

担体を含む硝化液循環による 嫌気－無酸素－好気法 に関する研究

1. はじめに

武庫川下流浄化センター（以下、「本浄化センター」と略す）の放流先である大阪湾では、平成7年に富栄養化防止を目的として、全窒素および全りんに係わる環境基準における水域類型指定がなされ、さらに「大阪湾流域別下水道整備総合計画」において、BOD 5mg/l、COD 11mg/l、T-N 7 mg/l および T-P 0.6mg/l の目標水質が掲げられている。

現在、本浄化センターは高級処理プロセスである標準活性汚泥法を採用し、事業を推進しているが、このような状況から高度処理への対応を急いでいる。一方、担体を用いた生物処理方法は、A₂O法の

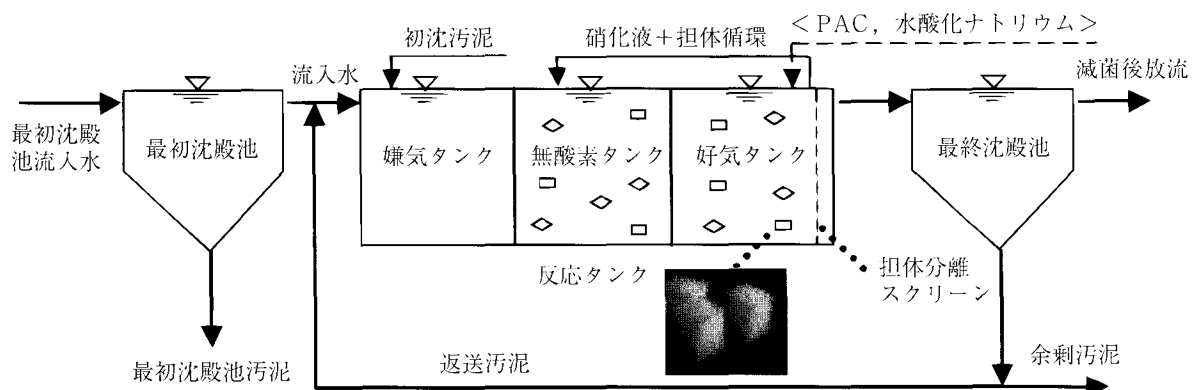
ような高度処理法に比べ、硝化速度および脱窒速度を高めることができることから、用地を拡張することなく既存施設を活用して、高度処理に対応することが可能である。

このような背景により、実施による実証実験を行い、その性能および適用性の評価を行うこととした。

2. 研究内容

2.1 研究の目的

- ① 目標水質は、BOD 5mg/l、COD 11mg/l、T-N 7 mg/l および T-P 0.6mg/l とする。
- ② 現状の標準活性汚泥法と同程度の滞留時間で高度処理を達成する。



※< >内は必要に応じて検討する。

図-1 担体循環型嫌気－無酸素－好気法の処理フロー

2.2 本研究対象技術の概要

図-1に本研究対象技術のフローを示す。

本研究で実証する技術は「担体循環型嫌気-無酸素-好気法」である。これはスポンジ状で立方体の形状をした担体（以下「スポンジ担体」と呼ぶ）を無酸素槽および好気槽を循環させることが特徴である。

無酸素槽を担体が循環することで、浮遊汚泥による脱窒効果の他に、担体に付着している汚泥の脱窒効果が期待できるので、①脱窒槽容量を縮小できる。また、浮遊MLSS濃度を1,500～2,000 mg/ℓに抑えることができるため、最終沈殿池の水面積負荷を18～27 m³/m²/日とすることができ、②最終沈殿池を標準活性汚泥法と同等程度にできる。

このような利点から、本システムは、本浄化センターの敷地を拡張することなく、高度処理化が可能となると考えられる。

2.3 実規模実証実験施設

2.3.1 設計処理水量

表-1および2に実規模実証実験施設の処理水量と設計流入水質および処理水質を示す。

表-1 設計処理水量

	日最大	日平均 (冬期間)	時間最大
計画汚水量 (m ³ /日)	22,750	18,500	34,630

表-2 設計流入水質と処理水質

	BOD	COD	SS	T-N	T-P
初沈流入 (返流水含む)	140	66	130	33	3.7
初沈流出水	84	46	52	33	3.7
処理目標水質	5	11	-	7	0.6

また、嫌気槽におけるりんの吐き出し、あるいは無酸素タンクにおける脱窒など、反応タンク流入水の有機物量が不足する場合には初沈汚泥を嫌気タンクに投入することを検討する。初沈汚泥投入時の生物反応槽への流入水質を表-3のとおり設定した。

表-3 設計流入水質の設定(その2)

項 H	BOD	COD	SS	T-N	T-P
反応槽流入(初沈汚泥投入)	140	66	130	33	3.7
処理目標水質	5	11	-	7	0.6

表-4に実規模実証実験施設の諸元を示す。

表-4 実規模実証実験施設の設計諸元

項 目			設 計 諸 元	
計画流入汚水量	日平均汚水量 (m ³ /日)		18,500	
	日最大汚水量 (m ³ /日)		22,750	
	時間最大汚水量 (m ³ /日)		34,630	
最初沈殿池	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)		37	
生物反応槽	滞留時間 (hr)	全体	日平均	8.0
			日最大	6.5
		各槽 (日最大時)	嫌気槽	1.0
	無酸素槽		1.6	2.2
	好気槽		3.8	3.3
	槽容量 (m ³)	嫌気槽	951	
		無酸素槽	1,539	2,097
		好気槽	3,642	3,084
	担体添加率 (%)		25	
	浮遊MLSS (mg/ℓ)		2,000	
総合MLSS (mg/ℓ)		4,000		
汚泥返送比 R _r (-)		0.5		
硝化液循環比 R _c (-)		2.1		
		合計 R = 2.6		
凝集剤 (PAC) 添加量 (ml-PAC/m ³)*		50.8		
苛性ソーダ (ml/m ³)**		29.8		
最終沈殿池	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)		25	

* : PAC添加量は10%, 凝集剤添加実験時のみ添加する。

** : NaOH濃度は20%, 凝集剤添加実験時のみ添加する。

2.3 全体研究スケジュール

表-5に全体研究スケジュールを示す。

表-5 全体研究スケジュール

項目	H12	H13	H14	H15
実用化研究				
実験計画	————			
改造工事			
実験及び評価			————	————

LSSが1週間程度で4,000 mg/ℓ弱に上昇したため、運転を10日間程度で取り止めている。その後、初沈汚泥添加率40%での実験(RUN5-1)を2月中旬以降に実施した。RUN5は最適な初沈汚泥の添加率を調査するため実施し、RUN5-1を40%およびRUN5-2は0%とした。

3.2 実験結果

3.2.1 定例試験結果

表-7に各RUNにおける処理状況を示す。表-7のとおり、BODは初沈汚泥添加率0および40%で目標値を達成した。COD_{Mn}は初沈汚泥添加率にかかわらず、目標値を達成した。SSは初沈汚泥の添加率にかかわらず2 mg/ℓ程度以下であった。T-NおよびT-Pは初沈汚泥添加率40および100%で目標値を達成した。

3. 今年度の研究結果

3.1 実験条件

3.1.1 概要

表-6に実験条件と運転状況を示す。RUN1では、初沈汚泥添加率を100%としたが、好気槽のM

表-6 各RUNの実験条件と運転状況

項目		RUN1	RUN5-1	RUN5-2	
期間		H14.1.7 ~H14.1.17	H14.2.15 ~H14.3.31	H13.11.27~H14.1.6 H14.1.25~H14.2.3	
実験条件	流入水量 ²⁾ (m ³ /日)	18,500 ²⁾	同左	同左	
	初沈汚泥投入量 (%)	100	40	0	
	反応槽 HRT (hr)	8.0	同左	同左	
	返送汚泥比	0.5Q	同左	同左	
	硝化液循環比	2.0Q	同左	同左	
	曝気風量 ³⁾ (m ³ /min)	28	同左	同左	
	好気槽末端 DO (mg/ℓ)	3.0	同左	同左	
	好気槽 MLSS (mg/ℓ)	2,000	同左	同左	
運転状況	流入水量 (初沈越流量, =Q) (m ³ /日)	18,436 (17,088~20,712)	17,221 (14,400~18,480)	18,989 (14,136~24,288)	
	反応槽 HRT (hr)	7.9 (7.1~8.5)	8.5 (7.9~10.2)	7.9 (6.1~10.4)	
	硝化液循環	汚泥返送比 (-)	0.4Q (0.4Q~0.5Q)	0.5Q (0.4Q~0.5Q)	0.4Q (0.3Q~0.5Q)
		担体のエアリフト循環による硝化液循環比 (-)	2.3Q (2.1Q~2.5Q)	2.5Q (2.3Q~3.0Q)	2.6Q (2.1Q~3.3Q)
		硝化液循環比 (-)	2.7Q (2.4Q~2.9Q)	2.9Q (2.7Q~3.5Q)	3.0Q (2.4Q~3.7Q)
	嫌気槽	ORP (mV)	-368 (-400~-303)	-299 (-373~-206)	-344 (-406~-229)
		無酸素槽	ORP (mV)	-155 (-229~-9)	-112 (-270~45)
	好気槽	pH	6.7 (6.7~6.8)	6.7 (6.6~6.8)	6.7 (6.6~6.7)
		末端 DO (mg/ℓ)	2.4 (1.7~3.3)	3.0 (1.8~4.7)	3.9 (1.7~5.0)
		水温 (℃)	19.5 (17.8~20.6)	19.8 (16.9~21.3)	20.0 (16.8~22.4)
pH		6.5 (6.4~6.6)	6.5 (6.4~6.6)	6.4 (6.3~6.6)	
MLSS (mg/ℓ)		3,463 (2,199~3,899)	1,840 (1,617~2,139)	2,035 (1,692~2,405)	

注) 1): 数値は平均値, () 内は最小~最大, 2): 冬期日最大汚水量, 3): 設計冬期必要風量

表-7 各RUNの流入水質および処理水質

RUN		RUN1				RUN5-1				RUN5-2			
実施期間		H14.1.17~H14.1.17				H14.2.15~(H14.3.31)				H13.11.27~H14.1.6, H14.1.25~H14.2.3			
初沈汚泥投入		100%				40%				0%			
		初沈投入 mg/ℓ	反応槽流入 mg/ℓ	処理水 mg/ℓ	測定 回数	初沈投入 mg/ℓ	反応槽流入 mg/ℓ	処理水 mg/ℓ	測定 回数	初沈投入 mg/ℓ	反応槽流入 mg/ℓ	処理水 mg/ℓ	測定 回数
T-BOD	最大	170.0	130.0	7.4	1	260.0	110.0	7.6	7	210.0	140.0	6.0	5
	平均	170.0	130.0	7.4		157.1	86.1	3.7		136.8	102.7	3.8	
	最小	170.0	130.0	7.4		110.0	61.0	1.8		91.0	88.0	2.3	
T-CODMn	最大	58.0	55.0	9.1	3	85.0	56.0	8.4	13	72.0	54.0	7.8	11
	平均	58.0	54.7	8.7		66.6	49.5	7.3		53.5	48.5	7.0	
	最小	58.0	54.0	8.2		54.0	34.0	6.0		40.0	37.0	6.0	
SS	最大	120.0	58.0	2.0	1	320.0	87.0	4.0	7	210.0	70.0	4.0	5
	平均	120.0	58.0	2.0		188.6	66.7	1.4		132.3	58.3	1.8	
	最小	120.0	58.0	2.0		120.0	44.0	0.0		94.0	38.0	0.0	
T-N	最大	31.0	31.0	7.6	3	33.0	32.0	13.0	13	32.0	31.0	10.0	11
	平均	31.0	30.7	6.8		29.4	28.5	6.7		27.5	27.7	9.2	
	最小	31.0	30.0	5.3		26.0	18.0	4.6		21.0	22.0	8.3	
NH ₄ -N	最大	17.0	18.0	1.2	1	17.0	19.0	9.6	7	17.0	19.0	0.7	5
	平均	17.0	18.0	1.2		15.0	15.7	1.9		15.3	17.0	0.2	
	最小	17.0	18.0	1.2		12.0	8.9	0.0		13.0	14.0	0.0	
NO ₂ -N	最大	-	-	0.5	1	-	-	0.3	7	-	-	0.3	5
	平均	-	-	0.4		-	-	0.1		-	-	0.1	
	最小	-	-	0.4		-	-	0.0		-	-	0.0	
NO ₃ -N	最大	-	-	4.6	1	-	-	6.2	7	-	-	9.7	5
	平均	-	-	3.5		-	-	3.8		-	-	7.1	
	最小	-	-	2.9		-	-	0.1		-	-	2.9	
T-P	最大	5.1	6.5	0.6	3	6.3	5.3	1.3	13	5.9	5.1	2.1	11
	平均	5.1	5.3	0.4		5.3	4.5	0.5		4.7	4.3	1.2	
	最小	5.1	4.6	0.2		4.3	2.8	0.1		4.0	3.5	0.4	
PO ₄ -P	最大	-	3.4	0.2	1	-	3.3	0.7	7	-	3.1	1.8	5
	平均	-	3.4	0.2		-	2.8	0.2		-	2.7	1.1	
	最小	-	3.4	0.2		-	1.7	0.0		-	2.4	0.4	

注) 初沈流入部並びにBOD, SSについては、週1回測定。

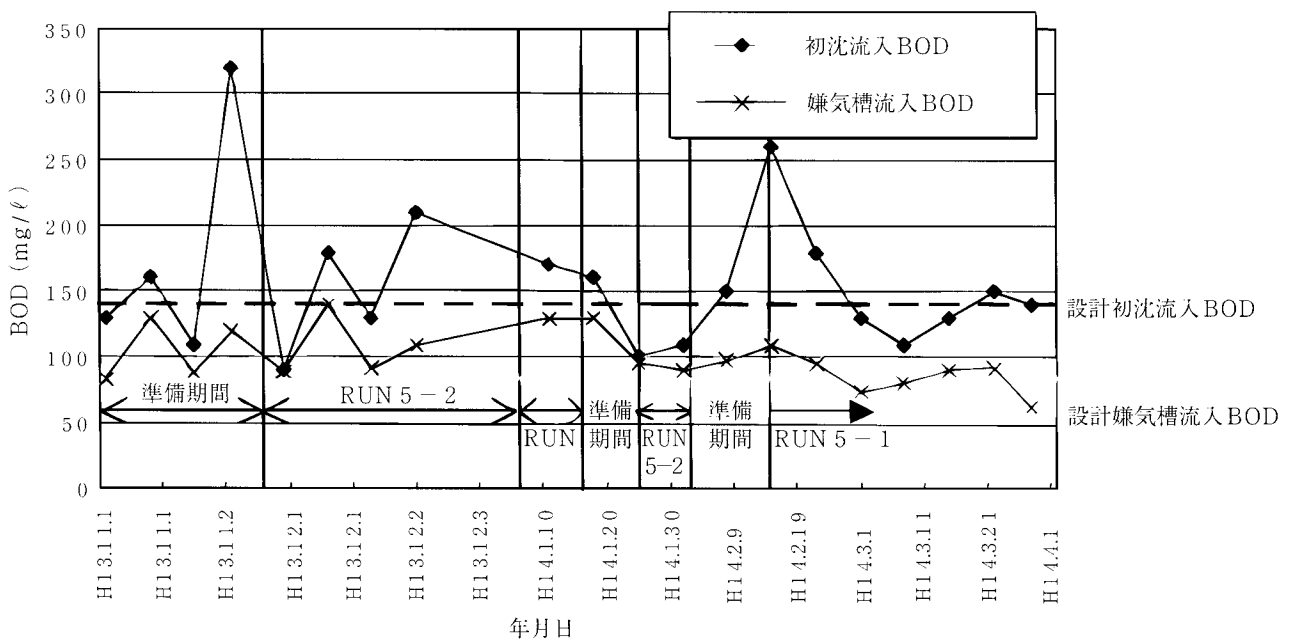


図-2 流入BODの経日変化

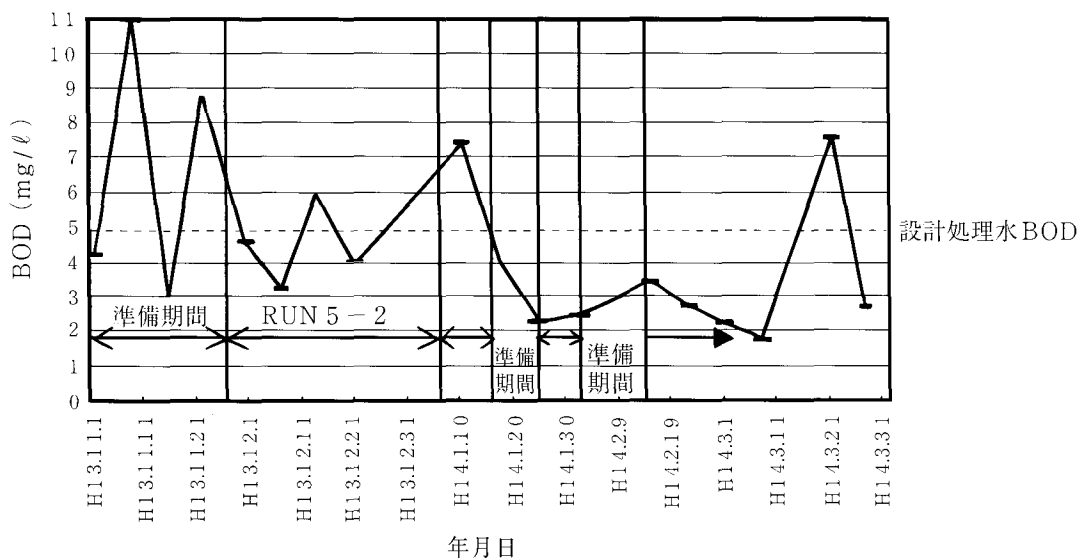


図-3 処理水BODの経日変化

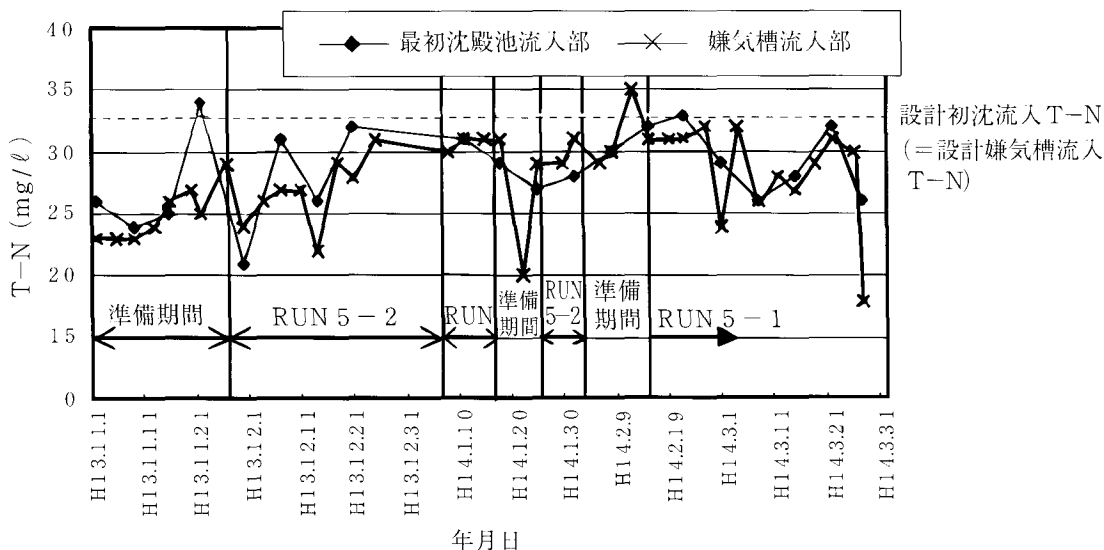


図-4 流入T-Nの経日変化

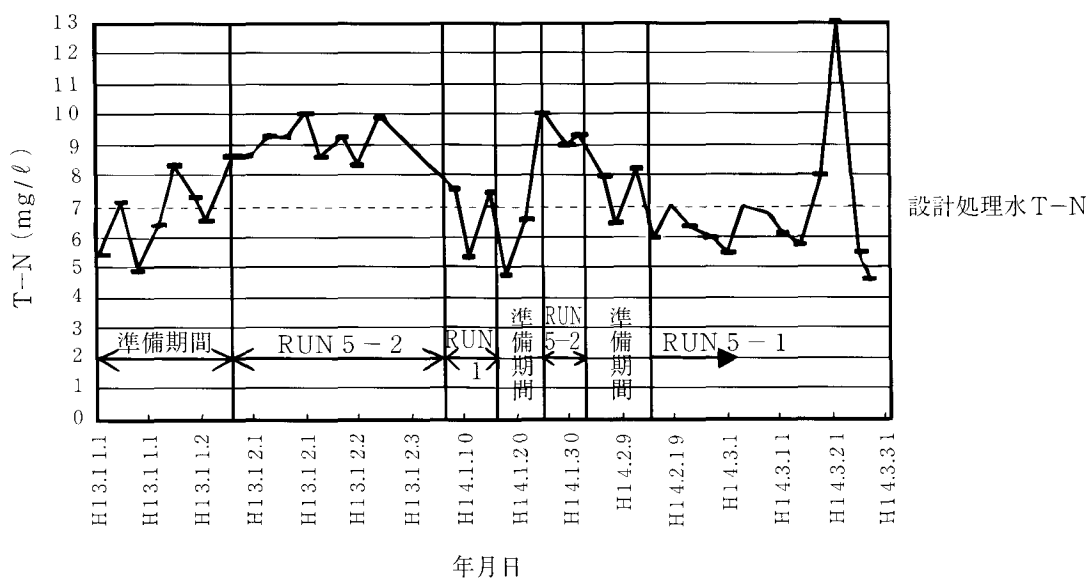


図-5 処理水T-Nの経日変化

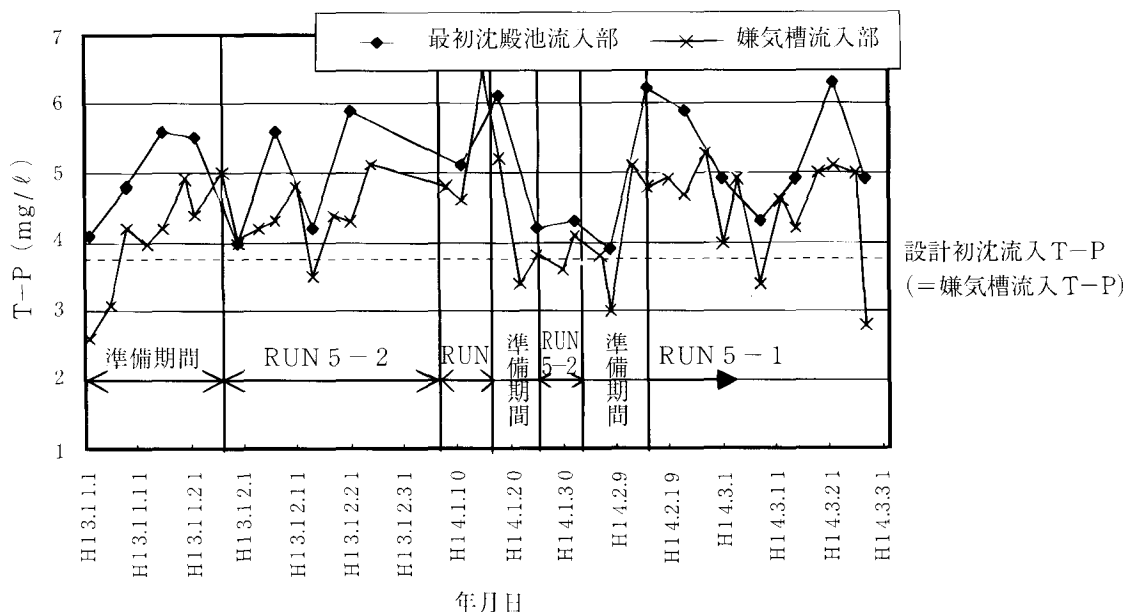


図-6 流入T-Pの経日変化

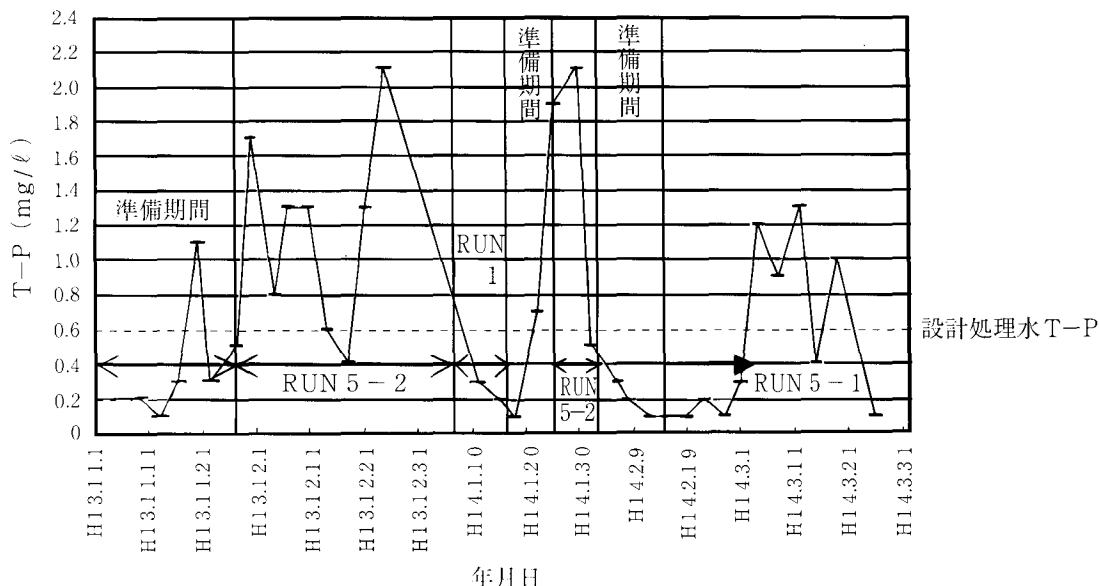


図-7 処理水T-Pの経日変化

3.2.2 プロフィール試験結果

プロフィール試験は、窒素およびリンの各槽における挙動を把握するために実施した。

図-8および9に12/21と2/15に行ったプロフィール試験の結果を示す。12/21に実施したプロフィール試験では、初沈汚泥投入なしで運転していたため、脱窒に必要な有機物が不足し、無酸素槽末端で $\text{NO}_3\text{-N}$ が 2.4 mg/l 残った。一方、硝化反応は良好に行われており、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が好気槽1と好気槽2末端で同じ 0.9 mg/l となっていることや、 $\text{NO}_3\text{-N}$ も好気槽1と好気槽2末端でほぼ同じことから、好気槽1で硝化が完了していると推察

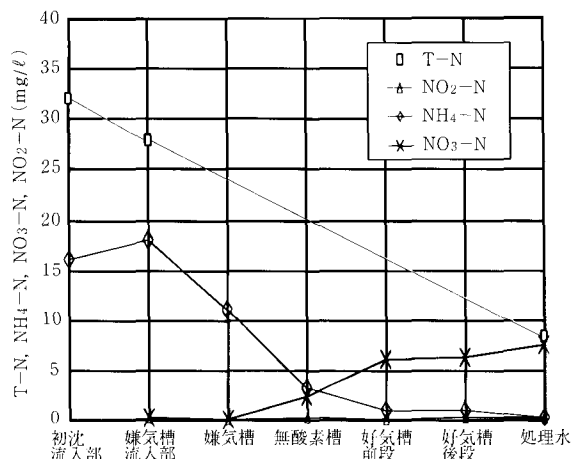


図-8 プロフィール試験結果 (H13.12.21)

される。T-N処理水質としては、無酸素槽での脱窒反応が完了していないために、処理水中のNO₃-Nが7.4mg/ℓと高く、その結果T-Nが8.3 mg/ℓとなっていた。

続いて、2/15に実施したプロフィール試験では、初沈汚泥を40%投入したので、無酸素槽での脱窒反応が良好に行われた。硝化反応についても好気槽末端でNH₄-N 1.1 mg/ℓとなっており、硝化は概ね完了していると考えられる。

また図-9のとおり、好気槽におけるNH₄-Nの減少に比べ、NO_x-Nの増加が少なく、好気槽における脱窒反応が生じたと推察されるため、今後も調査を継続する。

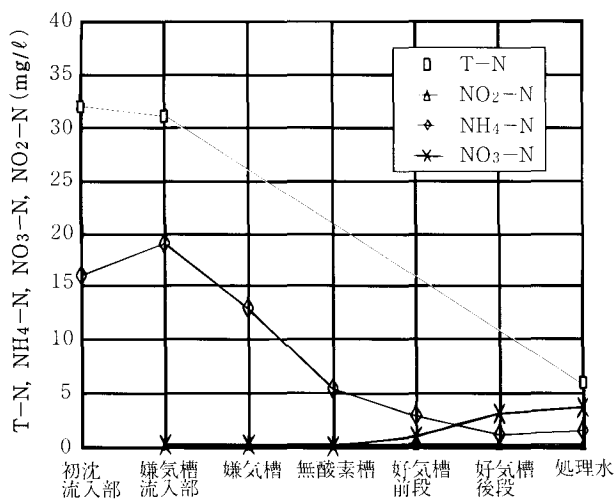


図-9 プロフィール試験結果 (H14.2.15)

3.2.3 回分試験結果

(1) 硝化速度

図-10に混合汚泥（活性汚泥中に担体を含んだ状態）、浮遊汚泥（担体を取り除いた状態）および担体付着汚泥の硝化速度を示す。これらの結果から、全体の硝化能力のうち約4割を担体に付着する汚泥が硝化し、残りの約6割を浮遊汚泥が硝化することがわかった。

(2) 脱窒速度

図-11にRUN5-1の期間に実施した混合汚泥、浮遊汚泥および担体付着汚泥の脱窒速度試験の結果を示す。RUN5-1は初沈汚泥の投入がない条件である。初沈汚泥の投入がない条件では全体の脱窒能力のうち約6割を担体に付着する汚泥によるもので、残りの約4割を浮遊汚泥が受け持つことがわかった。初沈汚泥投入時の脱窒速度については、次年度調査する。

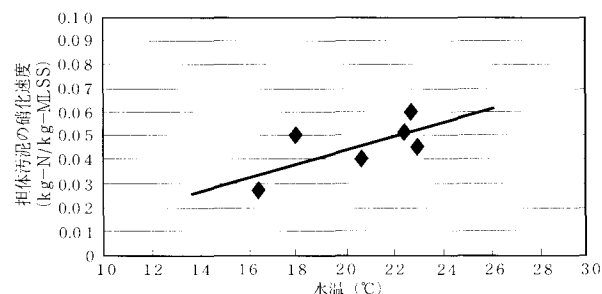
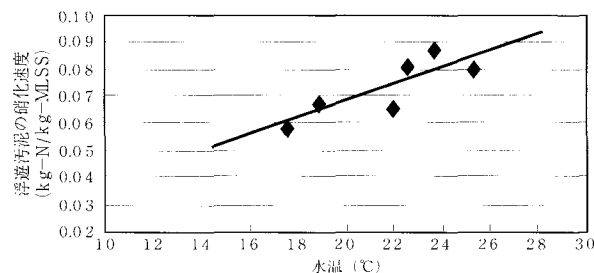
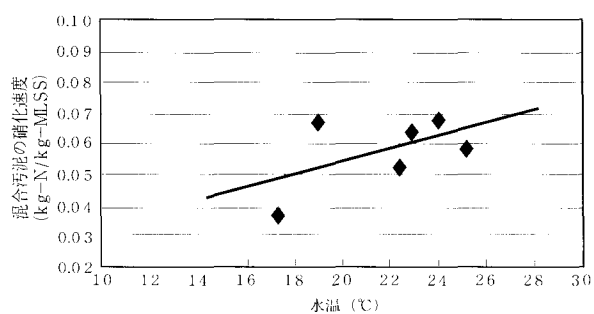


図-10 硝化速度試験結果

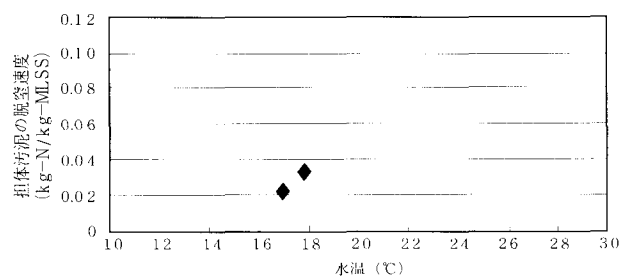
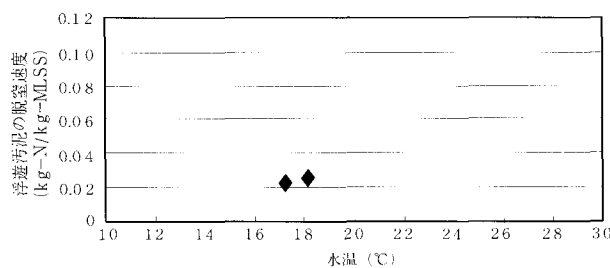
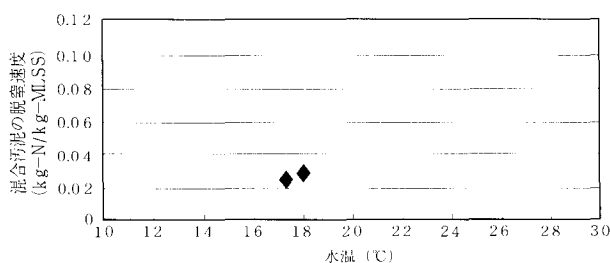


図-11 脱窒速度試験結果

4. 今後の予定

標準活性汚泥法実施設の一列を改造した実規模実験施設を用いて、処理水量約 18,500 m³/日（冬期日最大汚水量）の実験を行い、以下の知見を得た。

- 1) BODは、初沈汚泥添加率 0 および 40 % で目標値 5mg/ℓ を達成した。
- 2) COD_{Mn} は初沈汚泥添加率によらず目標値を満足した。
- 3) T-N および T-P は初沈汚泥添加率 40 および

100 % で目標値を達成した。

- 4) 初沈汚泥投入率 40 % の条件で全ての水質目標を達成した。

次年度は下記内容の調査を実施する。

- 1) 硝化液循環率と窒素除去率の調査
- 2) 好気槽における脱窒反応の調査
- 3) 原水流入位置の変更実験
- 4) 凝集剤添加によるりんおよび COD_{Mn} 除去性能の調査
- 5) 維持管理性および経済性の調査

●この研究を行ったのは

研究第一部長	宮原	茂
研究第一部主任研究員	藤野	正人
研究第一部研究員	吉野	正章

●この研究に関するお問い合わせは

研究第一部長	田中	修司
研究第一部主任研究員	藤野	正人
研究第一部研究員	高橋	幸治