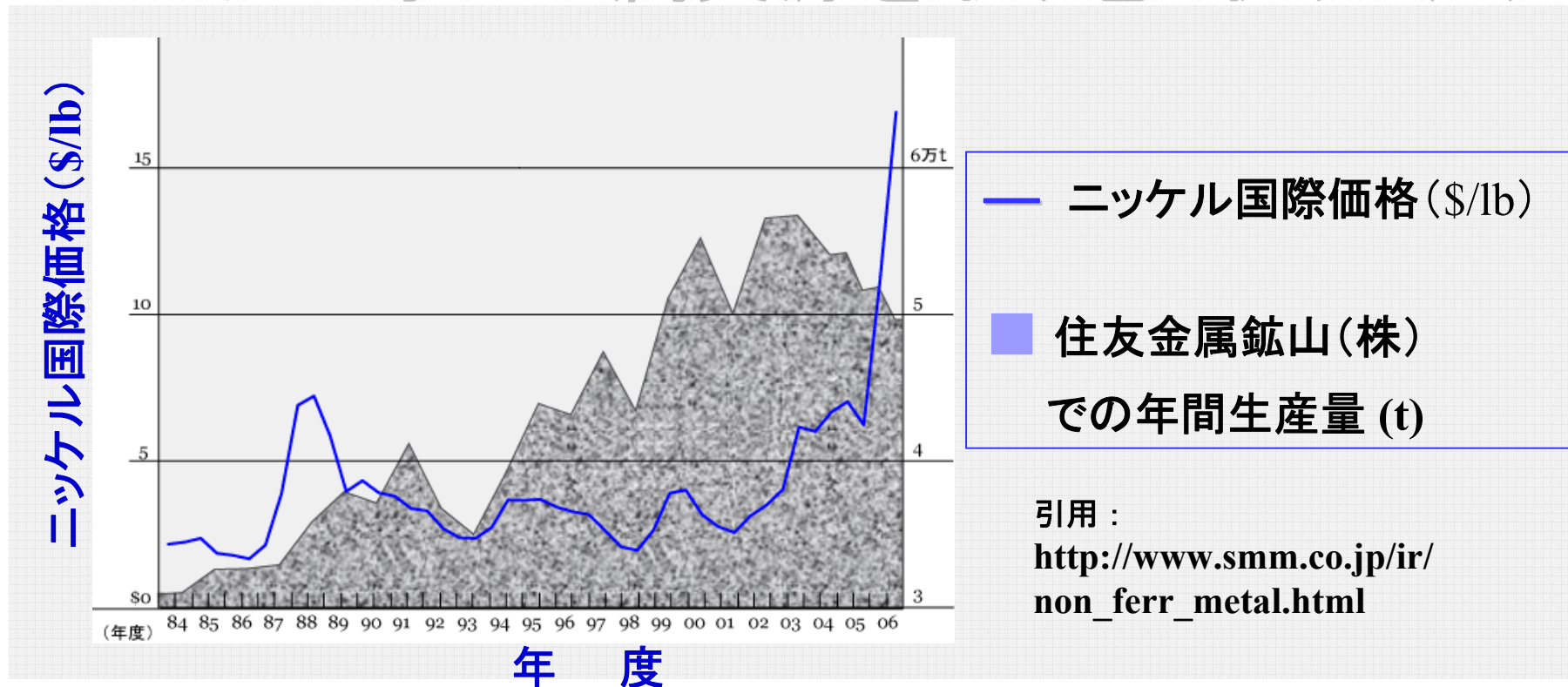


微生物を利用したレアメタル等 の環境調和型回収方法

公立大学法人大阪府立大学
大学院工学研究科
物質・化学系専攻 化学工学分野
教授 小西 康裕

レアメタル等の金属資源を取り巻く状況（１）



● 金属の価格

- 2003年頃から始まった金属価格の上昇は、2006年春頃から一段と加速し、史上最高値を更新している。
- 2001年頃に比べて、銅は約5倍 (US\$ 6/kg)、ニッケルは約10倍 (US\$ 18/kg) にもなっている。

レアメタル等の金属資源を取り巻く状況（2）

“需要の拡大”と“資源の枯渇”



レアメタル等の金属資源の確保・安定供給

- “人工鉱石”（都市鉱山 : Urban Mine）
 - 電子産業、化学産業などの廃棄物
 - 焼却残渣
- “天然鉱石”
 - 未利用の低品位・陸上資源
 - 排他的経済水域（EEZ）・大陸棚の海底資源

従来技術とその問題点

□ 既に実用化されている有用金属回収法では、

- 未利用の低品位金属資源

は想定外の低含有率のために、経済性の面で成り立たない。

□ 低コスト・環境低負荷型の金属抽出法として、微生物の酸化力を用いる“硫化物のバイオ抽出”があるが、

- 処理速度が非常に低い

- 金属酸化物には適用できない

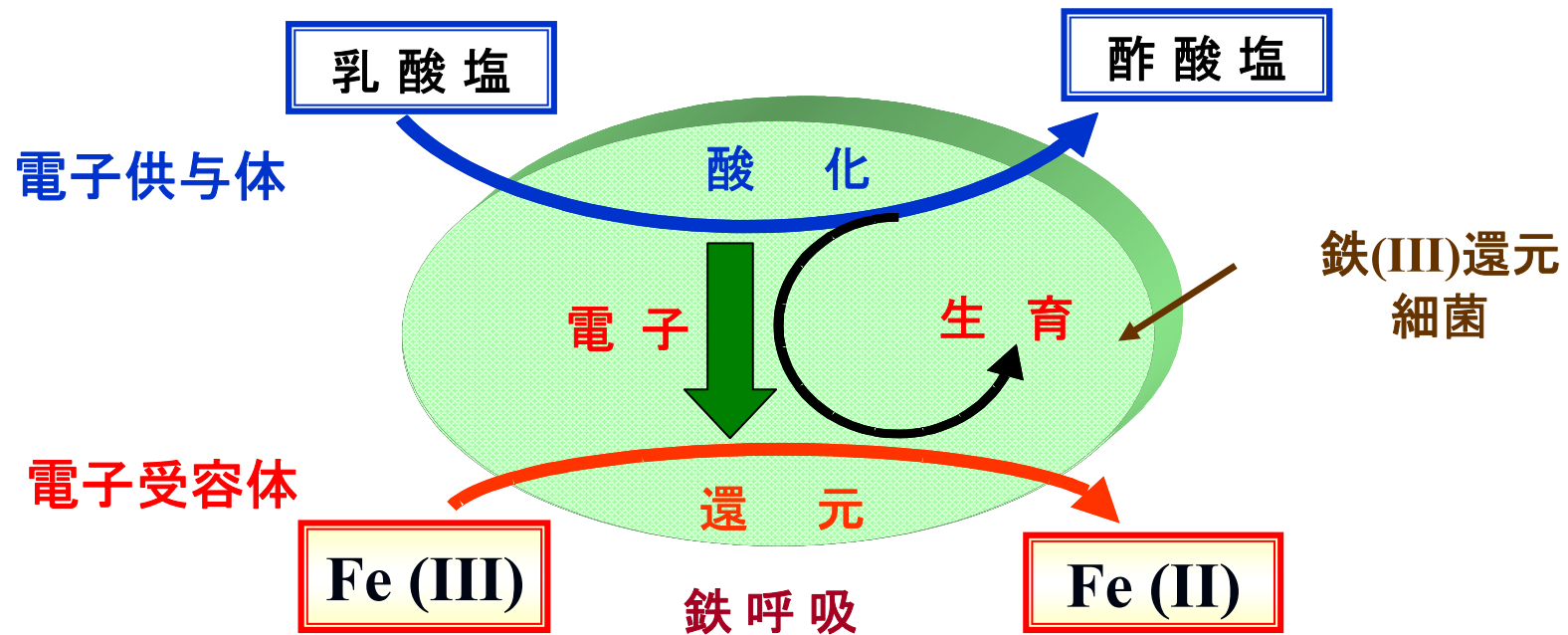
等の問題があり、その利用は限定される。

新 技 術 の 概 要

《微生物を利用したレアメタル等の環境調和型回収》

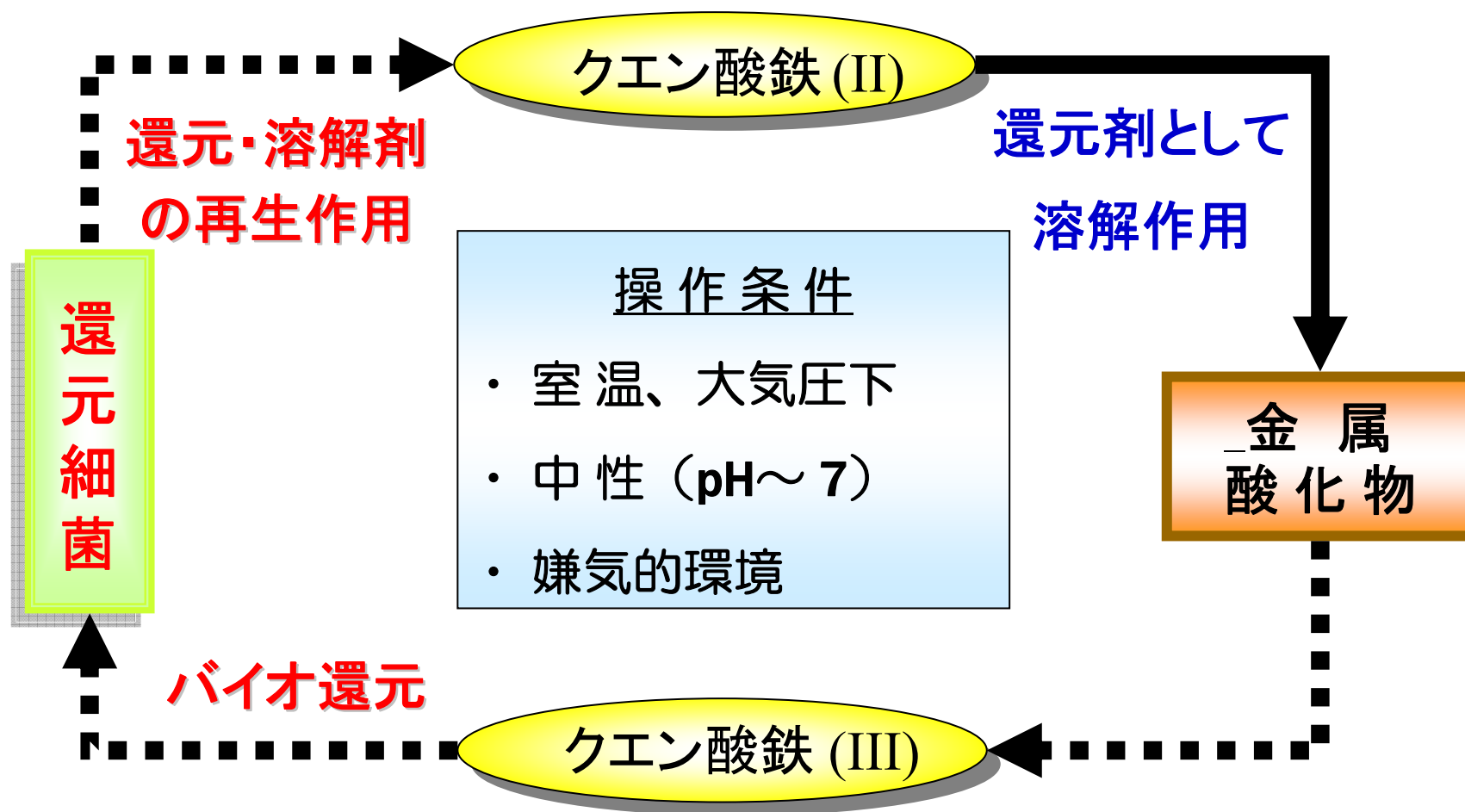
- I. 低品位固体資源(酸化物、硫化物)から、レアメタル(ニッケル、コバルト)、ベースメタル(銅、亜鉛)を効率よく抽出できる環境調和型技術となる。
- II. 溶液中の貴金属イオンに対しては、バクテリア細胞を反応場として用いて、常温・常圧下で、しかも30分程度の短時間で、貴金属ナノ粒子にバイオ変換できる高付加価値化技術となる。

還元細菌による鉄 (III) のバイオ還元 (嫌気的環境)



有機酸（乳酸塩など）を酸化して生じる電子を利用し、
鉄(III) を鉄(II) に変換する還元力をもつ

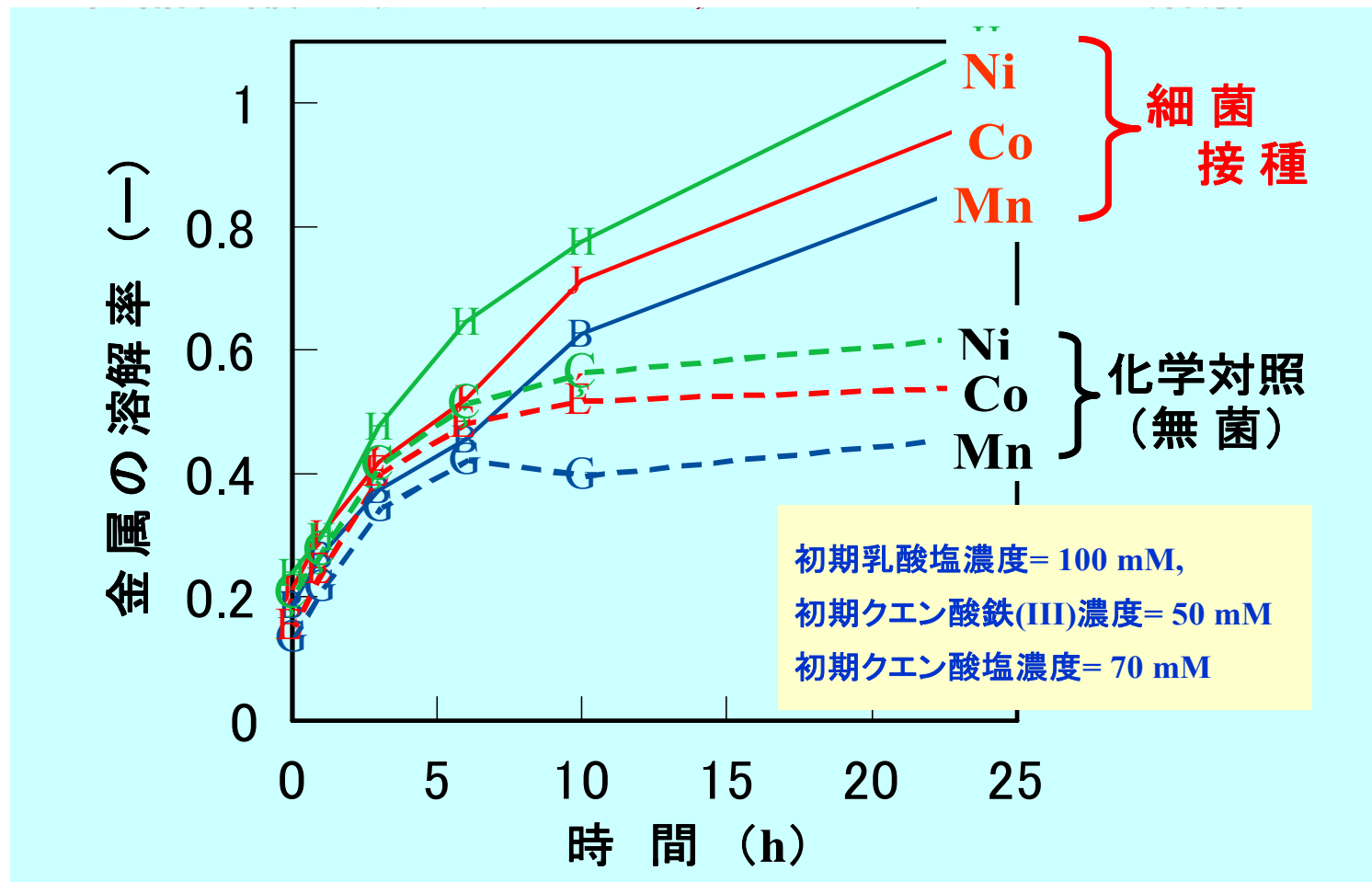
金属酸化物からのレアメタル抽出機構



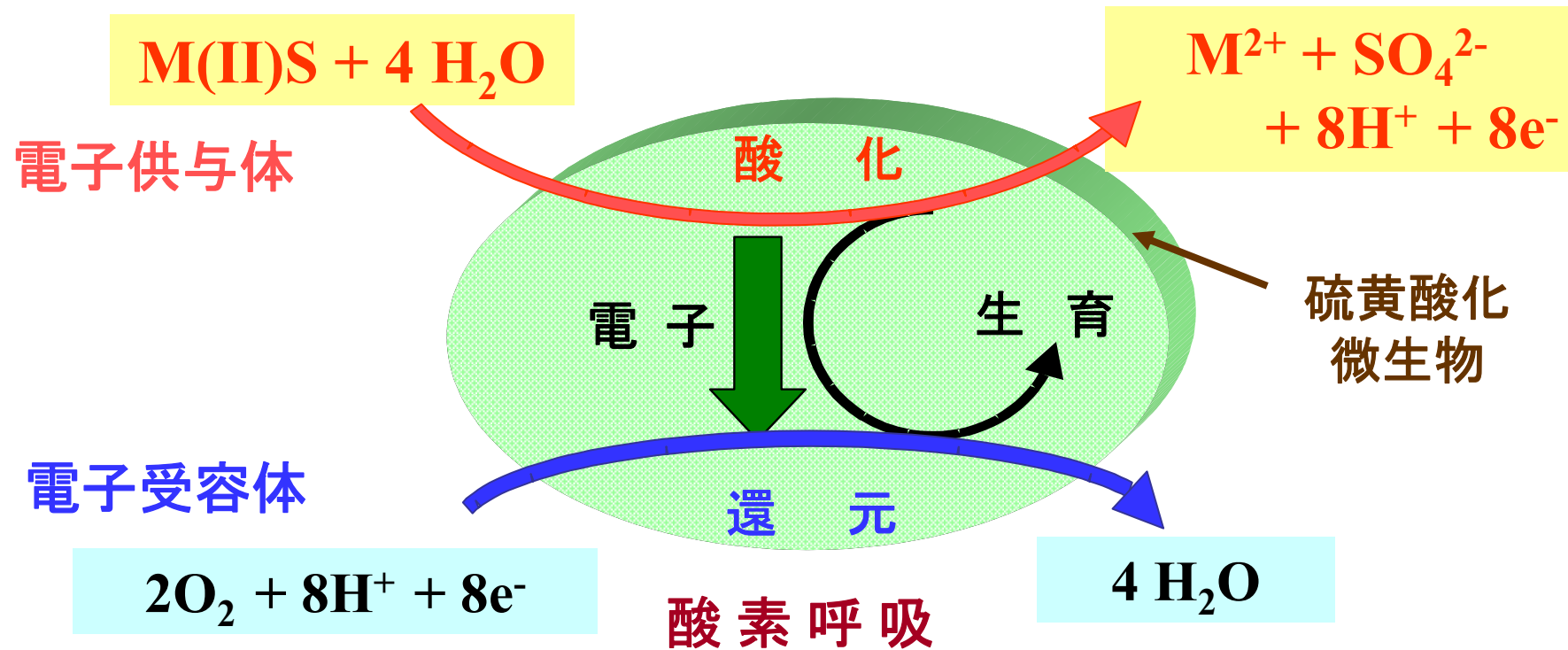
- ・ 還元細菌の生産する鉄(II)が還元力をもち、金属酸化物を溶解する
- ・ 金属酸化物の溶解で生成する鉄(III)を、バイオ還元して再生する

新技術の適用例

～低品位酸化鉱からのレアメタルのバイオ抽出～

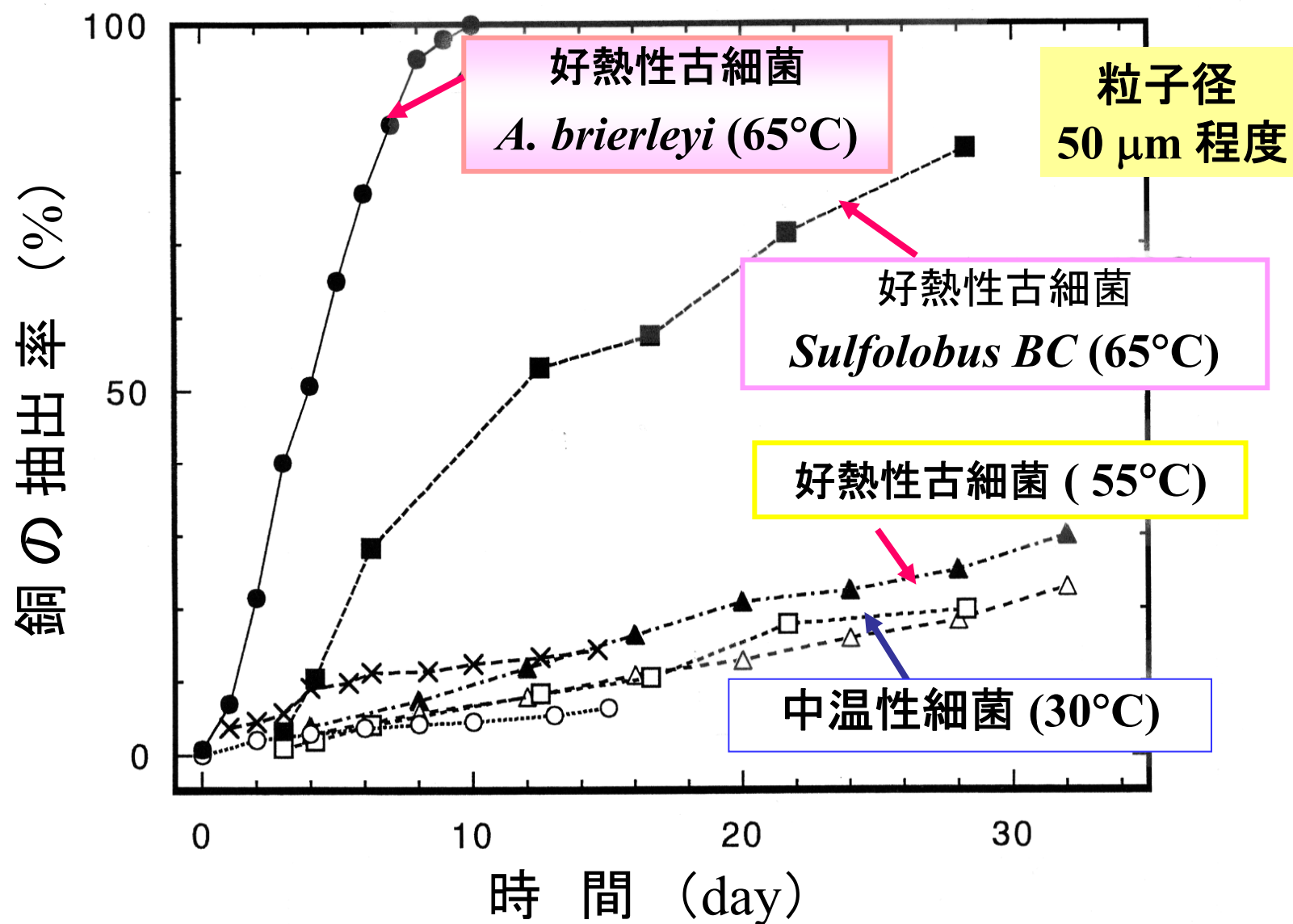


酸化微生物による無機硫黄 (M(II)S) のバイオ溶解 (好氣的環境)



無機硫黄化合物（金属硫化物など）を酸化する機能を持ち、
その酸化によって生じる電子を酸素が受けて微生物が増殖する。

硫黄酸化微生物による金属硫化物(CuFeS_2)の溶解



本技術の特徴・従来技術との比較（１）

～有用金属のバイオ抽出～

- 従来の化学的方法とは異なり、微生物機能を活用して低品位固体資源から有用金属を抽出できる**環境調和型技術**である。
- 従来のバイオ抽出法に比べて、**抽出速度を30倍以上に高める**ことに成功した。
 - 金属酸化物：還元バクテリアの適用
 - 金属硫化物：好熱性・硫黄酸化古細菌の適用
- 従来はベースメタル（Cu, Zn）硫化物が処理されていたが、本技術では**酸化物の抽出処理**ができ、しかも **レアメタルを抽出**できるようになった。

想定される用途（１）

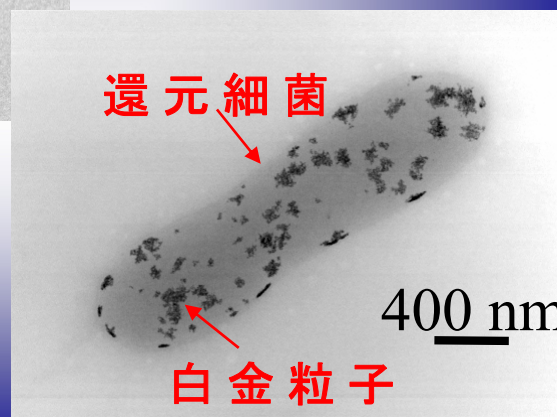
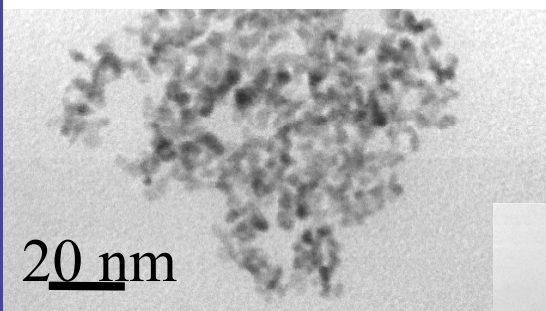
～有用金属のバイオ抽出～

- 本バイオ技術の特徴を生かすためには、未利用・**低品位金属資源** に適用することで、経済性と安全性の両面でメリットが大きい。
- 上記以外に、**人工鉱石（電子産業、化学産業などの固体廃棄物）**に含まれるレアメタル等のリサイクルングに適用できる。
- **石炭の脱硫**（硫化鉄の溶解・除去）にも展開することも可能である。

希薄溶液から貴金属の高付加価値化回収 ～貴金属(Pt)ナノ粒子の合成～

- 1 mM/l (195 mg/l) 程度のPt(IV)をメタルに還元する。
- 操作時間は30分と短時間である。
- 白金は細胞に析出し、細菌 と固液分離できる。

白金ナノ粒子(拡大写真)

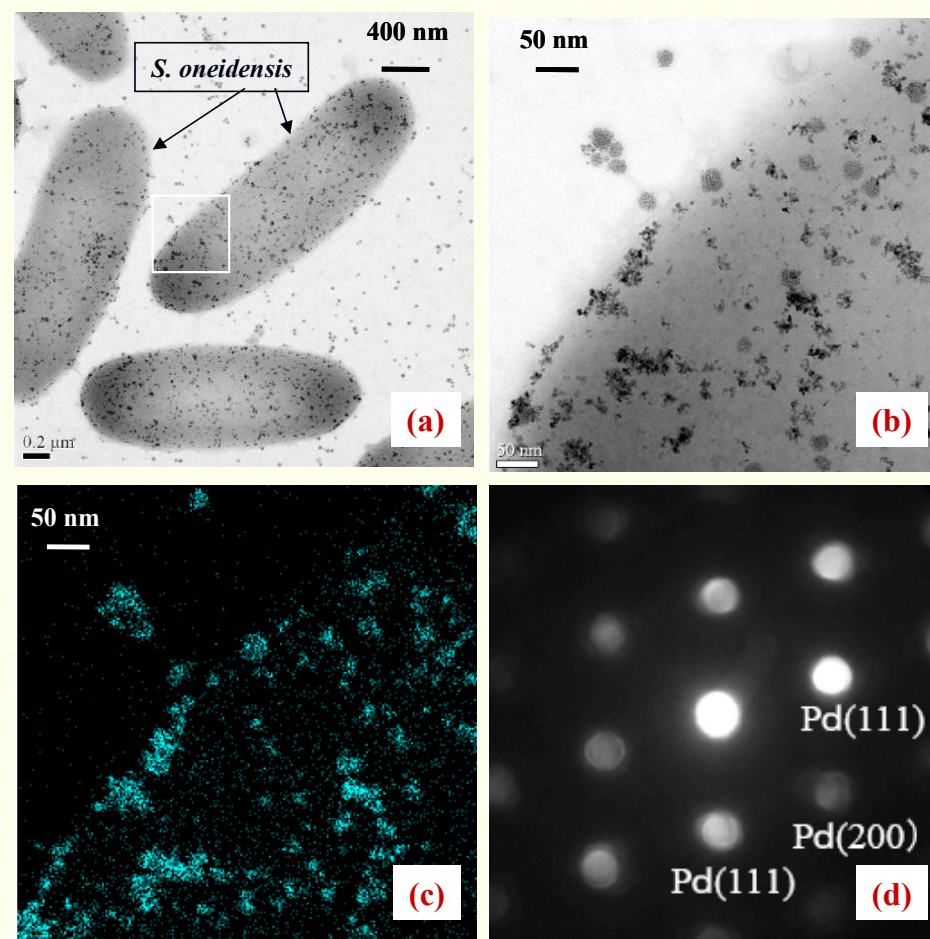


還元細菌が
つくりだす
白金ナノサ
イズ粒子

新技術の特徴・従来技術との比較 (2)

～ 貴金属ナノ粒子の合成～

- 還元バクテリアを利用して、**常温・常圧下、30分程度の短時間で、結晶性・貴金属ナノ粒子** (Pt, Au, Pd など)を合成できる**省エネ型生産法**である。
- Pdナノ粒子の**収量は500 mg/溶液1ℓ**である。

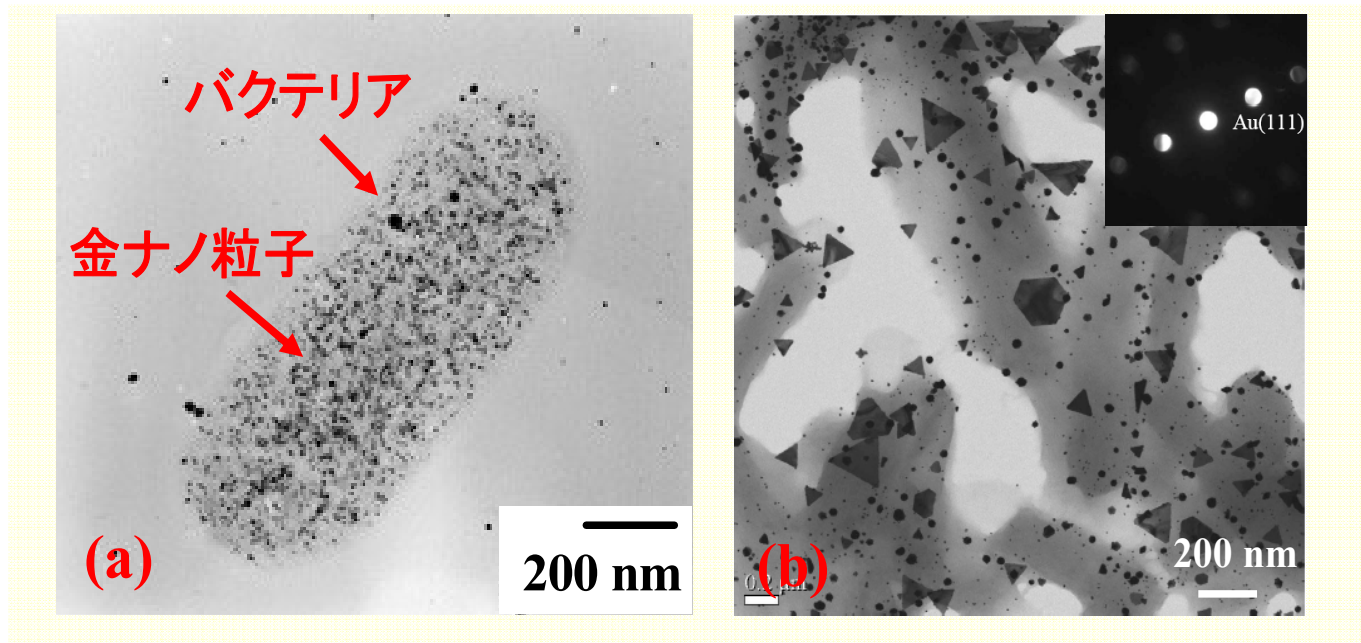


出発溶液: 1 mM Na_2PdCl_4 、pH 7. (a) TEM像(低倍率)、(b) TEM像(高倍率)、(c) EDX分析によるPd元素分布、(d) 生成粒子の極微電子線回折。

新技術の特徴・従来技術との比較 (2)

～ 貴金属ナノ粒子の合成～

- 溶液pHの調整により、金ナノ粒子の形状や生成場が変化する。



- (a) 中性 (pH 7.0): 細胞内膜と外膜の間にナノ粒子 (10 nm程度)
- (b) 酸性 (pH 2.8): 三角板状粒子 (~200 nm) が細胞外に合成

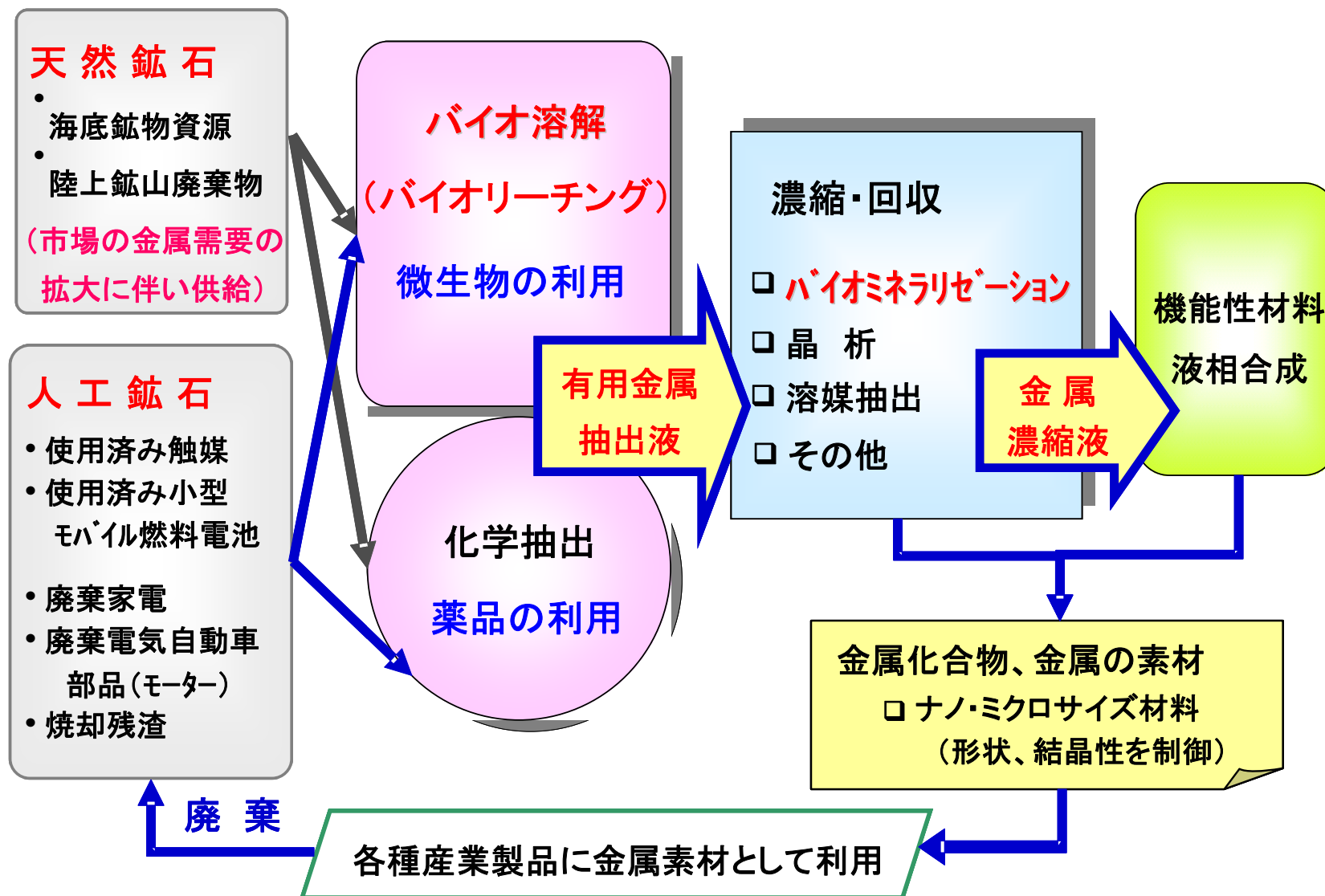
想定される用途 (2)

～貴金属ナノ粒子の合成～

- 希薄溶液から貴金属の高付加価値回収
- 貴金属ナノ粒子の環境調和型生産
- 担体(バクテリア細胞)に貴金属ナノ粒子が分散した新規触媒粒子の調製

想定される用途（3）

～有用金属の省エネ型循環システムの構築～



レアメタル等の循環システム

- “天然鉱石”や“人工鉱石”(電子産業、化学産業などの廃棄物)を処理対象
- 鉱石原料からレアメタルを効率よく抽出する技術
- 溶液中に抽出された金属成分を濃縮・回収する技術
- ナノ・マイクロサイズの高機能性粒子へと転換する技術
- これらの技術をうまく結び付けて、
原料→高機能性材料→廃棄物→原料
となるレアメタルの資源循環システムを創りあげ、
循環型社会の構築に貢献できるように研究を進める。

想定される業界

想定されるユーザー

- 環境・リサイクル関連業
- レアメタル、ベースメタルの製造メーカー、ユーザー
- 無機系廃棄物の処理業等

想定される市場規模（**レアメタル**）

- 燃料電池、自動車等の各種産業における需要拡大
- 東アジアの経済発展 と 資源枯渇に伴う価格上昇

→ 生産量は少なくとも、
レアメタル等の市場規模は大きい

実用化に向けた課題

- 現在、微生物を用いてレアメタル等のバイオ抽出が可能のところまで開発済み。しかし、**そのダウンストリーム工程（溶液からの金属の分離・回収）**については未解決である。
- 今後、抽出液中のレアメタル等の分離・回収について実験データを取得して、**金属循環システムの構築**をめざしていく。
- また、貴金属ナノ粒子の合成に基づく高付加価値化回収では、連続式反応装置の開発に向けて、**微生物の固定化方法などを含めて反応器形式**を検討していく。

企業への期待（１）

～有用金属のバイオ抽出～

- 未解決のダウンストリームプロセス（抽出液からのベースメタル回収）については、既存の技術により克服できると考えている。
- 廃水処理の技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、廃棄物中の重金属処理プロセスを開発中の企業、石炭を大量に消費する製鉄業、海外での金属鉱山開発を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

企業への期待(2)

～貴金属ナノ粒子としての高付加価値化回収～

- 未解決の連続式処理装置の開発については、微生物(酵素)の固定化技術がキーポイントになると考えている。
- 微生物(酵素)の固定化技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、排水中の貴金属回収プロセスを開発中の企業、金属リサイクリング分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 金属回収方法
- 出願番号 : 特願 2006-259938
- 出願日 : 平成18年 9月26日
- 出願人 : 公立大学法人 大阪府立大学
独立行政法人 石油天然ガス・
金属鉱物資源機構(JOGMEC)
- 発明者 : 小西康裕、斉藤範三

お問い合わせ先

公立大学法人 大阪府立大学
産学官連携機構リエゾンオフィス
稲池 稔弘

TEL 072-254 - 9872

FAX 072-254 - 9874

e-mail ipbc@iao.osakafu-u.ac.jp