

【現代のローマンコンクリート】



火山ガラス微粉末
機能性コンクリート混和材



シリカホワイトのご紹介



**OSO
SILICA**

製造発売元
(株)シリカジャパン
販売会社
シリカジャパンGP(株)



HP:技術データ資料有

「なぜ古代ローマ時代のコンクリートは2,000年もの耐久性を誇るのか？」の謎が明らかに



高度な建築技術を持つ古代ローマ人が使ったコンクリートはローマン・コンクリートと呼ばれており、現代で広く使われている鉄筋コンクリートの寿命が約50~100年ほどなのに対し、2000年が経過しても構造を維持できる耐久性があります。

以下は、実際に118年~128年にかけて建造された古代ローマの神殿・パンテオンの写真です。ローマン・コンクリートの基礎部分に建物とドームがのった構造で、基礎やドーム部分はほとんど改修されていないにもかかわらず、約2000年が経過した現代まで当時の姿を残しています。



ローマン・コンクリートについての過去の研究では、原料に火山灰を混ぜることで結合能力のある化合物が生成されるポゾラン反応が促進され、強度の向上につながっていることがわかっています。

仮説によると、高温での混合プロセス中に石灰クラストが特徴的な面白いナノ粒子構造となり、これがローマン・コンクリートに自己修復能力をもたらすとのこと。亀裂に浸透したナノ粒子構造は水と反応し、炭酸カルシウムとして再結晶化することで亀裂を埋めたり、コンクリートを強化したりすると考えられています。



研究チームはこの仮説について調査するため、実際に今回示唆されたローマン・コンクリートの原料と、現代のコンクリートに使われる原料でそれぞれコンクリートを作成。故意に亀裂を入れてから水を流したところ、生石灰ありの配合で作られたコンクリートでは、2週間以内に亀裂が修復されたことが確認されました。

NHK サイエンスZERO
でも紹介されました

このポゾラン反応こそが現代のローマンコンクリート
【シリカホワイト混入コンクリート】
に期待するものであります

ポゾラン反応・マイクロファイラー効果

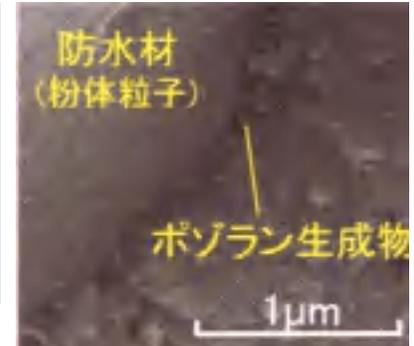
ポゾラン反応とは：主成分であるシリカがセメントの水和反応によって生成された水酸化カルシウムを含んだ溶液に素早く溶解して、粒子表面に不溶性の**珪酸カルシウム水和物**をつくりだします。

長期間にわたって透水の原因となる水酸化石灰を固定し、溶出を防ぐと同時に**コンクリートの硬化時のブリーディング等による空隙を充填**する為、化学的効果と物理的効果によって**半永久的に水密性の高い不透水性コンクリート**にすることができます。

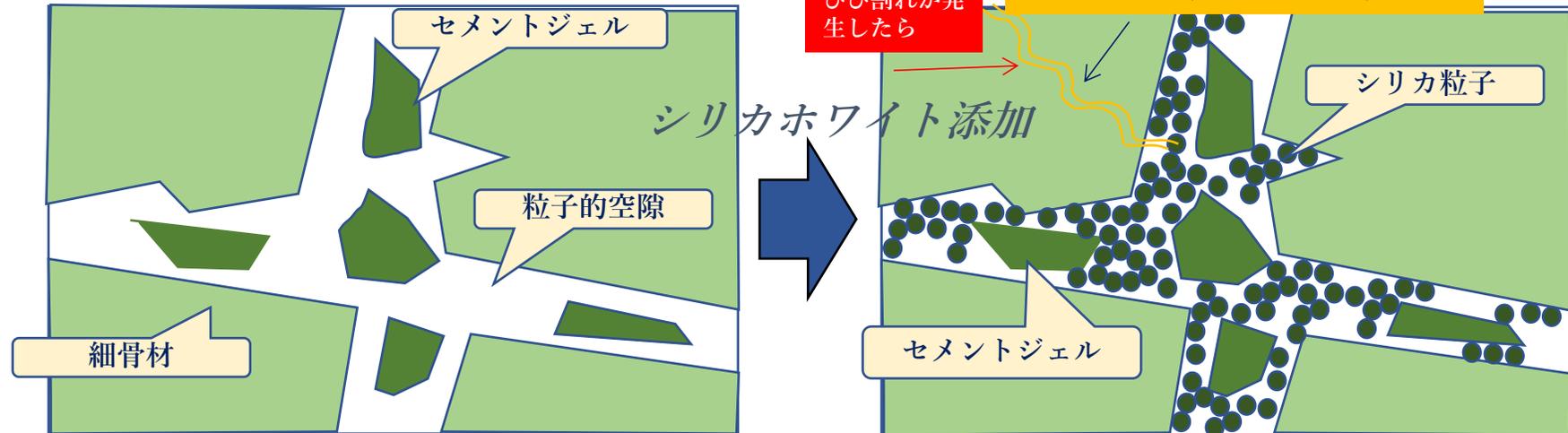
ポゾラン反応の化学式



マイクロファイラー効果とは：微細な粉末がセメント粒子間を充填することで、水和物の核として機能し、**細孔構造が緻密化**すること



SEM 分析画像 (倍率 50,000 倍)



シリカホワイトとは 国内産火山灰由来の「火山ガラス微粉末」

JIS規格制定についての流れ

2020年3月に火山ガラス微粉末はJISA6209に制定されました。（シリカホワイトはJISA6209適合品）

経済産業省「コンクリート用火山ガラス微粉末のJIS制定」資料より

火山灰を原料とする「火山ガラス微粉末」は、コンクリートに混ぜることで強度・耐久性が向上することがわかっており、高層ビルなど高い強度が求められるコンクリート材料としての活用が期待されています。

有数の火山国である我が国に存在する火山ガラス微粉末の資源の建設分野における活用を進めるためには、その品質や試験方法を定めるなどの環境整備が必要です。

こうしたことから、今般、JISA6209（コンクリート用火山ガラス微粉末）として制定しました。

2024年3月にJISA5308の改定により、レディーミクストコンクリートの混和材としてJISA6209の火山ガラス微粉末がコンクリート混和材として追加されました。

機能性コンクリート混和材シリカホワイトとは

シリカホワイトの機能性とは、ひとつの性能、例えば防水性だけの機能ではなく様々な性能効果が期待できます（ポゾラン反応・マイクラファイラー効果・白色微粉末）

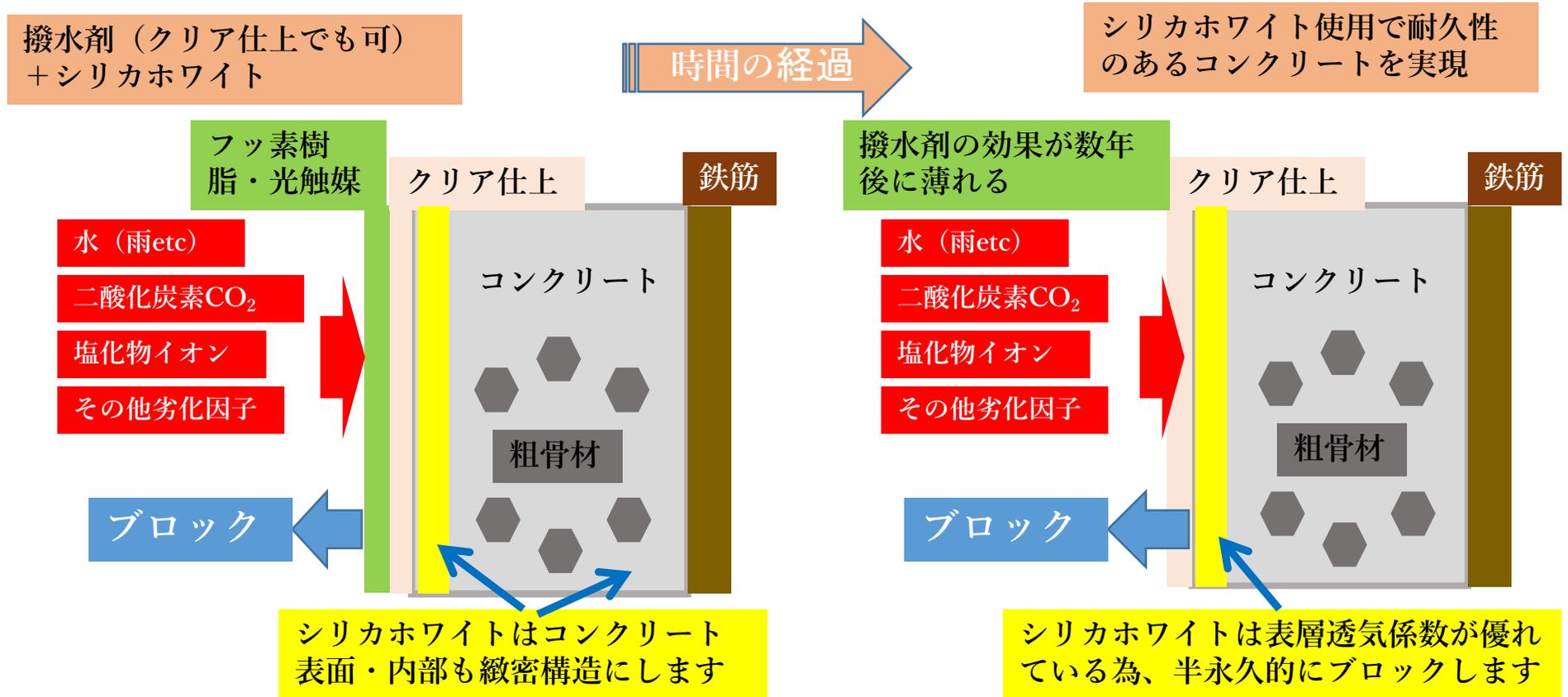
- コンクリートの強度の向上
- コンクリートのひび割れの抑制
- コンクリートの緻密性を改善し防水性、耐遮塩性等の向上
- コンクリートの表面仕上がりを改善
- コンクリートのエフロを抑制

○セメントの機能を代替えして使用する事で、セメント使用量を減らしCO₂を削減する事も取り組んでいます。

シリカホワイトの特徴から期待される用途（建築系）

期待される効果	期待される用途
コンクリートの粗大空隙が充填され、さらにポゾラン反応の進行により、緻密化が促進され、水分浸透および水分に誘導される塩分や化学物質の浸透抑制が期待される	<ul style="list-style-type: none">・ 長寿命化が求められる学校、公立病院、図書館、ホールなどの公共建築・ 地下室、地下駐車場、地下鉄駅、地下街など地下水面下の建築物・ 工場施設
鉄筋かぶりを増すことなく、同等以上の耐久性向上を実現することが期待され、部材重量増に伴う梁・柱補強を低減可能	<ul style="list-style-type: none">・ 大規模建築主要構造部材・ タワー
緻密化の促進により、ひび割れ発生の低減、打ち込み品質に起因するコンクリート表面のうき・はく離の発生低減に効果が期待される	<ul style="list-style-type: none">・ プール、水槽・ 公共建築・ 地下室、地下駐車場、地下鉄駅、地下街など地下水面下の建築物
コンクリート表面の緻密化によりすり減り低減効果が期待される	<ul style="list-style-type: none">・ コンクリート舗装
安定した白色系の色調のため、打上がりコンクリートの色むらが改善、ロットごとに安定した白色系の仕上がりが実現される	<ul style="list-style-type: none">・ 公共建築、集合住宅、個人住宅での打放しコンクリート仕上げ（外装、内装）。PCコンクリート

シリカホワイトと撥水剤



種別	シリカホワイト	撥水剤
イニシャルコスト (m ² 数)	<p>1,200円/m² (定価+高性能AE減水剤+投入費等)</p> <p>ランニングコスト 不要</p> <p>*シリカホワイトm²換算式：コンクリート厚20cmを想定 (4,000円/m³(シリカ)定価+1,200円/m³(高性能)+投入費800円/m³) ×20cm厚=1,200円/m²</p>	<p>1,200円~4,000円/m² (材工共：グレードにより単価は様々)</p> <p>ランニングコスト</p> <p>耐用年数が数年程度（高グレードでも5年~10年）</p> <p>計画的な再塗布等のメンテナンスが必要 (足場代も必要)</p>

シリカホワイトコンクリートの透気試験

(金沢工業大学シリカホワイト (火山ガラス微粉末) 研究チームによる試験データ)

中性化速度や塩化物イオンの拡散速度がコンクリート表層の緻密性 (透気性) と関係があると報告されています。
表層部の品質はコンクリートの耐久性を確保する上で非常に重要です。

透気試験は非破壊でコンクリートの表層部の品質を確認できます

硬化後のコンクリートの表層透気係数が低いことは、コンクリート表面の仕上がりが密実で空隙が少ないことを意味します。表面仕上がりが密実であると、コンクリート表面からの水の浸透とそれに伴う塩化物や化学物質の浸透が抑制され、長期間にわたりコンクリート内部が新鮮に保たれることになり、コンクリートの劣化抑制やうき・はく離の抑制につながると考えられます。

表層透気係数



表層透気係数によるグレーディングの評価

透気係数 $\times 10^{-16} \text{m}^2$	評価
0.001~0.01	優 (excellent)
0.01~0.1	良 (good)
0.1~1	一般 (standard)



N6000 :シリカホワイト6000 N14000:シリアホワイト14000
BB : 高炉セメント BB6000 : BB+シリカ6000 BB14000 : BB+シリカ14000

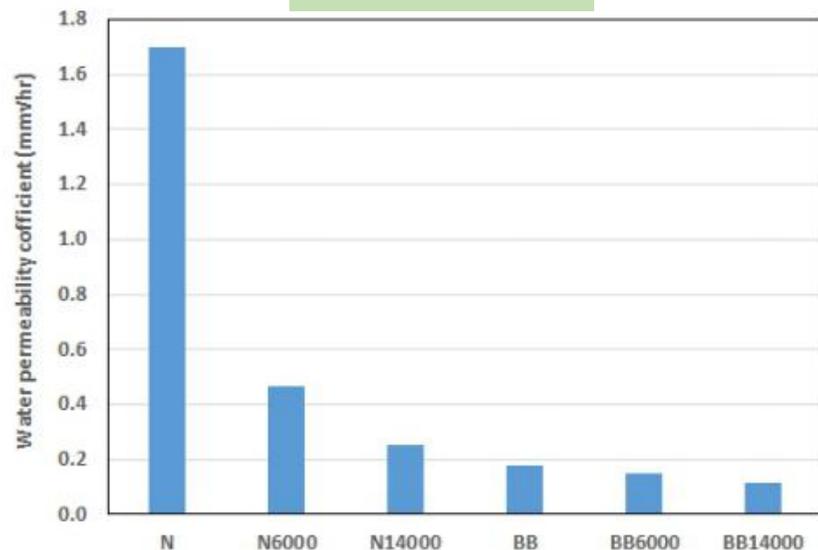
* ブレーン値によるもので、比表面積が大きい数値ほど微粉末

シリカホワイトコンクリートの水分浸透速度試験・非定常電気泳動試験 (金沢工業大学シリカホワイト (火山ガラス微粉末) 研究チームによる試験データ)

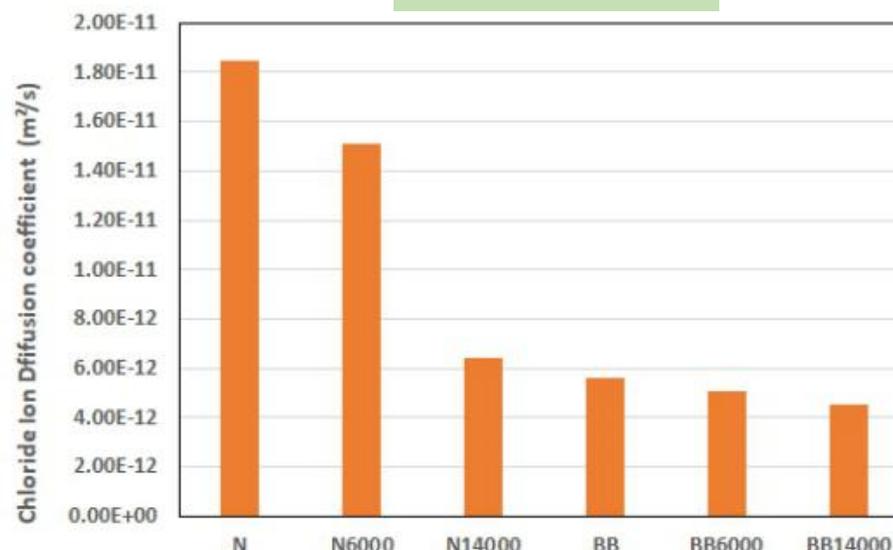
シリカホワイトの比表面積が6,000と14,000では違いがあるのかどうかを実験した。
また、高炉セメントを混入した場合の違いも確認した。

* ブレーン値によるもので、比表面積が大きい
数値ほど微粉末

水分浸透速度試験



非定常電気泳動試験



N6000 :シリカホワイト6000 N14000:シリカホワイト14000
BB : 高炉セメント BB6000 : BB+シリカ6000 BB14000 : BB+シリカ14000

水分浸透速度試験はコンクリートの水の浸透速度で、数値が小さいほど速度が遅く水分の浸透を抑制。

非定常電気泳動試験は外部からの塩化物イオンの進入量がわかり、数値が小さいほど塩化物イオンを抑制。

結論：比表面積が6,000よりも14,000の方が水分浸透の抑制・塩化物イオンの抑制に効果が高い事がわかった

粉体系躯体防水材の混和によるコンクリートによる水密性向上効果

(某建設(株)技術研究所土木技術グループ 試験結果を参照しています)



シリカ系防水材 防水材の材料仕様と主な化学組成

防水材名	密度	比表面積	色彩	標準量	強熱減量	二酸化ケイ素	酸化アルミニウム	酸化カルシウム	三酸化硫黄
	g/cm ³	cm ² /g		Kg/m ³	ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	SO ₃
シリカ系A	2.64	3,500	農灰色	20	4.2	73.6	10.9	1.2	0
シリカ系B	2.27	6,720	白	20	9	68.3	12.5	1.9	<0.1
シリカ系C	2.46	120,000	灰白色	8	2.3	68.2	2.7	20.4	0.8
普通ポルトランドセメント	3.16	3,340	淡灰色	0	≦5.0	22.0	5.2	63.9	2.1

- *シリカ系A ベストン
- *シリカ系B シリカホワイト6,000
- *シリカ系C NNP (シリカヒューム)

シリカホワイトは比表面積により6,000番と14,000番の2週類があります
*ブレン値によるもので、大きい数値ほど微粉末になります

透水試験 (インプット法)

防水材名	水圧を加えた時間	浸透深さ(mm)	拡散係数 $\beta^2 \times 10^4(\text{cm}^2/\text{s})$
無混入	144時間 (6日)	19.3(1.00)	10.7(1.0)
シリカ系A		11.2(0.58)	3.6(0.34)
シリカ系B		10.9(0.56)	3.4(0.32)
シリカ系C		12.4(0.64)	4.4(0.41)

インプット法

気乾もしくは絶乾状態にしたコンクリート供試体に所定の水圧を所定時間加えた後、供試体を割裂し水の平均浸透深さを測定し、透水係数および拡散係数を算出する方法

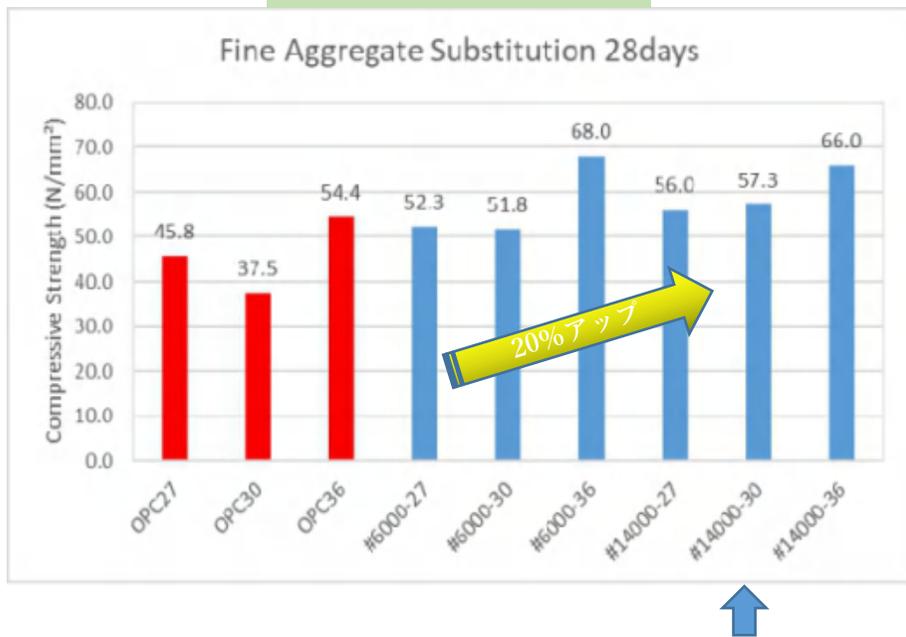
シリカ系A・Cとシリカ系Bであるシリカホワイト6,000とは、ほぼ同様の結果でした。
シリカホワイト6000番と14,000番を比較した場合には、14,000番の性能の方が優れている事がわかっています。(金沢工業大学の試験結果により)

シリカホワイトコンクリートの圧縮強度試験・ブリーディング試験 (金沢工業大学シリカホワイト (火山ガラス微粉末) 研究チームによる試験データ)

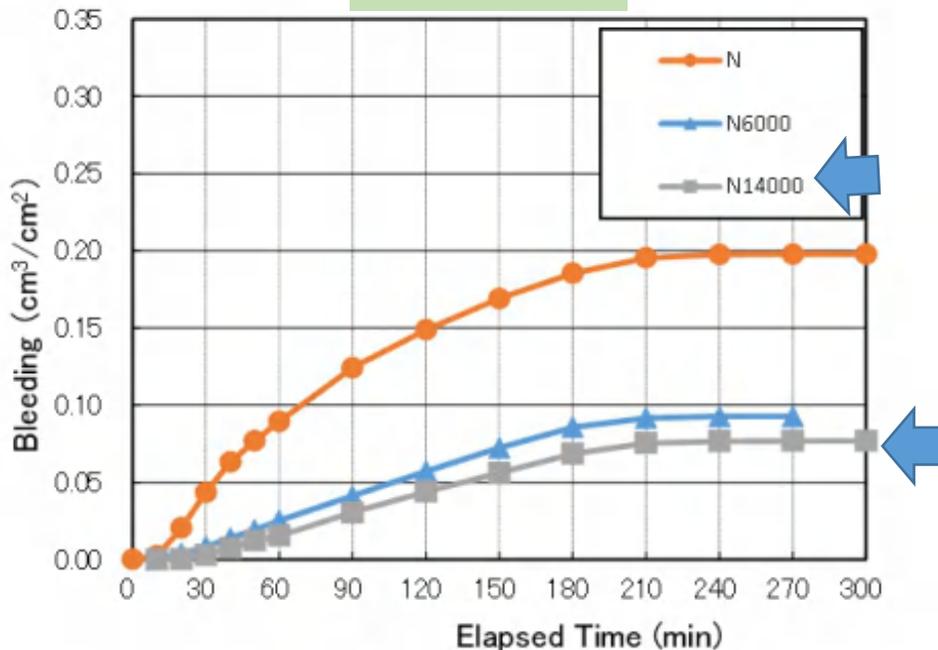
シリカホワイトを混入したコンクリートは、**圧縮強度が約20%向上**します。これは、比表面積がより大きく微粉末である14,000の方が向上する事がわかりました。
 圧縮強度は、**ポズラン効果により長期的に増進**し、高耐久性のあるコンクリートを実現します。
 *普通コンクリートは28日⇒91日で5%程度
 *シリカホワイトコンクリートは15%増進
 *印については「火山ガラス微粉末を添加したモルタル強度及び水分浸透性」金沢工業大学研究チームによる試験より

ブリーディング試験により、普通コンクリートよりもシリカホワイトを混入したコンクリート方が低減効果がある事がわかりました。
 ひび割れの原因である**内部の水の上昇(蒸発)による水ミチ(キズ)**を減少させる事により、**ひび割れを大幅に抑制**します。
 また、鉄筋周辺・粗骨材周辺の**水の移動による沈下も減少**させ、**ひび割れを抑制**します。

圧縮強度試験 (4週強度)



ブリーディング試験



シリカホワイト添加による対象別の主な目的

構造物の高耐久性・長寿命化・美観維持へ

特殊対象別の主な目的

漁業関連施設

遮塩性の向上（腐食低減）

物流倉庫

床スラブ耐摩耗性の向上、
クラック低減

水槽・プール

躯体防水性能
（自己修復作用）

コンクリート打ち放し

色むらの減少（明るめ・均一）

将来的な修繕コストの低減

クラック低減（ブリージングの減少）

表層・内部の密実性向上

躯体防水性能
（自己修復作用）

地下躯体

遮塩性の向上

塩害対策

土木分野での活用

トンネルシールド工事
RCセグメント（シリカホワイト混入）



横浜湘南道路トンネル工事

シリカホワイトの自己修復作用

シリカホワイト15Kg/m³混入

某建設会社の現場にて、RC中庭スラブにひび割れが発生した為、ひび割れ部に水を連続供給した。その結果、3.5ヵ月後に漏水が止まる事を確認した。



中庭スラブに発生したひび割れ



中庭スラブ天端側溝に水を貯留し
ひび割れ部に水を連続供給
2022年6月1日撮影



中庭スラブひび割れからの漏水が
なくなる 2022年9月14日撮影



中庭スラブひび割れからの漏水
2022年6月1日撮影



上記拡大

シリカホワイトを使用した建築の経過状況 石巻工業高校実習棟（宮城県）

東北地方太平洋沖地震後（写真撮り 平成23年8月11日）*平成15年竣工



竣工後8年経過後写真

撮影は東日本大震災の後

2mを超える津波（黒い海水）が押し寄せせるも、防水性の高い躯体により、汚れ、劣化等もあまり見られない



シリカホワイトを使用した建築の経過状況 長野大学付属図書館（長野県）



竣工後15年経過
後に撮影
ひび割れや劣化
がほとんど無し



シリカホワイトを使用した建築の経過状況 大宮警察署（埼玉県）

2017年9月撮影



完成より **8年程経過**しているが、劣化や汚れなどは見られない
(**撥水剤塗布無し**)

コンクリート打放し部分は撥水剤塗布無し
(柱の部分はタイル貼り)



2025年1月撮影



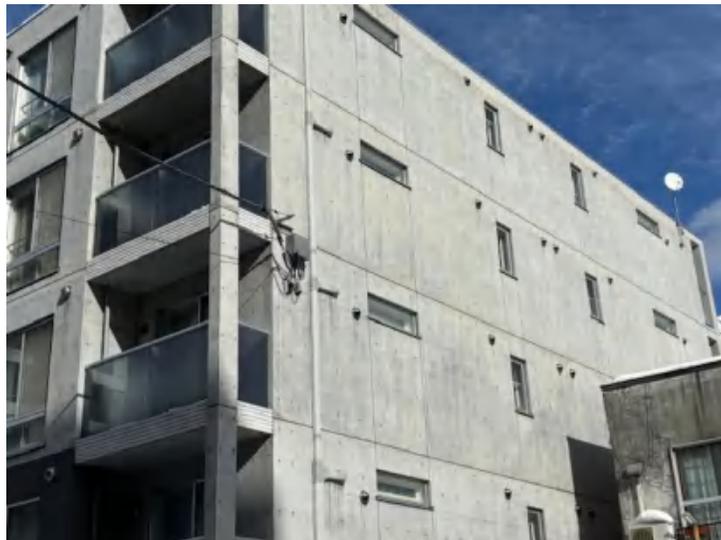
この面は全て打ち放し



シリカホワイトを使用した建築の経過状況 札幌賃貸マンション



完成より10年経過

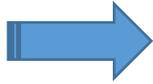


ひび割れや劣化は無く、汚れやカビ等の付着も見られない

撮影日：2025.2

シリカホホワイトを使用した建築の経過状況 JA石狩米貯蔵低温倉庫（北海道）

2013年竣工



2025年2月撮影

目地を配置しているが、微細なひび割れ程度



下写真は隣の倉庫（シリカホホワイト無混入）
目地を配置しているが比較的幅の大きなひび割れが目立っている。

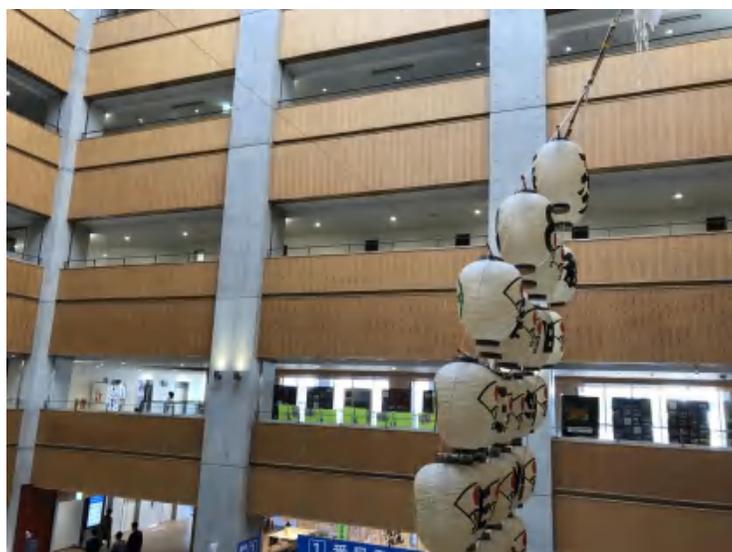


シリカホワイトを使用した建築の経過状況 秋田市役所（秋田県）



竣工より 8
年経過

ひび割れな
く良好



シリカホワイトを使用した事例 宮城第一高校（宮城県）

校舎表側はPC一部RC

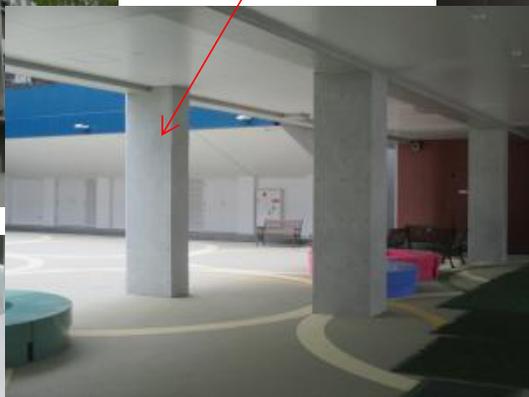


RCもPC同様に仕上がりが綺麗です

RC（シリカホワイト使用）



RC



PC使用

RC



シリカホワイトを使用した事例 郡山歴史情報博物館（福島県）



杉板（本実）
型枠を使用して打設しています。
綺麗に仕上がっています



駐車場側の壁
は大断面でしたが綺麗に打設されています



シリカホワイトを使用した事例

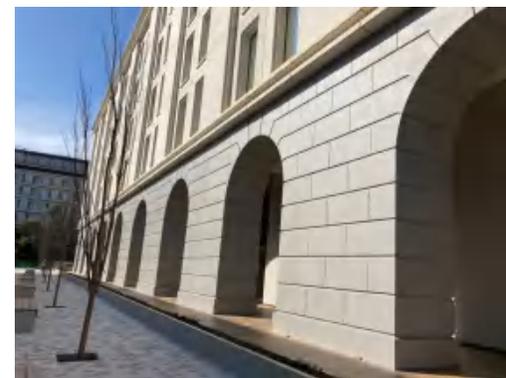
国内産火山灰由来の天然ポゾラン系粉末混和材です
シリカホワイトを混和することで、コンクリートの仕上がりと耐久性を劇的に改善
することが可能です



仙北市役所角館庁舎（秋田県）



リフノス：利府町文化複合施設（宮城県）



某大学キャンパス（東京）

色むらがなく艶のある白色系の仕上がりになり、公共建築
や集合住宅、個人住宅の打放しコンクリートに最適です
コンクリートのワーカビリチー、充填性が改善され、複雑
な形状でも打設不良を起こしにくく、施工性が著しく改善
されます(材料分離抵抗性・骨材充填性)



シリカホワイトを使用した事例

水分、塩分等の浸透抵抗性、ひび割れ抵抗性が向上します。またアンモニアの放出量も低減させます。海に近い建築や劣化環境に近い建築等、歴史・博物館等にも使用されています。

(防波堤・水族館・博物館・リゾート施設・庁舎・病院・学校・動物園・荷捌き場・処理場 etc)



小田原漁港荷捌き施設 (神奈川県)



城崎マリンワールド (兵庫県)



円山動物園 (北海道)



郡山歴史情報博物館 (福島県)



坂本竜馬記念館 (高知県)



沖縄県立八重山病院 (沖縄県)

シリカホワイトを使用した事例

強度増強、ひび割れ抑制、防水効果により耐久性が向上します。長寿命化が求められる建築等に使用されています。（庁舎・病院・学校・文化会館etc）



嘉麻市役所（福岡県）



秋田市役所（秋田県）



大宮警察署（埼玉県）



日本武道館中道場（東京）



栃木文化芸術館（栃木県）

シリカホワイトを使用した事例

個人住宅、集合住宅およびテナントビル

素材感のある意匠性ある雰囲気を作成するため打放しコンクリートを採用し、シリカホワイトの添加を実施

シリカホワイトは美しく緻密な表面仕上がりとともに、複雑な形状の打放しコンクリートにも高い充填性で対応します



カーボンニュートラルに資するコンクリート混和材の研究



シリカホワイトを含む火山ガラス微粉末は、ポゾラン材料であるとともに国内に豊富な資源のひとつ

火山ガラス微粉末を製造時のCO₂発生量の多いセメントに置換して用いることができれば、コンクリート製造過程でのカーボンニュートラルに貢献できる



国土交通省科研費（SBIR投資）に採択され、2023年から共同研究がスタートしています

共同研究担当者の専門学術領域と 主なこれまでの主な活動内容

氏名	専門学術領域（所属）	これまでの主な研究分野（主な活動）
花岡 大伸 (代表者)	コンクリート工学 (金沢工業大学 環境土木工 学科)	火山ガラス微粉末に関する研究 ジオポリマー技術の実用化推進のための研究小委員会
宮里 心一 (研究分担者①)	コンクリート工学、維持管理 工学 (金沢工業大学 環境土木工 学科)	北陸地方におけるFAコンクリートの標準化に向けた取組み カーボンニュートラルに向けたコンクリート分野の新技术活用に関する 研究小委員会 科学技術振興機構 創発的研究支援事業アドバイザー など
野村 貢 (研究分担者②)	建設マネジメント (株式会社建設技術研究所)	建設マネジメント、トンネル工学 日本技術士会 防災支援委員会委員長 など
寺戸 秀和 (研究分担者③)	施工技術、トンネル工学 (施工技術総合研究所)	国土交通省の新技术導入促進機関として、各種新技术の社会実装に従事 トンネル工事の設計・施工の技術指導に従事 土木学会 トンネル工学委員会 幹事長 など

シリカホワイトを添加したコンクリートは高耐久性・長寿命化を可能とします
(レジリエントなインフラ整備への貢献)
天然シリカは製造過程でCO₂を発生しないセメント系材料。セメント置換えによりCO₂の発生を抑制します(気候変動への具体的な対策への貢献)

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION!



製造発売元：株式会社シリカジャパン

東日本販売窓口：シリカジャパンGP株式会社

他エリアの方も、お気軽にお問合せ下さい