

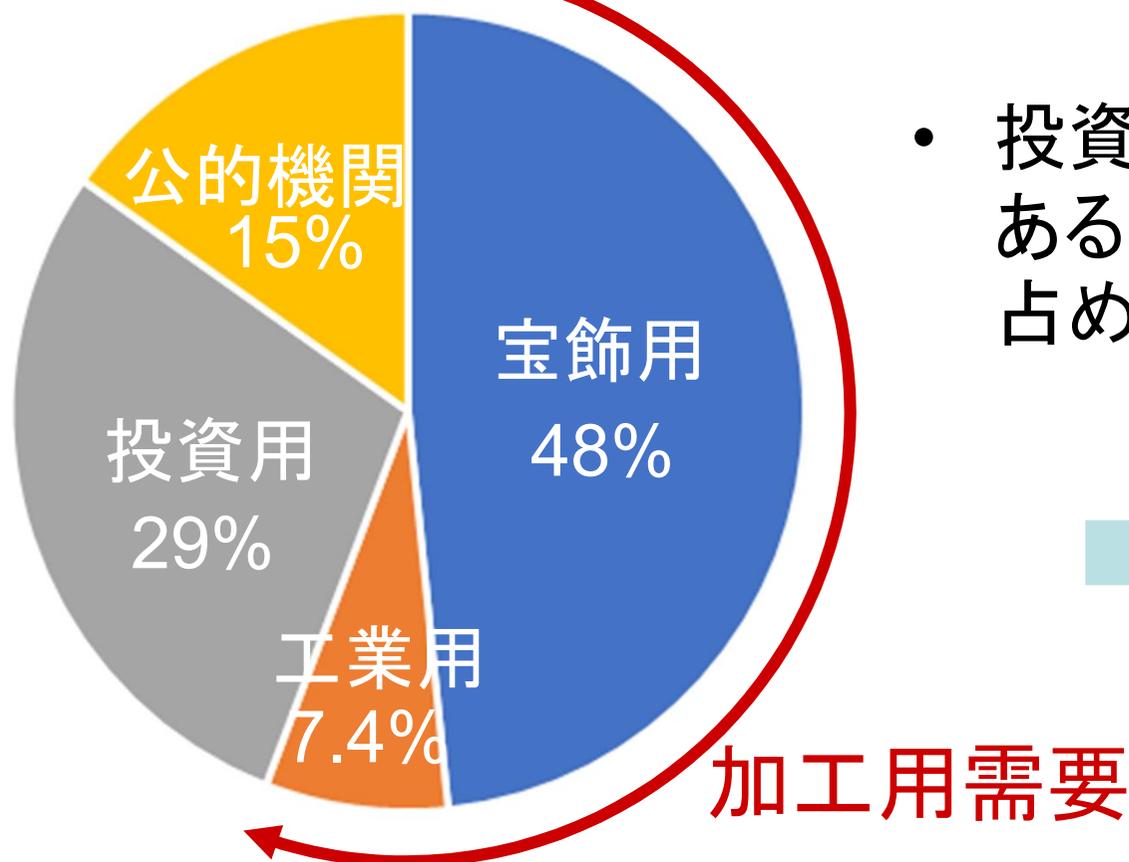
# ハイパーマテリアルを用いた 純金の高強度化

東京理科大学 先進工学部 マテリアル創成工学科  
教授 田村 隆治

2021年10月7日

# 現代社会における金

## 世界の金の需要



- 投資の対象としても人気の高い金であるが、加工用の需要が半分強を占める

金において「加工性」は重要なキーワード

2019年 (t ベース)

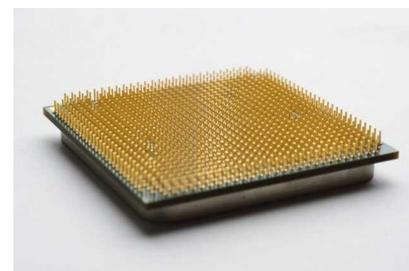
出典: ワールド・ゴールド・カウンシル

# 金の特性

- 産出量が少なく高価である
- 美しい色相である
- 耐腐食性に優れている
- 展性・延性が高い
- 電気伝導性に優れる

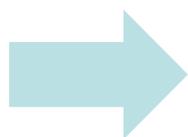


宝飾用,工業用として利用



## 問題点

軟らかすぎる



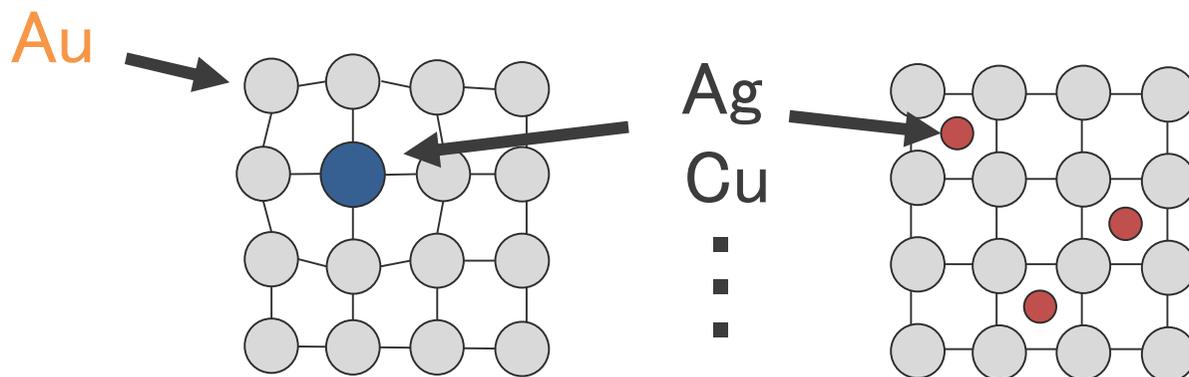
- 傷付きやすい
- ワイヤーなど細い形状の加工が難しい

試料名	ビッカース硬さ (Hv)
純金	20~30
炭素鋼 SS400 (構造用鉄鋼材)	130~140

製品化においては  
「金を硬くする」  
ことが必要

# 一般的な金の強化方法

固溶強化



溶質原子を母相に固溶させる強化法

問題点

純度低下

(Au:75.wt%)

特に宝飾用途においては価値の低下につながるため大きな問題

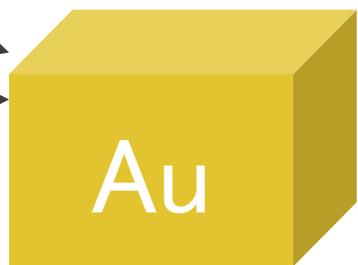
# 新技術

## 「ハイパーマテリアル分散強化」の提案

分散強化

硬

硬



メリット

少量の添加で  
強化可能

材料内に母相よりも著しく硬い粒子を分散させる強化法

金を多量に含む高硬度な相を

分散させることで純度と硬度を両立

高純度・高硬度を示す

ハイパーマテリアルが非常に有効

# ハイパーマテリアルとは

高次元空間で統一的に記述される物質群

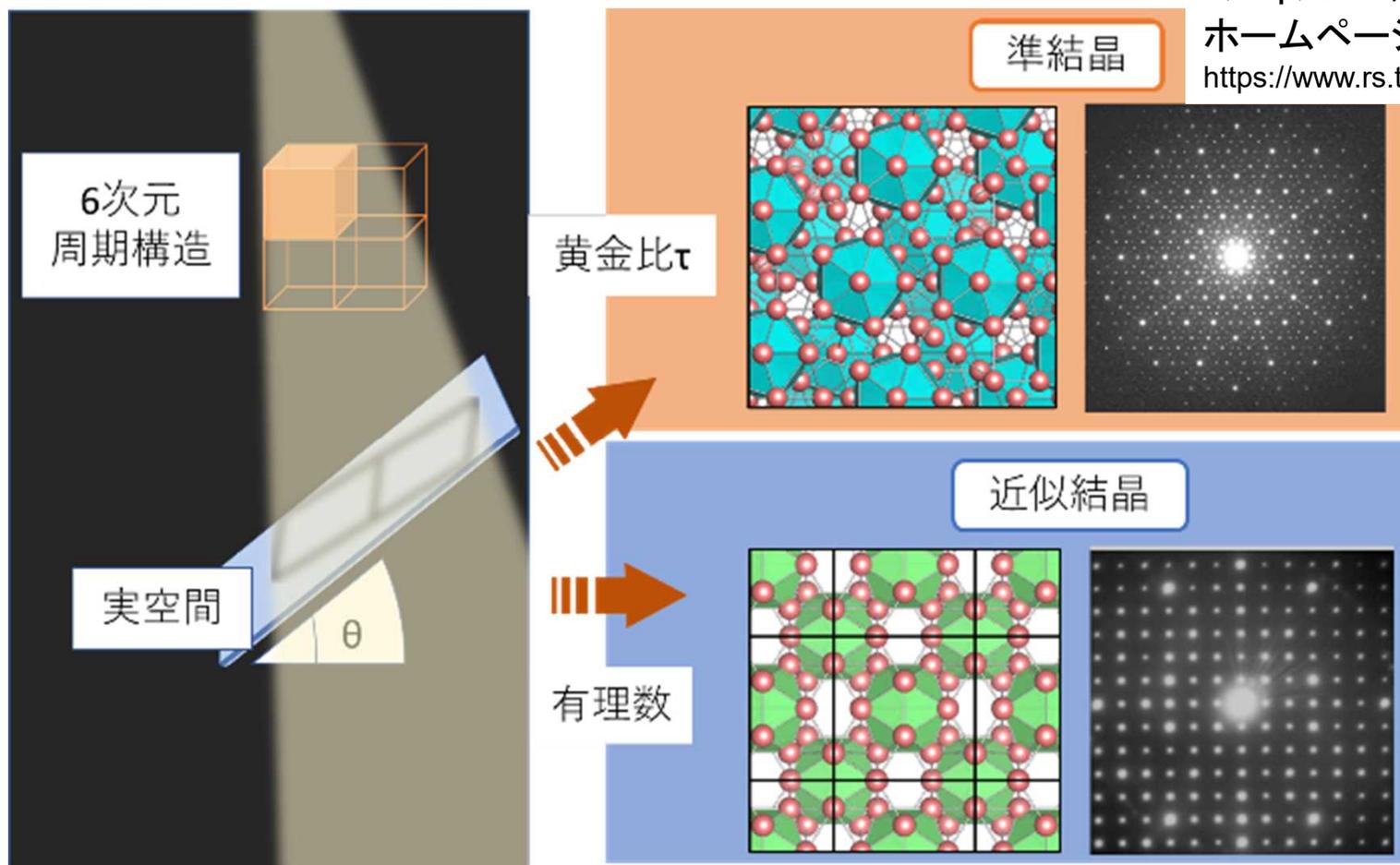
あるいは、同じ高次元構造を有する物質群

文部科学省 科学研究費助成事業に採択

「ハイパーマテリアル: 補空間が創る新物質科学」

ホームページURL

<https://www.rs.tus.ac.jp/hypermaterials/index.html>



定義は難解ですが

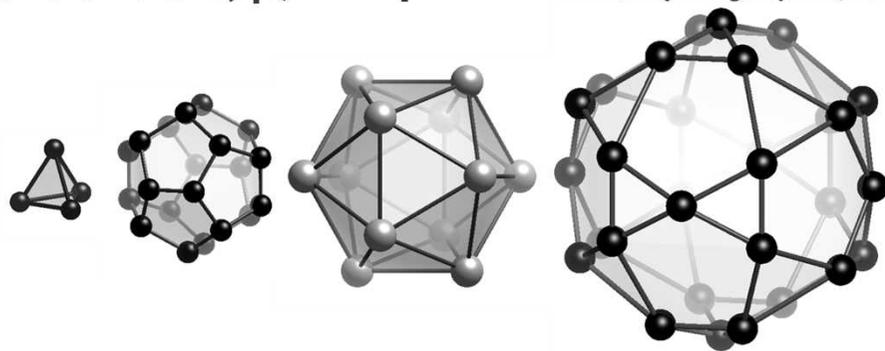
「Auを多量に含む」  
「複雑な構造」

を持つ合金であることが  
重要ポイント

# ハイパーマテリアルの構造と硬さ

例) Au-X-RE系ハイパーマテリアルの局所構造

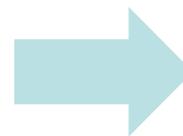
(X = Al, Ga, Ge, Si, ...)



● 希土類原子

● Au原子 or X原子

左のクラスターがマトリョシカのように  
入れ子になった複雑な構造



硬さの要因

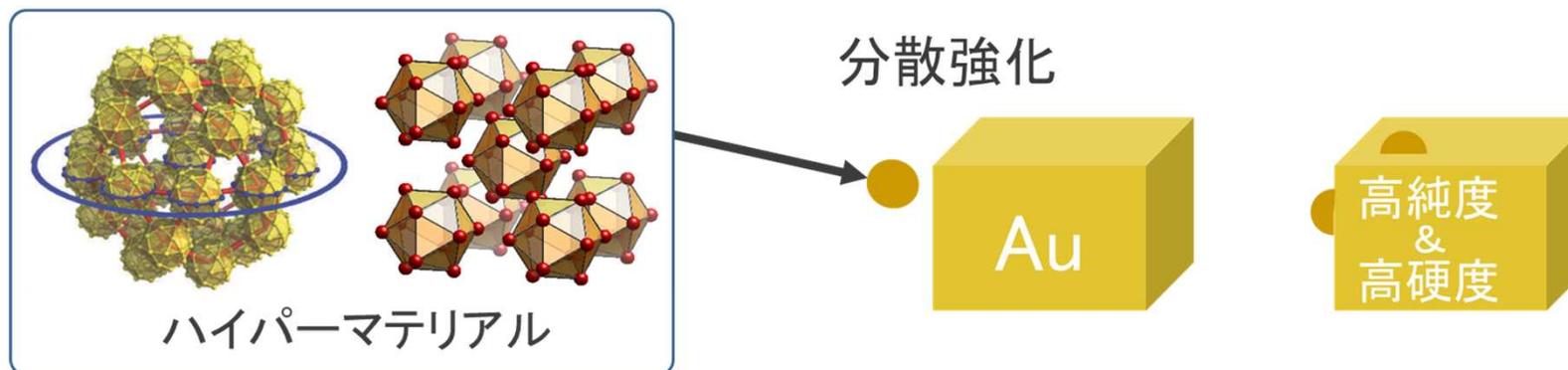
・どのくらい硬いのか

系	Au純度(wt%)	ビッカース硬さ(HV)
Au-Ge-RE系 ハイパーマテリアル	75.4~79.8	387~394
純金	100	20~30
18金 (イエローゴールド)	75	140

・純金の10倍の硬さ

・同程度の純度を持つ  
18金と比べても倍以上硬い

# 「ハイパーマテリアル分散強化」の強み



- 従来の方法では実現できない**高純度・高硬度**なAu合金が作製可能  
→ 純金に近い色調、資産価値の向上、傷がつきにくい といった利点がある。
- 作製方法が非常に簡便  
→ 単体原料(例: Ge, 希土類元素...)を金と一緒に溶かして混ぜるだけ
- **ハイパーマテリアルの割合を変えることで硬さを精密に制御可能**  
→ ハイパーマテリアル100%なら機械粉碎も可能に。加工性の幅が広がる。

# 作製方法

例) Au-Ge-Laハイパーマテリアル分散金合金(Au : 91 wt.%)

原料秤量

Au,Ge,La単体を所定の割合で秤量

アーク溶解

秤量した原料を装置に入れて  
アーク放電で溶解する。



作製完了

金にハイパーマテリアルが  
分散した状態に。



# 作製方法(アーク溶解)

不活性ガス雰囲気中、タングステン電極(負極)と冷却されたハース(正極)の間にセットした原料間でアーク放電させその熱で溶解する方法。



不活性雰囲気中で原料を溶かせばハイパーマテリアル分散金合金が得られるので、真空溶解炉等でもおそらく代用可能

※Au-Ge-Laハイパーマテリアル分散金合金(Au : 91 wt.%)の場合600°Cで液相に

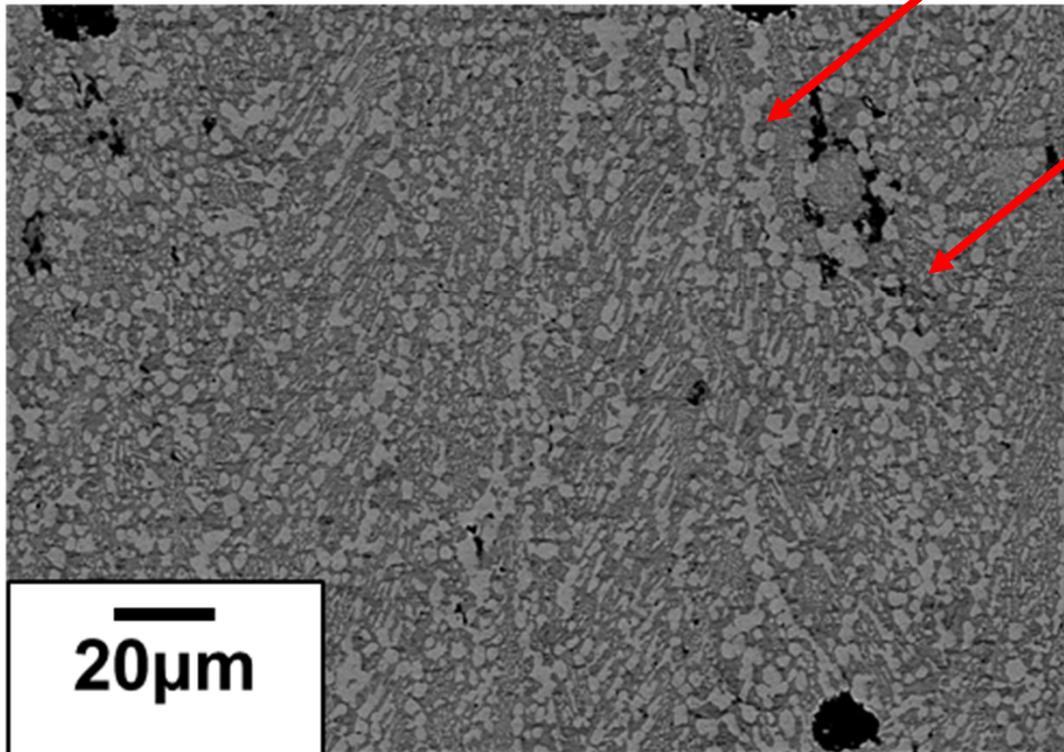
# ハイパーマテリアル分散金合金の組織

Au-Ge-Laハイパーマテリアル分散金合金

(a) Au : 91 wt.%

白 : Au

灰色 : ハイパーマテリアル

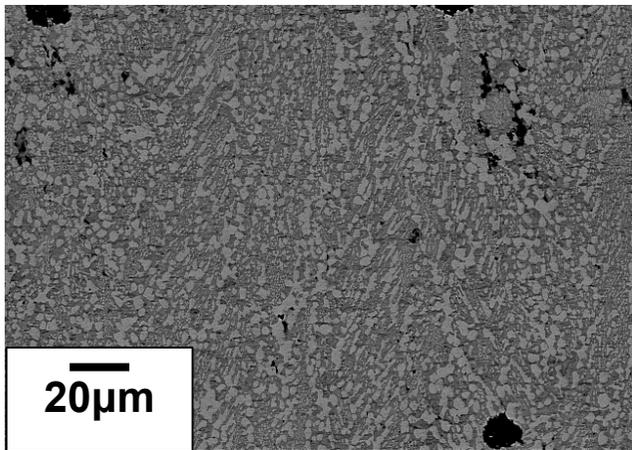


アーク溶解で溶かして混ぜるだけで  
金とハイパーマテリアルが分散した  
合金になっている。

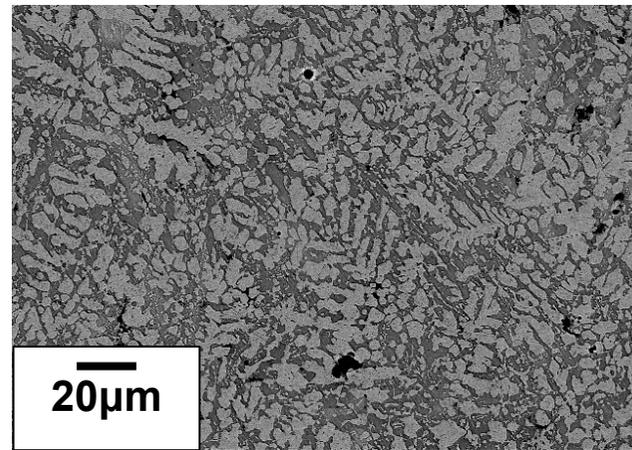
# Au純度を変化させたときの組織の変化

## Au-Ge-Laハイパーマテリアル分散金合金

(a) Au : 91 wt.%



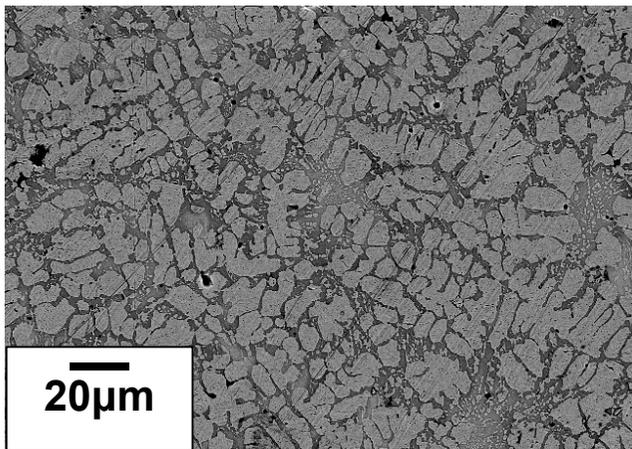
(b) Au : 93 wt.%



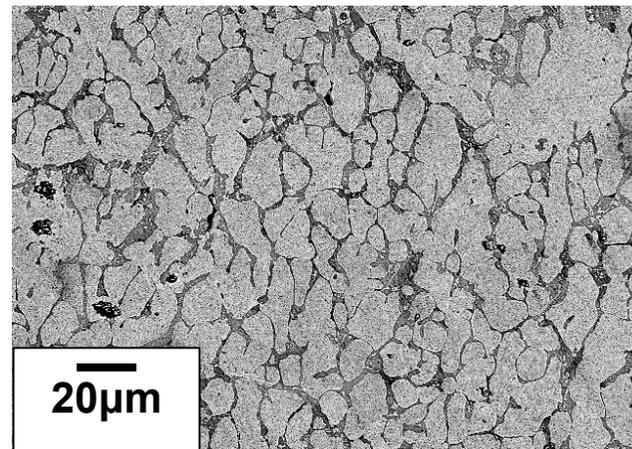
白 : Au

灰色 : ハイパーマテリアル

(c) Au : 95 wt.%

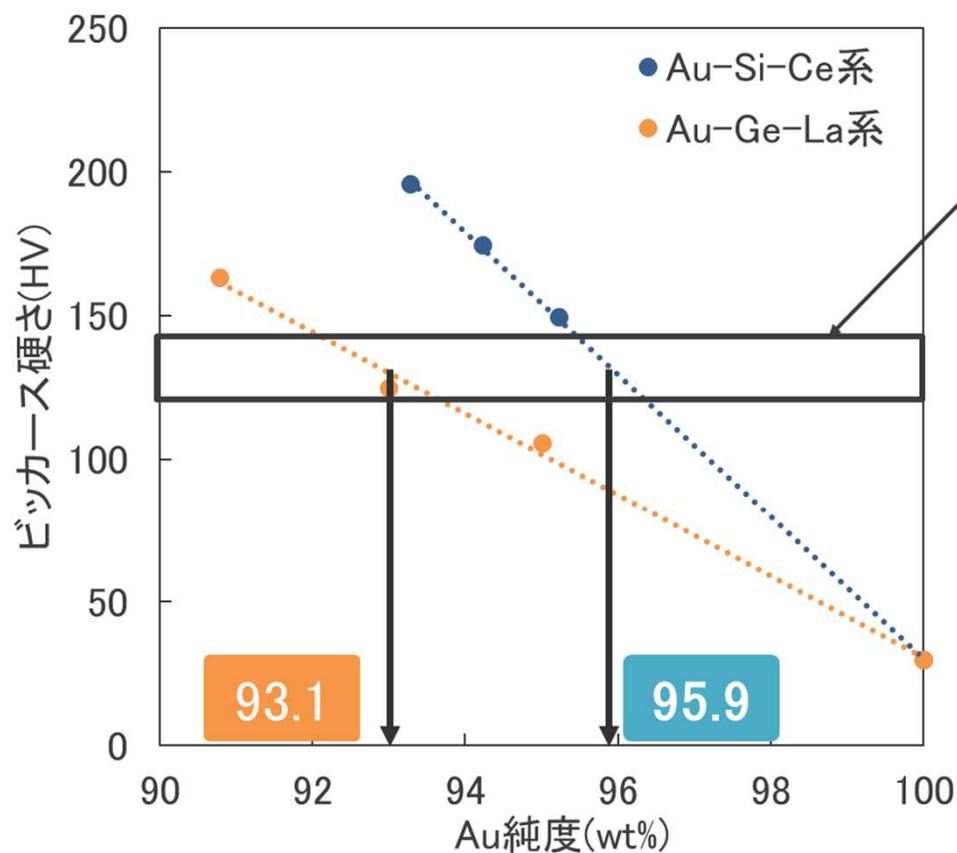


(d) Au : 97 wt.%



混ぜるAuの割合を変えることで  
Auとハイパーマテリアルの割合  
を変えることが可能

# ハイパーマテリアル分散金合金の 純度と硬さ

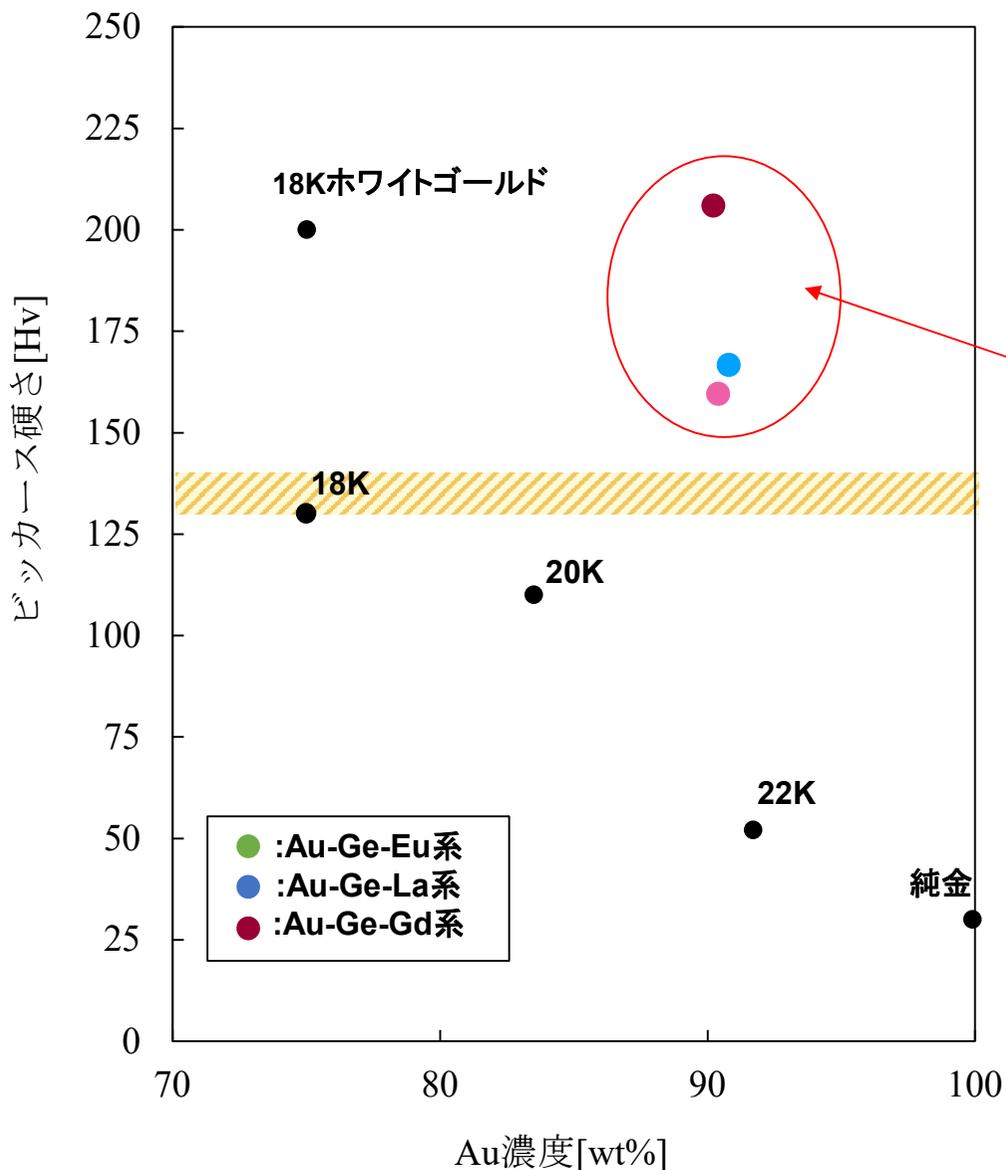


宝飾用材料として  
理想の硬さ(130~140HV)

Si系で23K(Au95.9%)に到達



# 一般的な宝飾材料との硬さの比較



これまでの宝飾品材料と比べて  
圧倒的に高い純度で高硬度を実現

宝飾用材料として  
理想の硬さ  
(130~140HV)

## 想定される用途

- 高純度高硬度な金合金が開発されたことにより、これまで軟らかすぎて宝飾品や機械加工品に適さなかった高純度な金合金が簡単に得られるようになった。また、金の純度が高いため変色にも強いことが期待される。
- 上記の性質により、宝飾品分野や工業製品用途に展開することも可能と思われる。

# 実用化に向けた課題と 企業への期待

- 今回の技術はあくまでシーズであり、具体的なニーズがあれば、実用化に向けた課題が設定できる。

高純度の金合金を必要とする分野の企業様からのご提案を歓迎します。

## 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 金合金及び金合金の製造方法
- 出願番号 : 特願2021-056093
- 出願人 : 東京理科大学
- 発明者 : 田村隆治、南和輝、横山日和、  
安部祐太郎、石川明日香

## 産学連携の経歴

- 2008年-2009年 NIMSとの共同研究
- 2011年-2022年 NIMSとの共同研究
- 2014年-2015年 (株)カフエリングとの共同研究
- 2015年-2022年 片桐貴金属工業(株)と受託研究
- 2016年-2021年 JST研究成果展開事業に採択
- 2017年-2022年 日本電産(株)との共同研究
- 2020年-2021年 (株)カフエリングとの共同研究

# お問い合わせ先

**東京理科大学**

**研究戦略・産学連携センター**

**URA 田中 彰**

**TEL 03-5228-7449**

**FAX 03-5228-7443**

**e-mail [tanaka\\_akira@admin.tus.ac.jp](mailto:tanaka_akira@admin.tus.ac.jp)**