

総量規制水域における窒素除去管理のための 硝化抑制運転が下水処理場に与える影響

株式会社NJS
地球環境本部
環境調査部
望月 海人

背景

- コレラの流行、浸水被害
- 生活環境への関心の高まり
- 河川、海等の水質の悪化
- 省エネ・リサイクル社会の到来
- 都市型水害の頻発
進まない閉鎖性水域の水質改善
- 地域主権改革の推進

- 集中豪雨等による浸水被害
適切な下水道管理の推進
再生可能エネルギー活用推進

下水道の役割

- 土地の清潔の保持
- 都市の健全な発達
公衆衛生の向上
- 河川、海等の水質保全
- 下水道資源の有効利用
- 広域的な雨水排除
広域的な高度処理の推進
- 地方公共団体の自主性の向上

- 官民連携による浸水対策の推進
下水道機能の持続的な確保
再生可能エネルギーの活用推進

下水道法令

- 明治33年3月**（旧下水道法制定）
「土地の清潔の保持」を目的に規定

- 昭和33年3月**（新下水道法制定）
「都市の健全な発達」「公衆衛生の向上」を目的に規定

- 昭和45年12月**（下水道法改正）
・「公共用水域の水質保全」を目的に規定

- 平成8年6月**（下水道法改正）
・汚泥の減量処理の努力義務化
・光ファイバー設置の規制緩和

- 平成17年6月**（下水道法改正）
・雨水流域下水道の創設
・流総計画に高度処理を位置づけ
・事故時の措置の義務づけ

- 平成23年4月、8月**（下水道法改正）
・事業計画の認可制度を協議制度へ
・構造基準の一部を条例委任化

- 平成27年5月**（下水道法改正）
・雨水貯留施設の管理協定制
・維持修繕基準の創設
・熱交換器設置の規制緩和

自然環境、社会環境の変化



これまでの下水道

- ・ 浸水防除
- ・ 公衆衛生の向上
- ・ 公共用水域の水質保全
- ・ 災害対策

これからの下水道

- ・ エネルギー拠点
- ・ 栄養塩類の適正管理
- ・ 効率的な処理システム
- ・ 下水データバンク

これまでの下水道の役割は維持しつつ

自然・社会環境の変化に適応した新しい下水道を考えていく必要がある

1970年代～：水質汚濁防止法の制定

- ▶ 公共用水域の水質改善を目的に
BOD、COD、SSなどの排水基準が設けられた

1990年代～：総量規制の対象拡大

- ▶ 水域に流入する汚濁負荷量の総量を削減する制度
閉鎖性水域の富栄養化現象の解消を目的に
窒素、りんに関する総量規制基準が設けられた

近年：ノリの色落ち

- ▶ 瀬戸内海など、ノリの養殖が盛んな地域において
栄養塩類の不足によるノリの色落ち現象が確認された

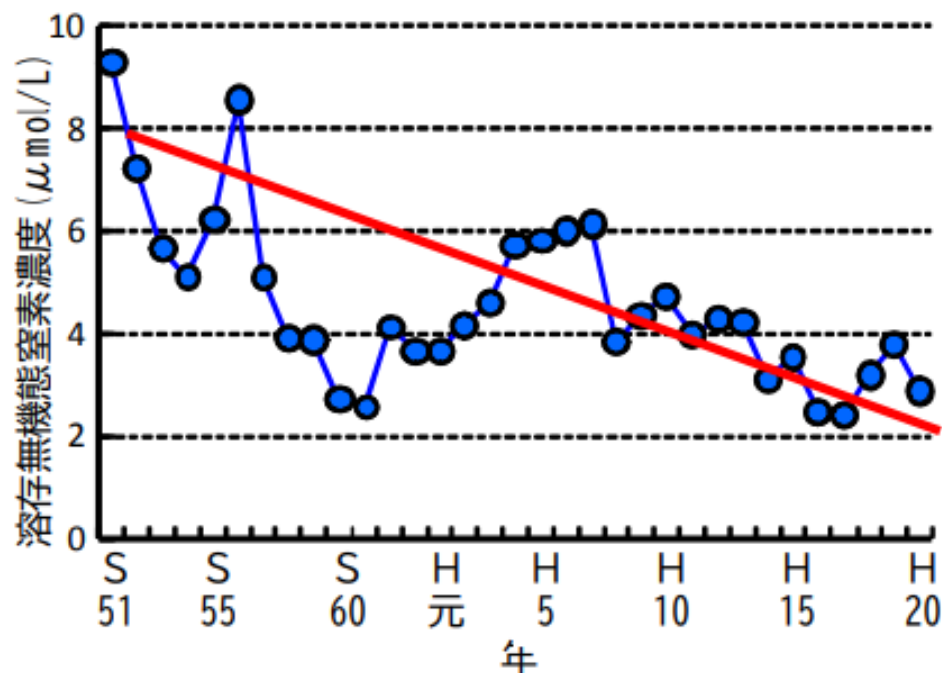


図-1※ 播磨灘12地点の表層水栄養分の推移



図-2※ 色落ちしたノリ

1980年代：IPCC（気候変動に関する政府間パネル）設立

- ▶ 気候変動に対する懸念の高まりを背景に
気候変動の科学的根拠を評価する独立機関が設立

1997年：「京都議定書」の採択

- ▶ 第3回締約国会議（COP3）にて、先進国における6つの
温室効果ガスを削減する数値目標と目標達成期間が合意

1999年：「地球温暖化対策の推進に関する法律」の施行

- ▶ COP3を踏まえ、我が国における地球温暖化対策に
関する基本方針を定めた法律が施行

2016年：「地球温暖化対策計画」の策定

- ▶地球温暖化の総合的かつ計画的な推進を図るため
2030年にGHG26%削減、2050年までに80%削減が目標

2020年：「2050年CN」実現のための首相所信表明

- ▶2020年10月、2050年までにGHG実質排出量をゼロにする
2050年カーボンニュートラルの実現を目指すことが宣言

なぜ水質と地球温暖化に対する背景を説明したのか？



水質とエネルギーはトレードオフの関係にあるから

例えば…

**硝化抑制運転として、好気槽の曝気風量を低下させて場合
硝化反応が進行せず、放流窒素濃度が上昇する（エネルギー低、水質高）**

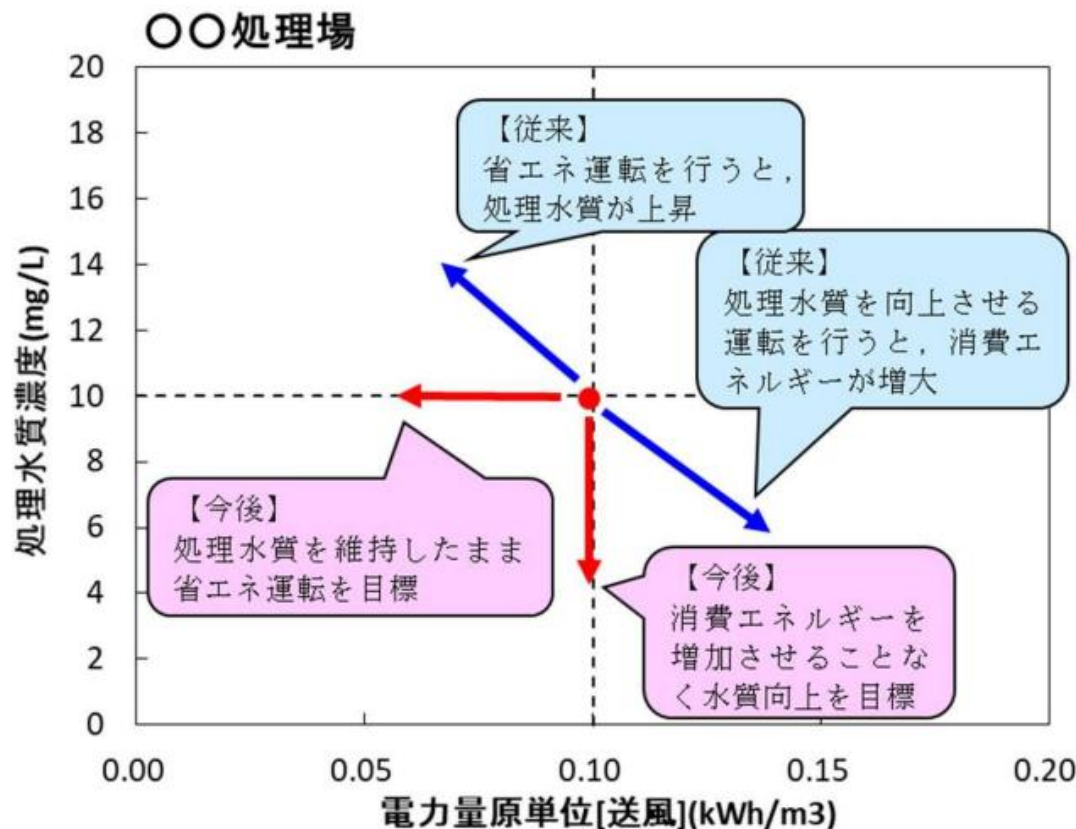


図- 3 ※ 処理水質と消費エネルギーの関係図（一般的なイメージ図）

自然環境・社会環境への変化に対する対応

- ・ 水質環境の改善を目的に**総量規制制度**が導入・拡大された
- ・ **高度処理法**の導入により水質環境が改善された

変化に対応することででてきた新たな課題

- ・ 高度処理法導入により、**処理エネルギー**（曝気、循環など）が増加
- ・ 海域に流入する**栄養塩類**が減少し、ノリの色落ちなどの漁業への影響

これらの課題解決が必要

社会的な要請事項と下水道事業そのものの課題

- ・ 2050CNの達成に下水道事業として貢献しなくてはならない
- ・ 財政的な事情で省エネ機器への更新など素早い対応ができない

課題に対する解決策として

既存の処理システムの中で、省エネと海域への栄養塩類供給を目的とした窒素除去管理運転手法の確立

本研究では上記運転手法を適用した場合の省エネルギー一面への寄与について定量的に評価を行った結果を報告する

前提条件

- ・対象水質項目は**窒素**とする
- ・**年間**の処理**水質基準**を遵守し、処理水質を**緩和**するような**運転**（**窒素除去管理運転**）を実施し、エネルギーの削減度合を定量評価する

窒素除去管理運転手法

- ・**硝化抑制運転**：硝化反応（ $\text{NH}_4\text{-N} \Rightarrow \text{NO}_3\text{-N}$ ）を抑制
反応タンクのDO濃度低下⇒**曝気風量削減**
- ・**脱窒抑制運転**：脱窒反応（ $\text{NO}_3\text{-N} \Rightarrow \text{N}_2$ ）を抑制
硝化液循環量の低下⇒**循環ポンプ稼働時間削減**

検討方法

- ・ 下水処理プロセスシミュレーターである「**BioWin**」を使用し、対象処理方式に対して窒素除去管理運転手法を適用した場合の**省エネ効果**を**定量評価**した（※省エネ効果はモデル外で検証）

対象処理方式

- ①**循環式硝化脱窒法**（以下、「①循環法」）
- ②**嫌気無酸素好気法**（以下、「②A2O法」）
- ③**ステップ流入式多段硝化脱窒法**（以下、「③多段法」）
- ④**高度処理対応型標準活性汚泥法**（以下、「④高度標準法」）

BioWinモデル作成緒元

項 目			高度処理方式			標準法	備 考	
			循環法	A2O法	多段法			
水量			m ³ /日	38,600	43,900	25,900	38,900	H30年度下水道統計による1系の処理水量
水質	流入水	BOD	mg/L	169	178	177	182	H30年度下水道統計 年間平均値
		COD	mg/L	100	101	101	105	"
		SS	mg/L	154	162	161	164	"
		T-N	mg/L	34.1	34.8	33.7	35.2	"
	処理水	BOD	mg/L	2.0	2.3	2.5	3.4	"
		COD	mg/L	6.9	7.9	7.7	8.6	"
		SS	mg/L	2.4	2.1	2.5	2.4	"
		T-N	mg/L	6.8	8.4	7.1	12.0	"
反応タンク 運転条件	水温		℃	21.5	18.0	21.7	19.0	"
	好気タンク末端DO		mg/L	1.3	2.0	1.0	1.5	設定値
	HRT		時間	16.0	17.0	13.8	11.0	H30年度下水道統計 平均値
	循環率		-	1.1	1.1	-	-	設定値
	返送比		-	0.55	0.45	0.56	0.55	H30年度下水道統計 平均値
	MLSS		mg/L	2,300	2,030	2,170	1,770	"
反応槽 容量	嫌気槽		m ³	-	2,818	-	5,933	高度処理方式： 設計例の比率により算出 標準法： 嫌気槽：好気槽 = 1：2とする
	無酸素槽		m ³	10,280	11,273	1,762	-	
	好気槽		m ³	15,420	16,909	1,762	11,867	
	無酸素槽（2段）		m ³	-	-	2,494	-	
	好気槽（2段）		m ³	-	-	2,494	-	
	無酸素槽（3段）		m ³	-	-	3,193	-	
	好気槽（3段）		m ³	-	-	3,193	-	
	合計		m ³	25,700	31,000	14,900	17,800	
最終沈殿池	水面積負荷		m ³ /m ² ・日	14.0	14.3	14.0	15.7	H30年度下水道統計 平均値
	水面積		m ²	2,760	3,060	1,850	2,480	水量と水面積負荷により算出
	有効水深		m	4.0	4.0	4.0	3.5	設定値

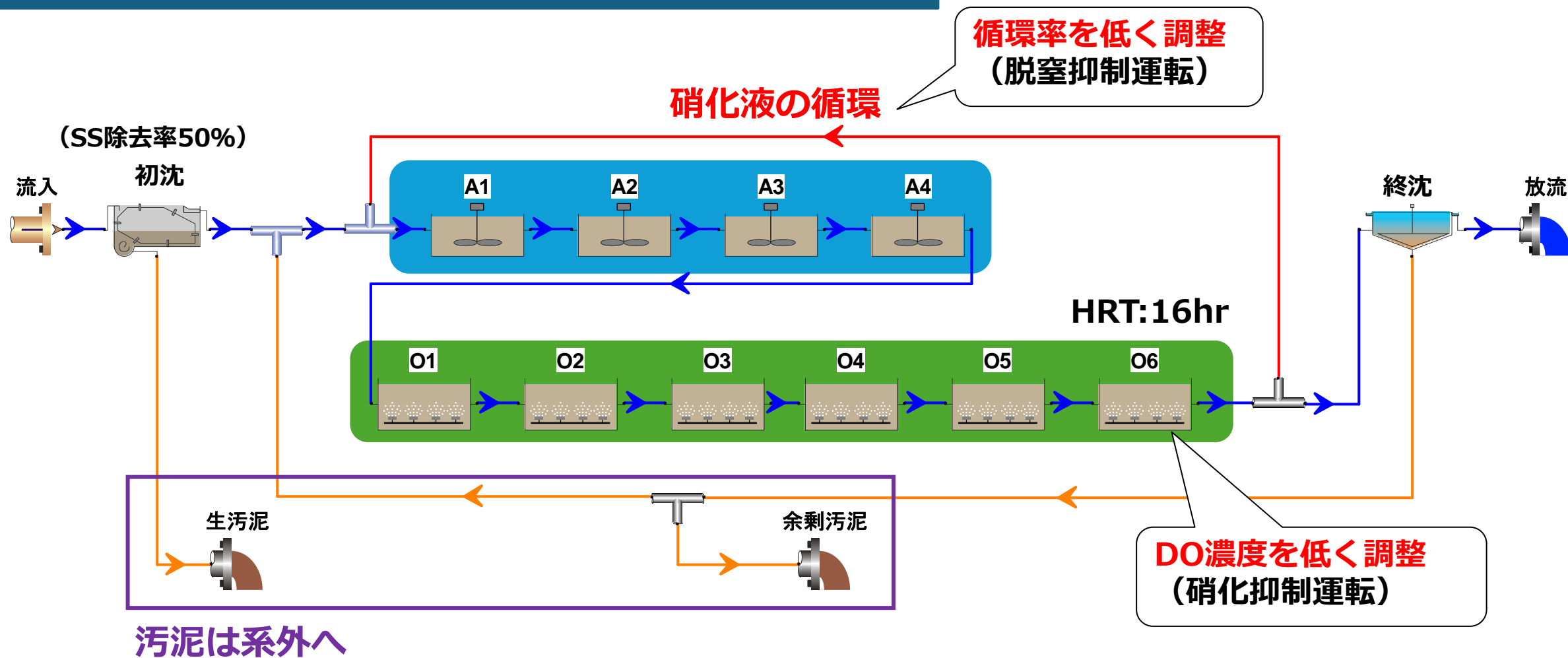
検討ケース

- 夏期、冬期の2パターン
- 水温（夏期：29℃、冬期：16℃）
- 水量（夏期：年平均1.1倍、冬期：年平均0.9倍）
- 流入負荷（夏期と冬期で同等）

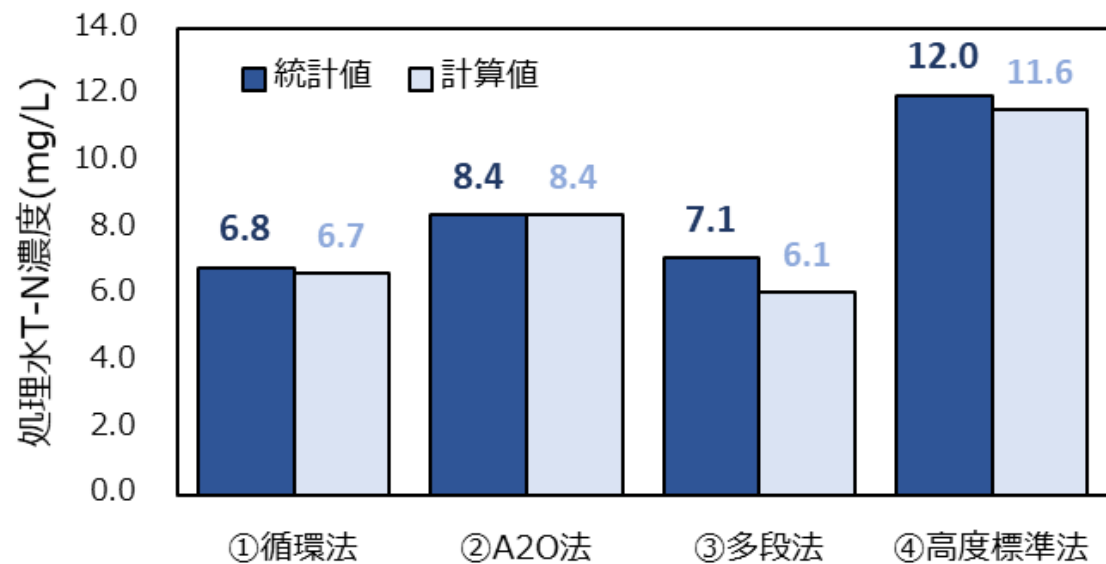
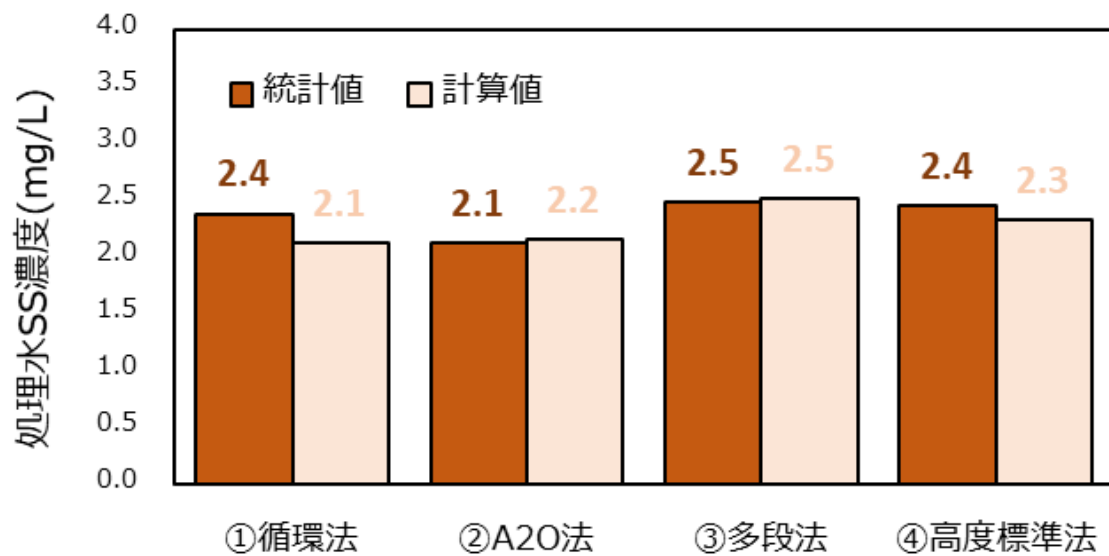
管理目標

- 目標処理水質（T-N）を設定
- 処理方式①～③：夏期6mg/L、冬期10mg/L、年平均8mg/L
- 処理方式④：夏期10mg/L、冬期15mg/L、年平均12.5mg/L

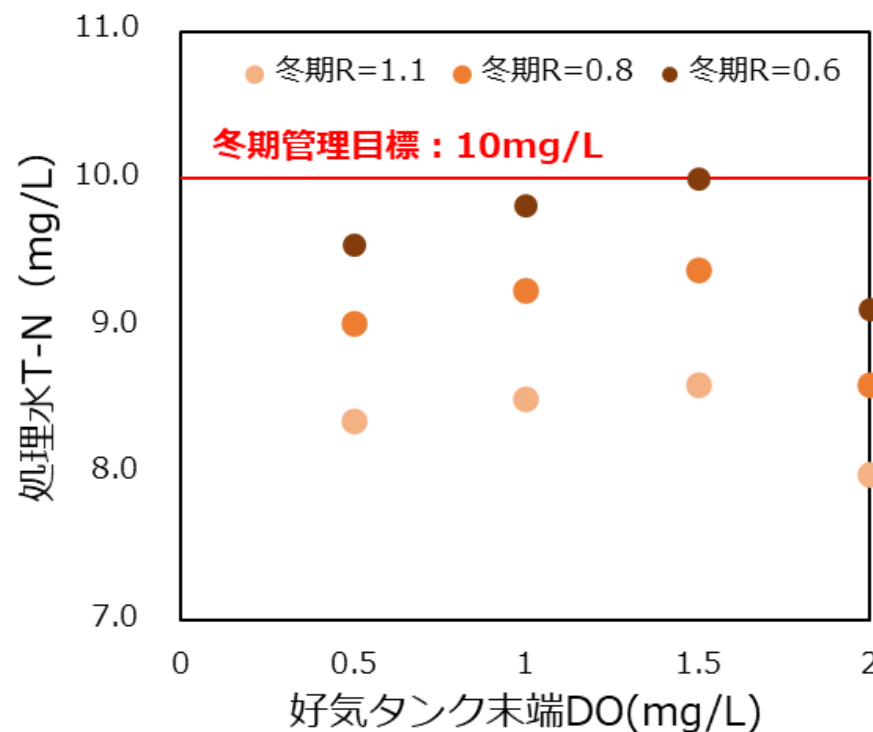
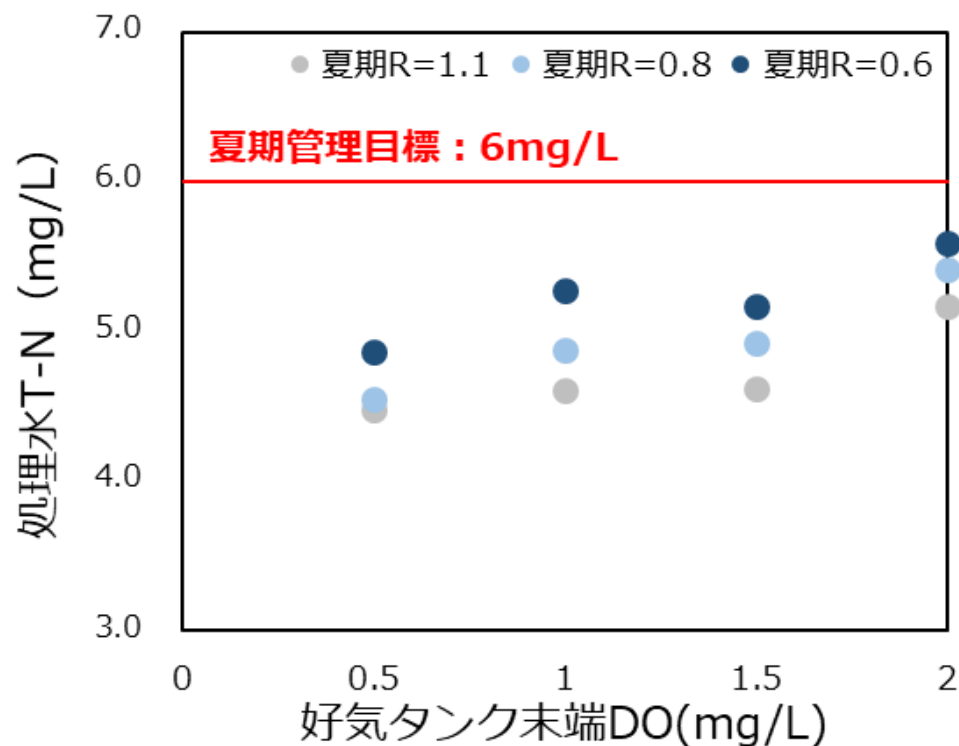
BioWinモデルフロー (①循環法)



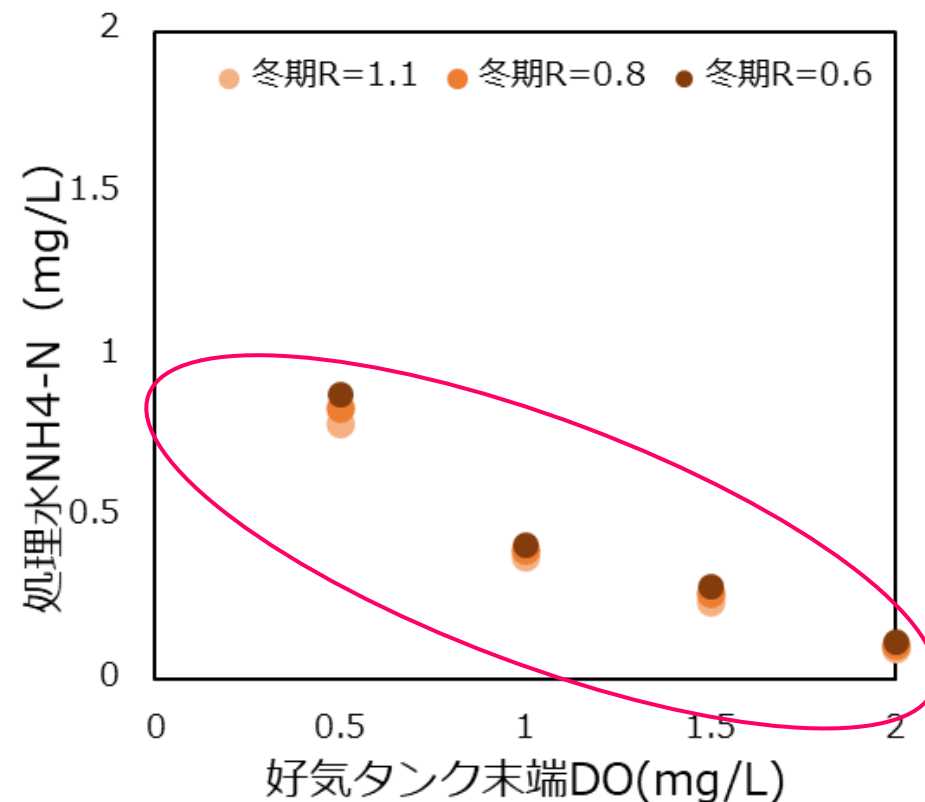
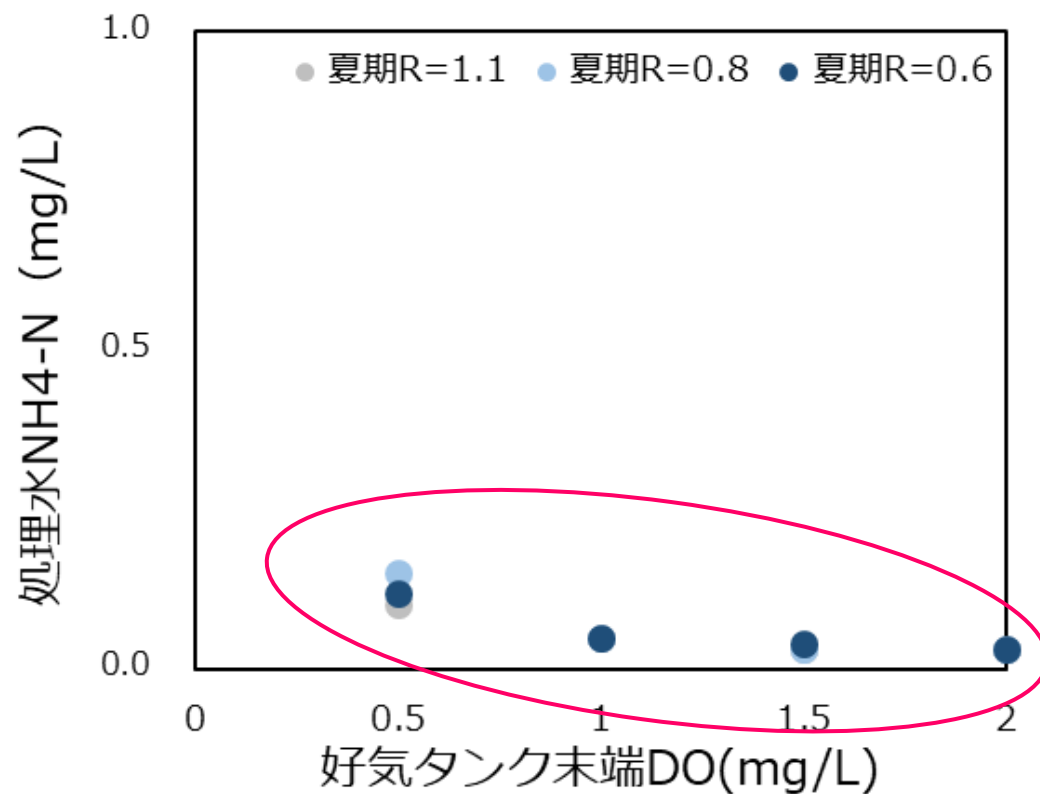
- 標準パラメータでDO濃度、循環率を調整しモデルのキャリブレーションを実施
- 作成したモデルが統計値を再現できたことを確認



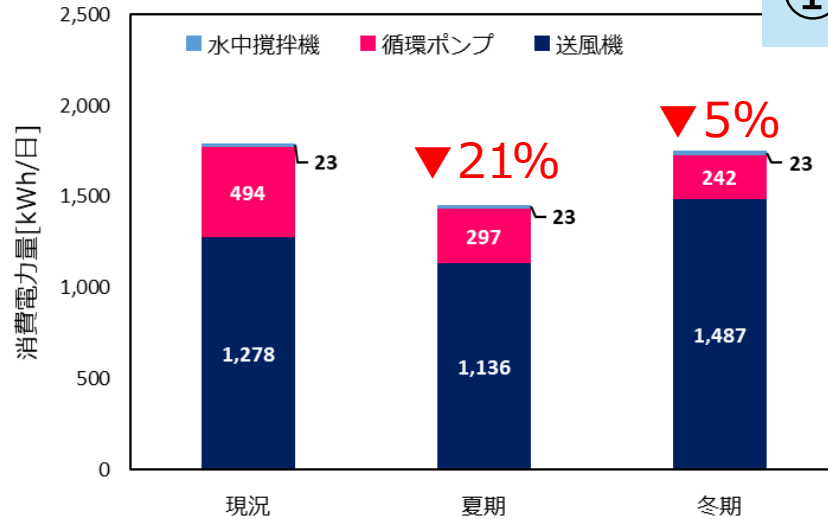
- 夏期、冬期ともに管理目標をクリア
- 循環率（R）が低いほど、処理水質は高い傾向にある⇒脱窒抑制を確認
- DO濃度の違いによる処理水質の有意性はあまり無かった



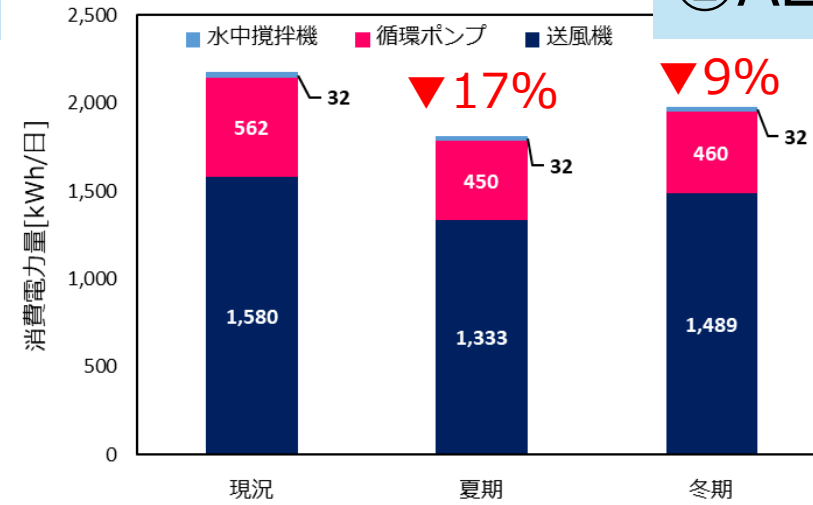
- 夏期、冬期ともにNH₄-Nの**完全硝化**を確認
- 設計マニュアルでは**十分なA-SRT及びHRTが確保**されているためDO濃度0.5mg/Lであっても**硝化反応が進行**する



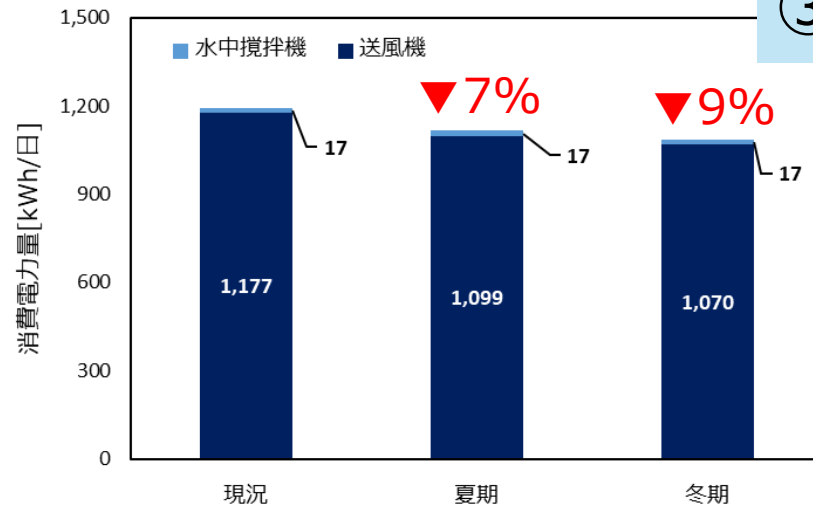
①循環法



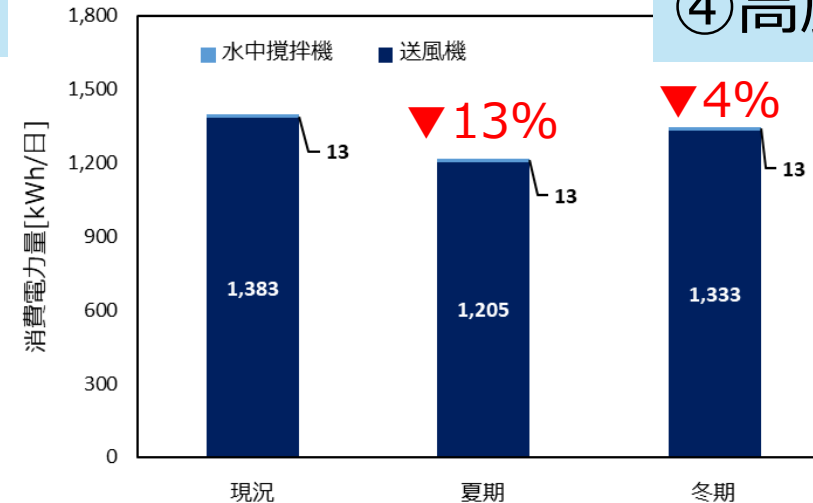
②A2O法



③多段法



④高度標準法



⇒いずれの処理方式でも省エネに寄与できることを確認

- 既存の高度処理施設において**窒素除去管理運転**を適用した場合 新たな施設・システムを導入することなく、省エネルギーに寄与できることが分かった
- 2030年目標に向けて、窒素除去管理運転の手法適用を普及するとともに、処理場再構築時には設計指針だけではなく、実績データやSIM等を活用した、最適な処理システムの構築を検討していく必要があるのではないか？