

第四期火山噴出物を用いた地産地消低炭素型 高性能コンクリート用混和材の開発

友寄 篤
2022.10.14



©BME Lab @ The Univ. of Tokyo
本資料の再配布はご遠慮ください。

はじめに

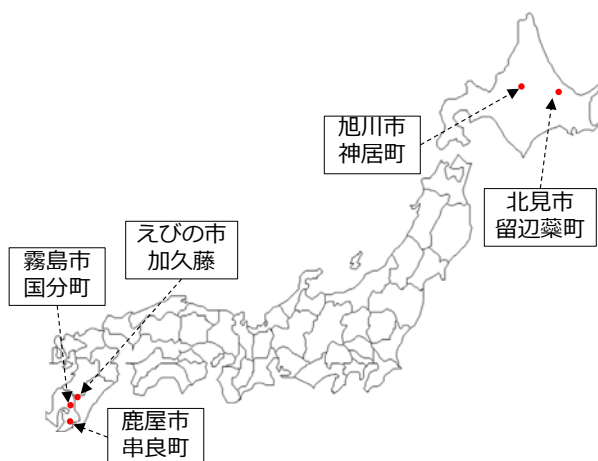


コンクリートの構成材料

- セメント製造に伴うCO₂排出
 $\text{CaCO}_3 + \text{熱エネルギー} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- 反応性を有する混和材をセメントに置換する
- シラスから高性能混和材を製造する技術確立
- コンクリートの低炭素化・高耐久化に寄与
→火山ガラス微粉末のJIS制定（2020年3月）
- 高性能な混和材を製造する技術の各地の原鉱への適用可能性を検証

©BME Lab @ The Univ. of Tokyo
本資料の再配布はご遠慮ください。

使用した原鉱



- 北海道、宮崎県、鹿児島県の5ヶ所
- 鹿屋市から北見市=約1800km
- 母マグマや噴出・堆積形式の違い
- 物性の安定、各地の変動が課題

©BME Lab @ The Univ. of Tokyo
本資料の再配布はご遠慮ください。

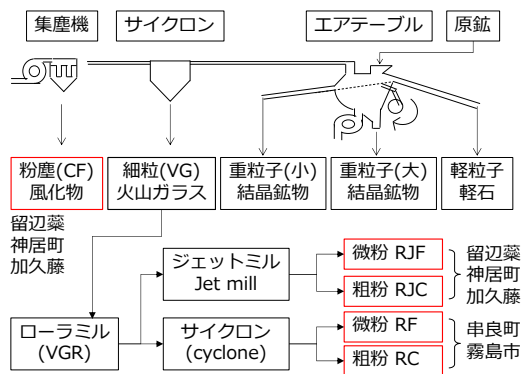
使用した原鉱



- エアテーブルによる選別・粉碎
- 焼成の必要ない簡易な動力

©BME Lab @ The Univ. of Tokyo
本資料の再配布はご遠慮ください。

VGPの製造と試験概要



6種類の原鉱に対してJIS適合性試験

- 化学組成
- 強熱減量
- 比表面積
- 活性度指数試験

北海道産2種類に対してコンクリート試験

- 強度
- 凍結融解抵抗性
- 促進中性化

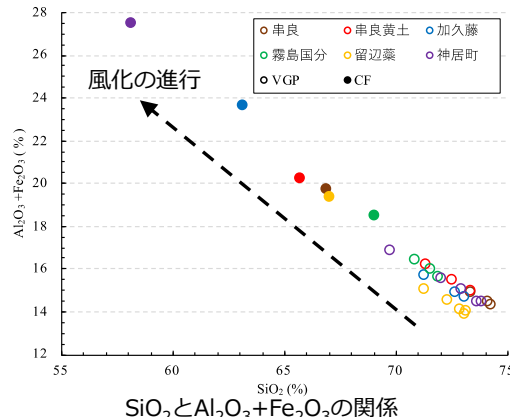
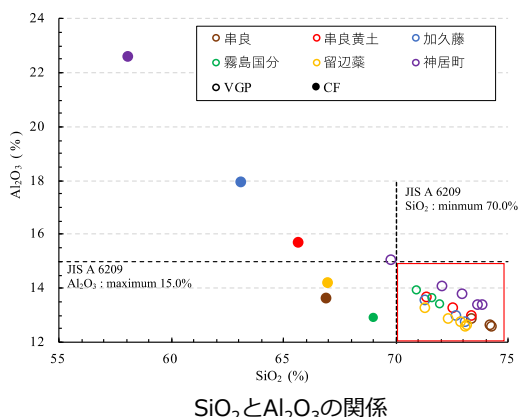
©BME Lab @ The Univ. of Tokyo
本資料の再配布はご遠慮ください。

実験結果 (JIS適合性試験)

		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	比表面積 (cm ² /g)	活性度指數 (%)	
													7 日	28 日	
留辺蘂	RJF	69.5	0.11	12.9	1.77	0.06	0.43	0.88	3.35	5.59	0.02	5.45	215000	100.4	111.6
	VGR	71.1	0.08	12.4	1.38	0.05	0.27	0.76	3.54	5.79	0.01	4.60	93900	99.7	103.8
	RJC	71.4	0.07	12.3	1.34	0.05	0.25	0.75	3.55	5.81	0.01	4.42	73500	99.3	102.8
	CF	66.2	0.20	14.1	5.18	0.08	0.91	1.21	1.75	5.08	0.02	5.28	367900	80.9	87.4
神居町	RJF	69.8	0.23	15.0	1.86	0.09	0.49	0.80	3.10	3.92	0.02	4.71	212300	107.4	108
	VGR	73.0	0.17	13.7	1.28	0.07	0.30	0.76	3.30	4.11	0.02	3.29	82200	93.1	101.5
	RJC	73.7	0.15	13.3	1.13	0.07	0.26	0.74	3.36	4.17	0.02	3.03	65600	101.9	106.7
	CF	58.1	0.37	22.6	4.92	0.11	0.81	0.67	1.29	2.57	0.02	8.56	393400	87.3	94.9
加久藤	RJF	71.3	0.25	13.5	2.2	0.05	0.39	1.63	3.38	3.1	0.04	4.22	166000	103.3	107.5
	VGR	72.7	0.22	12.9	2.00	0.05	0.36	1.52	3.48	3.13	0.04	3.59	72400	99.7	101.8
	RJC	73.1	0.22	12.7	1.96	0.05	0.36	1.53	3.53	3.13	0.04	3.36	42900	97.1	98
	CF	63.1	0.43	17.9	5.73	0.08	0.72	1.11	1.47	2.64	0.06	6.81	334300	84.1	86.7
霧島	RF	70.9	0.27	13.9	2.52	0.06	0.57	2.35	3.28	3.15	0.07	2.89	110017	100.17	104.00
	VGR	71.6	0.27	13.6	2.37	0.06	0.6	2.22	3.28	3.2	0.06	2.73	65700	96.75	98.79
	RC	72.0	0.27	13.4	2.22	0.06	0.58	2.08	3.28	3.30	0.06	2.81	42900	94.22	99.38
	CF	69	0.21	12.9	5.63	0.06	0.48	1.33	2.33	3.98	0.05	4.05	140292	-	-
串良	RF	73.4	0.2	12.8	2.07	0.05	0.29	1.45	3.36	3.31	0.03	3.00	115800	99.01	102.27
	VGR	74.2	0.19	12.6	1.86	0.05	0.25	1.4	3.35	3.28	0.03	2.81	69400	84.35	101.61
	RC	74.3	0.19	12.5	1.78	0.05	0.26	1.36	3.38	3.32	0.03	2.84	45000	84.37	96.51
	CF	66.9	0.26	13.6	6.12	0.06	0.66	1.41	2.1	3.51	0.03	5.39	412280	-	-
串良 黄土	RF	71.4	0.23	13.6	2.55	0.06	0.37	1.53	3.21	3.08	0.02	3.94	126500	103.03	108.10
	VGR	72.6	0.22	13.2	2.25	0.06	0.34	1.44	3.34	3.23	0.02	3.3	76220	97.22	98.83
	RC	73.4	0.21	12.9	2.07	0.06	0.31	1.42	3.35	3.18	0.02	3.09	40790	94.67	97.59
	CF	65.7	0.29	15.7	4.57	0.08	0.62	1.35	2.11	3.03	0.02	6.58	390800	-	-
JIS A 6209															
I 種		70.0	以上	15.0	以下							4.0	80000 以上	100 以上	105 以上
II 種												以下	40000 以上	95 以上	100 以上
III 種													10000 以上	90 以上	95 以上

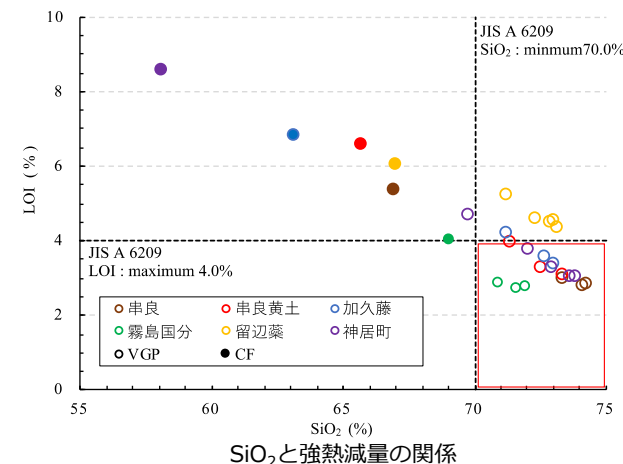
©BME Lab @ The Univ. of Tokyo
本資料の再配布はご遠慮ください。

実験結果 (JIS適合性試験)



©BME Lab @ The Univ. of Tokyo
本資料の再配布はご遠慮ください。

実験結果 (JIS適合性試験)

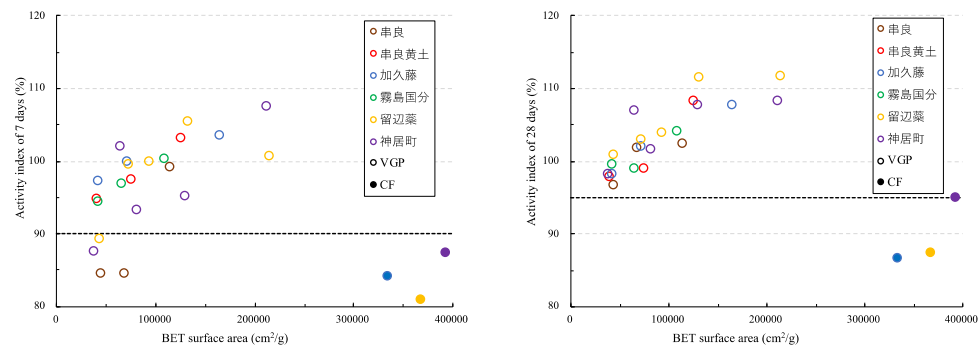


JIS適合性 (強熱減量、SiO₂)

- 加久藤、留辺蘂、神居町の原料を用いた場合にJISを満たさない
- 風化物CF (原鉱に含まれる微粒子) では、いずれも満たさない

©BME Lab @ The Univ. of Tokyo
本資料の再配布はご遠慮ください。

実験結果（JIS適合性試験）



比表面積と7日活性度指数の関係

比表面積と28日活性度指数の関係

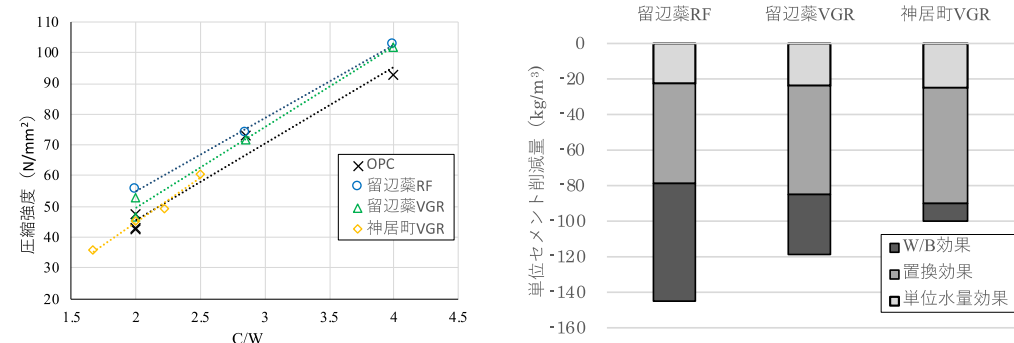
- JISの物性を満たさなくとも活性度指数を満たす（加久藤、留辺薬、神居町）
- 風化の傾向を示した粉塵は比表面積ほどには強度発現性を示さない

©BME Lab @ The Univ. of Tokyo
本資料の再配布はご遠慮ください。

実験結果（コンクリート試験）

留辺薬RF、VGR、神居町VGRをセメントに15%置換したコンクリート試験

→置換してもOPCより強度発現性がよい→低炭素化



VGPを用いたコンクリートのC/WとFの関係

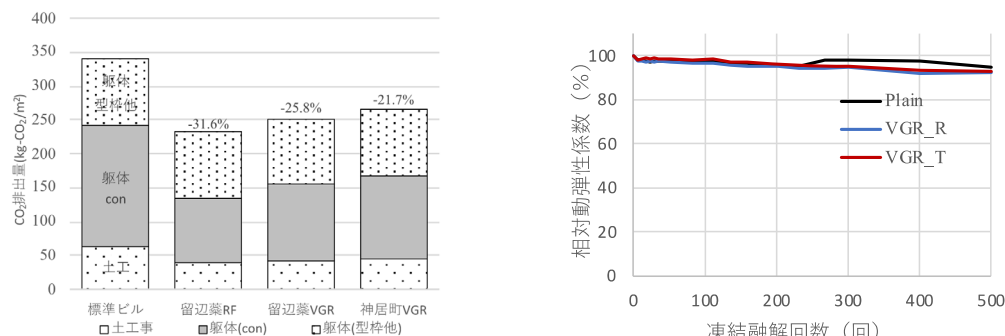
60N/mm²の調査におけるセメント削減量

©BME Lab @ The Univ. of Tokyo
本資料の再配布はご遠慮ください。

実験結果（コンクリート試験）

標準ビルの躯体工事ににおけるCO₂排出量を最大30%程度削減¹⁾

OPC単味と同程度の凍結融解抵抗性、中性化抵抗性は既報と同程度、流動性良好



60N/mm²を用いた新築工事の排出量比較

凍結融解試験の結果

1) 友寄篤ほか：火山ガラス微粉末利用による環境負荷低減効果に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.42、2020

©BME Lab @ The Univ. of Tokyo
本資料の再配布はご遠慮ください。

まとめ

- これまで検証されてきた入戸火砕堆積物以外の6種類の火山性堆積物を原料とした場合にも、JIS A 6209に適合するコンクリート用火山ガラス微粉末を製造することができた。
- ただし、SiO₂および強熱減量がJISの規定を満たさなくても、活性度指数を満たすケースがあり、今後のJIS改定に対し、重要な知見が得られた。
- 比表面積が200000cm²/g程度までは比表面積が大きくなるほど活性度指数も大きくなる。400000cm²/g程度になると活性度指数は大きくなり、風化の影響が考えられる。
- 北海道の火山灰を原料とした火山ガラス微粉末を用いたコンクリートにも良好な流動性、強度発現性、耐久性を示し、標準的な事務所ビルにおける躯体工事に伴うCO₂排出量を最大30%ほど削減できる結果が示された。

©BME Lab @ The Univ. of Tokyo
本資料の再配布はご遠慮ください。

まとめ

- 「セメントニ適質の火山灰ヲ混スルトキハ舊ニ其耐久ノ性ヲ附興スルニ有効ナルノミナラス費用ヲ省減スルノ利アルコト」,小樽築港工事報文（前編）、1905
- 「本工場内ニ於テ採集セシ火山灰ヲ以テ」1908年
- 「採掘後先ツ之ヲ乾燥シ粉末機ヲ以テ「セメント」ト同一程度ノ細末ヲ為ス」
→辰野金吾は日銀小樽支店の基礎・目地に余市産火山灰を採用（1912年竣工）



廣井勇



辰野金吾

北防波堤の工事（小樽市総合博物館所蔵）

©BME Lab @ The Univ. of Tokyo
本資料の再配布はご遠慮ください。