

地域資源（シラス）を活用した GX に向けた取組

－火山ガラス微粉末を配合した低炭素型コンクリート製品による道路工事－

鹿児島県 総合政策部 総合政策課 技術補佐 みやもと ゆうじ
宮本 裕二

1. はじめに

脱炭素・カーボンニュートラルの実現が世界的な潮流となる中、社会資本整備に伴って発生する二酸化炭素（以下、「CO₂」という）排出量を削減するための取組の一つとして、セメントの一部分をCO₂排出量の少ない混和材で置き換えた低炭素型コンクリートの利用があります。

2020年にJIS A 6209に制定されたコンクリート用火山ガラス微粉末は、シラス等の火山性堆積物を原鉱とし、製造時に焼成が不要であることからCO₂排出量が少ない混和材です。火山ガラス微粉末の活用は、省CO₂に資するものと考えられることから、本稿では地域資源のシラスを活用したGXに向けた取組について紹介します。



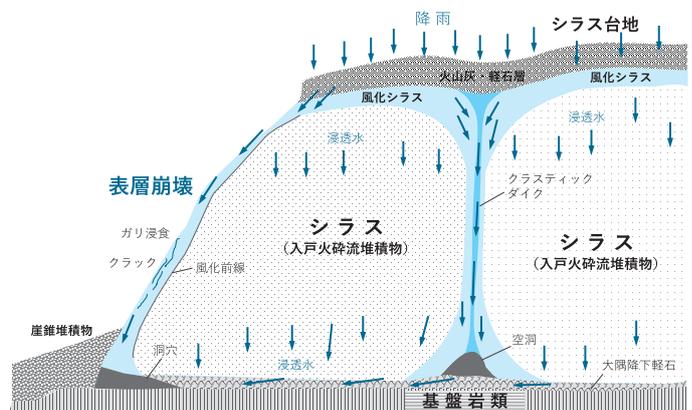
入戸火砕流堆積物
宝田晋治・西原歩・星住英夫・山崎雅・金田泰明・下司信夫
：始良カルデラ入戸火砕流堆積物分布図，産総研地質調査総合センター，2022。（色彩のみ加工）

図－1 始良カルデラ入戸火砕流分布図¹⁾

2. 脱炭素化に向けた地域資源の活用

(1) シラスについて

始良カルデラから噴出した入戸火砕流堆積物の非溶結部（シラス）は、同カルデラ周辺の南九州に広く分布¹⁾しています（図－1）。鹿児島県は集中豪雨、台風の常襲地帯で、過去に幾度も災害に見舞われ、1993年の鹿児島豪雨^{2),3)}では多くのシラス斜面が崩壊しました（図－2）。鹿児島県全体では、同年に1万件を超える公共施設災⁴⁾



図－2 シラス斜面の崩壊（模式図）^{3),4)}

が発生し、シラスは土砂災害をもたらす「厄介者」とされてきました。

一方で、シラスは当県に豊富に賦存する貴重な地域資源であることから、鹿児島県土木部は、2005年度に「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）」⁵⁾を策定し、シラスの利用を促進しています。

ただし、シラスは粒子内に空隙があり、軽石や微粒分を含むことから、コンクリートの流動性への影響や気泡の発生、粒子破碎⁶⁾が生じる等の課題があります。

(2) シラスの全量活用

前述の課題解決には、シラスを使いやすい「材料」として成分ごとに分類する必要があります。シラスの鉱物組成⁷⁾は、火山ガラス、軽石、結晶鉱物、粘土に分類され、火山ガラスと軽石の合計が占める割合は全体の約65%となります（図-3）。

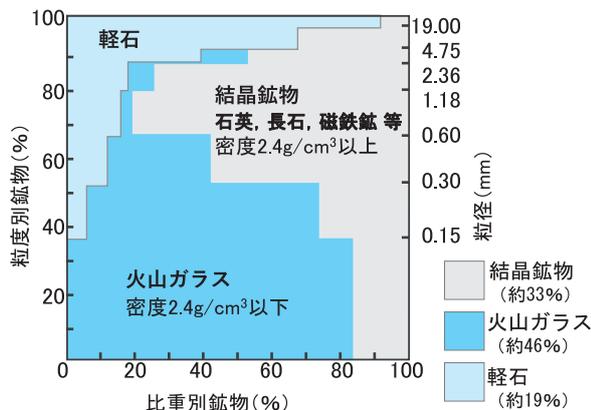


図-3 シラスの鉱物組成⁷⁾

鹿児島県工業技術センターでは、シラスからコンクリート混和材の火山ガラス微粉末（Volcanic Glass Powder。以下、「VGP」という）を製造する技術⁷⁾を確立しました（図-4、表-1）。

VGPは、コンクリート用混和材への使用により、流動性の改善や強度発現、アルカリシリカ反応の抑制、塩化物イオンの浸透抑制効果⁸⁾があることから、鉄筋コンクリートにおける鉄筋の腐食防止や長期的な耐久性向上が見込まれています。

また、VGP製造時に比重選別される結晶質は、JIS A 5005に適用するコンクリート用細骨

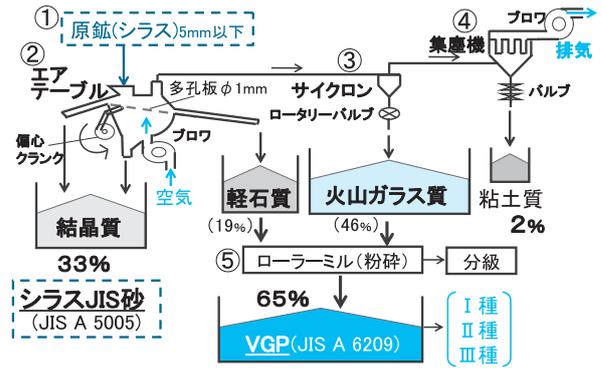


図-4 乾式比重選別、粉碎・分級の模式図⁷⁾

表-1 VGPの製造手順

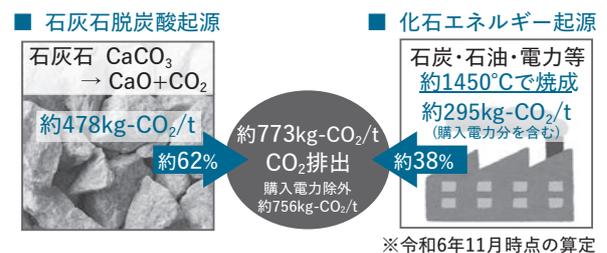
①	原鉱（粒径5mm以下のシラス）をエアテーブルに投入。
②	多孔板の下方から空気を送り、軽比重の粒は上昇し、重比重の粒は多孔板の凹凸と振動により結晶質と軽石質に分けて回収。
③	サイクロンにより、軽比重の粒から火山ガラス質を回収。
④	集塵機により、軽比重の粒から粘土質を回収。
⑤	火山ガラス質、軽石質をローラーミルで粉碎し、VGPを製造。併せてI種、II種、III種に分級。

材（以下、「シラス JIS 砂」という）として使用可能です。シラス JIS 砂は無塩であり、海砂などの代替骨材としての利用も期待されています。同じく比重選別された粘土質は、陶芸（焼き物）材料などに利用でき、以上のことからシラスの全量が活用可能となります。

(3) CO₂ 排出量

日本のセメント産業におけるCO₂総排出量は、約3300万t-CO₂（2023年度）と言われています。

セメントのLCIデータ⁹⁾によれば、ポルトランドセメントを1t製造する場合のCO₂排出量は、購入電力を考慮すると約773kg-CO₂/tであり、原料の石灰石（CaCO₃）の分解反応により生じる石灰石脱炭酸起源が約6割を占めています（図-5）。



※令和6年11月時点の算定

図-5 ポルトランドセメント製造時のCO₂排出量

また、VGPを1t製造する場合のCO₂排出量¹⁰⁾は、約54kg-CO₂/tであり、シラス採取・運搬に係る燃料起源や乾式比重選別及び粉碎・分級に係る電力起源によるものです(図-6)。

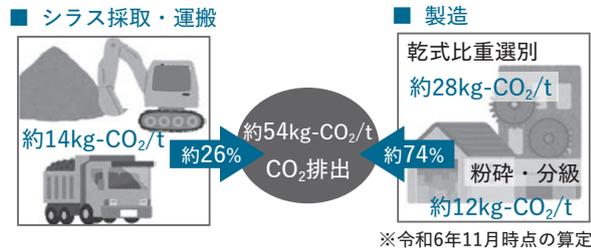


図-6 VGP製造時のCO₂排出量

VGP製造では、セメント製造のような原料由来のCO₂が発生せず、また、火砕流堆積物であるシラスは焼成が不要です。VGP製造におけるCO₂排出量は、同量のセメント製造に比べ約93%の削減となり、製造工程の省CO₂が見込まれます。例えば、セメントの55%をVGPに置き換えた低炭素型コンクリートは、一般のコンクリートに比べCO₂排出量を約50%削減するものと考えられます(図-7)。

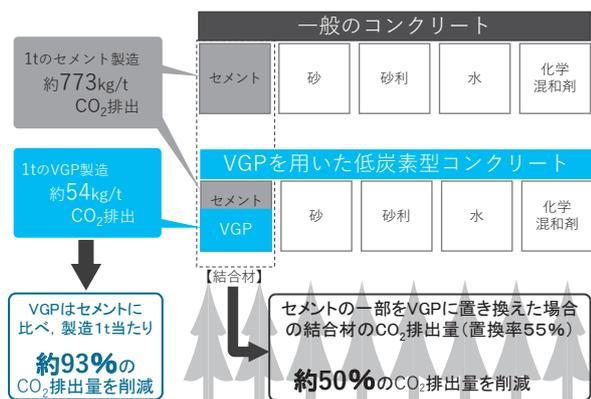


図-7 CO₂排出量の比較(模式図)

(4) 地域に応じたCO₂排出量削減の取組

「鹿児島県地球温暖化対策実行計画」¹¹⁾によると、当県の2020年度におけるエネルギー起源CO₂排出量は8638千t-CO₂と、県全体の約73%を占めています(図-8)。運輸部門について、鹿児島県は九州南部に位置し、大都市圏に比べ自

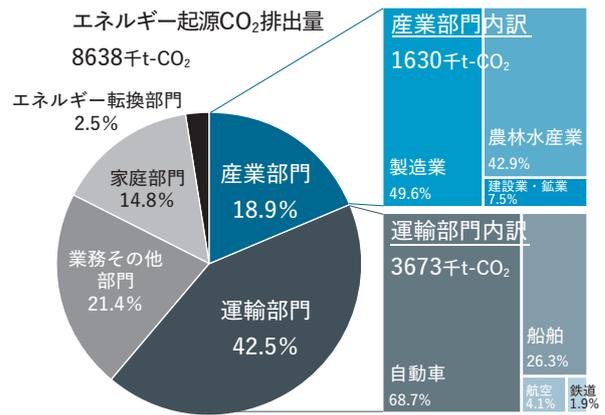


図-8 CO₂排出量、部門別排出割合(2020年)

動車の使用頻度が高く、運輸に係るエネルギー消費が大きい状況です。また、離島を多く有することから、船舶のエネルギー消費量の割合が自動車の次に大きく、運輸部門の約26%を占めています。

低炭素型コンクリートでは、セメントの一部を置き換える混和材として、高炉スラグ微粉末が利用されています。高炉スラグ微粉末は、製鉄所の高炉より副生される高炉水砕スラグを原料とするため、製鉄所から遠方の地域では材料運搬の距離が長くなり、運輸部門のエネルギー消費(CO₂排出量)が増加することも考えられます。

一方、環太平洋火山帯に位置する日本は、111の活火山を有する世界有数の火山国であり、火山性堆積物が全国各地に埋蔵されています。例えば、南九州に広く分布するシラスを原鉱としたVGPをその地域で製造すれば、前述の製造工程における省CO₂に加え、運輸に係るエネルギー消費を減らすことができるため、CO₂排出量の抑制が期待できます。

(5) 鹿児島県におけるインフラ・建設分野におけるGXの推進

鹿児島県では、シラス由来のVGPの量産化を促進し、低炭素型コンクリートの普及に取り組むことにより、インフラ・建設分野におけるGXを推進しています。その一環として、令和6年9月に大学等研究機関、民間企業、行政により構成する「VGPの社会実装に向けた研究会」を発足し

ました（庶務：鹿児島県）。同研究会では、VGPを活用した低炭素型コンクリートをはじめとする建設資材の社会実装を促進するため、VGPの用途拡大に資する研究や取組を進めています。

3. VGPを配合した低炭素型コンクリートを用いたモデル工事

(1) VGPを配合したコンクリート製品

ここでは、南九州産シラス（採取地：鹿児島県鹿屋市）を原鉱としたVGP配合の低炭素型コンクリート製品について紹介します。製造の検討に当たっては、鹿児島県コンクリート製品協同組合の協力による配合試験を実施し、普通ポルトランドセメント（OPC）からVGPへの置換率を55%としたコンクリート製品が製造可能であることを確認しました。また、VGP製造時に発生するシラスJIS砂を有効利用する観点から、コンクリート製品の細骨材にシラスJIS砂を試験的に配合しました。

(2) モデル工事

前述のVGP、シラスJIS砂を配合した低炭素型コンクリート製品（置換率55%）を、鹿児島県発注の道路工事に使用しました（表-2）。

表-2 モデル工事の概要

工事名	地方特定道路整備工事（山田 R5-2 工区）		
施工場所	一般県道小山田谷山線（鹿児島市山田町）		
施工日	令和6年10月1日（1日間）		
対象工種	縁石工（歩車道境界ブロックB型H250）		
製品仕様	結合材の配合割合（置換率）	OPC45%、VGP55%	
	細骨材	配合 A 配合 B	海砂、砕砂 シラスJIS砂、砕砂
施工延長	配合 A	10 m（1 m 製品 @10 個）	
	配合 B	10 m（1 m 製品 @10 個）	

各配合（配合 A、配合 B）により製造した各コンクリート製品は、製造工場にて養生し（写真-1）、鹿児島県コンクリート製品協会の製造検査基準及び品質管理基準（配合、圧縮強度、アルカリ

骨材反応抑制対策、寸法、外観）に基づく合格判定を得た上で、当県管理道路での道路改良工事の現場に搬入し、通常のコンクリート製品（歩車道境界ブロック）と同様の施工手順で設置しました（写真-2）。



写真-1 脱型後の養生状況

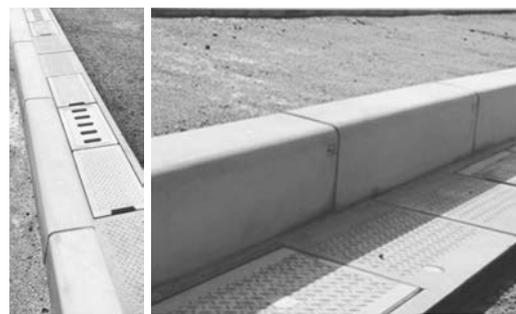


写真-2 現場での設置完了状況

また、ここでは、一般社団法人日本LCA推進機構に技術指導をいただき、LCIデータ等を用いて結合材（製造時）のCO₂排出量を試算しました。普通ポルトランドセメント（OPC）からVGPへの置換率55%の低炭素型コンクリート製品は、通常品に比べセメント使用量が少なく（図-9）、

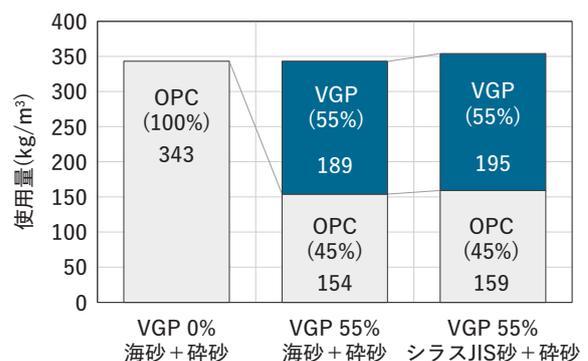


図-9 各製品における結合材の使用量

CO₂ 排出量が約 50% 減少する結果が得られました (図-10)。

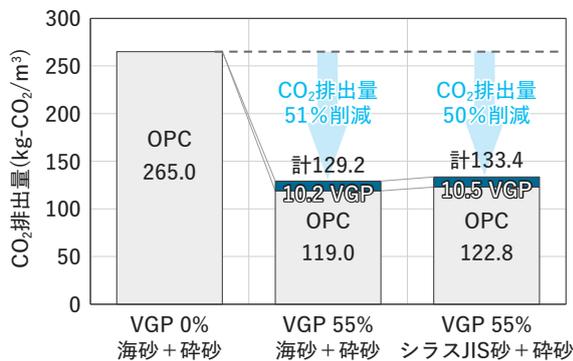


図-10 各製品における結合材の CO₂ 排出量

4. おわりに

本稿では、鹿児島県におけるインフラ・建設分野における GX に向けた取組として、地域資源のシラスの特徴、VGP を用いた低炭素型コンクリートに係る検討状況について述べました。

また、令和 6 年度に実施した VGP を配合した低炭素型コンクリート製品によるモデル工事について紹介するとともに、同製品の結合材について CO₂ 排出量を試算しました。

2024 年 3 月、VGP は混和材料としてレディーミクストコンクリート (JIS A 5308) に追加され、更なる利用拡大が期待されています。当県では、VGP を用いたコンクリート製品の検討に加え、鹿児島県生コンクリート工業組合と連携し、生コンでの VGP の活用に向けた検討を行っています。

今後、鹿児島県工事において生コンを用いたモデル工事を予定しており、引き続き、VGP を用いた低炭素型コンクリートの普及やインフラ・建

設分野における GX を推進し、地域資源のシラスを活用した脱炭素化の取組を進めたいと考えています。

【参考文献】

- 1) 宝田晋治, 西原歩, 星住英夫, 山崎雅, 金田泰明, 下司信夫: 始良カルデラ入戸火砕流堆積物分布図, 国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター, 2022
- 2) 北村良介, 井料達生, 高田誠, 福原清作, 木佐貫浄治, 宮本裕二, 山田満秀: 南九州しらす地帯における土砂災害対策, 西日本工業大学開学 30 周年記念「自然災害における地盤の防災および構造物の復旧と補強」シンポジウム論文集, pp.249-256, 1997
- 3) 落合英俊, 北村良介, 矢ヶ部秀美: 1993 年鹿児島豪雨災害の教訓, 社団法人地盤工学会, 土と基礎, No.43 (6), pp.29-32, 1995
- 4) 宮本裕二: 鹿児島県における近年の道路災害の傾向, 道路区域外からの土砂崩落に関するレーザープロファイラ調査について, 九州技報, 第 72 号, pp.62-69, 2023.3
- 5) 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), 財団法人鹿児島県建設技術センター, 2006.1
- 6) 宮本裕二, 宇都洋一, 荒木功平, 酒匂一成, 北村良介: しらすの締固め曲線に関する一考察, 土木学会第 64 回年次学術講演会Ⅲ部, pp.683-684, 2009
- 7) 袖山研一, 友寄篤, 野口貴文, 東和朗: 乾式比重選別と粉碎によるシラスの建設材料への全量活用, 公益社団法人日本材料学会, 材料, Vol.66, No.8, pp.574-581, 2017
- 8) 一般財団法人日本規格協会: JIS A 6209, コンクリート用火山ガラス微粉末, 2020
- 9) 一般社団法人セメント協会: セメントの LCI データの概要, p.8, 2024.4
- 10) 宮本裕二: シラス (火山ガラス微粉末: VGP) を用いた低炭素型コンクリートの活用について, 九州技報, 第 75 号, pp.90-93, 2024.9
- 11) 鹿児島県環境林務部: 鹿児島県地球温暖化対策実行計画, pp.32-43, 2023