

栄養塩類の能動的運転管理に関する事例集

令和3年3月

国土交通省水管理・国土保全局下水道部

目次

1.	背景・目的	1
2.	留意すべき事項.....	1
3.	事例集	3

1. 背景・目的

昭和45年の第64回国会（いわゆる公害国会）において、下水道法に「公共用水域の水質保全」が目的として追加されて以降、その目的を達成する重要な手段として下水道の整備が進められてきた。その結果、令和元年度末現在、下水道処理人口普及率は79.7%に達するとともに、浄化槽など他の汚水処理施設も含めた汚水処理人口普及率は91.7%に達しており、都道府県が主体となり作成する都道府県構想等に基づき、適切な役割分担の下で、地域の実情に応じ効率的かつ効果的に実施されてきた。

公共用水域の水質保全は、有機汚濁負荷や栄養塩類の削減により水質環境基準の達成を図ることが重要と考えられてきた。しかし、生物の多様性の保全や持続可能な水産活動が育める豊かな海にとっては、栄養塩類も水産生物の生息・生育にとって欠かせないものであり、生態系や水産資源への配慮等、きれいなだけでなく豊かな水環境を求める新たなニーズが高まっている。

このため近年では、下水処理水放流先のアサリやノリ養殖業等に配慮し、冬季に下水処理水中の栄養塩類（窒素やりん）濃度を上げることで不足する窒素やりんを供給するなど、地域のニーズに応じ季節毎に水質を管理する能動的運転管理の取組を行っている地方公共団体が存在する。

国土交通省下水道部では、平成26年3月に「栄養塩類の循環バランスに配慮した運転管理ナレッジに関する事例集」の公表、平成27年1月に「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説」の改訂及び平成27年11月に下水道法施行規則の改正、並びに平成27年9月に「下水放流水に含まれる栄養塩類の能動的管理のための運転方法に係る手順書（案）」の公表などを実施し、能動的運転管理の取組を進めてきた。

2. 留意すべき事項

能動的運転管理の導入にあたり、下水処理水の放流先である公共用水域によっては、沿岸域で水産物の養殖を行っており、ノリ養殖のように貧栄養化によって生産量が減少していることが懸念されるような水域と、魚類の養殖のように赤潮被害の影響を受けることが懸念されるような水域などが入り組んで存在することも考えられ、様々な立場の人が関係していることを踏まえ、地域の合意についても留意すべきである。

また、海域における栄養塩类等環境条件の変化に対する生物の応答は複雑であり、解明されていないことも多い点、一部の海域において依然として赤潮・貧酸素水塊が発生している点等にも留意しなければならない。加えて、海域に対する能動的運転管理の効果や下水処理水が海域に及ぼす影響についても十分に明らかになってはいない実情についても留意する必要がある。

そこで、生物の多様性の保全や持続可能な水産活動が育める豊かな海の実現を目指す能動的運転管理の取組を十分に理解してもらうために、能動的運転管理を実施する背景や目的、放流水質の状況（通常時は栄養塩類を可能な限り削減、栄養塩類増加運転時も定められた水質基準は遵守していること）、放流先の水環境の状況や運転の効果等について定期的に報告する場の設置や広報活動を行い、地域の理解・合意を得られるよう努める必要がある。

本書は、平成26年3月に公表した「栄養塩類の循環バランスに配慮した運転管理ナレッジに関する事例集」の改訂版として、最新の栄養塩類の能動的な運転管理に取り組んでいる処理場（試行も含む）における最新の実施事例とその内容について紹介し、今後、同様な取組を行おうとする下水処理場の参考としてもらい、取組の普及促進を図ることを目的とするものである。

3. 事例集

令和 2 年 3 月時点において、栄養塩類の能動的運転管理の取組の中でも、地域のニーズに応じ、季節毎に水質を管理する季節別運転管理を実施（試行を含む）している処理場は全国で 22 都市、30 処理場存在する。

その処理場と位置を図 3.1 に示し、過去 3 カ年における季節別運転管理の実施状況を表 3.1 に示す。

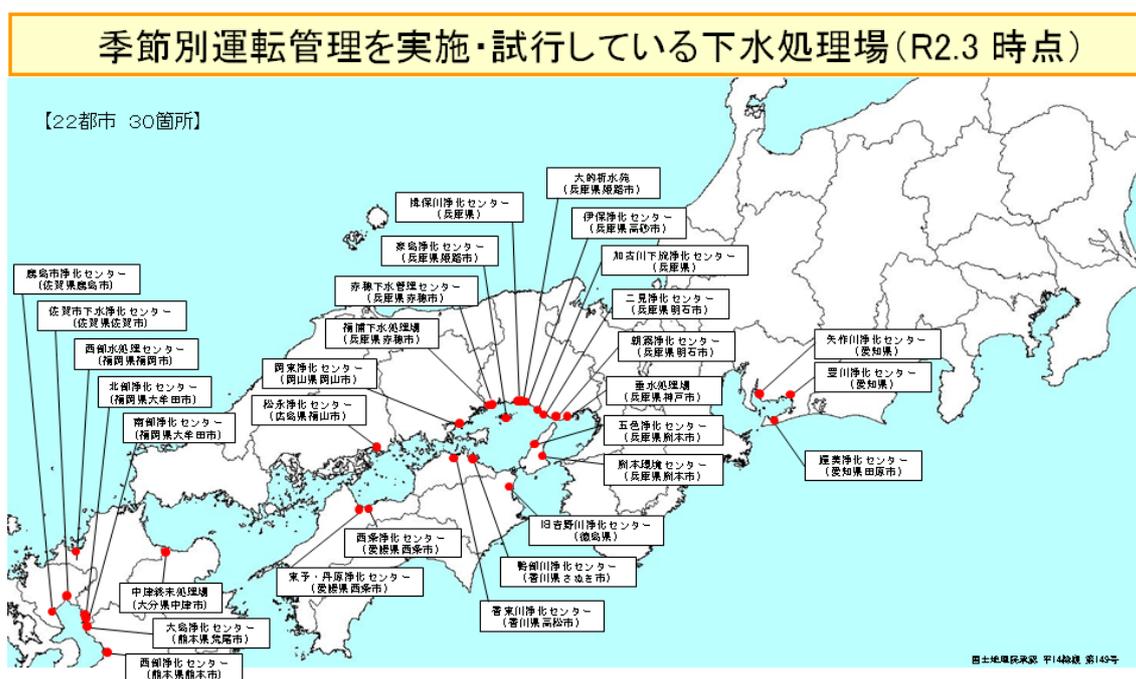


図 3.1 季節別運転管理を実施・試行している下水処理場（令和 2 年 3 月時点）

表 3.1 過去 3 カ年における季節別運転管理実施・試行下水処理場の状況

	平成 29 年度末	平成 30 年度末	令和元年度末
都市数	20	24	22
箇所数	26	31	30

そのなかで、効果的な実施例として 6 処理場における能動的運転管理の取り組み事例について、P. 5 以降に紹介する

表 3.2 事例集掲載下水処理場

No	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)	増加させる 栄養塩類	栄養塩 増加運転方法	増加運転 開始年月	対象 生物	放流先
1	伊保浄化センター	分流式	標準活性汚泥法 (擬似嫌気好気活性汚泥法)	約7,900m ³ /日 (14,400m ³ /日)	窒素	硝化抑制	H29.11	ナリ	播磨灘
2	鴨部川浄化センター	分流式	オキシデーシヨンドイツ法	約4,600m ³ /日 (6,750m ³ /日)	窒素	硝化抑制	H23.10	ナリ	播磨灘
3	北部浄化センター	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)	窒素	硝化抑制	H16.12	ナリ	堂面川→有明海
4	南部浄化センター	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)	窒素	硝化抑制	H16.12	ナリ	大牟田川・諏訪川 →有明海
5	佐賀市下水浄化センタ	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)	窒素	硝化抑制	H19.10	ナリ	本庄江川 →有明海
6	西部水処理センター	分流式 一部合流式	嫌気好気法 嫌気無酸素好気法	約102,000m ³ /日 (184,300m ³ /日)	りん	りん除去抑制	H25.10	ナリ	博多湾

※平成 30 年度の運転実績について紹介する。

※各事例の概要、運転管理方法や配慮・苦慮している点等については平成 30 年度時点の情報である。

《事例 1》

兵庫県高砂市公共下水道事業
伊保浄化センター

■ 概要						
排除方式	分流式		水処理方法 (計画)	流総計画※1	第1系列	標準活性汚泥法等
水処理方法 (現状)	第1系列	標準活性汚泥法等			第2系列	標準活性汚泥法等
	第2系列	標準活性汚泥法等				
計画処理面積 (ha)	全体計画 :	526			事業計画	第1系列
	事業計画 :	491	第2系列	標準活性汚泥法等		
計画汚水量 (m ³ /日) (晴天時日最大)	全体計画 :	13,100	計画処理人口 (人)	全体計画 :	30,930	
	事業計画 :	13,300		事業計画 :	31,060	
現有容量 (m ³ /日)	第1、第2系列	14,400	放流先	瀬戸内海 (播磨灘)		
処理実績 (m ³ /日) (晴天時日平均)	第1、第2系列	7,948	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59年7月		増加運転開始年度	平成29年度		
基準値 (mg/L)	項目	計画放流水質 (下水道法施行令)	計画処理水質 (流総)	総量規制基準 C値		
	BOD	15	15	-		
	COD	-	20	40		
	全窒素	-	30	40		
	全りん	-	3	4		
連絡先	高砂市上下水道部 技術管理室 下水道施設課 伊保浄化センター					
	TEL:	079-447-6195	FAX:	079-447-2214	email:	tact4521@city.takasago.lg.jp

※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、第2系列	H29.11~H31.3			

■ 導入に至る背景
処理水の放流先にノリの養殖場があり、県漁連から要望された県水産課、県水大気課等から漁業不振の説明を受け、ノリの養殖期により多くの窒素を含む処理水を排出して欲しいとの要請があり、平成29年度より試運転を行っている。

■ 導入時の検討

○検討・試験内容
平成29年度に、水産関係部局、環境関係部局ならびに下水道関係部局において、季節別運転の対象とする水質項目を検討した。試運転の位置づけであり、本運用ではないことから、流総の計画処理水質(全窒素)は夏期・冬期の区分なく、年間を通じて30mg/L以下である。

○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： 9月～10月 ・ 増加運転期間： 11月～3月 ・ 回復期間： 4月～5月

○ 目標水質

各法定基準値を遵守できる範囲で可能な限り高い栄養塩類濃度で放流

○ 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系列	硝化抑制	送気量抑制、MLSS抑制
第2系列	硝化抑制	送気量抑制、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	
	第1系列（2池）	第2系列（2池）
通常運転期	▼aa00	▼AA00
増加運転期	▼aa00	▼AAAO

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）
0：好気タンク

【管理目標値】

項目	単位	第1系		第2系	
		通常期	増加期	通常期	増加期
MLDO ※	(mg/L)	2	1	2	1
MLSS ※	(mg/L)	1,500	1,200	1,500	1,200
好気槽容量	(m ³)	—	—	1,169.0	584.5

※ 反応タンク末端

○ 管理体制

通常運転時と変化なし

○ 測定水質項目

放流水の全窒素、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、有機態窒素を1回/月から2回/月にした。

○ 栄養塩増加運転に配慮・苦慮している点

栄養塩増加運転のために硝化抑制を行うと、活性汚泥の沈降性が低下する。日常管理ではCODやT-Nのモニター値の変動傾向管理に加えて、反応タンクのSV、最終沈殿池の観察や越流水の透視度も参考にして処理状況を判断している。季別運転期間中は、滅菌後でBODを測定するため大腸菌群と硝化細菌の双方を滅菌できる次亜塩素酸ナトリウム注入率を調整し、回復期を終える5月半ば頃まで継続することとしている。同注入率は夏期よりも低い結果が得られているが、これは、夏期の方が温度が高いため大腸菌群数が多くなることにより、高い注入率が必要となっているものと解釈している。特に放流水の全窒素中アンモニア性窒素が大部分を占めるようになると、高い負荷の流入があった時に処理が悪化しやすくなり運転の見極めが必要になる。平成29年度は第1系列も増加運転時はaaa0にしていたが、ばっ気方式が散気管のためか汚泥沈降が非常に悪く平成30年度からはaa00にしている。

■ 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

これまでモニタリング調査を実施したことはない。

栄養塩増加運転時に吐口付近の環境変化がないことを職員が現場で直接確認しており、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

栄養塩増加運転期間の送気量抑制に伴い、多少は電気量が少なくなるためコスト削減につながっている。

■ 導入後の関係者との調整・協議・報告

兵庫県下水道課を中心に県下の下水道関係部局が年に1回程度（不定期）集まり、他市の事例の聴講などを実施している。

■ 運転実績（平成30年度）

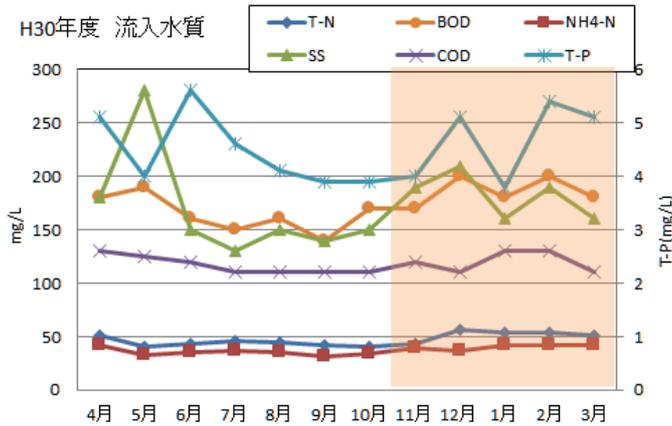
○運転実績

【系列名】 全体

		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	47	16	/	4.6	0.6	/
	通常運転期①	45	6	14	4.8	0.2	4
	増加運転期②	52	26	50	4.7	0.5	10
特徴	差（①－②）	/	20	36	/	0.3	6
最大値	年間	57	31	/	5.6	2.1	/
	通常運転期	46	7.2	/	5.6	0.2	/
	増加運転期	57	31	/	5.4	0.8	/

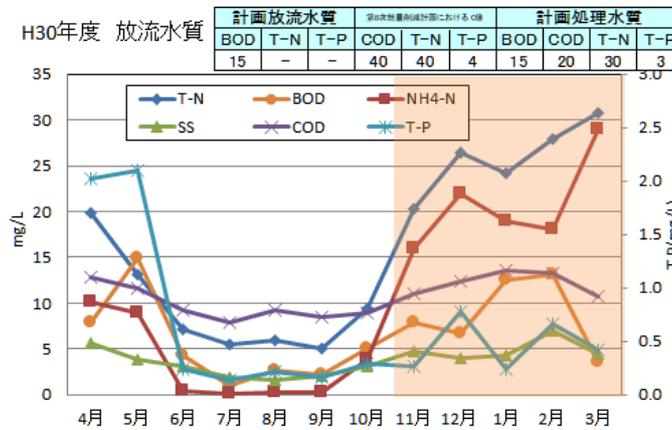
※1： 排出率=処理水質/流入水質×100

■流入水質



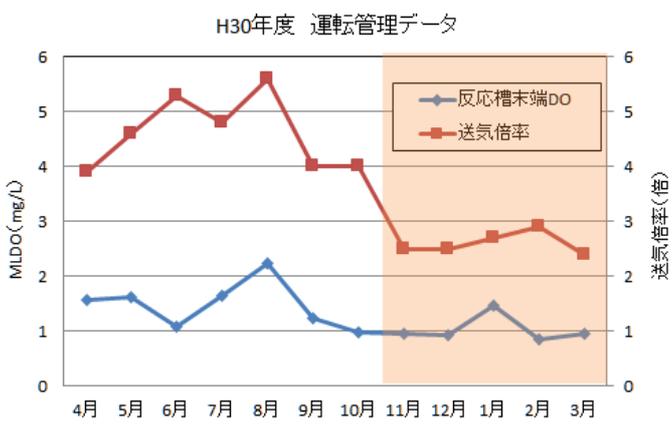
・一般家庭からの流入水以外で沈砂池に流入する汚水としては、市のし尿処理施設で前処理したし尿、浄化槽汚泥固液分離液を希釈して受入れしており、流入水T-Nは年間平均値で47mg/Lと高めとなった。

■放流水質

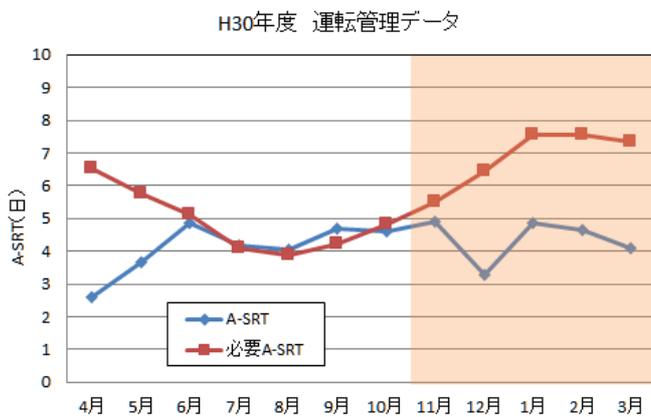
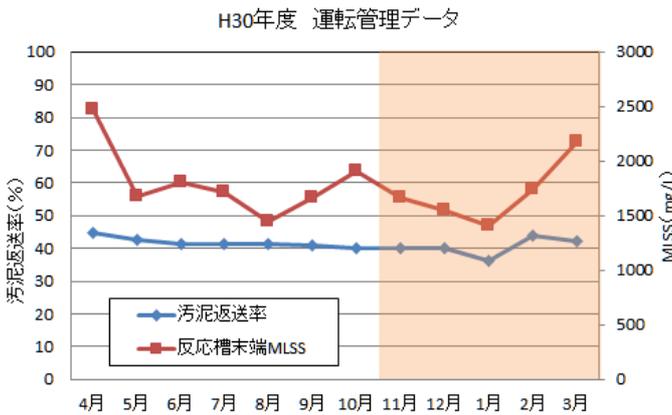
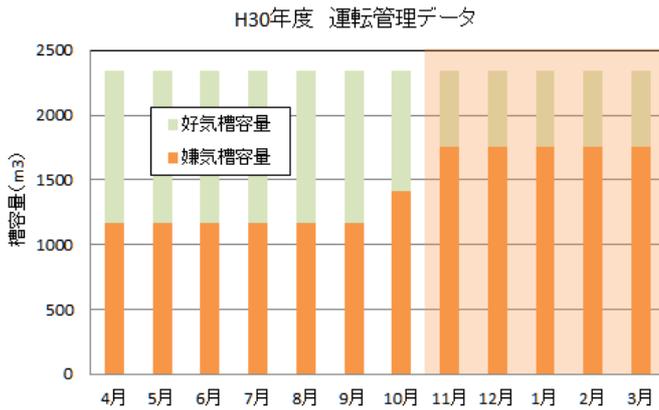


・通常期にはNH4-Nがほぼ検出されず完全硝化に至っているが、栄養塩増加運転期には16~29mg/Lの範囲に上昇しており、明確な硝化抑制効果が認められた。

■運転管理指標項目



・DOの管理目標値は、通常期：2mg/L、栄養塩増加運転期間：1mg/Lとしているが、H30年度の通常期はDOが2mg/Lを下回っても完全硝化に至ったため、送気量は必要最小限に留めた。
 ・9~12月のDOは1mg/L程度で推移しているが、移行期(9~10月)は、硝化がほぼ完了した状態のDO値、増加期初期は、有機物処理が完了した状態のDO値と捉え分けて送気量を調整した。
 ・栄養塩増加期に放流水のCOD・BOD濃度が高まってきた際に、又は終沈からの活性汚泥フロック流出が多く認められた際には、一時的に送気倍率を高め、有機物の処理を促進させた。



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

- ・全4池の反応タンクの前部2槽は、嫌気槽として運用しているが、通常期は好気槽で完全硝化に至るため、無酸素槽の役割を果たす。(第1系は疑似嫌気)
- ・また、第2系(2池)では、散気装置が水中攪拌機であることを活用して、左図のように、栄養塩増加運転期間は3槽目の好気槽を嫌気槽にすることにより硝化抑制を徹底している。
- ・11月(移行期)は、2池の内1池の3槽目を変更したことを示している。
- ・第1系と第2系で異なる運転を行い十分な窒素濃度になり、リスク分散効果も得られている。

- ・H30年度の栄養塩増加運転期間に、有機物濃度の上昇傾向ならびに終沈からの活性汚泥フロックの流出が認められた。増加期のMLSS管理目標値は1,200mg/Lとしているが、前述の状態が生じた時は、DOならびに送気量管理を適切に行えるようにMLSSを数百mg/Lオーダーで変動させる。H30年度も同方針により、状態の改善を図った。
- ・このように、有機物・SSの安定化条件と硝化抑制の効果のバランスが変化しやすいため、放流水中に数mg/L程度の酸化態窒素(NOX-N)が残存することがある
- ※：残存NOX-N = (T-N) - (NH4-N)

- ・前述のとおり、H30年度は栄養塩増加期のMLSSが通常期と同程度になったが、ASRTは完全硝化に必要なASRTを下回り、硝化細菌が増殖しにくい環境を確保している。
- ・これは、水温が低下する栄養塩増加期は完全硝化に必要なASRTが長くなることを考慮し、通常期に過大なASRTを確保しない運転管理方針の効果であり、汚泥処理の平準化や過剰な送気量の抑制にも寄与している。

《事例 2》

香川県さぬき市公共下水道事業
鴨部川浄化センター

■ 概要						
排除方式	分流（一部合流）		水処理方法（計画）	流総計画※1	全体	オキシデーショディッチ法
水処理方法（現状）	全体	オキシデーショディッチ法		事業計画	全体	オキシデーショディッチ法
計画処理面積（ha）	全体計画：	1,115	計画処理人口（人）	全体計画：	27,100	
	事業計画：	704			事業計画：	14,310
計画汚水量（m ³ /日）（晴天時日最大）	全体計画：	8,500	増加運転開始年度	平成23年度		
	事業計画：	8,300		-		
現有能力（m ³ /日）	処理場全体	6,750	放流先	瀬戸内海（播磨灘）		
処理実績（m ³ /日）（晴天時日平均）	処理場全体	4,513	消毒方式	塩素消毒		
			消化タンクの稼働	-		
供用開始年月	平成7年9月		増加運転開始年度	平成23年度		
基準値（mg/L）	項目	計画放流水質（下水道法施行令）	計画処理水質（流総）	総量規制基準C値		
	BOD	15	15	-		
	COD	-	15	30		
	全窒素	-	20	25		
	全りん	-	2	2.5		
連絡先	さぬき市 建設経済部下水道課					
	TEL：	087-894-1181	FAX：	087-895-1175	email：	gesui@city.sanuki.lg.jp

※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
●			全体		H23.10～		

■ 導入に至る背景
 栄養塩の濃度不足が原因とされる養殖ノリの色落ち被害が発生し、生産量、売上高ともにピーク時の1/3程度にまで減少した状況に至ったことから、漁業組合ノリの養殖期により多くの窒素を含む処理水を排出して欲しいとの要請があり、平成23年度より試行している。

■ 導入時の検討

○検討・試験内容

【開始当初の経緯】

年月	所有者	運営	状況
H23.10	香川県	香川県下水道公社	漁業者からの要望で、開始
H24.4	さぬき市	香川県下水道公社	引き続き試行
H27.4	さぬき市	さぬき市	引き続き試行

※運転方法は、下水道公社が実施した方法をベースに現在も実施中

【さぬき市移管後の会議】

水産関係部局、環境関係部局、漁業関係者等と連携し、平成28年度に以下の検討を行った。

- ・主催：漁業協同組合
- ・県：下水道課、環境管理課、水産試験場
- ・市：農林水産課、下水道課

第1回：①希望する水質増加期間（時期）

第2回：①効果の検証方法、②先行する他都市の視察

なお、赤潮リスクが考えられたため、冬季のみ実施することとした。

H29に、県漁連も参加して会議を実施。

その後は行われていない（放流状況結果を毎月、漁業協同組合に提出）

【周辺海域調査】

H27から周辺海域の調査を、さぬき市農林水産課が実施

○施設の改造

ODからの活性汚泥の流出装置の設置。

スライム付着防止のため洗浄機構付きのD0計に更新。

■ 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： 9月～10月 ・増加運転期間： 10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	共通	—	—	—	—
増加運転期	共通	—	—	20	—

○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
全	硝化抑制	エアレーション間けつ運転、返送汚泥量の減少
採用理由	既存施設での実施が可能なため	

【水処理施設の運用】

運転期	系列
	全系（3池）
通常運転期	※
増加運転期	※

※ オキシデーションディッチ法（運転池数変更なし）

【管理目標値】

管理項目に対して具体的な目安値（管理値）は設定していないが、過年度の運転からOD槽の水温が20℃を下回ると一気に放流水の窒素が高まり始め、20℃を上回ると一気に窒素濃度が低下する特性を確認しており、その特性に合わせて曝気時間を管理し、栄養塩増加運転時に目標水質：T-N20mg/Lを超過しないような調整を行っている。

○管理体制

維持管理業者を増員している。

○測定水質項目

測定頻度を変更。

T-N・NH4分析回数を倍以上にした。

○栄養塩増加運転に配慮・苦慮している点

課題①：活性汚泥の沈降性が悪化し、処理水質の悪化が生じやすい。

＜対策＞余剰汚泥引抜量の増加、返送汚泥量の増加、PAC添加によるSS流出抑制

課題②：曝気機の停止により反応タンク内（OD槽内）で活性汚泥が沈降して上澄水が生じ、処理水質が不安定になる要因の一つになる。

＜対策＞OD槽流出ゲート前にドラフトチューブを付け、沈殿気味の活性汚泥の沈殿池への移送量が増えるように改良した。

課題③：発生汚泥量の増加や汚泥のバルキング、有機分比の増加により脱水効率が低下した。

＜対策＞汚泥性状が良好な夏期に多く脱水するようにした。

課題④：スライム状の汚れが計装機器に付着し、数値エラー件数が増加した。

＜対策＞D0計は更新工事の際に洗浄機構付の機種を採用。TN、TP計の配管詰まり等の対応。

ただし、これらの対応では必ずしも十分とは言えず、維持管理要員を増員して対応を図っている他、嫌気攪拌や汚泥の減量化方法について、今後も引き続き検討する必要がある。

■ 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

◇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

・農林水産部局と連携して実施

・測定項目：栄養塩濃度

◇調査で得られた効果や成果

・効果が無い可能性が高い

・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

・栄養塩増加運転時に吐口付近の環境変化がないことを職員が現場で直接確認しており、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

曝気機の停止による電力削減効果よりも、汚泥性状の変化による脱水ケーキ処分費の増加や薬品費、電力量の増加ならびに効果検証にかかる水質分析費等の諸費用が上回り、導入前に比べてコストが増加した。

■ 導入後の関係者との調整・協議・報告

以前は、水産関係部局と調整し、年1回程度の頻度で放流先におけるモニタリング調査の方法や結果に関する会議を開催していたが、現在は主催者（漁協）の要請が無くなり、開催していない。

■ 運転実績（平成30年度）

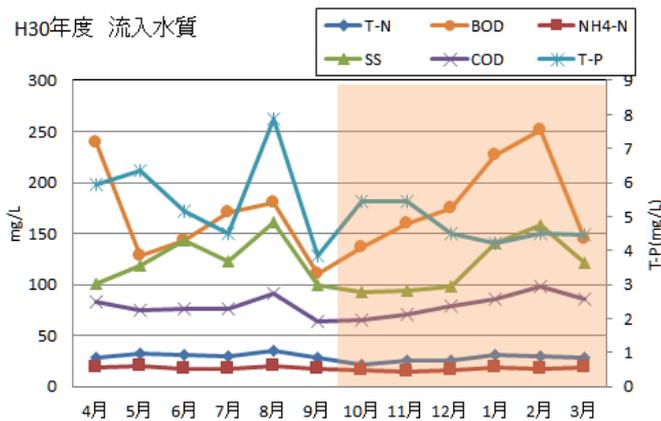
○ 運転実績

【系列名】 全体

		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	29	10	/	5.2	2.2	/
	通常運転期①	32	2	7	5.9	2.7	46
	増加運転期②	27	13	47	4.8	1.9	39
特徴	差（①－②）	/	11	41	/	-0.8	-6
最大値	年間	36	18	/	7.9	3.2	/
	通常運転期	36	3.1	/	7.9	2.9	/
	増加運転期	32	18	/	5.5	2.2	/

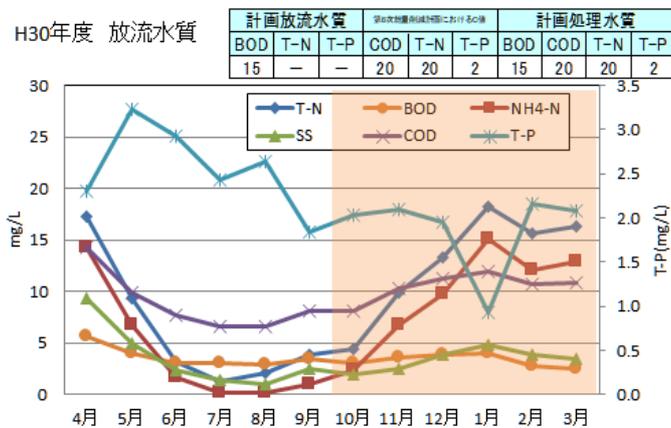
※1： 排出率=処理水質/流入水質×100

■ 流入水質



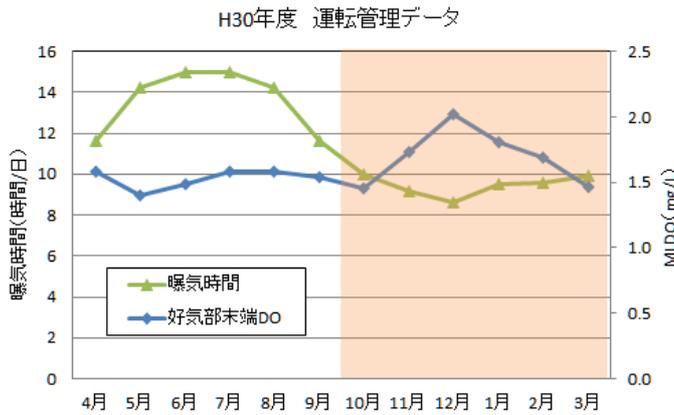
・各期間の流入水のT-N平均値は、通常運転期：32mg/L、増加運転期：27mg/Lであり、若干ながら増加運転期の方が低めではあるが、年間を通じて大きな変動は無かった。
※流入水質は汚泥処理返流水を含む水質

■ 放流水質

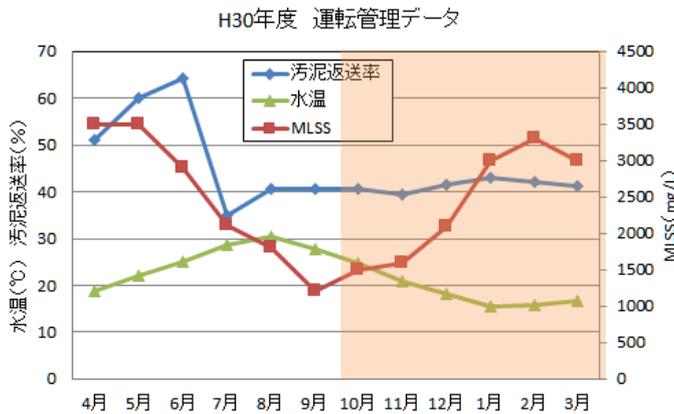


・通常運転期（6～8月）の放流水のNH4-Nは2mg/L未満であり、硝化が進行していた。
・栄養塩増加運転期に入ると次第にNH4-Nが増加し、これに伴いT-Nも増加するが、管理目標値：20mg/L以下の範囲内で制御できていた。

■ 運転管理指標項目



- ・硝化抑制はエアレーションの間けつ運転の調整（曝気時間の短縮）操作により行われるが、曝気時間を変更してもNH4-N濃度に急激な変化が生じないことから、8月から減らし始めて1月より増やし始めるパターンを採用した。
- ・増加運転期間中の1月より曝気時間を高め始めるのは、目標水質：T-N20mg/Lを遵守できるように、T-Nの上昇を抑制するためである。



- ・曝気時間を減らし始めると発生汚泥量が増加するが、汚泥濃縮槽の規模が小さいため、脱水の効率を考慮してOD内に活性汚泥を滞留させる結果、MLSSが高まった。
- ・平成30年度に汚泥返送率を減少させたが、硝化抑制に直接影響を及ぼすものではなく、その主な目的は、沈殿池内滞留時間を高めることで汚泥濃縮槽への移送濃度を高めることにあり、総合的な観点での運転操作である。

《事例 3》

福岡県大牟田市公共下水道事業
北部浄化センター

■ 概要						
排除方式	分流式		水処理方法 (計画)	流総計画※1	第1系列	標準活性汚泥法
水処理方法 (現状)	第1系列	標準活性汚泥法			第2系列	標準活性汚泥法
	第2系列	標準活性汚泥法				
計画処理面積 (ha)	全体計画 : 1,290				事業計画	第1系列
	事業計画 : 873		第2系列	標準活性汚泥法		
計画汚水量 (m ³ /日) (晴天時日最大)	全体計画 : 15,800		計画処理人口 (人)	全体計画 : 37,000		
	事業計画 : 12,200			事業計画 : 28,500		
現有能力 (m ³ /日)	第1・第2系列	16,600	放流先	有明海		
処理実績 (m ³ /日) (晴天時日平均)	第1・第2系列	8,582	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)	計画処理水質 (流総)	総量規制基準 C値		
	BOD	15	15	—		
	COD	—	13	—		
	全窒素	—	—	—		
	全りん	—	—	—		
連絡先	大牟田市企業局 水質管理課 下水道担当					
	TEL:	0944-54-1433	FAX:	0944-41-9855	email:	e-suisitu01@city.omuta.fukuoka.jp

※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系列		H16.12~		
			第2系列		H16.12~		

■ 導入に至る背景

大牟田市の水産業において、ノリ養殖は主力産業であるが、有明海では平成12年にノリの大凶作に見舞われ、その原因究明に向けた調査・研究が国をはじめとする関係機関でなされ、ノリの生長に関する要因として、栄養塩類の過不足が大きく影響していることが再認識された。

そこで、下水処理水中に含まれる栄養塩類がノリの生長に与える影響調査などが行われ、処理水中の栄養塩類がノリの品質向上に寄与する可能性があることが示された。

これらの調査・研究成果等をもとに、大牟田市の下水処理場では、平成16年度より実施設において栄養塩類の増加のための運転方法としての硝化抑制運転を実施した。

■ 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系列（4池）	第2系列（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）
0：好気タンク

【管理目標値】

下表の管理目標値は各項目それぞれの目安である。実際の運転では、活性汚泥の沈降性・有機物の処理状況・硝化の進行状況・微生物相などを確認しながら、必要に応じて優先的に管理する項目を選択する。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、送気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。

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
MLDO	(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

○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・苦慮している点

移行期間の水処理が不安定化する傾向があり、BOD上昇を抑制するため、消毒を強化する場合があります。なお、処理水質はCOD測定により間接的に確認している。

■ 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年度現在実施の予定はない。

<過年度のモニタリング内容>

◇調査内容：放流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

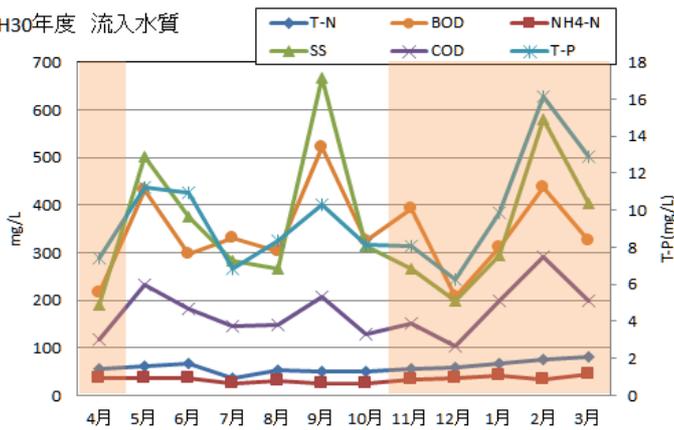
【系列名】 第1、第2

		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	/	11.0	2.8	/
	増加運転期	82	31	/	16.1	1.7	/

※1： 排出率=処理水質/流入水質×100

■ 流入水質

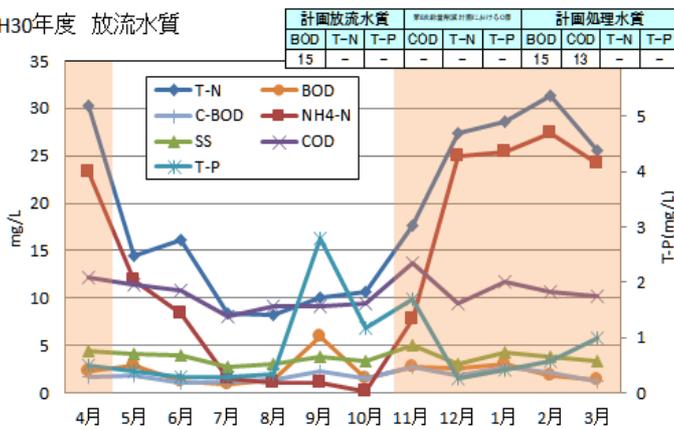
H30年度 流入水質



・ 流入水のT-Nは年間平均で59mg/Lであった。各期間のT-N平均値は、通常運転期：51mg/L、増加運転期：66mg/Lであり、増加運転期の方が若干高めであった。
 ※流入水質は汚泥処理返流水を含む水質

■ 放流水質

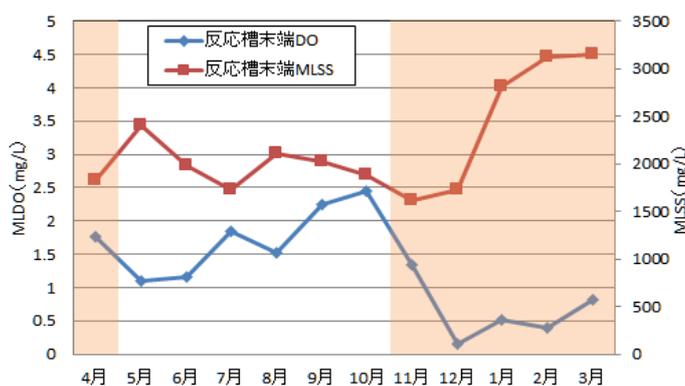
H30年度 放流水質



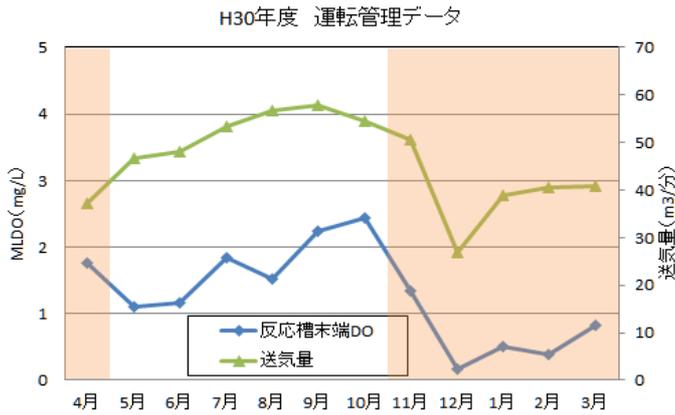
・ 本浄化センターでは10月を移行期、11～4月を栄養塩増加運転期、5月を回復期としたサイクルを標準としているが、その年のノリ養殖期間の開始状態に応じて硝化抑制への切り替えを調整している。
 ・ 平成30年度は11月が実質の硝化抑制の開始に相当し、以後は速やかにNH4-Nが上昇した。
 ・ なお、硝化促進期間には汚泥返送率の増加操作等の脱窒量増加目的の運転は行っていないが、年間の最小T-Nは10mg/Lを下回っている。

■ 運転管理指標項目

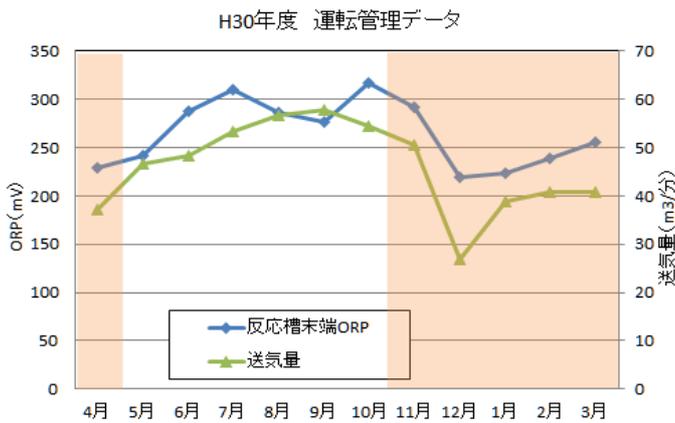
H30年度 運転管理データ



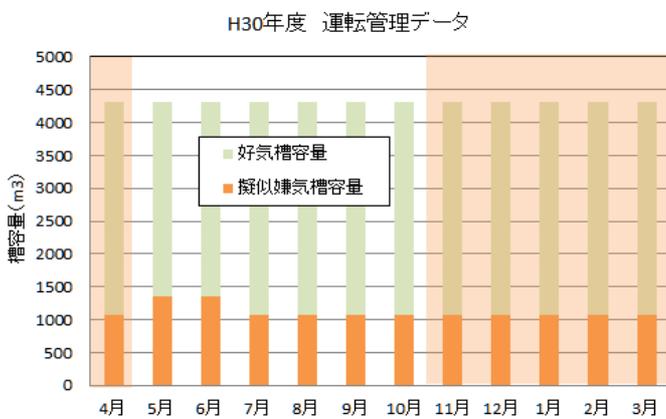
・ MLSSは、通常期も栄養塩増加期も1,000～1,500mg/Lと幅のある管理目標値を設定しているが、近年では、操作変更の煩雑さを軽減することや条件変更に対して速やかな応答が得られることを目的として、嫌気好気比を調整した後はできるだけMLSSを一定に保ち、送気量を段階的に制御することで、安定的な栄養塩増加効果を得た。
 ・ なお、平成30年度は、栄養塩増加運転期間中に最初沈殿池の汚泥界面が高くなり、汚泥が反応槽に越流し始めたため、MLSSは上昇傾向となった。



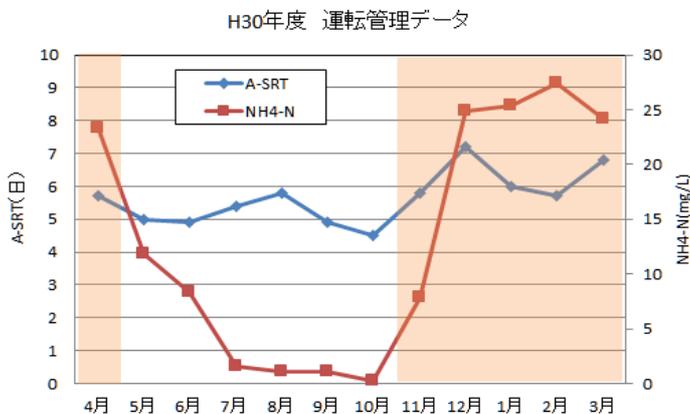
・栄養塩増加運転期は、管理DO値を設定した上で有機物処理や硝化抑制状況、透視度、微生物相を確認しながら送気量を調整する方針としている。平成30年度は12月にNH₄-N濃度が25mg/Lに到達したように硝化抑制効果が明確に表れたが、DO値が低過ぎたことから、1月以後は12月よりもやや多めの送気量で運転した。



・反応槽末端のORPの管理目標値は通常期にのみ設定しており、平成30年度は、管理目標値の範囲（200mV以上）で運転した。



・好気槽容量（嫌気好気比）の変更は処理状況に応じて実施しているが、回復期に2槽目の前半のみを嫌気状態にするなど、必要最小限の変更に留めていることから、H30年度は月間平均値に明確に表れるようなレベルの容量変更は行っていない。



・硝化を促進する通常期（6～9月）には、A-SRTが管理目標値（3日以上）の範囲になるようにMLSSや余剰汚泥引抜量等を調整している。通常期の内、NH₄-Nが2mg/Lを下回った7月～9月のA-SRTは4.9日以上であった。

《事例 4》

福岡県大牟田市公共下水道事業
南部浄化センター

■ 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			分流系	嫌気無酸素好気法
	分流系	標準活性汚泥法		事業計画	合流系	（将来）循環式硝化脱窒法
計画処理面積（ha）	全体計画： 1,667			計画処理人口（人）	分流系	（将来）膜分離活性汚泥法
	事業計画： 1,217		全体計画： 55,500			
計画汚水量（m ³ /日）（晴天時日最大）	全体計画： 24,900		事業計画： 50,300	放流先		有明海
	事業計画： 22,900			消毒方式		オゾン消毒
現有能力（m ³ /日）	第1・第2系列	14,200	消化タンクの稼働		稼働	
処理実績（m ³ /日）（晴天時日平均）	第1・第2系列	11,727	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		項目		
基準値（mg/L）	計画放流水質（下水道法施行令）		計画処理水質（流総）		総量規制基準C値	
	BOD	15	15		-	
	COD	-	12		-	
	全窒素	-	-		-	
全りん	-	-		-		
連絡先	大牟田市企業局 水質管理課 下水道担当					
	TEL:	0944-54-1433	FAX:	0944-41-9855	email:	e-suisitu01@city.omuta.fukuoka.jp

※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系列		H16.12～		
			第2系列		H16.12～		

■ 導入に至る背景

大牟田市の水産業において、ノリ養殖は主力産業である。有明海では平成12年にノリの大凶作に見舞われ、その原因究明に向けた調査・研究が国をはじめとする関係機関でなされ、ノリの生長に関する要因として、栄養塩類の過不足が大きく影響していることが再認識された。

そこで、下水処理水中に含まれる栄養塩類がノリの生長に与える影響調査などが行われ、処理水中の栄養塩類がノリの品質向上に寄与する可能性があることが示された。

これらの調査・研究成果等をもとに、大牟田市の下水処理場では、平成16年度より実施設において栄養塩類の増加のための運転方法としての硝化抑制運転を実施した。

■ 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																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>系列名</th> <th>BOD mg/L</th> <th>COD mg/L</th> <th>全窒素 mg/L</th> <th>全りん mg/L</th> <th>NH4-N mg/L</th> <th>SS mg/L</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>通常運転期</td> <td>共通</td> <td>9</td> <td>13</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>2</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>増加運転期</td> <td>共通</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>		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
	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】																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>系列</th> <th>方法分類</th> <th>運転方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第1</td> <td>硝化抑制</td> <td>送気量抑制、好気槽削減、MLSS抑制</td> </tr> <tr> <td>第2</td> <td>硝化抑制</td> <td>送気量抑制、好気槽削減、MLSS抑制</td> </tr> <tr> <td>採用理由</td> <td colspan="2">運転管理が容易なため</td> </tr> </tbody> </table>	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													
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】																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">運転期</th> <th colspan="2">系列</th> </tr> <tr> <th>第1 (4池)</th> <th>第2 (4池)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>通常運転期</td> <td>▼a000</td> <td>▼a000</td> </tr> <tr> <td>増加運転期</td> <td>▼aa00</td> <td>▼aa00</td> </tr> </tbody> </table> <p>※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） 0：好気タンク</p>	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													
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																							

【管理目標値】																															
<p>下表の管理目標値は各項目それぞれの目安である。実際の運転では、活性汚泥の沈降性・有機物の処理状況・硝化の進行状況・微生物相などを確認しながら、必要に応じて優先的に管理する項目を選択する。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、送気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。</p>																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">項目</th> <th rowspan="2">単位</th> <th colspan="2">全体</th> </tr> <tr> <th>通常期</th> <th>増加期</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>送気量</td> <td>(m³/分)</td> <td>33.3～38.3</td> <td>16.7～23.3</td> </tr> <tr> <td>MLDO</td> <td>(mg/L)</td> <td>1.0<</td> <td><1.0</td> </tr> <tr> <td>ORP</td> <td>(mV)</td> <td>80～100</td> <td>30<</td> </tr> <tr> <td>MLSS</td> <td>(mg/L)</td> <td>1000～1500</td> <td>1000～1500</td> </tr> <tr> <td>A-SRT</td> <td>(日)</td> <td>3<</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>好気槽容量</td> <td>(m³)</td> <td>3,600</td> <td>2,560</td> </tr> </tbody> </table> <p>※反応槽末端 ※反応槽末端 ※反応槽末端</p>	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	MLDO	(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
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																												
MLDO	(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																												

○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・苦慮している点

移行期間の水処理が不安定化する傾向があり、BOD上昇を抑制するため、消毒を強化する場合があります。なお、処理水質はCOD測定により間接的に確認している。

■ 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年度現在実施の予定はない。

<過年度のモニタリング内容>

◇調査内容：放流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）

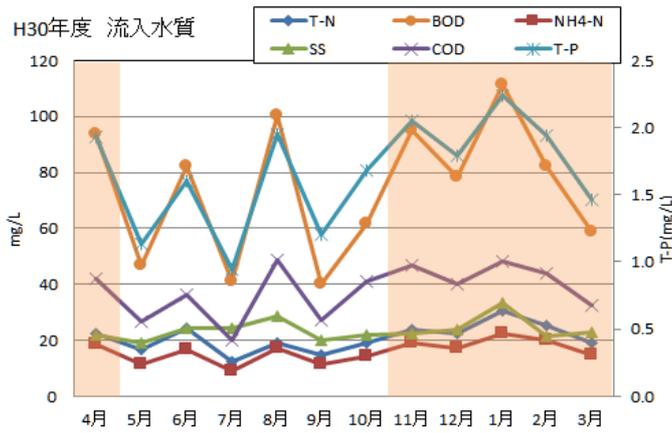
○運転実績

【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	/	2.0	1.3	/
	増加運転期	31	37	/	2.2	5.3	/

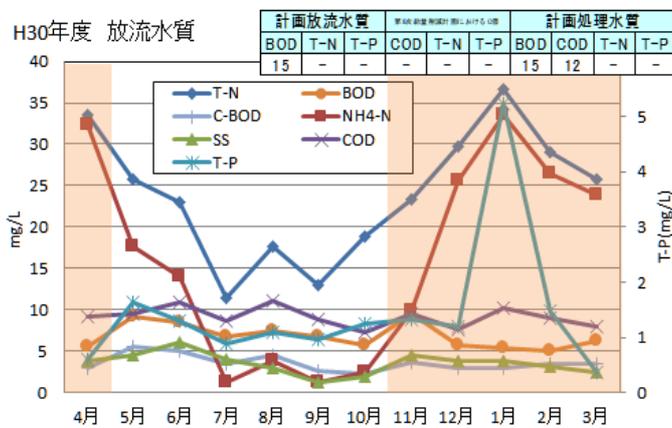
※1： 排出率=処理水質/流入水質×100

■流入水質



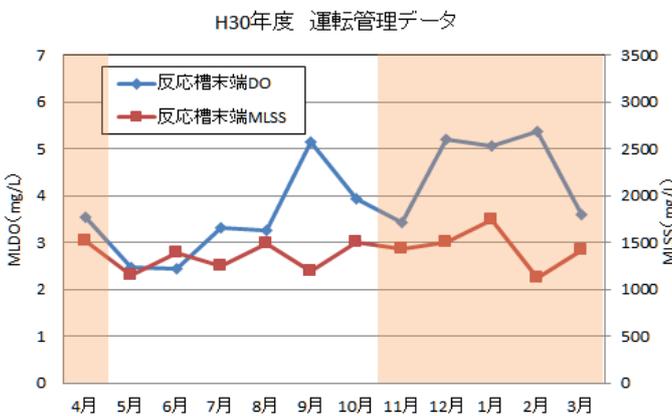
・流入水のT-Nは年間平均で21mg/Lであった。各期間のT-N平均値は、通常運転期：18mg/L、増加運転期：24mg/Lであり、増加運転期の方が若干高めであった。
 ※流入水質は污泥処理返流水を含まない水質

■放流水質

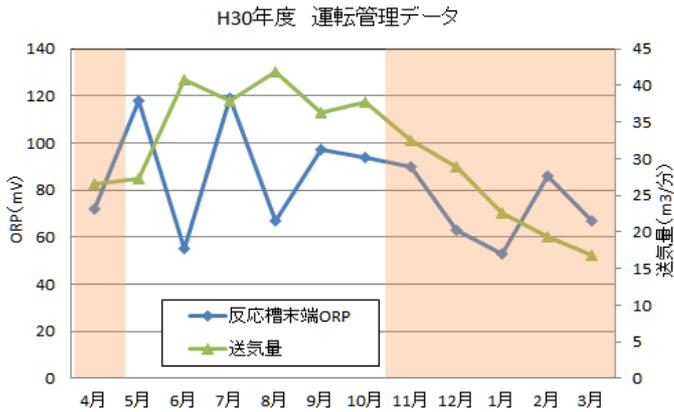


・本浄化センターでは10月を移行期、11～4月を栄養塩増加運転期、5月を回復期としたサイクルを標準としているが、その年のノリ養殖期間の開始状態に応じて硝化抑制への切り替えを調整している。
 ・平成30年度は11月が実質の硝化抑制の開始に相当し、以後は速やかにNH4-Nが上昇した。
 ・なお、硝化促進期間には污泥返送率の増加操作等の脱窒量増加目的の運転が行っていないため、年間の最小T-Nが10mg/Lを下回っていない。

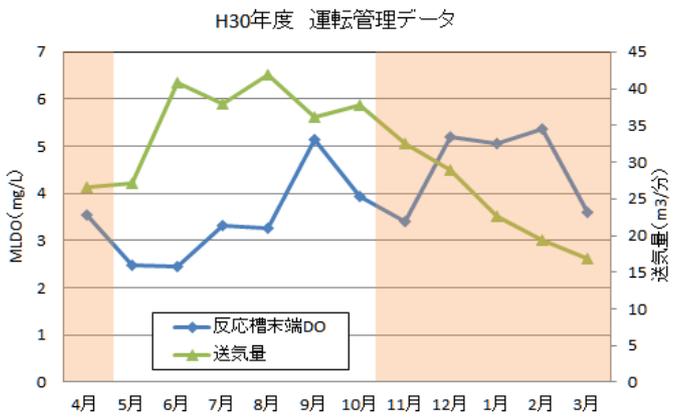
■運転管理指標項目



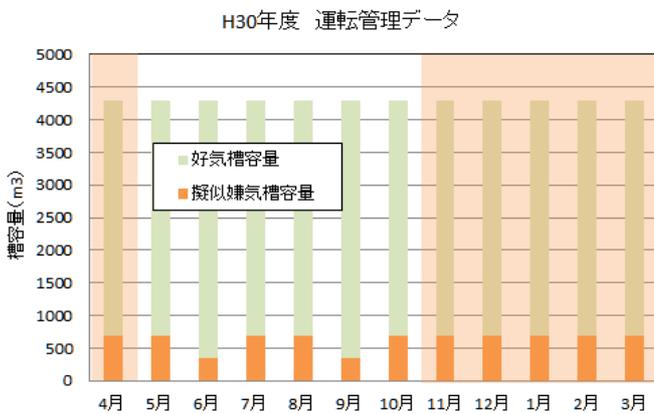
・MLSSは、通常期も栄養塩増加期も1,000～1,500mg/Lと幅のある管理目標値を設定しているが、近年では、操作変更の煩雑さを軽減することや条件変更に対して速やかな応答が得られることを目的として、嫌気好気比を調整した後はできるだけMLSSを一定に保ち、送気量を段階的に制御することで、安定的な栄養塩増加効果を得ており、平成30年度も同様の方針で運転した。



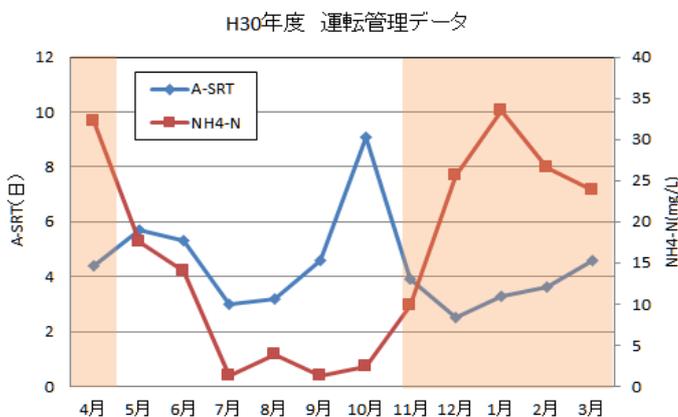
・栄養塩増加運転期は送気量は段階的に下げる方針としているが、反応槽末端のORPや最終沈殿池越流水や放流水の水質（大腸菌群数を含む）の推移を見ながら適宜調整する。平成30年度の場合は、変更傾向が11月以後に明確に表れた。



・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。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。また、本施設が合流式下水道の施設のため、雨水の流入による影響も無視できない。但し、NH₄-N実績に示すとおり、実用上の支障は無い範囲である。



・H30年度は送気量の調整のみで窒素濃度を管理する事が出来たため、特記するレベルの容量変更は行っていない。
 ・なお、6月と9月に嫌気槽容量が変更されているのは、本施設が合流式下水道の施設で雨天時処理を実施しているため、栄養塩管理の運転とは無関係の変更である。



・硝化を促進する通常期（6～9月）には、A-SRTが管理目標値（3日以上）の範囲になるようにMLSSや余剰汚泥引抜量等を調整している。平成30年度でA-SRTの管理目標値の下限近くまで下げた7～8月において、NH₄-Nは4mg/L未満であった。

《事例 5》

佐賀県佐賀市公共下水道事業
佐賀市下水浄化センター

■ 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)				
計画処理面積 (ha)		全体計画 :	4, 327	事業計画	1～3系	標準活性汚泥法 (担体投入式)
	事業計画 :	4, 300				
計画汚水量 (m ³ /日) (晴天時日最大)	全体計画 :	65, 880	計画処理人口 (人)	全体計画 :	186, 000	
	事業計画 :	72, 240		事業計画 :	179, 400	
現有能力 (m ³ /日)	1～3系 (全体)	67, 000	放流先	有明海		
処理実績 (m ³ /日) (晴天時日平均)	1～3系 (全体)	51, 354	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)	計画処理水質 (流総)	総量規制基準 C値		
	BOD	15	15	—		
	COD	—	12.5	—		
	全窒素	—	15.6	—		
	全りん	—	1.5	—		
連絡先	下水プロジェクト推進部 下水道施設課 管理一係					
	TEL :	0952-22-0182	FAX :	0952-28-4562	email :	gesushisetsu.sui@city.saga.lg.jp

※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
<p>平成23年度の佐賀県のノリの売上累計は約19億枚と全国の25.0%を占めており、全国第1位の生産量となっている。その佐賀県の中でも佐賀市はノリの生産量が最も多く、平成24年度の売上累計では佐賀市が約14億枚と佐賀県の67.2%と半数以上のノリを生産している。</p> <p>また、佐賀市は平成17年、平成19年の2回、市町村合併を行っており、それに伴い、処理水量が増加することとなった。しかし、処理水量の増加による塩分濃度の低下を危惧する漁業者からの反対の声が多くあがった。そこで、放流水の栄養塩類濃度を高くして放流することを提案し、平成19年度より栄養塩類の増加運転が実施された。</p>

■ 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：有明海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	▼a' 000	▼A0000	▼a' 000
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）
 0：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
総合循環率	(%)	—	—

※標準法系列として

※ 反応タンク末端

○**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・苦慮している点

通常期から栄養塩増加運転期への移行期間では、硝化細菌とアンモニア性窒素が共存し、N-BODが発現することがあるため、N-BODにより放流水のBODが高く測定されないように、消毒を強化する場合があります。毎日測定しているCOD、SS、透視度の変動傾向から、BODが10mg/Lを超過すると判断した際は、塩素剤の投入量を増やして対応する。

■ 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：①本庄江・嘉瀬川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

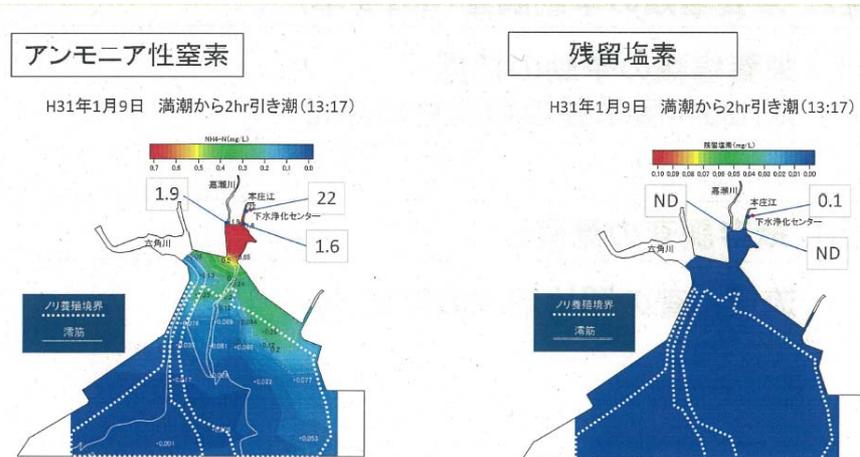
①本庄江・嘉瀬川河口付近の定点塩分調査結果のまとめ

浄化センター放流水を含む河川水(嘉瀬川・本庄江)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。



出典：第13回『宝の海を守り続けるために』研修会 下水処理施設の能動的管理が下流海域へ及ぼす影響

○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）

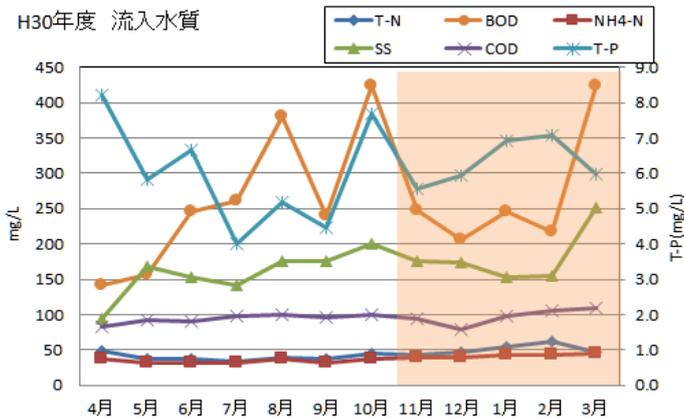
○運転実績

【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	21	/	-0.8	-19
最大値	年間	62	37	/	8.2	2.2	/
	通常運転期	39	22	/	6.7	2.2	/
	増加運転期	62	37	/	7.1	1.5	/

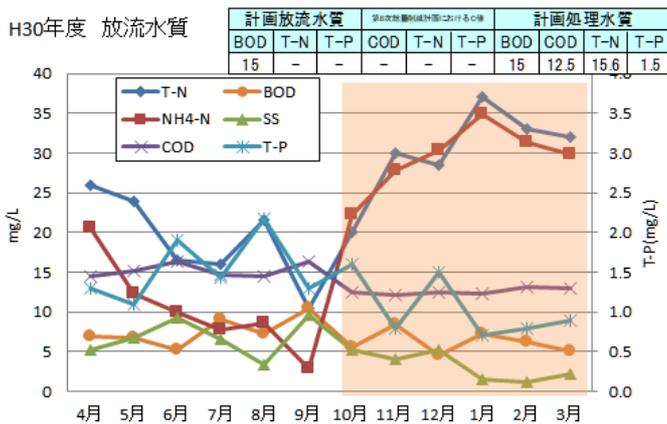
※1： 排出率=処理水質/流入水質×100

■ 流入水質



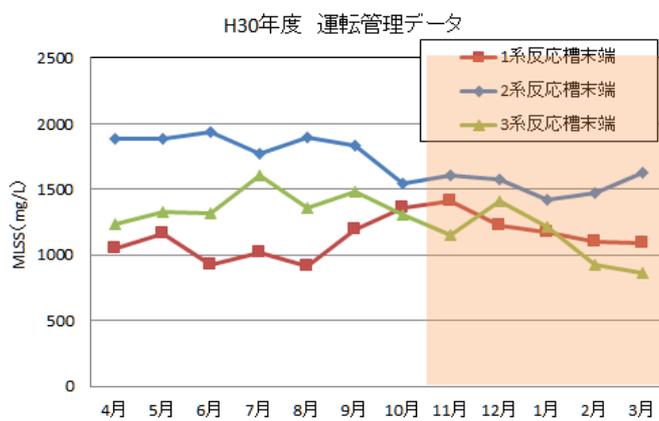
・ 流入水のT-Nは年間平均で44mg/Lであった。各期間のT-N平均値は、通常運転期：37mg/L、増加運転期：50mg/Lであり、増加運転期の方が高めである。
※流入水質は污泥処理返流水を含む水質

■放流水質

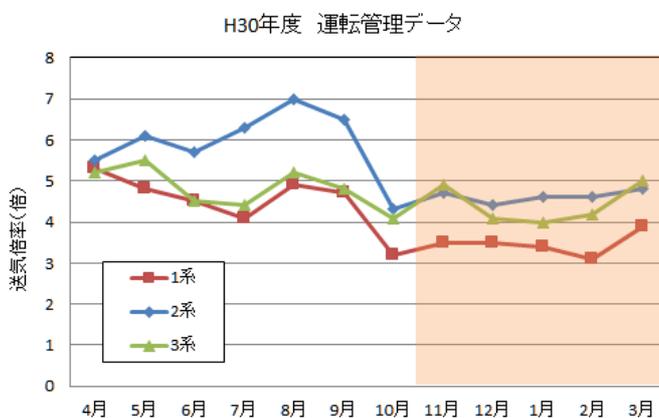


- ・ノリの養殖期により多くのT-Nを排出できるように、回復期（4～5月）や通常期（6～9月）では務めて削減（除去）する方針で運転している。
- ・送風機更新後は曝気風量の増加が可能となり、過年度よりも通常期の硝化を促進しやすくなったが、流入水のT-Nが比較的高いこともあって、完全硝化には至らなかった。
- ・しかし、移行期（10月）のNH4-N濃度は前月に比べて10mg/L以上高まるなど切り替えが速やかで、T-Nを高い濃度で排出できる期間を長く維持できた。

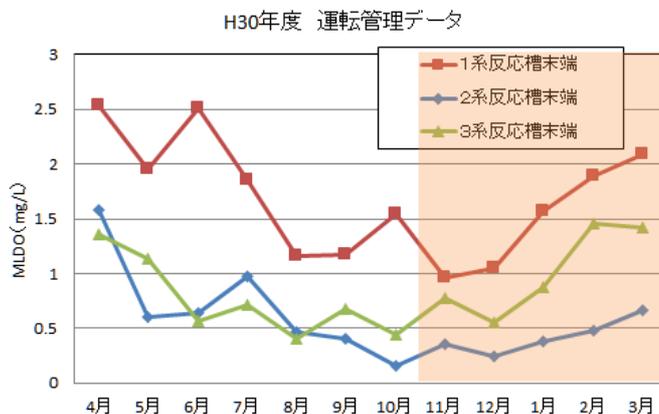
■運転管理指標項目



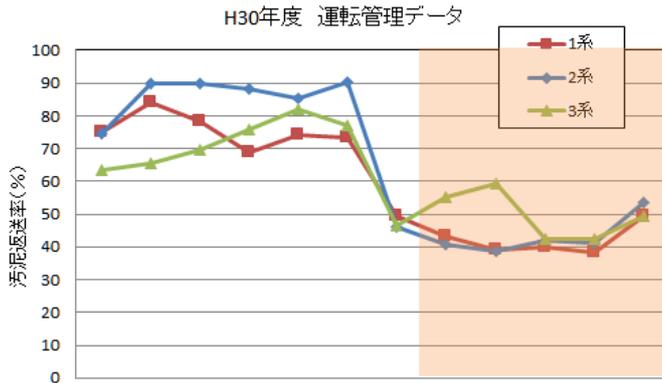
- ・本浄化センターの硝化抑制は、好気槽の削減とMLSS抑制によって行っている。ただし、1池あたりの槽の数や担体が投入されている池数が系列によって異なるため、一律の操作は行っていない。
- ・例えば、MLSSは、担体が投入されていない2系では、硝化促進期間と硝化抑制期間（移行期・栄養塩増加期）とで明確な違いが確認できる。なお、硝化抑制期間のMLSSは有機物処理を行える必要最小限レベルを目安として設定した。



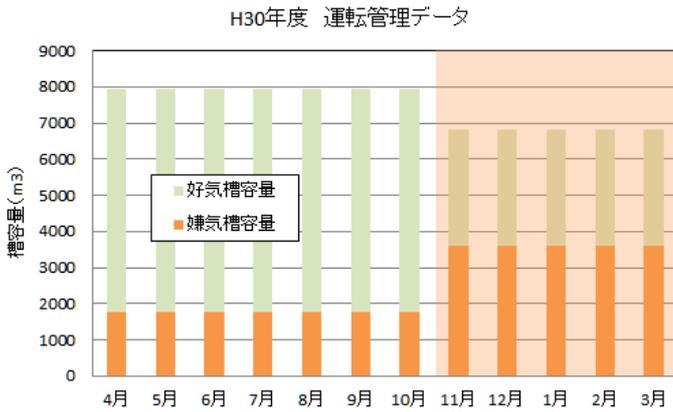
- ・送気倍率は各系列共に、9月までは高めに、10月以後は低めに設定しており、前者を硝化促進期間、後者（移行期以後）を硝化抑制期間と扱っている。硝化抑制期間内の変更幅は小さかった。
- ・送気倍率を系列別に比較すると、浮遊MLSS濃度が最も高い2系が高く、1系（3池のうち2池に担体投入）が最も低かった。



- ・移行期や回復期を見据えた早めのD0管理を行っている。（硝化促進期間では次第にD0が低下していること、硝化抑制期間の後半ではD0が高まっていることから確認できる。）
- ・以上のように、送気倍率操作やD0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している。



・硝化促進期間と抑制期間では、汚泥返送率も大きく異なる。硝化促進期間では、嫌気槽に返送される硝化量を多くして脱窒量を高め、T-Nをより多く削減できるように務めている。
 ※1槽目の嫌気槽は、バルキング抑制目的で設置している。



・H30年度は、好気槽容量(※)を、通常期のその概ね半分程度の条件にて運転した。

※好気槽容量は、全槽容量に反応槽の稼働率、曝気範囲(手動)を乗じて算出している。

《事例 6》

福岡県福岡市公共下水道事業
西部水処理センター

■ 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	全体	嫌気無酸素好気法 +砂ろ過+MAP法
水処理方法（現状）	1-1系～3-1-1系	嫌気好気活性汚泥法			事業計画	全体	嫌気好気活性汚泥法 嫌気無酸素好気法
	3-1-2系	嫌気無酸素好気法					
計画処理面積（ha）	全体計画：	5,165		計画処理人口（人）	全体計画：	448,900	
	事業計画：	4,900				事業計画：	515,000
計画汚水量（m ³ /日） （晴天時日最大）	全体計画：	—		放流先	博多湾		
	事業計画：	296,800			消毒方式	塩素消毒	
現有能力（m ³ /日）	処理場全体	184,300		消化タンクの稼働	稼働		
処理実績（m ³ /日） （晴天時日平均）	処理場全体	102,497		增加運転開始年度	平成25年度		
供用開始年月	昭和55年12月			計画放流水質 （下水道法施行令）	計画処理水質 （流総）	総量規制基準 C値	
	項目	1-1系～3-1-1系	3-1-2系				
基準値 （mg/L）	BOD	15	15	—	—		
	COD	—	—	8	—		
	全窒素	—	20	9	—		
	全りん	3	3	0.4	—		
連絡先	福岡市道路下水道局 下水道施設部 西部水処理センター						
	TEL:	092-882-1161	FAX:	092-882-9163	email:	seibu-shori.RSB@city.fukuoka.lg.jp	

※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
●			1-1系～3-1-2系	H25.4～			

■ 導入に至る背景
放流口付近の海域ではノリ養殖が行われており、養殖に必要なりん濃度が低い傾向であるため、漁業関係者からノリの養殖期により多くのりんを含む処理水を排出してほしいとの要望があり、平成25年度から試運転をはじめている。平成28年には、「博多湾環境保全計画（第二次）」において季節別運転が位置づけられた。

■ 導入時の検討

○検討・試験内容

これまで公共用水域の水質保全是、有機汚濁や栄養塩の負荷量削減により、水質環境基準の達成を図ることが重要と考えられてきた。しかし、生物多様性の保全や持続可能な水産活動が育める豊かな海にとっては、栄養塩も生物の生息・生育にとって欠かせないものであり、特に沿岸域は陸域から供給される豊富な栄養により、多くの生物の生息・生育場となっており、漁業などの産業にとって重要な要件となっている。

博多湾においては、冬季にノリの生育に必要なリン濃度が不足していることから、ノリの養殖場に近い西部水処理センターにおいて、リンの放流水質の季節別管理運転の試運転を行っている。

○施設の改造

施設更新時に嫌気槽への送気装置を設置している。

■ 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： 10月～3月 ・ 回復期間： 3月

○目標水質

全りんの目標水質は、嫌気好気法導入の際の施設整備計画上の目標水質（年間平均値）としている。同目標水質と夏期の全りん削減実績を基に、冬期（ノリの養殖期）の目標値を決定する。

	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	—	—	—	0.5	年間平均値として
	全体	—	—	—	0.23	H30年度の例として
増加運転期	全体	—	—	—	0.5	年間平均値として
	全体	—	—	—	0.77	H30年度の例として

○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
1-1系～3-1-1系	りん除去抑制	送気量抑制、嫌気槽削減、汚泥返送率増加
3-1-2系	りん除去抑制	凝集剤削減
採用理由	既存施設での実施が可能なため	

【水処理施設の運用】

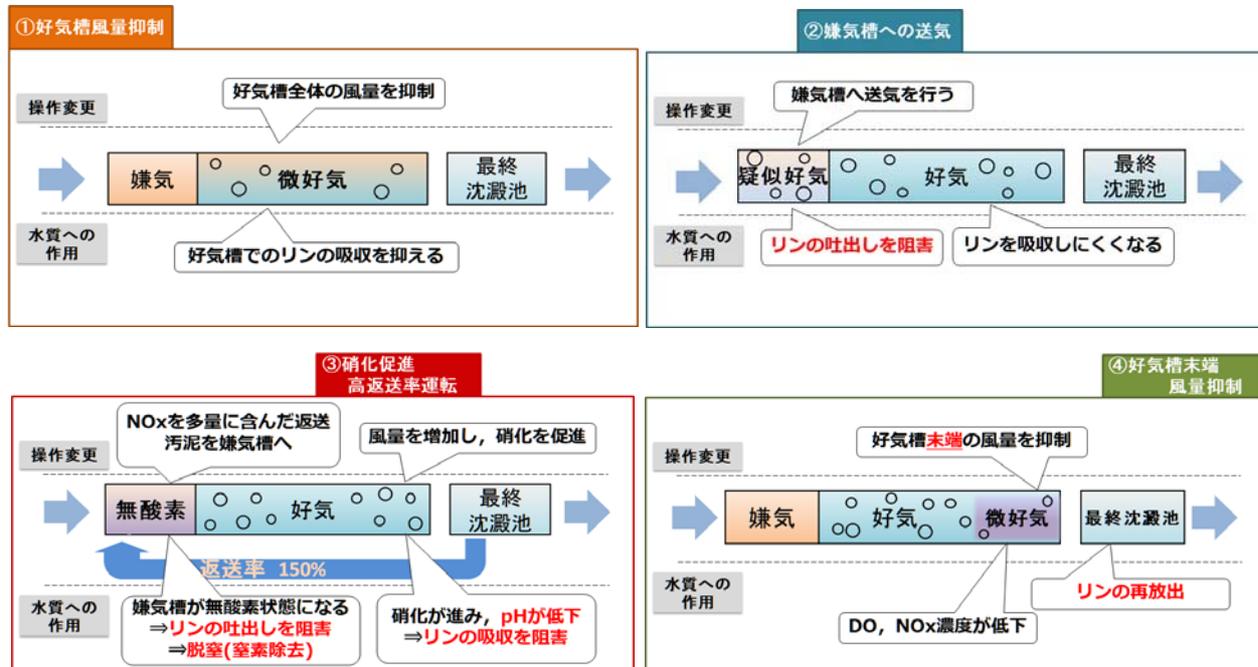
運転期	系列	
	1-1～3-1-1系（22池）	3-1-2系（2池）
通常運転期	▼A000	▼A△A' 00+PAC
増加運転期	▼A000 ▼0000 ▼a' 000	▼A△A' 00+PAC減

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 △：硝化液循環

【試運転について】

栄養塩増加運転期間の放流水T-P目標値に収束するように送風量を調整するが、①好気槽風量抑制、②嫌気槽への送気、③硝化促進高返送率運転、④好気槽末端風量抑制について、排出可能なりん濃度や安定性、移行に要する期間、活性汚泥の凝集性、沈降性への影響、コスト等について試運転中である。

(参考) 試運転中のりん除去抑制方式例 (H25～30年度)



出典：福岡市西部水処理センターにおける季節別管理（リン）について
適切な能動的運転管理の実施に向けたナレッジ共有会議 令和元年12月19日

○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・苦慮している点

系列毎に施設構造が異なるため、施設毎に最適な制御方法が異なる可能性があることや、生物学的りん除去が、降雨による流入水の性状変動の影響を受けやすいことから、放流水T-P濃度に基づく人為的なフィードバック制御を実施している。

■ 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

季節別運転による栄養塩類の到達範囲については、試運転中で運転が安定していないため、確認を行っていない。

吐口付近の環境を下水道部局の職員が直接確認しているが、変化や苦情はない。

○栄養塩増加運転によるコスト削減状況

詳細なデータはないが、夏季のリン削減や栄養塩増加運転の嫌気槽への送気に計画以上の電力量が必要となる懸念がある。

■ 導入後の関係者との調整・協議・報告

運転実施時期、目標とする放流水質、放流水質結果について、漁協及び福岡県水産海洋技術センターと協議している。また、博多湾環境保全全体に関する事項について、市の環境関連部局と定期的に会議を行っている。

■ 運転実績（平成30年度）

○ 運転実績

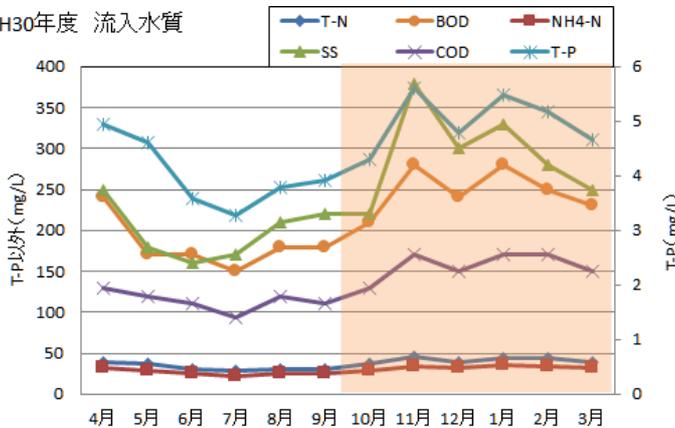
【系列名】 全体

		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	37	20		4.5	0.5	
	通常運転期①	33	18	56	4.0	0.2	6
	増加運転期②	42	22	52	5.0	0.8	16
特徴	差（①－②）		3.2	-4		0.5	10
最大値	年間	46	24		5.6	1.0	
	通常運転期	40	24.1		5.0	0.3	
	増加運転期	46	24.1		5.6	1.0	

※1： 排出率=処理水質/流入水質×100

■ 流入水質

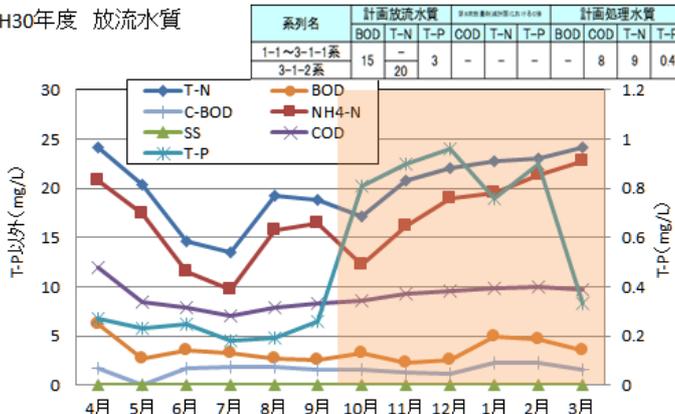
H30年度 流入水質



・平成30年度の流入水T-Pは、4～9月平均：4.0mg/L、10～3月平均：5.0mg/Lと栄養塩増加運転期間の方が高いが、一部合流式のため、多雨期には降雨の影響を受けやすく、他の水質項目も同様の傾向を示している。

■ 放流水質

H30年度 放流水質

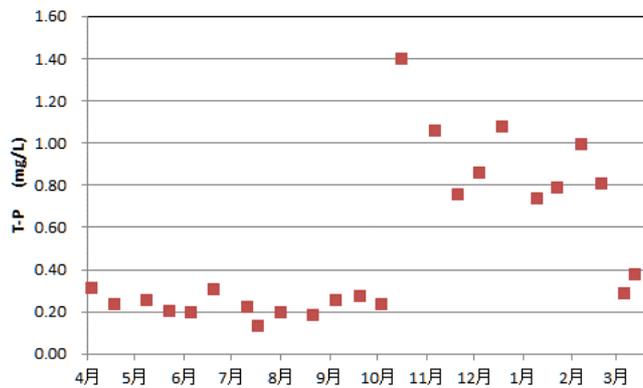


・平成30年度の4～9月のT-P濃度の平均は0.23mg/Lであったため、栄養塩増加運転期間（10～3月）のT-P濃度目標値を0.77mg/Lと設定し、目標値どおりに排出することができた。

・近年では栄養塩増加運転期間にもまとまった降雨が発生し、放流水質に影響を及ぼすケースがある。

■ 運転管理指標項目

平成30年度 放流水質



- ・平成30年度は、試運転中のりん除去抑制方式例のうち、①好気槽風量抑制と②嫌気槽への送気を行った。各々の試運転期間は系列毎に異なるが、主に総合放流水質（T-P）で管理した。
- ・全りん濃度の変動を確認し、風量調整を行うが、日単位の放流水質はばらつきが大きい。
- ・また、雨の影響に加えて系列によって施設構造が異なるため、施設毎に送気条件と処理水T-Pの関係特性を把握することが必要となっている。