

無機イオン交換体による 水浄化とアクアポニックス等への応用

法政大学 生命科学部 環境応用化学科 渡邊研究室

E-mail: yujiro@hosei.ac.jp

はじめに

無機イオン交換体(ゼオライト、アパタイト、層状複水酸化物)を含む生分解性シートや造粒体を開発し、これらの富栄養化物質の吸脱着特性を生かした廃水処理および、水浄化と植物栽培を効率的に行う新規水循環植物生育システムを確立した。

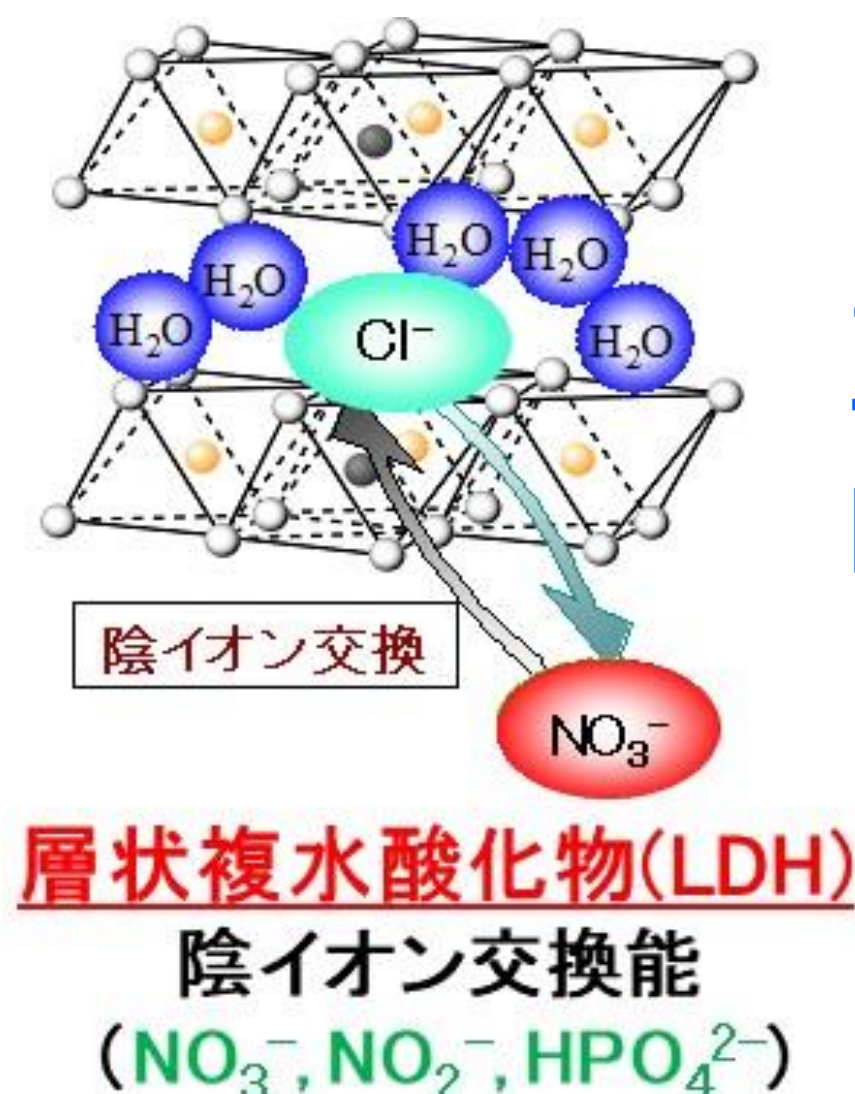
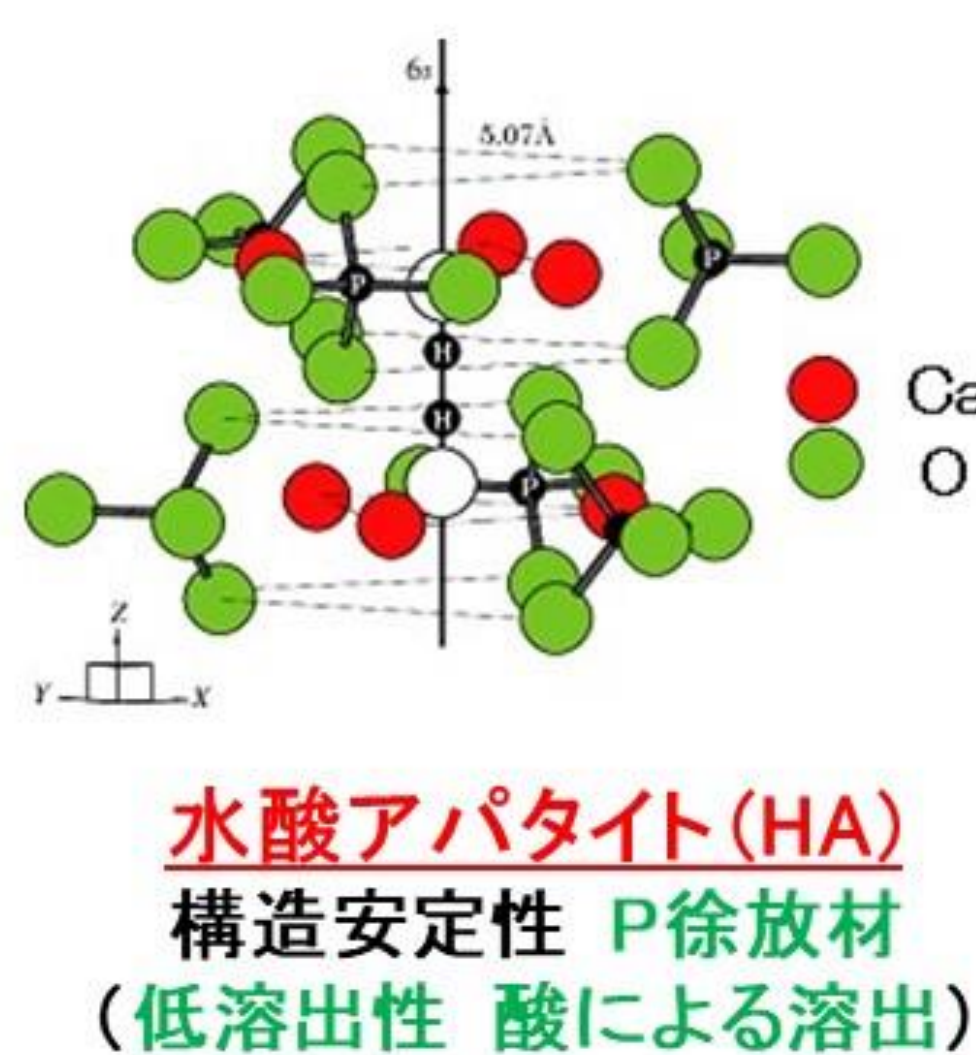
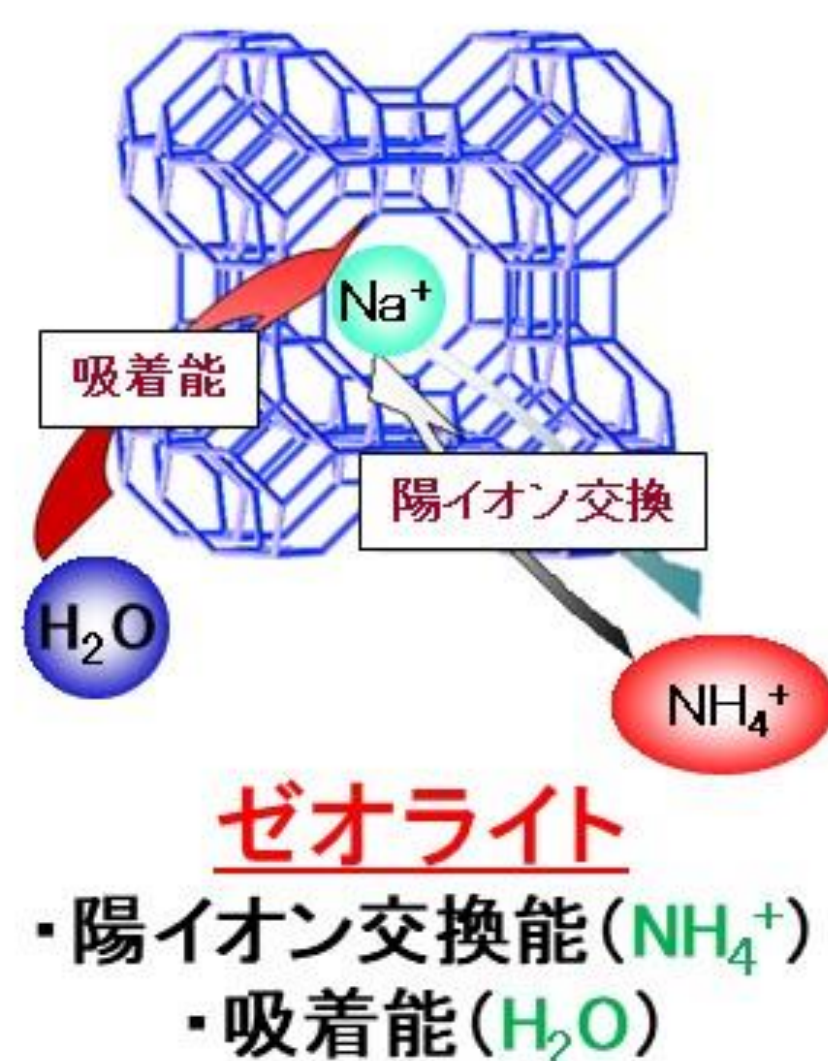
無機イオン交換体(ゼオライト、アパタイト、層状複水酸化物)の機能性

ゼオライト/
HA複合体

→NH₄⁺, P
徐放材

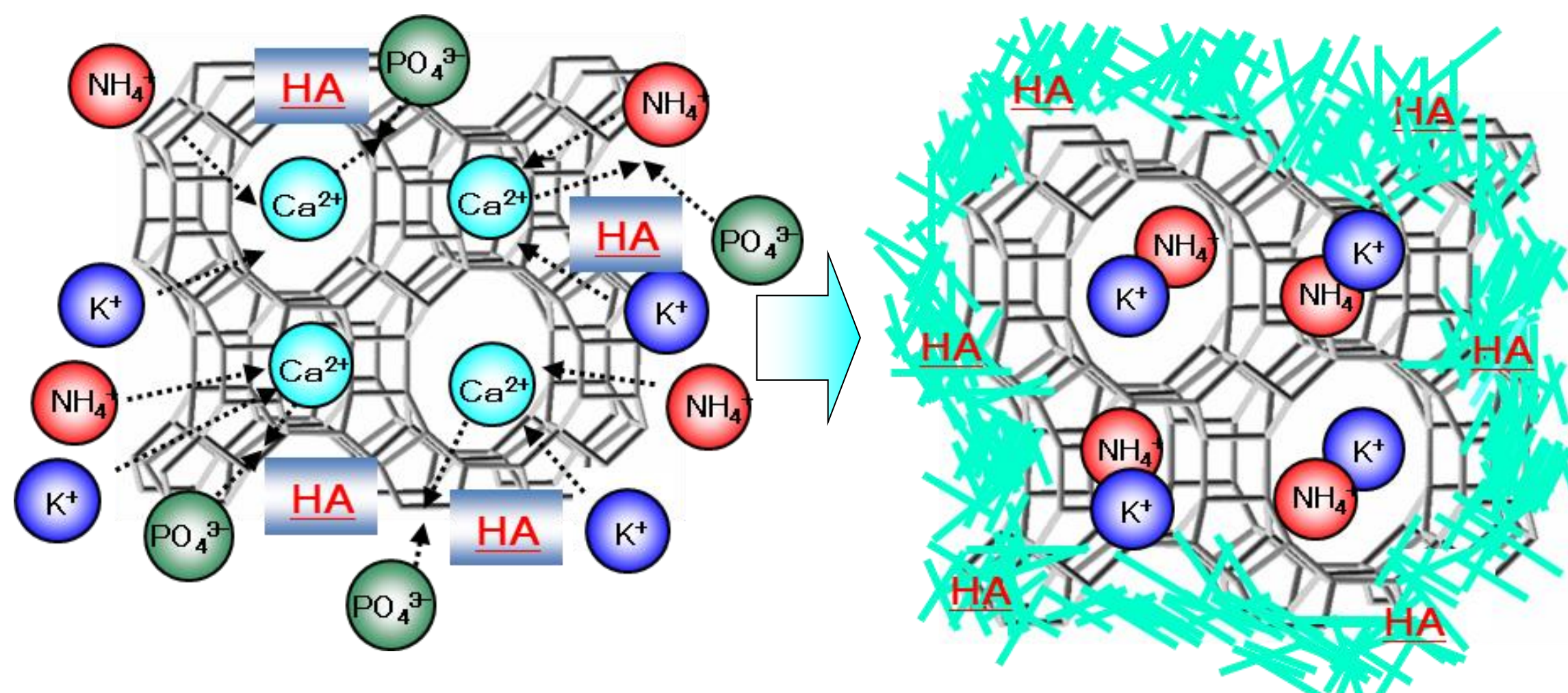
(遅効性肥料)

・複合体含有
生分解性シート

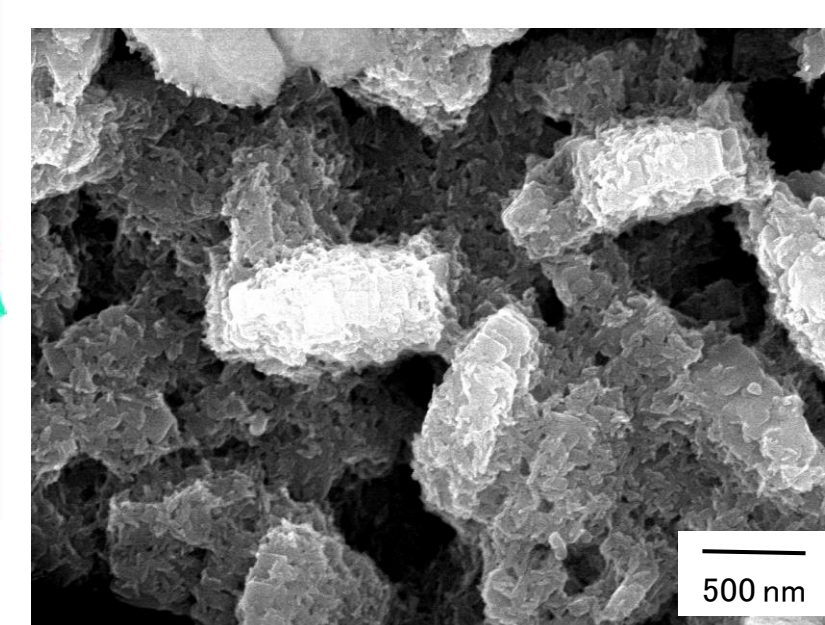


Zr導入
→ NO₃⁻, NO₂⁻,
HPO₄²⁻選択性
向上、造粒効果

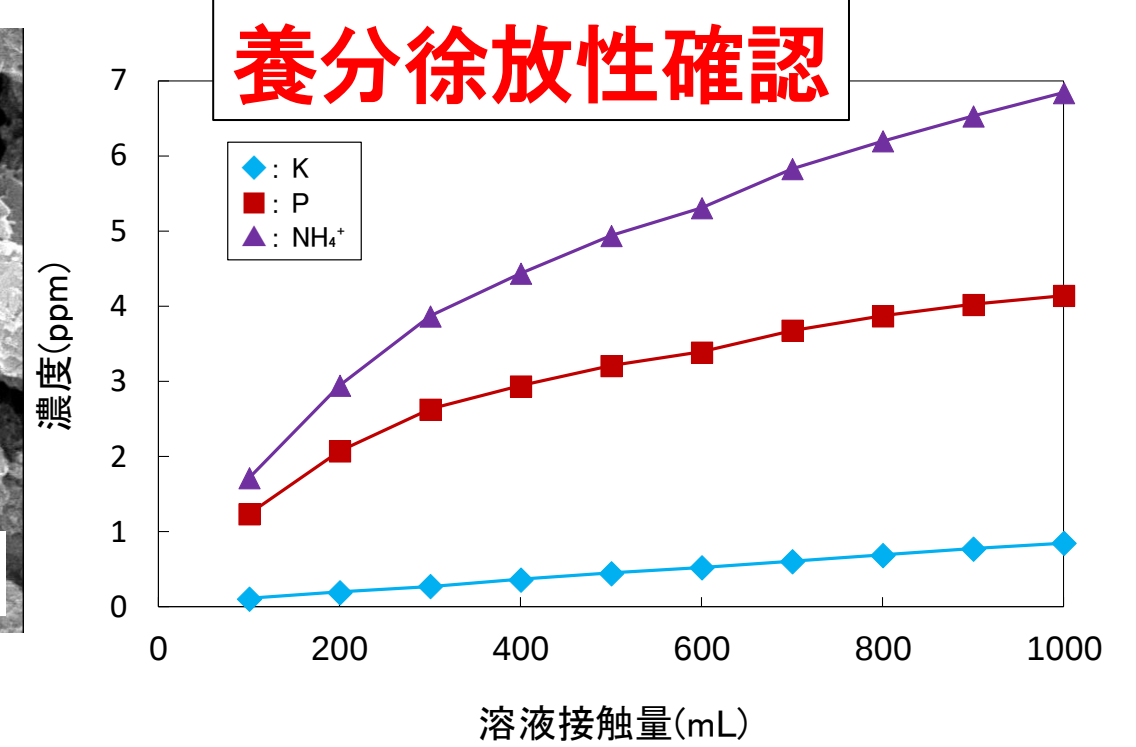
ゼオライト/アパタイト(HA)複合体シートを用いた植物栽培



特徴: 多孔質にHA微結晶が
ゼオライト表面上に均一形成!
⇒ イオン交換能保持



合成モルデナイト/HA
複合体のSEM像



純水との接触による肥料成分放出

イオン交換反応を利用した水熱処理法による
ゼオライト/HA複合体の作製

・Ca型ゼオライトとリン酸アンモニウム(またはカリウム)水溶液を40℃～80℃, 24 h反応。

本研究のシーズ 特許7311890(2023, 法政大学)

～ゼオライト複合体含有養分放出シート, その製造方法及び植物栽培方法～

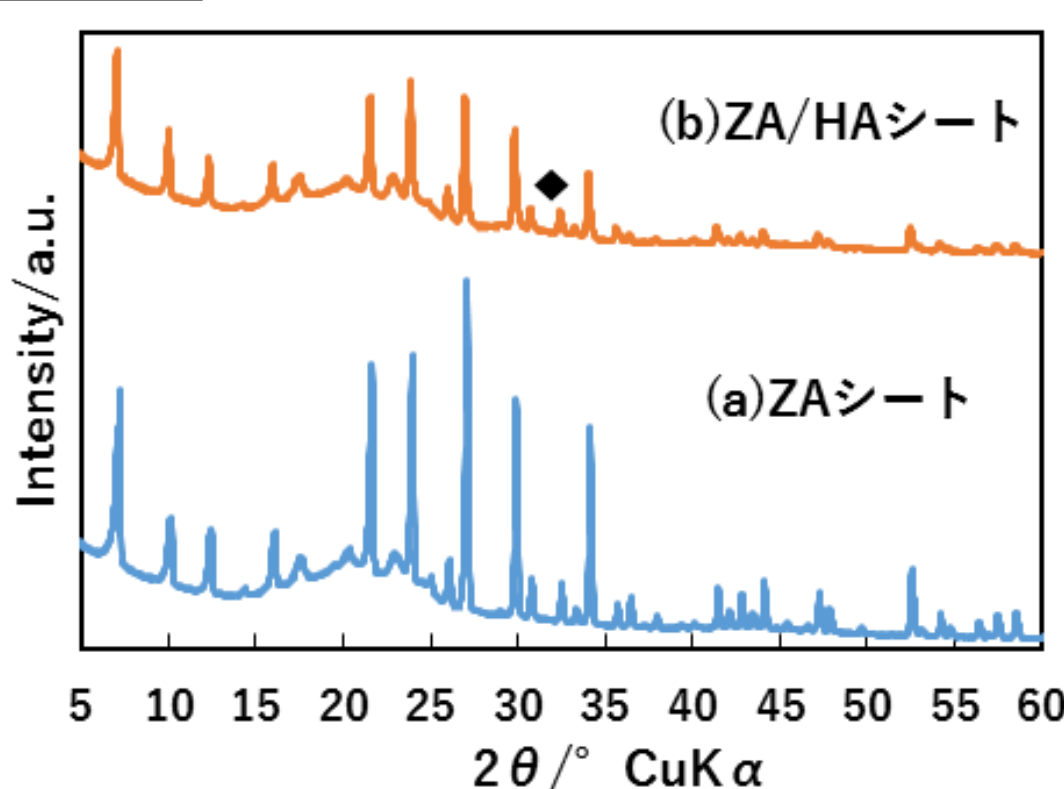
研究成果例 ゼオライト(ZA)生分解性シート:
Ca型ZA粉末+生分解性の脂肪族芳香族ポリエステル
(HA化したZAと生分解性シートを複合化)



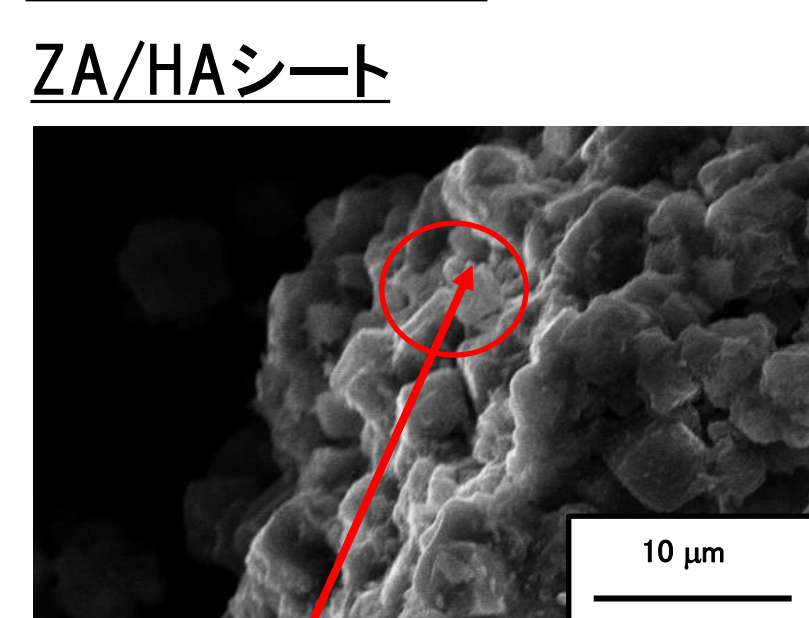
シート化の利点:
利便性, 長期の養分放出

設備投資リスクが
低く, 安全で安心な
作物を簡易的・
効率的に生産
できるシステムを
構築可能!

XRD分析 帰属無:ZA ◆:HA



SEM・EDX分析



元素	モル
Na	0.067
Al	0.239
Si	0.223
P	0.088
K	0.054
Ca	0.111

HA針状結晶

Ca/P = 1.52 (HA=1.67)
Si/Al = 0.94 (ZA=1.0)

小松菜栽培(30日)

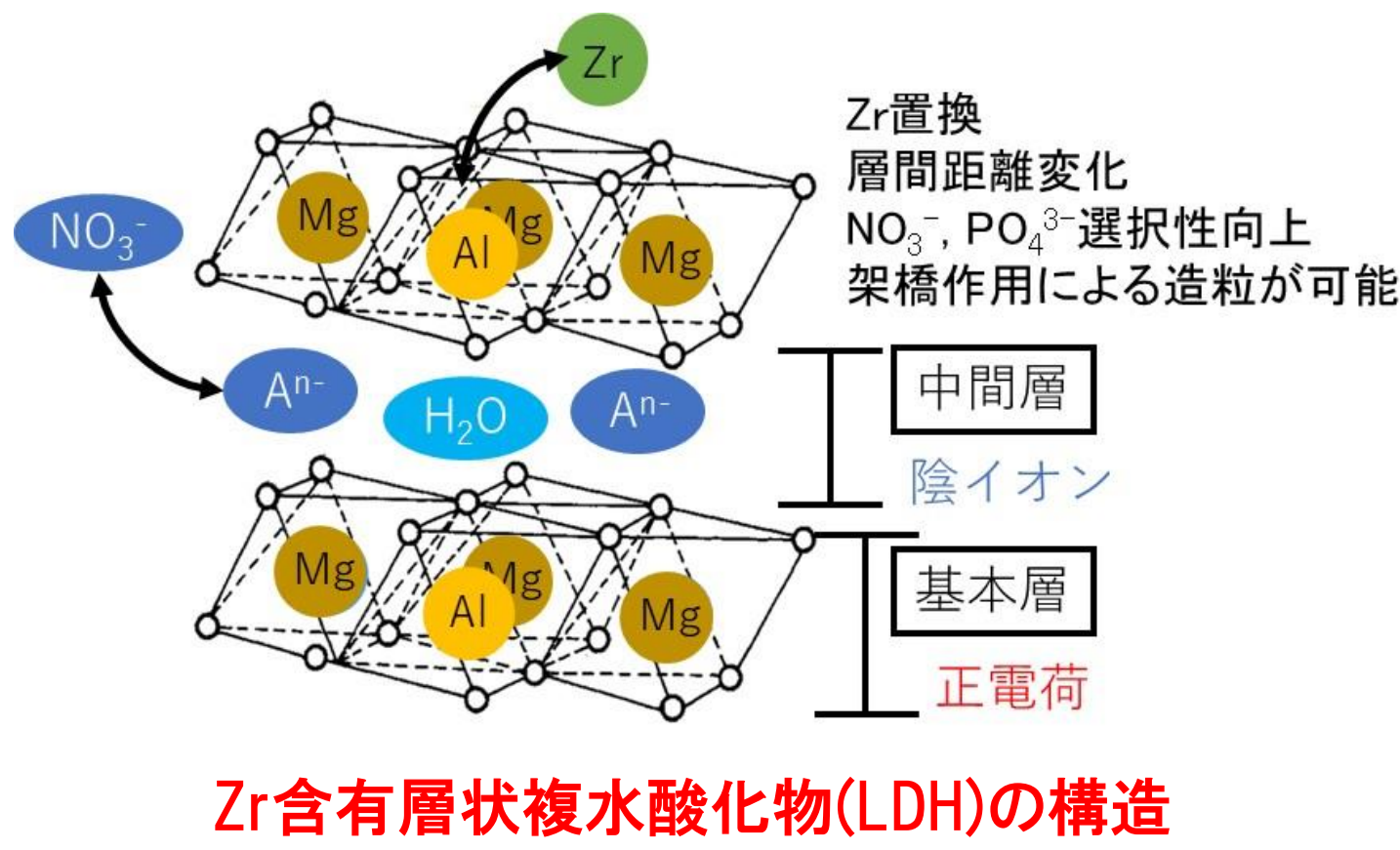


良好な
生育!

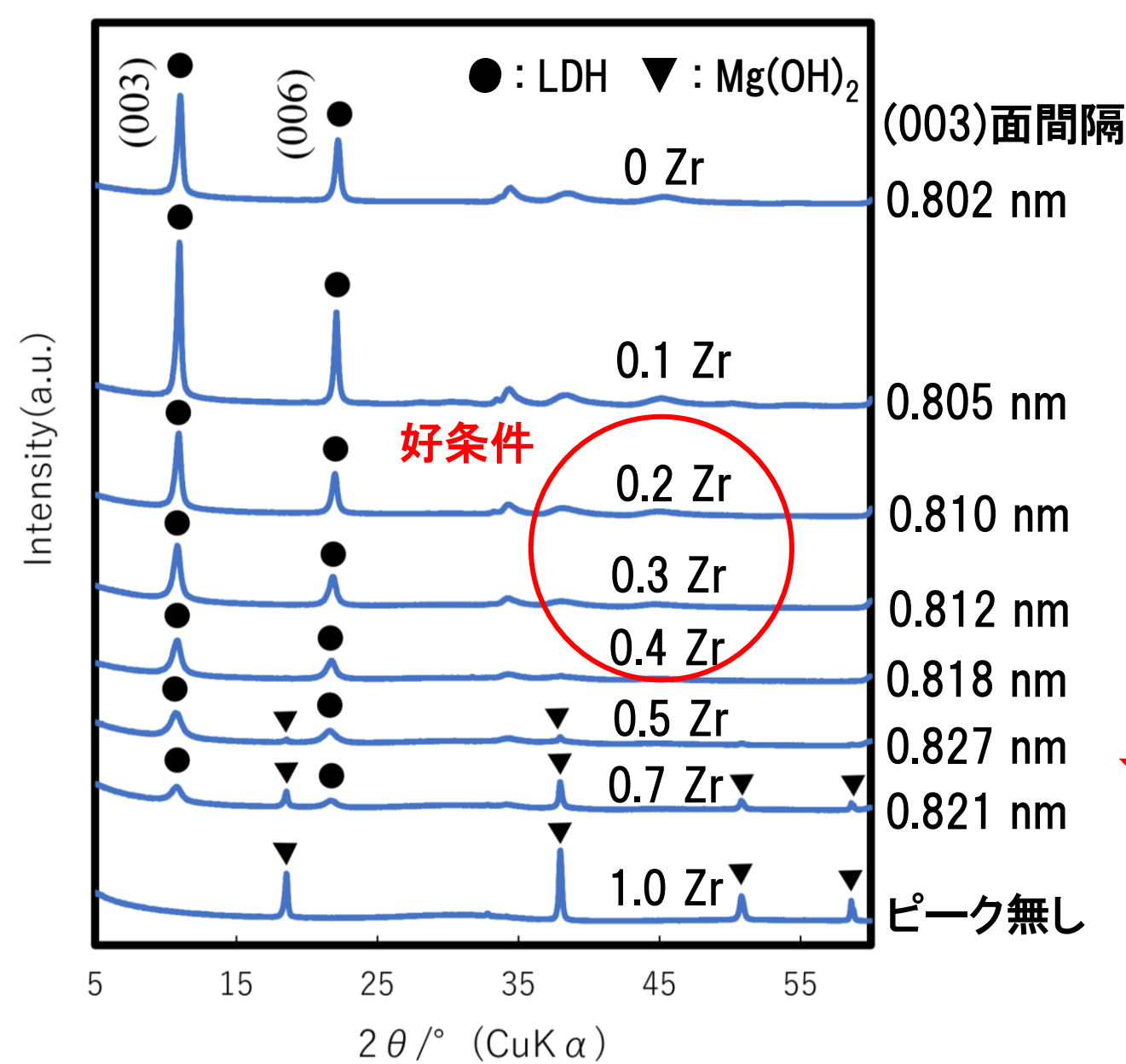
上部 ZA/HAシート, 下部Ca型天然ゼオライト3kg

硝酸イオン選択性を有するZr含有層状複水酸化物造粒体

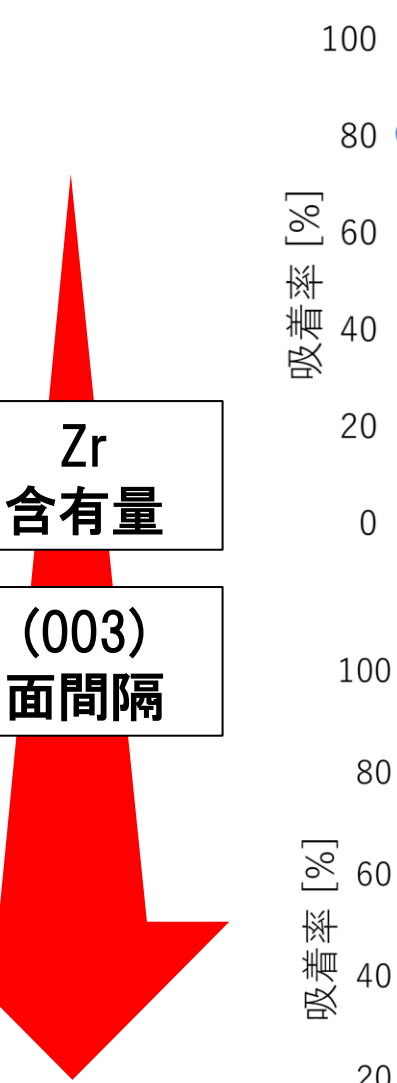
本研究のシーズ 特願2024-055297 (法政大学、第一稀元素化学工業株式会社)
～層状複水酸化物、硝酸イオンの除去方法、及び、硝酸イオンの回収方法～



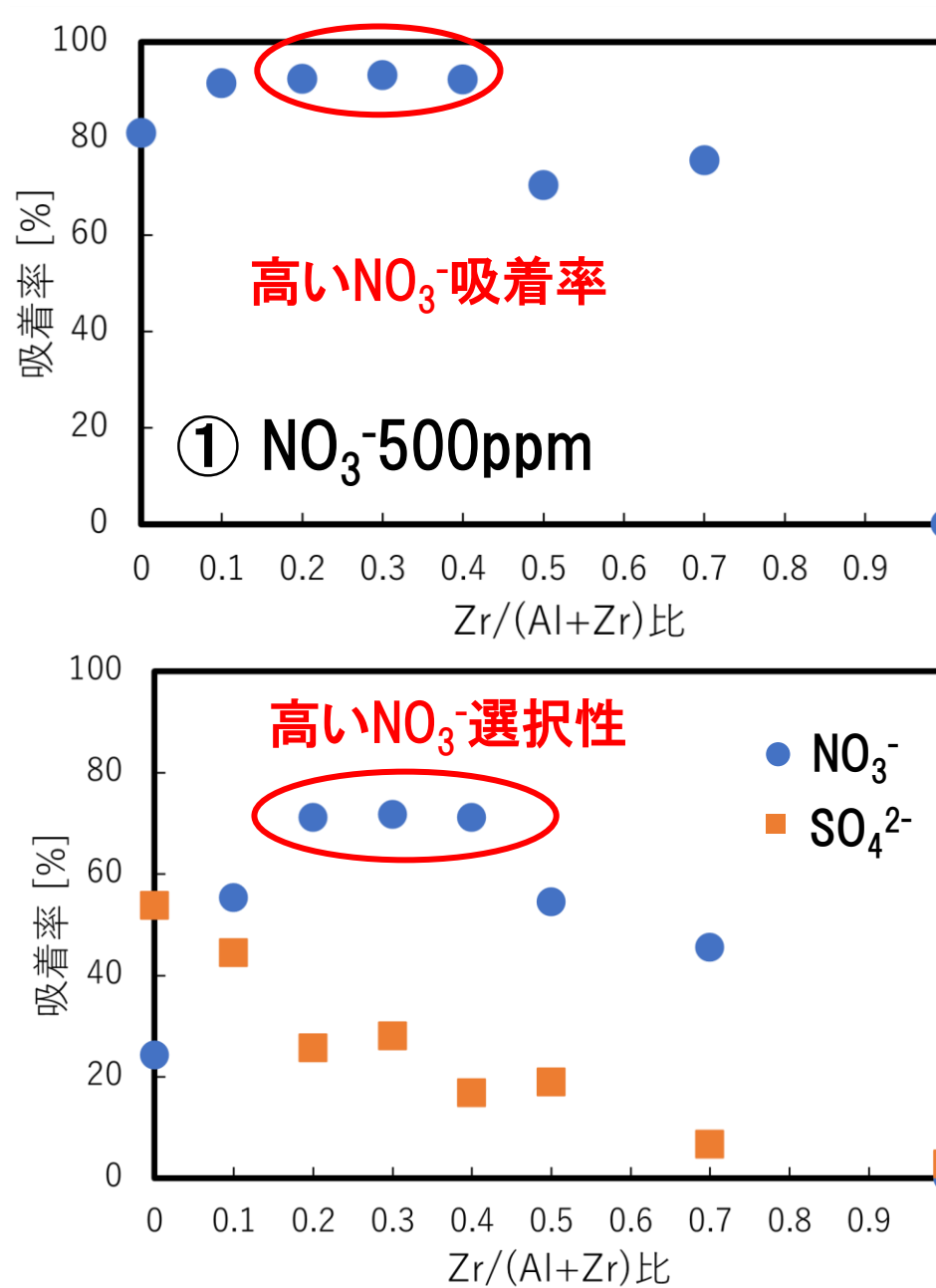
XRD分析



LDH合成装置



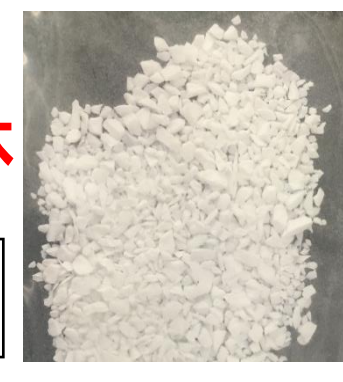
硝酸イオン吸着試験結果(バッチ法)



製造方法

LDH
造粒体

カラム実験



LDH 10 g
3Mg0.9Al0.1Zr
(粒径: 0.5~2.0 mm)

吸着溶液 (ppm) 1.0 L
NO₃⁻: 500, SO₄²⁻: 6000, Cl⁻: 2500

蒸留水 1.0 L

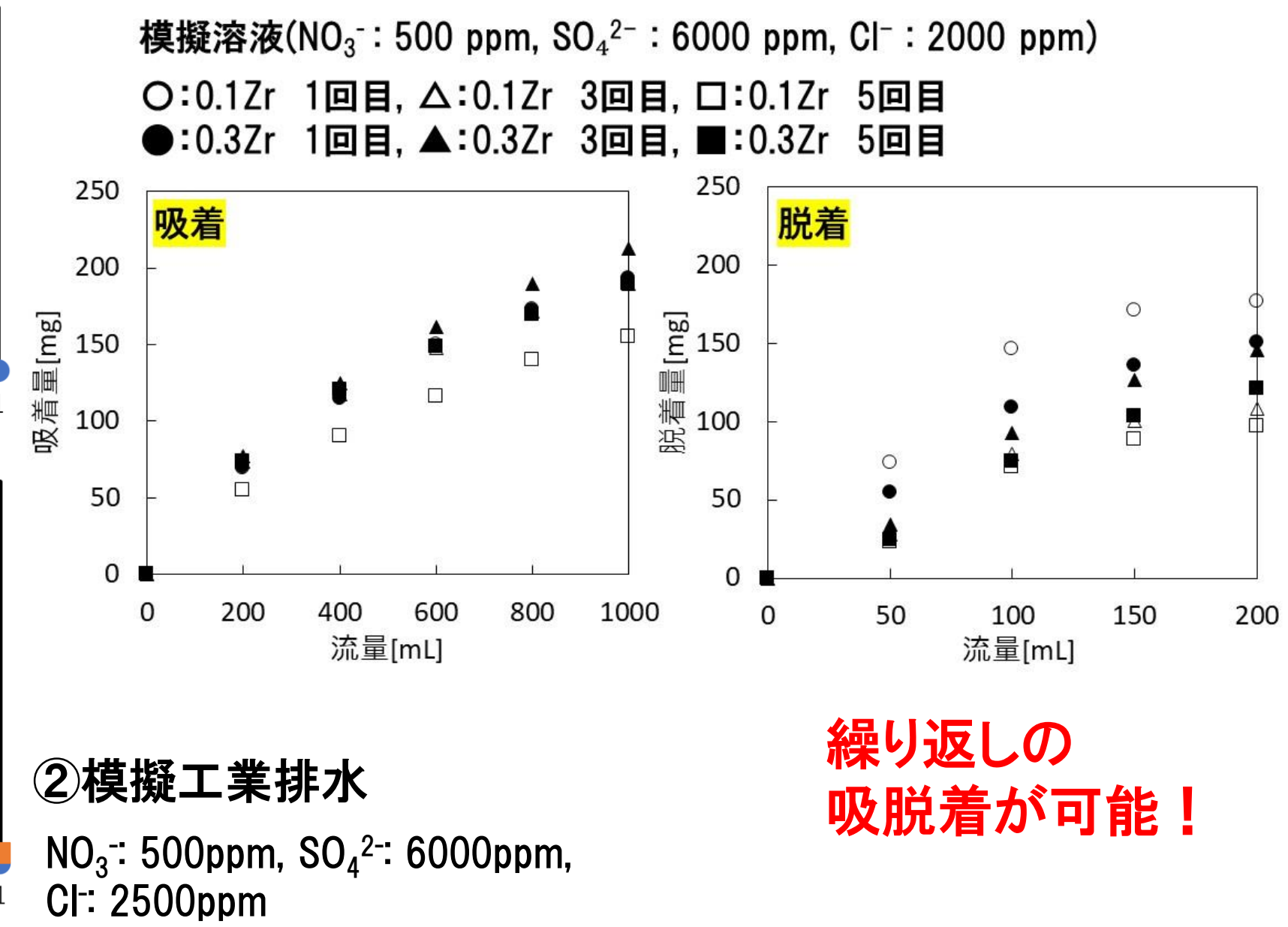
脱着溶液 200 mL
13mass% NaCl aq, 0.005M HCl aq 混合水溶液

7.0 mL/min

1.5 mL/min

回収

硝酸イオン吸脱着試験結果(カラム法)

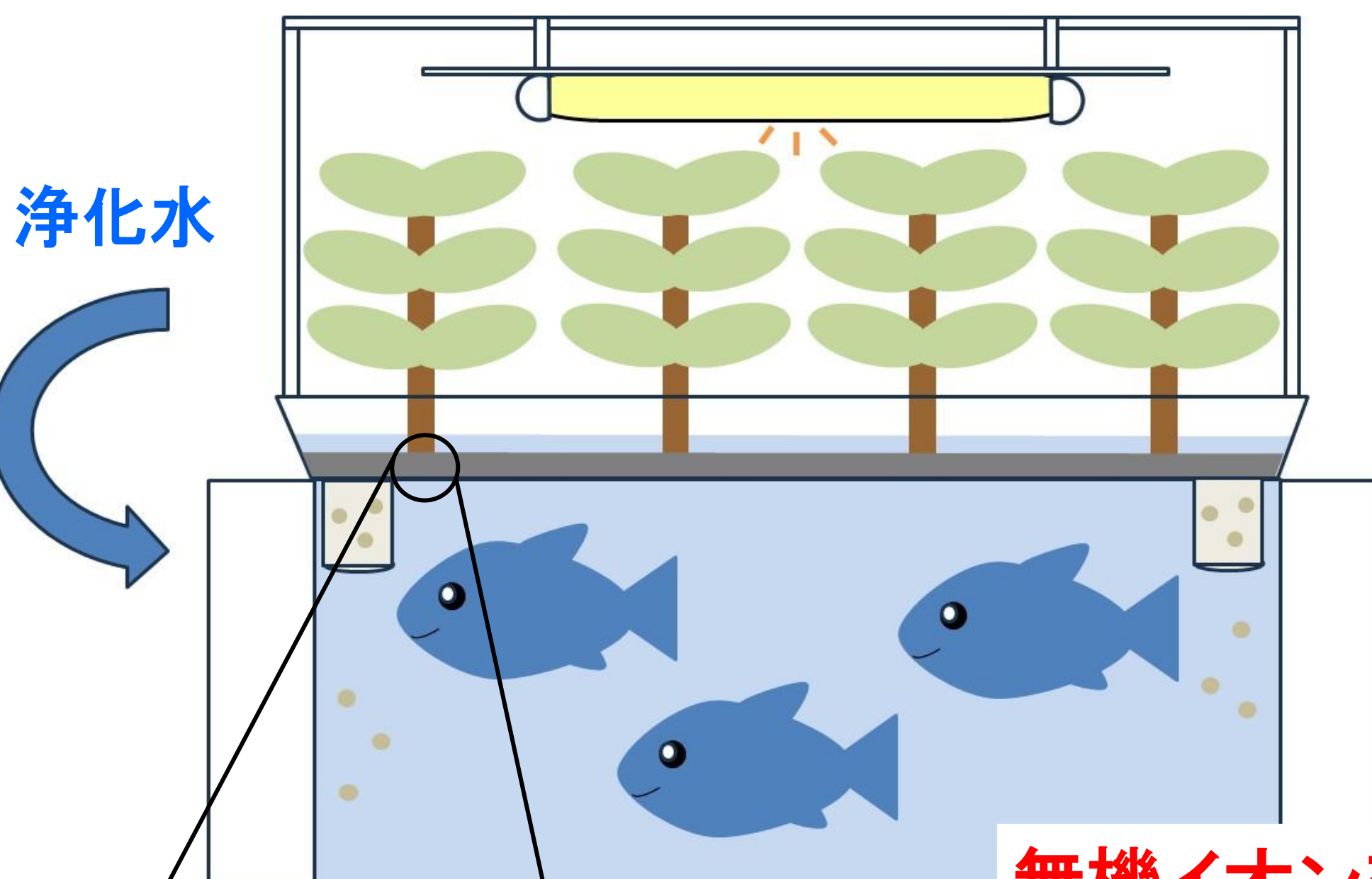


繰り返しの
吸脱着が可能！

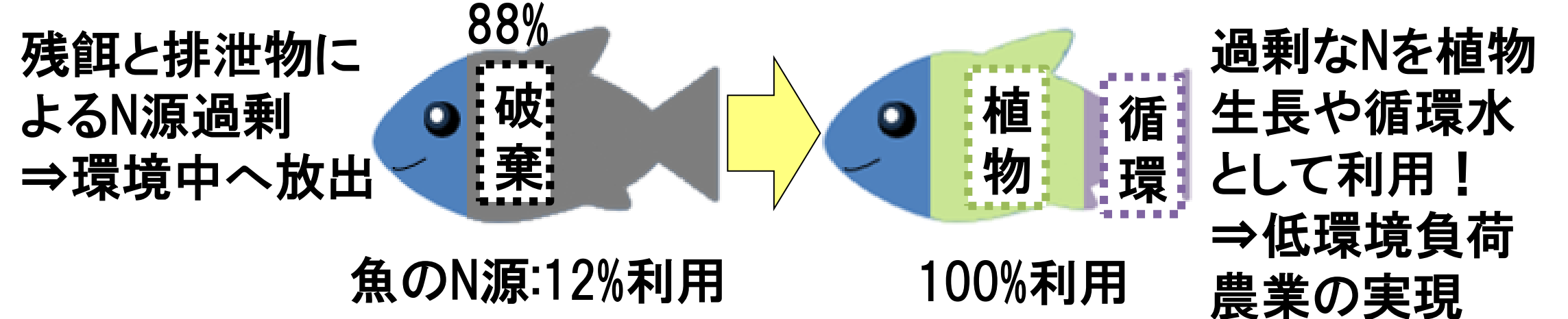
無機イオン交換体のアクアポニックスへの展開

アクアポニックス: 水耕栽培と養殖を掛け合わせた、次世代の持続可能な循環型農業

- ① 魚の排泄物を微生物が分解
 - ② 植物がそれを栄養として吸収
 - ③ 浄化された水が再び魚の水槽へ
- 循環システム



特徴: 環境へ放出されるNを植物の生長に活用！

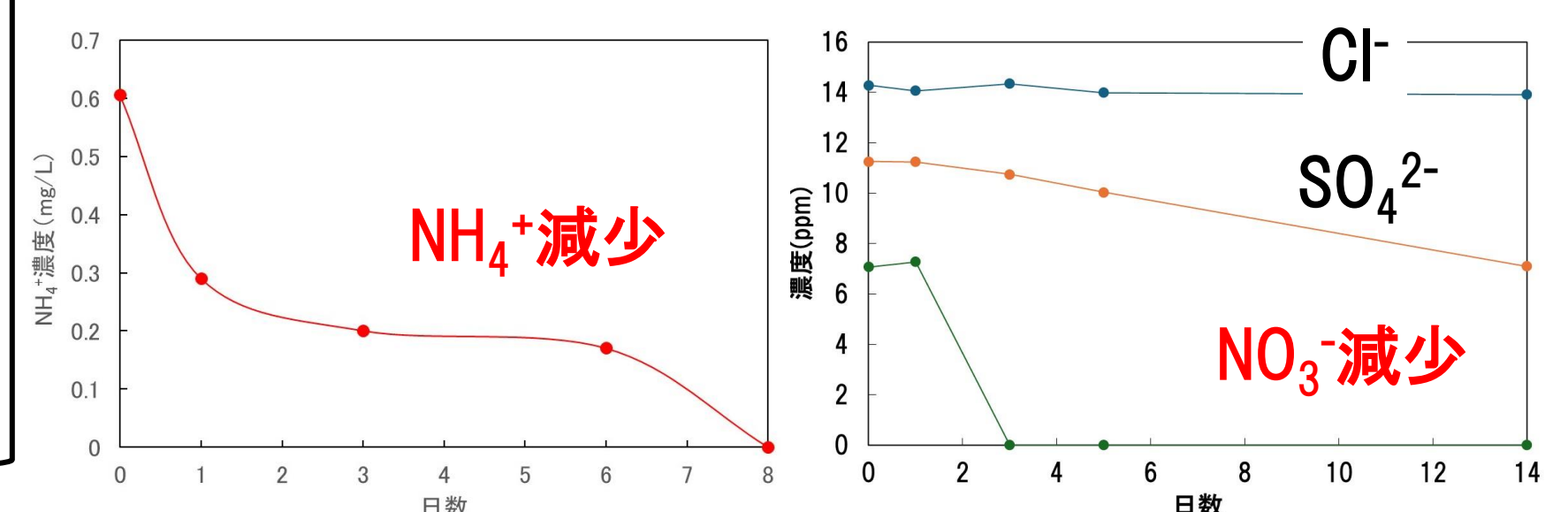
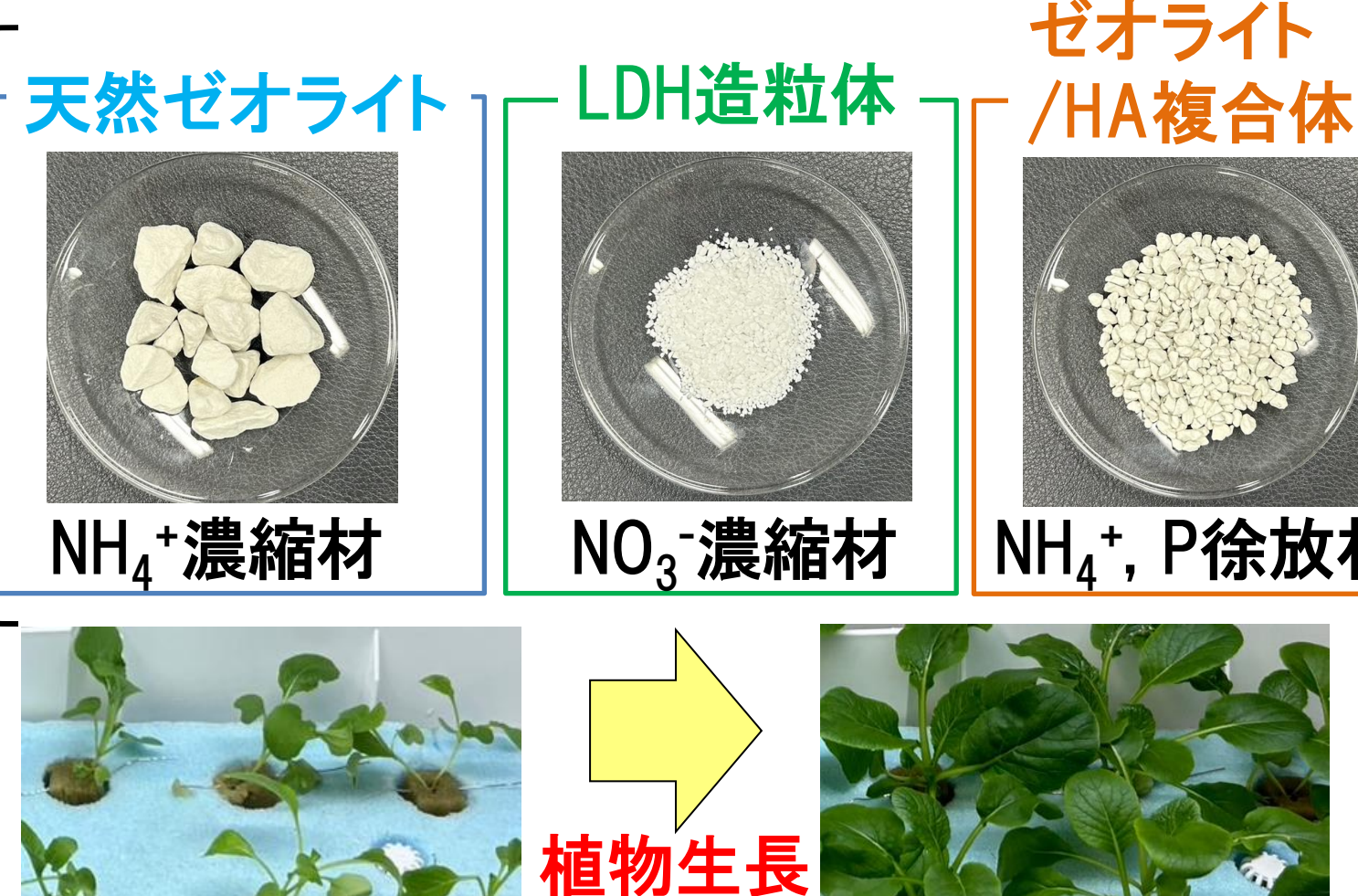


現状の課題: 高コスト&養分のバランス維持

- ・水質、植物吸収分解 (NH₄⁺ ⇒ NO₃⁻) 制御 ⇒ ろ過装置を利用 (高コスト)
- ・植物量 (吸収) と 魚量 (排泄物量 (窒素源)) により制御 ⇒ 安定的な養分のバランス維持が困難、植物によってはリン源なども必要

無機イオン交換体を用いて解決！

低コストで養分の濃縮と徐放を実現！



ゼオライトによる水槽中の NH₄⁺除去効果 (ゼオライト 1 kg)

植物 (小松菜) による水槽中の 硝酸イオン除去効果