

報道資料

令和6年 11 月 8 日

報道機関各位

長岡技術科学大学  
岡山大学

ハイドロキシアパタイト粒子の表面を機能化して次世代医療に貢献  
～合成と表面の設計によってバイオ・メディカル素材の未来を切り拓く～

【概要】

アパタイトは  $M_{10}(ZO_4)_6X_2$  の化学組成で表される鉱物の総称であり、M にカルシウム (Ca)、Z にリン (P)、X に水酸基 (OH) が入ったものはハイドロキシアパタイト (HAp) と呼ばれ、生体内の骨や歯の無機主成分として知られています。HAp の粒子は、体に優しく効率的に骨を再生する機能があるため、骨が欠損した部位を補填・再生する素材として活用されています。長岡技術科学大学 工学研究院 物質生物系の多賀谷 基博 准教授らのグループでは、HAp 粒子の合成と表面修飾の技術を活用し、HAp 粒子と様々な機能を持った分子 (機能性分子) を組み合わせ、それぞれが単独では得られない協奏的な機能を発現させる研究を行っています。このような手法によって、「(1) HAp 粒子への診断や治療の機能付与」、「(2) 生体との親和性を高める HAp 粒子表面層の解明」、「(3) HAp 粒子コーティング技術」をこれまでに開発してきました。これらのメカニズムや技術は、がん診断・治療や骨修復といった医療技術の最前線の現場に新たな希望をもたらす可能性を秘めています。

以上に関する HAp 粒子の合成と表面機能化についての研究をまとめた総説論文が、長岡技術科学大学 工学研究院 物質生物系の多賀谷 基博 准教授が責任著者、岡山大学 学術研究院ヘルスシステム統合科学学域の片岡 卓也 助教が筆頭著者、長岡高専の Tania Guadalupe Peñaflor Galindo 特任助教 (現 上智大学 理工学部 物質生命理工学科 助教) 及び 長岡技術科学大学 大学院工学研究科の山田 伊織 博士後期学生 と 劉 自振 博士後期学生らが共著者となり、イギリス王立化学会誌「*Journal of Material Chemistry B*, 12(28), 6805–6826 (2024)」において公表されました。

【説明】

公表された総説論文では、生体内で析出する HAp に類似した粒子を体外で合成・機能化して応用する研究内容とそれに関連する技術開発について包括的にまとめています。その概要を図 1 に示します。具体的に、HAp 粒子と機能性分子を接合させることによって粒子の表面を機能化する重要性を述べ、これによって HAp 粒子のバイオ・医療機能を拡張・向上できる可能性を提唱しています。その原理は、HAp 粒子と機能性分子が接合しているナノスケールの界面で両者の機能が融合する現象によって生じるものと考察しており、それぞれ単独では発揮できない新たな機能を引き出す意義を主張しています。さらに、このような研究によって、生体内に存在している HAp 粒子の状態・構造をまねるだけでなく、素材自体を進化させて新しい医療技術に応用できる可能性を提案しています。そして、本総説では、次の3つのトピックスに焦点を当てた研究をまとめています。



図 1. 本総説の HAp 粒子の表面機能化技術の概要.

### (1) HAp 粒子への診断や治療の機能付与

HAp 粒子に発光能に加えて、がん細胞に対する標的能や治療能を有する分子を修飾し、この粒子をがん細胞のみに効率的に取り込ませる、がん細胞のみを発光させて検出し、その場で治療する技術への応用を目指しています。この「セラノスティクス」と呼ばれる技術によって、がん細胞の早期診断と即時治療という革新的な技術を実現します。

### (2) 生体との親和性を高める HAp 粒子表面層の解明

HAp 粒子の表面層には細胞を元気にする機能があると考えられています。しかし、人工的に合成された HAp 粒子は、体内での合成の場合に比べると、生体組織と結びつきにくいと考えられています。その原因が明らかになっていません。我々は、HAp 粒子の表面に形成される（水分子などから構成された）ナノスケールオーダーの層の構造と状態を解明することによって、「生体組織との結びつきやすさ」の本質を明らかにしようとしています。このような表面層を解明・制御できれば、極めて生体親和性の高い HAp 粒子の表面を設計・構築でき、より高機能な骨修復素材を開発できるものと期待されます。

### (3) HAp 粒子コーティング技術

人工関節やインプラントに HAp 粒子をコーティングすることで、それらが生体組織と自然に融合し、より安全で効果的に生体内で機能すると考えられています。このような医療用基材へ密着性高く HAp 粒子をコーティングする技術を開発しており、主に金属やポリマーへのコーティングについて実現しています。

以上に関して我々の研究 及び 国際的な研究状況に関して網羅的に総説論文としてまとめ、イギリス王立化学会誌 (*Journal of Material Chemistry B*, 12(28), 6805–6826 (2024)) において公表されました。

## 【展望】

本総説論文では、生体に存在する HAp 粒子を、生体外で合成・機能化して実用するための研究開発についてまとめました。特に、HAp 粒子の表面機能化技術を活用することで「セラノスティクス」という次世代の革新的な医療が現実のものとなります。この技術は、がんの診断・治療を迅速化し、医療現場に大きな変革をもたらすと期待されます。さらに、HAp 粒子を使ったコーティング技術は、骨の再生・治療において、骨の自然な構造をまねつつ生体組織との自然な融合を促進する人工関節やインプラントの開発を実現します。このように、HAp 粒子技術は、従来の治療法を大きく進化させ、患者の回復力を高め、治療効果を増進させる可能性を秘めています。今後、これらの技術をさらに発展させて、より多くの医療現場で活用できるように、実用化に向けた研究を加速させていきます。

## 【掲載雑誌】

- ・ 題名 : Surface Functionalization of Hydroxyapatite Nanoparticles for Biomedical Applications
- ・ 著者名 : Takuya Kataoka, Zizhen Liu, Iori Yamada, Tania Guadalupe Peñaflor Galindo, Motohiro Tagaya
- ・ 掲載雑誌 : **Journal of Materials Chemistry B**  
(CiteScore ランキング : ASJC 分類で Top10%ジャーナル, Impact Factor: 6.1)
- ・ DOI : 10.1039/d4tb00551a
- ・ 掲載年月日 : 2024 年 6 月 26 日

## 【問い合わせ先】

長岡技術科学大学 大学戦略課 企画・広報室  
TEL : 0258-47-9209  
E-mail : skoho@jcom.nagaokaut.ac.jp

岡山大学総務・企画部広報課  
TEL : 086-251-7292  
E-mail : www-adm@adm.okayama-u.ac.jp