてセッコウで硬化させるものである。このシラス壁材は、(財)建材試験センターでの吸放湿性試験で調湿建材としての性能が確認され、民間分析機関においてもアセトアルデヒド、ホルムアルデヒド、メチルメルカプタンに対する消臭性能が確認されている。霧島市にある上野原縄文の森展示館の内装壁材のほか官民で累計233万m²の施工実績があり、シラスを用いた内外装材で年間55万m²の市場に成長している。

また、普通シラスには多くの軽石が含まれており、垢すりなどの加工軽石の90%以上が鹿児島産である。大きい軽石はくり抜いて鉢物にしたり、板状に加工して軽石タイルとして出荷されている。

シラスコンクリート

近年、西日本ではコンクリート用の細骨材として、枯渇が心配される河川砂に代わり、海砂が大量に用いられている。しかし、海砂採掘による環境破壊が問題化し、環境保全や海洋資源保護の立場から海砂の採取を規制する方向にあり、海砂依存率の高い西日本各県では細骨材の確保が喫緊の課題となっている。その細骨材の代替品として、無塩砂であるシラスが着目されている。シラスは砂礫の集合体であるため、採取が容易で搬出しやすく、粉碎の手間なく特定の粒径だけを篩分け操作で分級することが出来る。

しかし、コンクリート用の細骨材としては、細かすぎる粒度(150μm以下の微粒分が平均30%)、高い吸水性、小さい密度(平均の粒子密度2.4g/cm³)の3性質がJISに不適合であり、さらに粒子形状も角張っているという欠点を持つため利用が進まなかった。

鹿児島大学の武若耕司教授は、1980年代から細

骨材にシラスを用いたシラスコンクリートの実用化研究を進めている。粗骨材として碎石を用い、シラスの含水率調整、配合比、減水剤、製造方法などシラスを細骨材として用いる研究を重ねた結果、完成したシラスコンクリートは普通コンクリートと同等の強度を有し、ポゾラン反応により長期強度を発現すること、塩害抵抗性や硫酸塩劣化抵抗性など過酷環境下で優れた耐久性を示すことを明らかにしている。

鹿児島県土木部では、シラスコンクリートの特徴を活かした38のモデル工事を行い、2002年からは温泉環境下での橋梁基礎工事を行っている。霧島市高千穂の丸尾の滝付近の建設現場には、地温が高く硫酸イオン濃度の高い場所もある。その環境で、2008年までの間に4基の橋脚が建設され、その深礎杭基礎(杭径8~10m、杭長20~25m)に合計で5,000m³のシラスコンクリートが使用されている。2006年には『シラスコンクリートの設計施工マニュアル(案)』を発刊し、県土木部の事業においては2007年からコンクリート積ブロック、2008年から歩車道境界ブロック、2010年から落蓋側溝の3製品について、原則シラスコンクリートを使用することとしている。

現在、鹿児島県内では、シラスコンクリートを使用した積ブロックは7工場、歩車道境界ブロック(B型)及び落蓋側溝は6工場で製造可能となっている。それらの2010年度の施工実績はコンクリート積ブロック20,154m³、歩車道境界ブロック1,452t、落蓋側溝67tとなっている。課題はシラスの保水性が高いため、水分管理が難しく、細骨材に適する表面乾燥飽水状態に調整するための屋根付保管施設が必要な



写真4(左) シラスコンクリート製「積ブロック」
写真5(中) シラスコンクリート製「歩車道境界ブロック」
写真6(右) シラスコンクリート製「落蓋側溝」



写真7 シラス大判瓦(右下)と屋根施工例

ことと、粒径を5mm以下に分別する必要があることが挙げられる。

シラス瓦

モルタル製造においては、普通砂の代わりにシラスを用いると、シラスの性質から単位水量の著しい増大は避けられず、強度や耐久性に劣るので、JISの配合・成形方法はシラスには適さない。そこで、地元企業と共同で、加圧脱水成形により単位水量を少なくしてセメント水比を増大させ、耐久性と強度を向上させる方法を開発した。まず、シラスとセメントと水をオムニキサーで混合してモルタルを作成し、それをプレスマシンで脱水成形して瓦を成形した。シラスには微粒分が多いため層間剥離を起こす欠点があった。そこで、砕砂を5~18%添加することと、加圧脱水工程において2段加圧により層間剥離を抑える工夫を行った。このシラス瓦は断熱性に優れ、軽量で大判化が可能であり、意匠性や施工性に優れ、民営・公営住宅など25,214m²の屋根施工実績を有している。

降下軽石の利用

入戸火砕流堆積物の下層に厚さ8mほどの軽石層が大隅半島の鹿屋市と垂水市を中心に分布している。これは大隅降下軽石と呼ばれ、主に軽石礫の集合体からなり、入戸火砕流と同時期に噴出した。この降下軽石は固い軽石からなり、篩分けするだけで良質の天然軽量骨材となりJISの適合品になることから、軽量骨材用、洗濯(ストーンウォッシュ)用、汚水処理用、垢擦り用、グランド材、耐火材料、内装タイル、化粧ブロック、園芸用、吸音板、パンカー砂としての用途がある。軽石単体としては、鹿児島県で2004年に54,613t出荷されている。



写真8 シラスバルーンを配合したクリーナーの洗浄効果(左:洗浄前 右:洗浄後)

シラス緑化基盤

近年、都市型水害やヒートアイランド現象が社会問題化し、その対策として屋上緑化など都市緑化が進められている。そうした中、2001年に緑化基盤を多孔質のシラスで作れないかと、地元人造大理石メーカーからエコ商品開発の相談があり、共同研究を開始した。その結果、軽石と極少量のセメントを乾式混合してゼロランプ状態(コンクリートの変形量がゼロ)で混合して加圧成形し、加圧時にシラスからしみ出る水をセメントの硬化反応に利用し、シラスの複雑な粒形により、強固な結合力を得て基盤を成形する方法を開発した。この基盤は低コストで軽量かつ透水性、保水性、断熱性、耐火性に優れており、芝生植生に適する。雨水を保水しながら余分な水を地中に戻し、乾燥時には水分を蒸散して打ち水効果を発揮し、植物も根付き易いので緑化基盤に適する。緑化用以外にも、シラス基盤の表層に桜島溶岩等の自然石の砕砂や視覚障害者用の黄色顔料を配合して一体成形した装飾シラスブロックも開発され、天文館のいずろ大通りなどの市街地や広場での舗道に用いられている。

鹿児島市では、シラスブロックを全長6,460m、緑化面積24,700m²の全国初となる路面電車の軌道敷芝生の基盤に採用され、夏場に軌道敷の温度をアスファルトと比べて約16℃下げる効果が確認された。また、電車走行時の騒音低減に効果があること、ビルの屋上緑化施工においては、夏季におけるビル室内の温度を2.3℃下げる効果が確認されており、都市景観も向上した。さらに、切断加工や釘打ちも容易で、太陽光反射の緩和、炭酸ガスの固定化、憩いの場の提供、ビオトープとしての役割など広域の環境改善に役立つほか、畜舎床材として飼育環境も改善でき、今後、都市型水害対策用の雨水貯留浸透基盤などへの展開も期待されている。

淘汰されたシラスの利用

鹿児島市吉田町や宮崎県えびの市周辺では、細かい砂分からなる自然水の作用で淘汰されたシラス

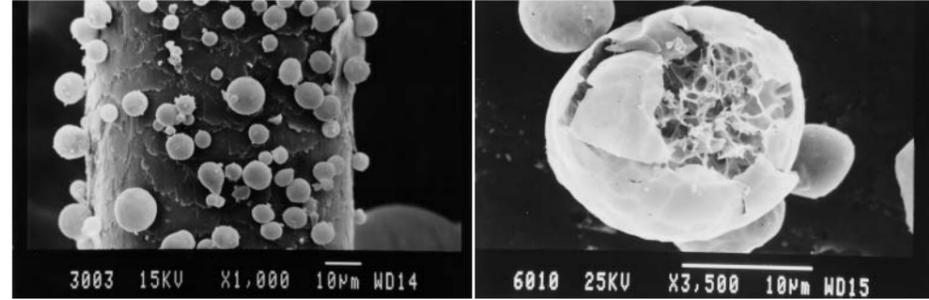


写真9 毛髪上の微粒シラスバルーン

写真10 微粒シラスバルーンの破断面



写真11 シラスを用いた洗顔料

(吉田シラス、加久藤シラス)が産出する。これらは、火山ガラス成分を90%以上含むこと、強熱減量が約4%以上であることを特徴としている。研磨材、シラスオパールなどガラス製品、台所用クレンザー、洗顔料などの用途がある。

宮崎県工業技術センターで開発されたシラス多孔質ガラス(SPG)は、孔径制御された貫通細孔からなるAl₂O₃・SiO₂系ガラスである。シラス、石灰、ホウ酸からなる基礎ガラスを熱処理により相分離させて生成する。SPGを利用した膜乳化技術により、マイクロ/ナノサイズのエマルジョンや粒子、カプセルなど食品、医療、化粧品分野への展開のほか、ナノバブル生成機やマイクロハンダボールが実用化されている。

シラスバルーン

シラスに含まれる火山ガラス粒子は、焼成すると内部に含まれる水分が蒸発して発泡する。この粒径20μm~1.4mm程度のガラス質中空発泡体がシラスバルーンと呼ばれ、低かさ比重、不燃性、高融点、低熱伝導率、無色、無害、低価格という特徴をもつ。1970年代に九州工業技術試験所(現在の産業技術総合研究所九州センター)で開発された後、kg当たり100~200円台で、1991年に14,250t生産され、製造各社合わせて50種類以上の品種がある。原料としては、吉田シラスや加久藤シラスなどが用いられている。二次製品としては、軽量モルタルなどセメント成形品等の軽量建材用、ポリエステル系パテ材などの樹脂系部材、建築用外装、機械塗装、下地処理用等の塗料用、紙粘土、接着材、磁器がある。2003年には、シラスバルーン等と無機系繊維を複合して成形した建築用ボードがJIS A5440「火山性ガラス質積層板(VSボード)」として認定されている。シラスバルーンを用いた遮熱・断熱塗料は1990年代から地元企業で製品化されており、累計142,000m²の施工実績がある。この塗料は断熱・省エネ効果も認められ、建築塗装のほか工事用ヘルメット用にも利用されている。

ガラスクリーナー

シラスの研磨効果は周知であったが、地元企業により、シラスバルーンを配合したクリーナーが、ガラスやステンレスの水垢や油膜・酸焼けの除去・清浄機能に優れるとして製品化された。新幹線(車両と窓)や在来鉄道車両をはじめ、船舶及びバス、路面電車、ホテル・病院・温泉などで利用されている。

洗顔料

1992年に地元企業と共同で、平均粒径20μm以下の微粒シラスバルーンを開発した。その後、微粒シラスバルーンを配合した洗顔料が製品化され、複数企業によりシラス微粉を配合したものやシャンプーなど多様な製品が生まれ、全国通販でのヒット商品も複数出ている。

グリーンなビジネスモデルに

日本は火山大国であり、膨大な火山噴出物を有している。シラスは際立った特徴が無いと、資源として扱われなかったが、有効な利用技術が開発されれば地域経済が活性化される。近年、機能性に優れたシラス製品が登場し、住宅、生活、美容関連のほか緑化やインフラに活用され、都市景観の向上や広域の環境改善にも貢献している。シラス資源開発が、先進的かつ“グリーン”なビジネスモデルとして発展することを期待している。

<参考資料>

- 1) 鹿児島県資源開発協議会編「明日の資源シラス」鹿児島県資源開発協議会(1979)
- 2) 武若耕司 コンクリート工学 Vol.48 No.1 pp.73-79(2010)
- 3) 鹿児島県土木部「2005年制定 シラスを細骨材として用いるコンクリートの設計施工マニュアル(案)」(2006)
- 4) VSI研究会編「新時代を築く火山噴出物」リアライズ社(1995)
- 5) 袖山研一監修「二十一世紀の民家をつくる シラス物語」農山漁村文化協会(2005)

<取材協力・資料提供>

- 1) 鹿児島県コンクリート製品協同組合
- 2) 鹿児島県積ブロック工業組合

<図・写真提供>

- 図1 写真2、4、5、6、7、9、10、11 袖山研一
写真1 佐々倉賢一 写真3 上中 誠
写真7 瀬戸口和徳 写真8 迫 正人