

環境負荷低減を目的とした

火山ガラス微粉末のコンクリートへの適用性に関する研究

日大生産工(院) ○藏谷 乙矢
指導教員 山口 晋
杉橋 直行

1. はじめに

近年、地球温暖化が進む中で、コンクリートにもCO₂排出量の削減が求められている。コンクリートが固まる過程で周囲のCO₂を吸い込む技術¹⁾やコンクリート練混ぜ時にCO₂を噴霧し固定させる技術が開発²⁾され、既に実用化されている。一方で、そもそもセメント製造時のCO₂排出量は大きく、セメント使用量の低減が必須となっているが、近年のコンクリートの高強度化により、単位セメント量が増加する傾向にあることから、セメントに置き換わる反応性を持つ混和材料の利用促進に関する研究が注目されている。

このような混和材料として、我々は近年JIS化された国内の天然資源でポゾラン反応性を持つ火山ガラス微粉末に着目した。全国に広く分布しており、特に九州南部の鹿児島県入戸シラス由来の火山ガラス微粉末はその多大な埋蔵量から工業への利用がこれまでも検討されてきた³⁾。ここでは、火山ガラス微粉末を広くコンクリートへ適用することを目的に、文献調査結果から決定した今後の研究計画について報告する。

2. 火山ガラス微粉末

2. 1 火山ガラス微粉末の歴史⁴⁾

火山ガラス微粉末とは、火山噴出物を原料としたマグマの急冷によってできたアミノけい酸塩ガラスを主成分とした微粉末のことである。海水に対するコンクリートの抵抗性が向上する天然ポゾランとして、直径4mm以下の火山灰は19世紀末から海外および日本で扱われてきたが昭和初期以降はほとんど使われなくなった。南九州に広く分布する火山噴出物およびそれに由来する二次堆積物をシラスといい、資源としては最も埋蔵量の多い入戸シラスに限定する場合も多い。噴出源の始良カルデラを中心に鹿児島県の面積の約50%を占めている。厚さ約10~200mのシラス台地を形成し、埋蔵量は750億m³と推定されている。シラスの鉱物組成は密度2.4g/cm³以上を結晶鉱物、それ以下を火山ガラス

として重液選鉱できる。入戸シラスはSiO₂が約70%、Al₂O₃が約15%という化学組成を示す。ここで図-1、図-2に入戸シラスの分布ならびに鉱物組成と化学組成を示す。まず、入戸シラスの分布は、図-1に丸印で示した鹿屋市串良、鹿屋市細山田、都城市、薩摩郡の4か所の化学組成と鉱物組成はわずかに異なるものの、火山ガラスは比較的小さな粒度に偏在し、結晶鉱物と粒度分布が重なっている傾向は変わらないことが確認されている。研究が進められていく中で、火山灰を原料として高度処理することによって新たなポゾラン材料が開発された。ポゾラン反応性を持つ火山ガラス質を火山灰から分離、粉碎することで製造される。シリカフェームの代替、セメントと同等の強度発現性、塩化物イオン浸透抵抗性など優れた性能が認められている。このような高性能な混和材を豊富な火山噴出物から製造でき、

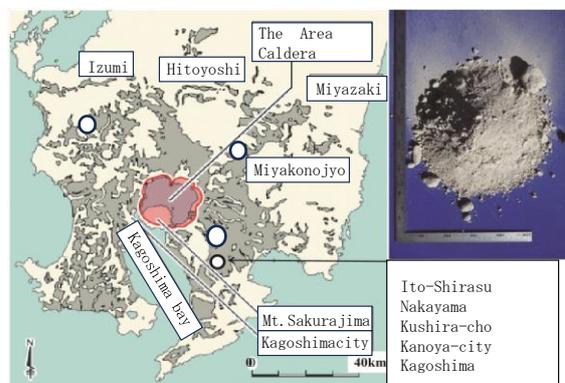
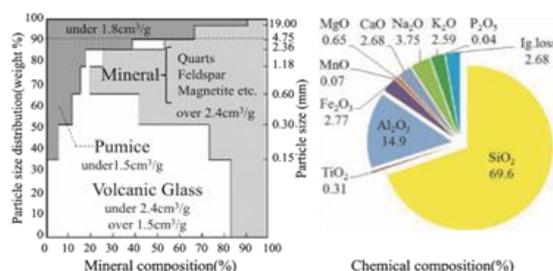
図-1 入戸シラスの分布⁵⁾

図-2 入戸シラスの鉱物組成と化学組成

Aimed at reducing environmental impact
Fundamental research on the utilization of volcanic glass fine powder concrete

Otoya KURATANI, Shin YAMAGUCHI and Naoyuki SUGIHASHI

シリカフェームやポルトランドセメント代替として用いる高度利用技術はコンクリートにおける資源循環問題の解決およびCO₂排出削減に対して期待されている。地球上に存在する火山噴出物を原料とした火山ガラス微粉末の性質を十分に把握し、有効に活用できるようにコンクリート混和材として2020年3月にJIS A 6209「コンクリート用火山ガラス微粉末」が制定された。

2. 2 火山ガラス微粉末の品質と特性

JIS A 6209「コンクリート用火山ガラス微粉末」が制定され、品質や試験方法などが定められた。表-1に火山ガラス微粉末の品質規格を示す。コンクリートに求められる強度は火山ガラス微粉末の粒径によって変化するため、用途によって材料を使い分けられるように比表面積と活性度指数によって「火山ガラス微粉末Ⅰ種」、「火山ガラス微粉末Ⅱ種」、「火山ガラス微粉末Ⅲ種」の3種類が規定されている。比表面積の大きいⅠ種では、水結合剤比の低い(W/C=30%程度)高強度コンクリートにおいて、シリカフェームと同等の強度向上効果を持つことが期待され、基準モルタルと比較して火山ガラス微粉末を混和したモルタルが、式(1)の活性度指数が材齢28日で105%以上となることを規定している。

$$As = \frac{C_1}{C_2} \times 100 \quad (1)$$

ここに、As：活性度指数(%)

C₁：各材齢の試験モルタルの圧縮強度(N/mm²)

C₂：各材齢の基準モルタルの圧縮強度(N/mm²)

一方、比表面積の小さいⅢ種においても、塩化物イオンの浸透抑制効果がフライアッシュⅡ種と同程度であることが期待されている⁴⁾。塩分浸透抵抗性は図-3に示すとおり、比表面積が大きいほど優れる結果となっているが、普通ポルトランドセメントだけの配合と比較して、Ⅲ種相当の比表面積でも十分な塩分浸透抵抗性がみられる⁶⁾。

表-1 火山ガラス微粉末の品質⁴⁾

項目	火山ガラス微粉末Ⅰ種	火山ガラス微粉末Ⅱ種	火山ガラス微粉末Ⅲ種
二酸化けい素	70.0%以上		
酸化アルミニウム	15.0%以下		
酸化マグネシウム	5.0%以下		
三酸化硫黄	3.0%以下		
遊離酸化カルシウム	1.0%以下		
塩化物イオン	0.10%以下		
強熱減量	4.0%以下		
水分	3.0%以下		
比表面積(BET法)	80 000cm ² /g以上	40 000cm ² /g以上	10 000cm ² /g以上
活性度指数	材齢7日	100%以上	95%以上
	材齢28日	105%以上	100%以上
密度	2.25g/cm ³ 以上2.40g/cm ³		

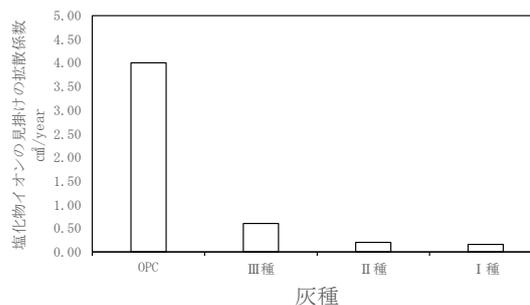


図-3 塩化物イオンの見掛けの拡散係数⁶⁾

3. 今後の研究計画

火山ガラス微粉末はⅠ種が主にシリカフェーム代替として高強度コンクリートへ適用することが期待されているが、既往の研究では普通強度(W/C=50%程度)レベルでの火山ガラス微粉末の適用性についての検討が少なく、置換率や養生方法等によっては火山ガラス微粉末Ⅱ種やⅢ種でも活性度指数が100%以上にできる可能性が残されている。このようなことから、我々は高強度レベルでのシリカフェーム代替としての適用ではなく、主に環境負荷低減のためのセメント代替混和材として火山ガラス微粉末の適用性について研究を実施することとした。火山ガラス微粉末は純国産資源であり、セメントに置換することでセメント製造時におけるCO₂排出量の削減が期待される。全国の火山噴出物から得る火山ガラス微粉末を使用した土木構造物が製造されるように今後、研究を展開していきたい。

参考文献

- 1) 鹿島建設株式会社HP：
URL(https://www.kajima.co.jp/tech/c_sus_con/technology01/index.html)
- 2) 大成建設株式会社HP：
URL(<https://www.taisei.co.jp/teconcrete/>)
- 3) 友寄篤，野口貴文，袖山研一，東和朗：火山ガラスの古今南北，コンクリート工学，57(1)，67-70，2019
- 4) JIS A 6209「コンクリート用火山ガラス微粉末」pp115-1129，2020. 3
- 5) 友寄篤ほか：シラスを乾式比重選別・粉碎した火山ガラス微粉末の混和材としての安定性、セメント・コンクリート論文集、Vol. 71、pp. 674-681 (2017)
- 6) 袖山研一，友寄篤，野口貴文，楠元宏治：火山ガラス微粉末を用いたコンクリートの鉄筋腐食因子の侵入抵抗性に関する考察，コンクリート工学年次論文集，Vol41，No.1，pp167-172，2019.7