

2022年9月13日

省エネ・省スペース型窒素廃水処理方法

東洋大学 工学部 応用化学科
准教授 井坂 和一

汚濁物質(処理対象)

窒素



化学物質



1,4-Dioxane

分解菌

- ☺ 硝化菌
- ☹ アナモックス菌
- ☺ 脱窒菌
- ☹ セレン還元菌
- ☺ ジオキサン分解菌

固定化技術



固定化担体

- 付着
- 包括固定
- 分離性
- ・表面積
- ・細孔
- ・毒性
- ・拡散抵抗
- ・サイズ

成分(必須・微量元素)

主要元素

N C

P H

S Ca

微量元素

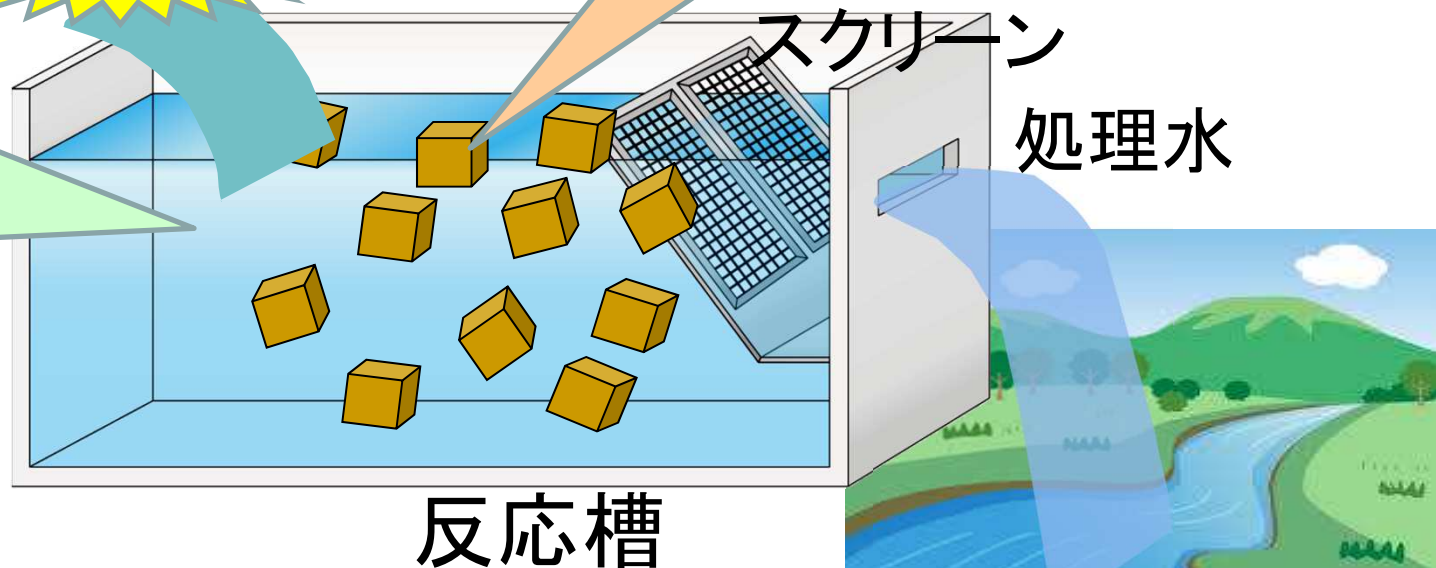
Fe Ni

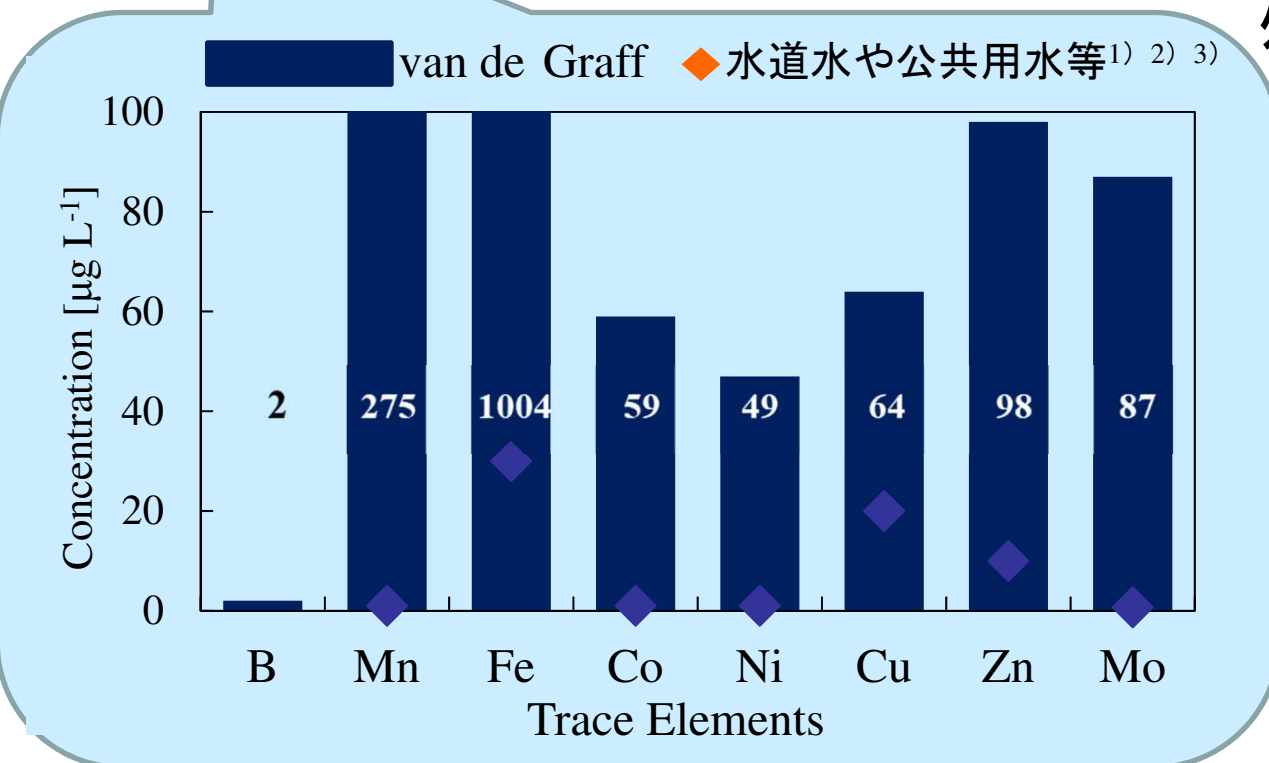
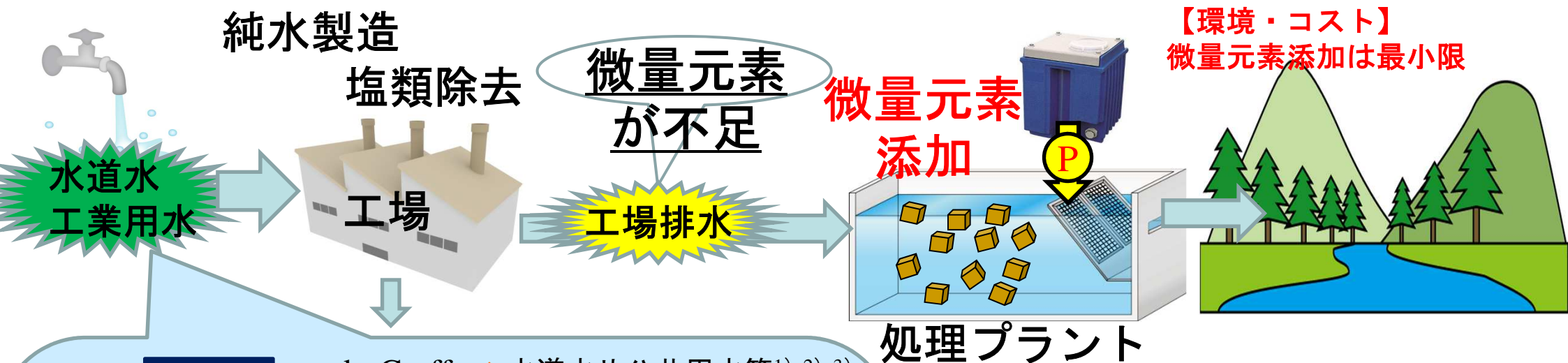
Cu Co

Zn Mo

Mn Se

工場排水



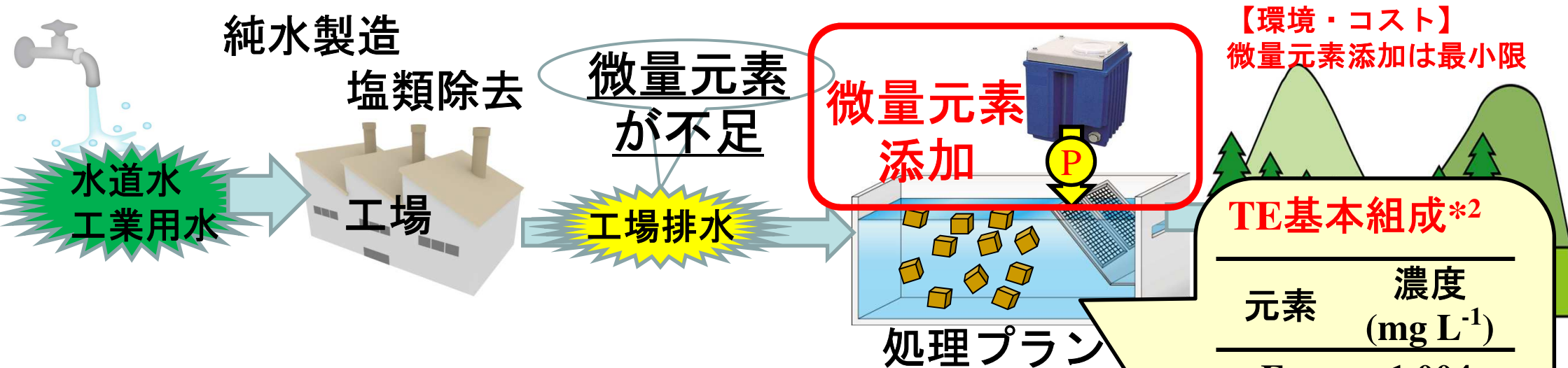


水道水や公共用水中のTE濃度は文献値*よりかなり低い。
* アナモックスでのTE添加濃度 (van de Graff et al., 1996)

- ①どの元素が必要か不明
- ②どの程度必要か不明

各TEの最低必要濃度を調査

1) 都市部の地下水を水源とする専用水道水の金属元素調査 -浄水処理方式の違いによるマンガン, 鉄, ヒ素等の処理性-
2) 平成30年度 水質年報 東京都水道局
3) 環境省保健・化学物質対策



TE基本組成*2

| 元素 | 濃度 (mg L ⁻¹) |
|----|-----------------------------|
| Fe | 1.004 |
| Zn | 0.098 |
| Cu | 0.064 |
| Mn | 0.275 |
| B | 0.002 |
| Co | 0.059 |
| Ni | 0.047 |
| Mo | 0.087 |
| Se | 0.048 |

○微量元素の種類とその濃度について検討
(硝化細菌・アノモックス細菌など)

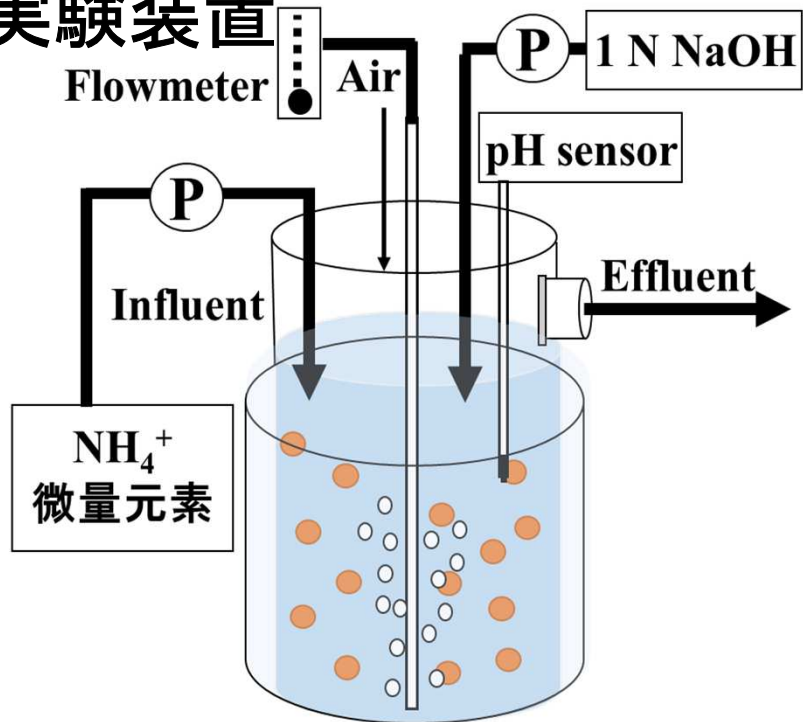


○特定の金属元素を制限することで

- ・活性が上昇する細菌
- ・活性が低下する細菌

生物叢の制御手法の1つとして提案

● 実験装置



● 合成排水

| 基質 | 濃度 [mg L ⁻¹] |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| NH ₄ Cl | 500 (as N) |
| NaHCO ₃ | 1500 |
| KH ₂ PO ₄ | 116 |
| NaCl | 51 |
| KCl | 24 |
| CaCl ₂ ·2H ₂ O | 24 |
| MgSO ₄ ·7H ₂ O | 84 |

微量元素
(Fe²⁺+Cu²⁺+Zn²⁺+Ni²⁺+Mn²⁺+
Co²⁺+Mo²⁺+BO³⁺)

| TE | 文献値 [mg L ⁻¹] |
|-------------------------------|------------------------------|
| Fe ²⁺ | 1.004 |
| Cu²⁺ | 0.064 |
| Zn²⁺ | 0.098 |
| Ni²⁺ | 0.047 |
| Mn²⁺ | 0.275 |
| Co²⁺ | 0.059 |
| Mo²⁺ | 0.087 |
| BO ₃ ³⁺ | 0.002 |

Van de Graaf *et al.*

● 実験条件

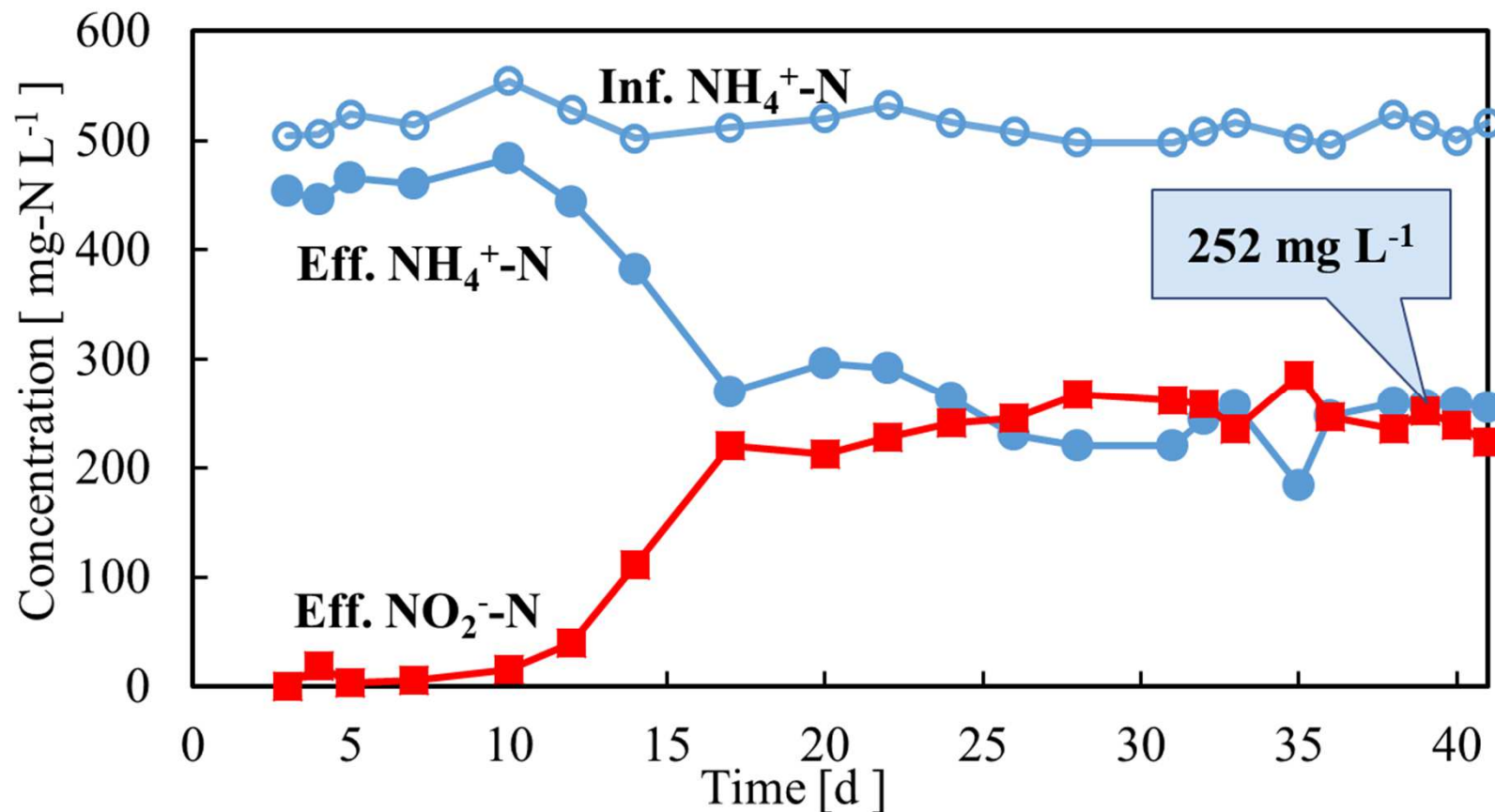
| 実験条件 | 設定 |
|-------|-------------------------------|
| 容積 | 1.44 L |
| 水温 | 30 °C |
| pH | 7.5 |
| DO | 4.0 or 4.3 mg L ⁻¹ |
| HRT | 6.9 or 12 h |
| 担体充填率 | 13 or 7.43 % |

合成排水には超純水を使用

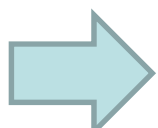
超純水: PR-0015α-000, FP0120α-M00 (オルガノ)

硝化

Fe, Cu, Zn, Ni, Mn, Co, Mo, B

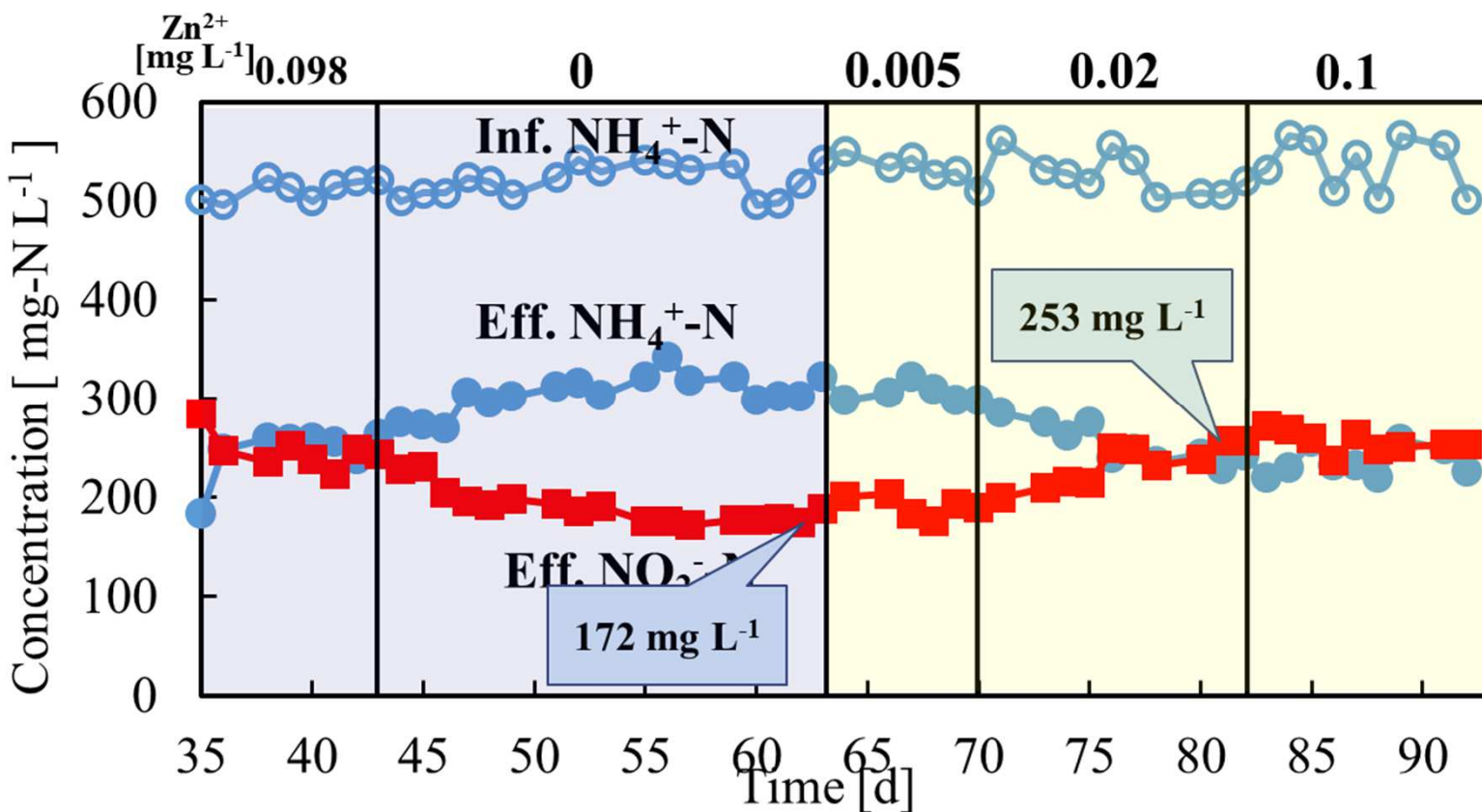


微量元素添加条件下では、
迅速な立ち上げ・安定した硝化性能を確認。



硝化

Fe, Cu, Zn, Ni, Mn, Co, Mo, B



・0 mg L⁻¹とすると、活性は徐々に低下。

・0.005 mg L⁻¹では、活性の回復は無い。

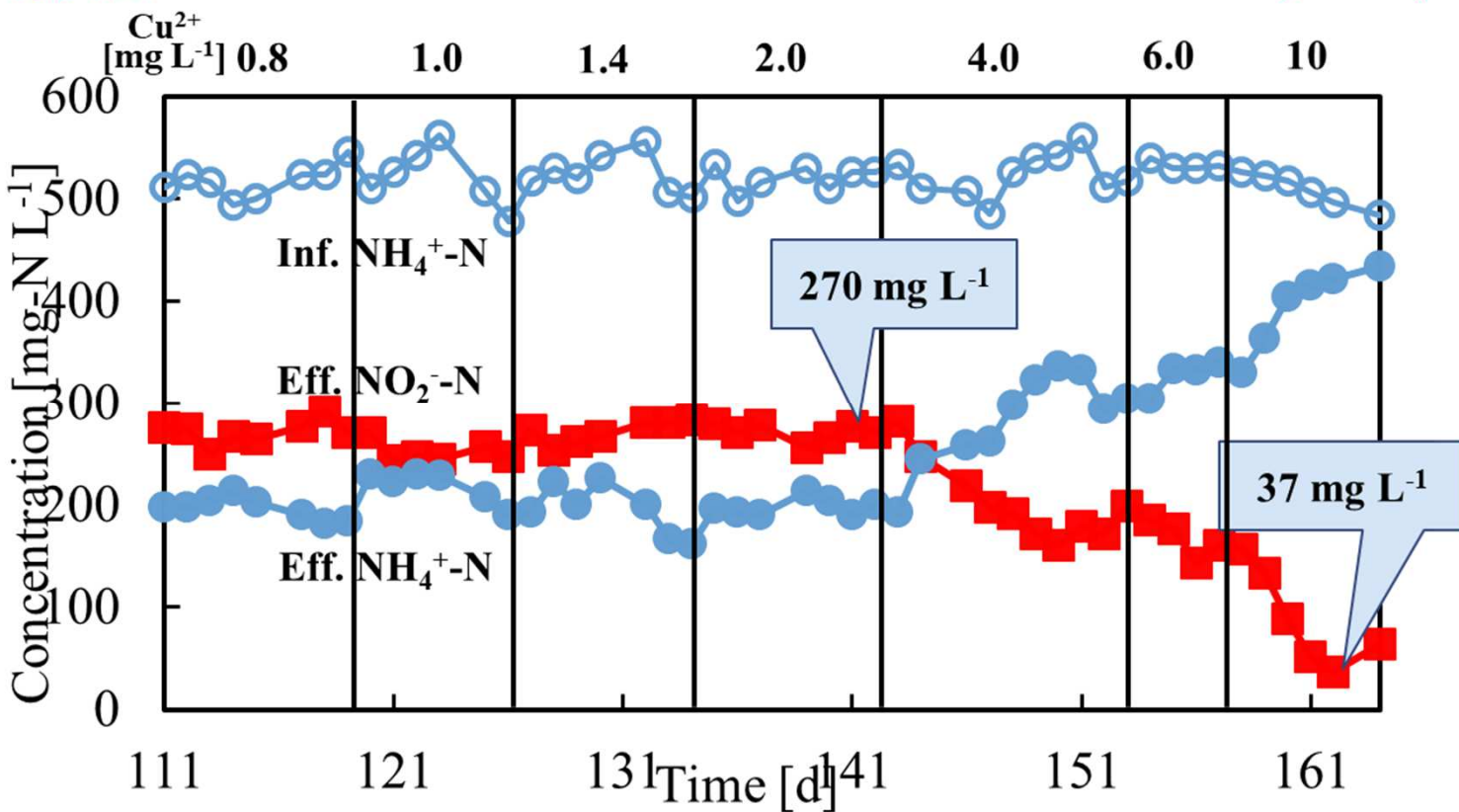
・0.02 mg L⁻¹では、活性の回復有り。

・0.1 mg L⁻¹では、活性の変化は無い。

➡ Zn²⁺は必須微量元素であり、流入濃度として0.02mg L⁻¹以上が必要

硝化

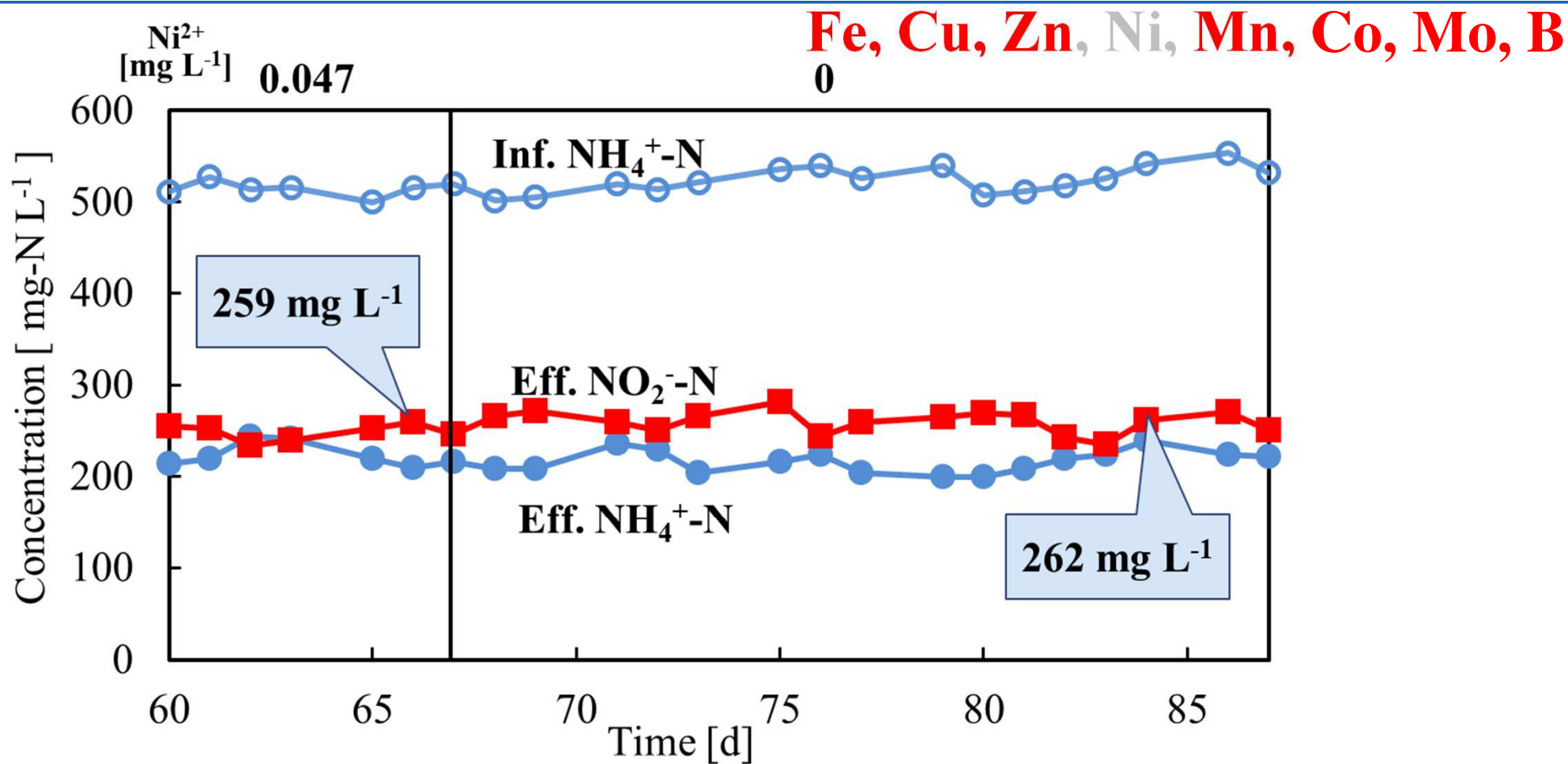
Fe, Cu, Zn, Ni, Mn, Co, Mo, B



- ・0.8～2.0 mg L⁻¹では、活性の変化は無い。
- ・4.0 mg L⁻¹では、活性の低下が見られた。
- ・10 mg L⁻¹では、硝化性能が完全に阻害された。

→ Cu²⁺は10 mg L⁻¹添加で完全に硝化性能を阻害する。

硝化



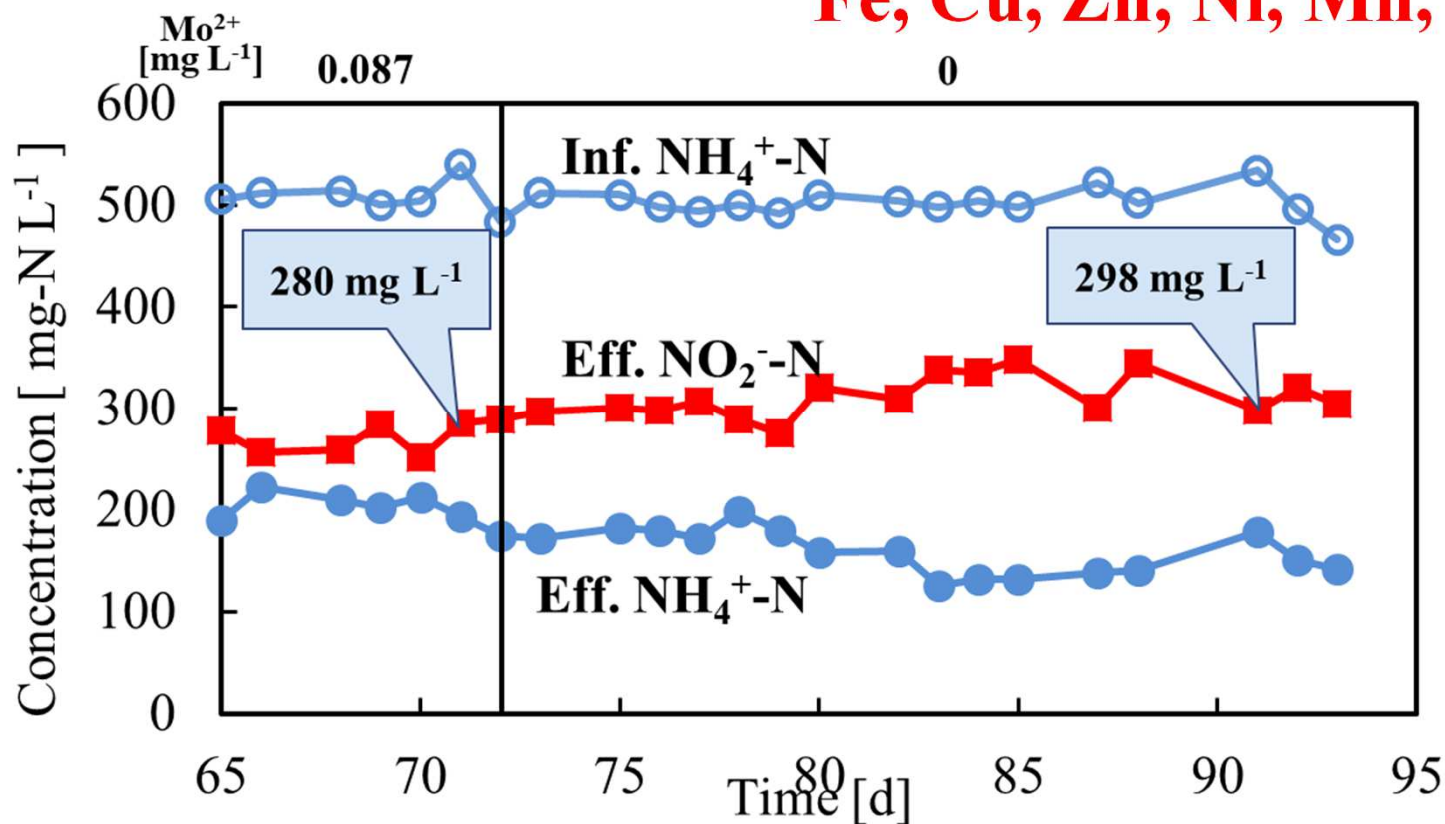
- ・Ni²⁺を3週間制限しても硝化性能は低下せず，活性は制限されない。



Ni²⁺は硝化活性の制限因子ではない。

硝化

Fe, Cu, Zn, Ni, Mn, Co, Mo, B

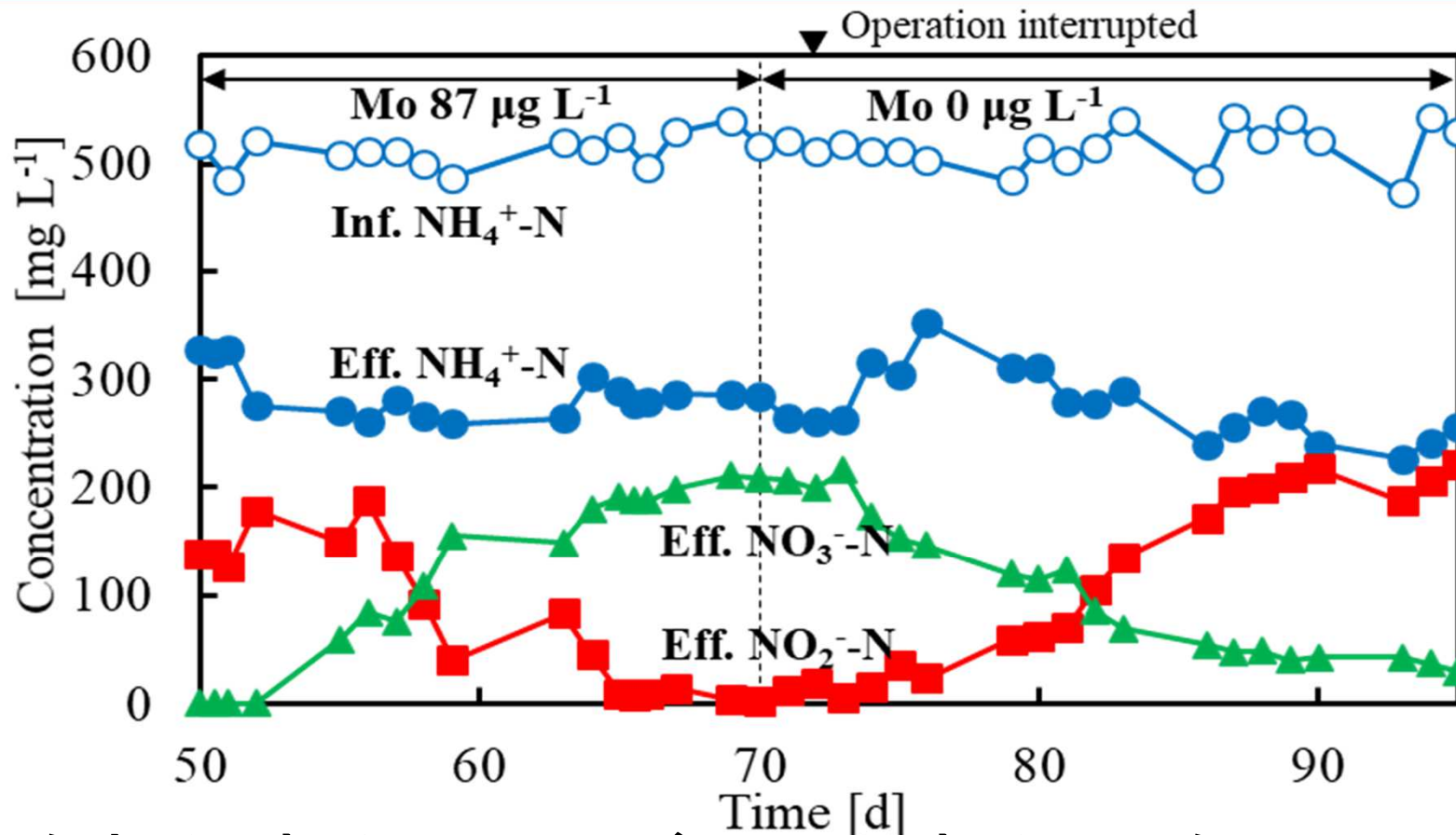


- Mo²⁺を3週間制限しても硝化性能は活性は制限されない。
むしろ



Mo²⁺を制限すると硝化活性が向上することを発見

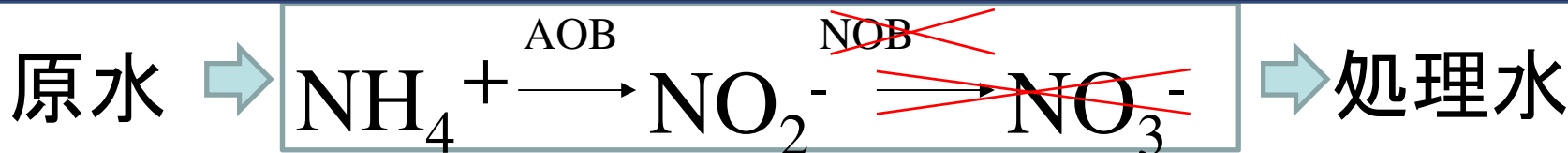
硝化



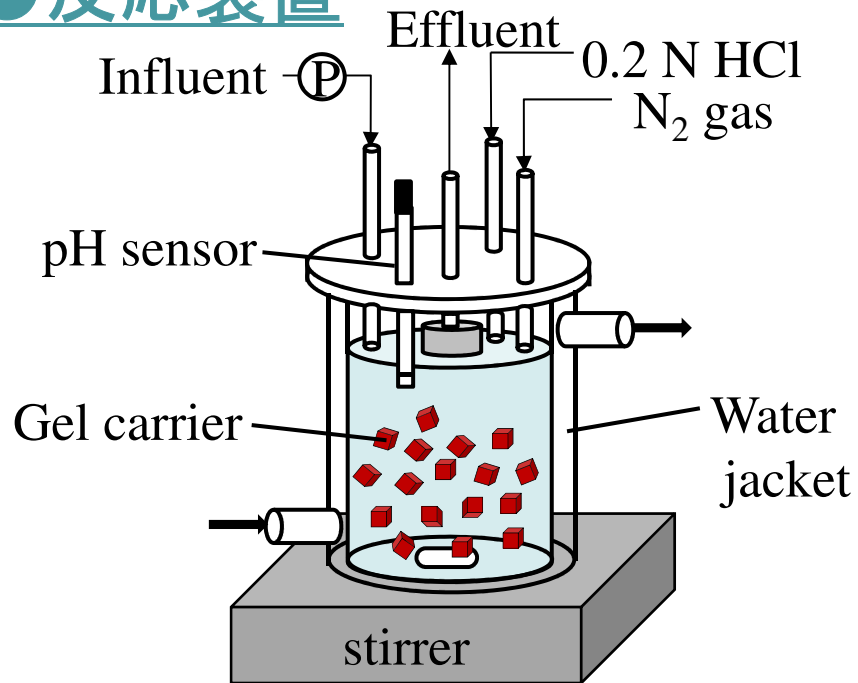
Mo²⁺を制限するとNOBが失活。することを発見



Mo制限により特定 (NOB) の微生物の活性を抑制



アナモックス ●反応装置



●運転条件

- ・容積: 500 mL
- ・担体充填率: 10~20%
- ・HRT: 2.1 h

●供試排水*1

| 基質 | 濃度 (mg L ⁻¹) |
|---|--------------------------|
| NaNO ₂ | 210 (as N) |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 169 (as N) |
| NaHCO ₃ | 500 |
| MgSO ₄ ·7H ₂ O | 300 |
| CaCl ₂ ·2H ₂ O | 180 |
| KH ₂ PO ₄ | 27.2 |

+Trace Element (TE)

TE基本組成*2

| 元素 | 濃度 (mg L ⁻¹) |
|---------------|--------------------------|
| Fe | 1.004 |
| Zn | 0.098 |
| Cu | 0.064 |
| Mn | 0.275 |
| B | 0.002 |
| Co | 0.059 |
| Ni | 0.047 |
| Mo | 0.087 |
| Se | 0.048 |

●供試担体

PEG系ゲルにアナモックス菌を包括固定した担体(3 mm角)を使用。

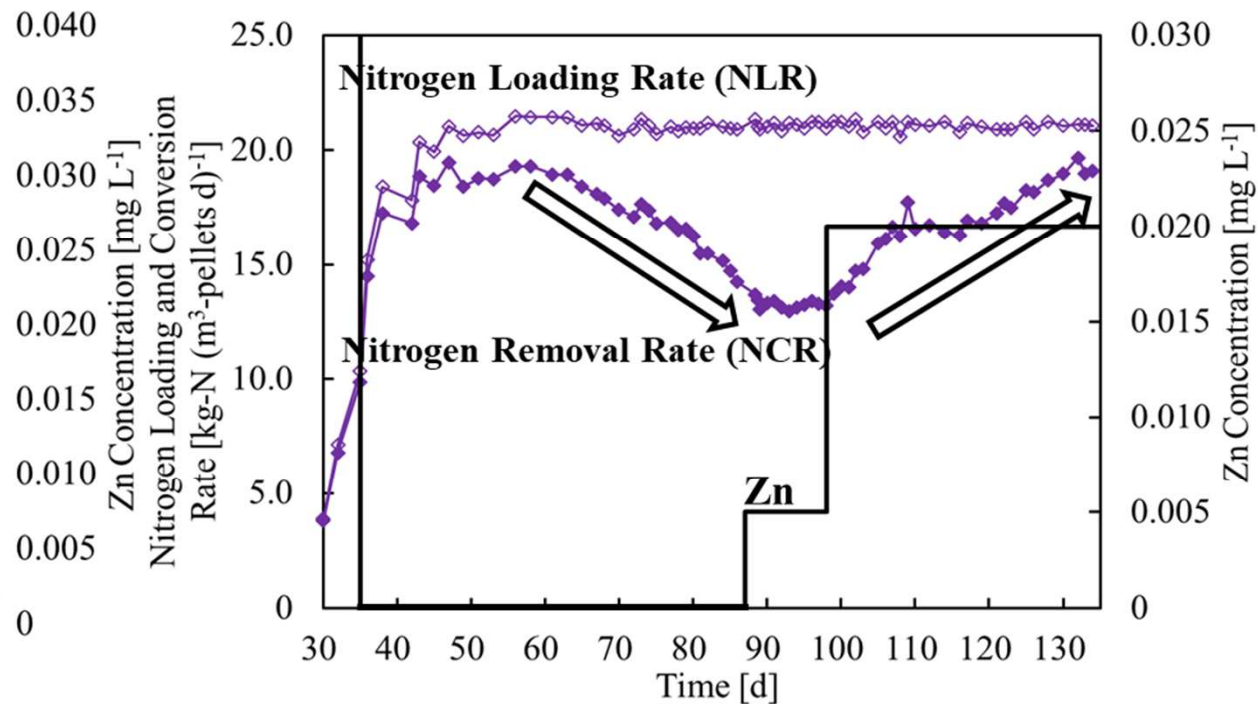
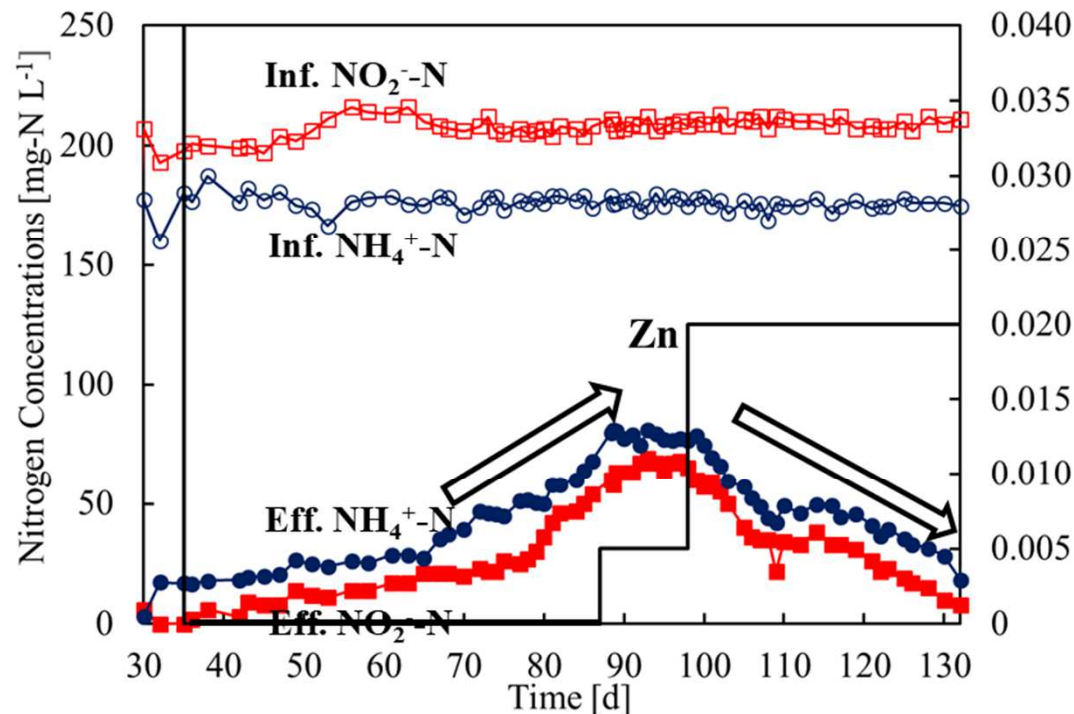


*1 超純水: FP-0120α-M00, オルガノ

*2 van de Graaf *et al*, 1996

アナモックス

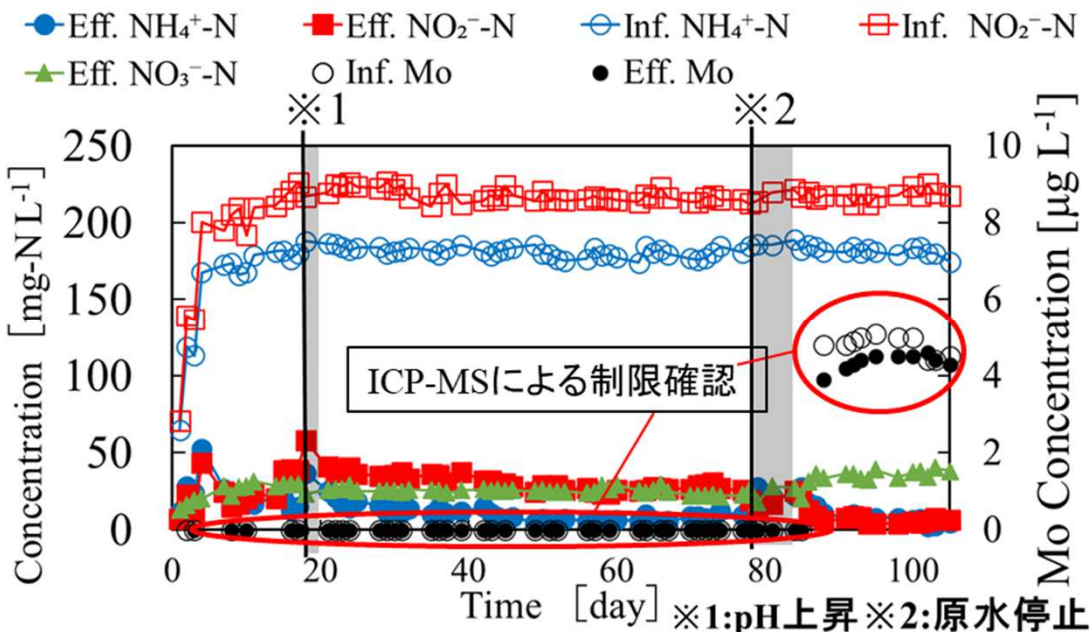
Fe, Cu, Zn, Ni, Mn, Co, Mo, B



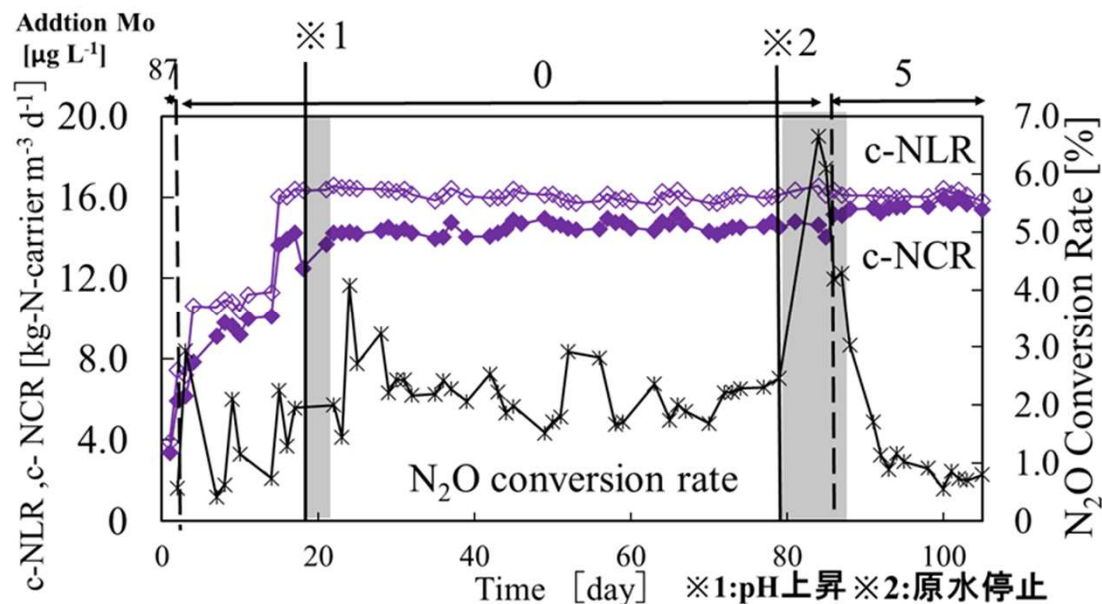
- ・ 35日目にZn²⁺添加停止後, 86日目には窒素処理速度14.2 kg-N (m³-担体 d)⁻¹ (**68%**) に低下。
- ・ Zn²⁺添加0.005 mg L⁻¹では, 処理速度の低下傾向が抑制。
- ・ Zn²⁺添加0.02 mg L⁻¹の条件にしたところ, 処理性能の回復傾向を確認。

Znはアナモックスプロセスにおいて必須微量元素であり, 0.02 mg L⁻¹添加することでプロセスの安定維持が可能となる。

アナモックス



Fe, Cu, Zn, Ni, Mn, Co, Mo, B



22~78 day
(0 µg L⁻¹)

102 day
(5 µg L⁻¹)

担体処理速度
(kg m⁻³-carrier d⁻¹)

平均14.5

16.0

22~77 day
(0 µg L⁻¹)

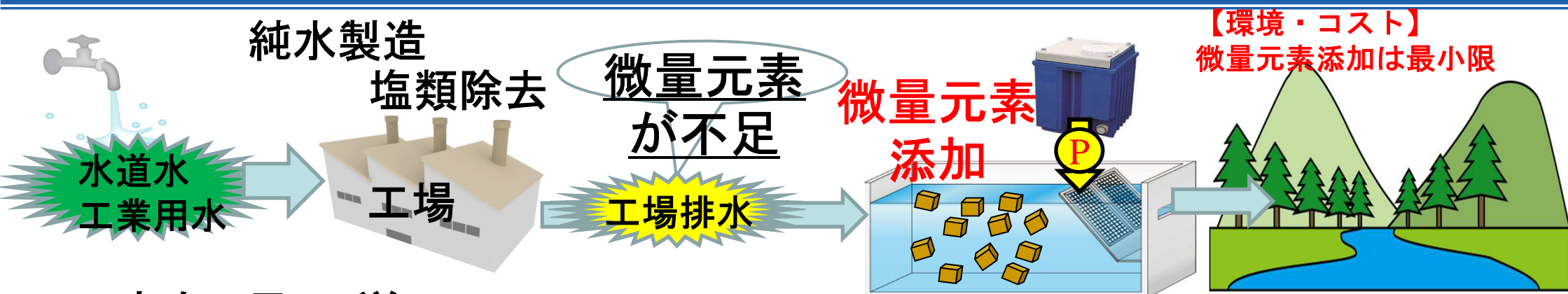
103 day
(5 µg L⁻¹)

N₂O転換率
(%)

平均2.2

0.7

Moはアナモックスプロセスにおいて必須微量元素であり、5 µg L⁻¹添加することでプロセスの安定維持が可能となる。



○水処理工学

- 排水処理プラントの安定化
- 排水処理プラントの高速化(高負荷)
- 温室効果ガス(N_2O)の発生抑制

○微生物工学

- 混合細菌系における特定細菌の強化
- 混合細菌系における特定細菌の抑制
- 特定の機能(遺伝子発現)の制御

- 各工場（ユーザー）への対応
 - 排水処理施設の不安定事案への支援
（処理ができない、処理水質が悪化する）

- プラントメーカーへの開発協力
 - 開発プラントの高性能化
 - 活性維持（高活性化用）薬剤の開発
 - トラブル事案の原因解明・対応支援

- ・ 発明の名称 : 培養方法、培養装置、廃水処理方法及び廃水処理装置
- ・ 出願番号 : 特願2019-021821
- ・ 公開番号 : 特開2020-127383
- ・ 出願人 : 学校法人 東洋大学
- ・ 発明者 : 井坂和一、小濃愛

職務経歴

- 1998年-2006年 日立プラント(株) 松戸研究所
- 2006年-2013年 日立プラントテクノロジー(社名変更)
- 2013年-2015年 (株)日立製作所 松戸開発センター
- 2015年-2016年 オルガノ(株) 開発センター
- 2017年- 東洋大学理工学部応用化学科

受賞歴

- 2017年 9月 日本水環境学会 年間優秀論文賞 受賞
- 2016年11月 日本水処理生物学会 論文賞 受賞
- 2015年 6月 日本水環境学会 技術賞 受賞
- 2011年 6月 日本下水道協会 優秀論文賞(有功賞) 受賞
- 2011年 6月 International Anammox Symposium Best Presentation Award
- 2010年 6月 日本水環境学会 論文奨励賞 受賞
- 2008年11月 第45回下水道研究発表会 最優秀発表賞 受賞

競争資金

- (NEDO) 省水型・環境調和型水循環プロジェクト(研究代表者)
- (科研費) スタートアップ支援 他

共同研究

- 埼玉県環境科学国際センター
- 埼玉県下水道公社
- 水処理プラントメーカー 4社
- 化学メーカー 1社

東洋大学重点研究推進プログラム (toyo.ac.jp)

2022年度 東洋大学重点研究推進プログラム

6 安全な水とトイレ
を世界中に

7 エネルギーをみんなに
そしてクリーンに

13 気候変動に
具体的な対策を

14 海の豊かさを
守ろう

安心な水を未来へ

～有用細菌による排水処理技術の開発と普及に向けて～

Safe Water for Future

~Development and practical application of energy-saving wastewater treatment system using effective microorganisms~

工業技術研究所

川越

白山

赤羽台

- 理工・応用化学
- 理工・応用化学
- 理工・応用化学
- 理工・応用化学
- 理工・都市環境
- 理工・都市環境
- 総情・総合情報
- 国際・国際地域
- 経済・総合政策
- 情連・情報連携

- 井坂 和一*
- 田代 基慶
- 峯岸 宏明
- 相沢 宏明
- 山崎 宏史
- 青木 宗之
- 大塚 佳臣
- 北脇 秀敏
- 清田 佳美
- 後藤 尚弘

* 研究代表者



重点課題
(5) SDGsの達成に貢献する研究または
同課題達成に向けたテーマ性を有する研究

本技術に関する知的財産権

お問い合わせ先

発明の名称: 培養方法、培養装置、廃水処理
方法及び廃水処理装置

番号 : 特願2019-021821
: 特開2020-127383

出願人 : 学校法人 東洋大学

発明者 : 井坂 和一
小濃 愛

東洋大学

産官学連携推進センター

(研究推進部 産官学連携推進課)

TEL 03-3945-7564

FAX 03-3945-7906

e-mail ml-chizai@toyo.jp

お問い合わせ お待ちしております