

栄養塩類の能動的運転管理の 効果的な実施に向けたガイドライン(案)

国土交通省 水管理・国土保全局
下水道部
令和5年2月

1. 総則

- 1.1 ガイドラインの目的
- 1.2 ガイドラインの構成
- 1.3 語句の説明

2. 能動的運転管理の概説

- 2.1 目的
- 2.2 背景
- 2.3 水質環境基準と閉鎖性海域の水質汚濁
- 2.4 効果
- 2.5 流域別下水道整備総合計画等との関連性
- 2.6 実施状況
- 2.7 栄養塩類増加手法の概要
- 2.8 関係機関等との調整・連絡体制等
- 2.9 検討フロー

3. 基本事項の確認

- 3.1 法令・関連計画等の確認
- 3.2 放流先の状況の確認
- 3.3 水処理・汚泥処理に関する現状の確認
- 3.4 水処理・汚泥処理施設・設備の操作指標等の確認
- 3.5 水処理・汚泥処理施設・設備の確認

4. 試運転案の作成

- 4.1 栄養塩類増加手法の種類と特徴
 - 4.1.1 窒素除去を抑制する運転の特徴
 - 4.1.2 リン除去を抑制する運転の特徴
- 4.2 栄養塩類増加手法の選定
- 4.3 排出目標値の設定

5. 運転ルールの検討

- 5.1 年間の運転サイクルの設定
- 5.2 移行期及び回復期の作業内容
- 5.3 放流水質管理値の設定
- 5.4 運転指標管理値の設定
 - 5.4.1 運転指標項目の確認
 - 5.4.2 運転指標管理値の設定
- 5.5 水質悪化時の対応方針の検討
- 5.6 運転中止条件の設定

6. 能動的運転管理の試行

7. 栄養塩類増加状況の確認と効果の検証

- 7.1 処理水質の評価
- 7.2 放流先のモニタリング

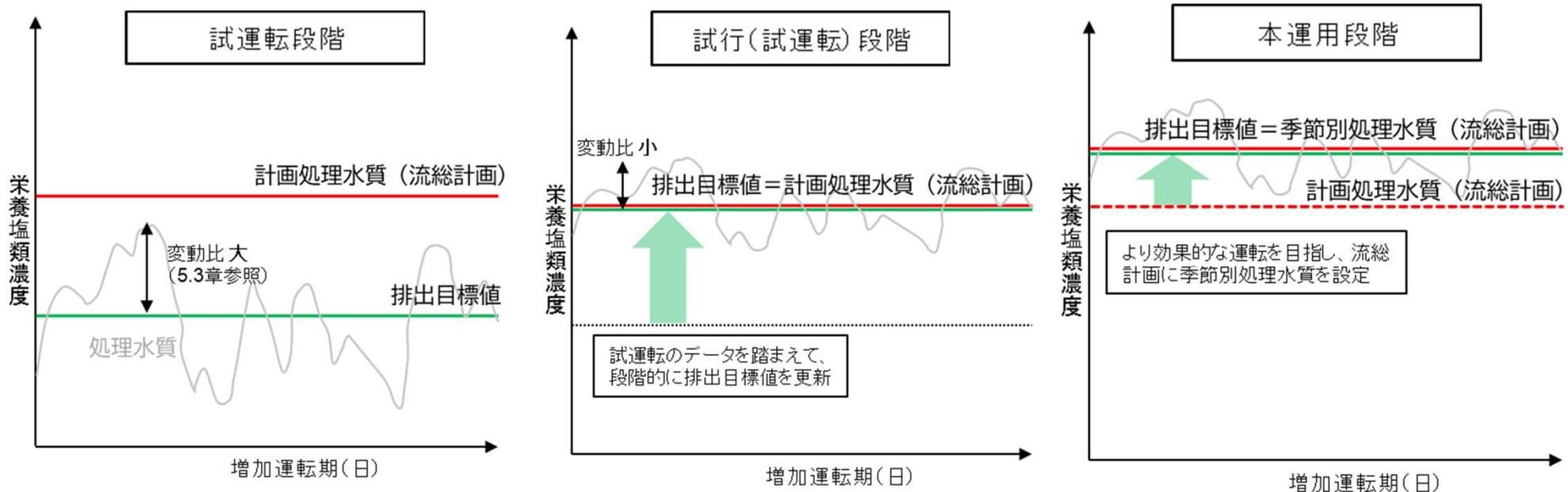
8. 流総計画への位置づけ

処理場への流入水質や選定した栄養塩類増加手法等を踏まえ、協議会等との調整の上、法令に定められた放流水質基準の遵守及び水質環境基準の達成・維持が可能な範囲内において、栄養塩類の排出目標値を設定することが望ましい。

- 排出目標値(本ガイドラインでの設定例): 増加運転期の放流水中の栄養塩類濃度の目標値(増加運転期の日間平均の期間平均値)
- 栄養塩類増加運転は、通常運転と比較して、BODなどの法令に定められた放流水質基準を遵守するための運転管理が難しくなる。(処理水質が不安定になりやすい・放流先の海域の水質に影響する可能性がある。)

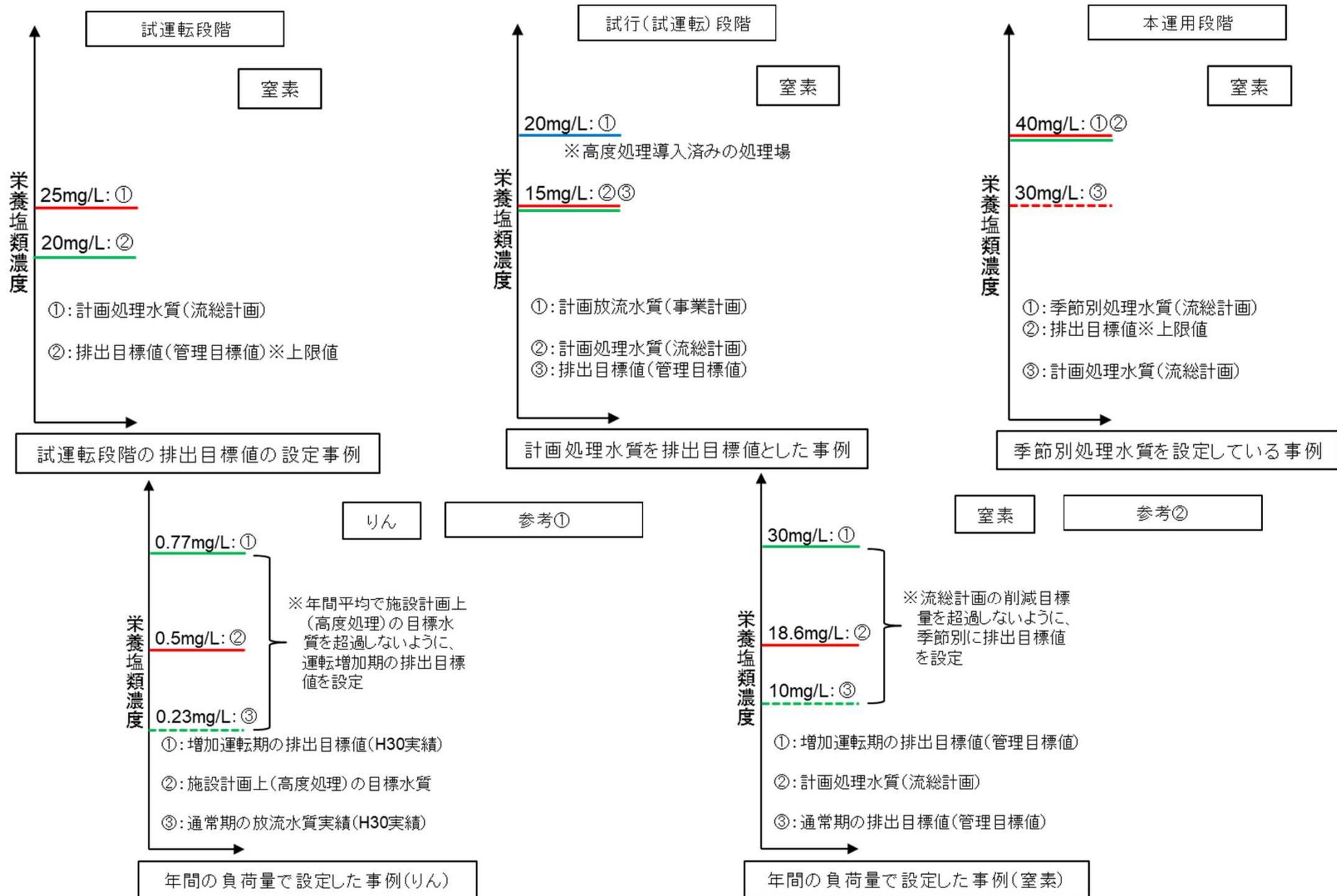
○排出目標値の設定

- 排出目標値の設定にあたっては、法令に定められた放流水質基準を遵守し、水質環境基準の達成・維持が可能な範囲内において設定 → 流総計画や事業計画等の下水道計画と整合を図ることが望ましい。
- 運転データの蓄積状況や運転管理の熟度を踏まえ、試運転・試行・本運用の各段階に応じて、段階的に設定。
- 栄養塩類増加運転系列とバックアップ系列の水量・水質を考慮するとともに、これまでの処理場への流入水質や放流水質の栄養塩類濃度のポテンシャルを勘案して設定



【排出目標値の段階的な設定イメージ】

- 排出目標値の設定事例: ①栄養塩類濃度の上限値、②年間の総負荷量として設定している例など、事例は様々
- 本ガイドラインの設定例: 流総計画の計画処理水質と整合を図るため、増加運転期の日間平均の期間平均値を設定



〈委員意見〉 年間平均で達成する窒素リンの環境基準の意義が今問われている。今後、底層DOの環境基準の達成の視点から、夏季の窒素、リンの環境基準設定等が求められる。下水道法の規定が、能動的運転管理の水質基準値(上限値)となる可能性もあることから、今後、柔軟な運用への見直しが必要ではないか。

○流総計画

: 季節別処理水質を定めることができると規定(日間平均の期間平均値)

→ 水質環境基準の達成を年間の汚濁負荷量で評価するもの

※水質環境基準の達成・維持、地先の周辺水質等へ大きな影響が想定されないことを前提

○下水道法施行令

: 下水道管理者が放流先の状況等を考慮して計画放流水質を自ら定め(事業計画)、当該計画放流水質の区分に応じた処理方法を選択するとともに、計画放流水質を放流水質基準として適用する

→ 日間平均値の年間を通じての最大値が計画放流水質を超えないこと

〈今後の検討課題〉※本検討会における課題提示

下水道法の規定により、能動的運転管理の柔軟な運用ができない可能性も想定されることから、今後、下水道法における放流水質基準の考え方について、引き続き、法体系も含めた検討が必要

〈参考〉 計画放流水質について

政令第五条の五（処理施設の構造の技術上の基準）

処理施設（これを補完する施設を含み、終末処理場であるものに限る。以下この条において同じ。）の構造の技術上の基準は、次のとおりとする。

- 一 水処理施設（汚泥以外の下水を処理する処理施設をいう。以下同じ。）は、第六条第一項第一号から第三号までに掲げる放流水の水質の技術上の基準に適合するよう下水を処理する性能を有する構造とすること。
 - 二 前号に定めるもののほか、水処理施設は、次の表に掲げる計画放流水質の区分に応じて、それぞれ同表に掲げる方法（当該方法と同程度以上に下水を処理することができる方を含む。）により下水を処理する構造とすること。
- 2 前項第二号の「計画放流水質」とは、放流水が適合すべき生物化学的酸素要求量、窒素含有量又は燐含有量に係る水質であつて、下水の放流先の河川その他の公共の水域又は海域の状況等を考慮して、国土交通省令で定めるところにより、公共下水道管理者又は流域下水道管理者が定めるものをいう。

省令第四条の二（計画放流水質）

- 一 放流水の水量及び下水の放流先の河川その他の公共の水域又は海域の水量又は水質を勘案し、放流が許容される生物化学的酸素要求量、窒素含有量又は燐含有量を科学的方法を用いて算出した数値（次の表の上欄に掲げる項目について算出した数値が、同表の下欄に掲げる数値を超える場合にあっては、同欄に掲げる数値）を計画放流水質として定めること。
【BOD：15mg/L 窒素：20mg/L、燐：3mg/L】
- 二 当該地域に関し流域別下水道整備総合計画が定められている場合においては、これと整合性のとれたものであること。

下水道法施行令の一部を改正する政令等の施行について（H16.3.29 国都下企第74号）

- ・ 「適合」とは、放流水の水質の日間平均値の年間を通じての最大値が計画放流水質を超えないことである。
- ・ 計画放流水質は、生物化学的酸素要求量については必ず定める必要があるが、窒素含有量及び燐含有量については下水の放流先の状況等を考慮して必要に応じ定めることとした。

〈参考〉 計画放流水質について

(処理施設の構造の技術上の基準) 下水道法施行令第5条の5 2

計画放流水質			方法	
生物化学的酸素要求量 (単位 mg/L)	窒素含有量 (単位 mg/L)	りん含有量 (単位 mg/L)		
一〇以下	一〇以下	〇・五以下	循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）又は嫌気無酸素好気法（有機物及び凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速濾ろ過法を併用する方法	
		〇・五を超え一以下	循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）、嫌気無酸素好気法（有機物及び凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速濾ろ過法を併用する方法又は循環式硝化脱窒法（有機物及び凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速濾ろ過法を併用する方法	
		一を超え三以下	循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）、嫌気無酸素好気法（有機物を添加して処理するものに限る。）に急速濾ろ過法を併用する方法又は循環式硝化脱窒法（有機物及び凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速濾ろ過法を併用する方法	
			循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法、嫌気無酸素好気法（有機物を添加して処理するものに限る。）に急速濾ろ過法を併用する方法又は循環式硝化脱窒法（有機物を添加して処理するものに限る。）に急速濾ろ過法を併用する方法	
	一〇を超え二〇以下	一以下	嫌気無酸素好気法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速濾ろ過法を併用する方法又は循環式硝化脱窒法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速濾ろ過法を併用する方法	
		一を超え三以下	嫌気無酸素好気法に急速濾ろ過法を併用する方法又は循環式硝化脱窒法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速濾ろ過法を併用する方法	
			嫌気無酸素好気法に急速濾ろ過法を併用する方法又は循環式硝化脱窒法に急速濾ろ過法を併用する方法	
	一〇を超え一五以下	二〇以下	一以下	嫌気無酸素好気法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速濾ろ過法を併用する方法又は嫌気好気活性汚泥法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速濾ろ過法を併用する方法
			一を超え三以下	嫌気無酸素好気法に急速濾ろ過法を併用する方法又は嫌気好気活性汚泥法に急速濾ろ過法を併用する方法
				標準活性汚泥法に急速濾ろ過法を併用する方法
一〇を超え一五以下	二〇以下	三以下	嫌気無酸素好気法又は循環式硝化脱窒法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）	
			嫌気無酸素好気法又は循環式硝化脱窒法	
		三以下	嫌気無酸素好気法又は嫌気好気活性汚泥法	
			標準活性汚泥法	

下水道管理者は、法令等に定められた水質基準値を遵守しつつ、安定した運転を実施するために、各放流水質項目に対して、変動比を考慮した放流水質管理値を設定することが望ましい。また、放流水質管理値は、栄養塩類増加運転系列とバックアップ系列の水量・水質を勘案して設定することとし、試運転の結果を踏まえて、実施可能な放流水質管理値を適宜更新する。

- 放流水質管理値の設定事例: ①放流水質の上限值、②日間平均値として設定している例など、事例は様々
- 本ガイドラインの**設定例**: 処理レベル低下による放流水質の変動比を考慮した放流水質管理値(増加運転期の日間平均の期間平均値)

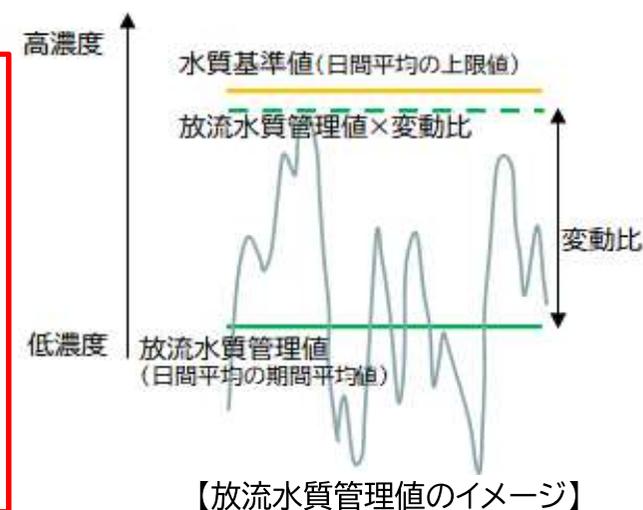
○放流水質管理値の設定方法

➤ 原則、変動比は、増加運転の実績や一部系列での試運転結果など、当該下水処理場における実績データを整理して求める。

・変動比(α): 増加運転期の日間平均の最大値(実績) \times 増加運転期の日間平均の期間平均値(実績)

・水質基準値 > 変動比(α) \times 放流水質管理値 \rightarrow 水質基準値を下回るように放流水質管理値を設定

※本ガイドラインでは最大値を使用した例としているが、水質の測定頻度を高く設定できる場合は、データの信頼区間を考慮して統計値を推定することも推奨。



➤ (参考)設備の条件等により一部の系列での試運転データが取得できない場合

\rightarrow 日間平均の期間平均値の実績データを整理し、以下の方法で放流水質管理値を設定

・増加運転期の日間平均の期間平均値(推定) = 通常期の日間平均の期間平均値(実績) \times 期間平均値比(β : 導入済処理場の**参考値**)

・期間平均値比(β) = 増加運転期平均値/通常期平均値

・水質基準値 > 増加運転期の日間平均の期間平均値(推定) \times 変動比(α : 導入済処理場の**参考値**)

\rightarrow 水質基準値を下回ることを確認したうえで、増加運転期の日間平均の期間平均値(推定) = 放流水質管理値 に設定

【期間平均値比(β)の実績範囲 (参考)】

水質項目		n	BOD	COD	SS	T-N	T-P
標準法	硝化抑制	30	1.25 (0.64~4.75)	1.16 (0.87~1.78)	1.17 (0.46~2.64)	1.31 (0.92~3.77)	1.01 (0.35~1.81)
標準法以外	硝化抑制	23	1.18 (0.54~5.23)	1.15 (0.37~2.02)	1.36 (0.24~3.92)	1.83 (0.86~7.14)	0.63 (0.16~2.55)
	脱窒抑制	4	-	-	-	-	-
	凝集剤添加率削減	9	-	-	-	-	1.06 (0.39~2.75)
	生物学的りん除去抑制	2	-	-	-	-	-

【変動比(α)の実績範囲 (参考)】

水質項目		n	BOD	COD	SS	T-N	T-P
標準法	硝化抑制	30	1.91 (1.25~3.37)	1.21 (1.04~1.71)	1.77 (1.18~2.93)	1.24 (1.06~1.48)	1.88 (1.21~4.50)
標準法以外	硝化抑制	23	1.85 (1.29~2.56)	1.36 (1.02~2.23)	1.86 (1.11~3.49)	1.54 (1.18~2.25)	1.81 (1.14~2.91)
	脱窒抑制	4	-	-	-	-	-
	凝集剤添加率削減	9	-	-	-	-	1.92 (1.18~5.16)
	生物学的りん除去抑制	2	-	-	-	-	-

(参考) 硝化抑制運転による大腸菌群数の増加事例

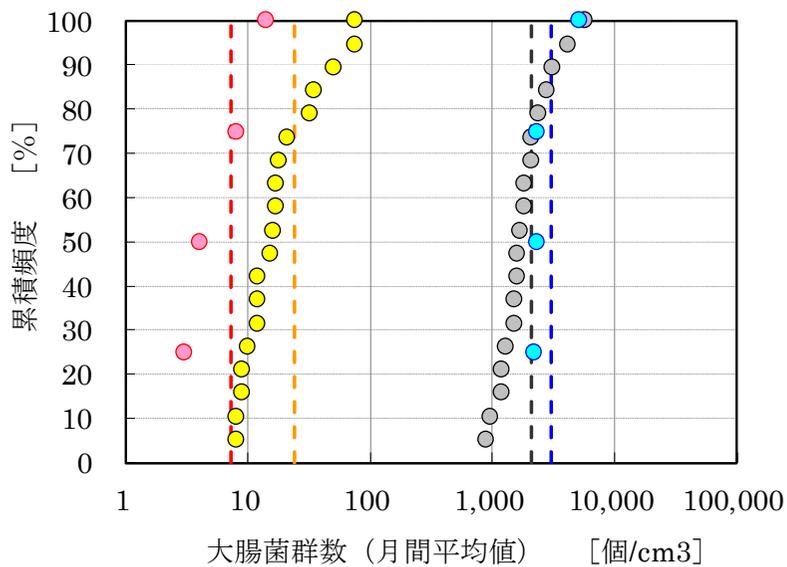
- ・大腸菌群数は、反応槽における生物処理、最終沈殿池における固液分離により変動
- ・消毒効果に影響を与えるアンモニア濃度が変化

→ 通常運転のデータに加え、塩素注入量のために実験を行うなど、消毒方法の検討する

●大腸菌群数 (月間平均値) 硝化抑制 □ 塩素消毒

	最終沈殿池流出水		放流水		単位
	通常期	増加運転期	通常期	増加運転期	
データ数:n	19	4	19	4	個
①平均値:μ	2,076	3,000	24	7	個/cm ³
②最大値	5,700	5,200	75	14	個/cm ³
③最小値	890	2,200	8	3	個/cm ³
変動比	2.75	1.73	3.17	1.93	- (②/①)

○ 終沈流出水 (通常期) ● 終沈流出水 (増加運転期)
 ● 放流水 (通常期) ● 放流水 (増加運転期)

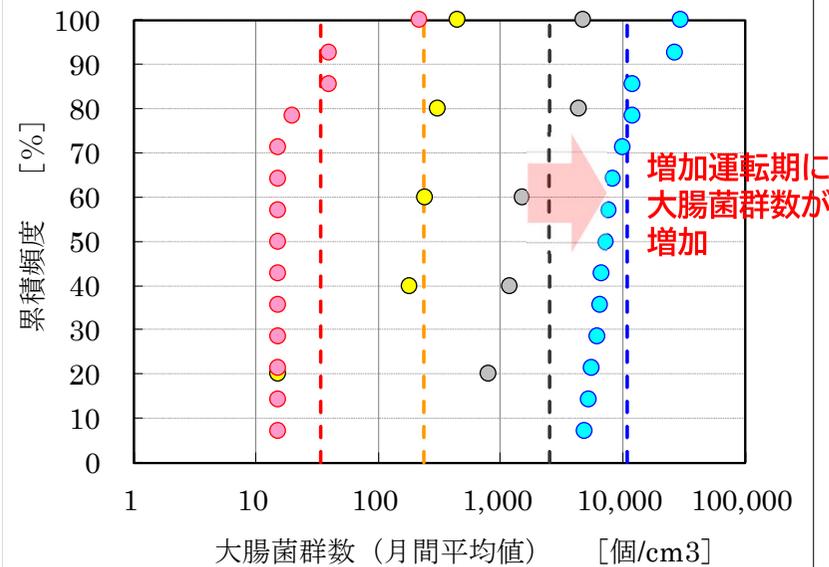


※破線は「μ」 「増加」：増加運転期

●大腸菌群数 (月間平均値) 硝化抑制 □ 塩素消毒

	最終沈殿池流出水		放流水		単位
	通常期	増加運転期	通常期	増加運転期	
データ数:n	5	14	5	14	個
①平均値:μ	2,542	10,700	237	34	個/cm ³
②最大値	4,800	30,000	440	220	個/cm ³
③最小値	810	4,900	15	15	個/cm ³
変動比	1.89	2.80	1.86	6.55	- (②/①)

○ 終沈流出水 (通常期) ● 終沈流出水 (増加運転期)
 ● 放流水 (通常期) ● 放流水 (増加運転期)



※破線は「μ」 「増加」：増加運転期

増加運転期に
大腸菌群数が
増加

5.5 水質悪化時の対応方針の検討

能動的運転管理の実施にあたっては、処理水質が悪化した場合の対応方針・中止条件を検討する。また、処理水質が悪化した場合に備え、通常運転系列をバックアップ系列として確保することが望ましい。

【バックアップ系列の確保】

- 栄養塩類増加運転から通常運転へ移行する際、回復期に硝化促進への切替を円滑に行う場合
 - **バックアップ系列で硝化細菌を確保**し、硝化細菌が豊富な汚泥を栄養塩類増加運転系列に導入する。
- 栄養塩類増加運転系列の処理水が一時的に水質基準値を超える恐れがある場合
 - **バックアップ系列の処理水の混合により希釈**し、下水処理場全体の放流水質として管理値を超過させない。
 - 非常時に栄養塩類増加運転を中止する場合にバックアップ系列での処理水量を増やすなど、増加運転系列の負荷を抑制する。

目的・対象	ケース番号	【栄養塩類増加手法】(処理方法)		増加運転期施設運転規模				備考	
		①	②	運転系列数		運転池数			
		増加運転系列	バックアップ系列	①	②	①	②		
1. 回復期の期間短縮 (硝化細菌の確保)	余剰汚泥 の移送	1-①	【硝化抑制】(標準法)	【脱窒抑制】(標準法)	4	1	11	5	※1
		1-②	【硝化抑制】(標準法)	【脱窒抑制】(標準法)	1	1	6	6	
		1-③	【硝化抑制】(標準法 ※2)	硝化促進 (標準法 ※2)	2	1	6	1	
		1-④	【硝化抑制】(標準法)	【硝化抑制】(弱) (標準法)	1	1	2	1	
2. 法令水質基準の遵守	T-N	2-①	【脱窒抑制】(標準法)	増加させていない(標準法)	1	1	6	8	
			【硝化抑制】(標準法)	【※4】(高度処理法 ※5)	1	1	6	4	
	BOD	2-②	【硝化抑制】(標準法)	【硝化抑制】(弱) (標準法)	1	1	2	2	
	COD	2-③	【硝化抑制】(標準法)	硝化促進 (標準法)	2	2	4	3	
3. 試運転	データ蓄積	3-①	【脱窒抑制】(高度処理法 ※3)	増加させていない(標準法)	1	1	3	2	
		3-②	【硝化抑制】(標準法)	増加させていない(標準法)	1	7	2	13	
		3-③	【硝化抑制】(標準法)	増加させていない(標準法)	1	1	2	2	
		3-④	【硝化抑制】(標準法)	増加させていない(標準法)	2	2	2	2	
		3-⑤	【硝化抑制】(標準法)	増加させていない(標準法)	1	1	1	3	
4. その他	臭気・外観	4-①	【硝化抑制】(OD法)	【硝化抑制】(弱) (OD法)	1	1	3	1	

※1：運転池数は、過年度の傾向分析等に基づき、準備期に計画を策定

※4：凝集剤添加率削減によるりん除去抑制(りん増加目的)

※2：①、②の一部の池に有機物処理能力向上目的の担体添加(栄養塩類増加運転導入前から)

※5：ステップ流入式多段硝化脱窒法+凝集剤添加

※3：嫌気無酸素好気法+砂ろ過

(弱)：①に対して硝化の抑制強度を低めたものであり、設定DO値や送気時間、好気槽比率などを調整している。