

第20回リサイクル技術開発本多賞 表彰式講演

研究報文(日本金属学会誌 第79巻 第2号(2015) 41-48)

臭化銅含有DMSO溶媒を用いた貴金属・  
レアメタル回収手法の開発

東京大学大学院工学系研究科

グループ受賞 代表 松野泰也

吉村彰大、梅原佳那、高井まどか



# 既存の貴金属リサイクルプロセス

## 乾式法

使用済み機器を銅(Cu)の製錬過程に投入し、含有される貴金属を回収する。



大規模な設備が必要。立地等に制約がある。

## 使用済み機器発生源

使用済み機器は、主に人口密集地帯で発生する。



## 湿式法

王水やシアン等で、使用済み機器から貴金属を溶出させ回収する。



小規模設備で操作が可能であるが、物質の取り扱いが難しく、廃液処理に伴う環境負荷が大きい。

**湿式法**で容易な操作が可能かつ**経済的・環境負荷の小さいプロセス**を検討

**臭化銅含有有機溶媒を用いた貴金属・レアメタル回収プロセスの利用を提案**

# 湿式法に用いられる貴金属溶解剤

## 水溶液系

- ✓ 王水
- ✓ シアン化物



取り扱いが難しく、廃液も発生

## 有機溶媒系

- ✓ ヨウ素、ヨウ化物、アセトニトリル (Nakao and Sone, 1996)
- ✓  $\text{SOCl}_2$ , ピリジン (Lin et al., 2010)

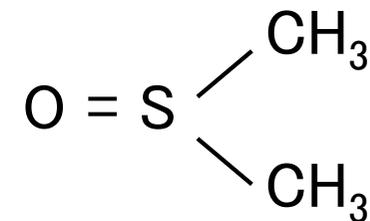
## ➡ 有機王水(Organic Aqua Regia)

### 有機溶媒系の問題点

- ✓ 研究事例が少ない。
- ✓ 溶媒の沸点が低く、毒性が大。
- ✓ 金の溶解速度が遅い。
- ✓ 廃液の発生により環境負荷大。

## ジメチルスルホキシド (DMSO)の特長

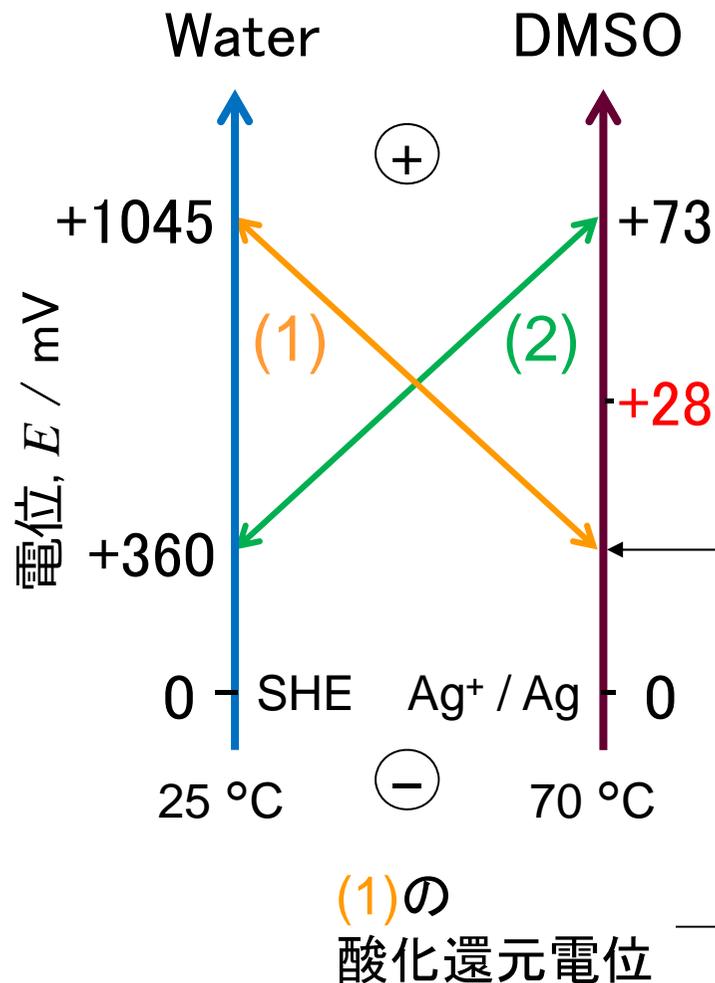
- ✓ 非プロトン性極性溶媒で、多くの無機物質を溶解
- ✓ 沸点は189 °C 水と共沸せず、蒸留で分離可能
- ✓ 毒性が低く取り扱いが容易



溶媒にDMSOを、酸化剤に臭化銅 ( $\text{CuBr}_2$ )を用いるプロセスを考案

# 本システムの特長

水溶液中とDMSO中における二つの反応の酸化還元平衡電位の逆転を利用し、Auの溶解と析出の繰り返しが可能。

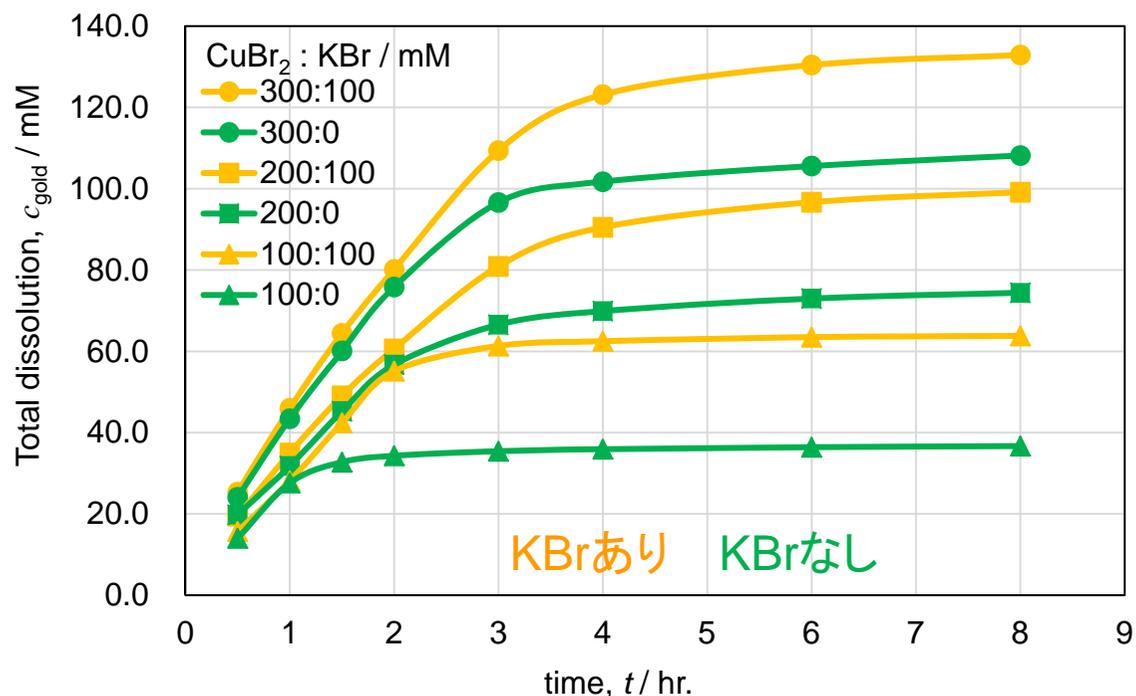


下記の反応が右に進行すれば  
貴金属(金)が溶解



下記の反応が左に進行すれば  
貴金属(金)が析出

# 金の溶解速度は有機溶媒系では世界最速



	金溶解速度, $w_{\text{gold}} / \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$	$w_{\text{gold}} /$	備考
シアン化物	< 0.004		1)
ヨウ化物	< 0.16		1)
SOCl <sub>2</sub> + Pyridine (3 : 1)	0.3		1)
CuBr <sub>2</sub> (0.1 M) in DMSO	0.81		本実験
CuBr <sub>2</sub> (0.3 M), KBr (0.1 M) in DMSO	1.47		本実験

1) Lin, et al., Angewandte Chemie International Edition, **49**, 2010, 7929–7932

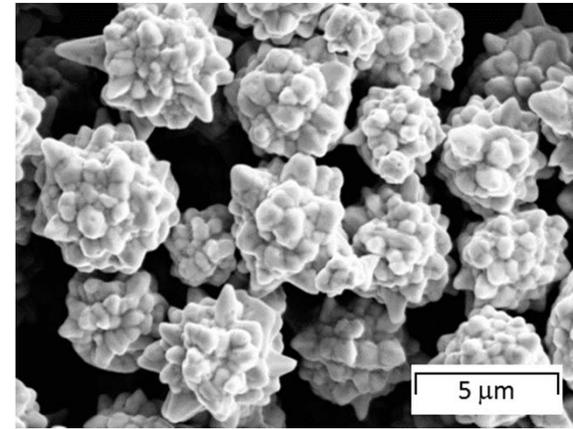
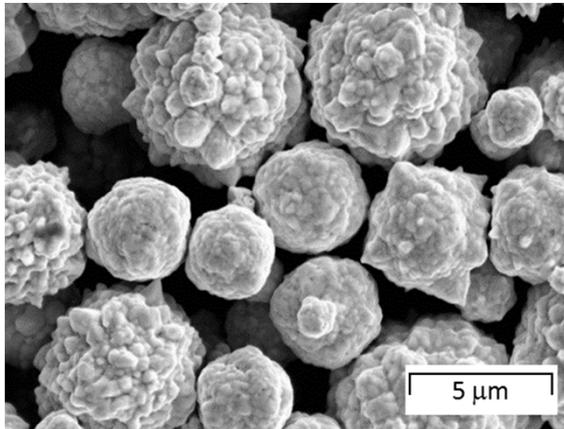
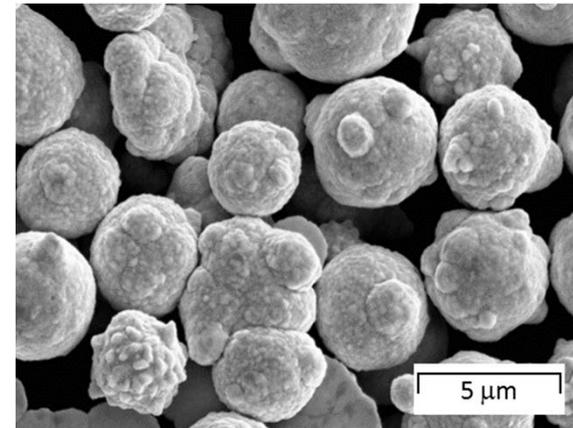
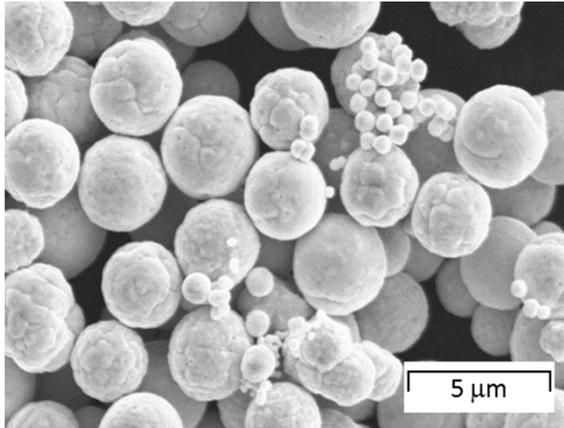
## pHを調整し析出させることで高純度の金が得られる

硫酸添加量, $V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ / ml	金溶解量, $w_{\text{gold}}$ / mg	金析出量, $w_{\text{gold}}$ / mg	回収率 (%)
2.0	194.4	92.6	47.6
5.0	194.4	174.8	89.9
10	194.4	168.2	86.5
20	194.4	181.9	93.6
40	194.4	180.2	92.7



- ✓ 上表の最左欄は、DMSO溶媒10 mlに対する硫酸水溶液添加量を示す。
- ✓ pH調整によりCuの析出が抑制され、高純度のAuが析出。
- ✓ 回収率は1回の析出プロセスでの値。DMSOに残留した金は、溶媒の繰返し使用により回収可能。

少し工夫をすれば粒子の形状および粒径の制御も可能！

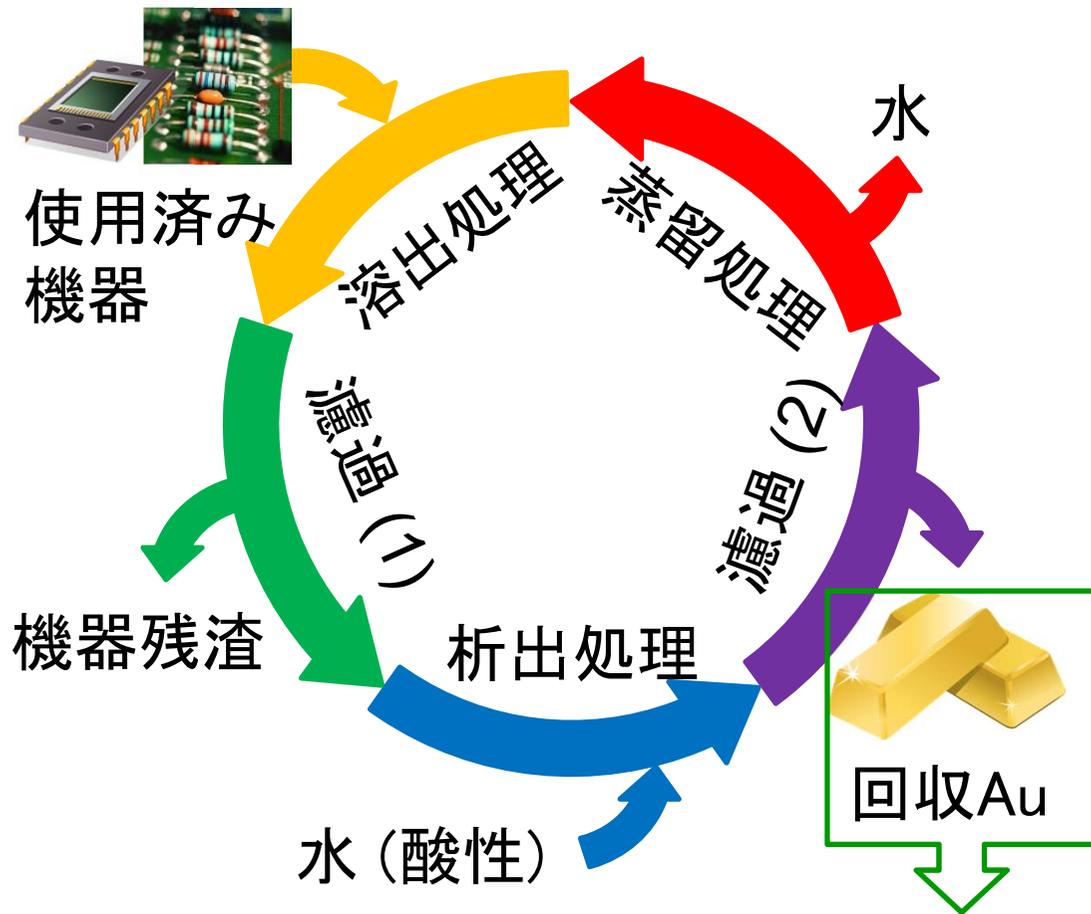


- ✓ Au濃度により粒形状に差
- ✓ 球状かコンペイトウ状



機能性材料製造法  
としての利用可能性

# 臭化銅含有DMSO溶媒を用いた貴金属・レアメタル回収手法(まとめ)

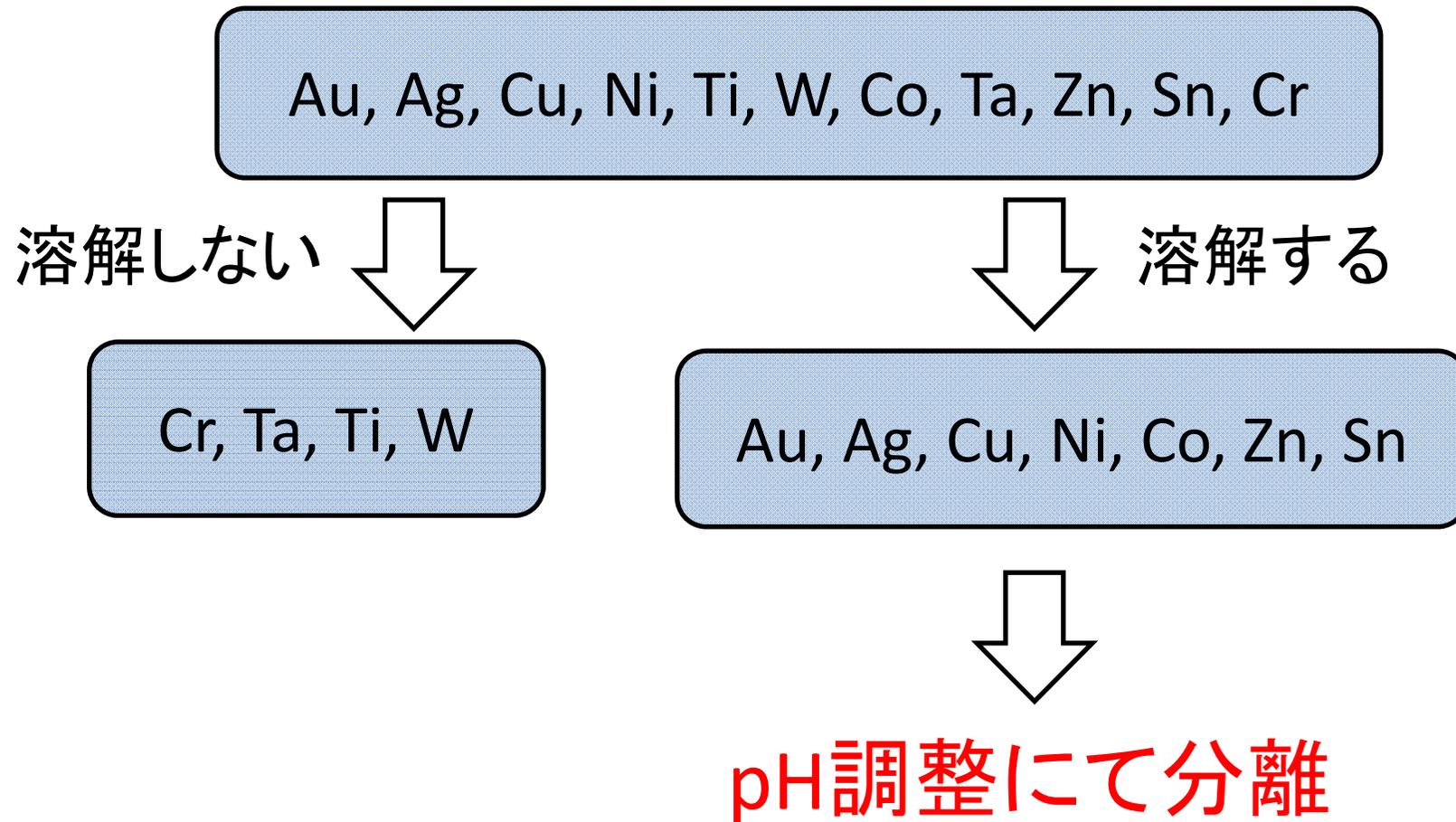


- 従来の手法に比べ、環境負荷、コスト面で有利
- 溶媒: DMSO以外にも炭酸プロピレン等様々な溶媒を用いること可能
- 溶質:  $\text{CuBr}_2$ 以外にも $\text{FeCl}_3$ 等様々な物質を用いること可能
- 適した前処理との組み合わせでさらなるイノベーションを実現

➡ 特殊な形状を示す  
機能性材料製造法としての可能性

# その他の金属に関して

---



溶媒による金属の溶解依存性があり、  
対象とする金属毎に最適溶媒がある。

# 事の始まりは有機合成での失敗実験 飲み会での情報交換が和製「有機王水」を生み出す



ジメチルスルフォキシド (DMSO) に以下の物質を溶解したものが金を溶かしてしまった。

N-Succinimidyl Methacrylate、2, 2'-Bipyridyl、Cu(I)-Br、  
Ethyl-2-Bromoisobutyrate

高井先生の「これ、リサイクルに使えないの？」の一言から。

# 謝 辞

御清聴ありがとうございました。

受賞に関してお世話になった皆様に心より御礼申し上げます。

なお本研究は、  
リーディング大学院プログラム(MERIT)、  
JSPS科研費 25550067、研究補助金26・9845)  
環境省 環境研究総合推進費(3K133006)  
の助成を受けたものです。