

# 尿または下水添加による リンおよび金属の同時除去とその回収技術

---

龍谷大学 先端理工学部 環境生態工学課程  
准教授 越川博元

2024年3月22日(金)



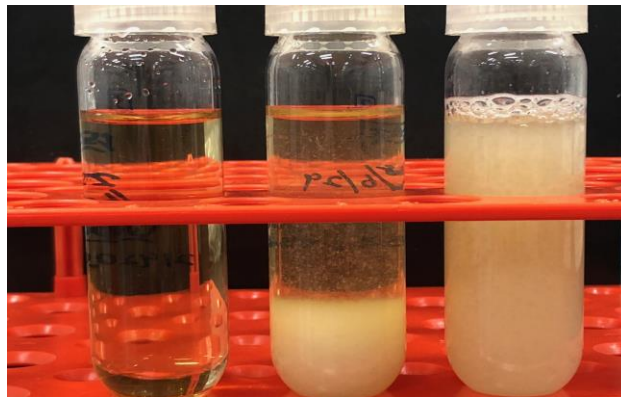
# 本技術の概要 (1)

3価の(重)金属イオンを含む水溶液



下水または尿を添加・混合

不溶性の沈殿 = 「3価の金属イオン」「リン酸」を、同時回収。  
3価の金属イオンが優先的に。



尿

沈殿の形成

回収率(尿)

90%

収支

90%

# 本技術の概要 (2)

重金属廃液と尿・下水を**混合するだけで...**  
「リン酸」と「重金属」が**同時に回収**できる。

## 1. 尿の場合

リン酸 1 分子に対して、1 分子程度の重金属イオンを沈殿・回収ができる。リン酸濃度は下水より高く、有利。

## 2. 下水の場合

リン酸 1 分子に対して、**5~10分子**程度の重金属イオンを沈殿・回収ができる。→ 尿の場合より、**効率が**高い。

## 3. 3価の重金属イオンを**優先的に**沈殿・回収できる。

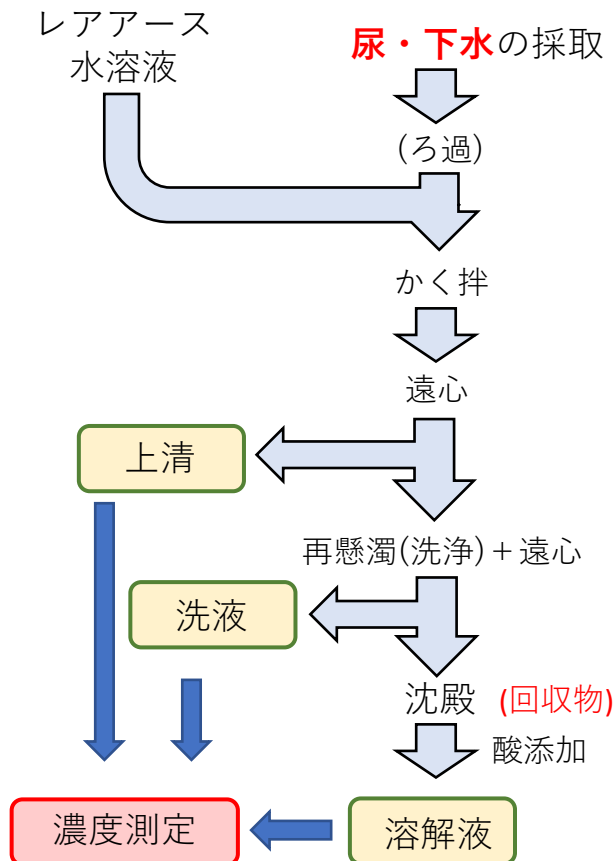
→ 1・2・3価の金属イオンが混在しても、(ある程度)分別可能。

## 4. 金属イオン水溶液が**酸性でも**、沈殿を形成し回収可能。

→ **pHの調整不要**，回収後は弱酸性。

# 実験の流れと分析, 評価

## 1. 実験の流れ



## 2. 試料

尿 : 排泄直後の新鮮尿

下水 : 流入生下水(沈砂池流出水=砂などを除去)

レアアース水溶液 : 塩化物を超純水に溶解

## 3. 分析

金属イオン : 高周波誘導結合プラズマ(ICP)発光分析

リン酸イオン : 公定法(モリブデン青法, JIS K 0102)

## 4. 評価

収支 : 濃度 × 液量

= 画分に移行した金属イオン(リン酸)

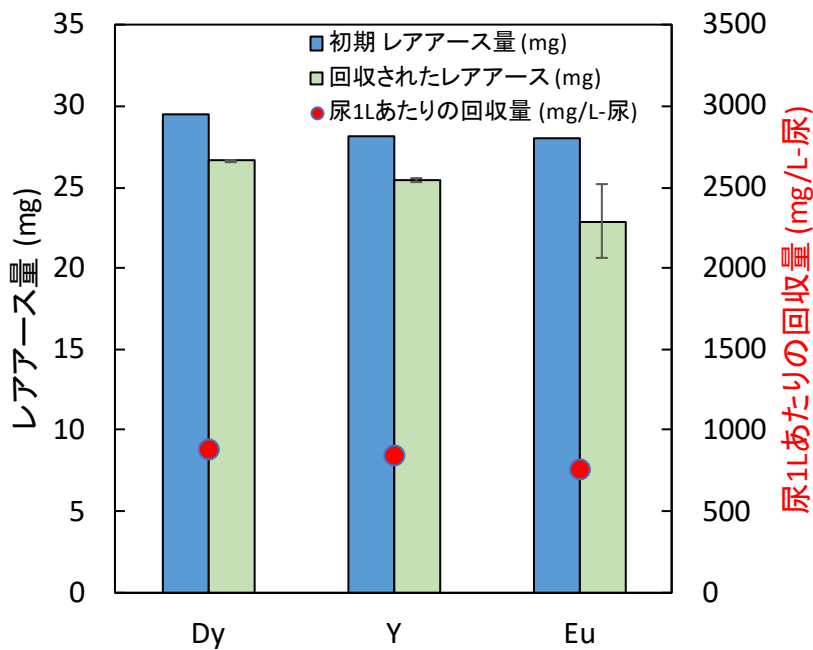
回収率 : 添加した金属イオン量に対する, 回収量



ICP発光分析装置

- (1) 多元素同時分析、逐次分析が可能
- (2) 検量線の直線範囲が広い
- (3) 干渉が少なく高マトリックス試料の分析が可能
- (4) 高感度である
- (5) 測定可能元素が多い
- (6) 安定性がよい

# イットリウム (Y) ・ ユウロピウム (Eu) と尿



尿にDy, Y, およびEuを添加した場合における回収量 (mg/L-尿)

特願2019-136948

## 尿にDy, Y, およびEuを添加した場合

	ジスプロシウム		イットリウム		ユウロピウム	
	平均	S.D	平均	S.D	平均	S.D
初期レアアース量 (mg)	29.5	-	28.1	-	28	-
収率 (%)	90.5	0.3	91.7	0.4	81.9	8.2
回収率 (%)	90.3	0.2	90.6	0.4	81.8	8.2
尿1Lあたりの回収量 (mg/L-尿)	890	0.002	850	0.004	760	0.08

\*S.D: 標準偏差 (n=3)

特願2019-136948

Y, Euの場合も, Dyの場合と同様に...

- (1) 高い回収率。
- (2) 尿1Lあたりの回収量は, 概ね一定

→尿中の物質と, 沈殿を形成している。

**3価の金属**について拡張できる可能性?

# ジスプロシウム (Dy) と下水

下水300mLにジスプロシウムを添加  
Dyについて、収支と回収率、および回収量

	Day 1	Day 2	Day 3	平均	S.D
収支 (%)	63.3	59.8	65.0	62.7	2.2
回収率 (%)	60.3	56.1	53.8	56.8	2.7
Dy回収量(mg/L-下水)	37	38	32	<b>36</b>	3

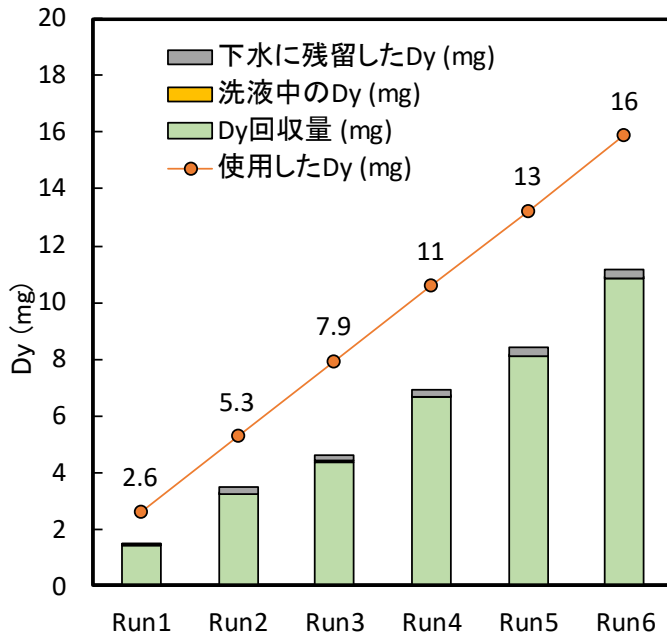
特願2019-136948

下水の場合も、同様に...

(1)収支は60%程度であったが、**安定して回収**できた。

(2)下水1Lに対するDy回収量は、**36mg-Dy/L-下水**。  
尿の場合の**1/30~1/50** (1,000~2,000mg/L-尿)。

特願2019-136948



下水300mLにジスプロシウムを  
添加した場合の回収量 (Day 1)

# レアアースの「相手」はリン酸イオン？

リン酸イオン1molに対する、レアアースのモル比

	リン酸イオン(1mol)に対するモル比			
	尿	S.D (n=3)	下水	S.D (n=3)
ジスプロシウム	1.0	0.05	5.4	1.0
イットリウム	0.9	0.02	4.7	0.7
ユウロピウム	0.9	0.05	6.5	1.2

「リン酸イオン1分子に対して、レアアース1分子」

特願2019-136948



## 1. 尿の場合

いずれも、レアアースはリン酸イオンで沈殿形成。

## 2. 下水の場合

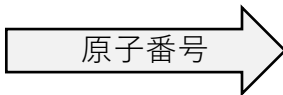
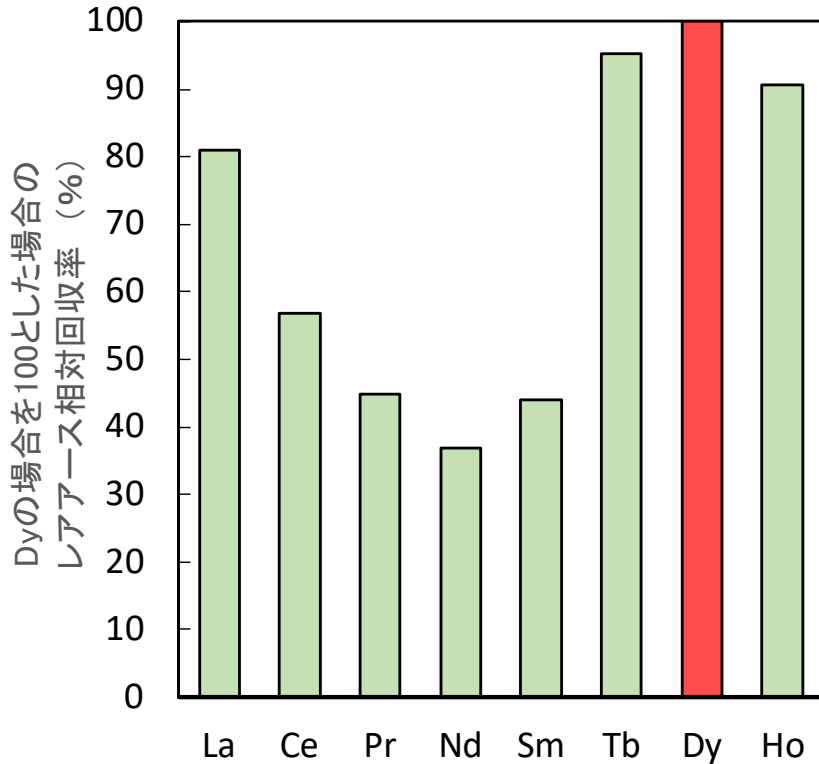
下水中のリン酸イオンと、それ以外の陰イオン沈殿形成？

リン酸除去 = 凝集沈殿(3価の金属イオンを投入)

→3価の金属イオンは水中の炭酸塩とも反応して水酸化物として、沈殿。

(第46回下水道新技術セミナー 基調講演, 津野洋, H21)

# 他のレアアースにも適用できる？



La                      Ce                      Pr                      Nd  
ランタン              セリウム              プラセオジム              ネオジム

Sm                      Tb                      Dy                      Ho  
サマリウム              テルビウム              ジスプロシウム              ホルミウム

- (1) 同一の下水に対して
- (2) レアアース水溶液を大過剰に添加
- (3) それぞれの回収量を比較



1. Dy : 120 (mg/L-下水) に対して,  
(1) ランタン(La)              = 80%  
    テルビウム(Tb)            = 95%  
    ホルミウム(Ho)           = 90%
- (2) セリウム(Ce)              = 60%  
    プロセオジム(Pr)          = 45%  
    ネオジム(Nd)                = 40%  
    サマリウム(Sm)            = 45%

2. **適用できる。**  
    しかし、元素により異なる。



# 酸性の金属水溶液でも回収できる？



携帯電話等の廃棄



破碎



酸への溶解

金属を抽出し、  
プラスチックなどと分別。



金属を含有する廃液

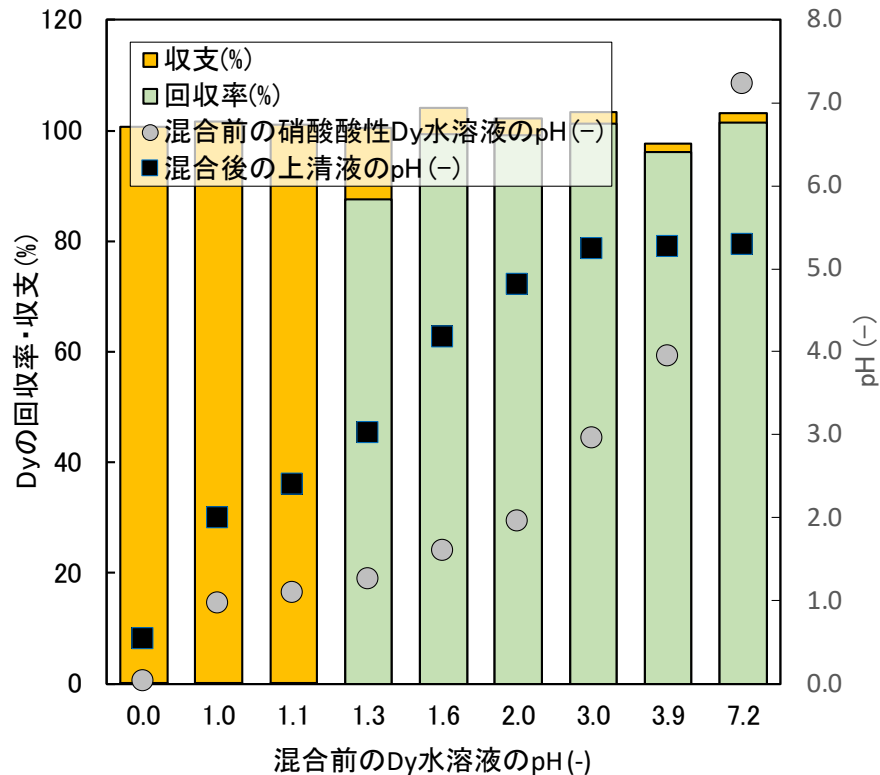


金属は「酸」に  
よく溶ける

(1) 酸性の金属水溶液でも  
回収ができるのか？

(2) 尿のpH緩衝能力を期待。

# 酸性の金属水溶液でも回収できる？（尿）



320～370 mg-Dy/L-尿

第22回 環境技術学会(2022)

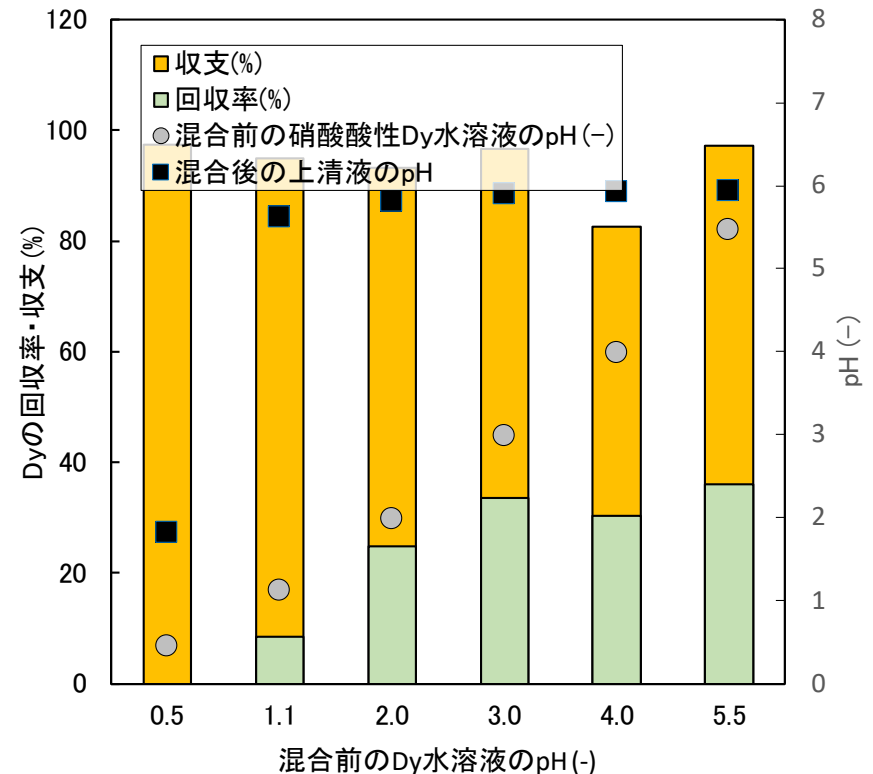
Dy水溶液:尿=1:1 に設定

- (1) Dy水溶液のpHが**1.3**であっても、Dyの回収ができた。
- (2) このとき、残液(上清液)のpHは**3.0**。
- (3) **尿のpH緩衝効果**  
→よりpHに対して余裕がある。  
→リン酸濃度も高い。  
→比較的大規模事業所での適用に。
- (4) 回収後の残液(上清液)のpHは弱酸性。  
= **その後の処理も比較的容易**。

# 酸性の金属水溶液でも回収できる？（下水）

Dy水溶液：下水=1:60 に設定

- (1) Dy水溶液のpHが2程度であれば、Dyの回収は充分できた。
- (2) このとき、残液(上清液)のpHは5.8。
- (3) 下水のpH緩衝効果（尿との比較）  
→尿よりは低いと考えられる。  
→リン酸濃度も低いが、下水量は大量。  
→小規模事業所からの回収・処理に。
- (4) 回収後の残液(上清液)のpHは弱酸性。  
= その後の処理も比較的容易。



105~120 mg-Dy/L-下水

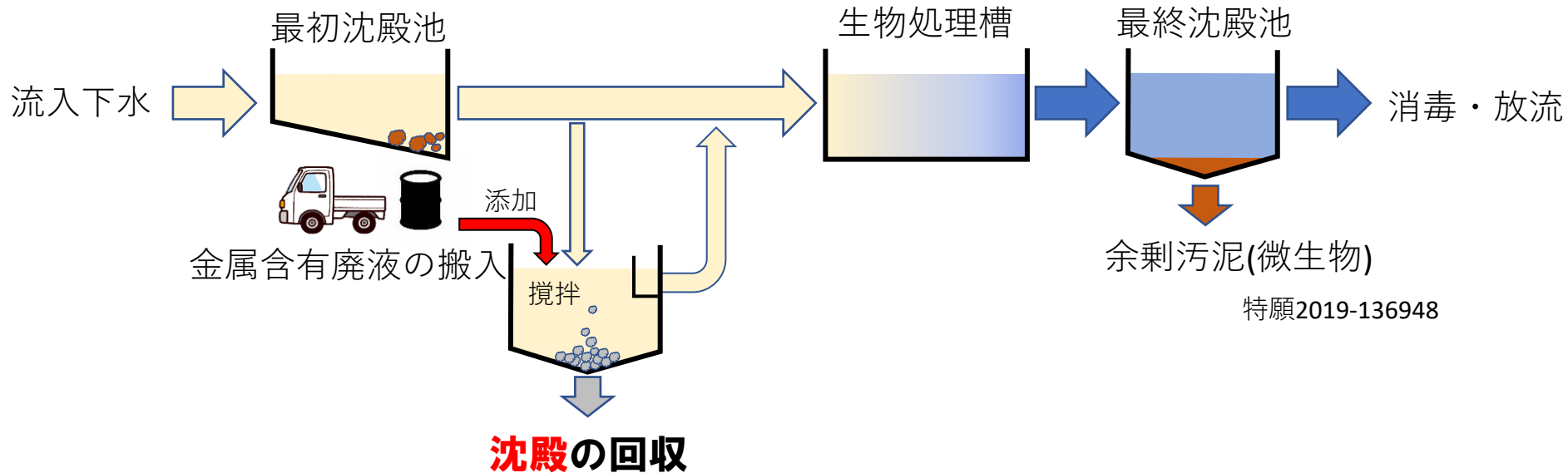
第22回 環境技術学会(2022)

# 本技術のメリットとデメリット（課題）

メリット	デメリット（課題）
<p>尿の場合，リン酸 1 分子に対して，1 分子程度の金属イオンを沈殿させることができる。リン酸濃度は下水より高い。</p>	<p>沈殿物（リン酸と金属イオン）から，個別に回収する方法については，未検討。</p>
<p>下水の場合，リン酸 1 分子に対して，5～10 分子程度の金属イオンを沈殿させることができる。→尿の場合より，効率が良い。</p>	<p>尿，または下水の収集が困難。 (→下水処理場の有閑施設等の活用)</p>
<p>1・2・3価の金属イオンが混在しても，3価の金属イオンを選択的に沈殿できる。</p>	<p>1・2価の金属イオンは沈殿しない。 下水由来の3価金属イオンも混入してしまう。</p>
<p>金属イオン水溶液が酸性でも，沈殿形成 =pHの調整は不要で，回収可能。</p>	<p>上澄み液に残存する1・2価の金属イオンの除去を検討する必要性。</p>

# 想定される用途(1)

下水の利用：下水処理場での回収・有閑施設の利用をイメージ



金属処理を組み込んだ下水処理の流れ

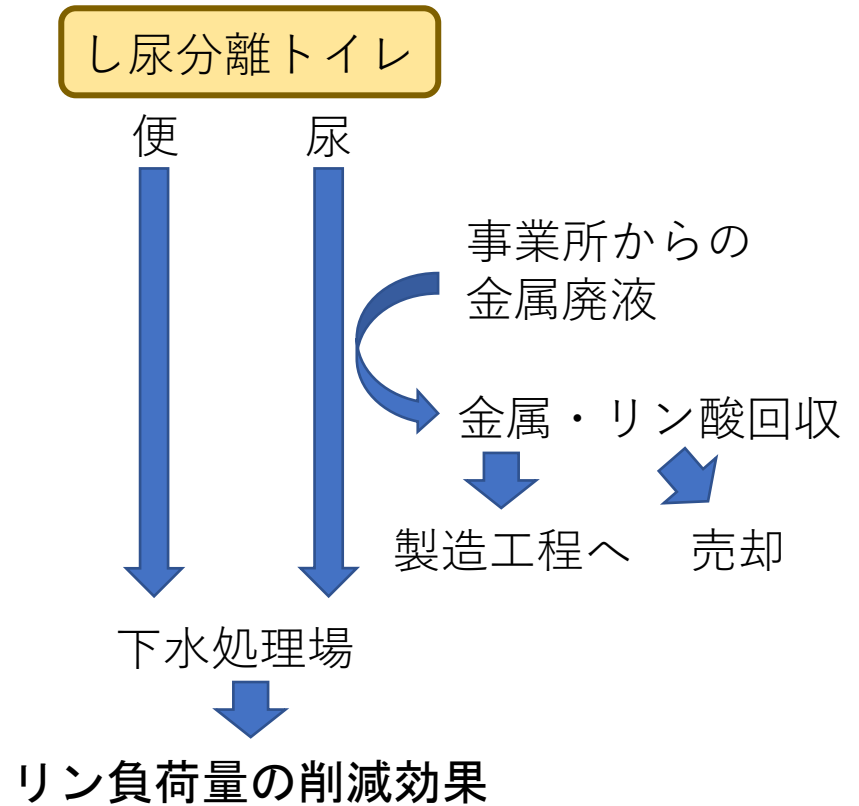
- (1)計画時は「人口増を見込んだ」余裕のある施設と用地
- (2)人口減による、処理量の減少 = 有閑施設・用地の発生
- (3)その有効活用をめざす。

# 想定される用途 (2)

し尿分離トイレとの併用：事業所での回収をイメージ



し尿分離トイレの例  
便と尿の分離回収を目的とした便器



# 本技術に関する知的財産権

発明の名称：尿または下水添加によるリンおよび金属の  
同時除去または回収方法

出願番号：特願2019-136948

発明者：越川博元

出願人：学校法人龍谷大学