

Project Theme 自然共生型機械材料システム創成プロジェクト

新発想から生まれた「ナノ・調和」型構造材料。

希少元素や有害物質を使わない 高機能材料の創成を目指しています。

これまで我が国の製造業は、科学技術に裏打ちされた高い品質によって国際競争力を保ってきました。それを支えているのが、世界最高水準といわれる素材産業、機械生産・加工産業です。日本が今後もこれらの分野で世界をリードしていくためには、限られた資源の中で自然と共生するための、より強く、かつしなやかな高機能材料の創成、より高精度の安全性・信頼性評価技術、そして、より高精密な加工技術を開発し確立することが非常に重要となります。地下資源の消費増大や有害物質の拡散が地球規模の問題となっている現代、とりわけ資源に乏しい日本においては、希少元素や有害物質を使わない新しい材料の開発が急がれています。

私たちのプロジェクトでは、「高機能材料の創成」という側面から、こうした課題の解決に貢献しようとしています。複数の研究分野が結集し、材料を創成するだけでなく、作り上げた材料の特性を評価して最適に設計する、さらには高精度で加工し、製品化することまでを想定した総合的な機械材料の利用を目指しています。

均一から調和へ、発想を転換し、 まったく新しい材料を創成しました。

材料を高機能化する方法は、合金にする方法や、元の金属材料に他

の特性を備える材料を加えて複合材料を作る方法がよく用いられています。しかしこれらの場合、添加する元素に希少元素を必要としたり、混ぜ込む物質によっては使用後のリサイクルが難しくなるなどの問題が残ります。それに対して私たちは、材料の組織を制御することのみで高機能化の実現を考えています。

金属材料の強化方法はいくつかありますが、最も有力と目されてきたのが、超微細結晶粒に代表される「超微細（ナノ）化」と「均一化」です。「ナノ・均質」材料は、非常に優れた物理的かつ化学的性質を示しますが、同時に限界も見えています。それは強度と延性という、相反する特性を同時に実現することが不可能な点です。

それを打ち破るべく、私たちは「ナノ化」「均一化」というこれまでのパラダイムを根底から覆し、まったく新しい発想で材料組織を設計しようとしています。それが、非平衡粉体プロセスの一つである超強加工（メカニカルミリング法）プロセス技術を活用した「ナノ・不均一・調和」材料の創出です。すなわち超微細結晶粒と粗大結晶粒という不均一な結晶粒を「調和のとれた」組織による3次元ネットワーク構造に構築しようというものです。

メカニカルミリング法とは、アトライターやボールミルを用いてミリング（強撹拌）することで、金属粉末に超強加工を施すことのできる技術です。この方法で、シェル（殻）部分が超微細粒（ナノ）で、コア部分は粗大結晶粒（メゾ）のネットワーク構造を持つ粉体を作ります。これを焼結して固化成形し、高強度のナノ構造と延性に富むメゾ構造が

調和した材料を作製することで、強度と延性を両立させたまったく新しい材料を作ることに成功しました。これまでに純チタン、チタン合金、純鉄、純銅、ステンレス鋼などで同様の材料を作製できることを確かめています。

最近の大きな成果として、純チタン、およびSUS316Lステンレス鋼の調和構造材料について引張試験を行った結果、強度・延性のバランスに優れた特性を示すことを実証しました。また、強度、延性に加えて、均一に伸び、疲労強度、耐食性や耐熱性、成形性についても優れた特性を示すことも明らかにしました。

生産技術分野から 医療・福祉、航空・宇宙といった 先端領域まで、可能性は広がります。

私たちが開発したこの調和型構造材料の組織を最適制御し、特性をコントロールすることができれば、希少元素を使わずとも、汎用性が高く、安全性や環境に配慮した、かつ求める特性を満たす材料を作ることができます。高性能工具として生産技術分野で活用できることはもちろんのこと、たとえば医療・福祉分野ではステントやカテーテルワイヤの材料や生体材料に、また、原子力などのエネルギー分野で用いられる高性能ボルトに、あるいは、航空・宇宙分野では、軽量かつ高強度の衛星や機体の部材として、先端領域にも活路を見出すことが

できるでしょう。

複合材料ではなく、純金属の組織を制御して作るこの材料は、リサイクルが容易になり、資源の保全にも貢献できます。その可能性は限りなく広がります。しかも、従来からある粉末冶金の手法をそのまま適用できる技術です。

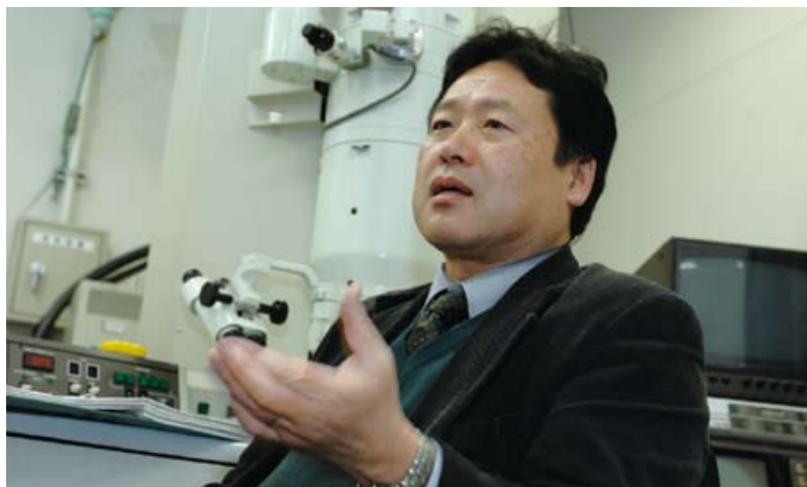
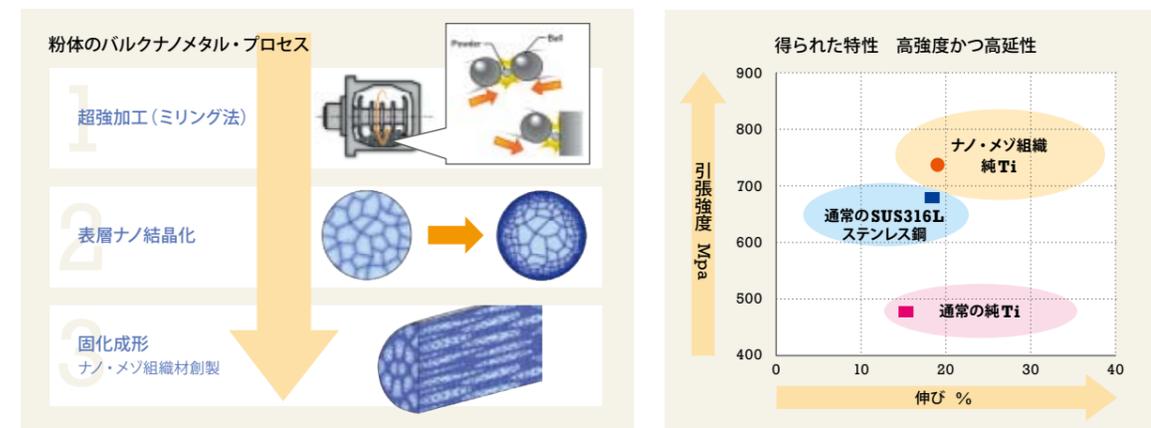
実用化に向けて評価、 最適設計を進めています。

実用化に向けては、まだいくつかの課題を残しています。その一つは、作製した調和構造材料の特性を多方面から評価することです。現在、特性評価のための大型の調和構造材料を作製し、疲労強度の測定を進めており、いくつか有意な結果を得ています。

一方で、特性のさらなる高機能化にも取り組んでいきます。さらには粉末を高効率に焼結させるために、マイクロ波を利用した新しい焼結方法も研究中です。

将来、私たちの開発した材料が医療、エネルギー、産業など多様な分野で大きな役割を果たすことを目標に、さらなる研究を展開していくとともに、人材育成にも力を注いでいきたいと考えています。

粉体のバルクナノメタル・プロセスの図



飴山 恵 教授

Kei Ameyama

●参考文献 / 1 Outstanding Mechanical Properties in the Materials with a Nano / Meso Hybrid Microstructure, Materials Science Forum, Trans Tech Publications, 584-586, 55-60(2008) 2 Effects of Nano / Meso Harmonic Microstructure on Mechanical Properties in Austenitic Stainless Steel Produced by MM / HRS Process, Materials Science Forum, Trans Tech Publications, 638-642,1790-1795(2010) 3 New Microstructure Design for Commercially Pure Titanium with Outstanding Mechanical Properties by Mechanical Milling and Hot Roll Sintering, Materials Transactions, The Japan Institute of Metals, 51,39-45(2010)
●連絡先 / 立命館大学びわこ・くさつキャンパス (BKC) 飴山研究室 電話：(外線) 077-561-2756 HP: <http://www.amelab.se.ritsume.ac.jp/index.html>