

本研究成果は、以下の通り報道解禁設定があります。
TV・ラジオ・WEB ……3月3日(火)午後2時(日本時間)
新聞 ……3月3日(火)夕刊(日本時間)

2026年3月2日

分野：工学系

キーワード：金属インプラント、生体適合性評価、腐食、金属イオン溶出、細胞毒性予測、データ駆動型合金設計、SDGs

インプラントの安全性を「腐食×毒性」で予測する 新指標 VITA Index を開発

—金属イオン溶出から合金の細胞適合性を定量評価、合金設計を加速—

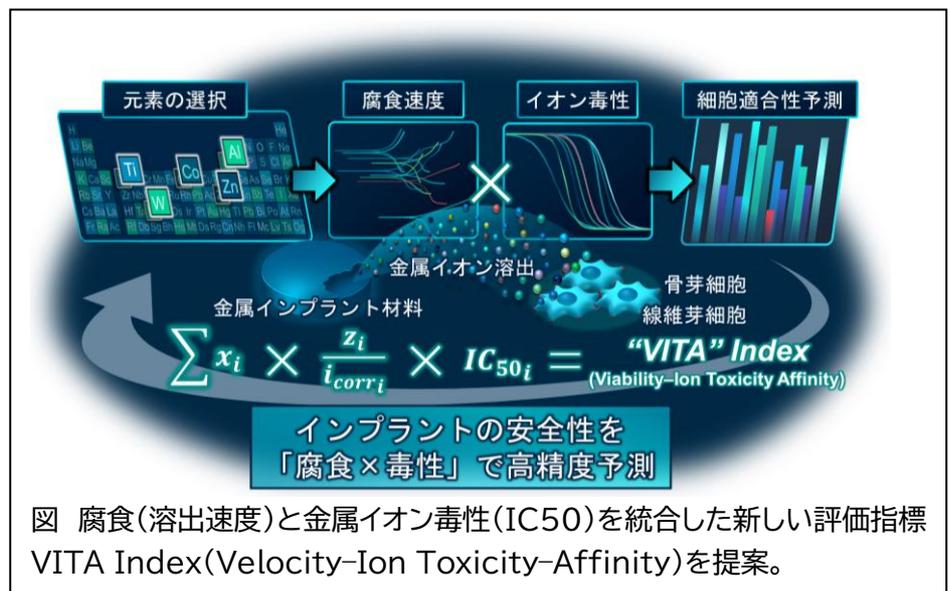
【研究成果のポイント】

- ◆ 腐食（溶出速度）と金属イオン毒性（IC50^{*1}）を統合した新しい評価指標 VITA Index（Velocity-Ion Toxicity-Affinity）を開発
- ◆ 骨芽細胞^{*2}（骨を作る細胞）とL929線維芽細胞^{*3}（ISO 10993基準）の2種の細胞種で一貫した予測精度を示し、特定の細胞種に依存しない汎用的な指標であることを実証
- ◆ 実用合金（SUS-316L・Ti合金等）の細胞適合性^{*4}も元素の種類と配合比率のみから予測でき、従来の単独指標よりも高い精度で予測できることも実証
- ◆ 候補組成が膨大な材料設計においてAIによる探索やハイスループット計算との直接的な組み合わせが可能となる画期的な成果で、次世代インプラント材料の開発効率を大幅に加速することに期待

❖ 概要

大阪大学大学院工学研究科の松坂匡晃助教、松垣あいら准教授、中野貴由教授の研究グループは、金属インプラント材料の安全性評価において重要な指標となる細胞適合性を、「腐食による金属イオン溶出速度」と「溶出イオンの細胞毒性」から定量的に予測できる新しい指標「VITA Index」を開発しました。

人工関節や骨固定デバイスなどの金属製インプラントは、体内に埋め込まれると生体環境下で徐々に腐食し、微量の金属イオンが周囲の組織へ溶出します。この金属イオンが周囲の細胞に与える影響は、インプラントの長期的な生体安全性を左右する重要な要因です。しかしこれまでの評価では、腐食試験と毒性試験は独立して実施されており、「この材料は実際に細胞に対し



てどの程度安全か」を統一した尺度で定量的に示す手段が存在しませんでした。

今回、研究グループは、腐食データと毒性データを一つの数式に統合した新指標「VITA Index」を開発し、金属インプラント材料が細胞に対してどの程度安全かを定量的に予測できることを世界で初めて示しました。骨芽細胞と L929 線維芽細胞の 2 種類で一貫した結果が示され、特定の細胞種に限らず広く適用できる汎用性の高い指標であることも実証されています。さらに VITA Index は「使用する金属元素の種類と配合比率を入力すれば安全性を予測できる」定量的な枠組みとして設計されており、AI による材料探索や大規模計算との組み合わせによって、**次世代インプラント材料の開発効率を大幅に加速することが期待**されます。

本研究成果は、Elsevier 発刊の「Biomaterials」誌(IF=12.9)に2026年3月3日(火)14時(JST)に公開予定です。

【中野教授のコメント】

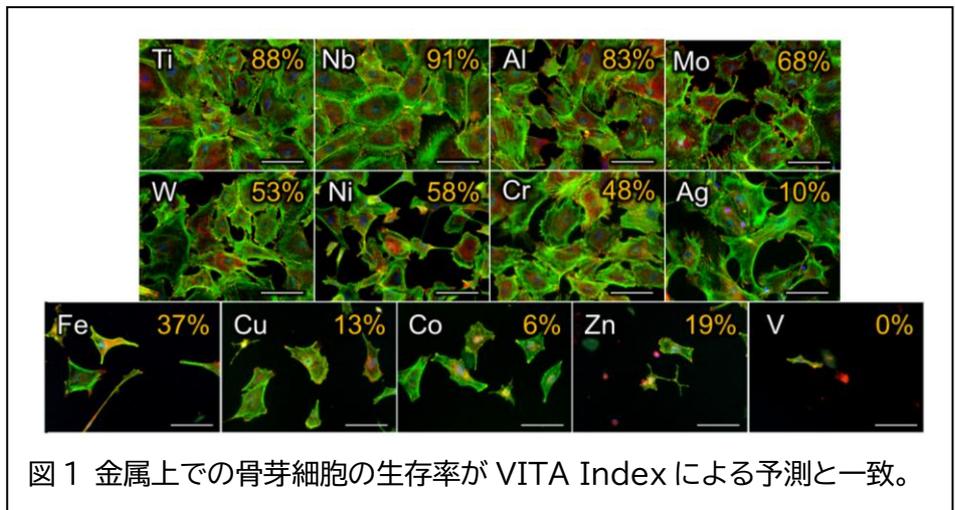
金属生体材料の安全性評価は長年、腐食試験と毒性試験を個別に実施するアプローチが主流でしたが、実際の細胞応答は両者が組み合わさって決まるものです。今回の成果は、その本質を一つの数式として定式化し、「腐食データと毒性データさえあれば安全性を予測できる」という新しい評価の枠組みを示したものです。材料設計の観点からは、膨大な候補組成をもつ次世代合金の開発において、VITA Index を AI や計算科学と組み合わせることで、データ駆動型の合金設計が現実のものとなる大きな一歩を踏み出したといえます。

❖ 研究の背景

金属材料は人工関節・骨固定材・歯科インプラントなど多くの医療機器に利用されます。一方で、体液に類似した環境下では材料表面が腐食し、溶出した金属イオンが細胞障害を引き起こすことが知られています。しかし、一般的な評価は「腐食のしやすさ」または「金属イオンの毒性」を個別に示すにとどまることが多く、材料ごとのイオン溶出量と細胞への影響を一貫した尺度で比較することが困難でした。新しいインプラント材料の開発では膨大な候補材料を効率よく絞り込む必要があることから、材料設計の早い段階で細胞への安全性を予測できるスクリーニング手法の確立が強く求められていました。

❖ 研究の内容

研究グループは、電気化学試験から得られる腐食電流密度^{※5}が、培地中に実際に溶解した金属イオン量を定量的に反映することを 17 種類の純金属を用いて明らかにしました。これにより、イオン溶出量を直接測定することなく、腐食電流密度から細胞への影響を予測できることが示されました。



この原理をもとに、腐食によるイオン溶出速度と各金属イオンの毒性の強さ(IC50)を一つの数式に統合した指標「VITA Index」は、骨を形成する骨芽細胞においてその値と実際の細胞生存率が高い精度で対応することが明らかになりました(図 1)。加えて、国際規格(ISO 10993)で標準的に用いられる

L929 線維芽細胞においても骨芽細胞と一貫した結果が得られ、細胞の種類を問わず成立する汎用性の高い指標であることが示されました。

個々の元素に対して成立したこの関係は、複数の元素が混在する実用合金においても適用できることが実証されました(図2)。SUS-316L(ステンレス鋼)やチタン合金等の実用合金において、使用する金属元素の種類と配合比率から VITA Index の値を算出することで、高い精度で細胞適合性を予測できることが実証されました。

❖ 本研究成果が社会に与える影響(本研究成果の意義)

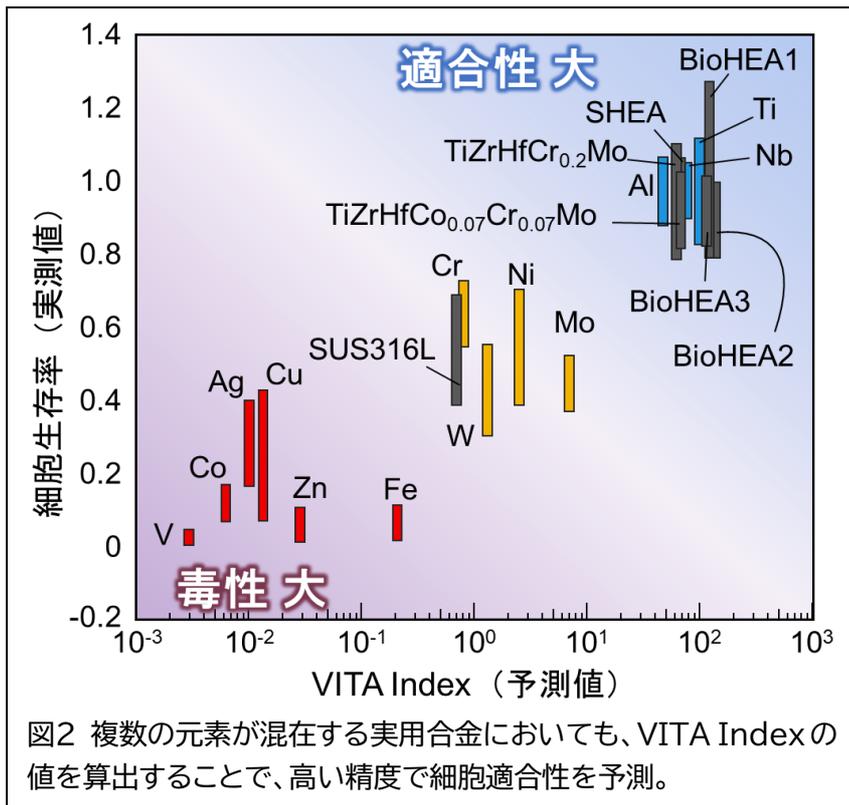


図2 複数の元素が混在する実用合金においても、VITA Index の値を算出することで、高い精度で細胞適合性を予測。

本研究成果は、これまで個別に実施されてきた腐食試験と毒性試験を一つの定量的指標に統合したものであり、金属インプラント材料の安全性を材料設計の早い段階から数値で評価できる実務的な手法を世界で初めて確立したものです。

材料開発の現場では、新しい合金の安全性を確認するために多大な実験コストと時間を要することが課題となっています。VITA Index の活用により、候補材料の細胞への安全性を実験前に絞り込むことが可能となり、開発プロセスの大幅な効率化が見込まれます。特に AI や計算科学との組み合わせにより、候補となる合金の組み合わせが膨大な次世代インプラント材料の開発において、**より安全で高性能な材料を患者のもとへ届けることへの貢献が期待されます。**

❖ 特記事項

本研究成果は、2026年3月3日(火)14時(JST)に Elsevier 発刊の「Biomaterials」誌に掲載予定です。

タイトル: “A VITA Index for Predicting Cytocompatibility of Metallic Biomaterials Based on Ion Release and Toxicity”

著者名: Tadaaki Matsuzaka, Aira Matsugaki, Takayoshi Nakano

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2026.124101>

なお、本研究は、科学技術振興機構(JST) JSPS 科研費(課題番号: 24H00382、23H00235、21H05197)、CREST(課題番号: JPMJCR2194、JPMJCR22L5)および FOREST(課題番号: JPMJFR234X)の支援を受けました。の一環として行われました。

❖ 用語説明

※1 IC50

Half Maximal Inhibitory Concentration: 50%阻害濃度。ある物質が細胞の生存率を50%低下させるのに必要な濃度。値が小さいほど毒性が強いことを示す。薬や化学物質の毒性を評価する指標として広く用いられる。ここでは金属イオンの濃度。

※2 骨芽細胞

骨を形成する細胞。コラーゲンを分泌し、アパタイトの沈着により骨を作る働きをもつ。

※3 L929 線維芽細胞

結合組織を構成する細胞の一種。国際規格 ISO 10993 において、医療機器の生体適合性評価に標準的に用いられる細胞株。

※4 細胞適合性

材料が細胞に対して有害な影響を与えないかを示す性質。金属インプラントの安全性評価における重要な指標。

※5 腐食電流密度

電気化学試験で得られる、金属が溶け出す速さを示す指標。この値が大きいほど腐食しやすく、金属イオンが多く溶出することを意味する。

❖ SDGs目標



❖ 参考 URL

中野貴由教授 研究者総覧 URL

<https://rd.iai.osaka-u.ac.jp/ja/9136b32e9deb72a2.html?k=%E4%B8%AD%E9%87%8E%E8%B2%B4%E7%94%B1>

❖ 本件に関する問い合わせ先

(研究に関すること)

大阪大学 大学院工学研究科 助教 松坂匡晃(まつざか ただあき)

TEL:06-6879-7507 FAX: 06-6879-7507

E-mail: matsuzaka@mat.eng.osaka-u.ac.jp

(報道に関すること)

大阪大学 大学院工学研究科 総務課 評価・広報係

TEL:06-6879-7231

E-mail: kou-soumu-hyokakouhou@office.osaka-u.ac.jp

❖ 発信先 報道機関

大阪科学・大学記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会