

# トピックス

## CO<sub>2</sub> 吸収コンクリートの技術を用いた建設用 3D プリンティング技術の開発

建設工事では生産性の向上が喫緊の課題であり、国土交通省が進める i-Construction においても「ICT の全面的な活用」が 3 大施策の一つとされている。特に、コンクリート構造物の施工は、未だ技能労働者の手作業による工程が多く、生産性が向上しない一因となっている。デジタルデータに基づいて機械が構造物を施工する 3D プリンティング工法は、建設プロセスの効率化を実現するものとして期待されており、各所で研究開発が進んでいる。

鹿島建設は、金沢工業大学（研究代表者：KIT × Kajima 3Dprinting Lab 所長 宮里心一教授）と共同で建設分野向けのセメント系 3D プリンティングの研究開発を行っている。その特徴は、使用材料に CO<sub>2</sub> 吸収コンクリートの技術を取り入れた「カーボンニュートラル 3D プリンティング」にある。コンクリートに含まれるカルシウムと CO<sub>2</sub> を反応さ

せて鉱物化（炭酸塩化）することで、コンクリート内部に CO<sub>2</sub> を固定できることが知られているが、鹿島らは水硬性を持たず、CO<sub>2</sub> と反応して硬化する γ 型のケイ酸二カルシウム（2CaO・SiO<sub>2</sub>）をコンクリートに配合し、練り混ぜたコンクリートに強制的に CO<sub>2</sub> を与えて固定化する技術を 2011 年に実用化している。今回の研究開発では、この CO<sub>2</sub> 吸収コンクリートの技術と 3D プリンティングの技術を融合させ、従来の型枠を用いた施工方法では実現が困難な複雑な造形を可能にし、コンクリートの表面と CO<sub>2</sub> との接触面積を増やして効率的に CO<sub>2</sub> を吸収・固定化することに成功した。

本研究開発プロジェクトの一環として 2024 年 3 月に金沢市の公園に設置したベンチでは、脚部を 3D プリンタの造形技術でヒダ形状とすることで、空隙がないベンチと比べ表面積を約 1.7 倍に増大し、CO<sub>2</sub> 吸収割合を 2 倍以上にまで向上させて材料レベルでのカーボンネガティブを実現している。今後も、生産性の向上とカーボンニュートラルの実現という建設業が抱える 2 つの課題の解決に資するため、本技術の研究開発を進め早期の社会実装を目指していく。



図 本プロジェクトで製作したコンクリート製カーボンネガティブベンチ

連絡先  
鹿島建設株式会社 技術研究所 主席研究員  
坂井吾郎  
E-mail: sakaig@kajima.com  
〒 182-0036  
東京都調布市飛田給 2-19-1

[2024 年 6 月 18 日]

## アニオン電子とフッ化物イオンの交換反応を実証 - フッ化物イオン伝導体の新境地へ -

追手門学院大学の高見剛教授は、名古屋大学の旭良司教授、高エネルギー加速器研究機構の森一広教授と共同で、格子間のアニオン電子をフッ化物イオンでトポケミカル的に交換することに成功し、フッ化物イオン (F<sup>-</sup>) が拡散することを実証した。

全固体フッ化物イオン電池はリチウムイオン電池の性能を凌駕する革新型電池としての期待が高いが、室温動作が課題である。室温でのフッ化物イオン伝導率を高めることが突破口になるが、無機フッ化物の種類数が少なく、対象物質が制約されている。そこで、窒素とフッ素からなる複合アニオン化合物 Ba<sub>2</sub>NF を舞台に、Ba サイトを Na または K で置換して、F 空孔の導入と Ba<sub>2</sub>N 層間距離の制御を行った。K 置換により層間距離が増加し、K の固溶限界組成付近で、電気的中性の条件から外れた組成 Ba<sub>1.8</sub>K<sub>0.2</sub>NF<sub>0.7</sub> であることがわ

かった (電子 0.1 個分が不足)。第一原理計算の結果、電子が格子間にアニオン電子として存在する Ba<sub>1.8</sub>K<sub>0.2</sub>NF<sub>0.7</sub>0.1e<sup>-</sup> であることが示唆された。このアニオン電子がスムーズな F<sup>-</sup> 伝導を阻害していると着想し、フッ化キセノンで e<sup>-</sup> と F<sup>-</sup> の交換反応を試みた。中性子回折測定により、この交換反応が実証され、インピーダンス測定では F<sup>-</sup> 伝導を示した。

結晶中に残留するアニオン電子を F<sup>-</sup> で置換することで、フッ化物イオン伝導の出現というブレークスルーを得ることができた。電子化物をフッ化物イオン伝導体の対象として深堀りすることで、温室効果ガスを排出することなく、エネルギー需要の増加に対応できる全固体フッ化物イオン電池の固体電解質への道を拓くと期待される。本研究成果は、2024 年 6 月 11 日に、米国化学会の国際雑誌「Chemistry of Materials」に掲載された (<https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.4c00716>)。

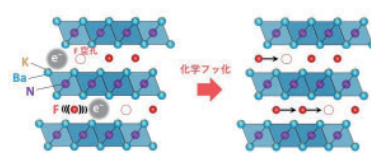


図 アニオン電子 (e<sup>-</sup>) とフッ化物イオン (F<sup>-</sup>) の交換反応による F<sup>-</sup> 拡散の模式図

連絡先  
追手門学院大学 教授 高見剛  
〒 567-8502  
大阪府茨木市西安威 2 丁目 1 番 15 号  
E-mail: t-takami@otemon.ac.jp

[2024 年 6 月 27 日]