

# 革新省エネ分離による廃水からの資源循環

機関名：国立大学法人神戸大学  
氏名：北河 享

# 成長志向型の資源自律経済への変革

リニア型経済



サーキュラー型経済



リニア経済型の社会を継続すると、2030年には地球2個分の資源が必要になると試算されている（世界自然保護基金(WWF)試算）

サーキュラー経済が実現すれば、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献。

# 国の戦略

## 科学技術・イノベーション基本計画（2021年3月26日 内閣府）

2050年時点で、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにし**カーボンニュートラル**を実現、資源の高度な循環利用による循環経済を実現。

## 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

（2021年6月18日 経産省）

**循環経済**への移行も進めつつ、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする。

## 成長志向型の資源自律経済戦略（2023年3月31日 経産省）

経済の**自律化・強靭化**と国際競争力の獲得を通じた**持続的かつ着実な成長**に繋げる「**成長志向型の資源自律経済の確立**」が急務

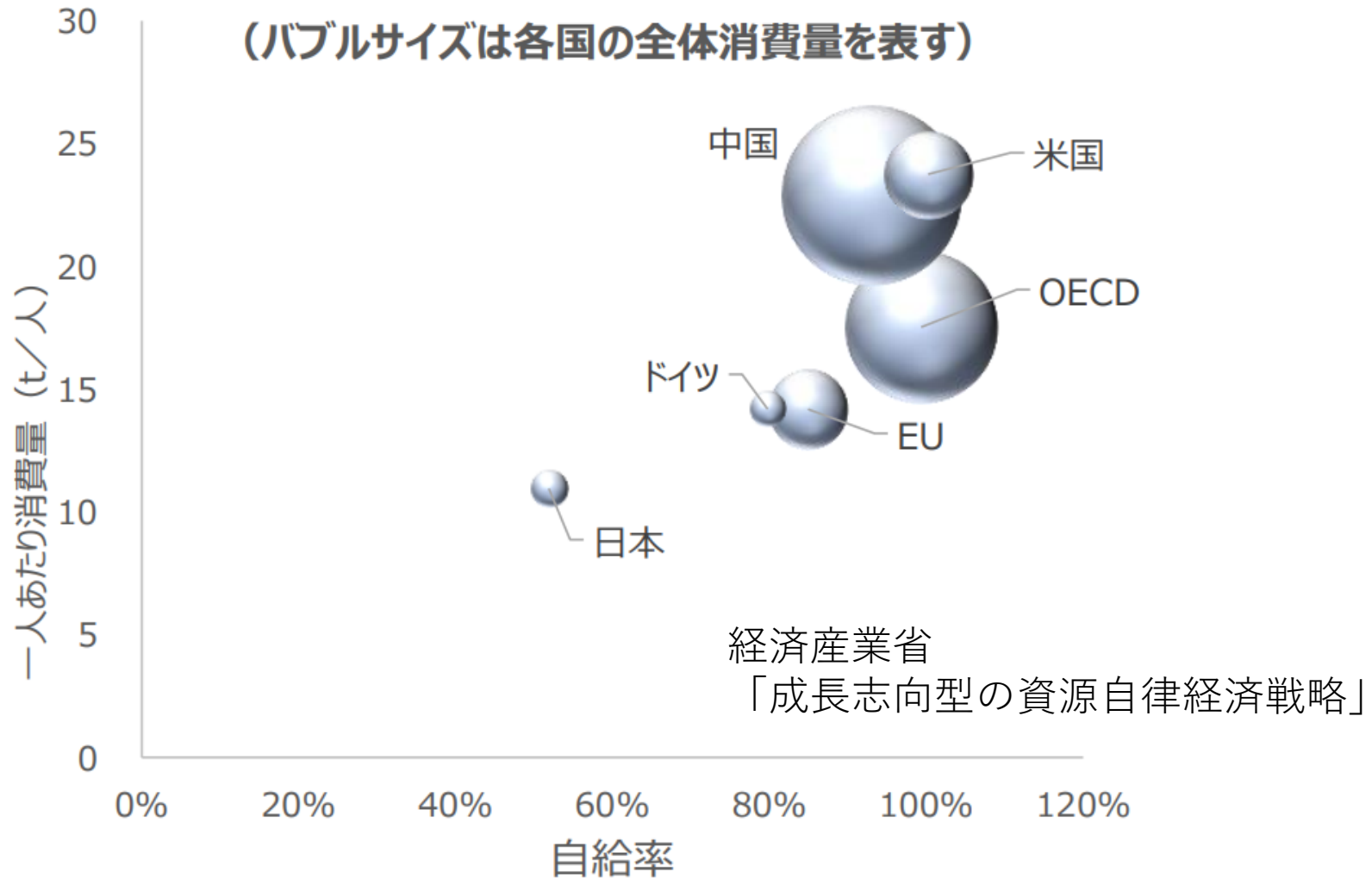


**資源の自給率が低い我が国として、廃棄物から資源の確保を図る  
新技術開発**

# 資源の自給率と使用量

## 主要国のマテリアル需給の実態

(バブルサイズは各国の全体消費量を表す)



日本は消費資源を切り詰めることで経済発展してきた。  
世界におけるマテリアル需給はさらに逼迫していく予想される。

# 産業廃水からの資源循環

有機物（化学工場、油脂工場、食品工場、医薬品工場ほか）

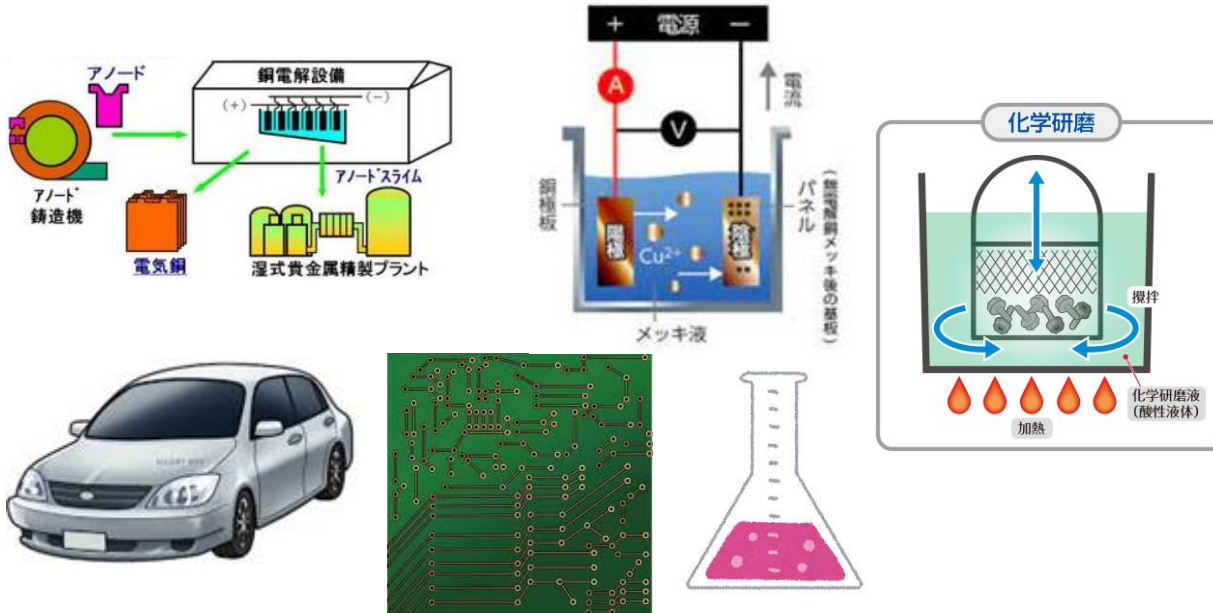


2022年度  
エネ環採択  
実施中

水溶性の有機性化学物質を含む廃水や、油水の廃水が多量に排出

## 本研究のターゲット

無機金属（精錬、金属加工、メッキ、自動車、電子・電気、化学等）



金属表面処理  
↓  
水洗工程  
↓  
廃水中に溶けこんだ  
金属(Cu, Fe, Ni, Zn, Al, Sn,  
Crなど)は回収されず廃  
棄されている。

# 日本の金属資源の輸入状況

ベースメタル

レアメタル

海外から  
100%輸入

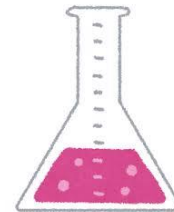
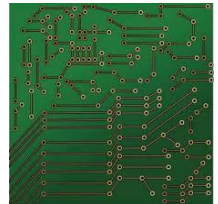
海外から  
100%輸入

Cu Pb  
Zn Fe  
Sn Al

Li Mg  
Ni Cr  
MnCo  
など

100%

100%



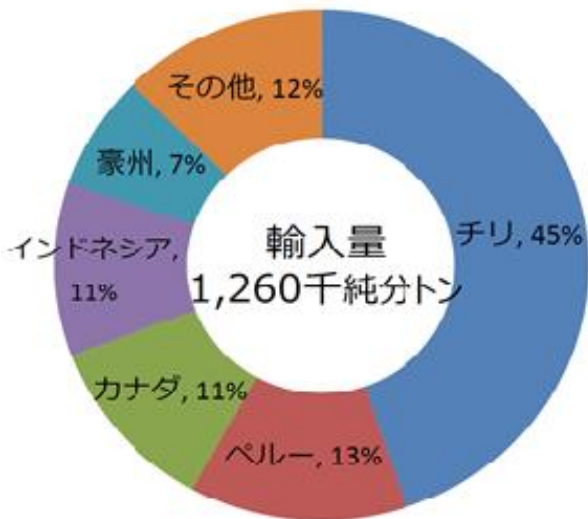
ベースメタル、レアメタルなどの鉱物資源は、産業を支える重要なもの

電子・電気製品、輸送機器、金属製品

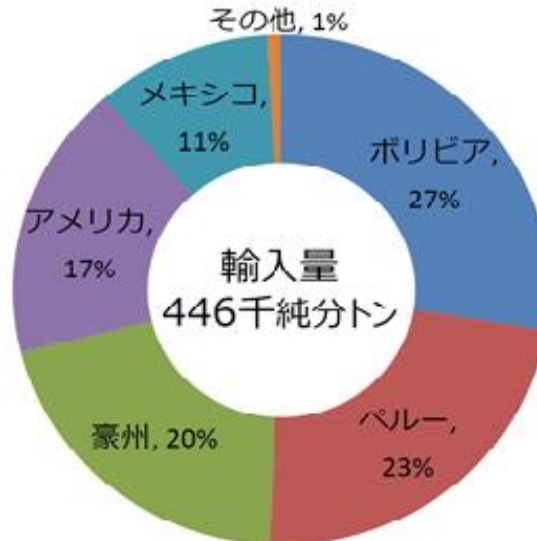
我が国は海外輸入の金属資源に依存

# 日本の金属資源の輸入先

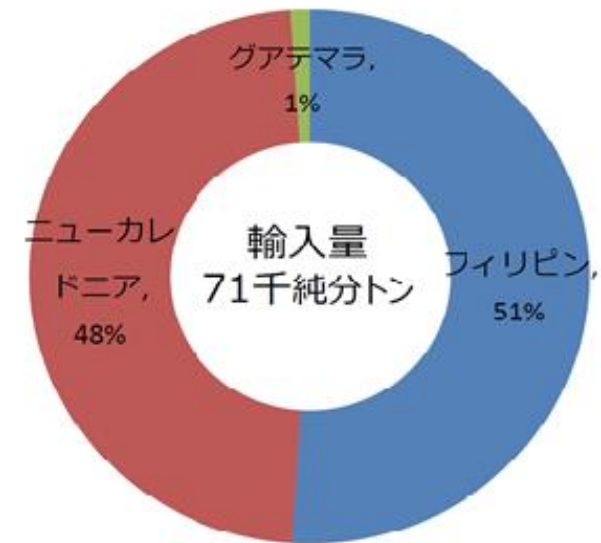
## 銅 (2016年)



## 亜鉛 (2016年)



## ニッケル (2016年)

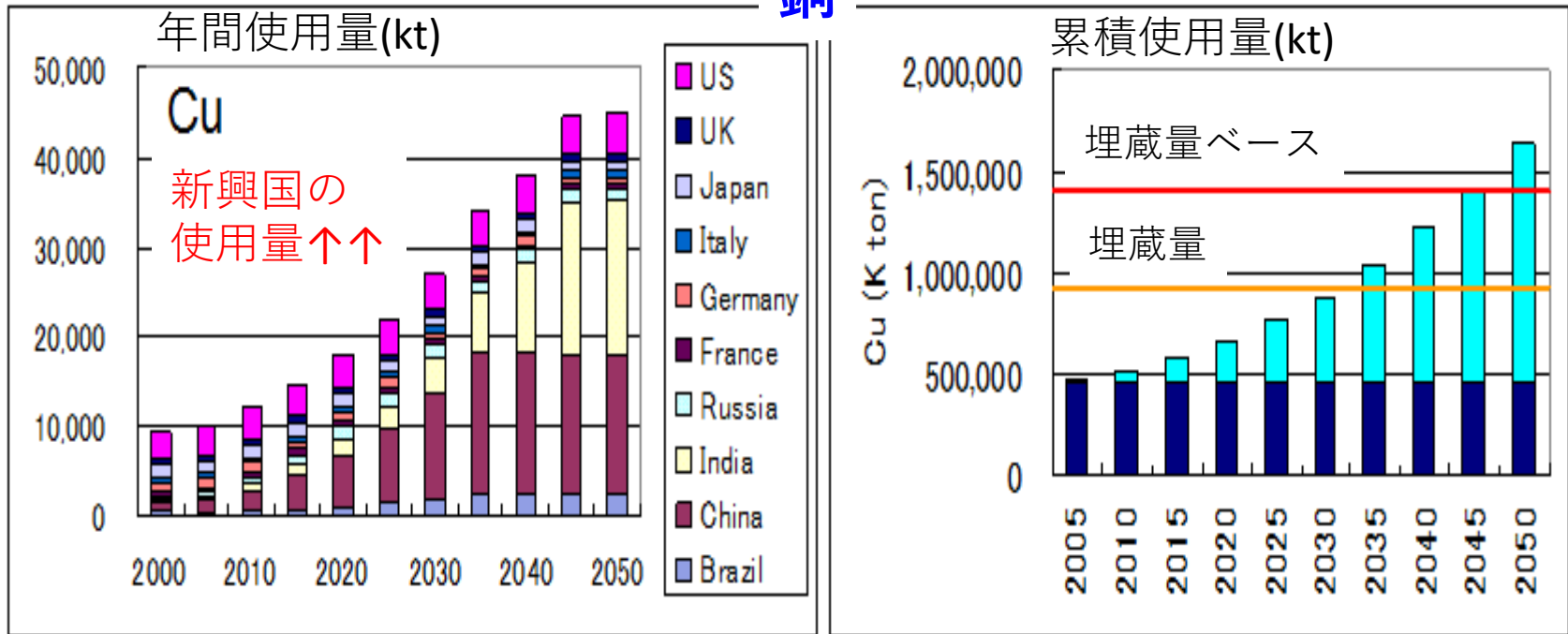


鉱物資源は産出する国に偏りがあり、中南米など政治リスクがある国から輸入される鉱物が多い。→調達リスク  
持続可能な経済成長→調達リスクの回避が必要



# 世界の金属資源の需要

## 銅



2050年までに需要が埋蔵量ベースをも超えるもの  
銅、鉛、亜鉛、金、銀、スズなど→資源枯渇リスク

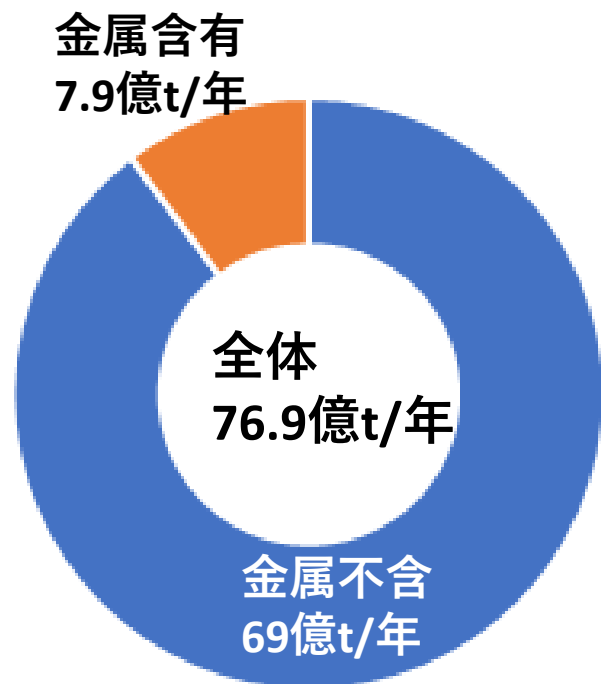
持続可能な経済成長→資源枯渇リスク回避が必要

<https://www.nims.go.jp/research/elements/rare-metal/probrem/dryness.html>



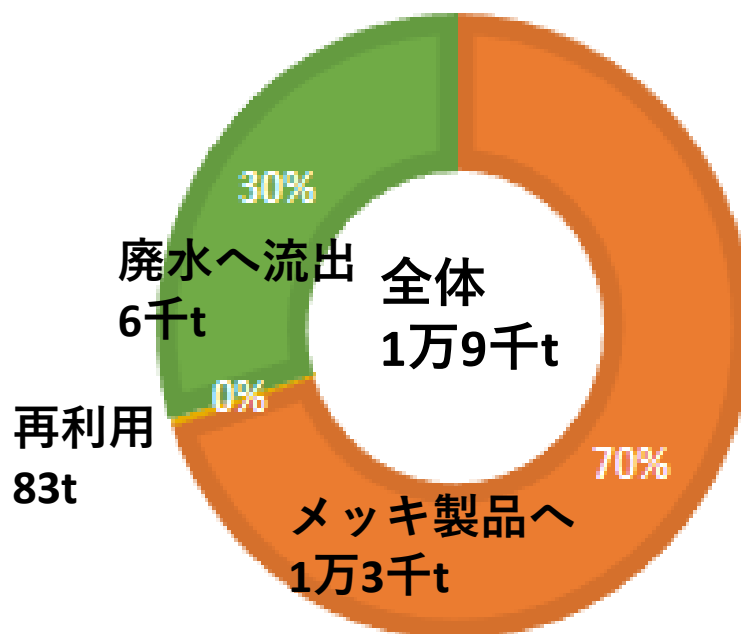
# 産業廃水量と金属含有量

2020年工業統計産業別統計表  
(2021年8月13日)



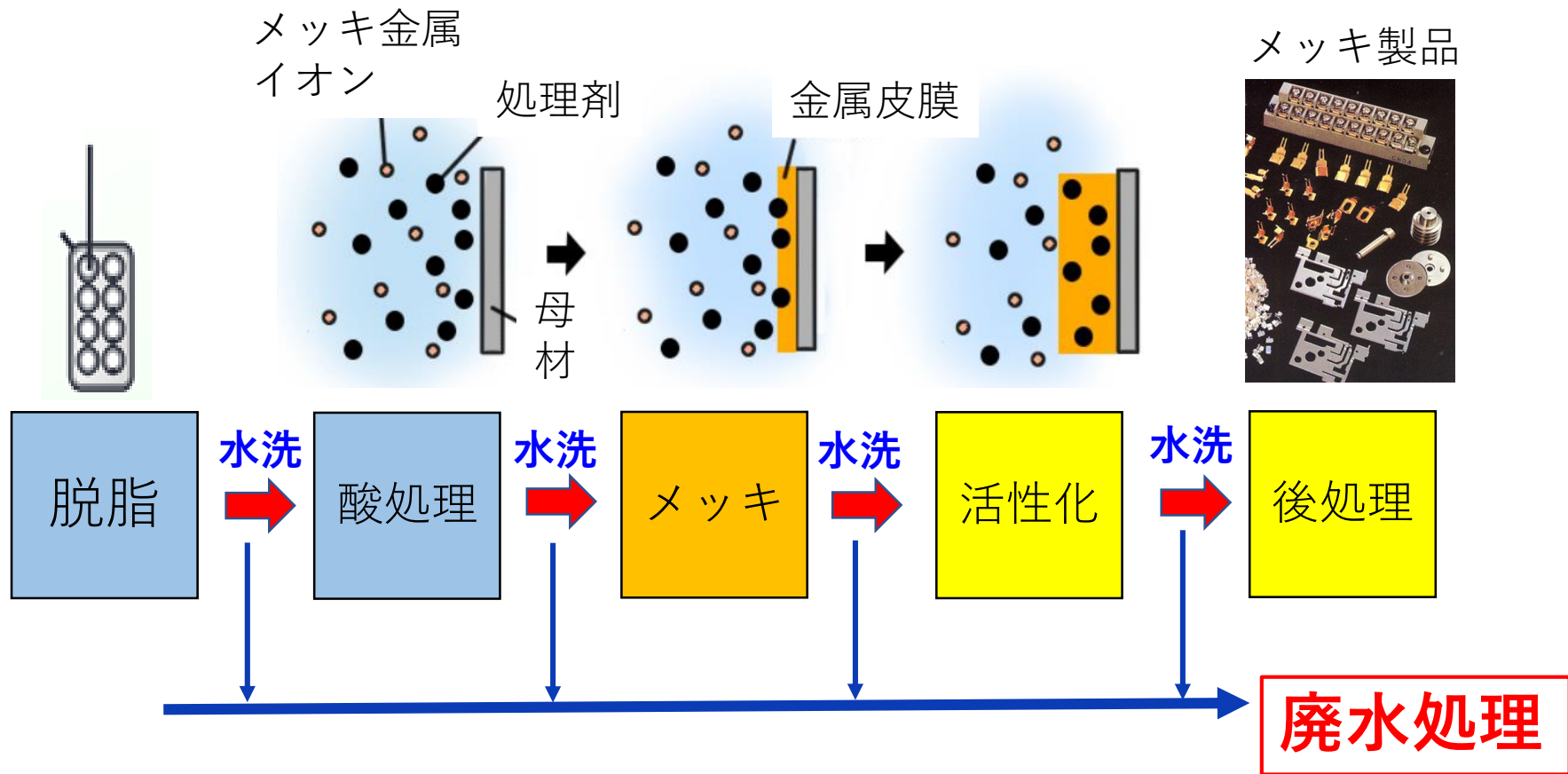
産業廃水全体のうち、  
約1割が金属を含有  
する廃水

めっきスラッジのリサイクルに  
関する実態調査  
経済産業省製造産業局非鉄金属課  
(2004年3月)



仕込み金属の30%が廃水に流出

# メッキ工程事例



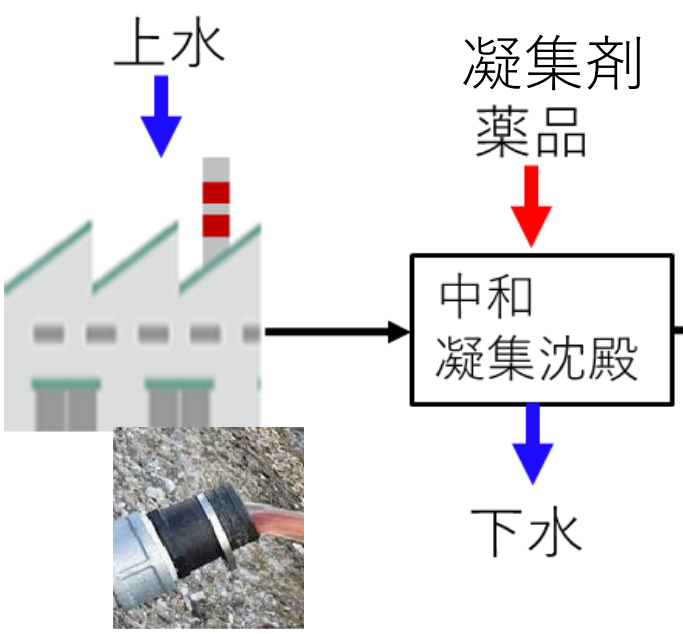
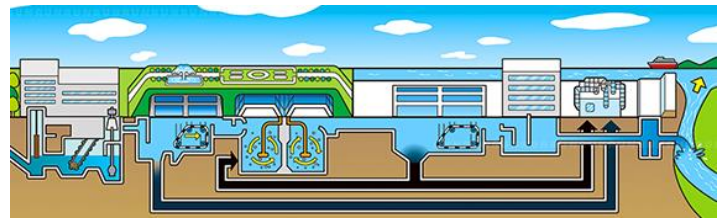
- ・ 廃水の中にはメッキ対象金属のほか、母材金属や処理剤などが含まれる
- ・ 濃度が薄い (数百ppm)
- ・ 廃水処理でエネルギー多量消費

# 金属含有廃水の処理工程→凝集沈殿→スラッジの発生

膨大なエネルギー  
→CO<sub>2</sub>が排出



最終処分（有毒）

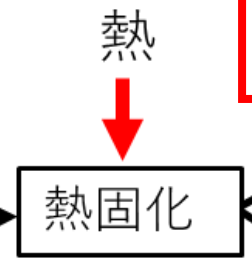


絞り機

スラッジ

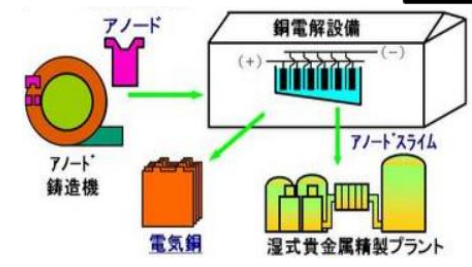


埋め立て



熱

埋め立て

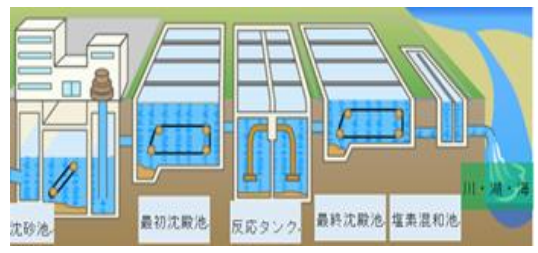


精錬

再生金属

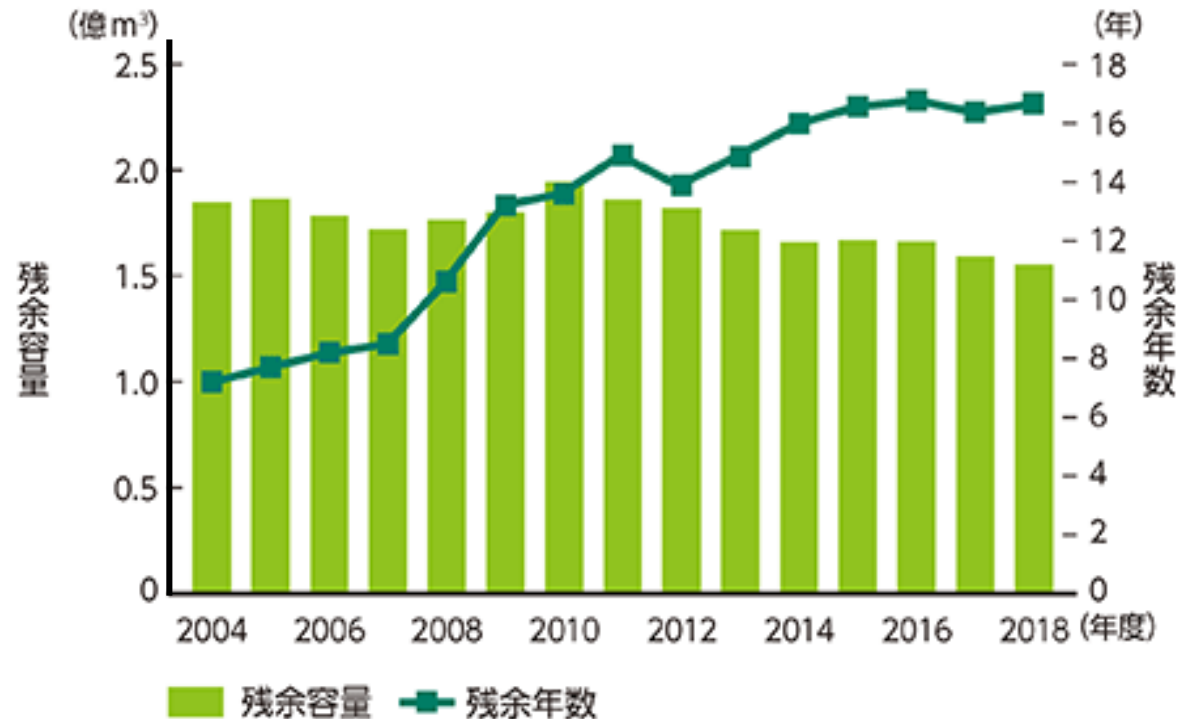


金、銀



# 最終処分場の状況

## 最終処分場の残余容量および残余年数の推移



資料：環境省「産業廃棄物行政組織等調査報告書」より環境省作成

将来産廃処分場の不足から廃棄処理が困難  
スラッジの処理費用も高騰しており、コストを引き上げる要因  
→事業継続不能のリスク

# 技術課題、技術開発の必要性

- ①現状は薬品や凝集剤を多量に使用し、凝集沈殿法により処理。
- ②処理のためエネルギーを消費し、CO<sub>2</sub>を多量に排出
- ③金属はスラッジとして産業廃棄物として処分場へ廃棄  
金属資源、水資源は回収されず廃棄



金属資源と水を循環するサーキュラー型経済に変革

## 技術課題

- ①廃水中の金属濃度が薄い。濃度は数百ppm以下。
- ②廃水中に多種類の金属、有機物が混在している。
- ③現状ではコストが合う回収再生する技術がない。



提案：膜技術を利用して省エネルギーで金属資源の循環を実現



# 神戸大学先端膜工学研究センター

- 革新膜の社会実装によるカーボンニュートラルと持続的社会的実現
- 国内唯一の膜工学研究拠点として更なる発展・拡大、国際連携ネットワークの強化
- 企業連携、文理融合による革新膜技術の社会実装の加速化

## 多くの国際連携ネットワーク

アジアやオーストラリア、欧米にある世界の計14の膜センターと研究協力協定を締結

- 膜国際Workshop (iWMK)を毎年開催
- 国際共同研究
- 研究者の人材交流



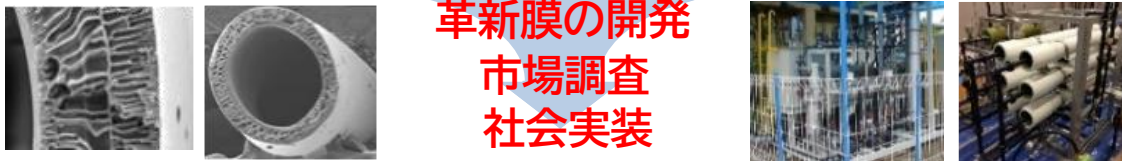
膜工学国際共同研究コンソーシアムの実現へ

## 先端膜工学研究センター

革新膜による「水」・「大気」環境保全、「エネルギー」創出、「資源」循環、膜「プロセス」強化



革新膜の開発  
市場調査  
社会実装



世界的課題である水不足、地球温暖化、エネルギー問題の解決、および資源循環、プロセス強化によるカーボンニュートラルと持続的社会的実現を目指す

## 企業連携

### ネットワーク

(一社) 先端膜工学研究推進機構の設立 (企業会員数約80社)

- 産学連携の推進
- 実践型教育



企業との連携で開発したCO<sub>2</sub>分離膜や水処理膜技術により2020年度社会実装3件



# 膜技術の優位ポイント

膜技術を使うことで、凝集沈殿（現行プロセス）に比べて

- ①省エネルギーで廃水の濃縮が可能となる。水も再生され、  
工程で再利用が可能。  
CO<sub>2</sub>発生量が削減される。  
水資源が節約
- ②金属吸着膜を使うことで、不純物を含んだ液体から目的  
の金属だけを選択的に高純度化。  
凝集沈殿剤が不要になる→スラッジ発生量が圧縮  
省エネルギーで金属再生が可能  
捨てていた金属資源の再生→使用資源の節約



# 社会実装イメージ(2050年までのロードマップ)

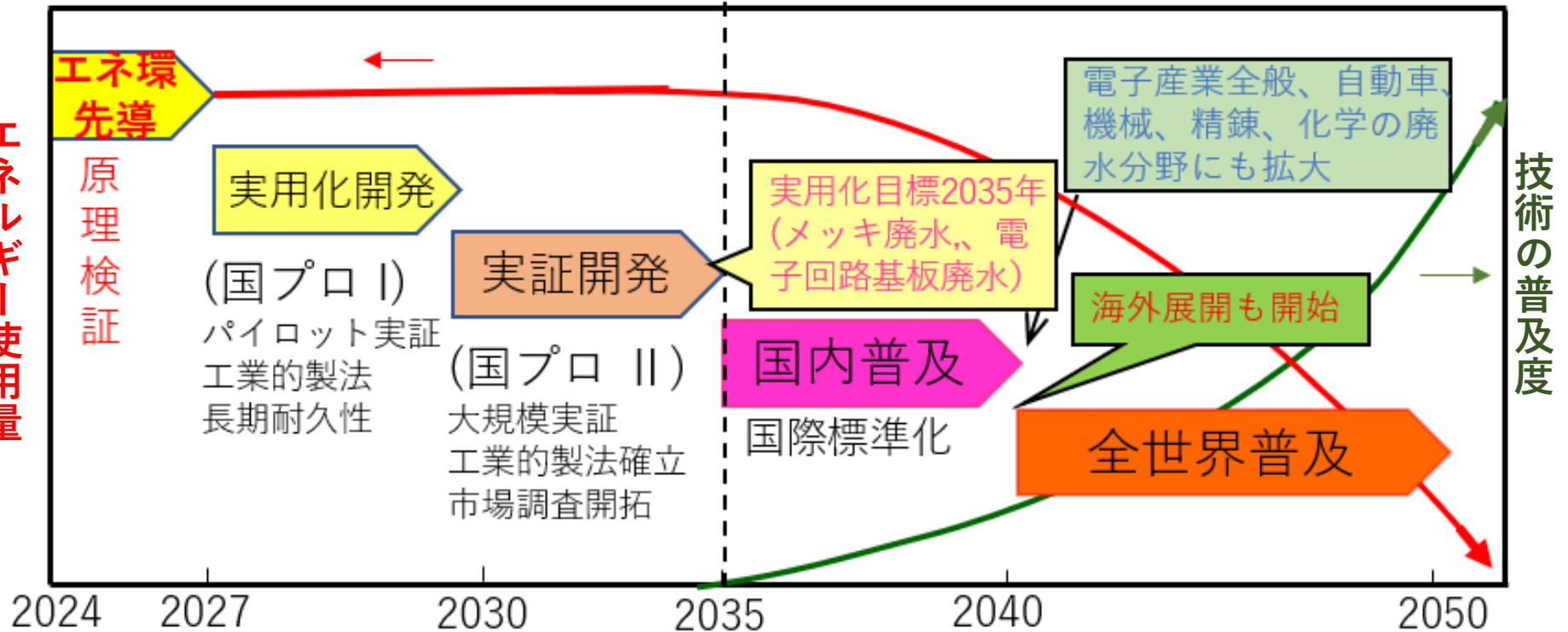
社会実装を成功させるために→産・官・学の連携・協調

官：サーキュラー経済を促進するための政策立案、法整備

産：サーキュラー経済型へ生産・販売体制を変革→新技術導入への投資

学：産の産業変革に応えるための新技術の開発、情報提供、教育

エネルギー使用量



日本が得意としてきた膜技術を高め、廃水からの金属リサイクル分野で、世界をけん引する役目を果たす。

# 結言

サーキュラー型経済を意識して、膜技術を応用した産業廃水からの省エネルギーな金属回収システムを提案。

廃水に流れ出した金属の回収と水の再生を行う。  
CO<sub>2</sub>の削減効果は2050年時点で1000万t/年以上、  
市場創出効果4000億円/年が見込める。

得意とする膜技術を応用発展させ、廃水からの金属リサイクルをすすめて輸入に頼らず自前で資源を確保し、我が国の経済成長、強靱化に貢献する。

# 連絡先

神戸大学

先端膜工学研究センター

担当: 北河 享

TEL : 078-803-6610

Email: [tkitagawa@people.kobe-u.ac.jp](mailto:tkitagawa@people.kobe-u.ac.jp)