

# 硝化促進型嫌気無酸素好気法に関する調査研究



研究第一部 総括主任研究員

卯西 俊之

## 1 はじめに

福岡市では、博多湾の窒素・りん的环境基準類型指定の告示を受け、平成10年6月に福岡県と共同で「博多湾特定水域高度処理基本計画」を策定し、窒素・りん同時除去高度処理施設の整備を計画している。現在、嫌気好気法で処理を行っている既存の水処理センターについては、硝化担体を投入した「硝化促進型嫌気無酸素好気法」（以下「担体利用A<sub>2</sub>O法」と称す。）の導入を計画している。

これらの事項を受けて福岡市では、(財)下水道新技術推進機構と共同で平成16年度から東部水処理センターの1系列を改造して担体利用A<sub>2</sub>O法による実証実験を実施した。実証実験では、博多湾特定水域高度処理基本計画で定められた目標処理水質（年間平均値）の達成を実証するとともに、施設設計および運転管理方法を検討したので紹介する。

## 2 研究内容

### 2.1 研究目的

本研究の目的は、実規模実証実験施設を用いて、処理目標水質の達成を実証し、その処理方式に関する設計資料及び運転管理資料を作成することである。

### 2.2 処理目標水質

処理目標水質は、博多湾特定水域高度処理基本計画の目標値、同暫定目標値及び既設の処理水質レベルを考慮し、日間平均値の年間平均値を目標とした。処理目標水質を表-1に示す。

表-1 処理目標水質

水質項目	目標水質	備考
T-N	9mg/L以下	※1参照
T-P	0.4mg/L以下	※1参照
COD <sub>Mn</sub>	10mg/L以下	※2参照
BOD	10mg/L以下	※3参照
SS	10mg/L以下	※3参照

※1 博多湾特定水域高度処理基本計画の目標値

※2 博多湾特定水域高度処理基本計画の暫定目標値  
(将来目標値 8 mg/L以下)

※3 既設の処理水質レベル

### 2.3 実証実験施設の概要

実証実験施設の処理フローを図-1に示す。反応槽の容量配分については、過去に行ったパイロットプラントによる実験結果を踏まえ、嫌気槽、無酸素槽、好気槽の各槽の比を決定し、既存施設7区画に対して5区画目を2分割することで、嫌気槽1/7、無酸素槽を3.5/7、好気槽2.5/7とし、第1区画を嫌気槽、第2から第5区画を無酸素槽、第6から第8区画を好気槽とした。

好気槽には、発泡ポリプロピレン製中空円筒形（外径4mm（内径3mm）×5mm）結合型担体を真容積当たり8.1%\*（見掛け容積当たりでは32.4%）の添加率で投入している。また、好気槽の各区画の末端部には、担体流出防止用スクリーンを設置している。そして、冬季等に窒素負荷量が増大し、流入有機物負荷量が不足する場合を考慮して、初沈バイパス併用運転や無酸素槽へのメタノール添加が可能となっており、さらに降雨等の影響によりりん除去が悪化した場合に、好気槽の末端での凝集剤（PAC）の添加も可能となっている。

\*真容積 = 見掛け容積 / 4

(本実験に投入した結合担体の場合)

$$P_N = V_P / V_A \times 100$$

ここに、

$P_N$ : 担体添加率 (%),  $V_p$ : 担体添加量 ( $m^3$ ),

$V_A$ : 好気タンク容量 ( $m^3$ )

$$8.1\% = (114.1m^3/1405m^3) \times 100$$

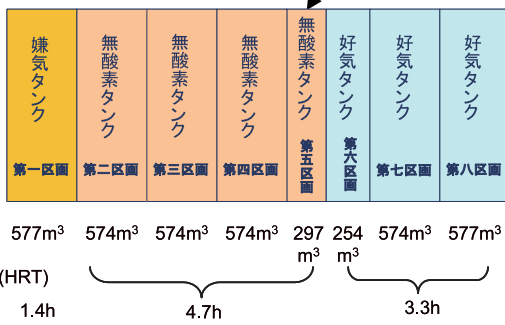
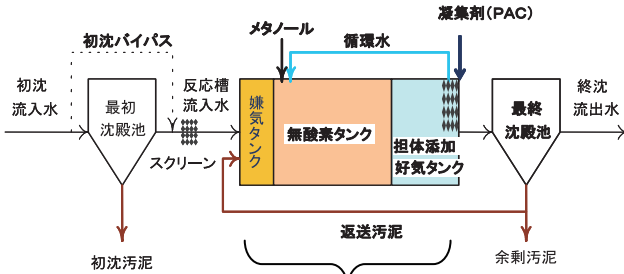


図-1 実証実験施設の処理フロー

## 2.4 研究スケジュール

全体研究スケジュールを表-2に示す。

表-2 全体研究スケジュール

項目	H10~12年度	H13年度	H14年度	H15年度	H16年度	H17年度	H18年度
パイロットプラント実験	←-----→						
実規模実験計画の策定		←-----→					
実規模施設改造実施設計			←-----→				
実規模施設改造工事				←-----→			
実規模実証実験					←-----→		

注) ←-----→ は本研究対象外である。

## 2.5 実規模実証実験の主要テーマ

実規模実証実験の主要テーマは次の通りである。

- ① 処理目標達成の実証
- ② 施設設計諸元に関する知見の集積
- ③ 運転管理性、維持管理性に関する知見の集積
- ④ 施設設計及び運転管理資料の作成

## 2.6 実証実験条件及びスケジュール

実証実験条件及びスケジュールを表-3に示す。実験条件の設定は既設計諸元をベースとし、年間を通

表-3 実証実験条件及びスケジュール

年度	RUN	時期	初沈バイパス	HRT	反応タンク流入水量	返送比	硝化液循環比	MLSS	DO制御値	メタノール添加	PAC添加	
設計諸元		冬	無	9.4h	10,170m³/d	0.5	2.5	2500mg/L	3mg/L	10mg/L	無添加	
H16	馴致(春)	~7月	無	8.7h	11,040m³/d	0.5	2	2000~2500mg/L	3mg/L	0mg/L	基本的に無添加	
	馴致(夏)	8月		8.1h	11,900m³/d		1.5	約2000mg/L				
	1	9月		8.1h	11,900m³/d		2	約2000mg/L				
	2	10~12月		8.7h	11,040m³/d		2.5	2000~2500mg/L				
H17	3	1~3月		9.4h	10,170m³/d		3	約2500mg/L		10mg/L	自動分析値に留意し、必要に応じて添加する*1	
	バブル板設置工事等	4~5月		8.7h	11,040m³/d		2	2000~2500mg/L				
	4	6月		8.7h	11,040m³/d		2	2000~2500mg/L				
	5	7~9月		8.1h	11,900m³/d		1.5	1500~2000mg/L				
	6	10~12月	8.7h	11,040m³/d	2	1500~2000mg/L						
H18*2	7	1~3月	9.4h	10,170m³/d	2.5	2000~2500mg/L	10mg/L					
	8	4~5月	無	8.7h	11,040m³/d	0.5		2	1500~2000mg/L	3mg/L	0mg/L	同上
	9	6月	50%*3									

※1 降雨後に終沈流出水T-P自動分析値が連続して0.3 (or0.2) mg/Lを超えた場合に凝集剤添加を開始する。なお、反応タンク末端水および終沈流出水PO<sub>4</sub>-P手分析値が晴天時レベル(概ね0.1mg/L未満)であることを確認し、凝集剤添加を終了する。

※2 実験テーマは「1年間通した処理目標の実証」と「流入水有機物濃度低下時期における初沈バイパス併用運転の実証」とする。

※3 初沈バイパス併用比は、CBOD/TN比が3を超えることを目処に50%を基本とする。

して処理目標水質を達成するために、表一3の運転条件についての妥当性を検討する。

## 3 研究成果

### 3.1 運転状況

運転状況を表一4に示す。MLSSは、各RUNを通じて概ね設定どおりに運転ができた。

表一4 運転状況

RUN	水温 (°C)	HRT (h)	循環比		無酸素槽 ORP (mV)	好気槽DO (mg/L)	MLSS (mg/L)	PAC (mg/L)	MeOH (mg/L)
			設定値	実績					
設計値	16.0	9.5	—	2.5	—	3.0	2,500	—	10
1	25.5	8.2	2.0	2.0	-50	3.5	1,930	22	0
2	22.6	8.9	2.5	2.5	-90	3.5	2,430	13	
3	18.3	9.6	3.0	2.3	120	3.7	2,370	10	
4	26.3	9	2.0	2.0	-360	2.6	2,240	9	0
5	28.7	8.3	1.5	1.6	-380	3.2	1,710	9	
6	25.6	9	2.0	2.0	-310	1.9	1,870	7	10
7	20.0	9.5	2.5	2.5	-210	2.3	2,220	17	
8	22.1	8.7	2.0	2.0	-200	2.4	1,820	32	
9	25.8	8.8	2.0	2.0	-290	2.5	1,730	2	0

※MeOH：メタノール

### 3.2 流入水及び処理水の品質

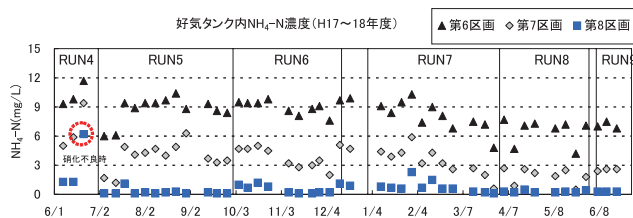
処理目標は年間平均値で評価することから、初沈バイパス併用運転時期を含むRUN5~9における全平均値を整理したところ、全処理目標水質項目について処理目標を達成できた。以下に、処理目標水質項目である窒素、りんについて、各RUNにおける処理状況等を示す。

#### 3.2.1 窒素

##### (1) 硝化特性

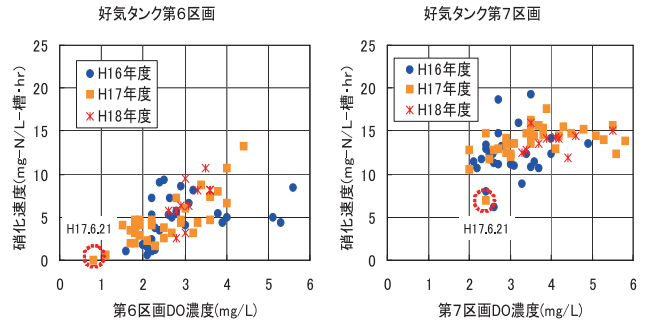
本法の硝化反応は主に好気タンクに投入されている硝化担体が担っており、実証実験期間を通して概ね良好な硝化反応を維持することができた。安定した運転ができたRUN4~9における好気タンク内のNH<sub>4</sub>-N濃度の経日変化を図一2に示す。RUN4の1データを除き、ほぼ安定して良好な硝化反応を維持することができていた。

ここで、各好気タンク区画のDO濃度が及ぼす各好



図一2 好気タンク内のNH<sub>4</sub>-N濃度の経日変化

気タンク区画の硝化速度への影響を解析したところ、図一3に示すように、DO濃度が低くなると硝化速度は低下する傾向が見られ、RUN4において硝化不足が行った時のDO濃度は第6区画において特に低い値となっていた。このように、硝化反応に及ぼすDO濃度の影響は大きいことから、安定した硝化反応を維持するためには好気タンクDO濃度を概ね3 mg/L以上の値で安定管理することが必要であると考えられる。



図一3 DO濃度と担体硝化速度との関係

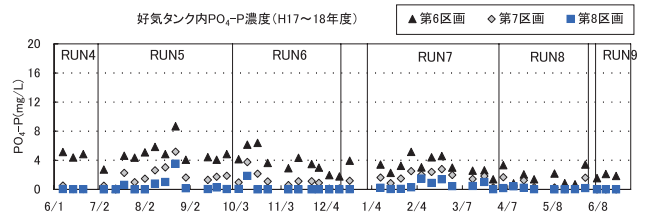
##### (2) 脱窒特性

本法の窒素除去は主に、無酸素タンクへの硝化液を循環させることにより供給されたNO<sub>x</sub>-Nを脱窒させることで達成される。この脱窒反応は、降雨が継続し反応タンク流入水有機物濃度が低下した時期を除き、完全脱窒が概ね達成されていた。

#### 3.2.2 りん

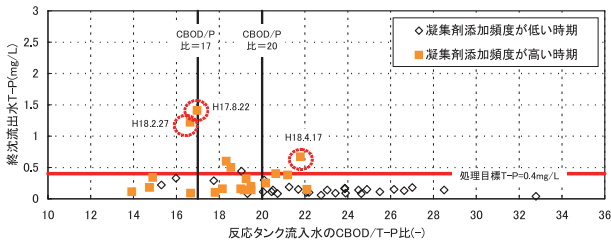
##### (1) りん除去特性

図一4に示すように、通年を通して好気タンク末端部である第8区画の段階ではほぼ良好なりん除去が行えた。ただし、雨天時後においては凝集剤を添加する必要がある。



図一4 好気タンク内のPO<sub>4</sub>-P濃度の経日変化

雨天時後における凝集剤添加方法を適切に行えるようになったH16.12以降のデータを対象に反応タンク流入水CBOD/T-P比と終沈流出水T-P濃度との関係を整理したところ、図一5に示すように、CBOD/T-P比



◇凝集剤添加頻度が低い時期：月間添加日数が7日未満(H16.12~H17.1、3~7、9~11、H18.1.6)  
 ■凝集剤添加頻度が高い時期：月間添加日数が7日以上(H17.2、8、12、H18.2~5)

図一五 反応タンク流入水のCBOD/T-P比と  
 終沈流出水T-P濃度の関係（コンポジット）

が17程度を下回るとりん除去が大幅に悪化する場合が見られた。また、良好なりん除去を安定的に達成するために望まれるCBOD/T-P比は、降雨の影響が大きい場合（H18.4.17）を除き概ね20以上であった。

なお、初沈バイパス併用運転（RUN9）時の反応タンク流入水のCBOD/T-N比とCBOD/T-P比を表一五に示す。初沈バイパス併用運転により、CBOD/T-N比とCBOD/T-P比がともに他RUNよりも高くなっていることがわかる。この結果、RUN9は降水量が多かったにも係わらず、少ない凝集剤添加量で良好なりん除去を行うことができた。

表一五 反応タンク流入水のCBOD/T-N比、  
 CBOD/T-P比の実績

項目		H16年度			H17年度			H18年度		
		高水温期	中水温期	低水温期	中水温期	高水温期	中水温期	低水温期	中水温期	
		RUN1	RUN2	RUN3	RUN4	RUN5	RUN6	RUN7	RUN8	RUN9
反応タンク 流入水 (mg/L)	CBOD	62	93	104	86	74	99	105	90	106
	T-N	28	37.7	37.2	37.7	32.6	38.5	40.2	33	34.4
CBOD/N比	T-P	3.07	4.16	4.15	4.24	3.65	4.45	5.87	4.57	4.05
	(-)	2.2	2.5	2.8	2.3	2.3	2.6	2.6	2.7	3.1
CBOD/P比	(-)	20	22	25	20	20	22	18	20	26

初沈バイパス50%併用運転時

※ H17.6.20（RUN4）のCBODが異常に高い値であるため、RUN4はその他の3データの平均値を用いた。

### 3.3 処理目標の達成状況

H17.7~H18.6のRUN5~9の1年間のデータ（全41データ）を用いて評価した。

終沈流出水は表一六に示すように、全ての水質項目において処理目標値を下回る値が得られた。このことから、実規模実証実験で「処理目標達成の実証」を確認できたといえる。

### 3.4 設計・運転管理資料（案）の作成

本法における施設設計方法（案）と運転管理方法（案）を整理し、設計・運転管理資料（案）としてと

表一六 実規模実証実験において処理目標値を超過したデータ数等（RUN5~9）

水質項目	T-N	T-P	COD <sub>Mn</sub>	BOD	SS
処理目標値 (mg/L)	9	0.4	10	10	10
平均値 (mg/L)	8.3	0.26	9.0	2.2	3
最大値 (mg/L)	10.7	1.41	11	4.1	5
処理目標値 <sup>®</sup> を超過したデータ数 (分母は1年間のデータ数:41)	10/41	5/41	5/41	0/41	0/41

※ 処理目標の達成・未達成は、年間平均値で評価し、1日単位のデータで評価するわけではない

りまとめた。

本資料は以下の構成とし、各項では全水処理センターに適用可能な〔全水処理センター共通事項〕と東部水処理センターの施設の構造、設備の特徴等に関連する〔東部水処理センターの特性に関する事項〕とに区分し整理した。

#### 〔設計・運転管理資料（案）〕

1. 硝化促進型嫌気無酸素好気法の概要と特徴
2. 本法における施設設計方法（案）
  - 2.1 施設設計の考え方
  - 2.2 増設施設の施設設計方法
  - 2.3 既存施設の改造設計方法
  - 2.4 ケーススタディ（東部水処理センター）
3. 本法における運転管理方法（案）
  - 3.1 運転管理方法の設定・改善フロー
  - 3.2 運転操作項目の一覧
  - 3.3 水質管理
  - 3.3~3.6 最初沈殿池、反応タンク、最終沈殿池の運転管理
  - 3.7 異常現象の原因と対策
  - 3.8 初期対策
  - 3.9 省エネルギー・省コスト運転方法

## 4 まとめ

本研究の目的である年間平均値での処理目標を達成することができた。また、本研究のデータ等を用いて、本処理法に関する「設計・運転管理資料（案）」としてとりまとめた。なお、今後、東部水処理センターを含め、各水処理センターに担体利用A<sub>2</sub>O法を適用する際には、本研究でとりまとめた「設計・運転管理資料（案）」を利用されることを望む。また、各処理場の高度処理化が進み、本研究結果が博多湾の水質保全に役立てられることを期待する。