

産業活動由来の希薄な窒素化合物の循環技術創出 —プラネタリーバウンダリー問題の解決に向けて

項目2-1. 窒素化合物の NH_4^+ 変換に関する研究開発 微好気性 NH_4^+ 変換プロセスの開発

発表者：寺田昭彦（国立大学法人東京農工大学）

PM：川本 徹

国立研究開発法人産業技術総合研究所 材料・化学領域 ナノ材料研究部門
研究グループ長

**PJ参画機関：国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東京大学、
学校法人早稲田大学、国立大学法人東京農工大学、国立大学法人神戸大学、
国立大学法人大阪大学、国立大学法人山口大学、協和発酵バイオ株式会社、
株式会社アストム、東洋紡株式会社、株式会社フソウ、宇部興産株式会社**



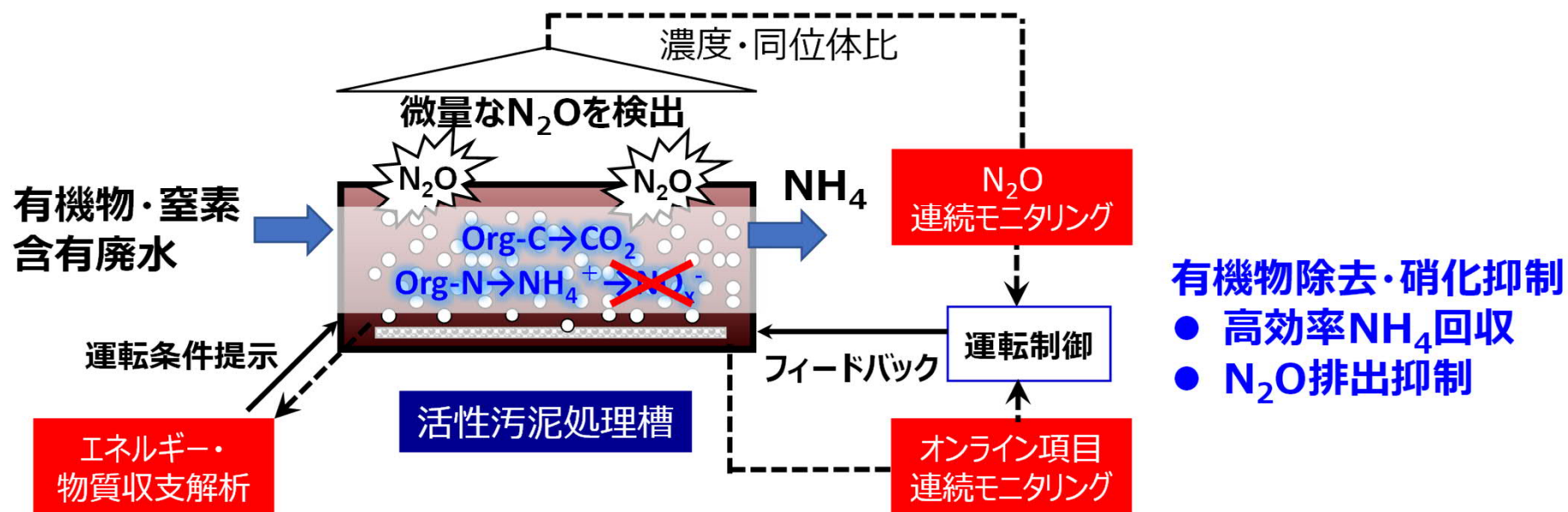
項目2の2029年度目標：水相変換・濃縮により廃水中の窒素化合物をアンモニア等として回収するパイロット設備を、5～15 m³/d 規模で実証

農工大・京大の役割：窒素化合物の動態制御による運転管理手法確立・N₂O排出削減
農工大・京大の2029年度目標：窒素化合物動態制御によるパイロット設備での実証支援

【開発目標】

廃水中の有機態窒素を NH_4^+ 変換するため、窒素化合物の動態評価を行い、硝化抑制や N_2O 排出抑制に必要な運転制御技術の確立を行う。

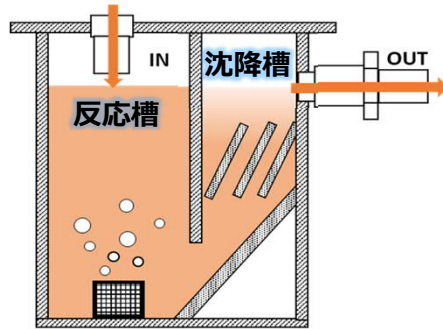
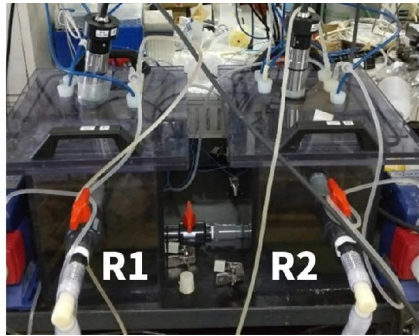
微好気性 NH_4^+ 変換プロセス



【開発内容】

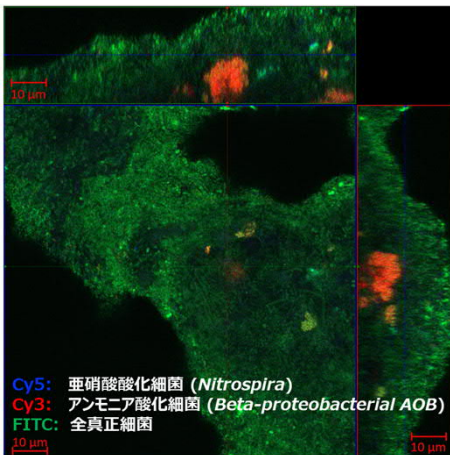
- 窒素化合物動態制御に基づく運転管理手法の検討（農工大）
- エネルギー・物質収支評価と N_2O 排出抑制手法の検討（京大）

- 簡易型ラボリアクターによる人工廃水処理試験により、安定したアンモニアの酸化抑制とN₂O排出抑制を達成 (NEDOエネ・環先導PJの成果を基に発展)



期間 [day]	HRT [hr]	SRT [day]	曝気風量 [L/min]
0~250	10	30	2.0

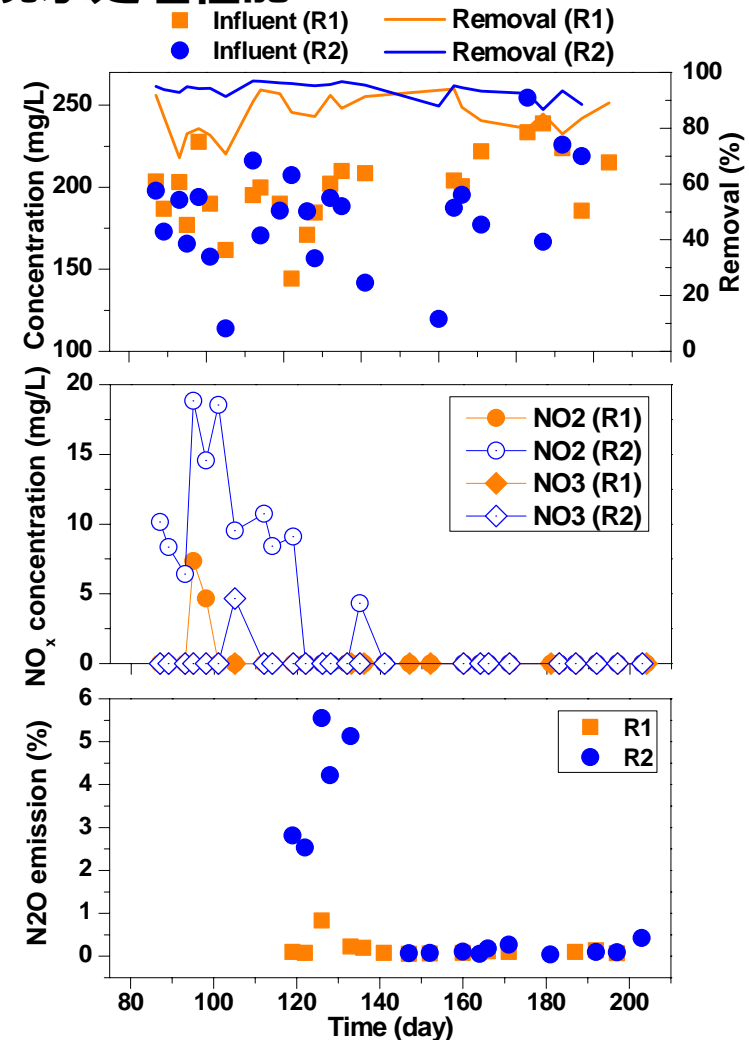
◆汚泥中細菌分布(156日目)



溶存酸素の供給制限

- 嫌気部位にわずかに生息
- アンモニア酸化細菌の増殖抑制

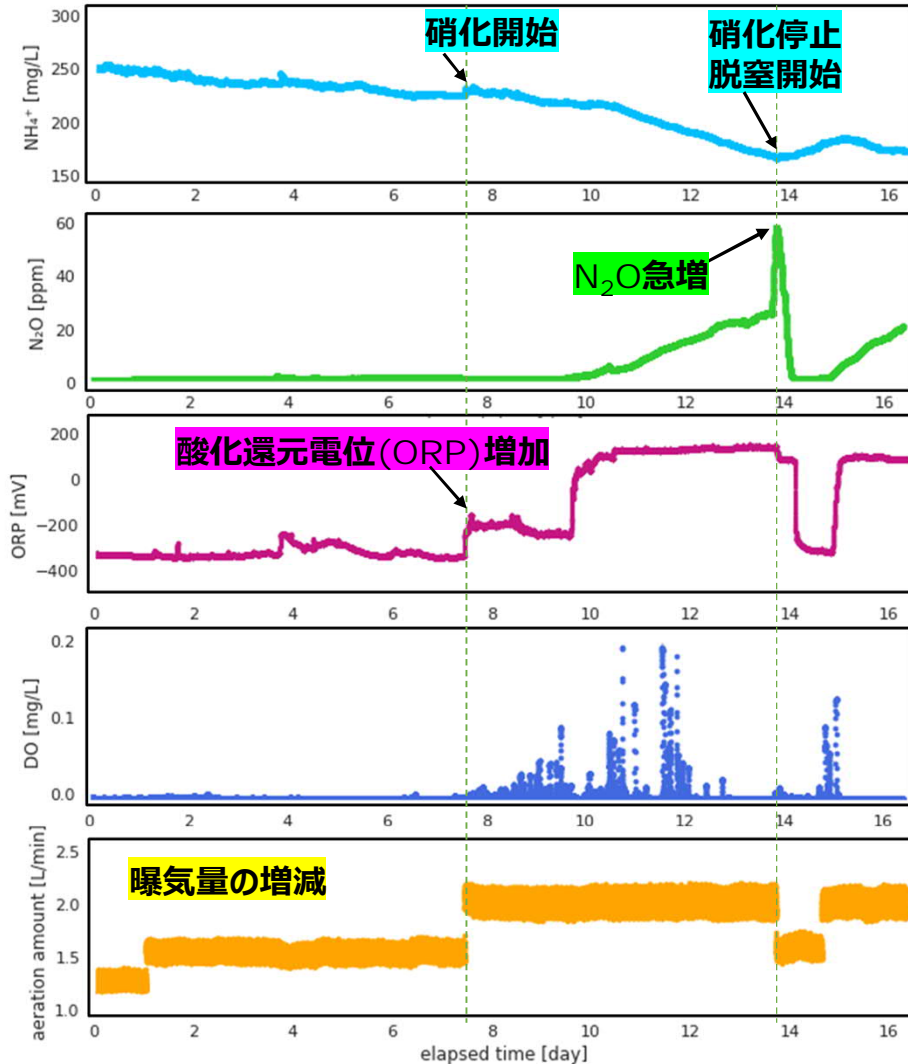
◆廃水処理性能



- 安定した有機物除去
- アンモニアの酸化抑制
- N₂O排出抑制 (排出係数 < 0.1%)

- 微好気性NH₄⁺変換プロセス内のNH₄⁺濃度の変動に鋭敏に応答する監視項目の同定

◆曝気量の段階的変動による各項目の変動



- 非意図的な硝化の進行→ORPが応答
- 硝化の進行の停止→N₂O濃度の鋭敏な反応
- ORPとN₂Oのモニタリングの重要性の示唆

◆オンラインモニタリングの相関関係

N ₂ O濃度	-0.43	0.025	-0.82	-0.77	-0.55	0.44
酸化還元電位	-0.39	0.095	-0.68	-0.76	-0.8	0.73
	温度	溶存酸素	PH	NH ₄ ⁺ 濃度	NO ₃ ⁻ 濃度	曝気量

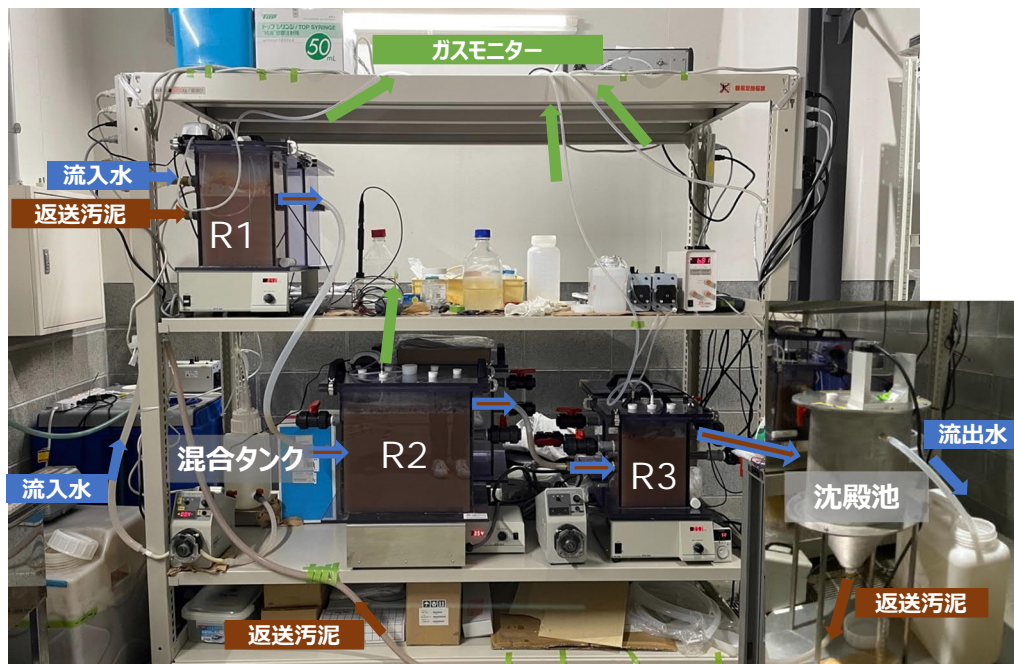
- パラメータの相関をピアソンの積率相関係数として算出
- N₂O濃度とORP値の値がNH₄⁺濃度と曝気量と高い相関

◆実廃水連続処理性能 (運転期間100日)

Component	Concentration [mg/L]	項目	除去率・変換率 [%]
TOC	755	TOC	約78%
TN	268	T-N	約93%
NH ₄ ⁺ -N	259	NH ₄ -N	約86%
NO ₂ ⁻ -N	1.56		
NO ₃ ⁻ -N	0		
Operation Condition			
Inflow load	0.50 kg-C/m ³ /day		
HRT	40 h		

- 実廃水の連続通水において安定したNH₄変換を達成

- 廃水中の有機性窒素からのアンモニア変換に向けたラボスケール活性汚泥処理装置を構築
- スタートアップ実験を開始し、アンモニア変換率に及ぼす影響因子を調査中



運転条件

74日間のスタートアップ試験を実施

42日後から安定運転

22日にR2槽を追加、42日に汚泥引き抜き開始

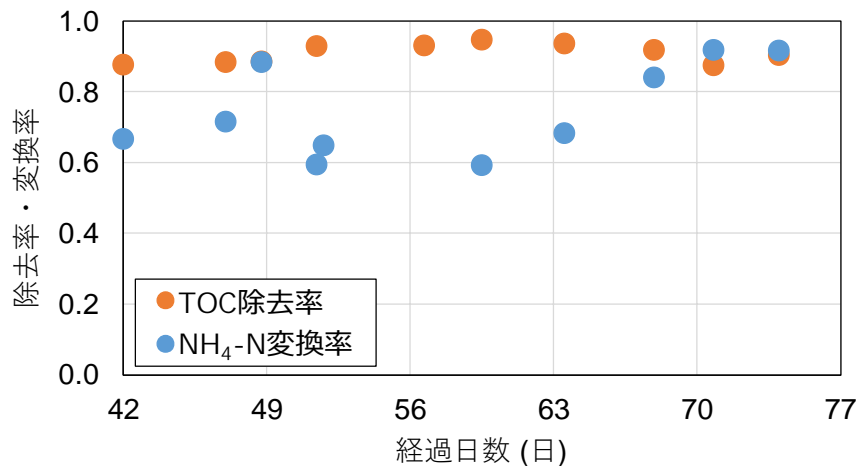
流入水 (模擬廃水)

- 全窒素 = 約480 mg/L, $\text{NH}_4\text{-N}$ = 約370 mg/L
- 全有機炭素(TOC) = 約320 mg/L

MLSS = 約2500 mg/L

HRT = 30 hrs, SRT = 30 days

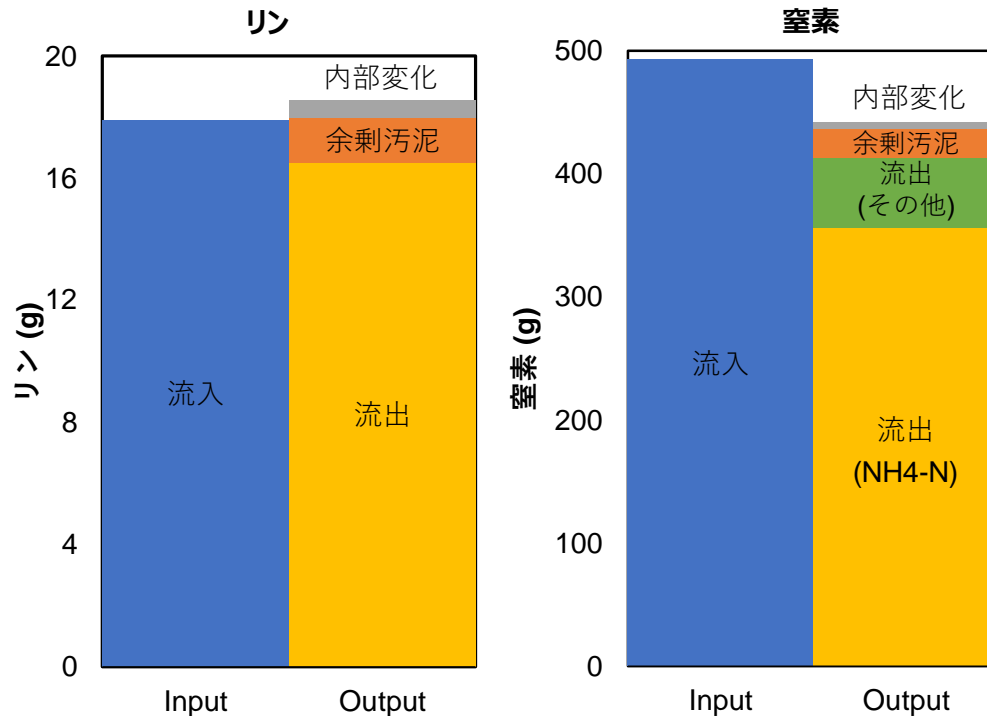
	容積 (L)	平均曝気風量 (L/min)	DO (mg/L)
R1	8.0	0.96	0.01
R2	26.2	0.65	0.01
R3	5.2	0.60	0.5



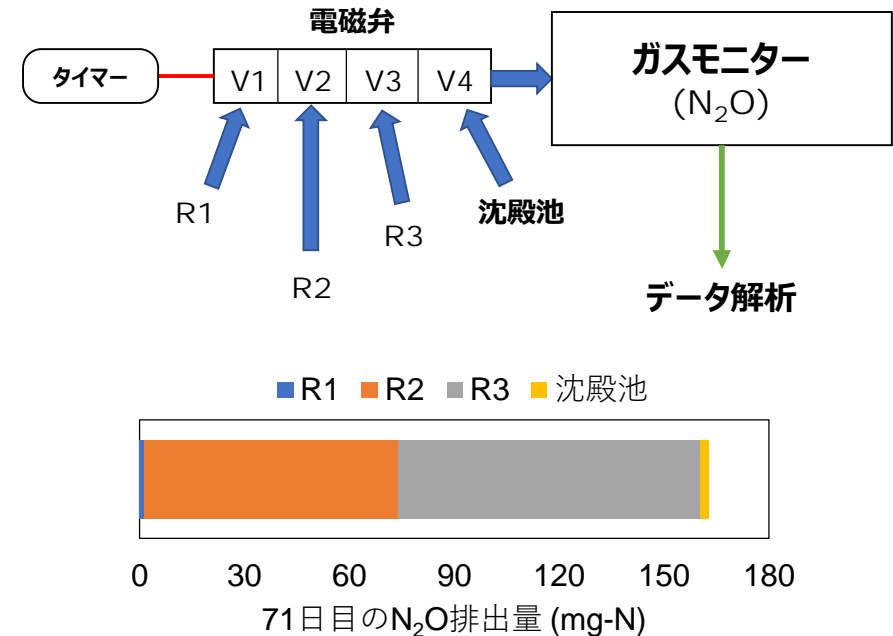
- TOC 除去率 = 約91%
- $\text{NH}_4\text{-N}$ 変換率 = 約75%
(流入全窒素に対する流出 $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合)

- スタートアップ実験におけるリン収支・窒素収支を評価
- ガス態 N_2O の連続モニタリングにより、 N_2O 排出係数を推定

物質収支 (42 - 74日)



各反応槽からの $G-N_2O$ 排出量



- 流入全リン量に対して流出全リン量は約103%
→リン収支が取れており、実験の妥当性を確認
- 流入全窒素量に対して流出全窒素量 (内部変化量含む) は約90%
→消失分10%は N_2 もしくは N_2O ガスとして排出されたと推定

- 71日目の N_2O 排出係数 = 約1% (ガスのみを考慮)
- D- N_2O を考慮した解析の精緻化を今後検討

【プロジェクト内役割】

微好気性 NH_4^+ 変換プロセスの開発

【2029年度目標】

窒素化合物動態制御によるパイロット設備での実証支援

【開発項目】

- 窒素化合物動態制御に基づく運転管理手法の検討（農工大）
- エネルギー・物質収支評価と N_2O 排出抑制手法の検討（京大）

【成果】

（農工大）

- 簡易型リアクターによる実廃水処理試験において、安定したアンモニア変換を達成
- アンモニア酸化の開始および停止と相関のあるオンライン監視項目を同定

（京大）

- スタートアップ実験におけるリン収支・窒素収支を評価
- ガス態 N_2O の連続モニタリングにより、 N_2O 排出係数を推定

