

バルクナノメタル：常識を覆す構造材料

京都大学大学院 工学研究科 材料工学専攻 材料物性学講座 構造物性学分野

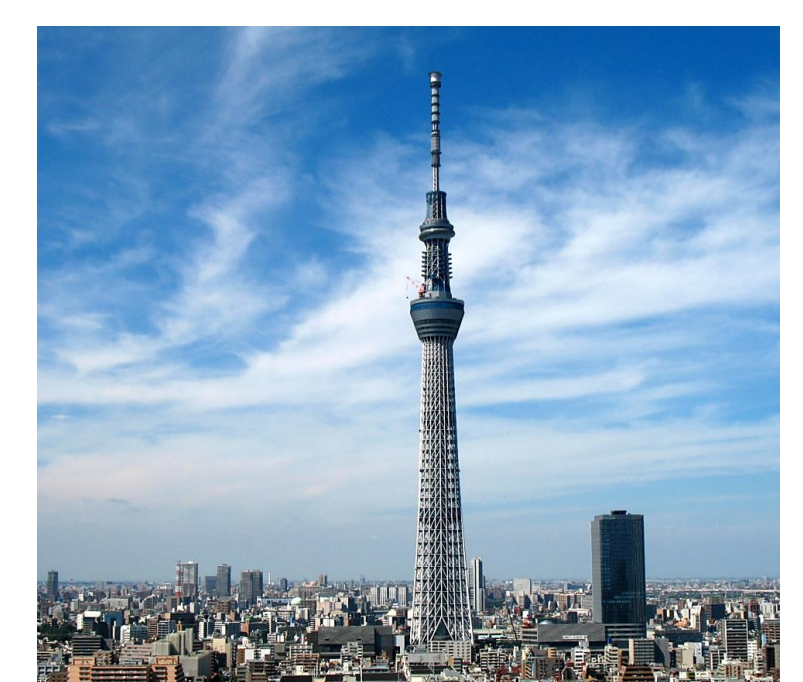
辻 伸泰 教授, 柴田 暁伸 准教授, 白玉 助教

構造用金属材料の組織制御と力学特性の解明

鉄鋼材料、アルミニウム合金、チタン合金、銅合金等、我々の社会の基盤を支えるために、様々な金属材料が多量に用いられています。この多くは、モノの形を保ったり、重量を支えたりという、力学的な機能を果たしています。我々は、構造用金属材料のナノ・マイクロ組織・構造とその形成機構、そして力学特性を発現する基本原理と組織の相関に関する基礎研究を行っています。

◎ そもそも、構造材料って？

建設



輸送



エネルギー



車のボディや高層ビルの柱など、ものを形作る材料のこと。構造材料は建設や輸送、エネルギーなどの幅広い分野で使われており、私たちの生活になくてはならない存在です。

◎ 構造材料に求められる性能と金属材料

構造材料には、『硬さ(強度)』と『壊れにくさ(延性)』が求められます。



ガラス：硬いが壊れやすい



ゴム：壊れにくいが硬くない



金属：硬くて壊れにくい！

例えばガラスは硬いけれど壊れやすく、ゴムは壊れにくいけれど硬くないため、構造材料としては不向きです。金属は強度と延性を両立した材料であり、構造材料として多くの製品に幅広く用いられています。

◎ 構造用金属材料の性能向上と課題

軽量化

自動車や飛行機などの輸送機は、燃費向上のため軽量化が求められています。軽量化は構造材料の強度を上昇させることで実現できます。

低コスト

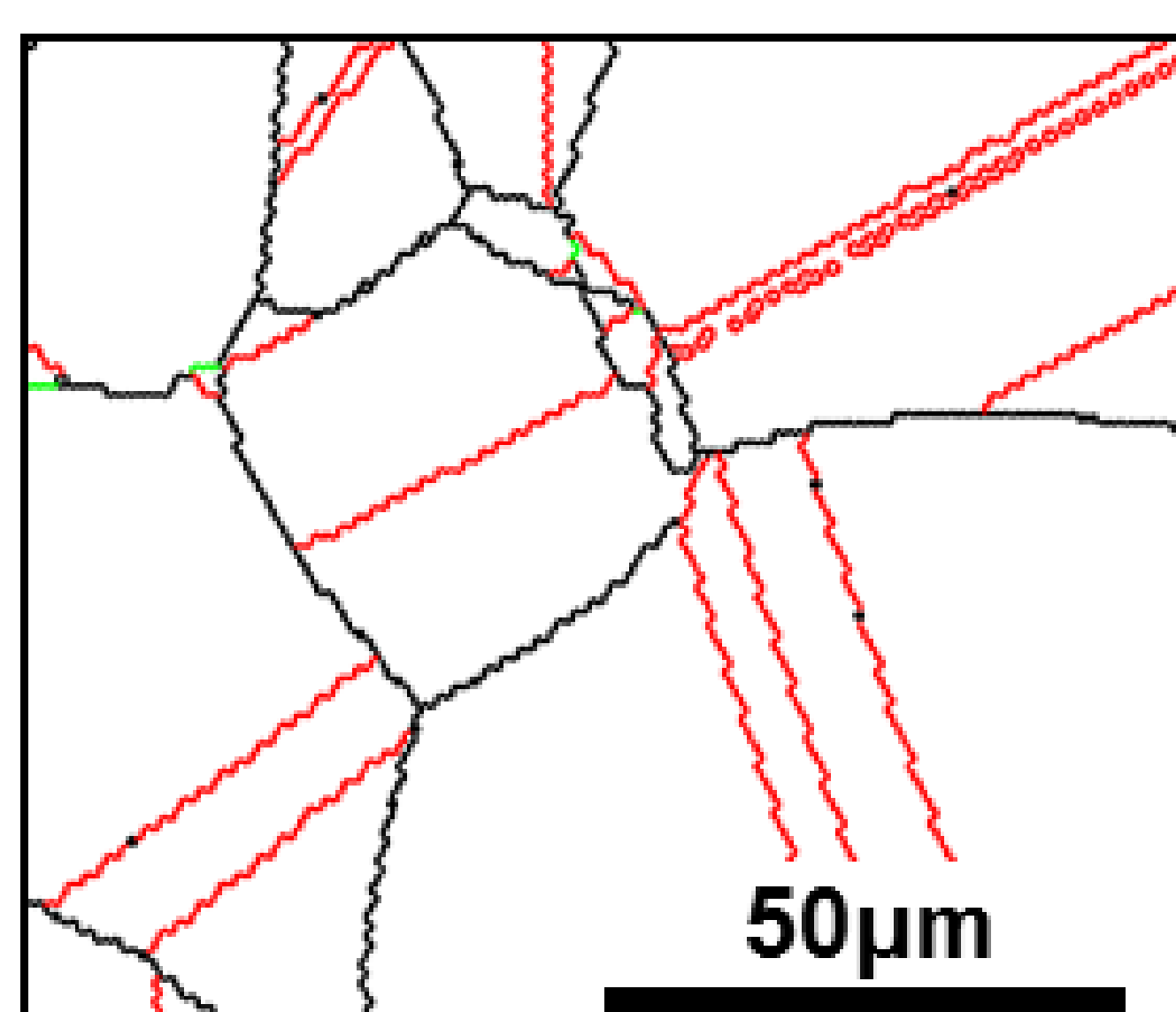
構造用金属材料には主に鉄やアルミが用いられており、鉄やアルミに様々な金属(合金元素)を混ぜることで材料強度を上げています。合金元素には非常に高価で希少なものもあり、合金元素量を減らすことは構造材料のコスト削減や希少資源の節約につながります。

省資源

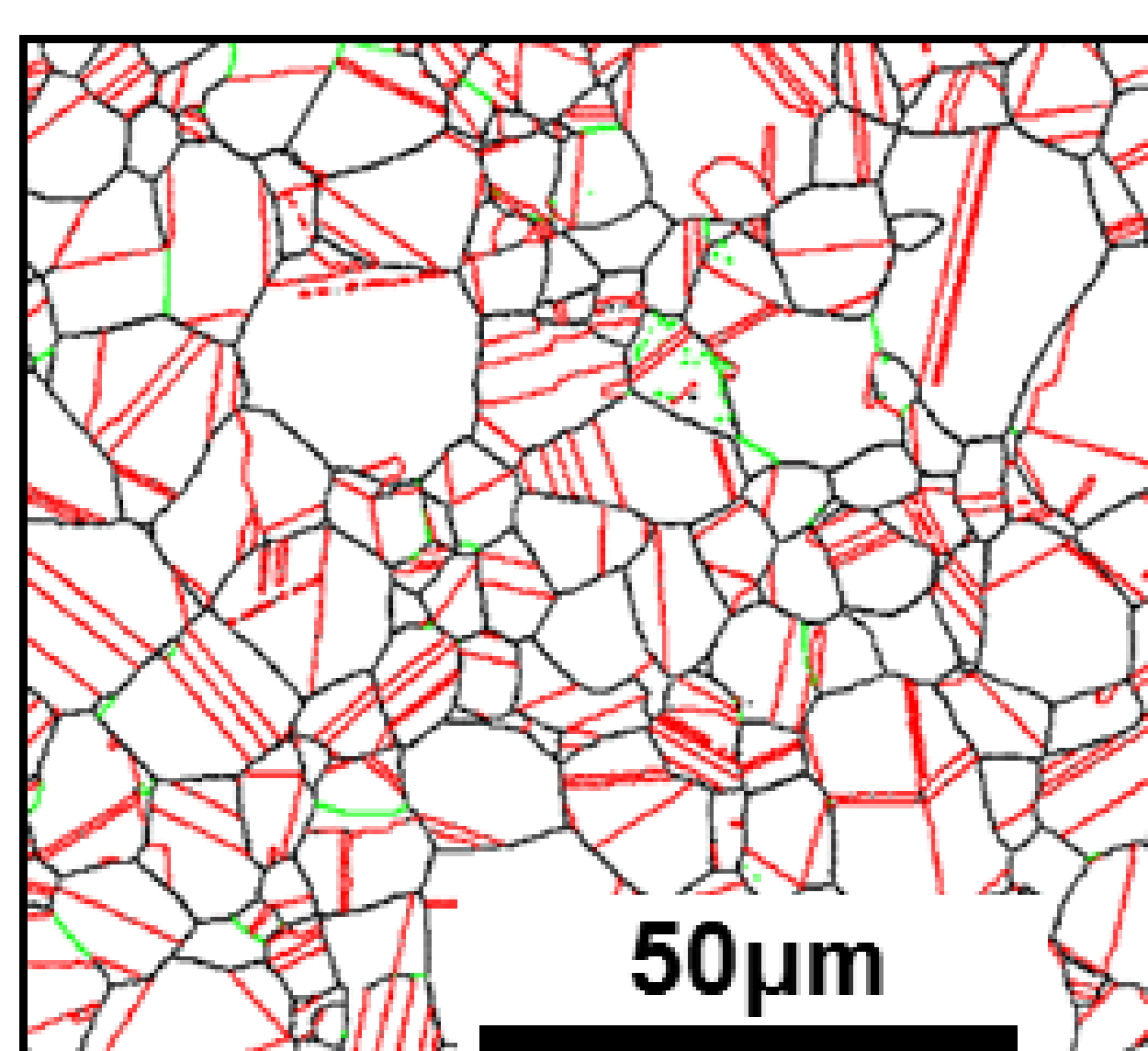
合金元素量を減らしつつ強度の高い材料を作ることが求められています。

◎ 常識を覆す新しい構造材料 “バルクナノメタル”

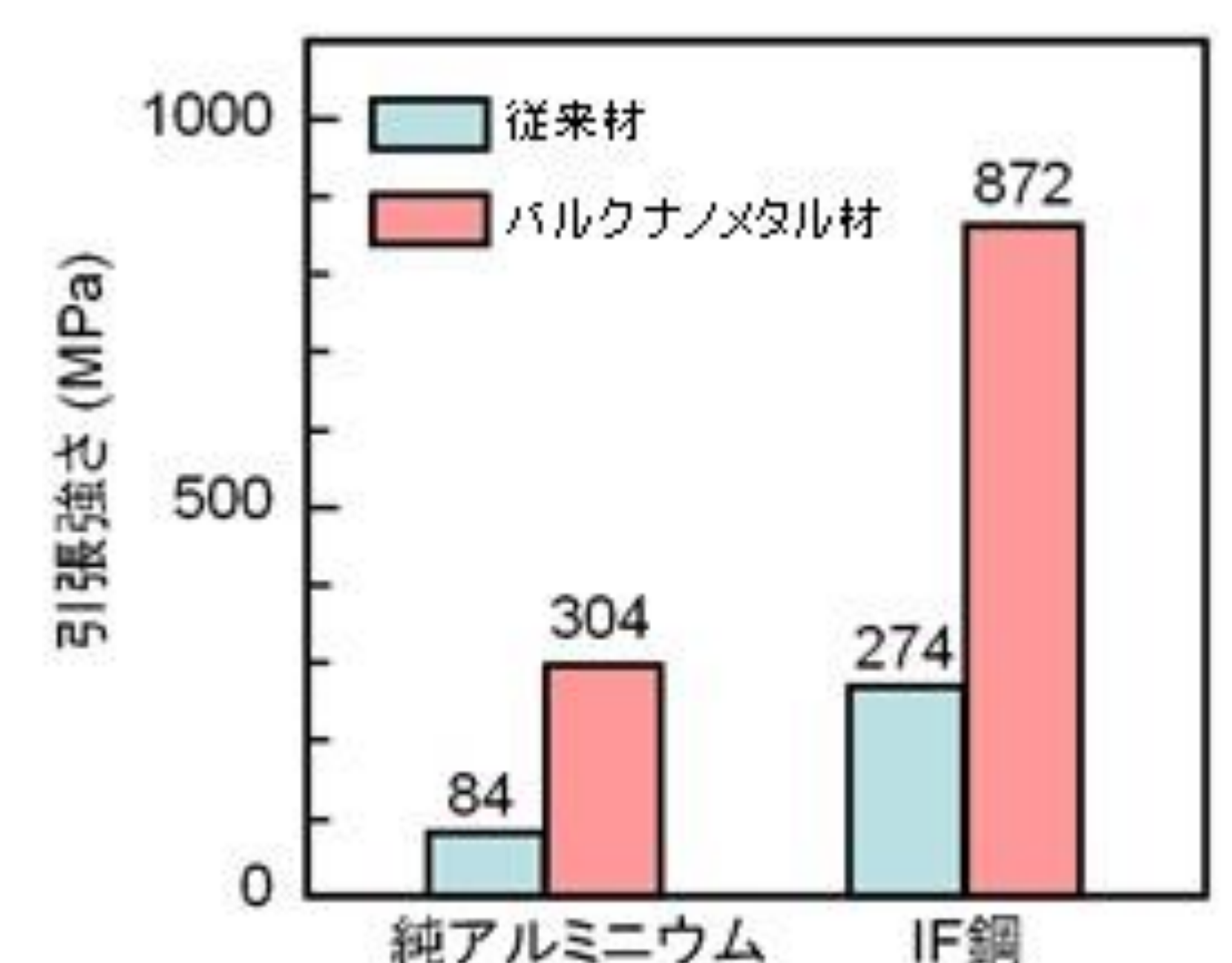
バルクナノメタルとは、金属の個々の結晶粒の大きさを $1\ \mu\text{m}$ 以下まで細かくしたバルク状多結晶金属のことです。バルクナノメタルは同じ成分の**従来金属の4倍にも達する強度**を示すなど、常識を覆す優れた力学特性を示します。バルクナノメタルは合金元素を加えることなく優れた力学特性を示すため、**低コスト**、**省資源**の観点からも魅力的です。



結晶粒微細化！



Min Max
2° 15°
15° 180°
Σ3



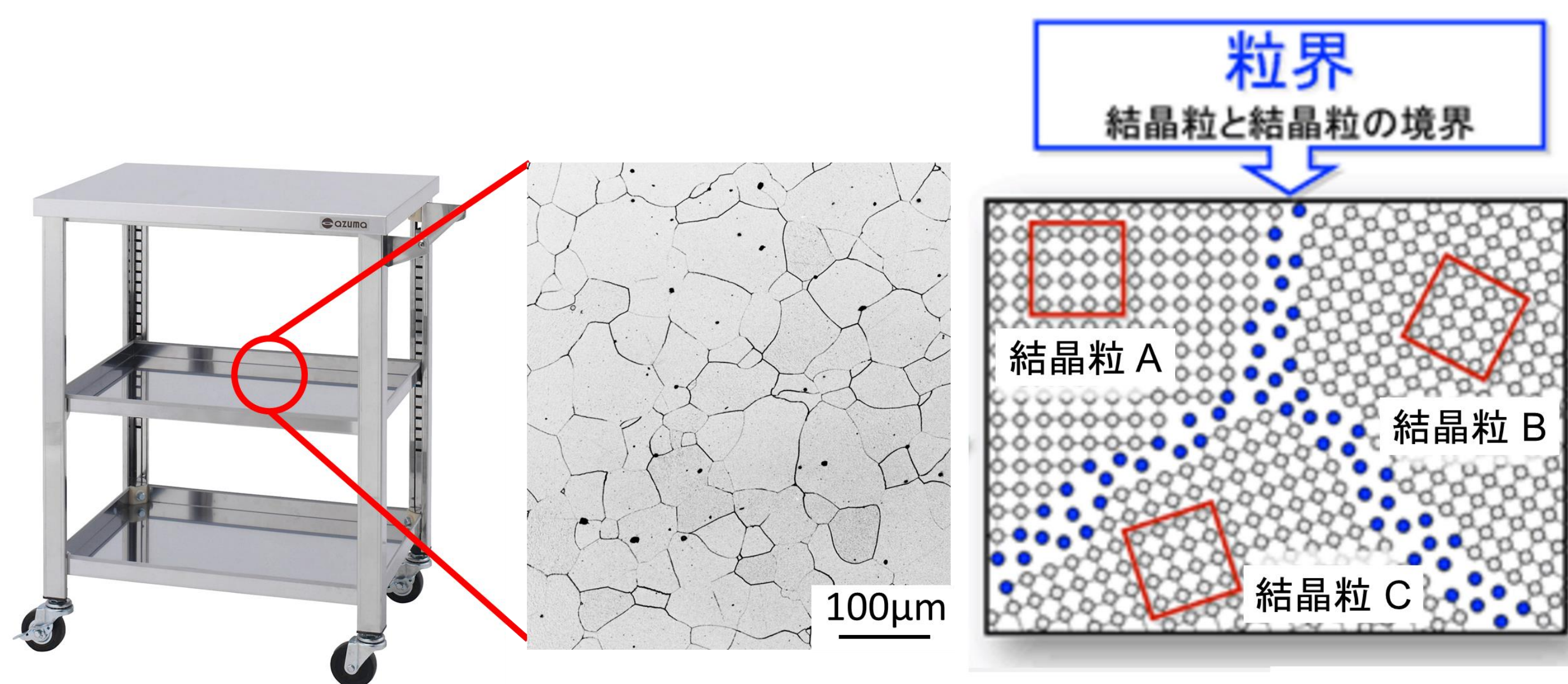
常識を覆す新しい構造材料、バルクナノメタルとは...？

京都大学大学院 工学研究科 材料工学専攻 材料物性学講座 構造物性学分野
辻 伸泰 教授, 柴田 暁伸 准教授, 白 玉 助教

バルクナノメタルの構造 ～結晶粒と粒界～

金属の構造は、規則的な配列をした原子のかたまりがいくつも集まってできています。この原子のかたまりのひとつひとつを『結晶粒』と呼び、結晶粒同士が接する境界を『結晶粒界 (粒界)』と呼びます。

バルクナノメタルとは結晶粒ひとつひとつの大きさを1 μm 以下まで細かくした、粒界がとても多い金属のことを指します。



バルクナノメタルの強さの秘密 ～金属の変形と転位～

バルクナノメタルが高い強度を示す理由として、粒界がとても多いため金属が変形しにくいということが挙げられます。以下では、金属の変形のメカニズムについて見ていきましょう。

金属の変形メカニズムは二段階あります。

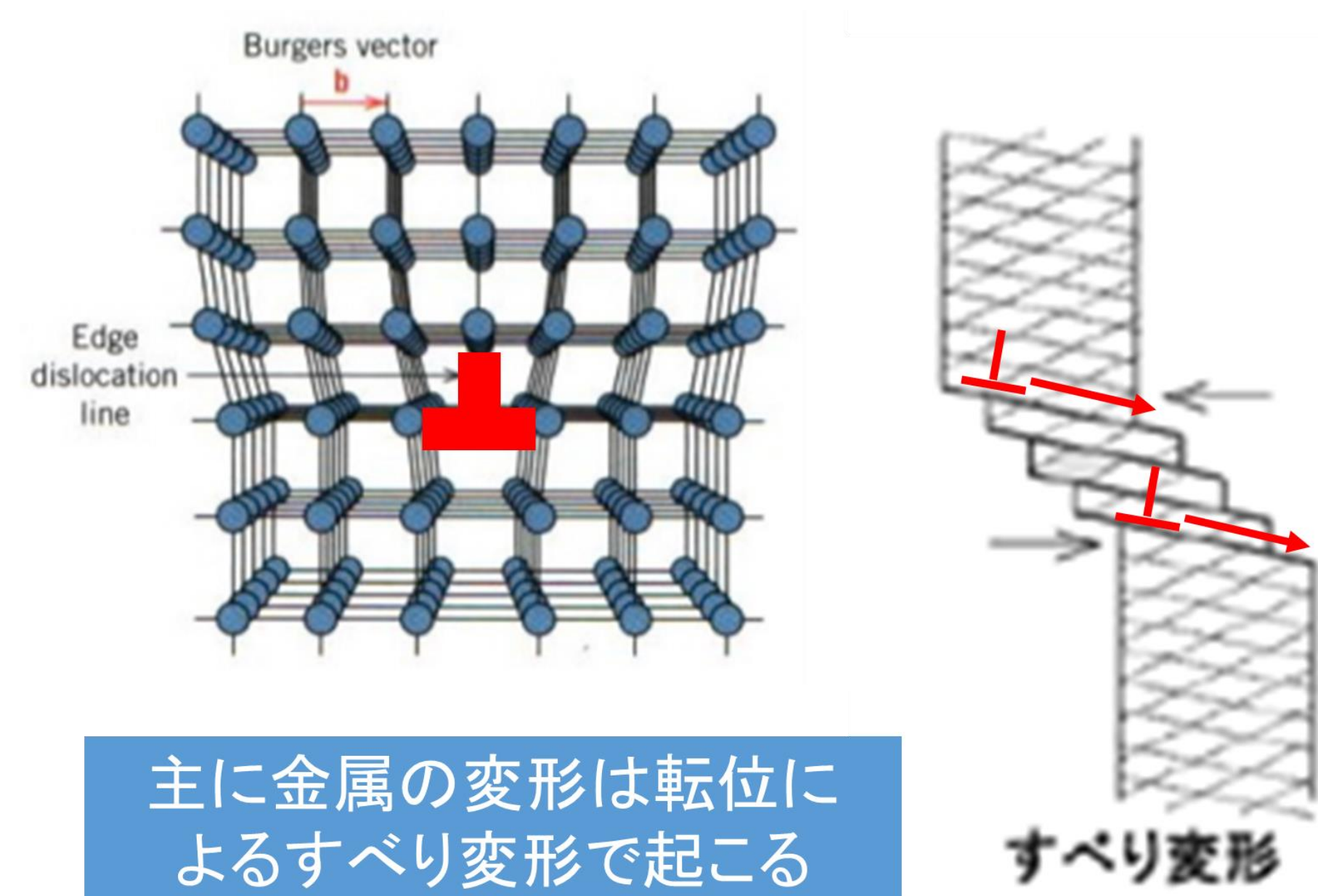
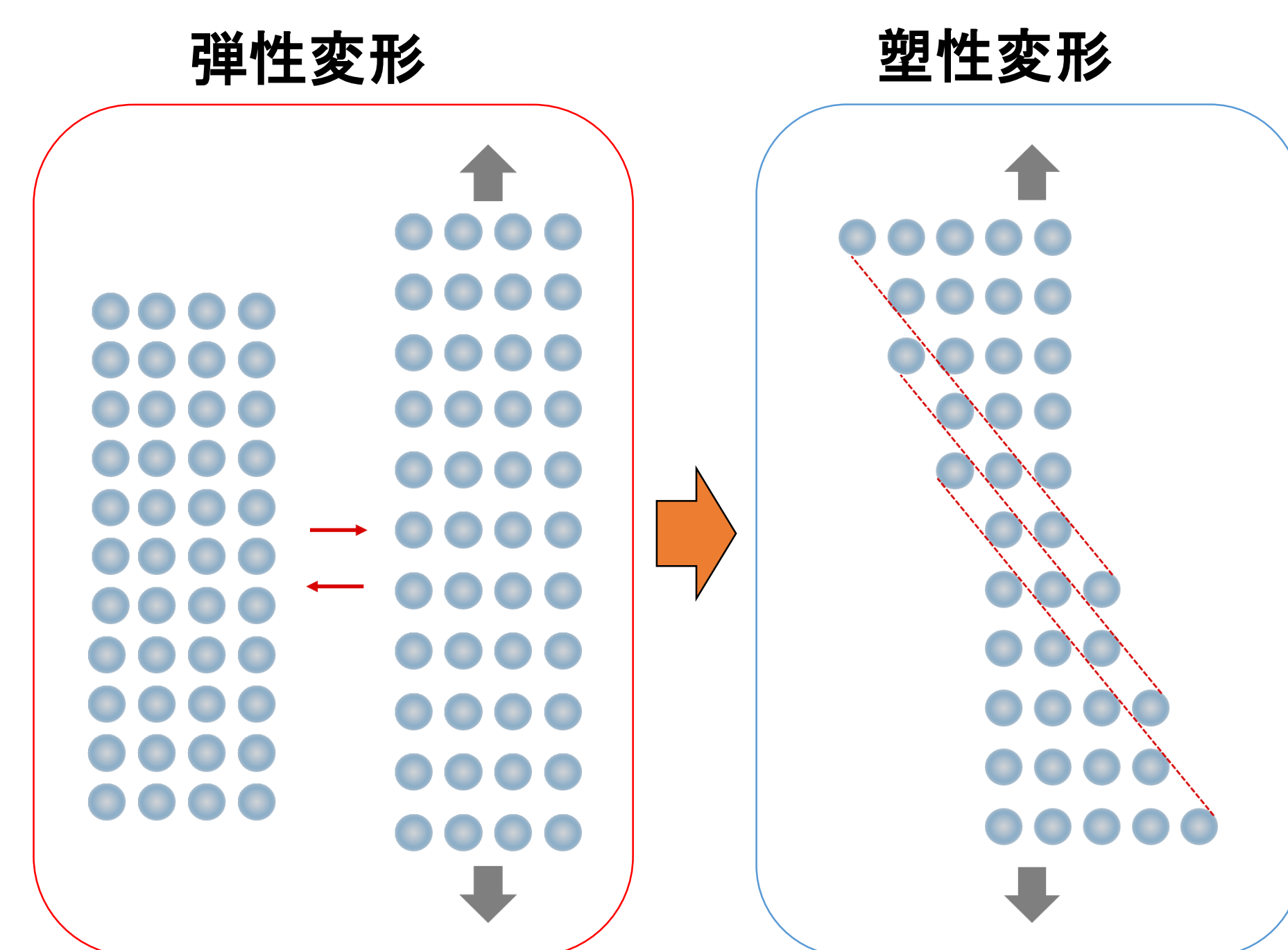
初めは、力を抜くと元の形に戻るような変形(弾性変形)が起こり、更に力を加えると、元に戻らないほど変形します(塑性変形)。塑性変形は、原子の面がすべることで起こります(すべり変形)。

では、具体的にはどのようにすべっているのでしょうか？
長いカーペットを動かす場合を考えてみよう。

ずらそうとする側から一気に引きずろうとすると大きな力が必要！



しわを作ってそれを波のように移動させると、少しの力で動く！



主に金属の変形は転位によるすべり変形で起こる

バルクナノメタルは粒界だらけ→転位の邪魔

金属の原子の面もカーペットの場合と同様に、面全体を一気にずらすよりも少しずつずらす方が簡単に変形できます。このときに生じるしわのことを『転位』と呼び、金属の塑性変形は主にこの転位の運動によって生じます。

金属の強度を上げるには、転位を動きにくくする必要があります。その方法の一つとして結晶粒のサイズを小さくし、粒界の割合を増やすことが挙げられます。

粒界は転位の運動の妨げとなるため、粒界のとても多いバルクナノメタルは、驚異的な強さを誇るのです。

バルクナノメタルの応用例

最先端の材料であるバルクナノメタルはどのように実用化されているのでしょうか？実は、皆さんが使っているスマートフォンに使われているのです！従来材よりも高い強度を有するバルクナノメタルを用いると、スマートフォンのように軽さや小ささが求められるような最新機器への更なる応用が期待されます！

