

# 金属材料の強度と靱性の両立に関する研究



立命館大学 理工学部 教授  
**山 恵**

## 研究の背景

有史以来、種々の分野で利用されている金属材料の特長は、曲げたり延ばしたり加工できること、その微細構造を制御することで、力学的性質などの特性を変えられることです。高い強度を持つ材料は部材の小型化や軽量化に役立つため、結晶粒径の制御や精緻な合金設計などの様々な手法によって、これまで高強度化が進められてきました。しかしながら、金属材料はどのような方法で高強度化しても、一方で延性を損なう、といった強度と延性のトレードオフ(二律背反)が避けられず、そのため、高強度と高靱性を両立することは不可能とされてきました。

## 研究の成果

そこで私たちは、新たに「調和組織制御法」という材質制御方法を考案し、このような強度と靱性の二律背反問題を解決しました。「調和組織制御法」により創製した各種材料の力学特性を図1に示しました。この図は、均一組織を持つ同一材料の降伏強度と靱性をそれぞれ「1」としたときに、調和組織材料の特性がどれだけ向上するかを示しています。「調和組織制御法」では、金属粉末の最表面にナノ結晶粒を超強加工プロセスで作込みます。その後、粉末を焼結することで様々な形の製品に成形できます。図2に示した純チタンの調和組織の例のように、微細な結晶粒がつながってネットワークを作っています。結晶粒微細化による高強度化と同時に、このネットワーク構造が材料に負荷される力を

分散し、その結果、ひずみの集中が抑制されて靱性が向上します。調和組織制御による高強度・高靱性化は、構造材料における普遍性のある材質制御原理と言えます。

## 今後の展望

材料をより高強度かつ高靱性にすれば、高い信頼性を保ったまま部品の小型化・薄肉化につながり軽量化できます。安心・安全、しかも、省資源、省エネルギー、低二酸化炭素排出に貢献できます。とくに、医療分野、航空・宇宙分野に応用することで、より身体に負担の少ない医療デバイスの開発、より小型の衛星の実現など、様々な可能性が期待できます。

現在の調和組織制御法は、粉末材料を対象としていますが、今後、溶解法で作製された材料に対しても調和組織制御できる方法を検討します。さらに、調和組織材料を高温でも高強度化・高靱性化できれば、航空機エンジンなどへの展開も可能となり、いっそうの省エネルギー、低騒音化に貢献できると考えています。

## 関連する科研費

平成21-23年度 基盤研究(B)「ナノ・メゾ調和組織制御による高機能材料の創製と評価」

平成22-26年度 新学術領域研究(研究領域提案型)「構造精密制御したバルクナノメタルの創製」(研究分担者) 研究代表者:堀田善治(九州大学)

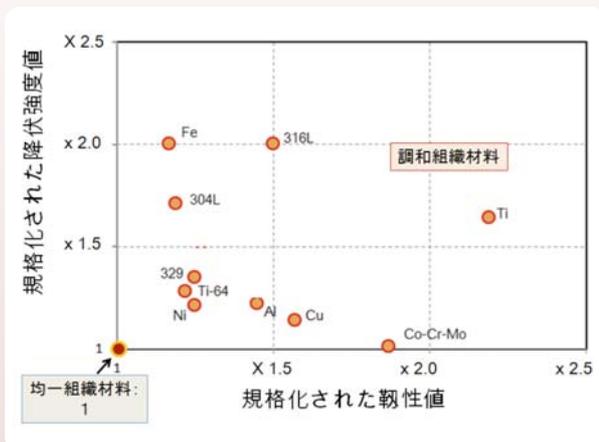


図1 調和組織制御材料の力学的性質(組織による力学特性の違い)

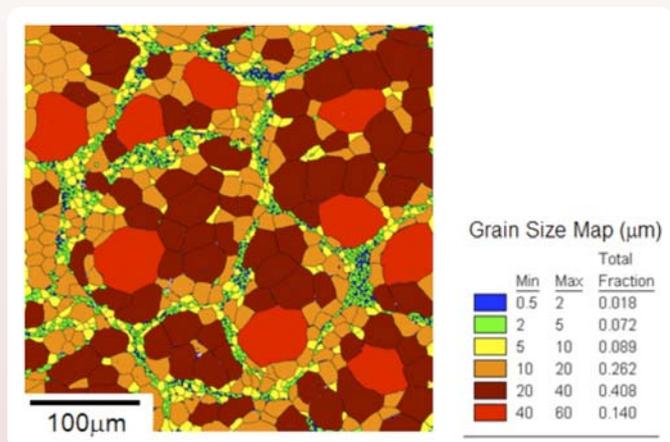


図2 純チタン調和組織材料のEBSD(Electron Back Scatter Diffraction Patterns)による結晶粒径マップ。微細な結晶粒(青~黄色)のネットワーク構造が材料の高強度・高靱性に役立っている。