

令和元年度【3R先進事例発表会】

パン酵母を分離剤として活用する貴金属・レアメタル (金、パラジウム、白金)のバイオ回収

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

小西 康裕

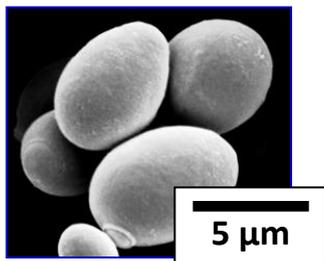


貴金属・レアメタル (Au, Pd, Pt) のバイオフィンリッチ

工業的利用に最適な分離剤

パン酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*)

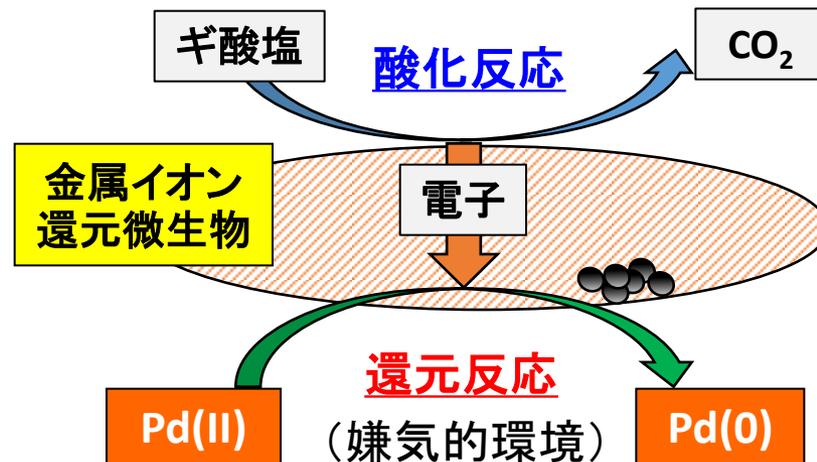
【市販品を安価で大量に入手！】



乾燥パン酵母
(顆粒状の普及品)

中性溶液

バイオ還元・析出



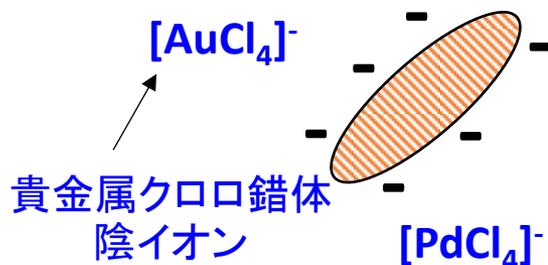
酸性溶液

pH > 4

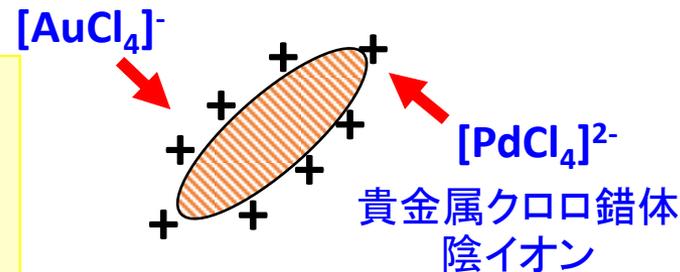
pH < 4

パン酵母のゼロ電荷点*
pH ≈ 4 付近

バイオ吸着 (空気環境)



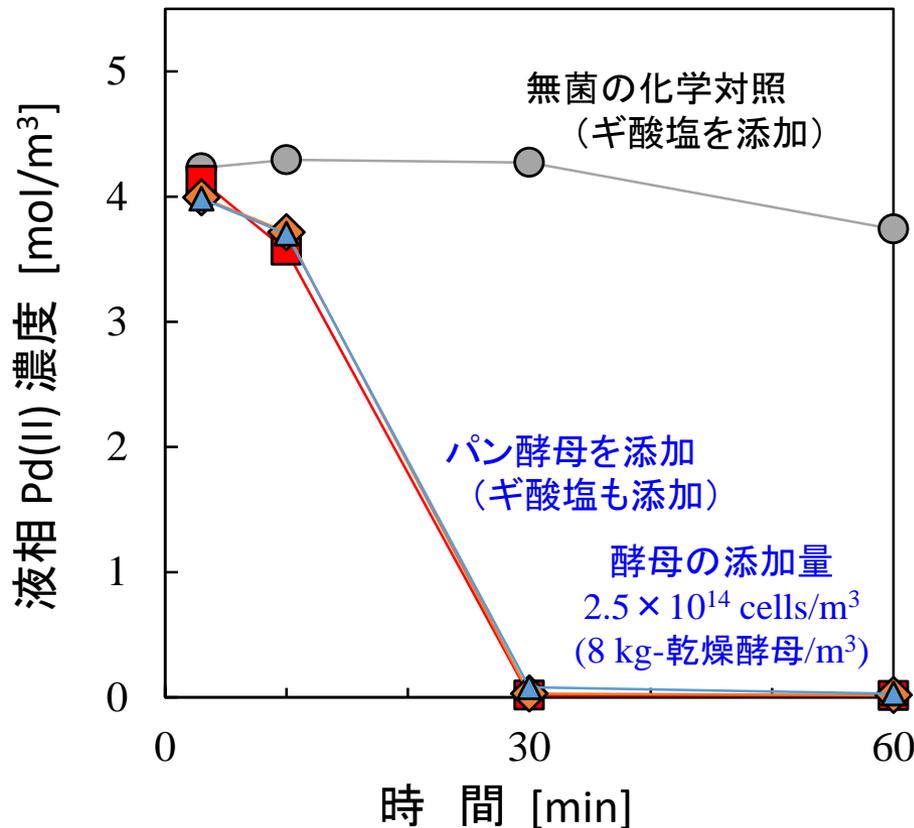
細胞表層の-COOH、
H₃PO₄ - など官能基が
金属イオン吸着能



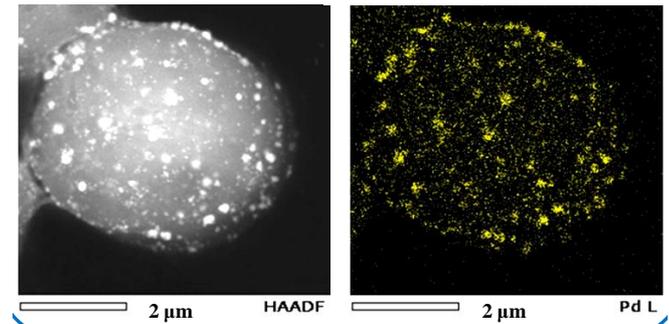
*) P.B. Dengis et al., Appl. Environ. Microbiol. 61, 718-728 (1995)

パン酵母によるパラジウム (Pd(II)) イオンの還元・析出

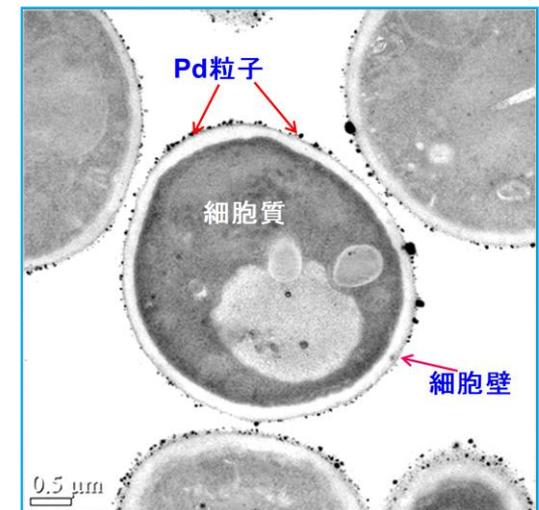
【中性の試薬溶液、室温、嫌気性雰囲気】



パン酵母が産出するPdナノ粒子
暗視野 (HAADF) (黄色: Pd元素)

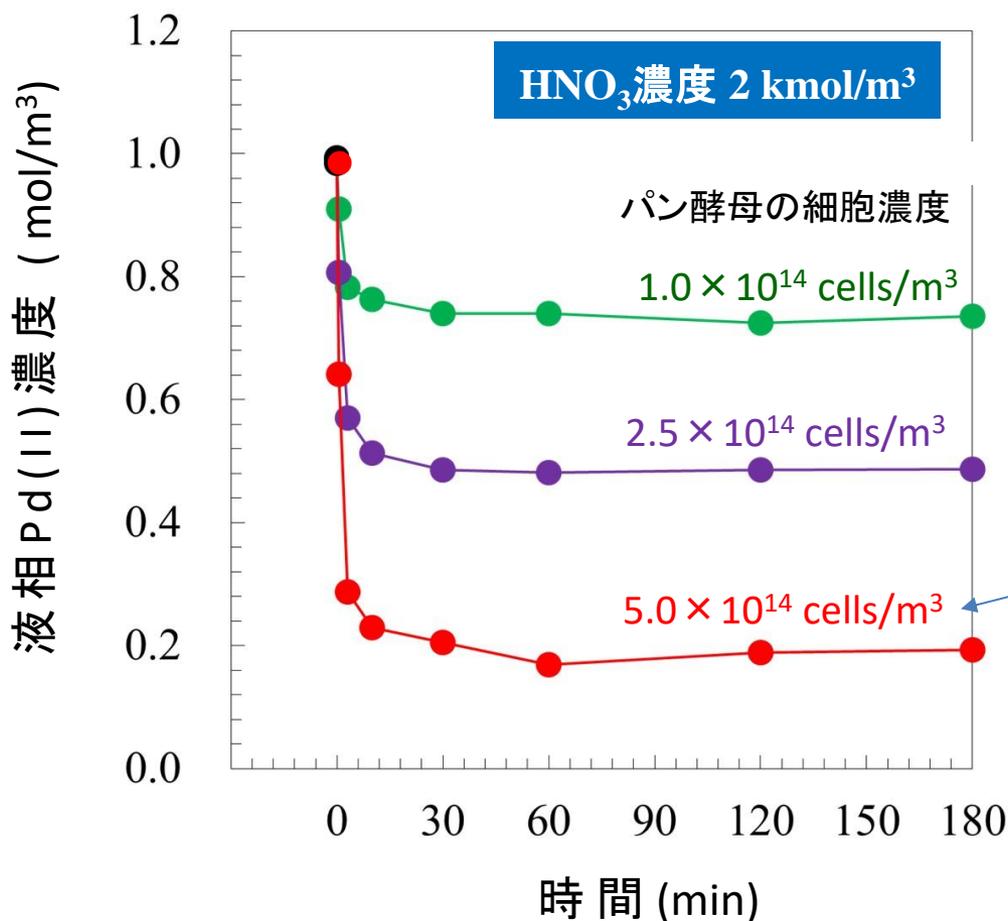


Pdナノ粒子の生成場(酵母の細胞表面)



パン酵母によるパラジウム (Pd(II)) イオンの吸着分離

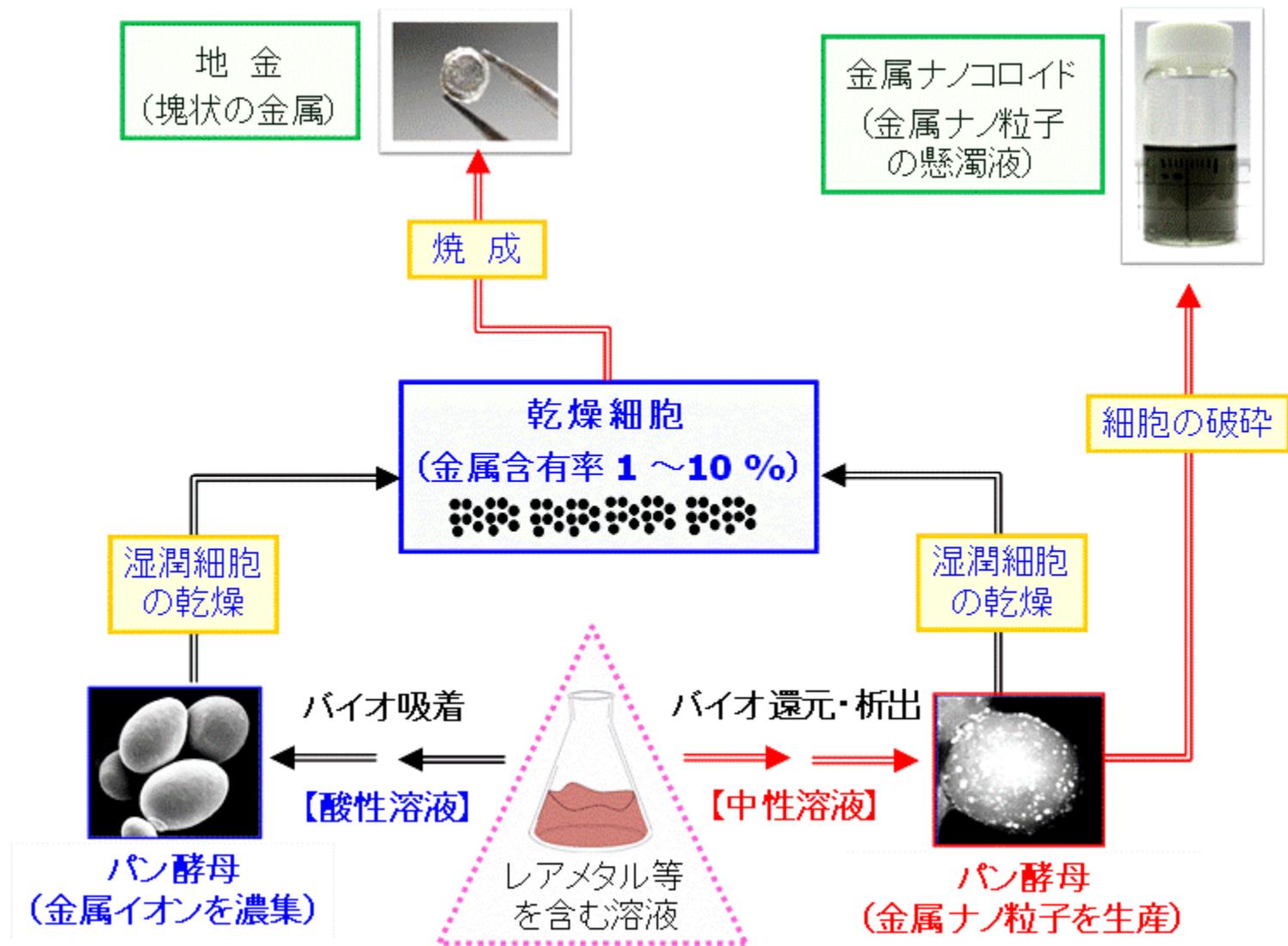
【強酸性の試薬溶液、室温、空気雰囲気】



【酵母の細胞濃度】
5.0 × 10¹⁴ cells/m³

【酵母の添加量】
16 kg-乾燥酵母/m³
(1.6 wt %)

パン酵母からの貴金属・レアメタル (Au, Pd, Pt) 回収フロー



実液に対するパン酵母（市販の乾燥細胞）の適応性

◎ 実液（Au(III), Pd(II), Pt(IV)を含む強酸性溶液）

【液中の貴金属の濃度範囲：5～20,000 g/m³ (ppm)】

- 固体廃棄物の処理液：（Au, 5 g/m³）（重金属, 20800 g/m³）
- めっき廃液：（Pd, 190 g/m³）（重金属, 4500 g/m³）
- リサイクル工場の処理工程液（貴金属の濃縮液）：
（Au 5720 g/m³; Pd, 749 g/m³; Pt, 13300 g/m³）
- 使用済み電子部品の王水溶解液：（Au, 197 g/m³）（重金属, 1952 g/m³）

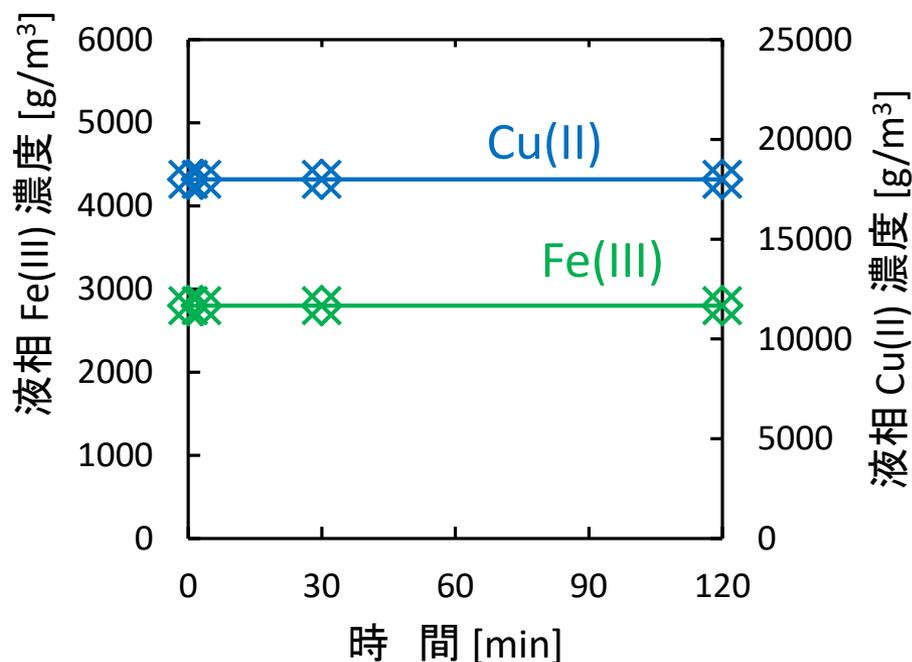
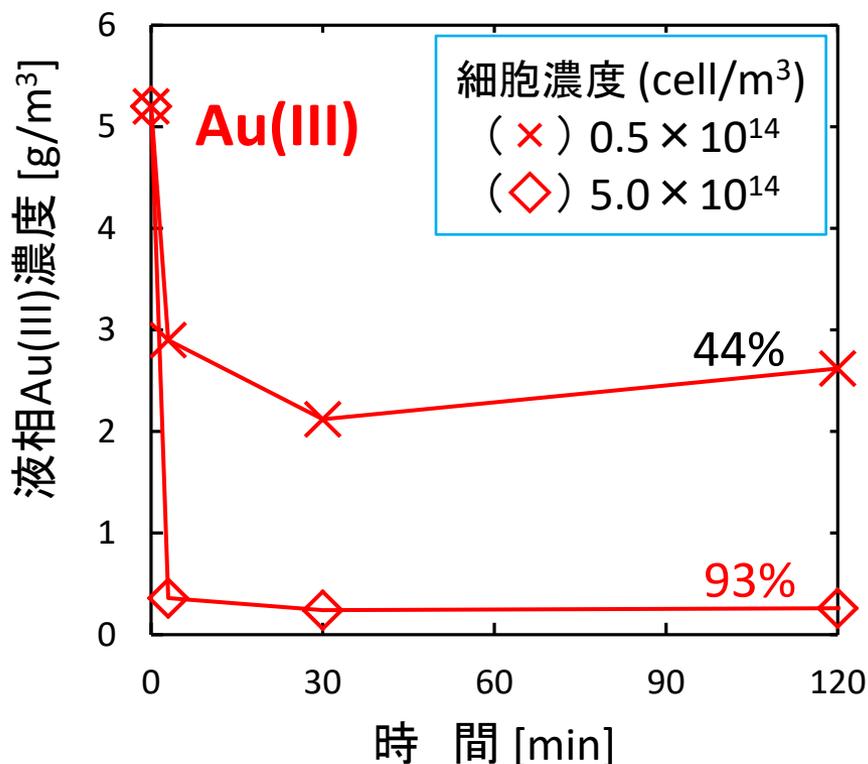
貴金属・レアメタル分離剤に求められるポイント

- ◎ 貴金属・レアメタル（ターゲット金属）に対する選択性
- ◎ 高速・高効率のバイオ分離・回収

パン酵母による金 (Au(III)) イオンの吸着分離

【廃棄物の処理液: pH 1.3; Au 5.0 g/m³, Cu 18000 g/m³, Fe 2800 g/m³】

パン酵母の添加量 : 5.0×10^{14} cells/m³ = 16 kg-乾燥酵母/m³ = 1.6 wt%

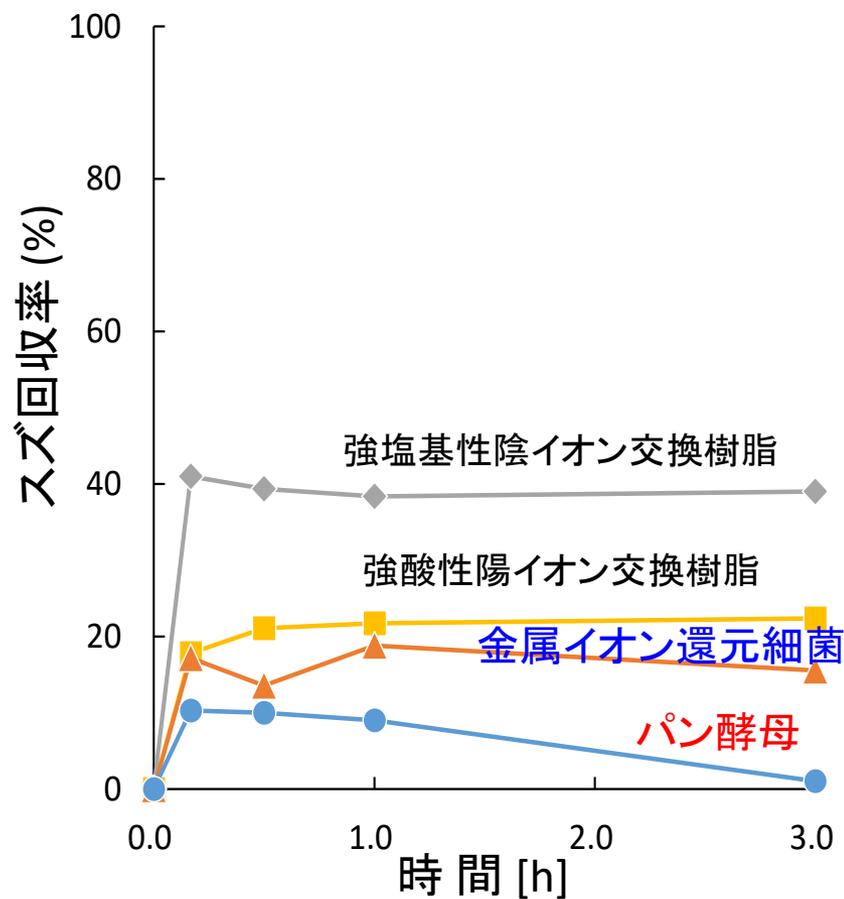
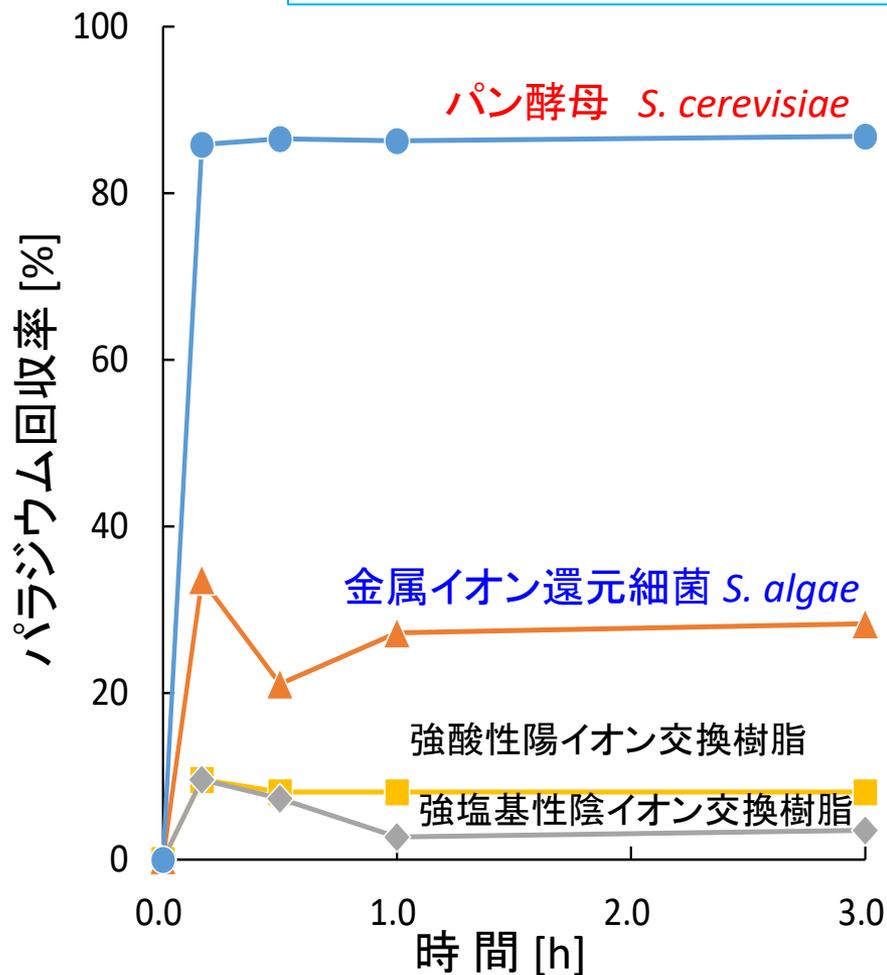


細胞濃度
(× ×) 0.5×10^{14} cell/m³
(◇ ◇) 5.0×10^{14} cell/m³

各種の分離剤によるパラジウム(Pd(II))イオンの吸着分離

【めっき廃液: pH 0; Pd 190 g/m³, Sn 4500 g/m³】

パン酵母の添加量 : 32 kg-乾燥酵母/m³ = 3.2 wt%



パン酵母による貴金属 (Au(III), Pd(II), Pt(IV)) イオンの吸着分離

【リサイクル工場の濃縮処理溶液: pH < 0;

Au 5720 g/m³, Pd 749 g/m³, Pt 13300 g/m³】

- パン酵母の添加量 : 64 kg-乾燥細胞/m³
- 1回バッチの吸着時間 : 10 min



多回バッチ吸着法による実液からの貴金属のバイオ分離・回収

| 回数 | 1回目 | | 3回目 | | 6回目 |
|-----------------------------|-----|---|-----|---|-----|
| Au 回収率 [%] | 50 | | 90 | | 100 |
| Pd 回収率 [%] | 30 | → | 84 | → | 100 |
| Pt 回収率 [%] | 8.7 | | 20 | | 50 |
| パン酵母中の貴金属量 [mg-貴金属/g-酵母] | 66 | | 65 | | 73 |

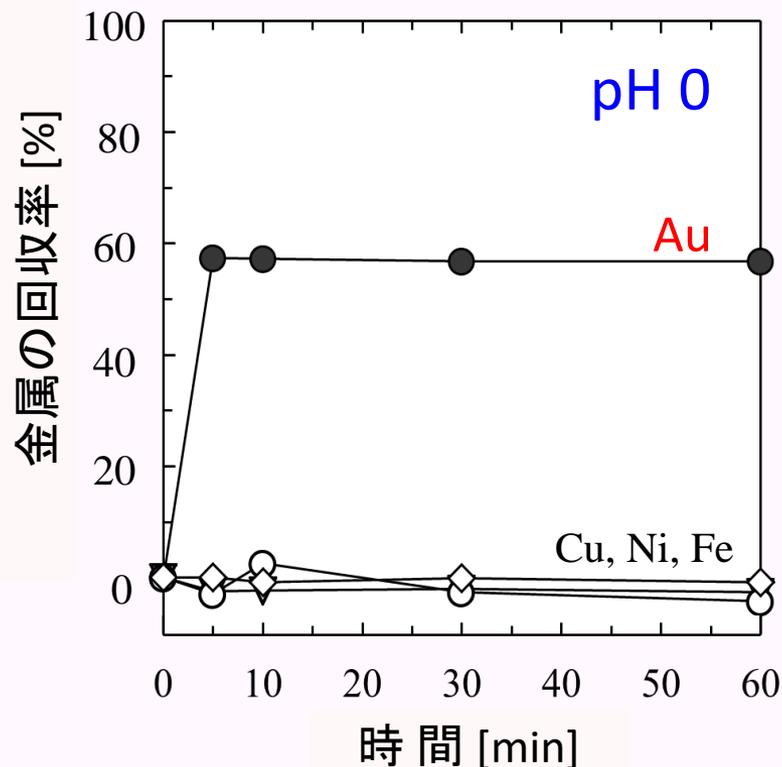
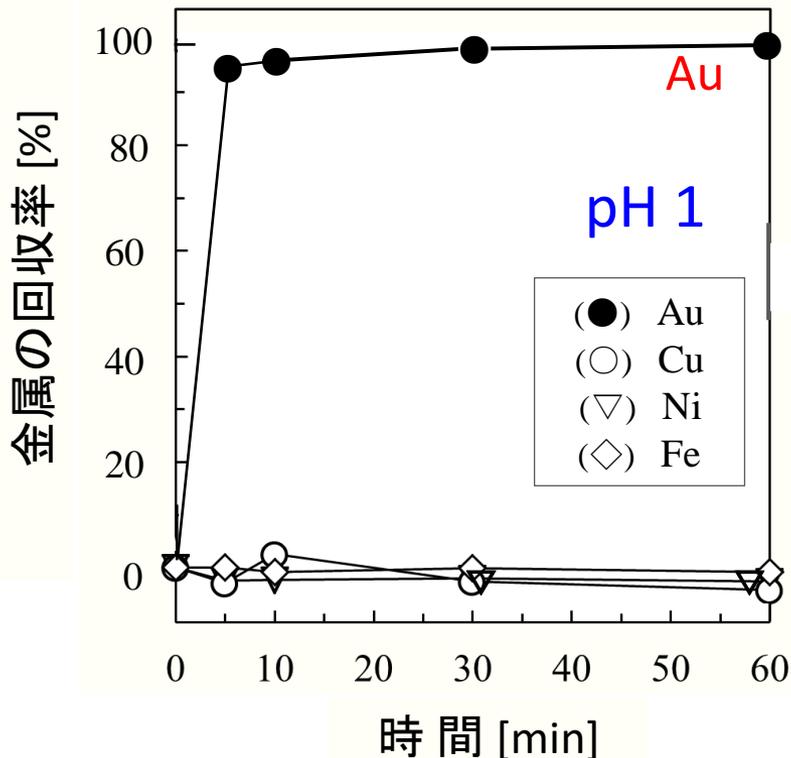
パン酵母による金 (Au(III)) イオンの選択的分離・回収

【使用済み電子部品 (ICチップ) の50%王水溶解液;

Au 197 g/m³, Cu 191 g/m³, Ni 704 g/m³, Fe 1057 g/m³】

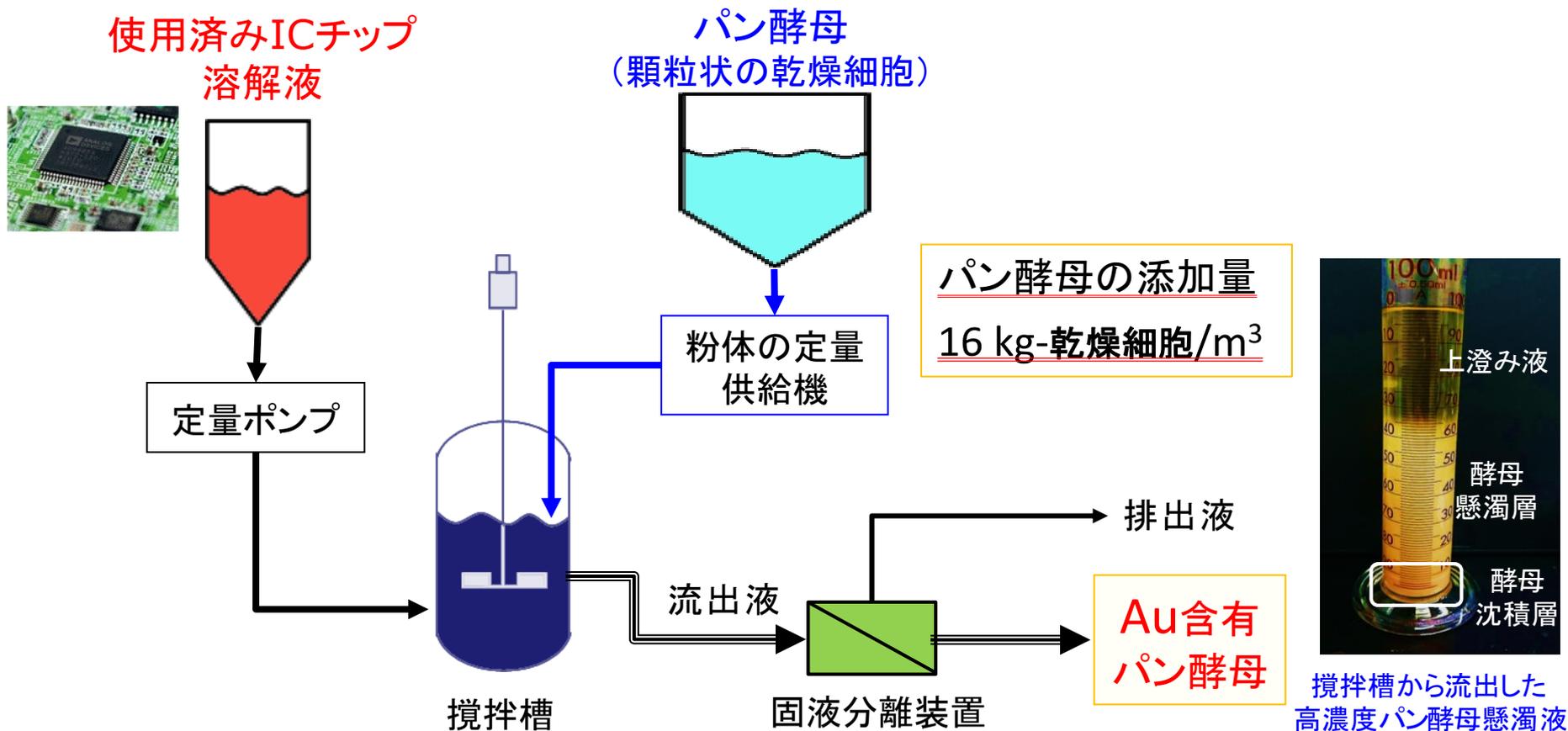


パン酵母の添加量 : 5.0×10^{14} cells/m³ = 16 kg-乾燥酵母/m³ = 1.6 wt%



大量ICチップ溶解液の連続処理・Auバイオ回収【実用化イメージ】

【使用済み電子部品(ICチップ)の溶解液: pH 1 ; Au 197 g/m³】

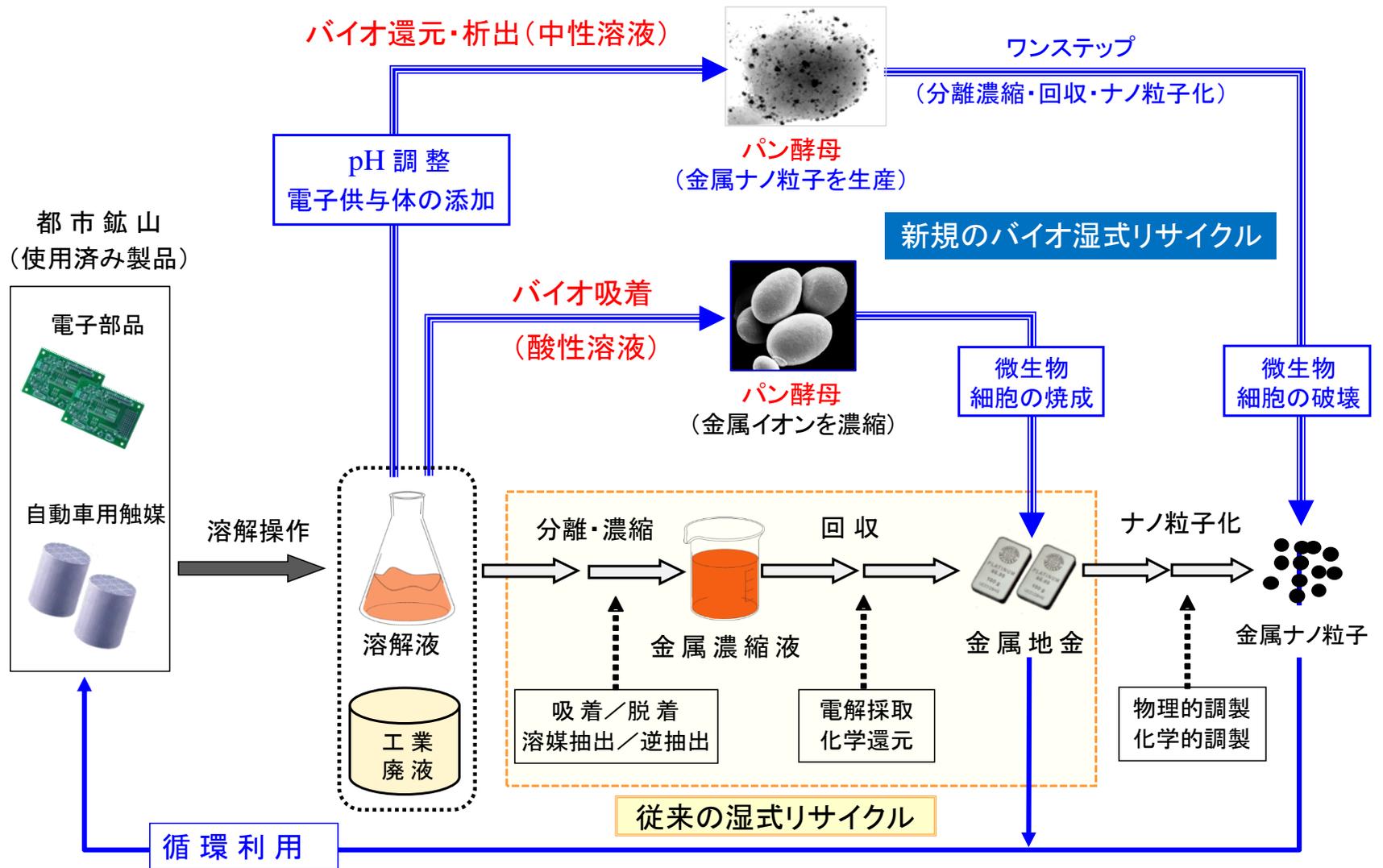


バイオ回収装置 (1 m³) によるAu回収速度【平均滞留時間 0.5 h】

0.394 kg-Au/h/m³-装置 × 24 h × 300 day/年 = 2840 kg/年

国内Au需要量
61トン/年

レアメタル・貴金属リサイクルの工程フローの比較



バイオ利用リサイクルは、低エネルギー型でプロセスが簡単で、導入コストも低いため、異業種からの新規参入も期にも期待！

従来の分離方法と新規バイオ分離方法の関係

貴金属の分離方法

適応濃度

イオン交換樹脂による吸着

< 数 g/L

活性炭による吸着

< 数 g/L

電解採取

数 100 mg/L ~ 数10 g/L

セメンテーション

数 100 mg/L ~ 数10 g/L

沈殿晶析

数 g/L >

溶媒抽出

数 g/L >

低濃度
(希薄溶液からの
分離・回収)

高濃度
(精製)

ターゲット金属濃度レベル【数 mg/L ~ 数 10 g/L】を対象に、
低コスト・高効率な“バイオ分離技術の研究開発！”

おわりに

パン酵母を分離剤として活用する貴金属・レアメタル (金、パラジウム、白金)のバイオ回収

- 食品分野の市場流通品で、低コストで大量に入手が容易な パン酵母(乾燥細胞)を バイオ分離剤として活用した。
- パン酵母を用いて、都市鉱山(使用済みICチップ、工業廃液・排水)を対象に、貴金属・レアメタル(Au, Pd, Pt)を 選択的に分離・回収できることを見出した。
- 本研究成果は、パン酵母を利用する貴金属・レアメタル (Au, Pd, Pt)リサイクル技術の実用化・普及に一層の弾みをつける。

