

栄養塩類の能動的運転管理に関する事例集のイメージ

事例集掲載内容整理例下水処理場（H30年度実績）

処理場名	排除方式	処理方式 (実運用)	日平均処理水量 (処理能力)	栄養塩 増加運転方法	増加運転 開始年月	対象 生物
A 処理場	分流式	標準活性汚泥法 (擬似嫌気好気活性汚泥法)	約8,600m ³ /日 (16,600m ³ /日)	硝化抑制	H16.12	ナリ
B 処理場	分流式 一部合流式	標準活性汚泥法 (擬似嫌気好気活性汚泥法)	約11,700m ³ /日 (14,200m ³ /日)	硝化抑制	H16.12	ナリ
C 処理場	分流式	標準活性汚泥法（4池） 担体投入標準活性汚泥法（3池）	約51,000m ³ /日 (67,000m ³ /日)	硝化抑制	H19.10	ナリ

■ 概要						
排除方式	分流式（一部合流）		水処理方法 (計画)	流総計画※1	第1系	標準活性汚泥法
水処理方法 (現状)	第1系	標準活性汚泥法			第2系	標準活性汚泥法
	第2系	標準活性汚泥法				
計画処理面積 (ha)	全体計画 :	1,281		事業計画	第1系	標準活性汚泥法
	事業計画 :	873	第2系		標準活性汚泥法	
処理実績 (m ³ /日) (晴天時日平均)	第1第2	8,582	計画処理人口 (人)	全体計画 :	37,000	
				事業計画 :	28,500	
現有能力 (m ³ /日)	第1第2	16,600	放流先			
消毒方式	塩素消毒		消化タンクの稼働	稼働		
供用開始年月	昭和50年7月		増加運転開始年度	平成16	年度	
基準値 (mg/L)	項目	計画放流水質 (下水道法施行令)	計画放流水質 (現状処理方法)	計画処理水質 (流総)	総量規制基準 C値	
	BOD	15	15	15	—	
	COD	—	—	13	—	
	全窒素	—	—	—	—	
全りん	—	—	—	—	—	
連絡先						
	TEL:		FAX:		email:	

※1： 流域別下水道整備総合計画

■ 導入の目的と栄養塩増加運転実施期間							
増加運転の目的生物			増加運転実施期間				
ノリ	アサリ	カキ	系列名	試運転期間	試行期間	実施期間	中断期間
●			第1		H16.12~		
			第2		H16.12~		

■ 導入に至る背景						

■ 導入時の検討						
○検討・試験内容						
平成16年度に、水産関係部局および大学、研究機関と共に、下水処理場の運転方法や効果の検証方法について検討した。						
○施設の改造						
施設の改造は実施していない。						

■ 栄養塩類増加運転時における運転管理方法

○ 栄養塩増加運転期間

・ 移行期間： 10月 ・ 増加運転期間： 11月～4月 ・ 回復期間： 5月

○ 目標水質

	系列名	BOD mg/L	COD mg/L	全窒素 mg/L	全りん mg/L	NH4-N mg/L	SS mg/L
通常運転期	共通	7	14	—	—	2	8
増加運転期	共通	9	15	—	—	—	10

○ 栄養塩増加運転方法

【栄養塩増加方法】

系列	方法分類	運転方法
第1	硝化抑制	送気量抑制、好気槽削減、MLSS抑制
第2	硝化抑制	送気量抑制、好気槽削減、MLSS抑制
採用理由	運転管理が容易なため	

【水処理施設の運用】

運転期	系列	
	第1 (4池)	第2 (4池)
通常運転期	▼A000	▼A000
増加運転期	▼AA00	▼AA00

※期間中に適宜切り替え

記号凡例：▼流入 A：嫌気タンク A'：無酸素タンク a：嫌気タンク（擬似） a'：無酸素タンク（擬似）
○：好気タンク

【管理目標値】

項目	単位	全体	
		通常期	増加期
送気量	(m ³ /分)	50.0～56.7	23.3～30.0
送気倍率	(倍)	—	—
送気時間	(時間)	常時	常時
DO	(mg/L)	1.0<	<1.0
ORP	(mV)	200<	—
MLSS	(mg/L)	1000～1500	1000～1500
A-SRT	(日)	3<	—
好気槽容量	(m ³)	3,240	2,160

※反応槽末端

※反応槽末端

※反応槽末端

【備考】

上表の管理目標値は単独項目としての目安であり、活性汚泥の沈降性、有機物の処理や硝化の進行状況、微生物相などの状態を確認しながら、適宜、優先項目を設定して操作する。なお、近年では、操作変更の煩雑さを軽減することや条件変更に対して速やかな応答が得られることを目的として、嫌気好気比を変更した後はできるだけMLSSを一定に保ち、送風量を段階的に制御することで、安定的な栄養塩増加効果を得ている。

○管理体制

通常運転時と変化なし

○測定水質項目

通常運転時と変化なし。

○栄養塩増加運転に配慮している点

■ 栄養塩類増加運転の導入による効果等

○放流先のモニタリング調査

過年度、モニタリング調査を実施していたが、H30年度は実施していない、行う予定もない

<過年度のモニタリング内容>

◇調査内容：放流先の効果が見込まれる漁場等における栄養塩類の水質モニタリング調査

- ・土木研究所、県や市の水産部局、大学と連携して実施
- ・測定項目：pH・全窒素・無機態窒素・アンモニア態窒素・亜硝酸態窒素・硝酸態窒素・全リン・リン酸態リン・塩化物イオン

◇調査で得られた効果や成果

- ・栄養塩類の水質測定結果
- ・栄養塩の到達範囲をモニタリングにより確認している。

◇吐口付近の環境変化

- ・職員による現場確認や維持管理受託業者の管理業務の一環として環境変化が無いことを目視確認しており、苦情も寄せられていない

○栄養塩増加運転によるコスト削減状況

送風量の削減に伴い、栄養塩増加運転の導入後は年間の電力費が軽減され、また、薬品費等のコストも削減できた。

■ 導入後の関係者との調整・協議・報告

水産関係部局や土木研究所と、運転実施時期や季節別運転の方法、および放流先におけるモニタリング調査の方法や結果報告の会議を適時開催していたが、導入までの課題が解決されたため、現在は開催していない。

■ 運転実績（平成30年度）

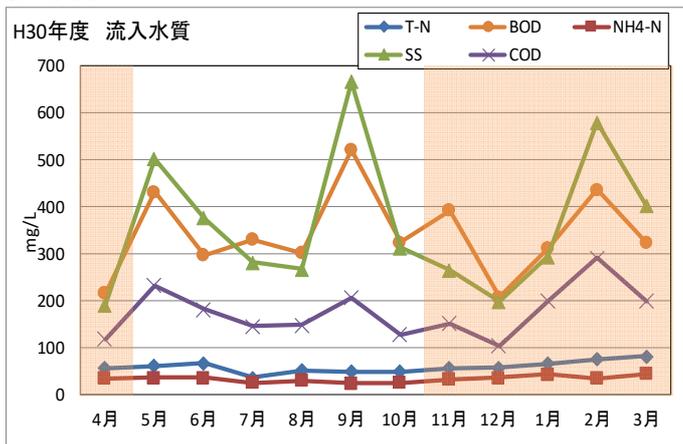
○ 運転実績

【系列名】 第1、第2

		全窒素			全りん		
		流入 mg/L	放流 mg/L	排出率 ^{※1} %	流入 mg/L	放流 mg/L	排出率 ^{※1} %
平均値	年間	59	19	/	9.7	0.8	/
	通常運転期①	51	11	22	9.1	0.9	10
	増加運転期②	66	27	41	10.1	0.7	7
特徴	差（①－②）	/	15	19	/	-0.1	-2
最大値	年間	82	31	/	16.1	2.8	/
	通常運転期	68	16.2	/	11.0	2.8	/
	増加運転期	82	31.4	/	16.1	1.7	/

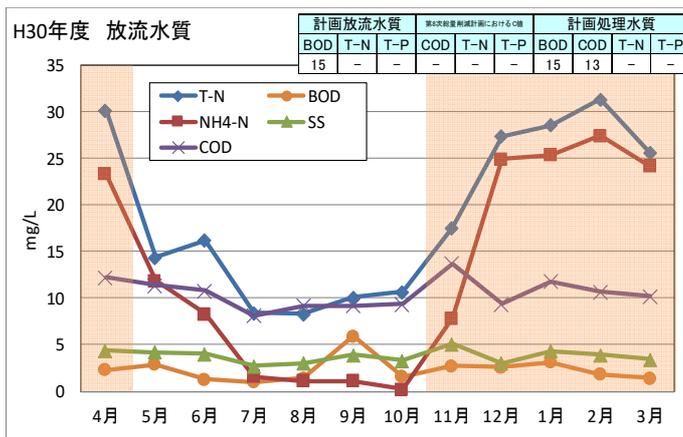
※1： 排出率=処理水質/流入水質×100

■ 流入水質



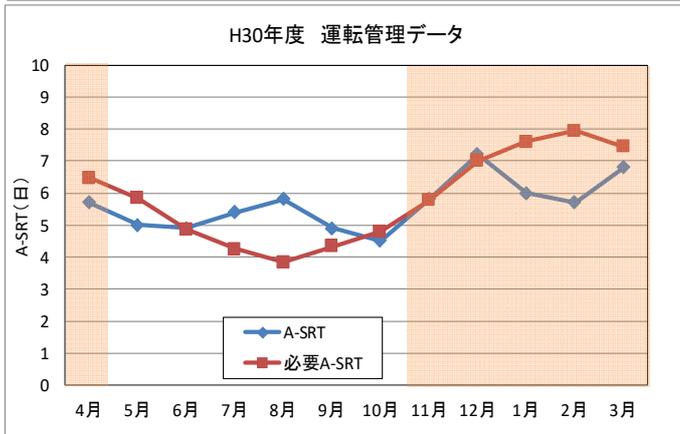
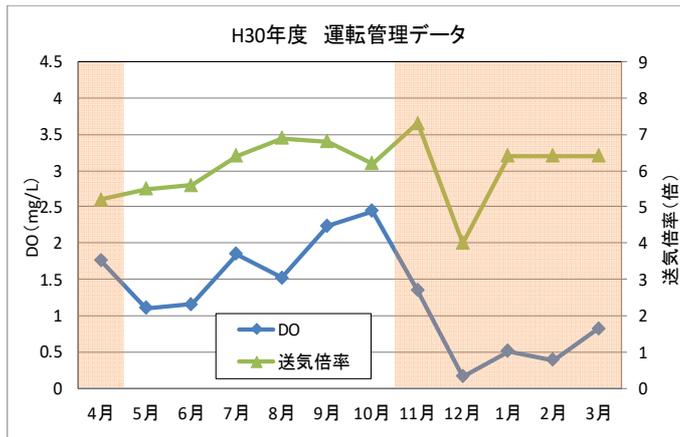
・ 流入水のT-Nは年間平均で21mg/Lであった。各期間のT-N平均値は、通常運転期：18mg/L、増加運転期：24mg/Lであり、増加運転期の方が若干高めである。
※流入水質は汚泥処理返流水を含む水質

■ 放流水質



・ 本浄化センターでは10月を移行期、11～4月を栄養塩増加運転期、5月を回復期としたサイクルを標準としているが、当年のノリ養殖期間の開始状態に応じて硝化抑制への切り替えを調整する。
・ 平成30年度は11月が実質の硝化抑制の開始に相当し、以後は速やかにNH4-Nが上昇した。
・ なお、硝化促進期間には汚泥返送率の増加操作等の脱窒量増加目的の運転は行っていない。

■ 運転管理指標項目



・ 栄養塩増加運転期は送風量は段階的に下げる方針としているが、平成30年度は有機物処理や硝化抑制状況ならびにDO濃度を管理しながら送気量を調整した結果、送気量は通常期レベルにとどまった。

A-SRT実績は通常時平均：5.1日に対して栄養塩増加時平均：6.2日と、栄養塩増加時の方が少し長くなった。ただし、硝化に必要なA-SRTは水温によって変化するため、1月以後のA-SRTは必要A-SRTを下回り、硝化細菌の増殖抑制環境を確保できていたことを確認した。
(必要A-SRTは一般値であり、参考)

※必要A-SRT = $1.2 \cdot 20.65 \cdot \exp(-0.0639 \cdot \text{水温})$ より算出

■ 概要						
排除方式	分流式（一部合流）		水処理方法 (計画)	流総計画※1	合流系	嫌気無酸素好気法
水処理方法 (現状)	合流系	標準活性汚泥法等			分流系	嫌気無酸素好気法
	分流系	標準活性汚泥法等				
計画処理面積 (ha)	全体計画 :	1,667		事業計画	合流系	(将来) 循環式硝化脱窒法
	事業計画 :	1,217	分流系		(将来) 膜分離活性汚泥法	
処理実績 (m ³ /日) (晴天時日平均)	第1第2	11,727	計画処理人口 (人)	全体計画 :	55,500	
				事業計画 :	50,300	
現有能力 (m ³ /日)	第1第2	14,200	放流先			
消毒方式	オゾン消毒		消化タンクの稼働	稼働		
供用開始年月	平成12年11月		増加運転開始年度	平成16	年度	
基準値 (mg/L)	項目	計画放流水質 (下水道法施行令)	計画放流水質 (現状処理方法)	計画処理水質 (流総)	総量規制基準 C値	
	BOD	15	15	15	—	
	COD	—	—	12	—	
	全窒素	—	—	—	—	
全りん	—	—	—	—	—	
連絡先						
	TEL:		FAX:		email:	

※1： 流域別下水道整備総合計画

■ 導入の目的と栄養塩増加運転実施期間							
増加運転の目的生物			増加運転実施期間				
ノリ	アサリ	カキ	系列名	試運転期間	試行期間	実施期間	中断期間
●			第1		H16.12~		
			第2		H16.12~		

■ 導入に至る背景						

■ 導入時の検討						
○検討・試験内容						
平成16年度に、水産関係部局および大学、研究機関と共に、下水処理場の運転方法や効果の検証方法について検討した。						
○施設の改造						
施設の改造は実施していない。						

■ 栄養塩類増加運転時における運転管理方法

○ 栄養塩増加運転期間

・ 移行期間： 10月 ・ 増加運転期間： 11月～4月 ・ 回復期間： 5月

○ 目標水質

	系列名	BOD mg/L	COD mg/L	全窒素 mg/L	全りん mg/L	NH4-N mg/L	SS mg/L
通常運転期	共通	9	13	—	—	2	8
増加運転期	共通	10	15	—	—	—	10

○ 栄養塩増加運転方法

【栄養塩増加方法】

系列	方法分類	運転方法
第1	硝化抑制	送気量抑制、好気槽削減、MLSS抑制
第2	硝化抑制	送気量抑制、好気槽削減、MLSS抑制
採用理由	運転管理が容易なため	

【水処理施設の運用】

運転期	系列	
	第1 (4池)	第2 (4池)
通常運転期	▼A000	▼A000
増加運転期	▼AA00	▼AA00

※期間中に適宜切り替え

記号凡例：▼流入 A：嫌気タンク A'：無酸素タンク a：嫌気タンク（擬似） a'：無酸素タンク（擬似）
○：好気タンク

【管理目標値】

項目	単位	全体	
		通常期	増加期
送気量	(m ³ /分)	33.3～38.3	16.7～23.3
送気倍率	(倍)	—	—
送気時間	(時間)	常時	常時
DO	(mg/L)	1.0<	<1.0
ORP	(mV)	80～100	30<
MLSS	(mg/L)	1000～1500	1000～1500
A-SRT	(日)	3<	—
好気槽容量	(m ³)	3,600	2,560

※反応槽末端

※反応槽末端

※反応槽末端

【備考】

上表の管理目標値は単独項目としての目安であり、活性汚泥の沈降性、有機物の処理や硝化の進行状況、微生物相などの状態を確認しながら、適宜、優先項目を設定して操作する。なお、近年では、操作変更の煩雑さを軽減することや条件変更に対して速やかな応答が得られることを目的として、嫌気好気比を変更した後はできるだけMLSSを一定に保ち、送風量を段階的に制御することで、安定的な栄養塩増加効果を得ている。

○管理体制

通常運転時と変化なし

○測定水質項目

通常運転時と変化なし。

○栄養塩増加運転に配慮している点

■ 栄養塩類増加運転の導入による効果等

○放流先のモニタリング調査

過年度、モニタリング調査を実施していたが、H30年度は実施していない、行う予定もない

<過年度のモニタリング内容>

◇調査内容：放流先の効果が見込まれる漁場等における栄養塩類の水質モニタリング調査

- ・土木研究所、県や市の水産部局、大学と連携して実施
- ・測定項目：pH・全窒素・無機態窒素・アンモニア態窒素・亜硝酸態窒素・硝酸態窒素・全リン・リン酸態リン・塩化物イオン

◇調査で得られた効果や成果

- ・栄養塩類の水質測定結果
- ・栄養塩の到達範囲をモニタリングにより確認している。

◇吐口付近の環境変化

- ・職員による現場確認や維持管理受託業者の管理業務の一環として環境変化が無いことを目視確認しており、苦情も寄せられていない

○栄養塩増加運転によるコスト削減状況

送風量の削減に伴い、栄養塩増加運転の導入後は年間の電力費が軽減され、また、薬品費等のコストも削減できた。

■ 導入後の関係者との調整・協議・報告

水産関係部局や土木研究所と、運転実施時期や季節別運転の方法、および放流先におけるモニタリング調査の方法や結果報告の会議を適時開催していたが、導入までの課題が解決されたため、現在は開催していない。

■ 運転実績（平成30年度）

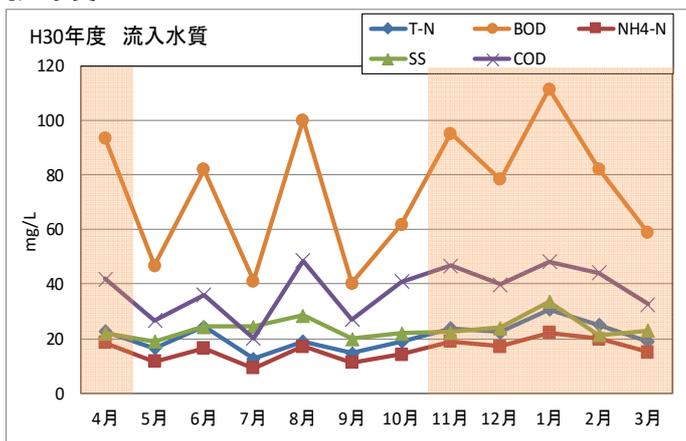
○ 運転実績

【系列名】 第1、第2

		全窒素			全りん		
		流入 mg/L	放流 mg/L	排出率※1 %	流入 mg/L	放流 mg/L	排出率※1 %
平均値	年間	21	24	/	1.7	1.4	/
	通常運転期①	18	16	92	1.4	1.1	74
	増加運転期②	24	30	124	1.9	1.7	89
特徴	差（①－②）	/	13	32	/	0.6	15
最大値	年間	31	37	/	2.2	5.3	/
	通常運転期	24	23.0	/	2.0	1.3	/
	増加運転期	31	36.7	/	2.2	5.3	/

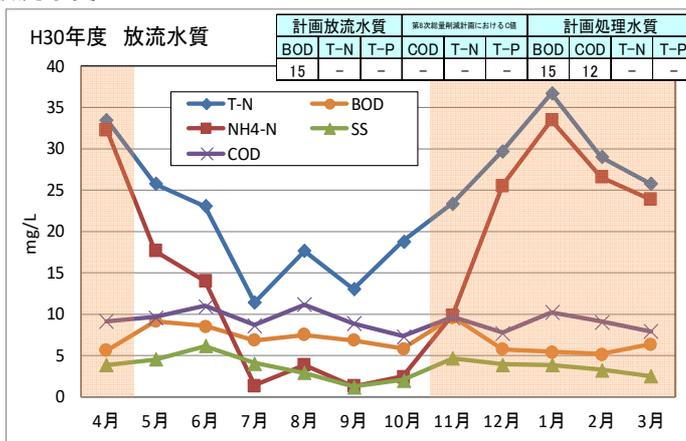
※1： 排出率=処理水質/流入水質×100

■ 流入水質



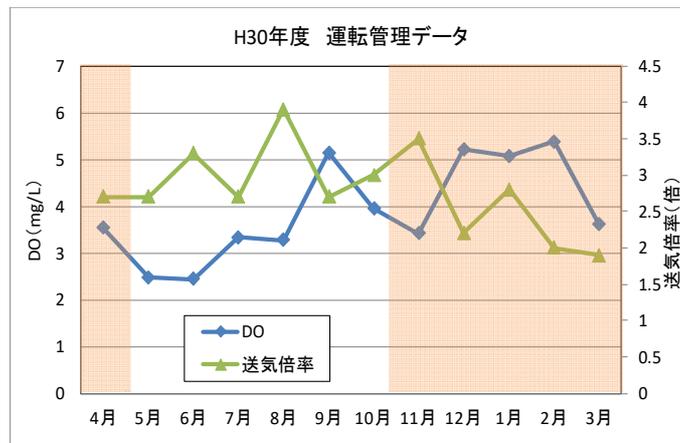
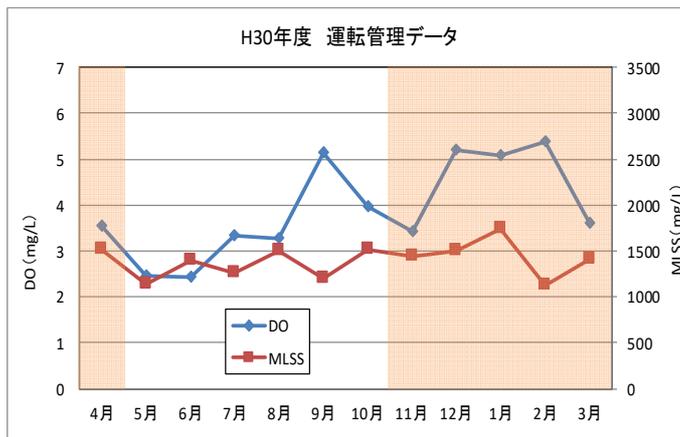
・ 流入水のT-Nは年間平均で21mg/Lであった。各期間のT-N平均値は、通常運転期：18mg/L、増加運転期：24mg/Lであり、増加運転期の方が若干高めである。
※流入水質は汚泥処理返流水を含まない水質

■ 放流水質



・ 本浄化センターでは10月を移行期、11～4月を栄養塩増加運転期、5月を回復期としたサイクルを標準としているが、当年のノリ養殖期間の開始状態に応じて硝化抑制への切り替えを調整する。
・ 平成30年度は11月が実質の硝化抑制の開始に相当し、以後は速やかにNH4-Nが上昇した。
・ なお、硝化促進期間には汚泥返送率の増加操作等の脱窒量増加目的の運転は行っていないため、年間の最小T-Nが10mg/Lを下回っていない。

■ 運転管理指標項目



MLSSの管理目標値は、通常期も栄養塩増加期も1,000~1,500mg/Lと幅のある管理値が設定されているが、近年では、操作変更の煩雑さを軽減することや条件変更に対して速やかな応答が得られることを目的として、嫌気好気比を変更した後はできるだけMLSSを一定に保ち、送風量を段階的に制御することで、安定的な栄養塩増加効果を得ており、平成30年度も同様の方針で運転された。

- ・ 栄養塩増加運転期は送風量は段階的に下げる方針としているが、反応槽のORPや処理水質（大腸菌群数を含む）の推移を見ながら適宜調整するため、平成30年度の場合は、変更傾向が12月以後に明確に表れている。
- ・ 増加運転期間に送気量を送風機最低風量まで下げてもDOが連動して低下せず、むしろ高まる結果となったが、これは、水温低下による溶解効率の上昇や必要酸素量の減少（MLSSが概ね一定である一方で硝化量が少なくなった）等の理由によるものと考えられるが、NH4-N実績のとおり、実用上は支障が無い範囲である。

例3

C処理場

■ 概要						
排除方式	分流式		水処理方法 (計画)	流総計画※1	1～3系	循環式硝化脱窒法等
水処理方法 (現状)	1～3系	標準活性汚泥法 (7池中1, 2, 7池に担体投入)			事業計画	1～3系
計画処理面積 (ha)	全体計画 :	4,327		事業計画 :		4,300
処理実績 (m ³ /日) (晴天時日平均)	1～3系 (全体)	51,354	計画処理人口 (人)		全体計画 :	186,000
現有能力 (m ³ /日)	1～3系(全体)	67,000	放流先		事業計画 :	179,400
消毒方式	塩素消毒		消化タンクの稼働		稼働	
供用開始年月	昭和53年11月		増加運転開始年度		平成19 年度	
基準値 (mg/L)	項目	計画放流水質 (下水道法施行令)	計画放流水質 (現状処理方法)	計画処理水質 (流総)	総量規制基準 C値	
	BOD	15	15	15	—	
	COD	—	—	12.5	—	
	全窒素	—	—	15.6	—	
全りん	—	—	1.5	—		
連絡先						
	TEL:		FAX:		email:	

※1: 流域別下水道整備総合計画

■ 導入の目的と栄養塩増加運転実施期間							
増加運転の目的生物			増加運転実施期間				
ノリ	アサリ	カキ	系列名	試運転期間	試行期間	実施期間	中断期間
●			1～3系		H19.10～		

■ 導入に至る背景							

■ 導入時の検討							
○検討・試験内容							
漁業関係者や大学と連携し、以下の検討を行った。 H18年度：①先行する他都市の視察、ヒアリング等 H19年度：①実施、試行、試運転の期間							

○施設の改造

施設の改造は実施していない。

■ 栄養塩類増加運転時における運転管理方法

○栄養塩増加運転期間

・ 移行期間： 10月 ・ 増加運転期間： 11月～3月 ・ 回復期間： 4月～5月

○目標水質

	系列名	BOD mg/L	COD mg/L	全窒素 mg/L	全りん mg/L
通常運転期	全体	15	—	—	—
増加運転期	全体	15	—	30～40	—

- ・ BOD（時期共通）：水質基準の遵守
- ・ 増加期のT-N：当該流総計画の年間総量規制量より削減期を差し引いた後、6ヶ月で案分

○栄養塩増加運転方法

【栄養塩増加方法】

系列	方法分類	運転方法
1～3系	硝化抑制	好気槽削減、MLSS抑制
採用理由	既存施設での実施が可能のため	

【水処理施設の運用】

運転期	系列		
	1系（3池）※No1,2池担体	2系（3池）	3系（1池）※No7池担体
通常運転期	▼A000	▼A0000	▼A000
増加運転期	▼AA00	▼AAA00	▼AA00

記号凡例：▼流入 A：嫌気タンク A'：無酸素タンク a：嫌気タンク（擬似） a'：無酸素タンク（擬似）
○：好気タンク

【管理目標値】

項目	単位	1～3系	
		通常期	増加期
MLSS	(mg/L)	2,500	1,400
好気槽容量	(m ³)	2,100	1,750
無酸素槽容量	(m ³)	1,400	1,750

※標準法系列として

○管理体制

通常運転時と変化なし

○測定水質項目

測定頻度を変更。

窒素分析（NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻）の頻度を月2回から週3回に増やしている。

○栄養塩増加運転に配慮している点

■ 栄養塩類増加運転の導入による効果等

○放流先のモニタリング調査

<平成30年度に実施したモニタリング内容>

◇調査内容：下水処理施設の能動的管理が下流海域へ及ぼす影響

・下水道部局内で実施

・調査内容：①B川、C河口付近の定点塩分調査

②浄化センター放流水の海域への栄養塩影響調査

◇調査で得られた効果や成果

①B川・C川河口付近の定点塩分調査結果のまとめ

浄化センター放流水を含む河川水（ B川・C川 ）は、ノリ漁場に到達するまでには海水と十分に混合していると考えられる。

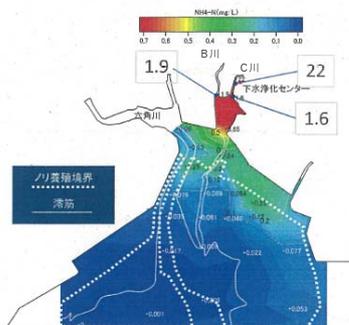


②浄化センター放流水の海域への栄養塩影響調査結果のまとめ

- 満潮から2hr引き潮には、浄化センターから供給されるアンモニア性窒素が、表層水において、ノリ養殖場まで到達しているのを確認した。
- 更に、干潮に近づくほど、滞筋を通して下流域に到達すると考えられる。
- 浄化センターからの残留塩素は、受水域から下流海域では定量下限値未満 (<0.05mg/L)であった。

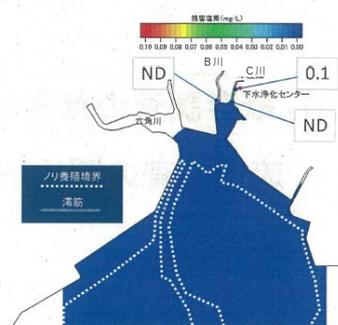
アンモニア性窒素

H31年1月9日 満潮から2hr引き潮(13:17)



残留塩素

H31年1月9日 満潮から2hr引き潮(13:17)



出典：研修会資料

○栄養塩増加運転によるコスト削減状況

季節別運転導入前後で処理コストは変わらない。

■ 導入後の関係者との調整・協議・報告

漁業関係者と年に1回程度の頻度で、季節別運転の方法、放流先におけるモニタリング調査の方法や結果、その他（放流水質）をテーマとした会議を定期的で開催している。

■ 運転実績（平成30年度）

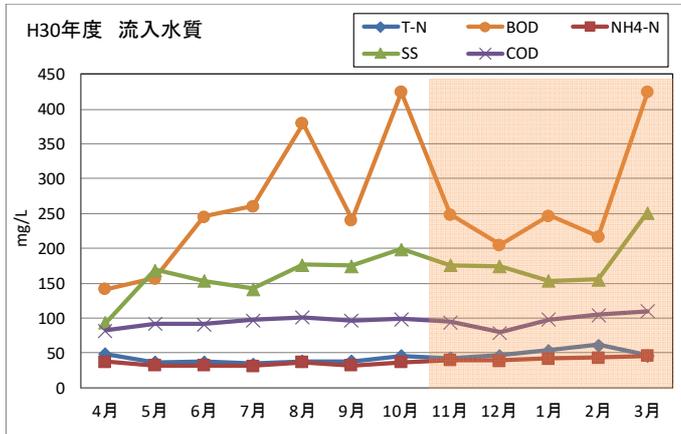
○運転実績

【系列名】 1～3系

		全窒素			全りん		
		流入 mg/L	放流 mg/L	排出率 ^{※1} %	流入 mg/L	放流 mg/L	排出率 ^{※1} %
平均値	年間	44	25	/	6.1	1.3	/
	通常運転期①	37	16	43	5.1	1.7	34
	増加運転期②	50	32	64	6.3	0.9	15
特徴	差（①－②）	/	16.0	21	/	-0.8	-19
最大値	年間	62	37	/	8.2	2.2	/
	通常運転期	39	21.5	/	6.7	2.2	/
	増加運転期	62	37.0	/	7.1	1.5	/

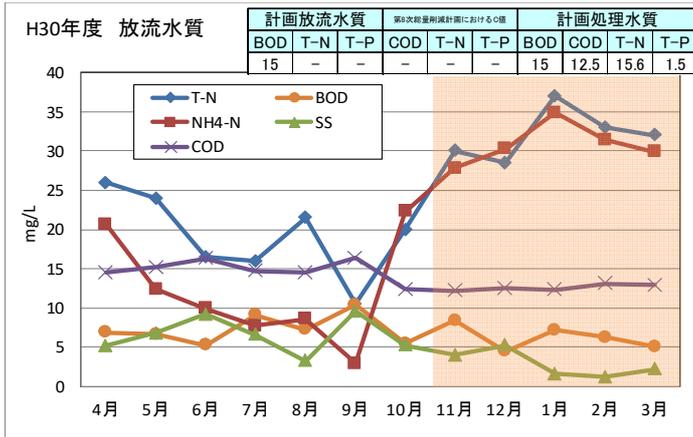
※1： 排出率=処理水質/流入水質×100

■ 流入水質



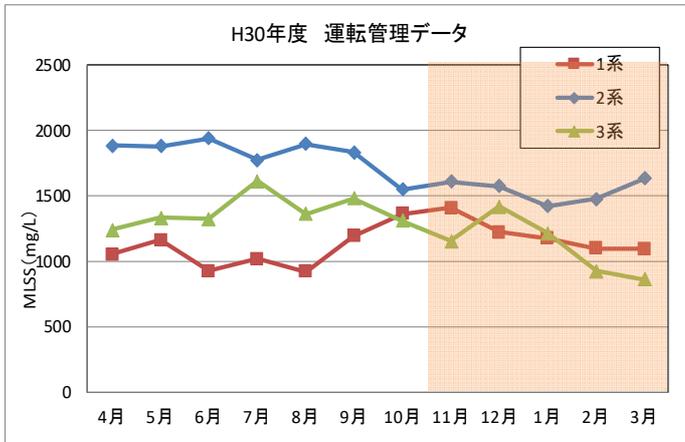
・流入水のT-Nは年間平均で44mg/Lであった。各期間のT-N平均値は、通常運転期：37mg/L、増加運転期：50mg/Lであり、増加運転期の方が高めである。
※流入水質は污泥処理返流水を含む水質

■放流水質

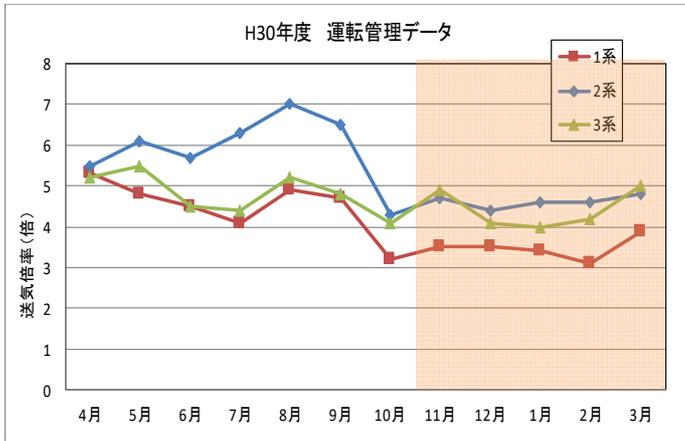


- ・ノリの養殖期により多くのT-Nを排出できるように、回復期（4～5月）や通常期（6～9月）では務めて削減（除去）する方針で運転されている。
- ・送風機更新後は曝気風量の増加が可能となり、過年度よりも通常期の硝化を促進しやすくなったが、流入水のT-Nが比較的高いこともあって、完全硝化には至らない。
- ・しかし、移行期（10月）のNH4-N濃度は前月に比べて10mg/L以上高まるなど切り替えが速やかで、T-Nを高い濃度で排出できる期間を長く維持できている。

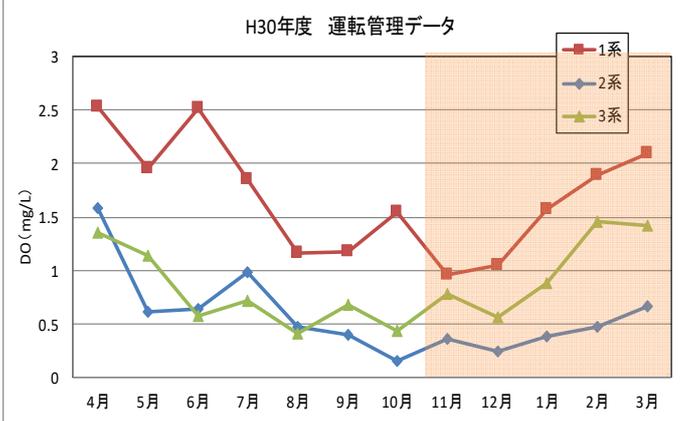
■運転管理指標項目



- ・本浄化センターの硝化抑制は、好気槽の削減とMLSS抑制によって行われている（アンケート回答）。ただし、1池あたりの槽の数や担体が投入されている池数が系列によって異なるため、一律の操作は行われていない。
- ・例えば、MLSSは、担体が投入されていない2系では、硝化促進期間と硝化抑制期間（移行期・栄養塩増加期）とで明確な違いが確認できる。なお、硝化抑制期間のMLSSは有機物処理を行える必要最小レベルを目安として設定されている。



- ・送気倍率は各系列共に、9月までは高めに、10月以後は低めに設定されており、前者を硝化促進期間、後者（移行期以後）を硝化抑制期間と扱うことができる。硝化抑制期間内の変更幅は小さい。
- ・送気倍率を系列別に比較すると、浮遊MLSS濃度が最も高い2系が高く、1系（3池のうち2池に担体投入）が最も低い。



- ・DOが一定値で継続する期間が無いことから、DOは酸化処理や内生呼吸による消費の結果を示していると判断できる。
- ・ただし、硝化促進期間では次第にDOが低下していること、硝化抑制期間の後半ではDOが高まっていることから、移行期や回復期を見据えた早めのDO管理を行っていることが伺える。
- ・以上のように、送気倍率操作やDO管理においても年間を通じた処理の安定性の観点から操作されていると言える。

