

20260902



「化石化を応用した地下岩盤亀裂の 恒久的シーリング技術の開発」

‘岩盤シーリング Geomimicry’

～放射性廃棄物処分の安全性向上に向けて～

吉田英一
名古屋大学博物館

自己紹介 吉田英一 名大博物館教授(館長)



宮崎県出身・名古屋大学理学研究科修了後
核燃料サイクル開発機構(現在の原子力研究開発機構)主任研究員を経て、
2000年より名大博物館准教授、2010年より教授、現在に至る
専門:応用地質学(岩石の風化などに伴う元素移動に着目し、工学的課題に応用する分野)

- ◆資源エネルギー庁 放射性廃棄物小委員会委員
- ◆原子力研究開発機構 地層処分研究開発委員会委員長 など

紹介内容

- ◆コンクリーションとは何か？
- ◆恒久的岩盤亀裂シーリングの必要性
- ◆地下環境での実証研究結果
- ◆国内外における技術展開の現状

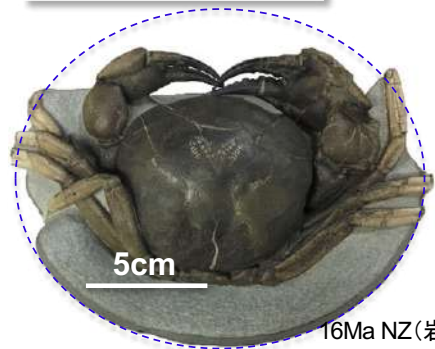


コンクリーシオンとは？ (国内外の海底堆積物(地層)から普遍的に産出)

形成プロセス



堆積岩中に形成される炭酸カルシウム(方解石)を主成分とする球状岩塊



16Ma NZ(岩カニ)

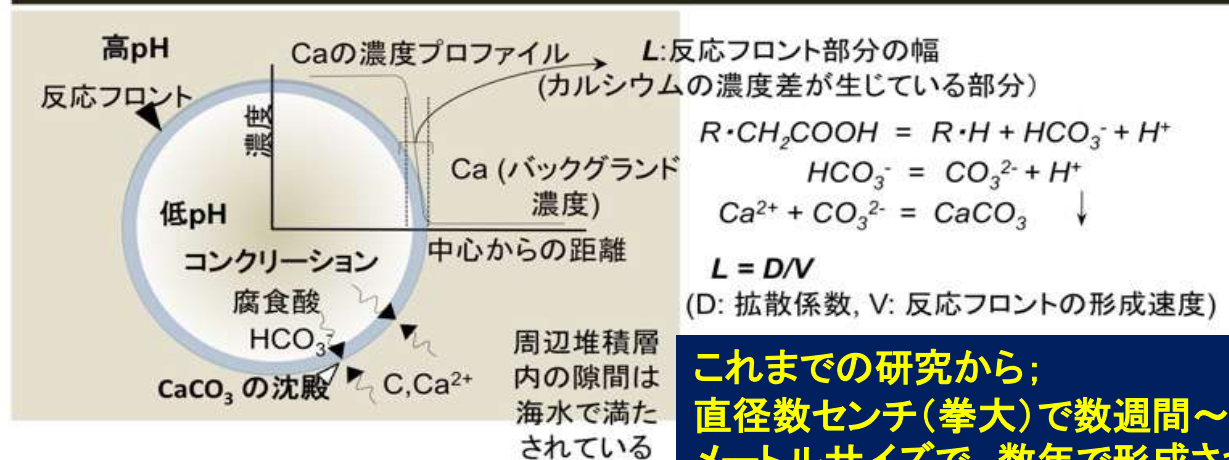
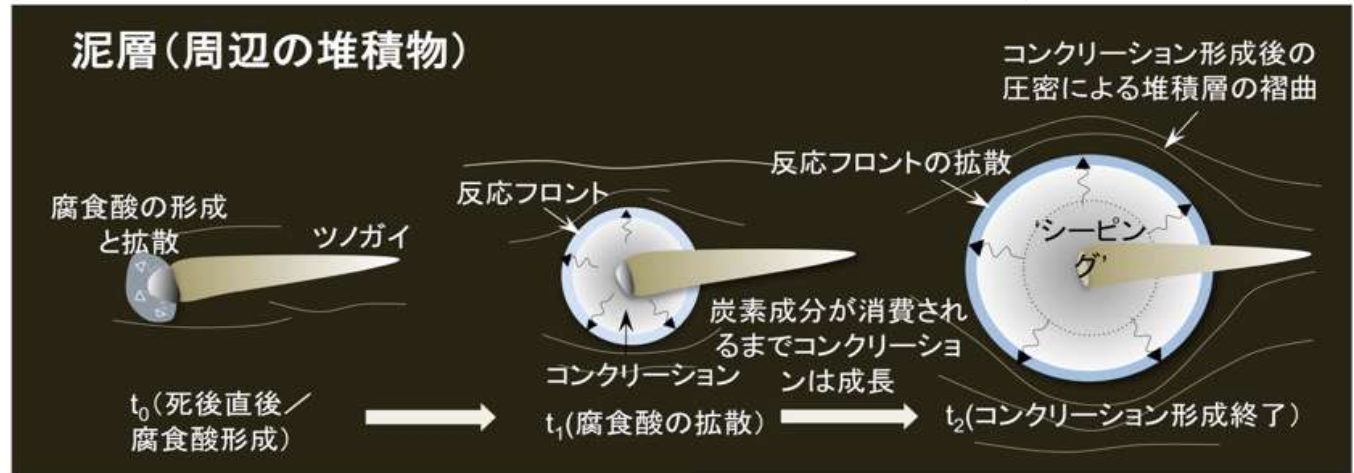


富山・八尾
ツノガイ
1600万年前



クジラ背骨断面

1600万年前
世界最大級 クジラコンクリーシオン群 秋田男鹿半島



これまでの研究から;
直径数センチ(拳大)で数週間~数ヶ月
メートルサイズで、数年で形成されるこ
とを解明

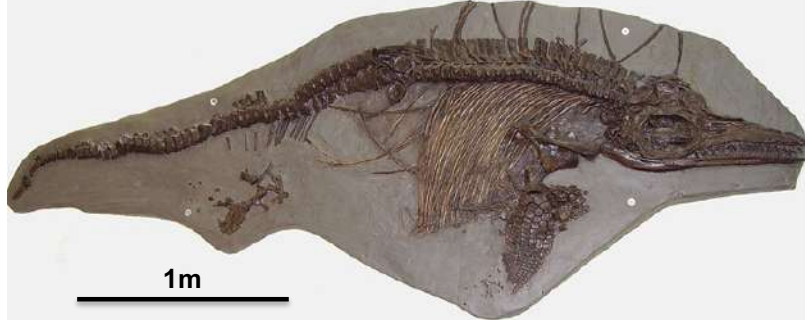
Yoshida et al. (2015, 2018, 2019) *Scientific Reports*
Yoshida et al. (2020) *Geochemical Journal*

H.Yoshida et al. *Scientific Reports*(2015, 2018)

コンクリーション形成の速いことを示す海外の研究事例

イクチオサウルス (*Ichthyosaurus*)

2億5000万年～1億5000万年（三畳紀～ジュラ紀）



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ichthyosaurus_breviceps_2.jpg

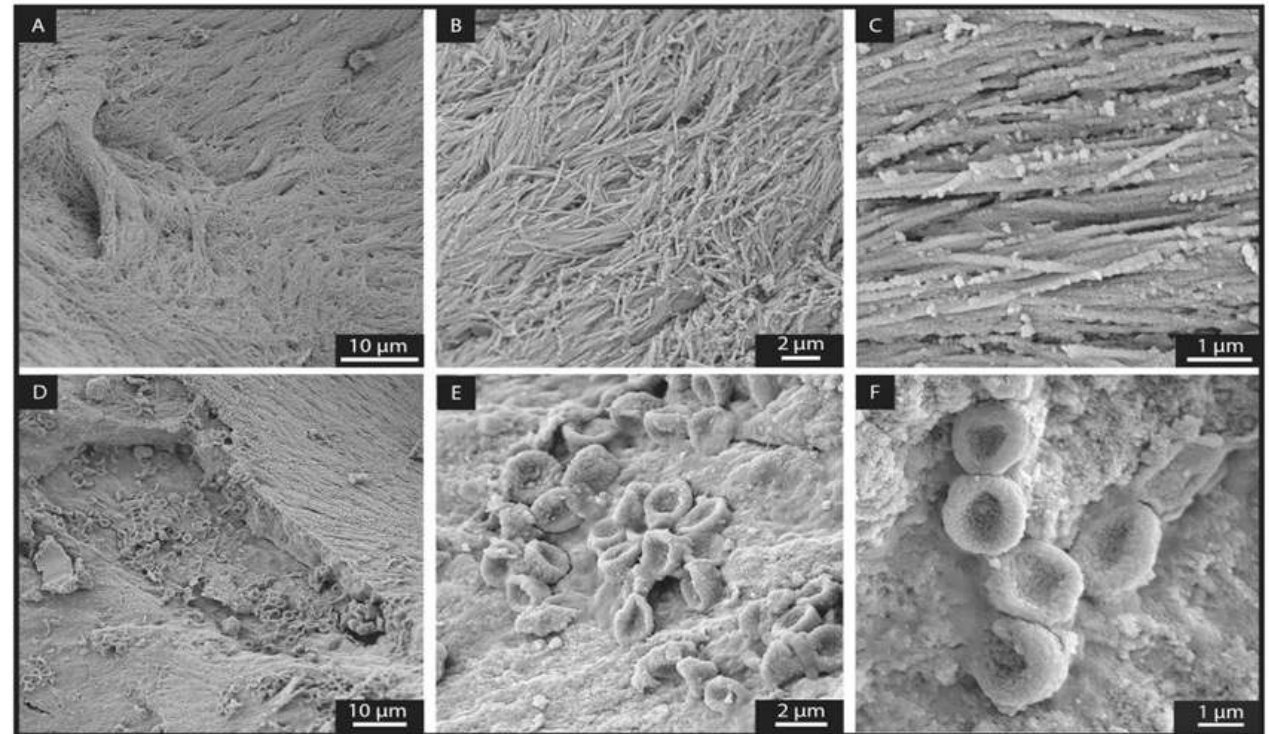
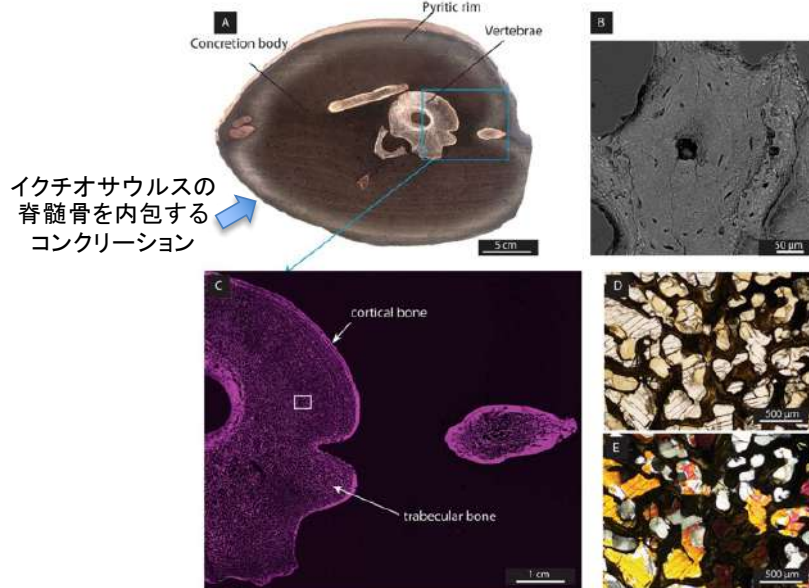
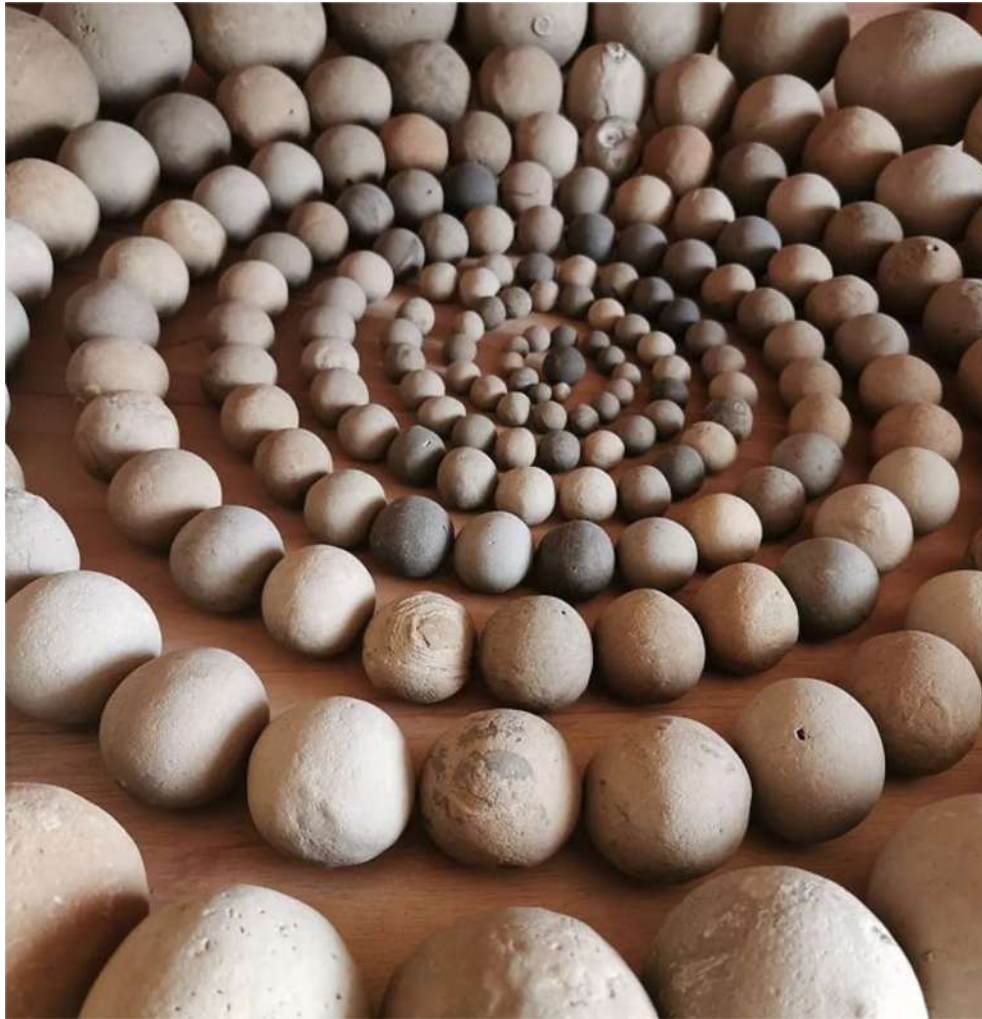


Figure 2. Secondary electron images of the trabecular bone following the removal of sparry calcite by light acetic acid treatment revealing exceptionally well-preserved soft tissues. (A to C) Represent collagen fibres⁸ with increasing magnification. (D to F) Reveal RBC-like structures with increasing magnification.

Chloe et al. 2017 Scientific Reports

球状コンクリーションの特徴



- ◆成分は**炭酸カルシウム** (CaCO_3)
- ◆丸いのは**炭素の当方拡散**による
- ◆大きさは、**生物由来の炭素量**による
(大きい生物ほど、コンクリーションも大きくなる)
- ◆**海に住む生物**がコンクリーション化しやすい
(湖や河川の生物はコンクリーション化しにくい)
- ◆できる速さは、**数週間～数年**
- ◆これまでの最大サイズ：**約9メートル**
- ◆最も古いコンクリーション：カンブリア紀
(約5億年前)
- ◆硬さはおよび透水性は、**御影石(花崗岩)**
と同じレベルまで硬化 (10E-8~12m/s)

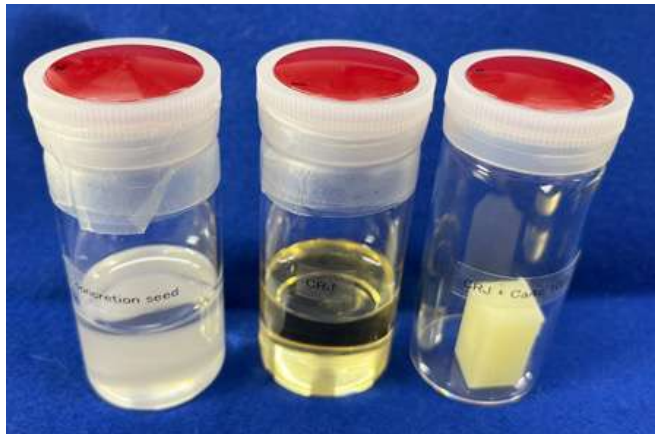
コンクリーション化剤

略称 'Conseed®' (コンシード:「コンクリーションの種」という意味)

積水化学工業との共同開発(特許第6889508号;7164119号;7215762号など これまで35件の特許を申請)

‘Concretion-forming resin’

レジン(樹脂):琥珀(コハク)と同じ成分

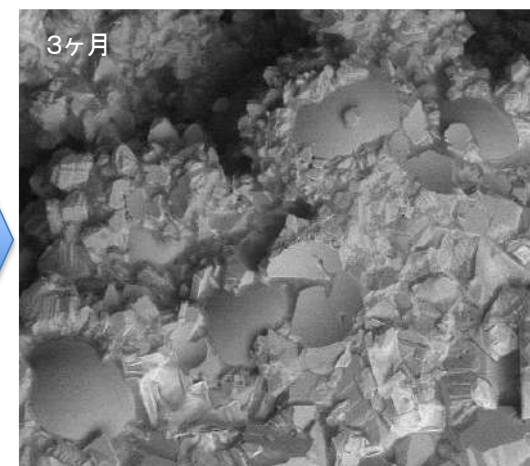
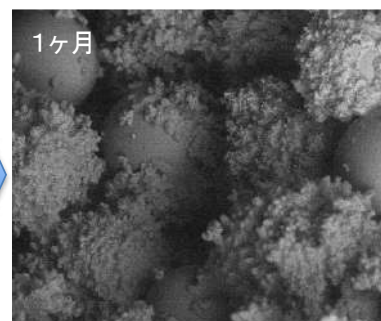
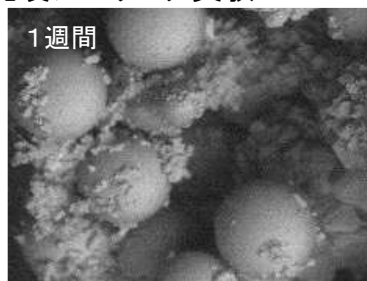
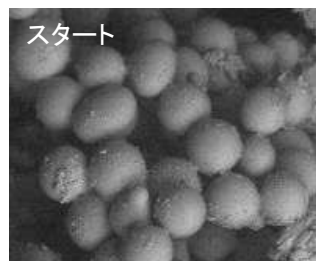


液体タイプ(油程度の粘性)



マイクロカプセルタイプ(数μ)

室内実験でのコンクリーション化による砂粒に見立てた
ガラスビーズ空隙の充填シーリング実験



- ◆ 液状タイプとマイクロカプセルタイプ (~1μm) の両方が可能
- ◆ 使用条件
温度: -50℃ ~ +300℃
pH: > 4
Eh: 特に影響なし
岩種: 全岩種に対応可能
(亀裂媒体、多孔質媒体両方)
- ◆ その他の特性: 揮発成分や重金属元素を含まない (Environmental friendly)

恒久的岩盤亀裂シーリングの必要性

◆CO₂ 地下貯留：想定期間 **1000 年以上**

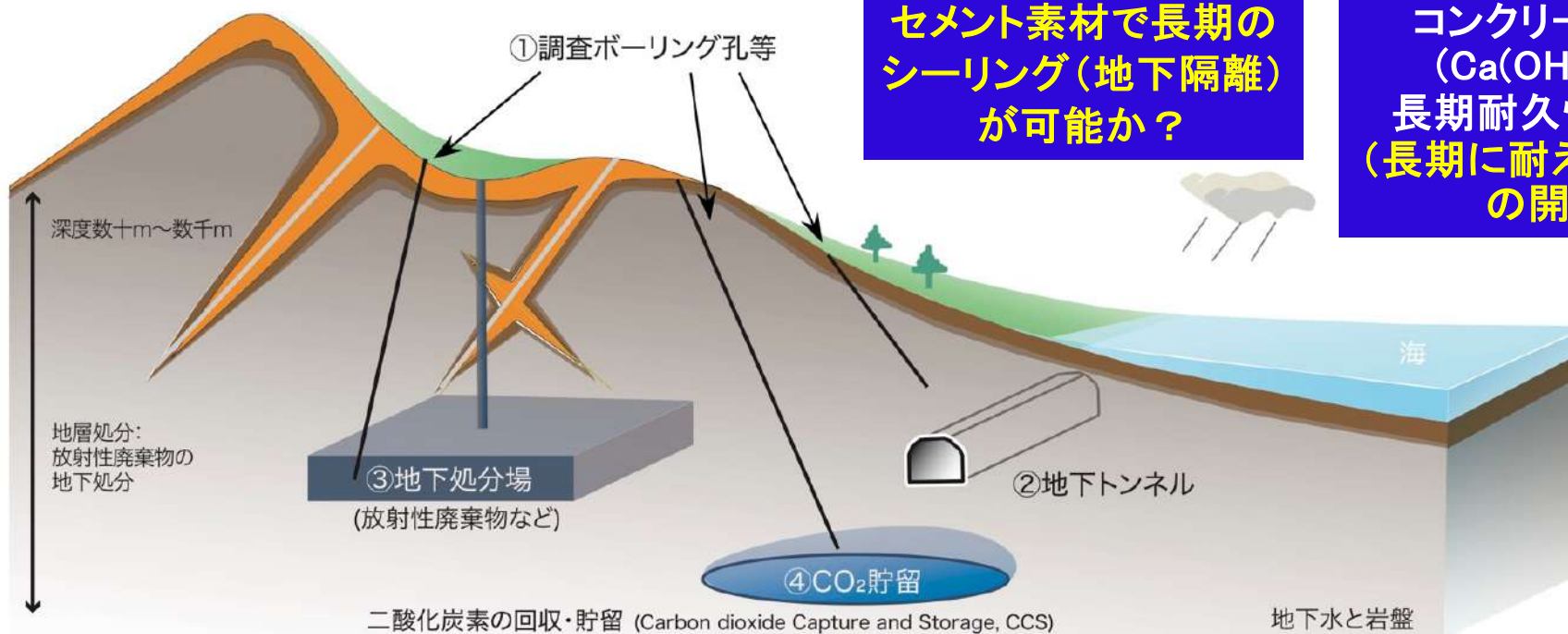
◆地層処分：隔離期間 **100,000 年以上**

◆使用済石油掘削孔：”半永久”

軍艦島（約70年...）

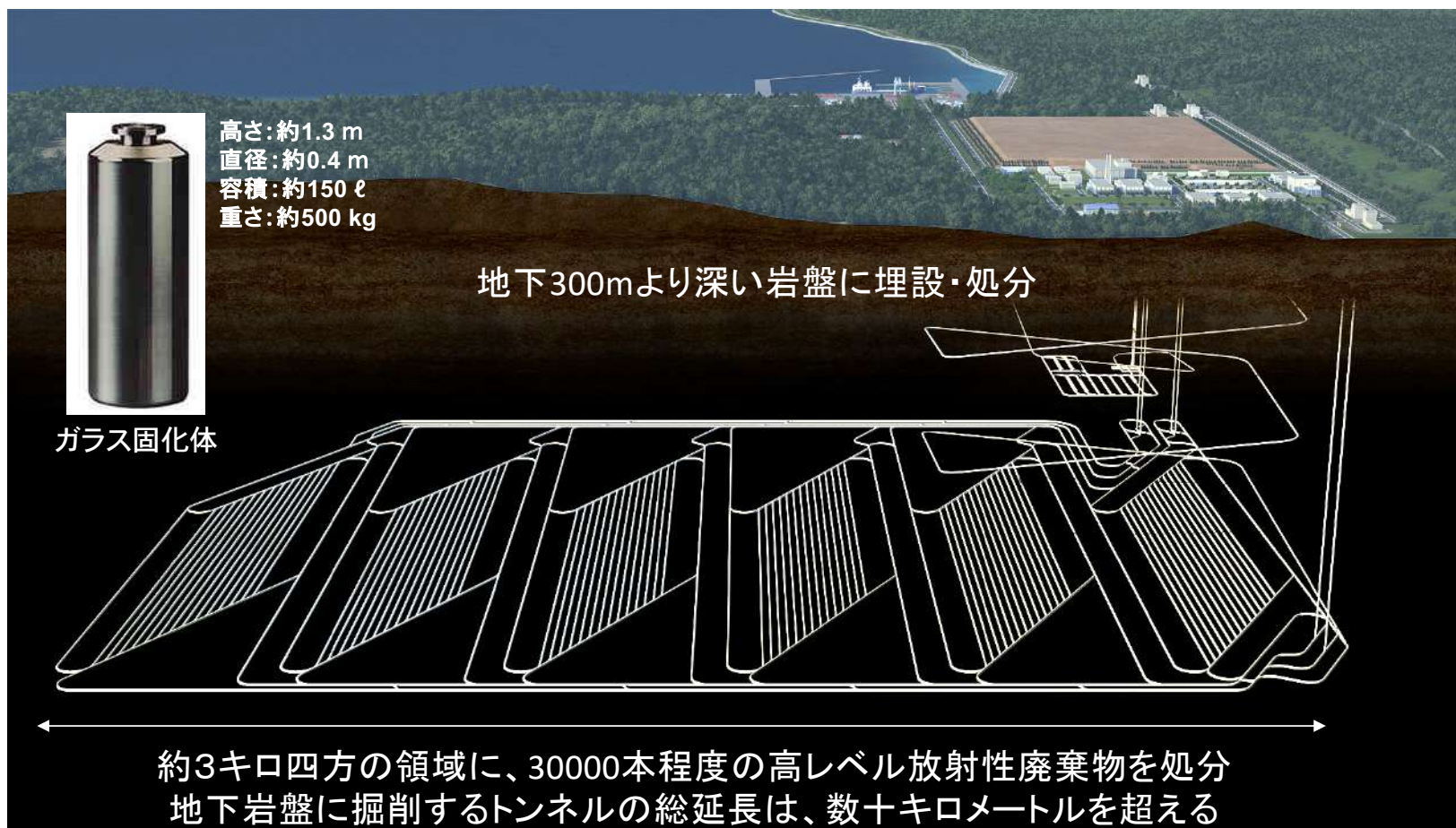


応用可能な地下環境利用・構造物



放射性廃棄物の地下隔離・処分(地層処分)における必要性

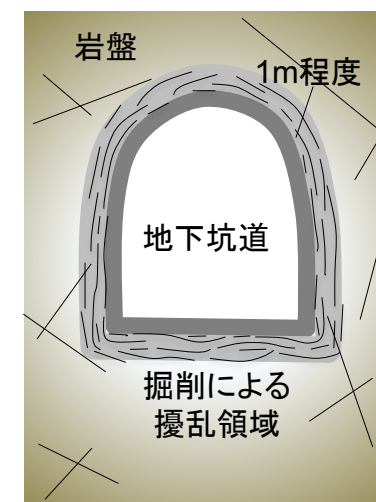
地層処分場のイメージ



地下には必ず
地下水が存在する

トンネル周辺は
地下水が通りやすい

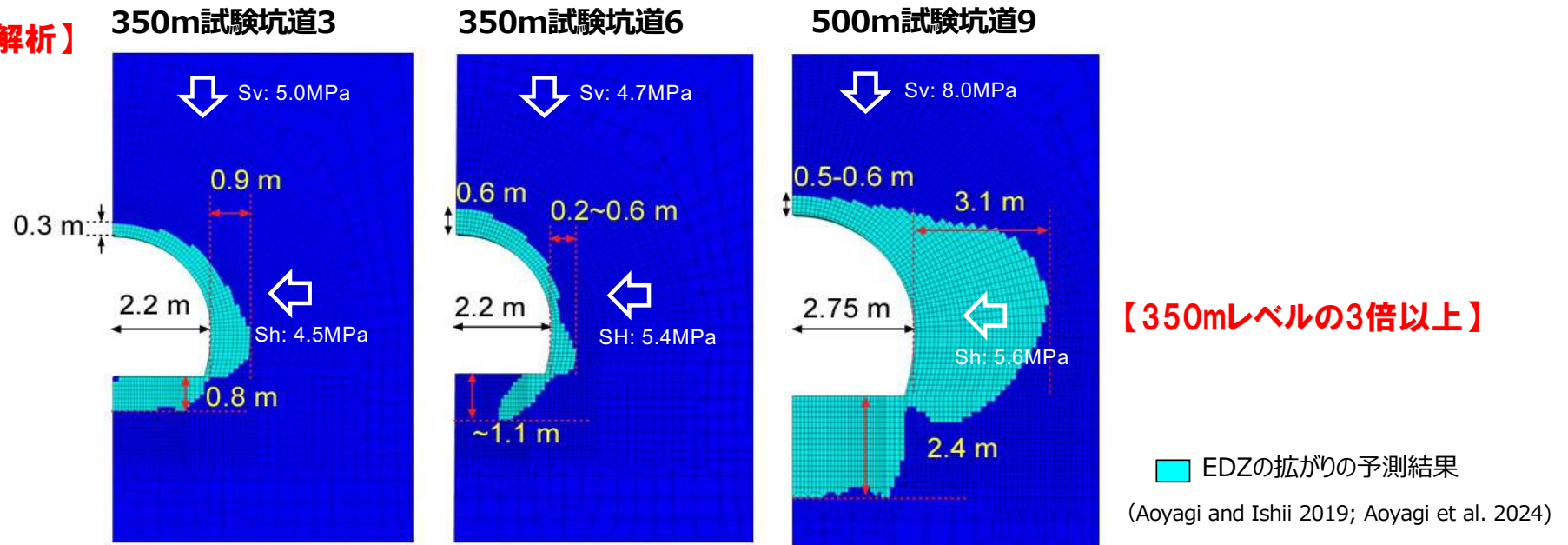
課題は、如何に
地下水との接触を
少なくするか！



坑道(トンネル)掘削
による岩盤擾乱

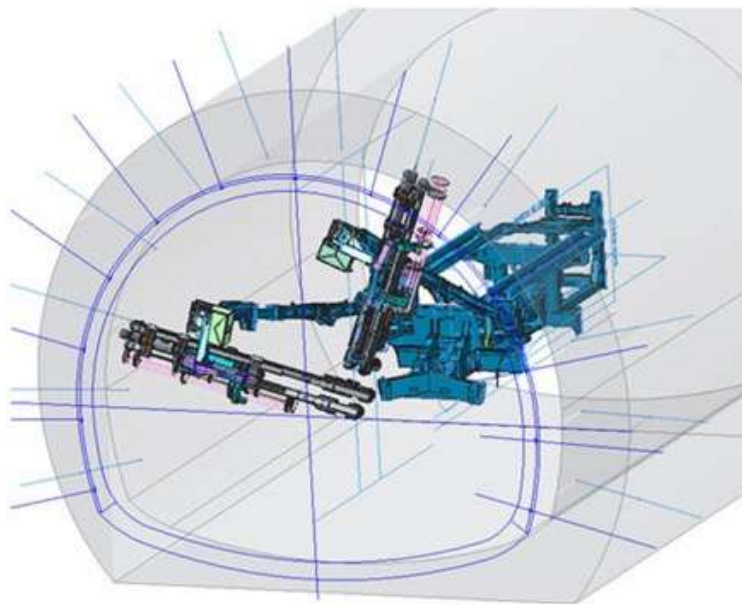
地下坑道・トンネルでの掘削影響領域の広がり (幌延深地層研究センターにおける最新結果)

【EDZの拡がりの解析】



【350mレベルの3倍以上】

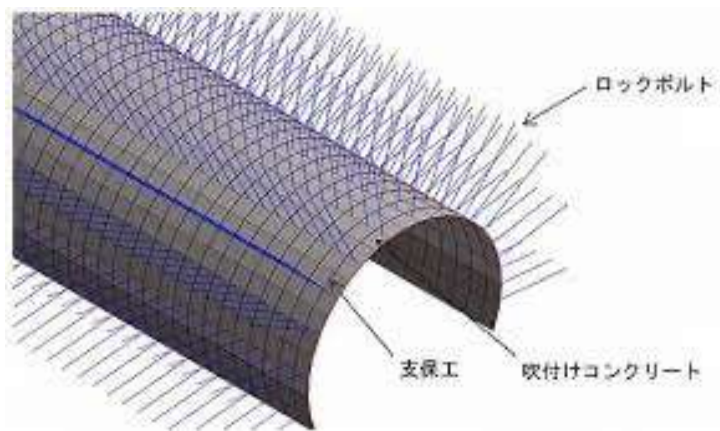
- 350m調査坑道については、原位置で確認されたEDZ割れ目の発達範囲と概ね整合する結果
- 500m調査坑道では地圧値が大きいことや、差応力も大きいこと、さらに岩盤の強度物性も深度350mと比較して違いがそれほどないことから、EDZの拡がりが深度350mと比較して大きいと推定
- 破壊モードについてはすべてせん断破壊と判定された。掘削直後の壁面の非排水条件設定の影響で有効応力の低下は見られるが、引張強度に達して破壊した要素はない
- 解析により得られた破壊モードの妥当性については今後検討



ロックボルトによる固定

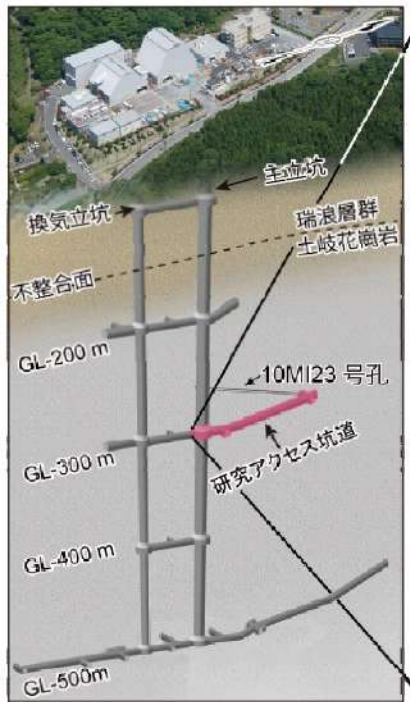


数メートル以上で、周辺岩盤を貫く

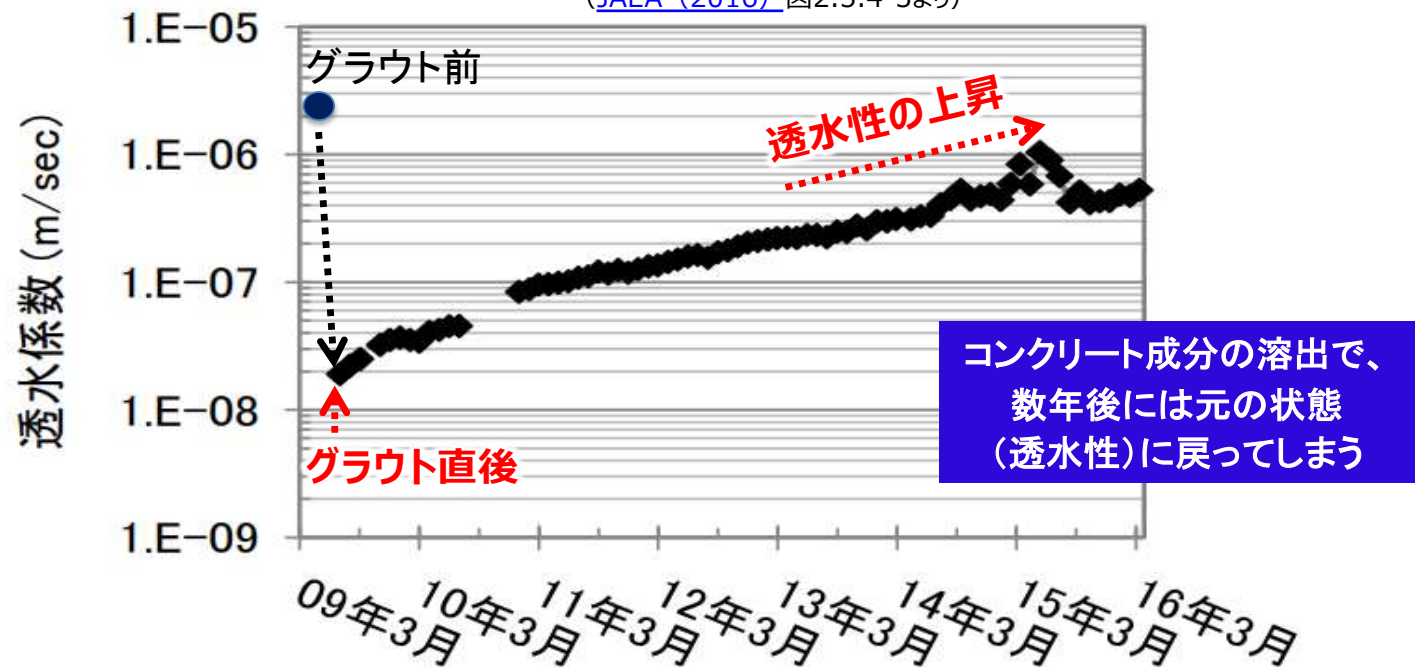


これらを繋ぎ止めているセメント系素材が劣化、溶出した場合の水みちとしての評価は現状、なされていない。

トンネル周辺セメント注入後の止水効果変化(瑞浪超深地層研究所での実験例)



グラウチング後の透水係数の変化例
(JAEA (2016) 図2.5.4-3より)



【図の出典】

日本原子力研究開発機構 (2016) : 平成28年地層処分技術調査等事業 処分システム評価確認技術開発, 資源エネルギー庁, pp.2-217-2-227.

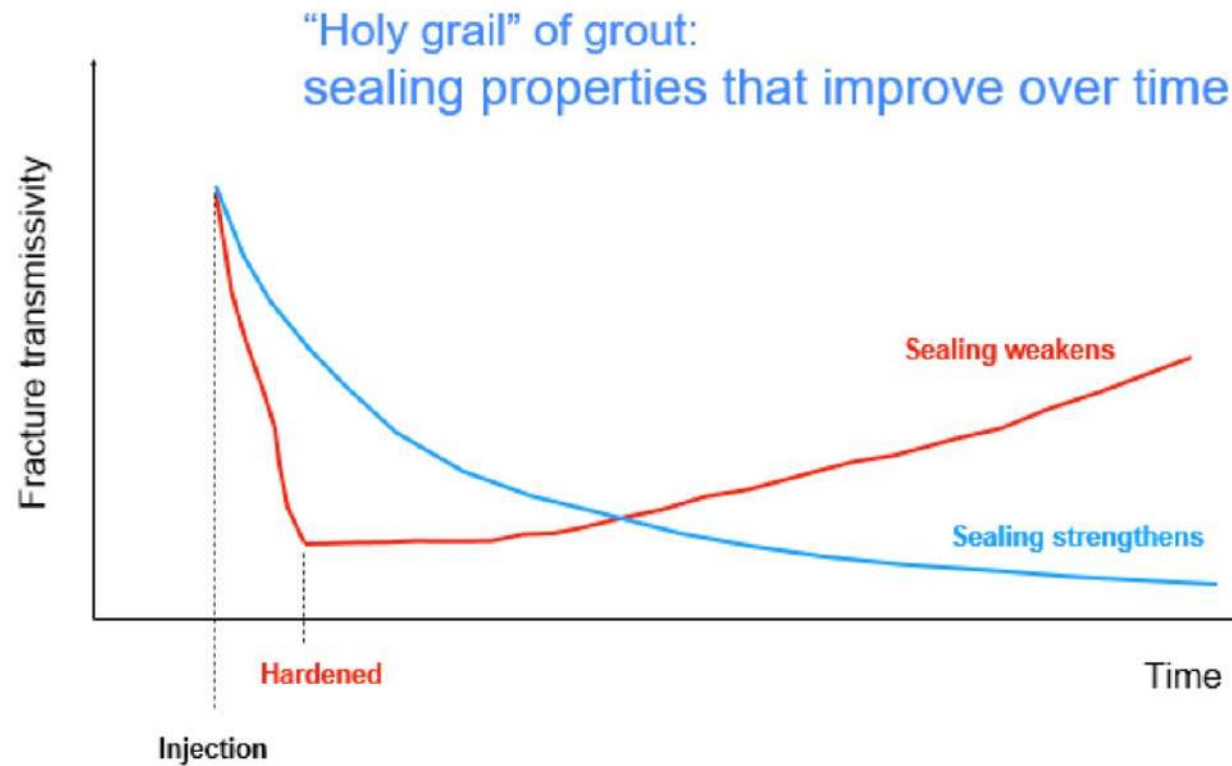
地下施設等の湧水量低減や止水を目的としてグラウチングを実施。グラウチング当初は所定の透水性以下まで低減可能なものの、**数年程度での注入範囲の透水性の増加(止水性能の低下)**が確認される。

長期操業期間／閉鎖後の止水性をどう担保するか？

The grouting challenge

KTH, SKBの認識

スウェーデンでは、数十年以上の古さの水力発電ダム基盤岩（花崗岩亀裂）からの水漏れが深刻な課題となっている（セメント系グラウト剤では長期的シーリングは困難との認識）。



実際の地下環境での岩盤亀裂シーリング実証試験



幌延深地層研究センター

立坑

地上

140 m 坑道

250 m 坑道

実証試験箇所

350 m

現在 -500mまでの掘削を開始

立坑(地上から地下350mへ..)



Applications

コンクリーション化剤の開発・応用、そして未来へ

コンクリーション化は、自然による究極のシーリング効果と言えます。そのプロセスに応用したコンクリーション化剤を民間の化学企業が開発しました。コンクリーション化剤には、液体性のものでマイクロ粒子状の両方があります。これらを地下岩盤や構造物の亀裂、隙間に注入し、地下水と接触することによってコンクリーション化(シーリング)が生じるというものです。私たちの間では、コンクリーション化させる「種:シード」を含むので、コンクリーションシード、略してコンシードと呼んでいます。

The formation of concretions can be described as nature's ultimate sealing effect. We have collaborated with a chemical company to develop a concretions agent using this method. Concretions agents are available in both liquid and micro-particulate forms. These are injected into cracks and/or pores in underground bedrocks and structures, and concretions or sealing takes place when they come into contact with groundwaters. Within our group, we refer to it as the "concretion seed" or "Conseed" for short, because it contains the "seed" responsible for concretions.

地下実験坑道の様子



コンクリーション化による亀裂シーリングの地下実験

地下350mでのコンクリーション化剤による岩盤亀裂シーリング実証試験

地下-350mでの掘削による亀裂群(水みち)および断層のシーリング実験:

- 1) 掘削影響領域(EDZ)亀裂: 地層処分での核種移行経路としてシーリングが必須
- 2) 断層破碎帯(全ての岩盤における地下水の水みちとしてシーリングが不可欠)

幌延深地層研究センター

新第三紀地層(稚内層):

◆珪藻土を主体とした地層

◆カルサイト(炭酸塩)はほとんど含まれない

◆地下坑道掘削は発破工法による

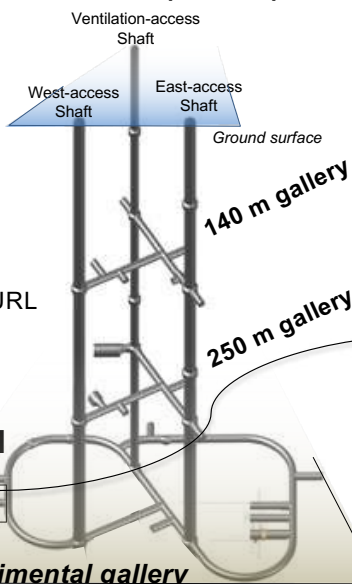
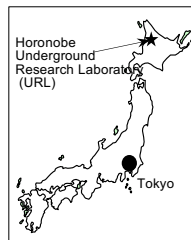
◆掘削に伴う影響領域: 坑道周辺約1m

◆掘削影響領域での亀裂密度: 新鮮岩盤の約10倍

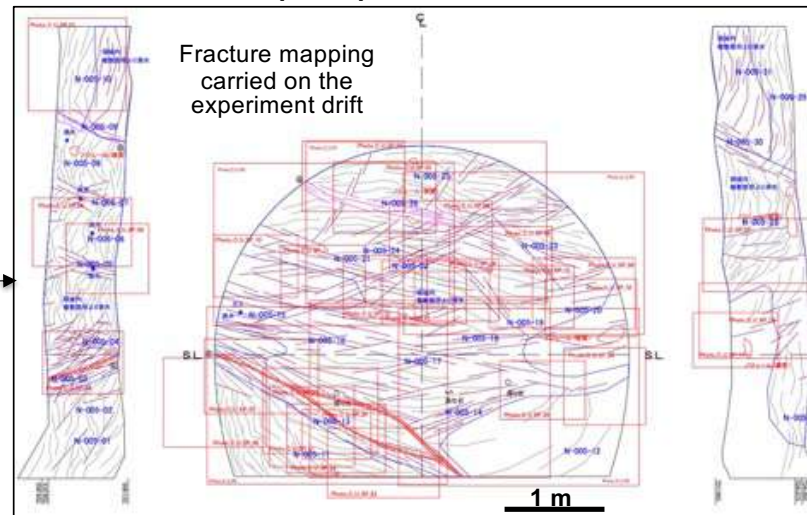
◆掘削影響領域の透水係数 $K=10^{-6} \sim -5 \text{ m/s}$

◆新鮮岩盤の透水係数 $K=10^{-9} \sim -8 \text{ m/s}$

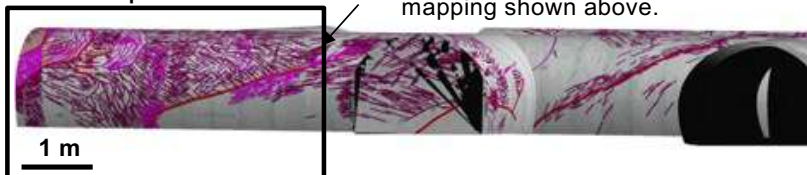
幌延 URL (2008~)



350m試験坑道(EDZ)亀裂マッピング

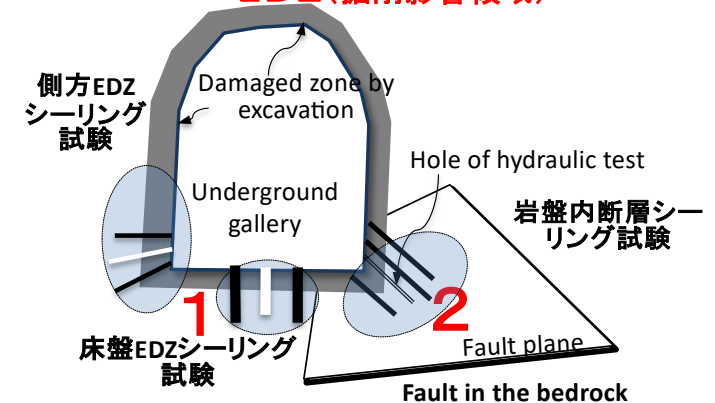


In-situ experimental drift
Major fractures identified as EDZ flow-paths based on the fracture mapping shown above.



3タイプの実証試験

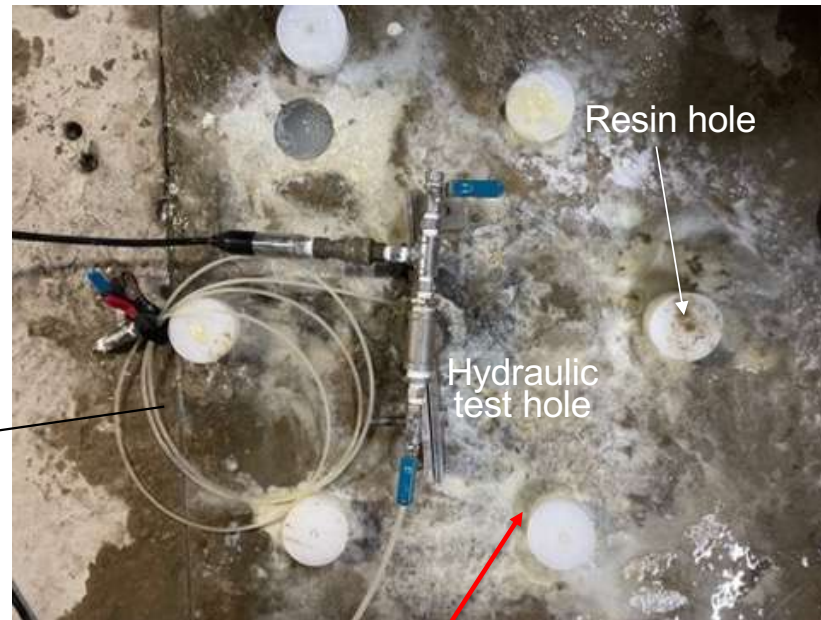
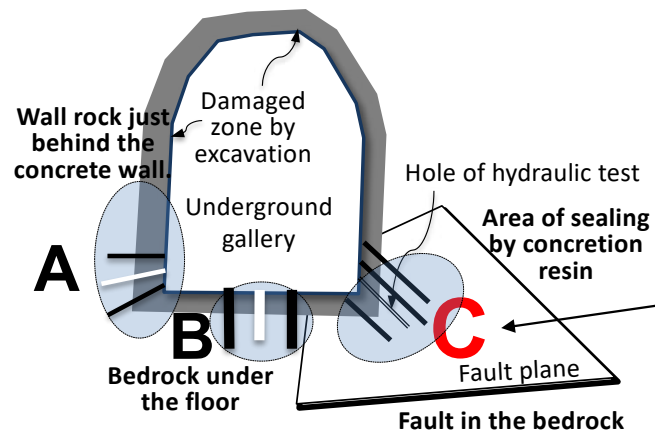
EDZ(掘削影響領域)



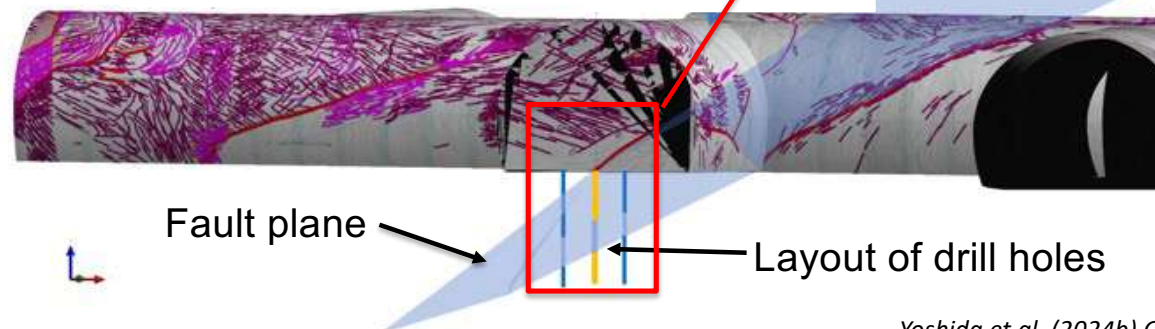
実験2 : 岩盤中断層破碎帯の亀裂シーリング実証試験

Three types of verification experiment

EDZ (Excavation Damaged Zone)

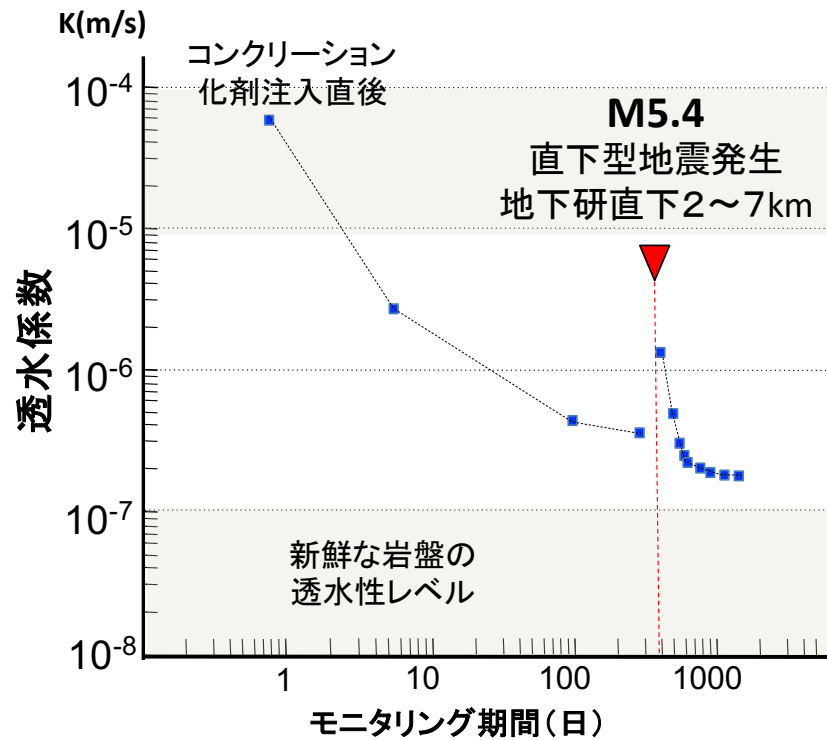


Fracture mapping of 350 meter level experimental site



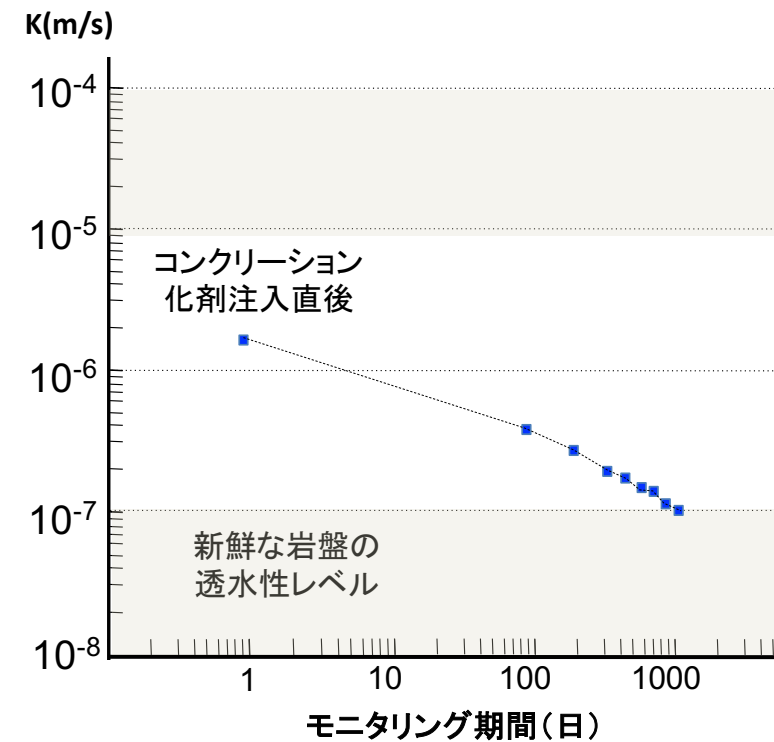
実験毎の透水性の低下状態(対数グラフ)

実験1(床岩盤亀裂)



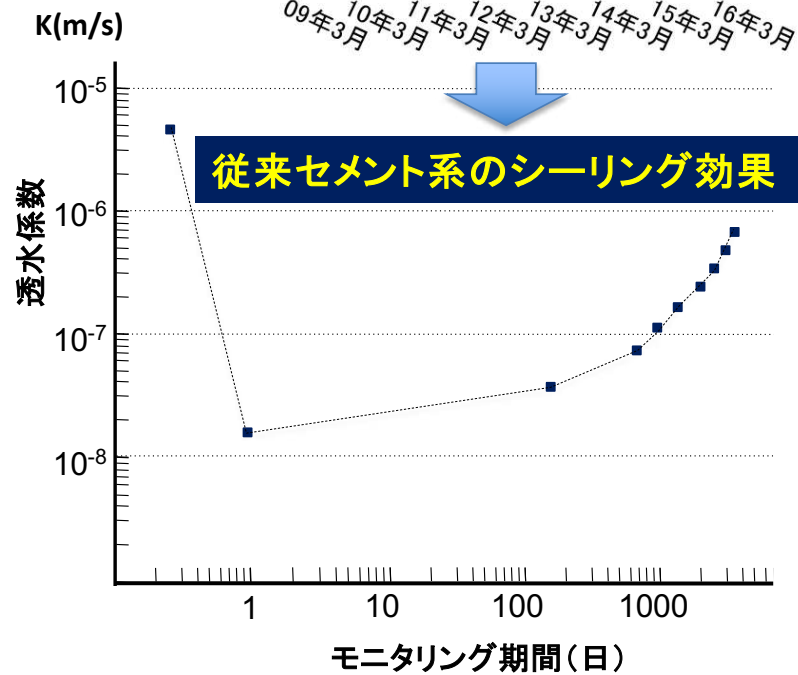
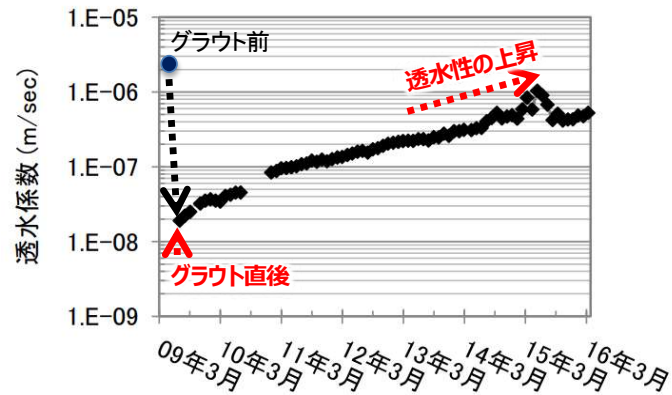
地下350mの実験トンネルでの長期シーリング実証試験結果。コンクリーション化剤注入後急速にシーリングし、地震後の影響も修復することが確認される。

実験2(断層亀裂)

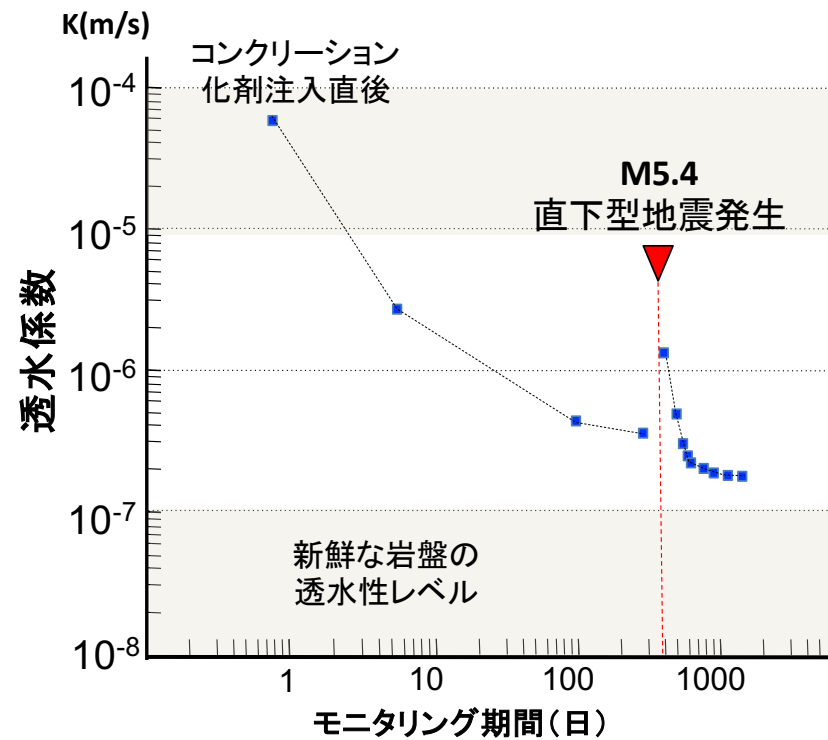


断層ガウジのような微細な空隙構造の水みちでもシーリング効果が確認できる。

従来セメント系グラウト剤とコンクリーション化剤とのシーリング変化の比較



コンクリーション化剤のシーリング効果



実験1: 岩盤亀裂シーリング状態の検証

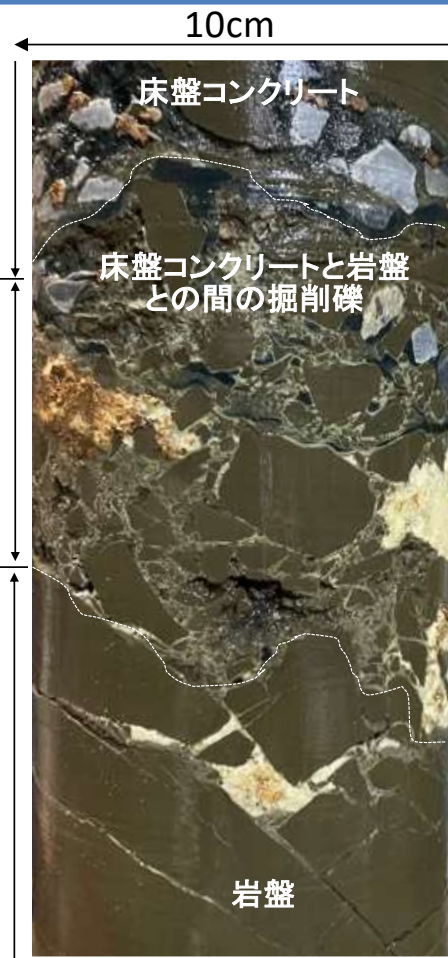


コンクリーション化剤のシーリング効果を確認するために、オーバーコアリングを行って岩石試料を採取して調査・分析を行う。



2年目のオーバーコアリングコア

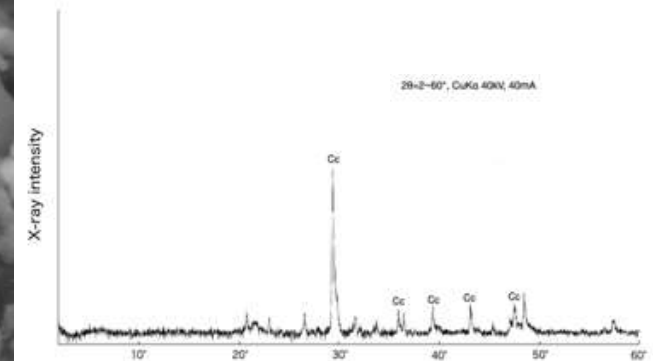
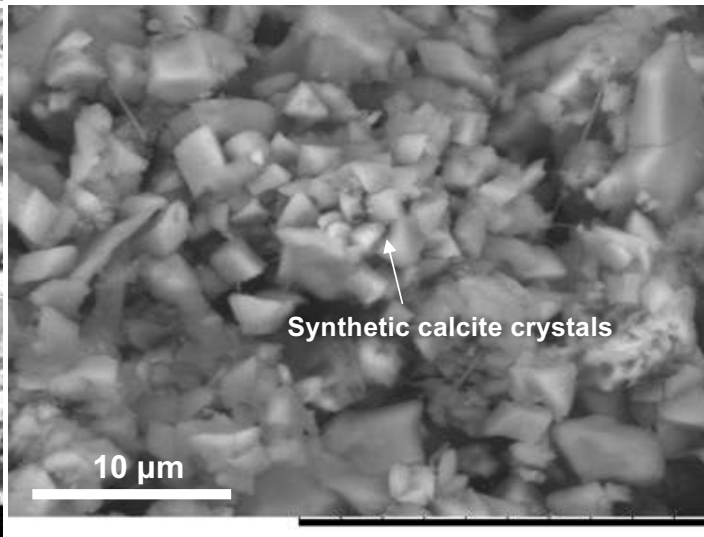
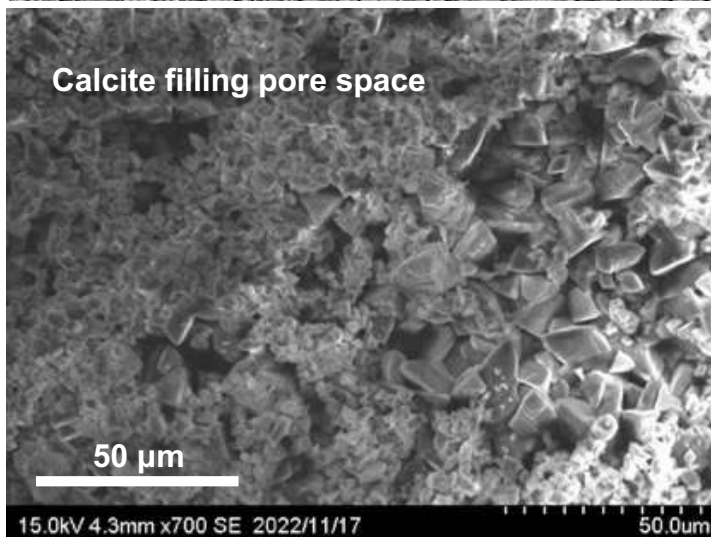
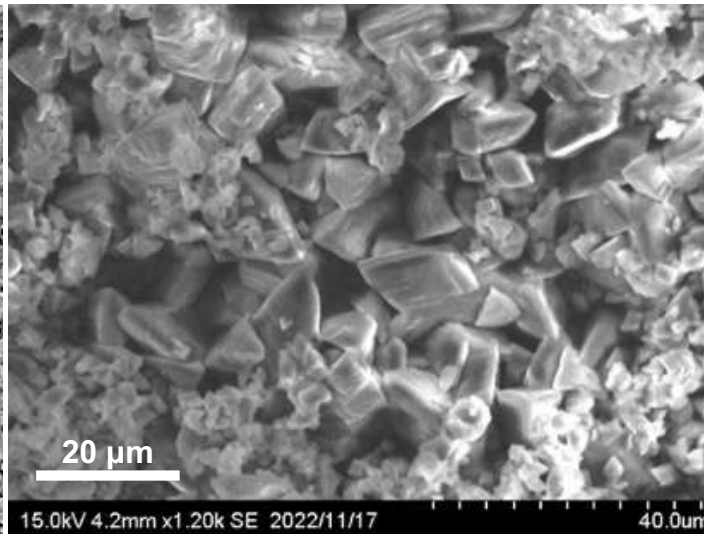
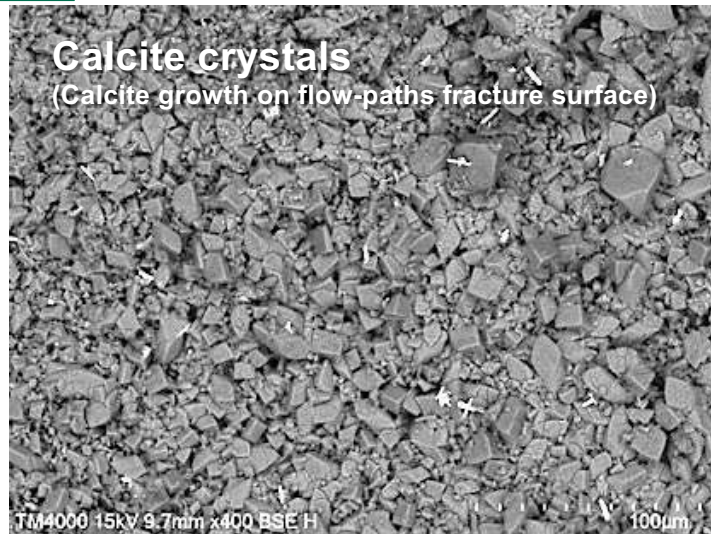
3年目のオーバーコアリングコア



白色部分はカルサイト(CaCO_3)によるシーリング

Yoshida et al. (2024a) Communications Engineering (Nature)

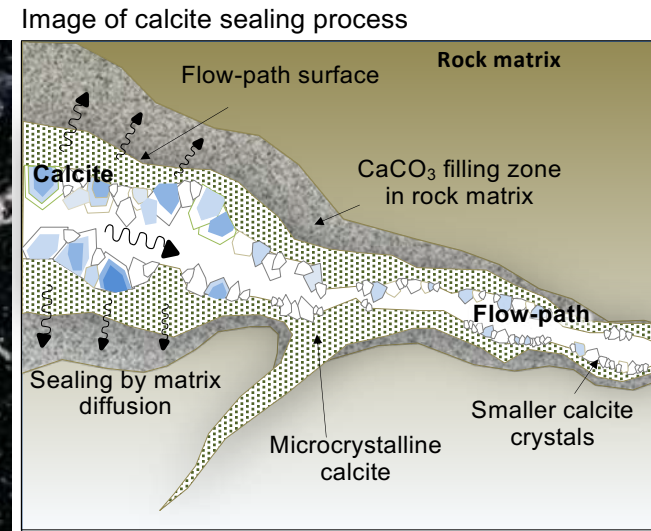
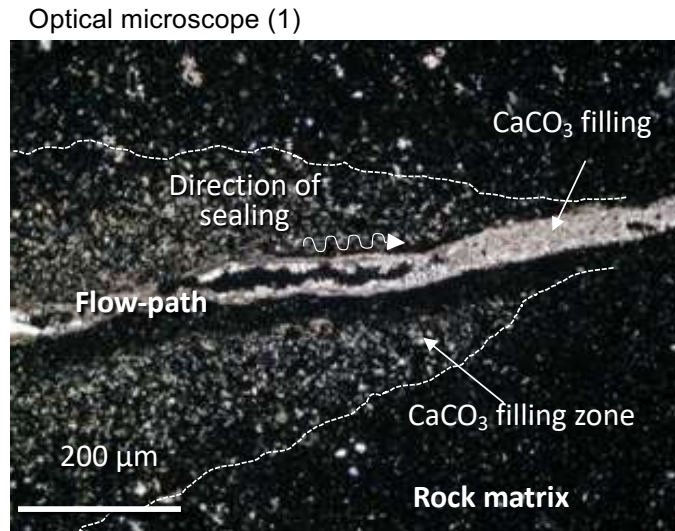
実験1：カルサイトによる亀裂シーリング状態の確認（SEM観察）



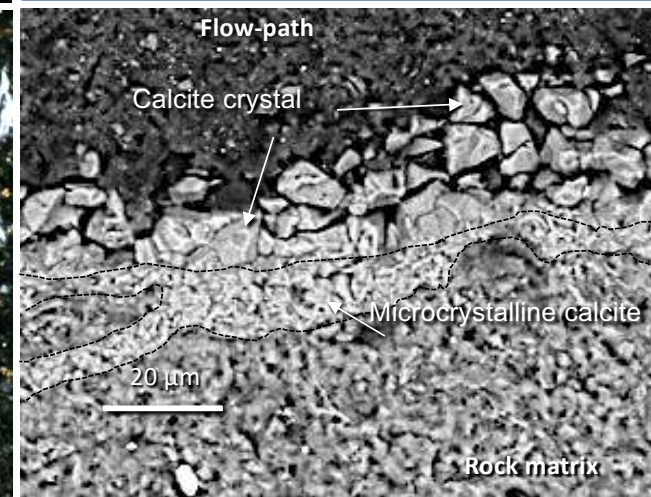
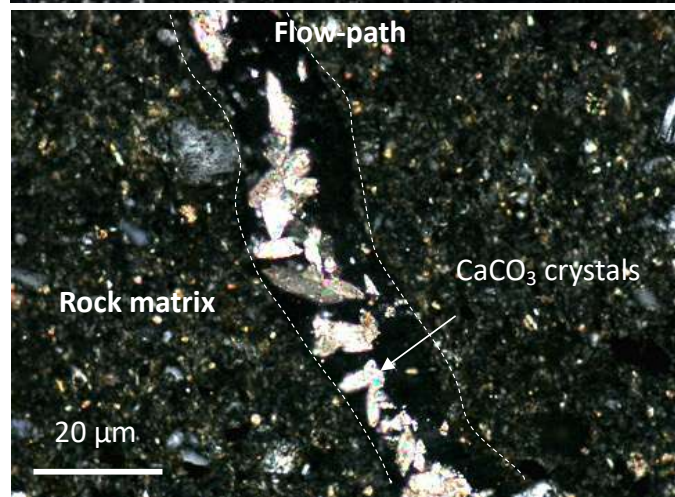
X-ray diffractograms given by fracture fillings (Cc: Calcite).

岩盤亀裂のカルサイトシーリング状態 (SEM観察および元素マップ)

Yoshida et al. (2024a) Communications Engineering (Nature)

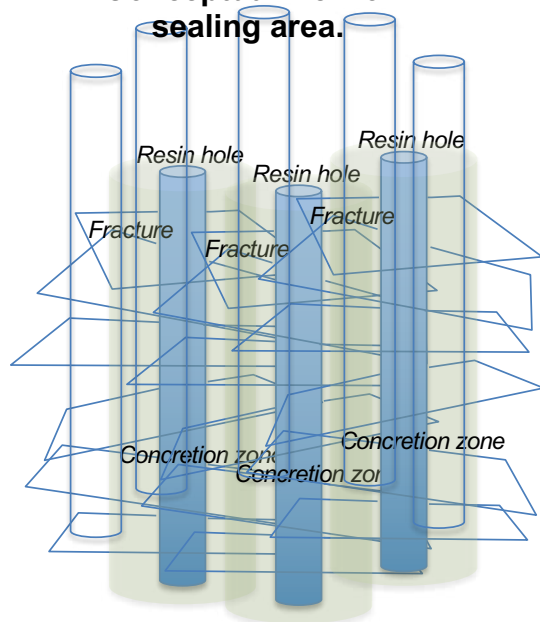


EDZ亀裂表面から、カルサイトの自形結晶が成長。また亀裂周辺母岩マトリクス中にも微細なカルサイトの結晶が確認される。

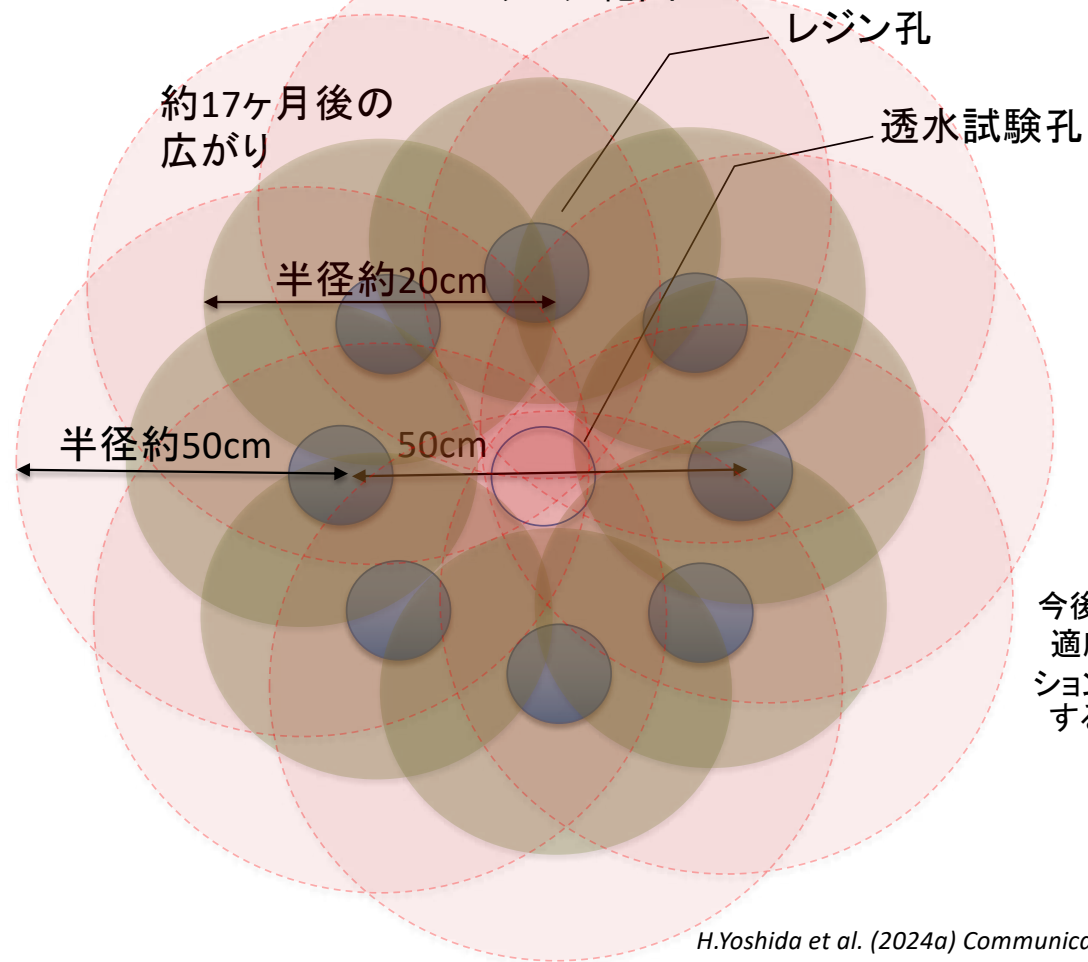


コンクリーション化の広がり範囲

Conceptual view of sealing area.



全量のCaが広がった場合
のシーリング範囲



今後の各種現場への
適応性やコンクリー
ション化の範囲を推定
する上で重要となる

積水化学工業との実用化実証試験（試験期間約1ヶ月）

地盤技術フォーラム2026で紹介

Confidential **SEKISUI**

■ 圧入における液体タイプコンシード広がりの確認



Geotechnical Forum 2026
地盤技術フォーラム 2026
2026年9月16日(水)～18日(金)
10:00～17:00 東京ビッグサイト 東ホール

Soil and Groundwater Remediation Technology Expo
土壌・地下水浄化技術展
[PFAS対策ゾーン]

Ground Improvement Technology Expo
地盤改良技術展

Foundation Engineering Expo
基礎工技術展

出展のご案内 来場のご案内 ログ・バナー 交通アクセス お問い合わせ

来場事前登録
入場無料(完全事前登録制)

出展者専用サイト

Eight Days of PFAS
in Japan + one

SADAS
SPECIALIZED ADVANCED SERVICE
環境技術の総合サービス

WILL-TEC
WILL-TEC
環境技術の総合サービス

青山機工株式会社

EnBio Engineering

株式会社横山基礎工事
【営業所】東京都中央区銀座5-1-1

KENZAI NAVI

地盤技術にかかわる3つの展示会を一堂に開催！

Soil and Groundwater Remediation Technology Expo
土壌・地下水浄化技術展
環境にやさしい浄化技術、企業活動と自然の共生をめざして
【新設】PFAS対策ゾーン

Ground Improvement Technology Expo
地盤改良技術展
地盤改良技術・工法に関する、ビジネスマッチングと事業拡大の促進を目指して

Foundation Engineering Expo
基礎工技術展
建築、道路・港湾・鉄道構造物、産業施設などインフラを支える基礎工の技術・工法および周辺技術を一堂に

出展社一覧はこちら セミナーはこちら

本フォーラムにおける認定プログラム
全国土木施工管理技士会認定CPDSプログラム（各日2ユニット）
土木学会CPDプログラム（各日2単位）※最低滞在時間2時間が条件

■コンクリーション化剤には、イオンが含まれており、水（地下水や海水）と触れると、周辺の空隙が炭カル（カルサイト）でシーリングされる。

■注入後は、放置しておくだけ（シーリングは半永久的に持続）

実証試験成果の公表：自然に学ぶ恒久的シーリング新素材

communications engineering

Article



<https://doi.org/10.1038/s44172-024-00216-1>

Post-earthquake rapid resealing of bedrock flow-paths by concretion-forming resin

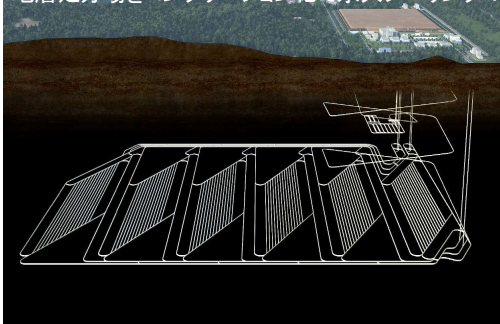
Hidekazu Yoshida¹, Koshi Yamamoto¹, Yoshihiro Asahara², Ippei Maruyama^{2,3}, Koichi Karukaya^{1,4}, Akane Saito⁴, Hiroya Matsui⁵, Akihito Mochizuki⁵, Mayumi Jo⁶, Nagayoshi Katsuta⁷, Ayako Umemura¹ & Richard Metcalfe⁸

Many underground activities may require reducing or preventing fluid flows through bedrock, e.g., sealing of site investigation boreholes, underground tunneling, hydrocarbon field abandonment, and nuclear waste disposal. Cementitious materials such as grout are commonly used for bedrock flow-path sealing, however conventionally used these materials unavoidably undergo physical and chemical

Here, we report a more durable sealing om natural calcite, CaCO_3 , and spheroidal / paths next to a tunnel in an underground low paths were initially sealed rapidly, then below the underground research laboratory eated rock mass rapidly recovered its very nd healing.

Yoshida et al. (2024) Comm. Eng. (Nature 電子版)

地層処分場をコンクリーション化で永久シーリング！



亀裂補修に画期的充填剤

名大など世界初開発

地震などで発生した地下の岩盤の亀裂を修復し、地下水がしみ出るのを抑える世界初の充填剤「コンクリーション化剤」の開発に、名古屋大学や岐阜大学、東京大学などの研究グループが成功した。海中の生物の死骸が化学反応で岩のように硬くなった物質「コンクリーション」の仕組みを応用。道路などインフラの老朽化が課題となる中、補修への活用などが期待できるという。（鈴木直平）

コンクリーションは直徑「ペセル」とも称される。数センチの球状で、名古屋大学博物館長の吉田英一、教授（62）は応用地質学。うは2015年、貝類などが海中で死ぬと、死骸から出た炭素が海水中のカルシウムイオンと反応して炭酸塩に硬くなる。これを模倣して、コンクリーションを形成する。その研究チームは、コンクリーションの仕組みを応用し、水と反応して亀裂がふさがり、水の通りやすさ（透水性）が過渡期で100分の1、1年間で千分の1程度になった。22年8月、道内で最大震度5強の地震が発生。岩盤に新たな亀裂ができて一時は透水性が上がったが、1年後には再度千分の1程度に下がった。既に注入していた充填剤が再び地下水と反応したとみられる。

研究グループは、インフラの亀裂補修や放射性廃棄物の地下隔離などに活用できるとする。世界では5億年前のコンクリーションも見つかっており、吉田教授は「従来のコンクリートの弱点を克服でき、効果は半永久的に続くだろう」と話した。研究成果は22日付の英科学誌に掲載された。

化学反応を応用「効果は半永久的」

コンクリーションの形成イメージ

海水のカルシウムイオン

炭素

カニの死骸

高レベル放射性廃棄物（核のこみ）の地層処分手法を調査する北海道観測所の観望所（研究センター）で、実証実験を進めてきた。

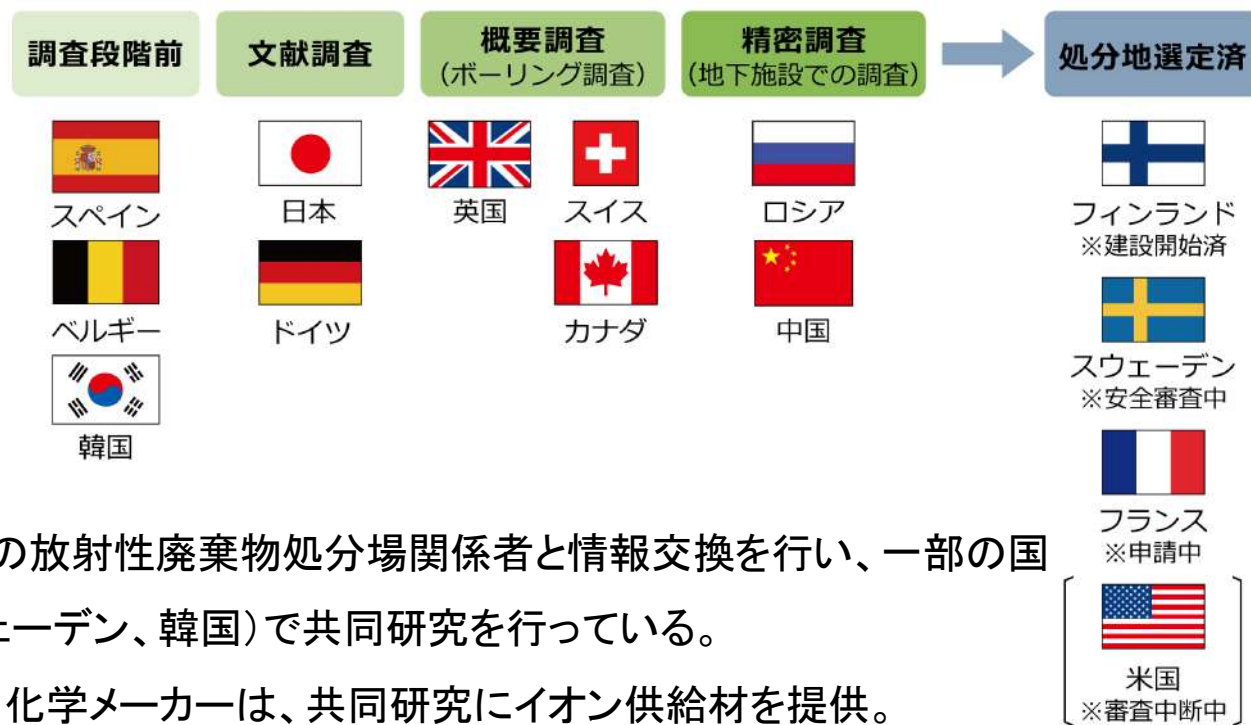
実験では21年8月、地下350メートルに掘削した坑道周りの岩盤の亀裂に充填剤を入れたと、地下水と反応して亀裂がふさがり、水の通りやすさ（透水性）が過渡期で100分の1、1年間で千分の1程度になった。22年8月、道内で最大震度5強の地震が発生。岩盤に新たな亀裂ができて一時は透水性が上がったが、1年後には再度千分の1程度に下がった。既に注入していた充填剤が再び地下水と反応したとみられる。

研究グループは、インフラの亀裂補修や放射性廃棄物の地下隔離などに活用できるとする。世界では5億年前のコンクリーションも見つかっており、吉田教授は「従来のコンクリートの弱点を克服でき、効果は半永久的に続くだろう」と話した。研究成果は22日付の英科学誌に掲載された。

2024年5月23日付け 中日新聞

地層処分関連での海外展開の進め方

・高レベル放射性廃棄物処分場の各国の取り組み状況は以下の通りで、米中の他に、欧州で動きが活発。欧州での権利化の重要性が増している。



・各国の放射性廃棄物処分場関係者と情報交換を行い、一部の国（スウェーデン、韓国）で共同研究を行っている。

→国内化学メーカーは、共同研究にイオン供給材を提供。

国内の実証試験を踏まえ、放射性廃棄物処分場以外の土木事業へも供給網を展開していく予定。

（図：原子力発電環境整備機構より）

地層処分以外での展開について：インフラ・文化財遺跡石材修復・保存ほか

（第三種郵便物認可）

永昌 子牛 衆行 屋帆

朝倉氏遺跡試す 遺構守る新手法

県立二乗朝倉氏遺跡博物館は、福井市の一乗朝倉氏遺跡で、ひび割れが生じた石製遺構の劣化対応事業に取り組んでいる。名古屋大などと連携し、昨年から、新たに開発された充填剤「コンクリーション化剤」を岩石に注入することで亀裂を補修し、劣化の一因となる水が入り込むのを防ぐ実証実験を開始した。同様の遺跡への応用は全国で初めて。朝倉氏遺跡では国の勝跡園ならではの活用を目指しており、全国の遺跡保存のモデルケースとしても期待されている。（山川竜平）

福井・県立博名大などと着手 充填剤使い防水

朝倉氏遺跡は発掘調査開始から50年以上が経過し、屋外展示している礎石や礎石の経年劣化が顕著となっている。特に礎石の目地に隙間が生じ、雨水の浸入が原因で、石の目地に腐食や剥離が生じている。このため、雨水の浸入を防ぐ「コンクリーション化剤」を、石の目地に注入することで、雨水の浸入を防ぐ。このため、雨水の浸入を防ぐ「コンクリーション化剤」を、石の目地に注入することで、雨水の浸入を防ぐ。

朝倉氏遺跡は発掘調査開始から50年以上が経過し、屋外展示している礎石や礎石の経年劣化が顕著となっている。特に礎石の目地に隙間が生じ、雨水の浸入が原因で、石の目地に腐食や剥離が生じている。このため、雨水の浸入を防ぐ「コンクリーション化剤」を、石の目地に注入することで、雨水の浸入を防ぐ。

朝倉氏遺跡は発掘調査開始から50年以上が経過し、屋外展示している礎石や礎石の経年劣化が顕著となっている。特に礎石の目地に隙間が生じ、雨水の浸入が原因で、石の目地に腐食や剥離が生じている。このため、雨水の浸入を防ぐ「コンクリーション化剤」を、石の目地に注入することで、雨水の浸入を防ぐ。

放射線物質の 封じ込め期待

地下水を通過しにくく
放射線物質の封じ込め期待
地下水を通過しにくく
放射線物質の封じ込め期待
地下水を通過しにくく
放射線物質の封じ込め期待

超硬い岩石 インフラ補修

コンクリートが硬く、補修が難しい。超硬い岩石「コンクリーション」が、インフラ補修の新たな選択肢として注目を集めている。この材料は、コンクリートよりも硬く、耐久性が高く、補修作業が簡単に行える。また、環境に優しい材料であり、コストも抑えられる。インフラ補修の分野で、コンクリーションは大きな期待をされている。

「コンクリーション」の仕組み応用

コンクリーションは、超硬い岩石の粉末と、水、空気などを混ぜて作られる。この材料は、コンクリートよりも硬く、耐久性が高く、補修作業が簡単に行える。また、環境に優しい材料であり、コストも抑えられる。インフラ補修の分野で、コンクリーションは大きな期待をされている。

コンクリーションは、超硬い岩石の粉末と、水、空気などを混ぜて作られる。この材料は、コンクリートよりも硬く、耐久性が高く、補修作業が簡単に行える。また、環境に優しい材料であり、コストも抑えられる。インフラ補修の分野で、コンクリーションは大きな期待をされている。

放射線物質の 封じ込め期待

地下水を通過しにくく
放射線物質の封じ込め期待
地下水を通過しにくく
放射線物質の封じ込め期待
地下水を通過しにくく
放射線物質の封じ込め期待

福井新聞(2025年12月)

読売新聞(2026年1月)

コンクリーション化の展開（現在進行中実証試験例）

① 自己修復コンクリートの開発（安藤ハザマとの共同研究）



② 鉱山壁面の安定化（太平洋セメント鉱業との共同研究）



さざれ石化計画

③ 遺跡石材修復（一乗谷朝倉氏遺跡：福井県、奈良文化財研究所との共同研究）



応用先：放射性廃棄物・CO₂地下貯留・遺跡石材・トンネル・コンクリート構造物ほか

共同研究先：積水化学工業・東京大学・日本大学・京都大学・中部電力・JAEA・電力中央研究所・安藤ハザマ・大成建設・一乗谷博物館・JR東海・太平洋セメント・ストックホルム王立工科大学・韓国資源地質調査所・寒地土木研究所・奈良文化財研究所・東京文化財研究所 ほか



謝辞：積水化学工業株式会社・中部電力・日本原子力研究開発機構・男鹿半島大湯ジオパーク・瑞浪市化石博物館・名古屋大学コンクリーション研究グループメンバー

ご静聴ありがとうございました。。 26

球状コンクリーションに関する主な研究(文献2015~)

(コンクリーション形成プロセスも含め、継続的に研究成果を紹介。必要に応じて参考にして頂ければ幸いです)

Yoshida, H., Ujihara, A., Minami, M., Asahara, Y., Katsuta, N., Yamamoto, K., Sirono, S., Maruyama, I., Nishimoto, S., Metcalfe, R. (2015) Early post mortem formation of carbonate concretions around tusk-shells over week-month timescales. *Scientific Reports*, 5:14123 DOI: 10.1038/srep14123.

村宮悠介, 吉田英一, 山本鋼志, 南 雅代 (2017) 初期続成過程における巨大球状コンクリーション形成. 地質学雑誌, vol.123, pp.939-952.

Yoshida, H., Hasegawa, H., Katsuta, N., Maruyama, I., Sirono, S., Minami, M., Asahara, Y., Nishimoto, S., Yamaguchi, Y., Ichinnorov, N., Metcalfe, R. (2018) Fe-oxide concretions formed by interacting carbonate and acidic waters on Earth and Mars. *Science Advances*, 4: eaau0872.

Yoshida, H., Asahara, Y., Yamamoto, K., Katsuta, N., Minami, M., Metcalfe, R. (2019) 87Sr/86Sr age determination by rapidly formed spherical carbonate concretions. *Scientific Reports*, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38593-9>

Muramiya, Y., Yoshida, H., Kubota, K., Minami, M. (2020) Rapid formation of gigantic spherical dolomite concretion in marine sediments. *Sedimentary Geology*, **404**, 105664.

Yoshida, H., Yamamoto, K., Ohe, T., Katsuta, N., Muramiya, Y., Metcalfe, R. (2020) Diffusion controlled formation of spherical carbonate concretion in muddy sedimentary matrices. *Geochemical Journal*, **54**, 233-242.

Yoshida, H., Katsuta, N., Sirono, S., Nishimoto, S., Metcalfe, R. (2020) 'Tree ring-like' iron-oxide Liesegang patterns in cobblestones: formation process and reaction time estimation. *Chemical Geology*, 552, 119786.

Yoshida, H., Kuma, R., Hasegawa, H., Katsuta, N., Sirono, S., Minami, M., Nishimoto, S., Takagi, N., Kadowaki, S., Metcalfe, R. (2021) Syngeneitic rapid growth of ellipsoidal silica concretions with bitumen cores. *Scientific Reports*, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83651-w>.

Sirono, S., Shibata, T., Katsuta, N., Yoshida, H. (2021) Numerical simulation of iron oxide concretions on Earth and Mars through dissolution of calcite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **295**, 194-206.

Muramiya, Y., Yoshida, H., Minami, M., Mikami, T., Kobayashi, T., Sekiuchi, K. and Katsuta, N., 2022, Glendonite concretion formation due to dead organism decomposition. *Sediment. Geol.* **429**, 106075, doi: 10.1016/j.sedgeo.2021.106075.

吉田英一 (2023) 球状コンクリーションの理解と応用. 地質学雑誌特集号, vol.128, pp.1-16. doi:10.5575/geosoc.2022.022

Yoshida, H. (2023) Rapid and long-lasting sealing of bedrock using concretion-forming resin. *GeoExpro*, **20**(4), 88.

Yoshida, H., Yamamoto, K., Asahara, Y. *et al.* (2024a) Post-earthquake rapid resealing of bedrock flow-paths by concretion-forming resin. *Comm. Eng. Springer Nature*, **3**, 67. <https://doi.org/10.1038/>

Yoshida, H., Yamamoto, K., Asahara, Y. *et al.* (2024b) Rapid and long-lasting bedrock flow-path sealing by a 'concretion-forming resin': results from *in situ* evaluation tests in an underground research laboratory, Horonobe, Japan. *The Geological Society of London*, <https://doi.org/10.1144/egc1-2023-35>

Muramiya, Y., Yoshida, H., *et al.* (2024) Formation of Ammonite concretions through organic decomposition in the iron-reducing zone. *Jour Sed. Res.* **94**, pp.51-61. doi: 10.2110/jsr.2023.078.

Kitanaka, R., Tsuboi, M., Numata, T., Muramiya, Y., Yoshida, H., Ozaki, Y. (2024) Visualization and identification of components in a gigantic spherical dolomite concretion by Raman imaging in combination with MCR or CLS methods. *Scientific Reports*, <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51147-y>