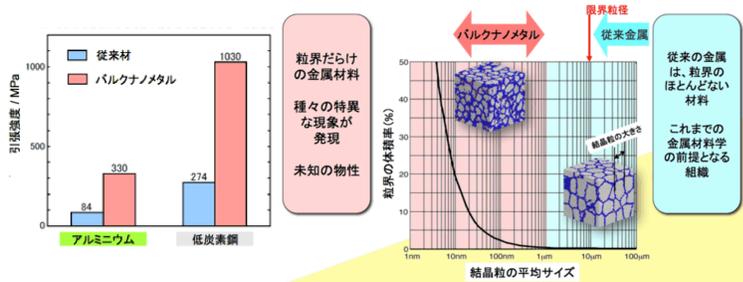


足立大樹¹⁾, 宮嶋陽司²⁾, 辻伸泰³⁾ 1) 兵庫県立大学, 2) 東京工業大学, 3) 京都大学

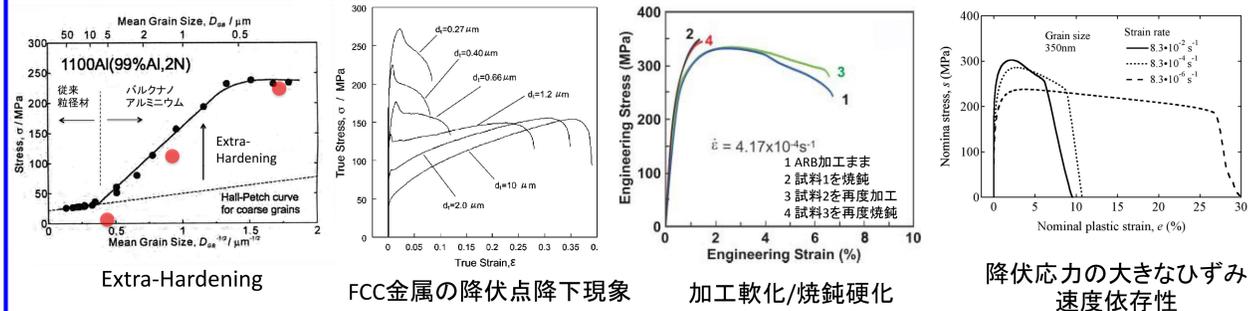
研究課題 – Research Challenge –

バルクナノメタルとは？

マトリクスを構成する結晶粒や相の大きさが1 μm 以下であるバルク形状の多結晶金属のことであり、従来粒径材と比較して非常に高い強度を示す。その一方で、従来粒径材では示さない様々な特異な力学的特性を示す。



バルクナノメタルが示す特異な力学的特性

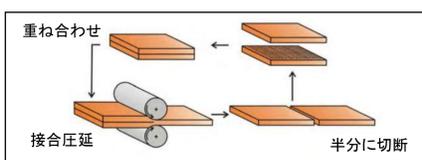


現在のところ、バルクナノメタルの変形機構は十分に明らかとなっていないため、何故、従来粒径材とは異なる特異な力学的特性を示すかについて分かっていない。本研究グループでは、バルクナノメタルの変形中における動的構造解析をSPring-8を用いた変形中のIn-situ XRD測定を行うことにより、バルクナノメタルの変形機構を解明し、最適なナノ構造制御を行うことにより、力学特性のさらなる向上を目指している。

研究方法 – Research Methods –

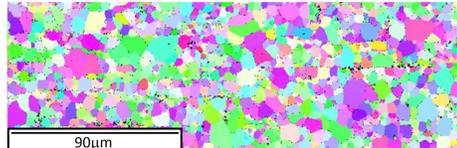
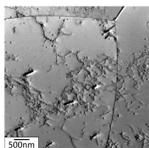
バルクナノメタルの作製と引張変形中のIn-situ XRD測定

強ひずみ加工法 (ARB法)

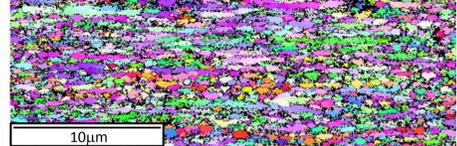
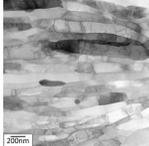


結晶粒径100nm～数 μm 程度のバルクナノアルミニウムの作製

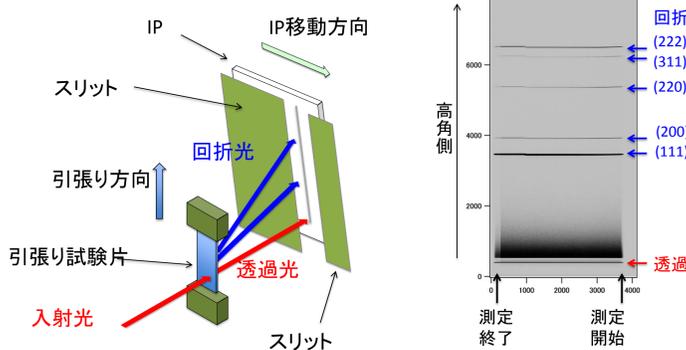
従来粒径アルミニウム



バルクナノアルミニウム



In-situ XRD測定の模式図



測定条件

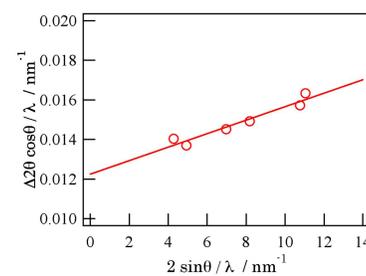
SPring-8 BL19B2
25keV
時間分解能 2s
IP使用
⇒現在は、BL-46XUIにて一次元検出器MYTHENを用いることにより、時間分解能の向上と、測定時間の延長が可能
試験片厚さ: 0.5～1.0mm
(Alの他にFe, Ni, Cuなどを測定)

$$\text{Williamson-Hallの式: } \Delta 2\theta \cdot \cos\theta / \lambda = 0.9/D + 2\epsilon \cdot \sin\theta / \lambda$$

λ : X線の波長, θ : 回折角度, $\Delta 2\theta$: 半値幅
 D : 結晶子径, ϵ : 格子ひずみ

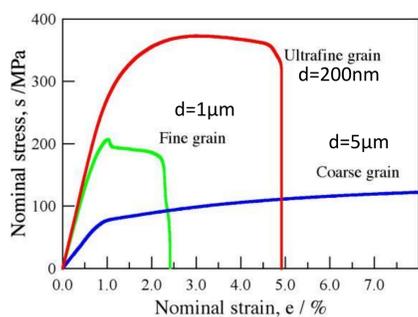
⇒Williamson-Hallプロットの傾きから格子ひずみを、切片から結晶子サイズを算出することが可能

格子ひずみが転位により発生したものであると仮定すると、
転位密度 $\rho = 16.1 \cdot (\epsilon/b)^2$ (fcc金属の場合)



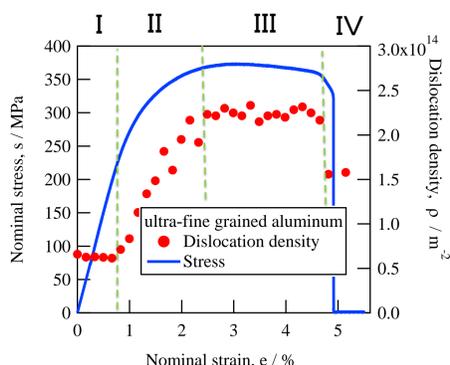
研究結果 – Research Results –

バルクナノメタルにおける変形中の転位増殖挙動



純アルミニウムの結晶粒径変化による応力ひずみ曲線の変化

結晶粒径の減少に伴い、強度は増加し、超微細粒材では、純アルミニウムであるにもかかわらず、400MPa近い高強度を示す。
⇒添加材が不要な高いリサイクル性を有した高強度アルミニウム
ただし、結晶粒径1 μm の微細粒材では通常、fcc金属では観察されない降伏点降下現象が観察され、伸びが低下する。

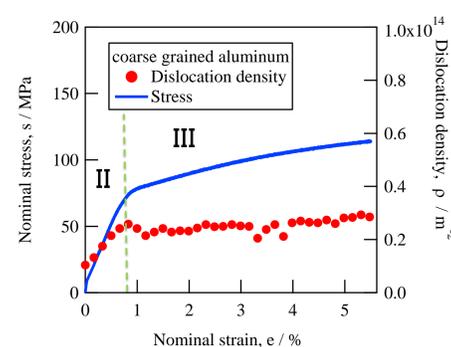


粒径200nmの超微細粒純アルミニウムにおける引張変形中の転位密度変化

⇒超微細粒材の転位密度変化は以下の4領域に分けることができる。

- I: 転位密度がほとんど増加しない領域 (弾性変形領域)
- II: 転位密度が急激に増加する領域
- III: 転位密度の変化が小さい領域
- IV: 破断に伴う除荷により転位密度が急激に減少する領域

粗大粒材では領域Iがほとんど観察されない。
領域IIIにおける塑性変形中の転位密度は粒径に反比例して増加する。



粒径5 μm の粗大粒純アルミニウムにおける引張変形中の転位密度変化

- 粒径が5 μm 以上の粗大粒アルミニウムではほとんど弾性変形領域がみられず、降伏応力は非常に小さい。転位が増殖する応力は、粒径が5 μm 以下では粒径の減少に伴い増加する。
- 領域IIIにおける転位密度増加量は結晶粒径が小さいほど大きい。これは、一本の転位が容易に移動できる平均自由行程がせいぜい結晶粒径程度の長さであるため、同量の塑性変形をするために必要な転位量が結晶粒径の減少に伴い増加するためであると考えられる。つまり、ナノ結晶材料は変形初期において大きく加工硬化する材料であると言える。
- 粒径200nmの超微細粒材では、変形中に増加した転位の半分程度は除荷とともに消滅する。つまり、除荷後の転位組織は引張変形中の転位組織とは異なるので、変形中の組織を知るためにはIn-situ測定が必要である。