

恒久的岩盤亀裂シーリング剤の開発

長谷川 武

不思議な石「ま〜るい石」から自然現象に学ぶ科学技術の可能性が解明され、そのメカニズムを応用した人類の課題を解決する夢の素材「球状コンクリーション化剤」が開発されました。

2025 年 8 月 3 日 NHK サイエンス ZERO で放映された「人類の課題を解決」より、100 年以上の謎「丸い石の作り方」が解明され、地震などで発生した地下の岩盤の亀裂を修復し、地下水が染み出るのを抑える世界初の充填剤「コンクリート化剤」の開発が、名古屋大・岐阜大・東京大などの研究グループが成功したことを他の資料と合わせ知りましたので、その概要をまとめて紹介します。

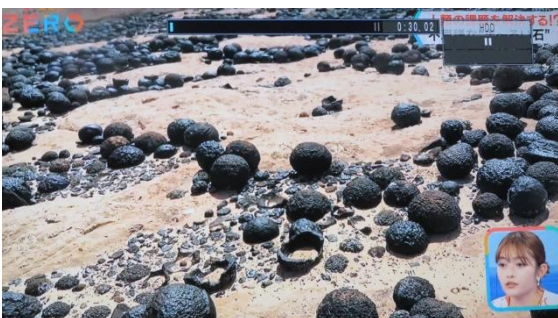
「球状コンクリーション」とは

球状コンクリーションとは地層中の碎屑粒子の隙間が鉱物で充填され、非常に緻密で硬くなった球状の岩塊で、主に炭酸カルシウム（方解石）で構成され、化石などの保存良好な生物の痕跡を内包することが多い。これらは世界中の堆積岩から発見され、堆積学的に「コンクリーション」と呼ばれています。

いわゆる炭酸カルシウムを主成分とし、保存良好の化石を内包する球状岩塊のことで、海底で堆積した地層中で形成されたものです。

コンクリーションの謎を解明したのは、名古屋大学博物館応用地質学の吉田栄一教授グループです。

世界中で発見される不思議な丸い石「球状コンクリーション」は、800 年以上を経て地上に現れ風化されて硬いコンクリーションだが表面に残っている。大きさは数センチからおよそ 10m まで実に様々ですが、割って見ると中には驚くほど保存状態の良い貝類や魚の立体的な化石が確認され「自然のタイムカプセル」とも称されるが、秋田県男鹿半島鶴ノ崎海岸・宮崎県日南海岸など丸い石の宝庫が全国 100 カ所以上に点在、海外では中国雲南省、ニュージーランド、アメリカユタ州等で発見されている。その形状メカニズムが日本の



球状コンクリーション群



球状コンクリーションは各地で発見されている研究者によって解き明かされたのです。

どうしてできたかを解明

塩酸を周辺の岩石に掛けてみると何も変わらないが、球状コンクリーションに掛けると泡ができた。二酸化炭素が出てくるので発泡するが、炭酸カルシウムが濃集している証拠になります。

球状コンクリーションの主成分は炭酸カルシウムであり、卵の殻と同じ成分だったのです。だが、なぜ丸く固まるのかは、化石のタイムカプセルである二枚貝の化石ツノガイの特徴的な

形から形成メカニズムを解きほぐすきっかけがありました。口の部分を中心にコン



クリーションされる。コンクリーションを作る炭素は殻の中の有機物で、ツノガイコンクリーションのカルシウム濃度の元素マップで確認できました。

球状コンクリーション内にはある特徴があった。一般的な化石は平たいが、球状コンクリーションは超立体的で保存状態が良いタイムカプセルの化石でした。

全国の球状コンクリーションの主なものでは、ツノガイコンクリーション（富山県八尾町）、アンモナイトコンクリーション（北海道、いわき）、クジラコンクリーション（秋田県男鹿半島：鯨骨を内容とする世界的にもユニークかつ最大級のクジラコンクリーション群）、カニ・ウニ・二枚貝のコンクリーション群（名古屋港浚渫工事で大量に産出）などで確認されている。また、アナジャコの巣穴の解析で、ものすごいスピードで出来る証拠をつかんでいるのです。

アナジャコは自分で体液を出して砂を粘着して自

分の住かを作る。その体液も炭素成分を含むので、海水中のカルシウムイオンと反応して巣を固くしているが、数か月位で出来るという。

球状コンクリーションには、次の特徴があることを解明した。

- 1) 球状コンクリーションの主成分となる炭酸カルシウムの炭素成分は、生物の有機炭素由来である。
- 2) 球状コンクリーションは、海底堆積物中に埋没した生物の腐敗に伴う有機酸の拡散と海水中のカルシウムイオンとの過飽和・沈殿反応によって成長すること。
- 3) 成長速度は非常に速く、メートルサイズのもので数年～数十年で形成されていること。

これらの研究結果のうち、特に形成速度については従来の推測、概念を覆す成果だと言える。また、球状コンクリーションを用いたストロンチウム (Sr) 同位体比による地質年代決定法が確立されています。

化石化に学んだシーリング剤の開発

自然の岩盤（地層）中で形成される炭酸カルシウム（ CaCO_3 ：方解石）を主成分とする球状コンクリーションの詳細な形式メカニズムを解明した名古屋大学を中心とする研究グループは、積水化学工業と共同でそのプロセスを応用した長期止水技術「コンクリーション化剤」を開発しました。

コンクリーションの特徴を活かしたコンクリーション化剤は「炭素を含む成分とカルシウム成分」で、水を加えると炭酸カルシウムができるので、「セメント＋水＋コンクリーション化剤」では炭酸カルシウムの結晶が接着剤の役割を果たす。マイクロレベルで空隙をしっかりと修復している強みを確認している。

コンクリーション化剤は地下水の透水性を低下させ長期的なシーリング効果を持つ新しい材料で、自然界のコンクリーションのメカニズムを応用した材料です。コンクリーション化剤（レジン）には、液体タイプとマイクロパウダータイプがある。

① 液体タイプは2液性で、混合すると固化し、さらに ②地下水と接触するとコンクリーション化イオンが放出され、周辺岩盤中の亀裂や空隙をシーリングする。 ③マイクロパウダータイプは従来のセメントミルクとの混合で使用し、トンネルの先行ボーリングや深層ボーリングでの岩盤シーリングを目的として開発されました。

そのシーリング効果を確認する為に、その素材を用いて実際の地下岩盤、トンネル（坑道周辺岩盤の掘削損傷領域）で、地下水を湧出する亀裂・空隙を対象にシーリング効果の実証試験を行い、止水効果を確認し

て来ました。また、地震の影響でシーリング効果の一時的な低下が生じても速やかに再シーリングされ、地下水の透水性を実際の地下環境で長期に渡り抑制できることを幌延地下研究所の地下岩盤 350m の環境で実証試験が行われ確認されています。

地震後の地下岩盤亀裂急速シーリングに成功

化石化プロセスを応用した球状コンクリーション化剤による、実際の地下岩盤亀裂実証試験を幌延地下研究所の地下 350m で実施。2年間の実証試験によって、岩盤亀裂の地下水透水性が $1/100 \sim 1/1000$ に低下した。また期間中に発生した直下型地震（M5.4）により一時的に低下したシーリング性能は、速やかにかつ持続的に再シーリングで回復することが確認されました。これは、地震による亀裂シーリングを実施した事例としては世界初でした。

コンクリーション化剤の手法応用

開発したコンクリーション化剤は化石化を応用したメカニズムであり、地球環境問題への対策として、放射性廃棄物の地下隔離・処分や温暖化対策としての二酸化炭素の地下貯蔵、石油の廃坑シーリングや、道路・トンネル周辺岩盤・鉱山掘削に伴う地下水抑制といった、様々なインフラの長期メンテナンス等のニーズに応用可能であり、半永久的にメンテナンスフリーを目指す今後の幅広い技術への展開が期待されます。

従来のセメント系材料では不可能と考えられて来た数百年以上の岩盤亀裂シーリングが可能と期待されること等から、イギリス科学誌 Springer Nature 社の Communications Engineering に 2024 年 5 月 22 日付にて掲載されました。

参考資料

- 1) NHK サイエンス ZERO 人類の課題を解決
2025 年 8 月 3 日放映
- 2) 化石化がヒント！ 恒久的岩盤亀裂シーリング剤の開発 —コンクリーション化による地層処分地下環境長期シーリング実証研究— 吉田栄一
- 3) 球状コンクリーションの Sr 同位体比による地質年代決定とその意義 吉田栄一 Isotope News
2019 年 10 月号 No. 765
- 4) 自然の知恵を技術に—コンクリーションが支える持続可能な社会「自然に学ぶものづくり研究助成プログラム」後編 SEKISUI/Connect with TOP
公開日：2025. 04. 17
- 5) 世界初、コンクリーション化剤を開発 夕刊ディリー 2024. 05. 08
- 6) 亀裂補修に画期的充鎮剤 2024. 5. 23 中日新聞