

助成研究の紹介文

次世代生体用チタン合金の創成

東北大学 学際科学フロンティア研究所 助教 許 勝

β 型 Ti 形状記憶合金は、アレルギーなどの生体不適合性が指摘されている Ni を含まないことから、骨プレートやステントなどの生体材料への応用が期待されている。中でも、生体安全性の高い Ti-Nb 系や Ti-Zr 系合金が広く研究されてきたが、超弾性による可逆ひずみが小さく、ヤング率がやや高いといった力学特性上の課題が指摘されている。ごく最近、我々は、より軽量な Ti-Al-Cr 合金系において、可逆ひずみ 7%を超える超弾性合金の開発に成功した(図 1、2025 Nature)。また、結晶方位制御や集合組織制御によって、低ヤング率の実現も可能であることを示している。このように、Ti-Al-Cr 合金は力学特性の面では、歯列矯正デバイス、骨プレート、ステントなどの生体材料として高い応用可能性を有するが、その生体適合性や毒性についてはまだ明らかになっていない。そこで本研究では、新たに開発された Ti-Al-Cr 形状記憶合金について組成と組織を最適化し、その細胞毒性を含む生体適合性を評価し、生体材料としての応用可能性を検証することを目的とする。

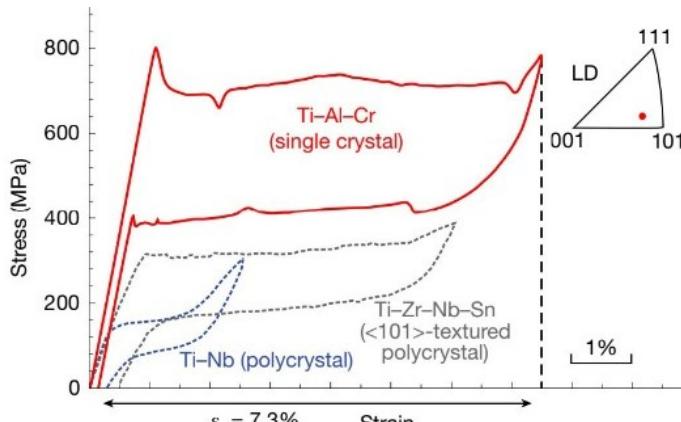


図 1 新規 Ti-Al-Cr 合金の室温における応力—ひずみ曲線 (Nature 638, 965–971 (2025)).

【実用化が期待される分野】

本研究で創成される Ti-Al-Cr 系形状記憶合金は、Ni を含まない高い生体安全性と、7%を超える大きな可逆ひずみ、低ヤング率、軽量性を併せ持つことから、次世代医療デバイス分野での実用化が期待される。具体的には、歯列矯正用ワイヤ、骨接合プレート、血管ステントなど、柔軟性と力学的信頼性を同時に求められる生体用金属材料への応用が想定される。特に、低侵襲治療や長期留置を前提とした医療機器において、患者負担の低減やアレルギーリスクの回避に大きく貢献する可能性がある。

研究の現状と将来

私たちの体の中では、骨や血管、歯などが常に動いており、それを支える医療用材料には「しなやかさ」と「元に戻る力」の両方が求められます。現在、歯列矯正ワイヤや骨を固定するプレート、血管を広げて支えるステントなどには金属材料が使われていますが、従来材料には大きな課題があります。例えば、よく使われてきたチタン合金は体に優しい一方で硬く、変形しにくいため、体に余分な負担をかけることがあります。また、大きく曲げても元の形に戻る「超弾性」をもつ合金の多くはニッケル(Ni)を含んでおり、金属アレルギーの心配がありました。

こうした問題を解決するために、私たちは新しいチタン合金である「Ti-Al-Cr 合金」を開発しました。この合金はニッケルを含まず、軽くて強く、曲げても元の形に戻る性質をもっています。特に、これまでにない「7%以上」という大きな変形から元に戻る能力を示し、材料として非常に優れていることが分かっています。さらに、金属の中の原子の並び方(結晶方位や組織)を工夫することで、ゴムのようにしなやかな特性に調整できることも明らかにしています。

しかし、どれほど性能が良くとも、体の中で安全に使えなければ医療材料にはなりません。そこで本研究では、この Ti-Al-Cr 合金について、成分の割合や内部構造を細かく調整しながら、細胞に悪い影響がないか、金属成分が体に溶け出さないかといった「生体適合性」を詳しく調べます。これは、新しい材料を本当に医療に役立てるための重要なステップです。

将来、この研究が進めば、歯列矯正ワイヤはより弱い力で歯を動かせるようになり、痛みを減らすことができます。骨の治療では、体の動きに自然に追従するプレートが実現し、回復を助けます。血管ステントでは、血管をやさしく支えながら長期間安定して機能することが期待されます。このように本研究は、「安全で、しなやかで、よく戻る」次世代の医療材料を実現し、将来の医療をより優しく、より安心なものに変えていくことを目指しています(図2)。



図2 Ti-Al-Cr 合金の特徴と生体応用への可能性。