

水環境管理のあり方について（論点1・論点2）

制度の概要

下水道法・環境基本法・水質汚濁防止法（排水基準・総量規制）

- 環境基本法では、人の健康を保護し生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準として、**水質環境基準が定められている**。
- 水質汚濁防止法では、工場や事業所を対象に事業種別毎に**排水基準が定められ**、下水処理場からの放流水に対しても排水基準が適用される。また、**排水基準のみでは水質環境基準の達成が困難な水域では、総量規制基準が定められている**。
- 下水道法においては、**水質環境基準の達成に向けて、流域別下水道整備総合計画を策定**するとともに、各下水道管理者が策定する事業計画において、**放流先の水域の水利用や水環境の目標等を総合的に勘案し、下水道管理者が計画放流水質（BOD、窒素、リン）を定める**こととしている。

下水道法

流域別下水道整備総合計画

水質環境基準が定められた河川・海域について、水質環境基準の達成のために都道府県が定める下水道整備に関するマスタープラン

事業計画

下水道管理者（市町村又は都道府県）が定める、放流水質とそれに応じた施設整備等に関する基本的な事項についての計画

下水道の放流水質基準

BOD、窒素、リン（計画放流水質）：処理場毎に下水道管理者が設定

水素イオン濃度・大腸菌群数・浮遊物質：一律の基準として規定

その他項目：水質汚濁防止法の排水基準を適用することを規定

環境基本法

水質環境基準

環境基本法に基づき健康保護、生活環境保全の上で維持することが望ましい基準を政府が定める

水質汚濁防止法

排水基準

- ・特定施設等に排水基準規制
- ・下水処理場は特定施設に該当

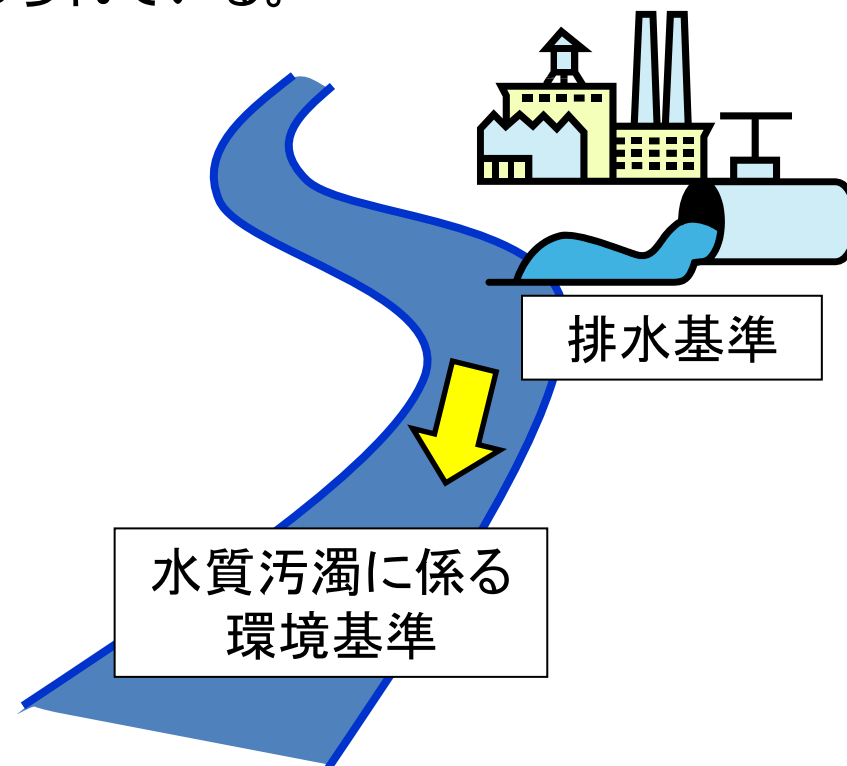
総量規制

- ・人口、産業の集中等により汚濁が著しい広域的な閉鎖性海域の水質汚濁を防止する制度
- ・排水基準のみによっては水質環境基準の達成が困難であると認められる指定水域に適用
 - 指定水域：東京湾、伊勢湾、瀬戸内海
 - 指定項目：COD、窒素、リン

「環境基準」

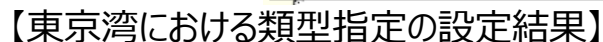
環境基本法により、「人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準」として定められている。

- ・ 「**環境基準**」を達成するために特定施設を有する工場又は事業場（特定事業場）に「**排水基準**」が適用されている、という位置づけ。
- ・ 排水が排出されたあとの河川等での希釈を考慮し、**健康項目（有害物質）の「排水基準」**は「**環境基準**」の概ね10倍の値として設定。
- ・ 技術的に、一律排水基準に直ちに適合させることが難しい業種に対しては、特定の排水基準項目について期限を定めて「**暫定排水基準**」が適用。



「下水道終末処理施設」は特定施設に該当するため、排水基準が適用される

- 令和3年12月に琵琶湖及び東京湾において、水質環境基準である底層溶存酸素量に係る水域類型が初めて指定され、指定水域が拡大されてきている。
- また、令和4年4月に大腸菌群数を生活環境項目環境基準の項目から削除し、新たに大腸菌数を追加された。
- このため、これらの環境基準に関する新たな動向に注視し、下水道管理者の対応を検討しておく必要がある。



【新たな「大腸菌数」の環境基準（抜粋）】

水域	類型	利用目的の適応性	大腸菌数
河川	AA類型	水道1級、自然環境保全	20CFU/100ml以下 ^{備考1}
	A類型	水道2級、水浴	300CFU/100ml以下
	B類型	水道3級	1,000CFU/100ml以下
	備考1 水道1級を利用目的としている地点(自然環境保全を利用目的としている地点を除く。)については、大腸菌数100CFU/100ml以下とする。		
湖沼	AA類型	水道1級、自然環境保全	20CFU/100ml以下 ^{備考2}
	A類型	水道2、3級、水浴	300CFU/100ml以下 ^{備考3}
	備考2 水道1級を利用目的としている地点(自然環境保全を利用目的としている地点を除く。)については、大腸菌数100CFU/100mL 以下とする。 備考3 水道3級を利用目的としている地点(水浴又は水道2級を利用目的としている地点を除く。)については、大腸菌数1,000CFU/100mL 以下とする。		
海域	A類型	水浴、自然環境保全	300CFU/100ml以下 ^{備考4}
	備考4 自然環境保全を利用目的としている地点については、大腸菌数20CFU/100mL 以下とする。		

4

国の定める一律排水規制（全国一律の最低限の規制）

健康項目（有害物質）
全事業場を対象に適用

生活環境項目
50m³/日以上 1事業場に適用

都道府県において
地域の状況に応じて
規制強化が可能

規制強化の方法

都道府県の**上乘せ規制**

- ・一律排水規制では環境基準の達成ができないなど不十分な場合に、条例により排水基準値を強化するもの
- ・生活環境項目について50m³/日未満の小規模事業場へ適用するもの

令和3年：茨城県 霞ヶ浦の水質改善のため、COD等の排水規制の事業場範囲を拡大
（改正前）排出水量10m³/日以上 1事業場 ⇒ （改正後）全ての特定事業場

都道府県の**横出し規制**

- ・一律排水規制にない項目について排水規制を実施するもの

○ニッケル：福島県、神奈川県、京都府、和歌山県、愛媛県 ○ホルムアルデヒド：群馬県 ○アンチモン：滋賀県
○硫化物：和歌山県 ○全有機炭素（TOC）：香川県 ○イソキサチオン等（ゴルフ場で使用される農薬）：福島県
○水温、色度又は臭気：福島県、神奈川県、滋賀県、和歌山県等



制度の概要

人口・産業が集中する広域的な閉鎖性海域の水質汚濁を防止するため、これら海域における汚濁負荷量を削減する制度。これまで、5年ごとに9次にわたり実施している。

○ 指定項目: COD(化学的酸素要求量)、窒素、りん
(窒素、りんは第5次水質総量削減から指定項目に追加)

○ 指定水域・指定地域: 以下のとおり

○ 総量規制基準: L (汚濁負荷量) = C (汚濁物質濃度) \times Q (届出排水量)

C 値は、業種毎に国が定める範囲(下限～上限)内で、都府県知事が設定

○ 特定事業場は、日別負荷量を総量規制基準以下に管理しなければならない

東京湾

埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県の関係地域

伊勢湾

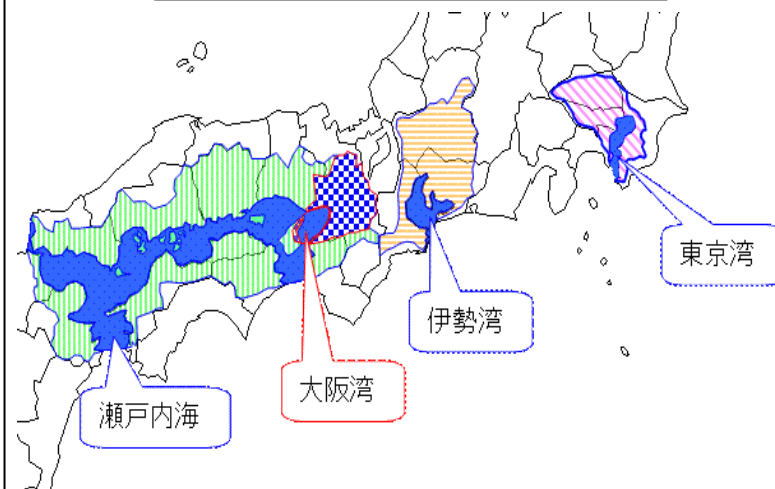
岐阜県、愛知県、三重県の関係地域

瀬戸内海

京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、愛媛県、福岡県、大分県の関係地域

根拠: 水質汚濁防止法

対象海域と対象地域 (20都府県の関係地域)



○公共用水域の水質汚濁は、一般に流域内の複数の自治体から放流する汚水に起因する場合も多く、水域の水質保全を効果的に推進するためには、流域内の各下水道事業を相互に関連付け、流域全体で汚濁負荷量の削減に取り組む必要がある。

○このため、都道府県が主体となり、流域内における下水道の処理区域や根幹的施設の配置、下水道整備事業の実施の順位等を定める流域別下水道整備総合計画を策定し、下水道整備を推進することとしている。

○また、高度処理の一層の推進を図るため、平成17年に下水道法を改正し、窒素又はりんを削減する必要がある水域については、流域別下水道整備総合計画に、処理場からの放流水の窒素又はりんの削減目標量及び削減方法を記載することとしている。



- 一 下水道の整備に関する基本方針
- 二 下水道により下水を排除，処理すべき区域
- 三 下水道の根幹的施設の配置，構造および能力
- 四 下水道の整備事業の実施の順位
- 五 下水道の終末処理場から放流される下水の窒素又は燐の削減目標量及び削減方法（全窒素又は全燐の水質環境基準が定められた水域のみ）

- 計画処理水質は、将来人口の想定年度における**下水道の終末処理場での放流水の年間平均処理水質**をいう。
- 下水道整備とそれ以外の汚濁負荷対策をあわせて実施した場合に、対象水域の将来水質が水質環境基準を達成することができるように定める。
- 計画一日平均流入下水量を決定し、終末処理場からの放流水質を一律に低下させた場合に、流総計画の対象水域に定められたすべての水質環境基準を達成するような水質を、当該流域内の終末処理場の整備目標として決定する。
- 計画処理水質の決定にあたっては、エネルギー効率性の観点から、終末処理場毎のエネルギー消費量を勘案することを原則とする。

計画放流水質について

- 計画放流水質は、放流先別に目標とする放流水質を分けて考える必要がある生物化学的酸素要求量、窒素含有量及びリン含有量について、下水道管理者が自ら定める。
- 放流水質基準として適用されるものであり、最大値（日間平均の年間最大値）により設定される。
- 当該水域に流総計画が定められている場合は整合がとれている必要がある。

■政令における計画放流水質の規定

- ・放流先の状況等を考慮して下水道管理者が自ら設定。
これに応じた適切な処理方法を採用。
- ・放流水質基準に適用。

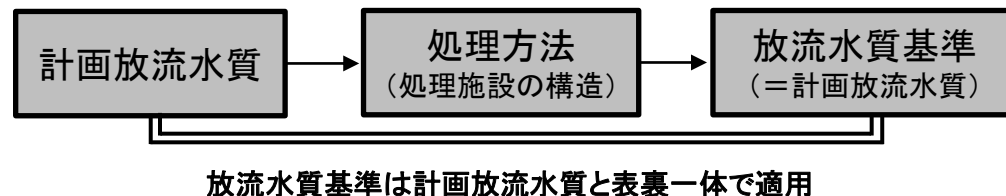
下水道の放流水質基準

BOD、窒素、リン（計画放流水質）：処理場毎に下水道管理者が設定

水素イオン濃度・大腸菌群数・浮遊物質：一律の基準として規定

その他項目：水質汚濁防止法の排水基準を適用することを規定

- ・下水管理者は自ら定めた基準を自ら遵守。



■計画放流水質のポイント

- ・放流先別に目標とする放流水質を分けて考える必要がある水質項目はBOD、T-N、T-Pの3項目。
- ・放流水質基準にも適用されることから、最大値(日間平均の年間最大値)により設定。
- ・水処理施設の構造の前提として事業計画に位置付けられる。

■計画放流水質の定め方のポイント

- ・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、科学的な方法を用いて算出。
ただし、算出した数値が下記の数値を超える場合は、下記の数値を設定。

BOD：15mg/L

窒素：20mg/L

磷：3mg/L

- ・流域別下水道整備総合計画が定められている場合は整合性がとれたものとする。

計画処理水質と計画放流水質(T-N及びT-P)

- 流総計画において設定している全窒素、全りんに関する計画処理水質は、年間を通しての放流水質（年間平均値）が満たすべき数値である。これに対して、**計画放流水質は**、一日たりとも超えてはならない数値（日間平均値が計画放流水質を超えないこととしている）であるため、**流総計画と整合することを科学的に説明する必要がある**。
- 流総計画と整合した計画放流水質の設定について、全国の下水处理場における1年間の放流水質データを処理方式毎に統計的に分析し、基本的な考え方がまとめられている。**

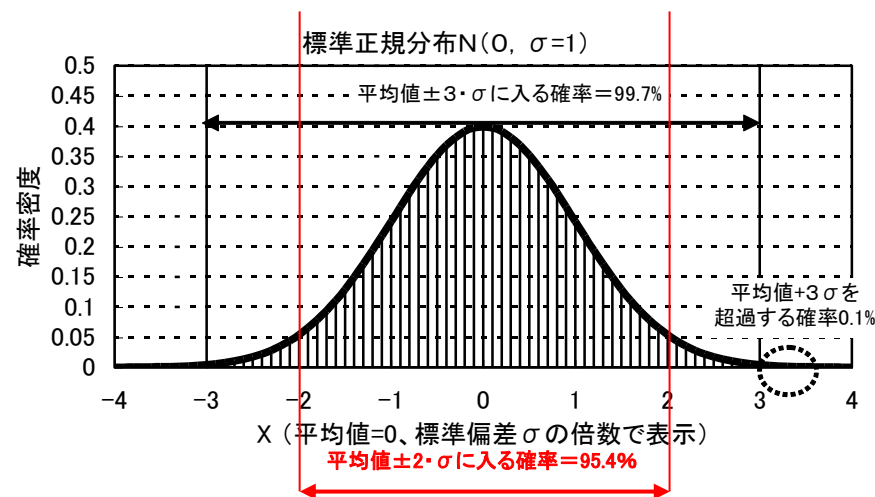
①標準的な手法

[計画放流水質]

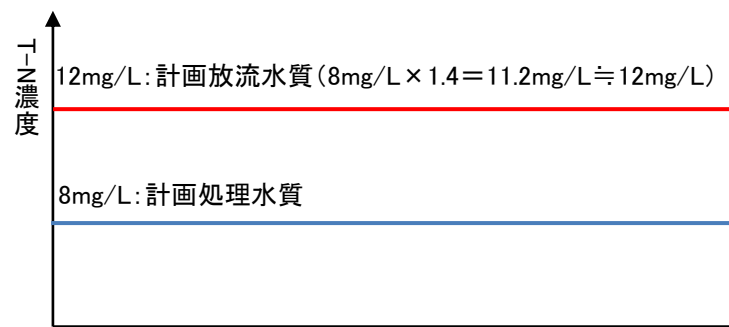
$$= \left[(\mu + 2\sigma / \mu) \times \text{計画処理水質 (流総計画)} \right]$$

※ μ : 平均値、 σ : 標準偏差

※ 正規分布を採用する場合は $\left[(\mu + 3\sigma) / \mu \right]$ としてもよい。

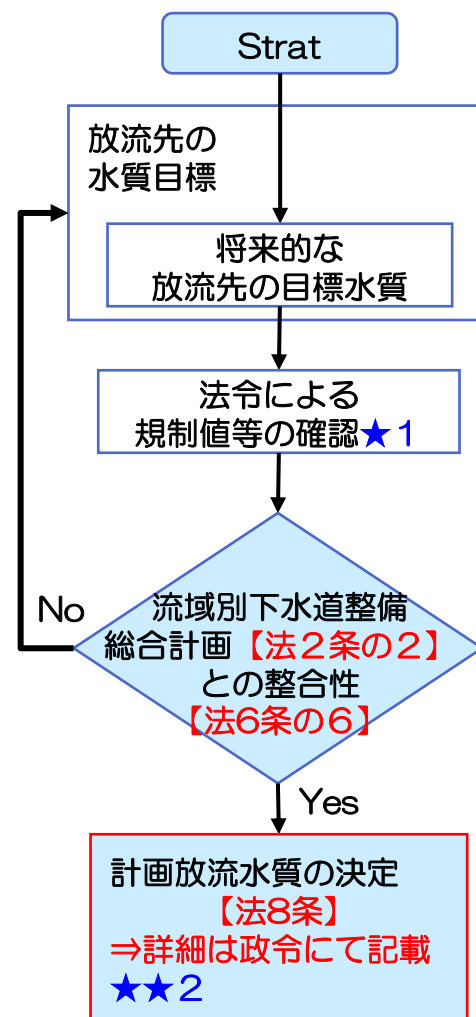


【標準的な方法におけるσの範囲】



【計画処理水質と計画放流水質の関係性（例）】⁹

(参考)放流水質基準の法的位置づけ



★1【下水道法施行規則4条の2】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、窒素含有量又はリン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於ては、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、リン: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。

★★2【政令6条(抜粋)】

法第八条に規定する政令で定める公共下水道又は流域下水道からの放流水の水質の技術上の基準は、雨水の影響の少ない時において、次の各号に掲げる項目について、それぞれ当該各号に定める数値とする。

- 一 水素イオン濃度 水素指数五・八以上八・六以下
- 二 大腸菌群数 一立方センチメートルにつき三千個以下
- 三 浮遊物質量 一リットルにつき四十ミリグラム以下

四 生物化学的酸素要求量、窒素含有量及びリン含有量 第五条の五第二項に規定する計画放流水質に適合する数値

3 水質汚濁防止法(昭和四十五年法律第百三十八号)第三条第一項の規定による環境省令により、又は同条第三項の規定による条例その他の条例により、第一項各号に掲げる項目について同項各号に定める基準より厳しい排水基準が定められ、又は同項各号に掲げる項目以外の項目についても排水基準が定められている放流水については、同項の規定にかかわらず、その排水基準を当該項目に係る水質の基準とする。

【政令5条の5】処理施設の構造の技術上の基準(抜粋)

- 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、窒素含有量又はリン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。

※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、窒素含有量及びリン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。

水質とエネルギーの両立に向けた取組(二軸管理)

- きめ細かな水環境管理の推進にあたって、下水処理場においては、処理水質とエネルギーを勘案した運転管理が重要である。
- 一方、処理水質とエネルギー消費量は、トレードオフの関係にあることから、水質管理目標とエネルギー削減目標をバランス良く設定し、最適な管理を行う必要がある。
- これまで、二軸グラフを活用したPDCAサイクルによる管理手法として、水質とエネルギーの最適管理のためのガイドライン(二軸管理)を公表し、取組を推進してきている。

二軸管理：二軸グラフを活用したPDCA

Check【二軸グラフ】
“見える化”による現況評価

Action
目標・対策の見直し

Plan
目標設定・対策立案

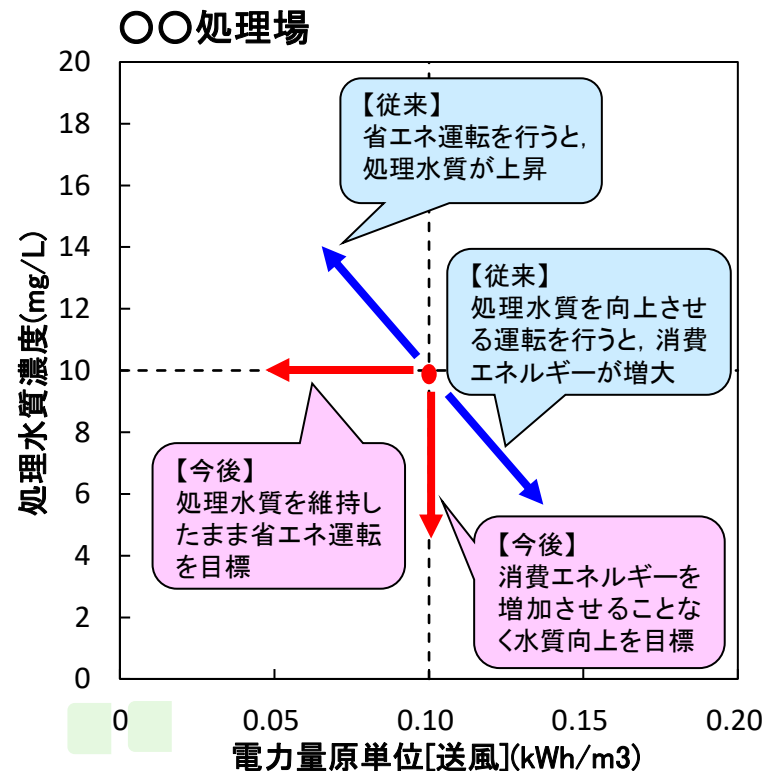
Check【二軸グラフ】
効果確認(月、四半期、年等)

Do
対策の実施

☑水質とエネルギーとのトレードオフ等の関係に留意した目標設定

☑関係者間での連携と最適管理への取り組み

定期的な振り返りにより、各下水処理場の状況に応じた最適な管理



二軸グラフを用いた
処理水質と消費エネルギーの関係

論点 1 : 地域ごとに異なる望ましい水環境の実現に向けた下水道のあり方

①水環境に対する地域ごとの新たなニーズを踏まえた水域の目標設定とその目標に応じた下水道対策の実施

※高度処理の現状と今後の方向性について

※環境基準であるCODの課題等への対応

高度処理による窒素・リンの削減

- **高度処理とは**、下水処理において、**通常の有機物除去を主とした二次処理で得られる処理水質以上の水質を得る目的で行う処理**である。
- **除去対象物質は浮遊物、有機物、栄養塩類（窒素・りん）** 等であり、除去対象物質に応じた処理方法が選定される。

■ 窒素除去法

- ・アンモニア態窒素が、好気状態で硝化菌により硝酸態窒素に硝化（酸化）され、無酸素状態で脱窒菌により脱窒（還元）される生物反応を利用
- ・好気→無酸素槽へ循環させることで窒素除去が可能

■ りん除去法

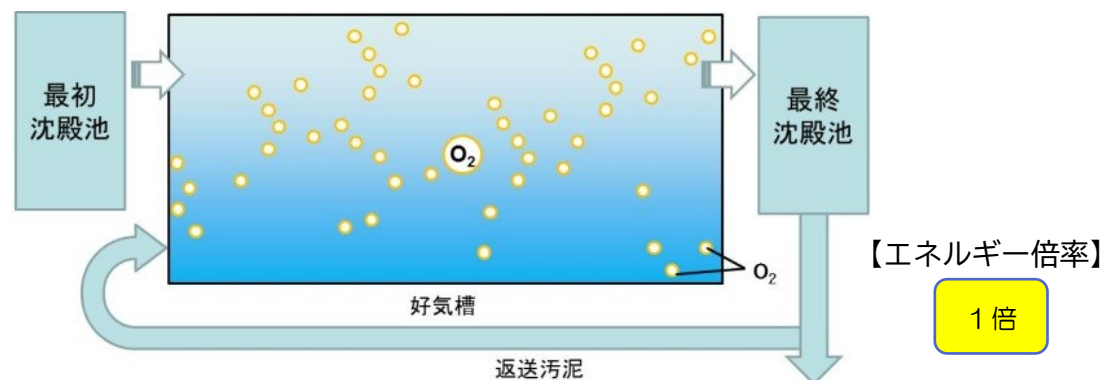
- ・嫌気状態では正りん酸態りんを放出するものの、好気状態で放出した以上に正りん酸態りんを過剰摂取する脱りん菌の生物反応を利用
- ・嫌気→好気槽を通すことでりん除去が可能

■ 窒素・りん同時除去法

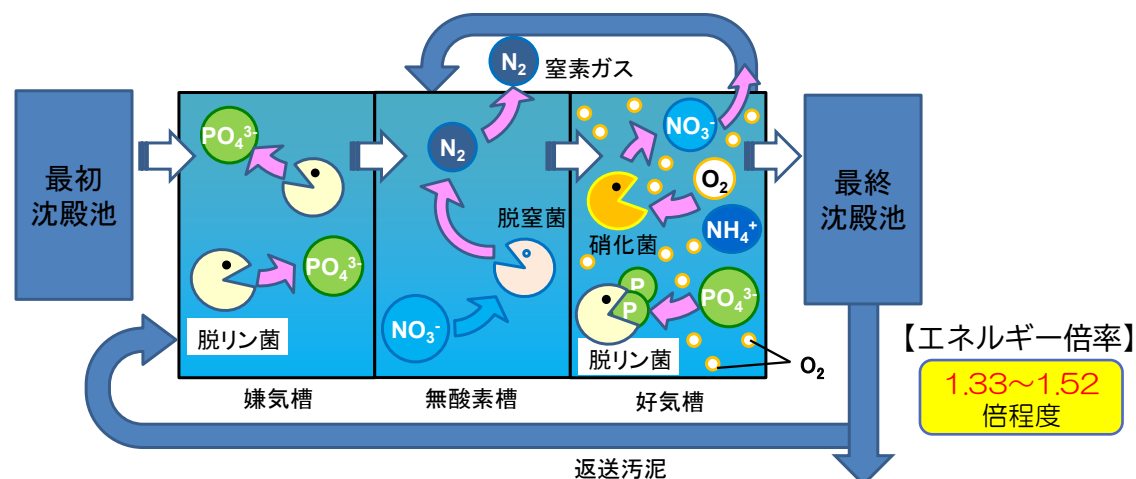
- ・上記プロセスの組み合わせ

■ その他

- ・ろ過法、活性炭吸着法、オゾン酸化法、膜処理 等



■ 有機物除去【標準活性汚泥法】



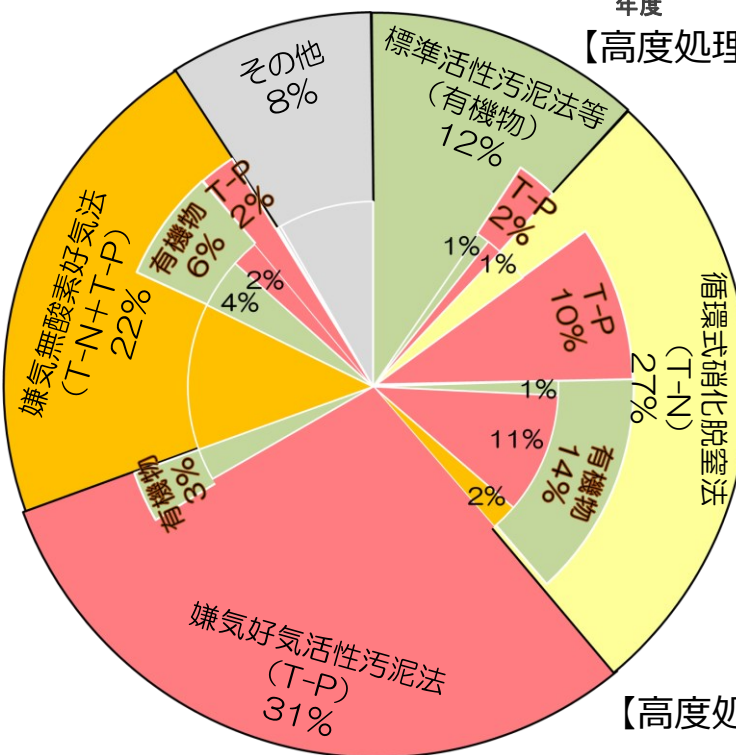
■ 高度処理【嫌気無酸素好気法（A2O法）】

高度処理の実施状況

- 高度処理計画人口（高度処理を実施すべき処理場の区域内人口）は、**全国で約7,400万人（総人口の約59.3%）**であり、これに対する**高度処理実施率は62.0%**（令和4年度末）である。
- 都道府県別の高度処理計画人口は、**三大湾（東京湾、伊勢湾、大阪湾）に係る東京都、大阪府、神奈川県、愛知県、埼玉県、千葉県**で大きくなる（500万人以上）。
- 高度処理施設の内訳は、窒素・りんを除去対象とした処理方式が8割を占めている。



【高度処理実施率の推移】

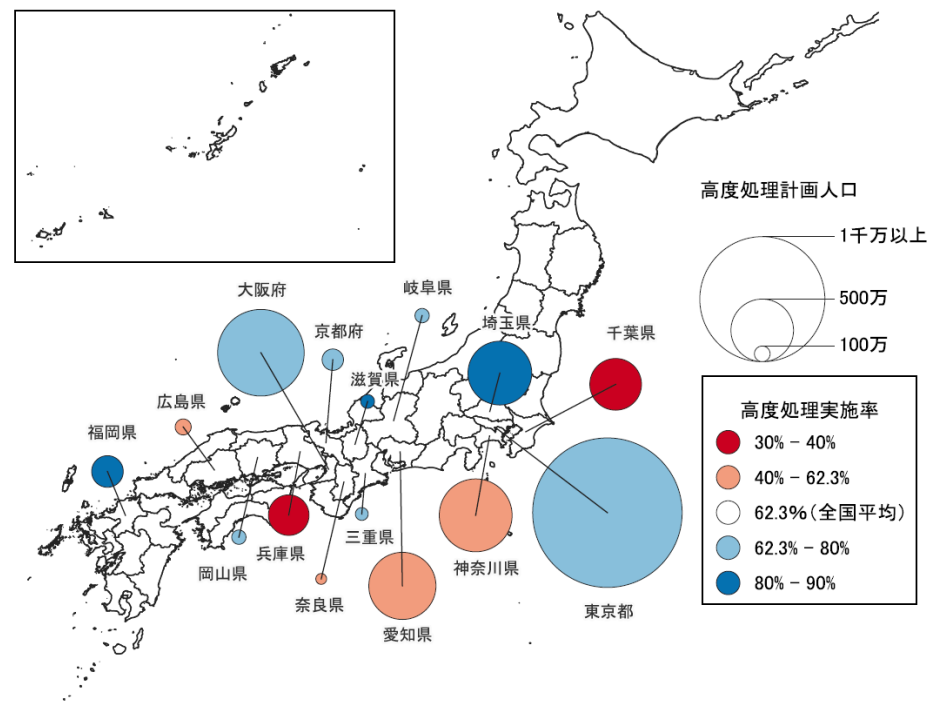


【より高度に除去する方法】

- ：急速ろ過法 (有機物)
- ：有機物添加 (T-N)
- ：凝集剤添加 (T-P)
- ：凝集剤添加、有機物添加 (T-N、T-P)

※その他：循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法等

【高度処理施設の内訳】

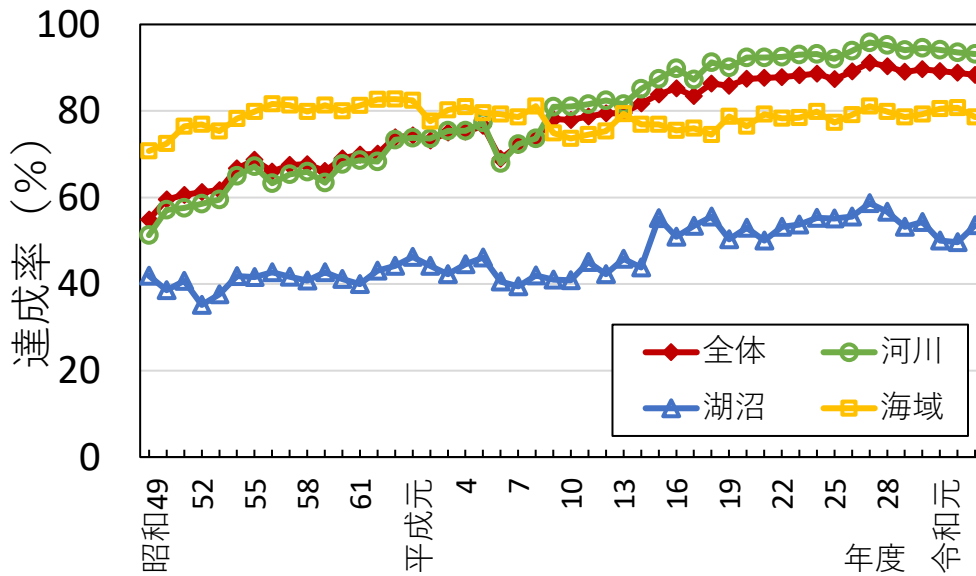


【主な都道府県の高度処理計画人口と高度処理実施率】

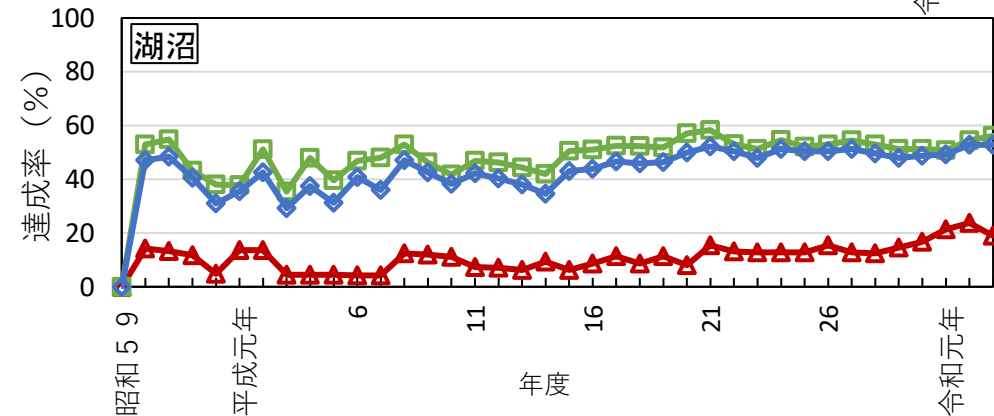
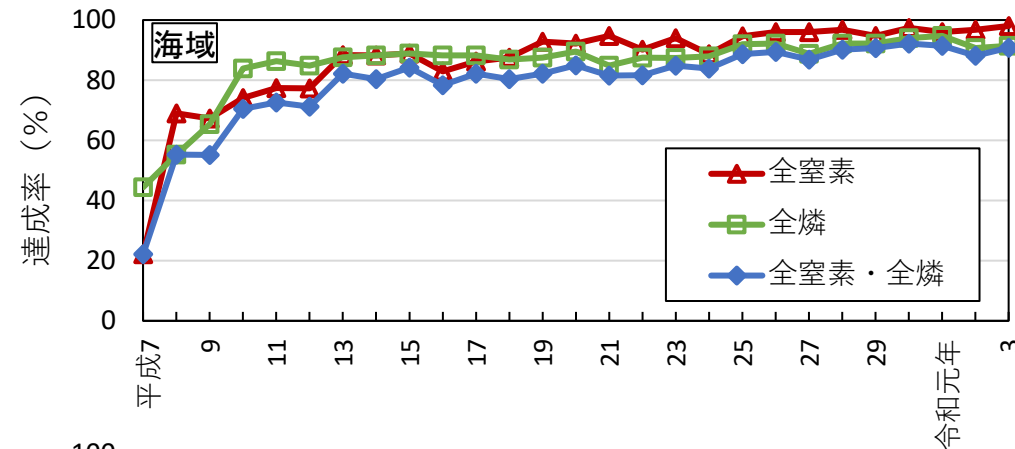
河川・海域・湖沼の水質基準達成状況(BOD・COD・全窒素・全りん)

- 河川のBOD**については、類型指定水域（2,577水域）における**環境基準達成率は93.1%**（令和3年度）である。
- 湖沼のCOD**については、類型指定水域（192水域）における**環境基準達成率は53.6%**（令和3年度）であり、**海域のCOD**については、類型指定水域（590水域）における**環境基準達成率は78.6%**（令和3年度）であり、**湖沼では依然として低い水準で推移**している。

- 海域の全窒素及び全りん**については、類型指定水域（152水域）における**環境基準達成率は90.8%**（令和3年度）であり、類型指定が100水域を超えた平成10年度以降、**徐々に上昇傾向**。
- 湖沼の全窒素及び全りん**については、類型指定水域（123水域）における**環境基準達成率は52.8%**（令和3年度）であった。



【環境基準達成率の推移 (BOD又はCOD)】



【環境基準達成率の推移 (全窒素及び全りん)】 15

海域及び湖沼における水環境施策の方向性

- 第9次水質総量削減においては、指定海域における窒素・りん的环境基準は高い達成率にあり、全対象海域での更なる削減は求められていない状況にある。
- 湖沼法に基づく指定湖沼においては、湖沼水質保全計画に基づき、引き続き汚濁負荷量削減対策を推進する。

海域

<第9次水質総量削減基本方針(令和4年1月)>

指定水域における水環境の現状

- 全般的な水質は改善。**窒素・りん的环境基準は高い達成率。
- しかし、湾奥部などで、水質汚濁が依然として課題。
- 水域により**栄養塩類の不足による水産資源への悪影響**の指摘あり。

対策のポイント

- 窒素、りんについては、全対象海域で更なる削減はせず。**
- CODについては、東京湾・伊勢湾で生活系の削減を強化。

	東京湾	伊勢湾	大阪湾	瀬戸内海 (大阪湾除く)
COD	生活排水対策に力点を置いた 汚濁負荷量の更なる削減		更なる削減はせず	
窒素				
りん				

今後の取組

- 次期に向けて、**指定水域全体の総量削減から水域の状況に応じた水質管理へ規制の枠組みの転換**のための検討。

湖沼

<湖沼水質保全基本方針(平成18年1月)>

指定湖沼ごとに「湖沼水質保全計画」を策定

- 都道府県が策定
- 水質汚濁防止法に基づく濃度規制に加え、**1日当たりの負荷量を規制**
- 下水道・浄化槽等の整備**、しゅんせつ等
- 流出水対策地区の指定（面源対策の重点実施）
- （更に必要な場合）**総量規制** 等

湖沼に対する流域水質管理の実施

- 汚濁負荷量・水質監視等による基礎的情報の整備
- 排水規制と生活排水対策**をはじめとする公共事業との一体的推進
- 面源対策の拡充

湖沼の特性に応じた目標設定と対策の実施・拡充

- 湖沼毎に**湖沼計画**を作成（**長期ビジョンや改善目標、個別指標**）
・個別指標の例：透明度、五感による湖沼環境調査による評価 など
- 湖辺環境の改善

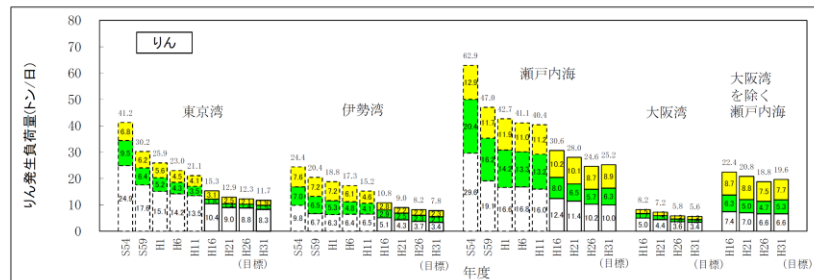
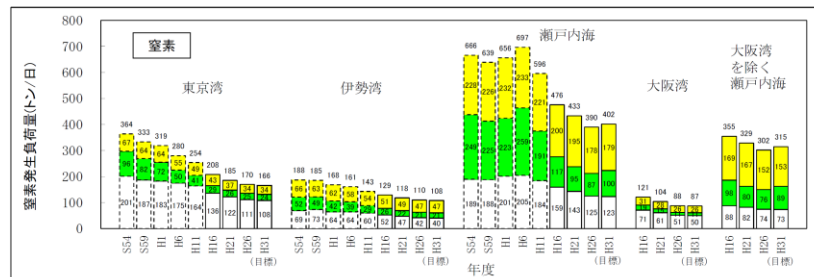
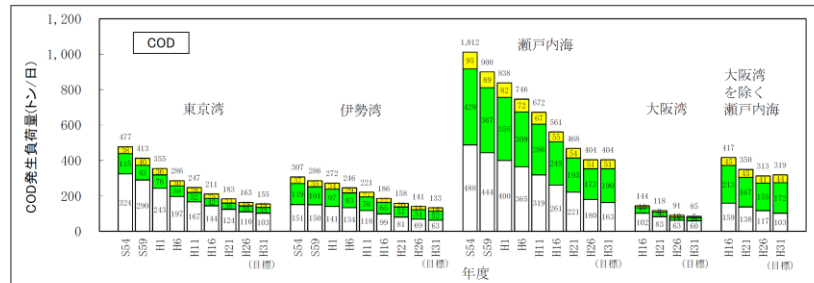
湖沼に関わる多様な関係者の協働とその拡充

- 湖沼を管理する自治体と、関係者（地域住民、漁業者、農業者、教育機関等）との継続的な取組 など

水域の状況に応じた水質管理や水産資源等への望ましい栄養塩類濃度の目標設定等、水質規制の枠組みの見直しが必要

CODの環境基準について

○広域的水域の汚濁負荷量は着実に減少してきており、窒素・リンの環境基準達成率は着実に上昇している一方で、CODの環境基準達成率は横ばいである。

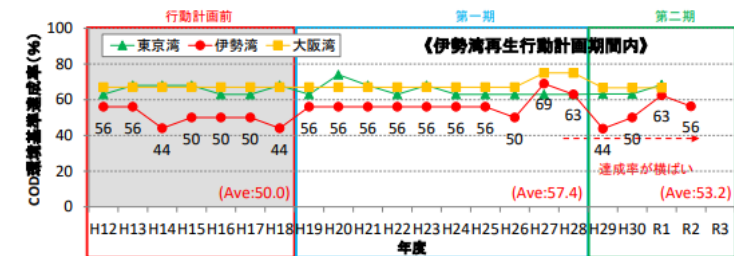


□生活系 ■産業系 □その他系

【海域別汚濁負荷量排出状況】

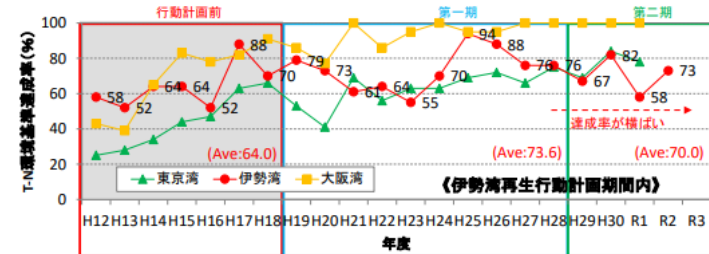
出典：第9次水質総量削減の在り方について（答申）令和3年3月中央環境審議会

【海域の環境基準の達成率(COD)】



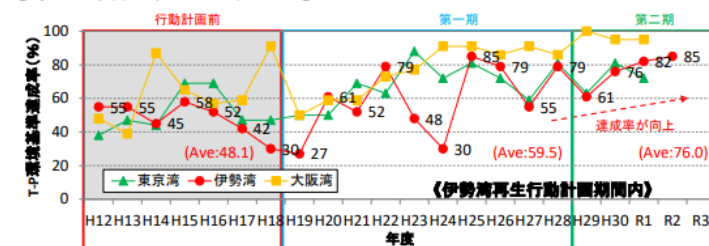
※環境省「公共用水域水質調査結果」より作成
※R2年度は12月時点の速報値

【海域の環境基準の達成率(T-N)】



※環境省「公共用水域水質調査結果」より作成

【海域の環境基準の達成率(T-P)】



※環境省「公共用水域水質調査結果」より作成
※R2年度は12月時点の速報値

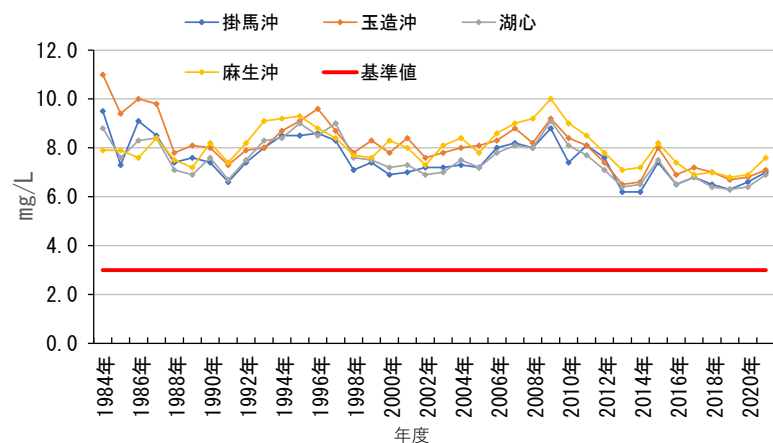
【環境基準達成率の推移（全窒素及び全燐）（海域）】

出典：伊勢湾再生推進会議：

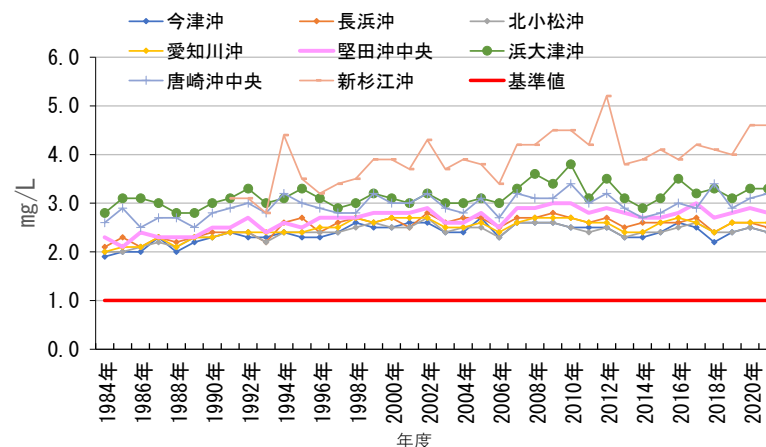
「伊勢湾再生行動計画（第二期）中間評価報告書」

高度処理普及率とCOD達成率

○茨城県霞ヶ浦（西浦）及び滋賀県琵琶湖は、高い汚水処理人口普及率であり、**高度処理普及率は100%※に達しているが、CODの水質環境基準の達成には至っていない。**
 ※流総計画における高度処理との評価とは異なる。



【霞ヶ浦における水質基準（COD）の達成状況】



【琵琶湖における水質基準（COD）の達成状況】

水質環境基準であるCODは、引き続き、下水道整備で達成すべき指標として取り扱って良いか

下水処理場の整備目標の見直し(大阪湾基本方針)

- 広域的水域である大阪湾においては、湾奥部の赤潮や貧酸素水塊の発生等の問題が発生する一方、栄養塩類の不足による水産資源への悪影響が指摘されるなど、**栄養塩類の偏在化が課題**となっている。
- 大阪湾流総計画基本方針では、人口推計等の社会情勢の変化や大阪湾の水質の現状を踏まえ、下水処理場の整備目標（年間平均値）を上げる方向で方針を見直している。**
- 特に、栄養塩類管理制度に基づき能動的運転管理を実施する処理場においては、**府県別の排出量（排出負荷量）に縛られず、水質環境基準が守られる範囲で排出を可能**としている。

【下水処理場の整備目標（年間平均値）】※大阪湾の全処理場

< 現 行 > (mg/L)

COD	全窒素	全りん
8	8	0.8

水域等の状況
により見直し



< 改 訂 > (mg/L)

COD	全窒素	全りん
13	20	1.5

(主な見直し条件)

- ・人口減少、汚水人口普及率の向上、琵琶湖からの流入負荷量減等、大阪湾への流入負荷量が減少
- ・大阪湾の水質や底質の改善状況を反映
- ・汚濁解析の計算技術の向上に伴い、季節変動を考慮した通年計算により流入負荷等を再現

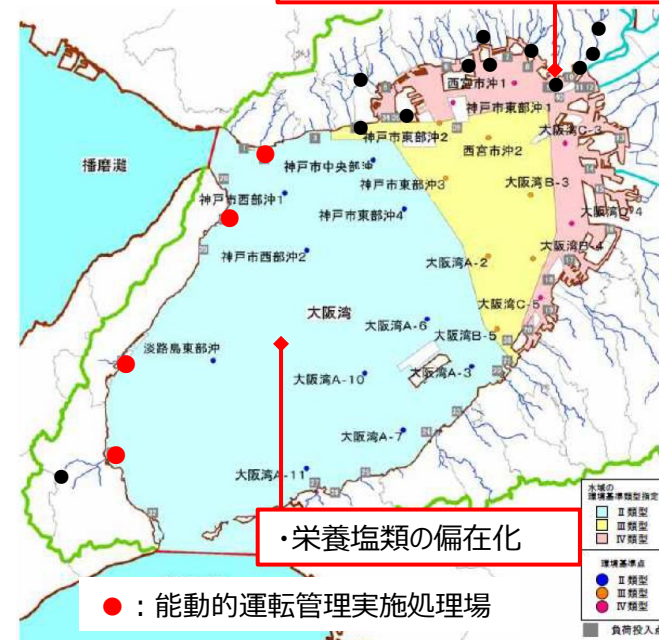
府県別目標負荷量（排出負荷量）(t/日)

府県	COD	全窒素	全りん
三重県	6	4	0.2
滋賀県	29	12	0.4
京都府	28	26	1.7
大阪府	70	80	5.8
兵庫県	27	29	2.0
奈良県	16	12	0.7
合計	176	163	10.8

【基本方針への新たな規定内容】

- ・栄養塩類管理制度に基づき、**栄養塩類の能動的運転管理を実施する処理場においては、府県別目標負荷量（排出負荷量）に縛られず、水質環境基準が守られる範囲で排出可能**

- ・赤潮や貧酸素水塊の発生
- ・底層DOの類型指定 (R4)



・栄養塩類の偏在化

●：能動的運転管理実施処理場

個々の水域等の状況に応じたきめ細やかな放流水質や高度処理の推進が必要
(高度処理：赤潮や貧酸素水塊の発生水域、水道水源を有する河川や湖沼等で推進)

水域における水環境施策の方向性

現行の視点	新たな視点
指定水域等における <u>水域全体の総量削減</u>	<u>水域等の状況に応じた水質管理</u> （へ規制の枠組みの転換）
—	水質環境基準であるCODは、引き続き、 <u>下水道整備で達成すべき指標として取り扱って良いか</u>
（流総計画※による） <u>水域全体での高度処理の推進</u> （自治体負担の公平性）	<u>水域の状況に応じたきめ細やかな負荷量配分と高度処理の推進</u>

※ 流域別下水道整備総合計画を2以上の都府県にまたがる水域について策定する場合、都府県の求めに応じて、環境基準達成に関する基本方針（許容汚濁負荷量の都府県間配分）を国（地方整備局）が調整を行う。

論点 1 : 地域ごとに異なる望ましい水環境の実現に向けた下水道のあり方

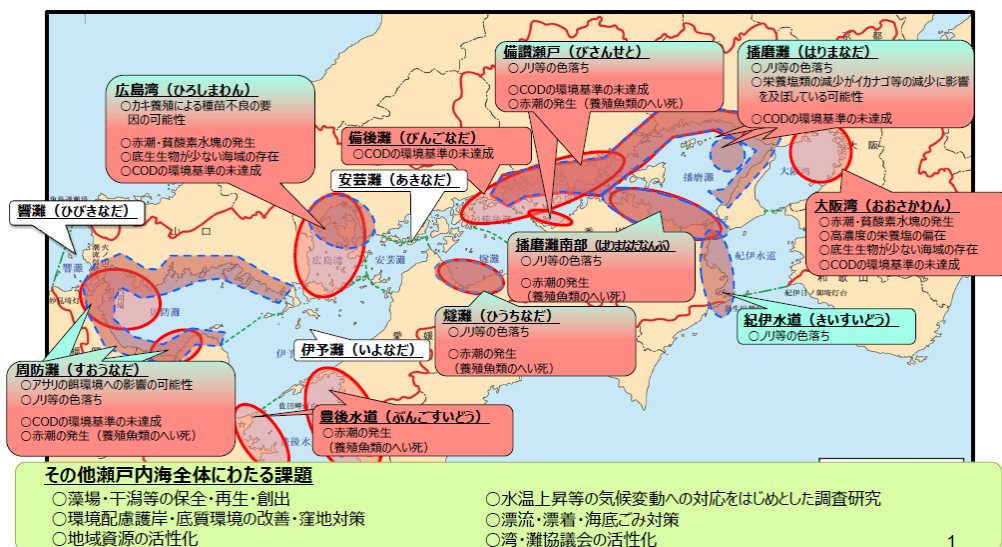
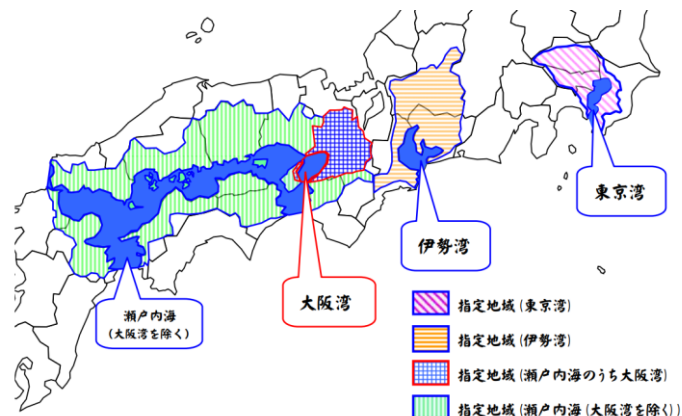
②能動的運転管理を踏まえた放流水質基準の柔軟な運用

論点 2 : 様々な社会的要請等に効果的に対応するための下水処理のあり方

○エネルギー管理を踏まえた効果的な運転管理の推進

※水質変動を踏まえた放流水質基準の見直し

- 流総計画に基づく高度処理の推進や、水質総量削減制度に基づき、三大湾（東京湾・伊勢湾・瀬戸内海）の水質環境基準達成率は大きく上昇している。
- 一方、湾奥部などでは水質汚濁が依然とした課題であるものの、水域により栄養塩類の不足による水産資源への悪影響の指摘があり、下水処理場においても能動的運転管理の取組みが拡大している。



出典：環境省の動向紹介～瀬戸内海における今後の環境保全方策～

瀬戸内海

- ・栄養塩類の不足等の課題に対応するため、令和３年度の瀬戸内海環境保全特別措置法により、総量規制を一部適用除外とすることを可能とする栄養塩類管理制度が導入
- ・兵庫県では、栄養塩類管理計画を策定し、２８箇所の下水処理場を栄養塩類増加措置実施者に位置付けている

伊勢灣

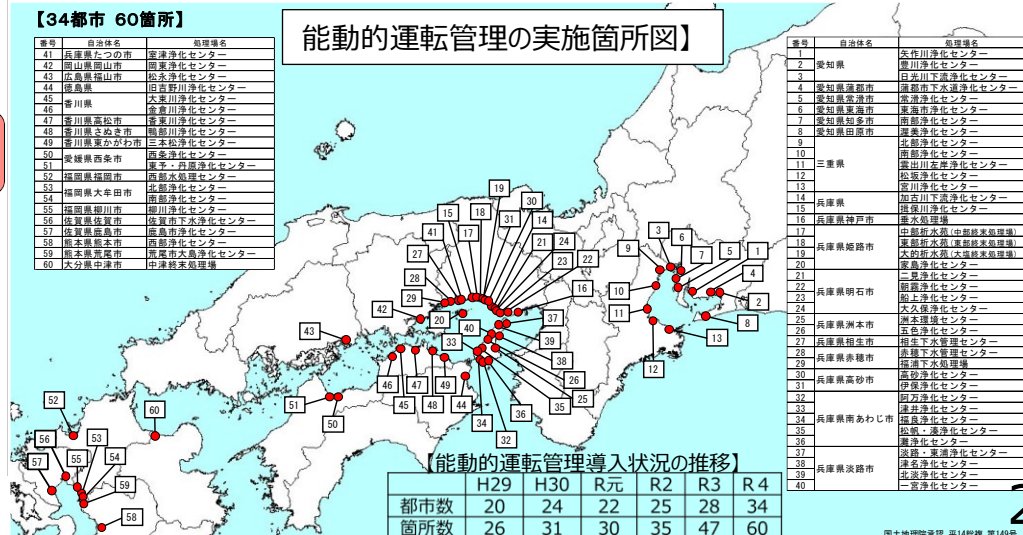
- ・ 漁業関係者等より、栄養塩類の不足により養殖ノリ、アサリの漁獲量が減少しているとの意見あり
- ・ 県内の2箇所の下水処理場において、窒素及びりんの排水濃度の上限を期間限定で緩和（県条例）する社会実験を実施

東京湾

- ・千葉県漁業者より、栄養塩類の不足により養殖ノリ、アサリの漁獲量が減少しているとの意見あり

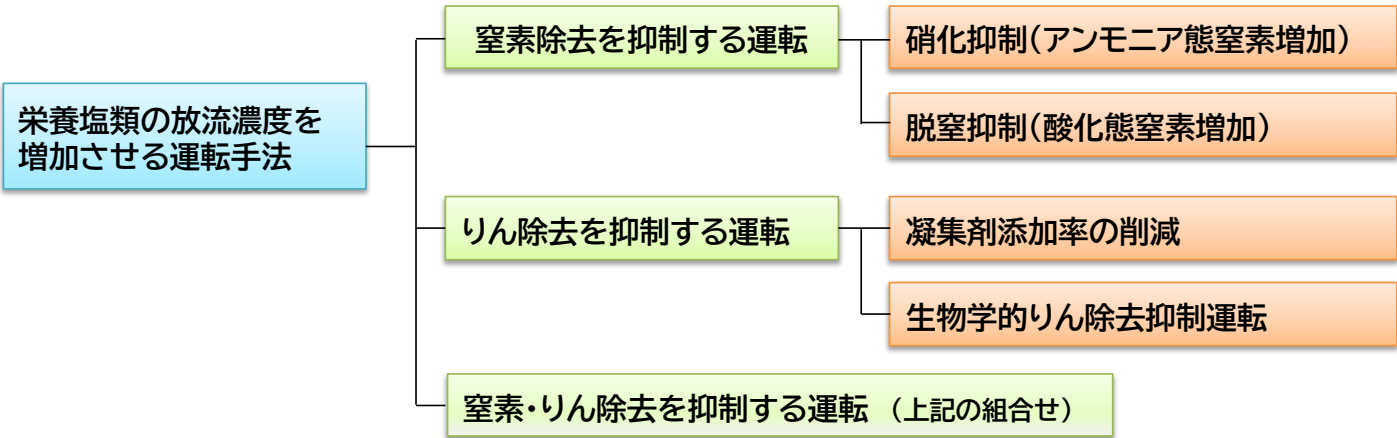
【34都市 60箇所】

能動的運転管理の実施箇所図

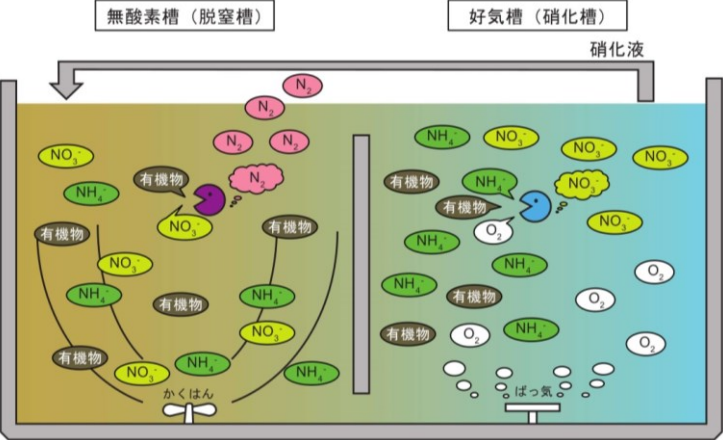


栄養塩類の能動的運転管理の運転手法等

○栄養塩類の放流濃度を増加させる運転手法は、窒素除去を抑制する運転である硝化抑制・脱窒抑制と、りん除去を抑制する運転である凝集剤添加率の削減・生物学的りん除去抑制に大別される。

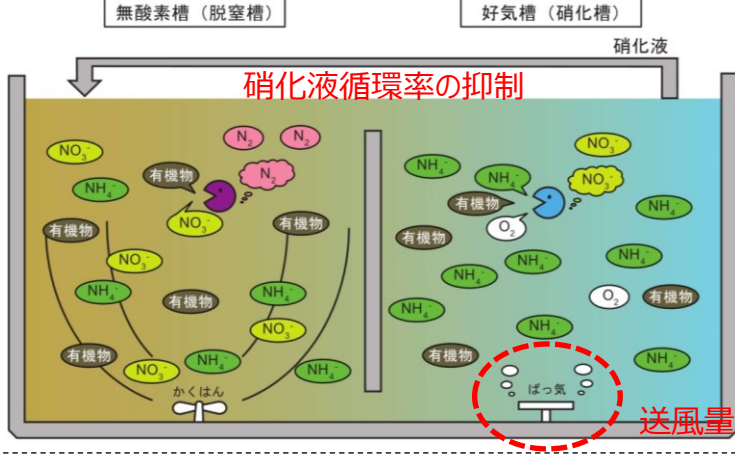


【硝化・脱窒の原理】



- 無酸素槽 (脱窒槽)**
- 脱窒細菌が硝酸態窒素を消費し、窒素を生成(脱窒)
- 好気槽 (硝化槽)**
- 硝化細菌がアンモニア態窒素と酸素を消費し、硝酸態窒素を生成

【硝化・脱窒抑制運転】



- 好気槽 (硝化槽)**
- ①好気槽の送風量を抑制 = 酸素供給量の減少
→ 硝化細菌の活動が低下 → アンモニア態窒素の酸化量が減少
 - ②硝化液循環率の抑制
→ 無酸素槽内で脱窒量が減少 → 窒素放流量が増加

栄養塩類管理制度（瀬戸内海環境保全特別措置法）

- 栄養塩類管理制度は、瀬戸内海環境保全特別措置法に基づき、関係府県知事が**栄養塩類管理計画を策定することで、特定の海域への栄養塩類供給を可能**にするもの。
- 栄養塩類管理計画には、水質環境基準範囲内における**水質の目標値や栄養塩類供給の実施方法等**を記載することとなっている。
- 栄養塩類供給を実施する者に対し、**水質汚濁防止法に基づく総量規制の適用が除外され、兵庫県栄養塩類管理計画においては、28の下水処理場が栄養塩類増加措置実施者に位置付けられている。**

兵庫県栄養塩類管理計画

- 対象海域：
漁業利用があり、全窒素濃度が県条例に基づく下限値を下回るおそれのある水域
- 対象物質：全窒素及び全りん

【水質の目標値】望ましい栄養塩類濃度（県条例下限値～環境基準値（上限値））

水域類型	全窒素 (mg/L)		全りん (mg/L)	
	県条例下限値	環境基準値	県条例下限値	環境基準値
I	0.2	0.3	0.02	0.03
II	0.2	0.6	0.02	0.05

①～④の条件全てに適合する5工場（1～5）、28下水処理場（6～33）を選定

栄養塩類増加措置実施者選定の条件

①総量規制対象の工場・事業場

②有害物質が増加しない

③生活環境悪化のおそれがない

④栄養塩類供給量の調節が可能

表2 栄養塩類増加措置実施者

1 加古川市 株神戸製鋼所加古川製鉄所	12 姫路市 家島浄化センター	23 高砂市 伊保浄化センター
2 加古川市 関西熱化学株加古川工場	13 明石市 二見浄化センター	24 南あわじ市 松帆・湊浄化センター
3 高砂市 株カネカ高砂工業所	14 明石市 船上浄化センター	25 南あわじ市 津井浄化センター
4 高砂市 サントリープロダクツ株高砂工場	15 明石市 朝霧浄化センター	26 南あわじ市 福良浄化センター
5 播磨町 多木化学株本社工場	16 明石市 大久保浄化センター	27 南あわじ市 阿万浄化センター
6 加古川市 兵庫県加古川下流浄化センター	17 洲本市 洲本環境センター	28 南あわじ市 灘浄化センター
7 姫路市 兵庫県揖保川浄化センター	18 洲本市 五色浄化センター	29 淡路市 津名浄化センター
8 神戸市 垂水処理場	19 相生市 相生下水管理センター	30 淡路市 北淡浄化センター
9 姫路市 中部析水苑	20 赤穂市 赤穂下水管理センター	31 淡路市 一宮浄化センター
10 姫路市 東部析水苑	21 赤穂市 福浦下水処理場	32 淡路市 淡路・東浦浄化センター
11 姫路市 大的析水苑	22 高砂市 高砂浄化センター	33 たつの市 室津浄化センター

※栄養塩類増加措置実施方法：1は生産工程の一部変更、2～33は汚水等の処理方法の変更（当面、栄養塩類増加措置は全窒素のみとする。）

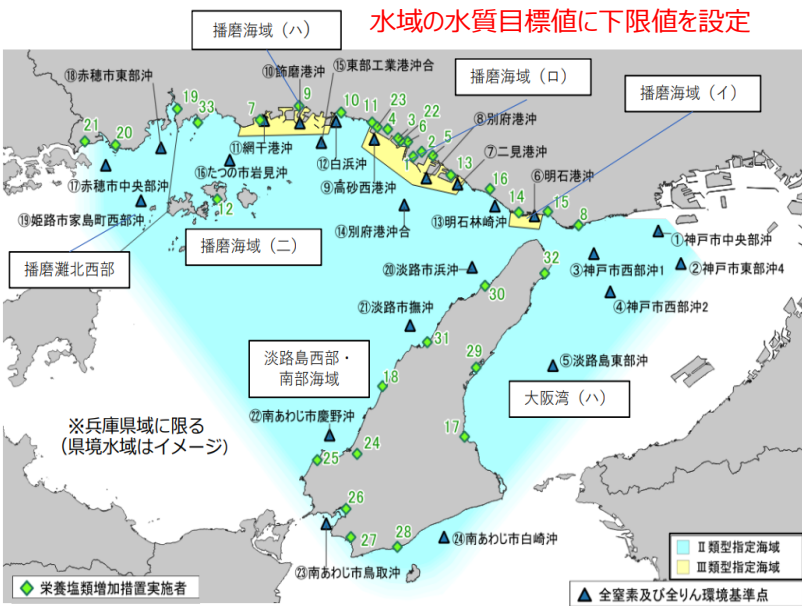
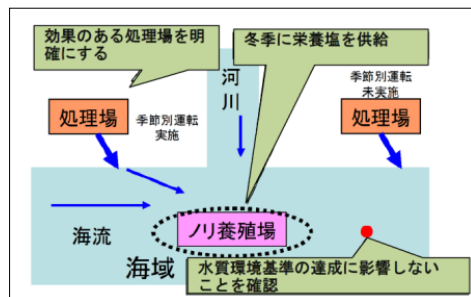


図4 栄養塩類管理計画の対象海域、栄養塩類増加措置実施者、対象物質の測定地点
出典：兵庫県栄養塩類管理計画

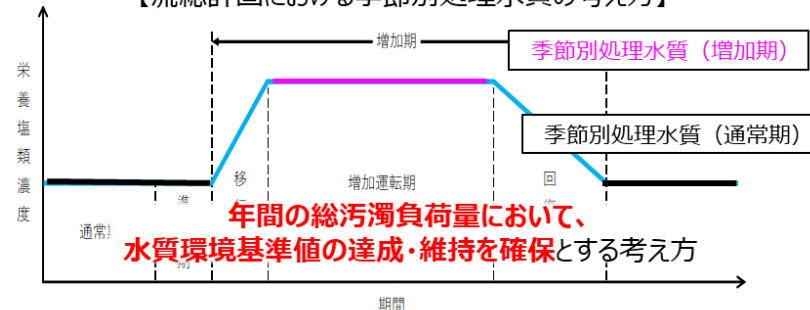
能動的運転管理における放流水質基準の課題①

- 流域別下水道整備総合計画では、年間の総汚濁負荷量に対して、水質環境基準値の達成・維持を確保するとの考えにより、「季節別処理水質」の設定を可能にしている。
- 一方、水質改善を前提とした**放流水質基準（計画放流水質と同値）は、年間を通じた一定値（上限）であり、水質を季節別に増加させる能動的運転管理を想定したものとなっていない。**

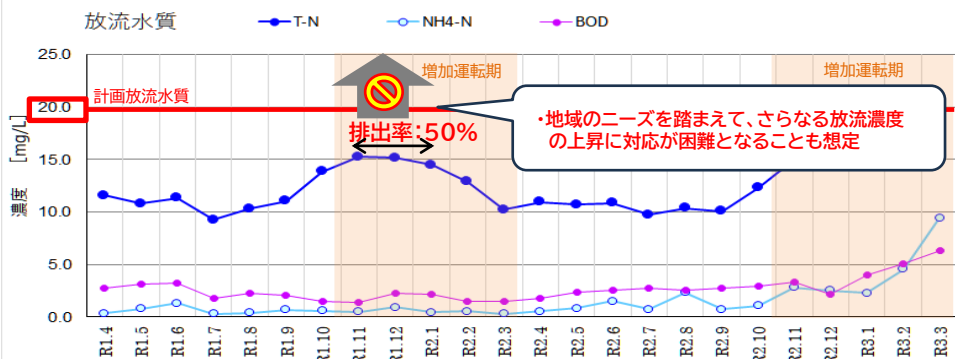
【季節別運転管理（イメージ）】



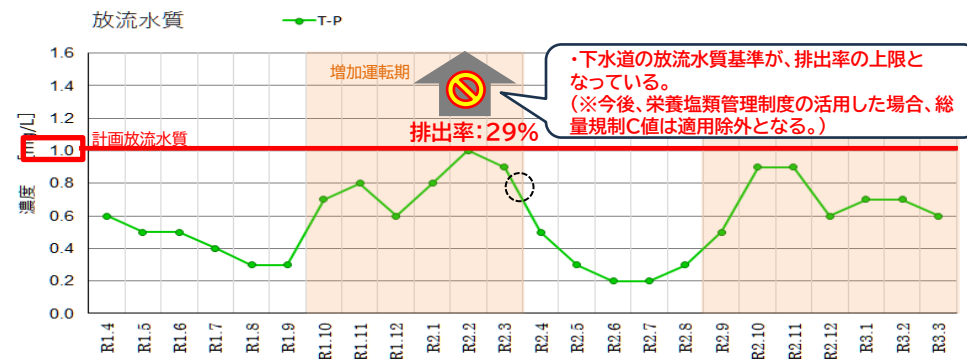
【流総計画における季節別処理水質の考え方】



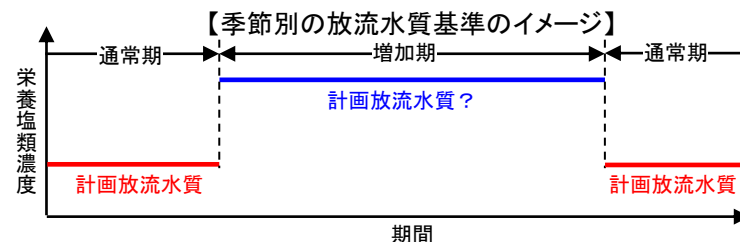
事例①	処理方式	計画放流水質	総量規制C値	(参考)管理目標値
	嫌気無酸素好気法	T-N 20mg/L	—	T-N 15mg/L



事例②	処理方式	計画放流水質	総量規制C値	(参考)管理目標値
	ステップ流入式多段硝化脱窒法+凝集剤添加	T-P 1mg/L	T-P 1mg/L	T-P 0.73~0.74mg/L

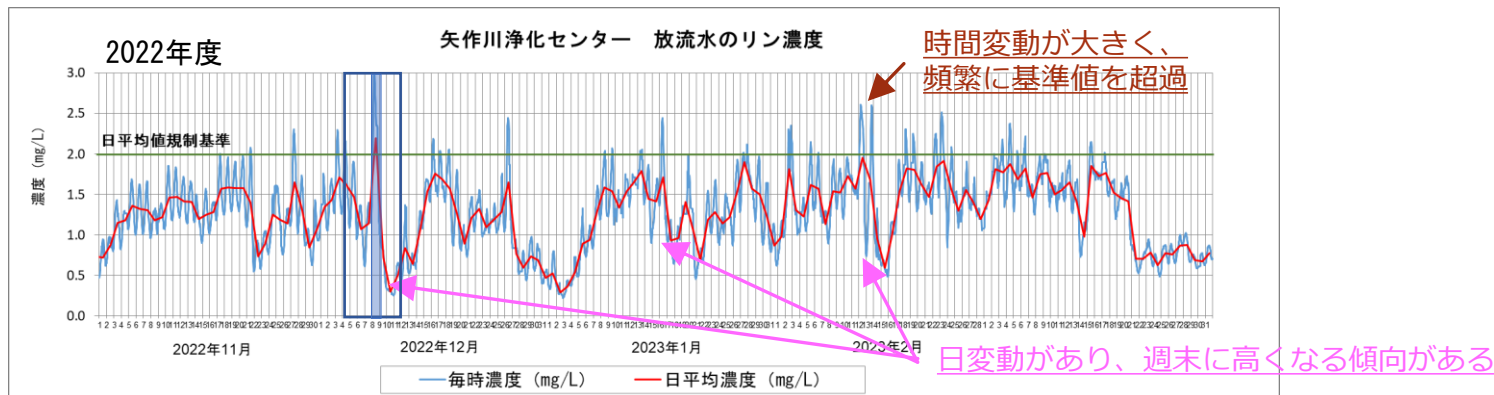


能動的運転管理のため、季節別の放流水質基準の設定が必要か



栄養塩類管理運転の課題

- ・流入水質の日変動、時間変動による影響を大きく受ける。(特にリン、pH)
- ・総量規制の負荷量は日単位で規制される。
- ・規制基準に近づけた運転をするため、基準超過の恐れが生じた場合、夜間、休日関係なく対応する必要がある。(※週末に多い)
- ・他の水質規制項目(BODやpH)を遵守しながら、栄養塩(窒素、リン)だけを高く維持することが難しい。



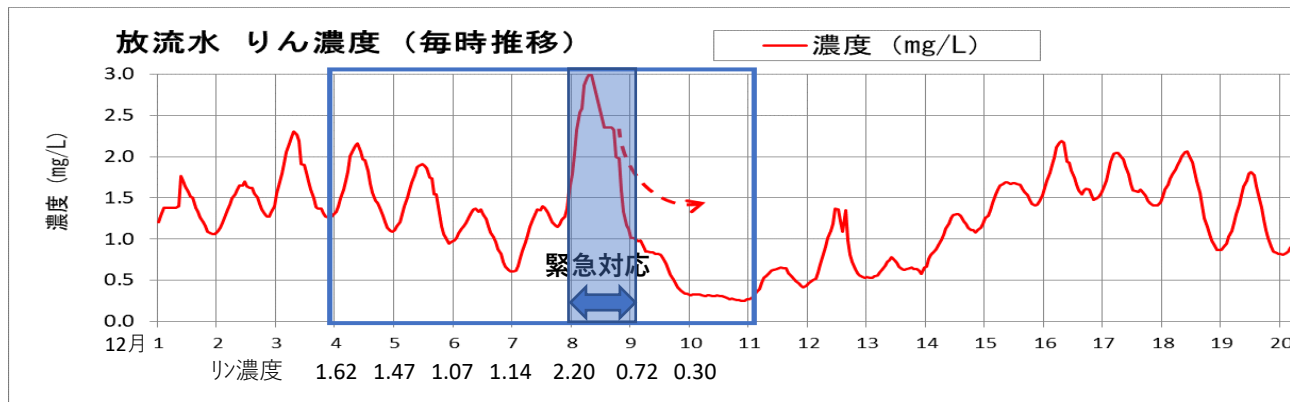
●規制基準が週単位で管理できたら、..

○現場負担の軽減

リン濃度基準超過時に緊急対応する頻度が減る。

○より多くの栄養塩排出

過剰な凝集剤注入による急激な濃度低下が避けられる。



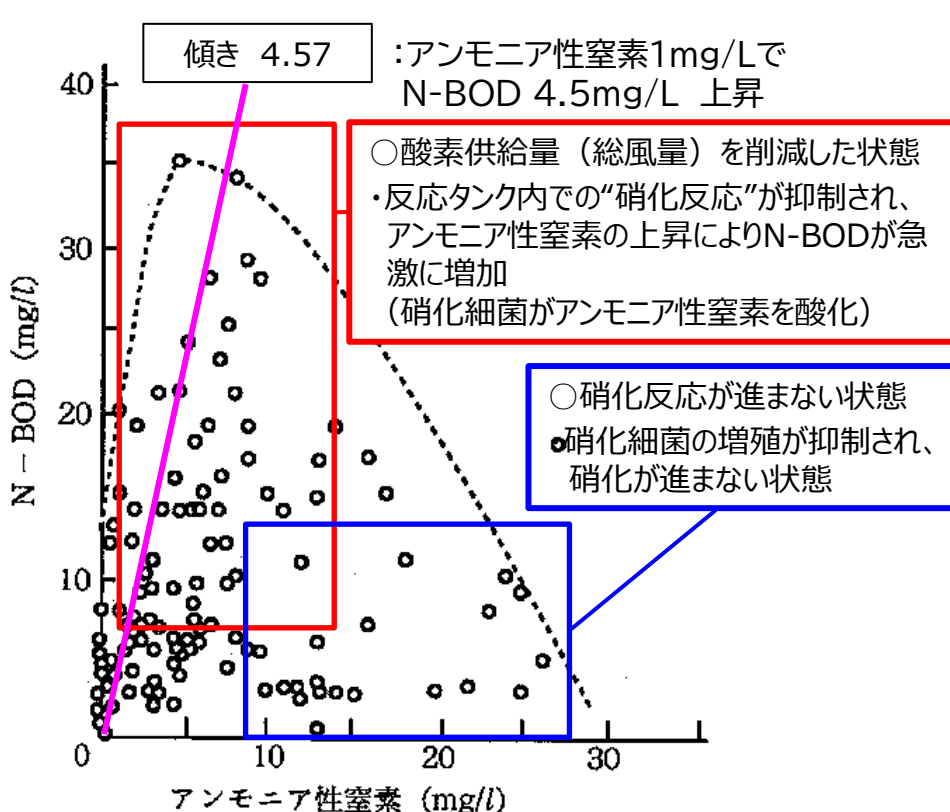
日付	12月4日	12月5日	12月6日	12月7日	12月8日	12月9日	12月10日	週平均
リン濃度(mg/L)	1.62	1.47	1.07	1.14	2.20	0.72	0.30	1.22
PAC注入量(t)	3.72	0.12	0.24	0.24	14.0	0.96	0.00	-

日単位で管理するため、12/8に対応したPACの影響が、12/9、10にも出ている。

(能動的運転管理の柔軟な運用のため、)水質変動を許容した合理的な水質基準の設定が必要か

能動的運転管理等における放流水質の評価指標の課題

- 能動的運転管理や省エネルギー運転による硝化抑制は、処理水中にアンモニア性窒素と硝化細菌が同時に残留することから、**BODの測定時に残留したアンモニア性窒素の酸化（N-BOD）により、BODが上昇する傾向**にある。
- また、**有機汚濁指標であるBODでの水質管理は**、アンモニア性窒素の増加を目的とした**能動的運転管理（硝化抑制）の支障**となっている状況にある。



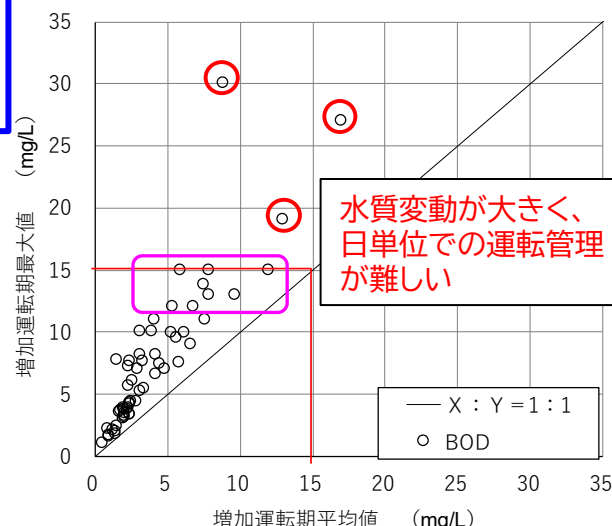
【処理水のアンモニア性窒素濃度とN-BODの関係例】

出典：下水道施設計画・設計指針と解説-2001版-【後編】p.20

【硝化抑制運転の変動比】

水質項目	n	BOD	COD	SS	T-N	T-P
標準法	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	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)

変動比 = 増加運転期の日間平均の最大値 ÷ 増加運転期の日間平均の期間平均値



【硝化抑制運転：増加運転期最大値と平均値（BOD）】

自治体の主な意見

- ・BODの増加に対しては、消毒強度の増強により放流水質基準値内での運用を図っているため、**水産資源への影響に配慮が必要であるとともに、コスト面でも不利に働く。**
- ・放流水質の変動により、放流水質基準15mg/L（BOD）の超過が発生し、能動的運転管理の中断を余儀なくされているため、**日単位での評価方法を見直してもらいたい。**

能動的運転管理等においては、BODが放流水質の評価指標に適しているか

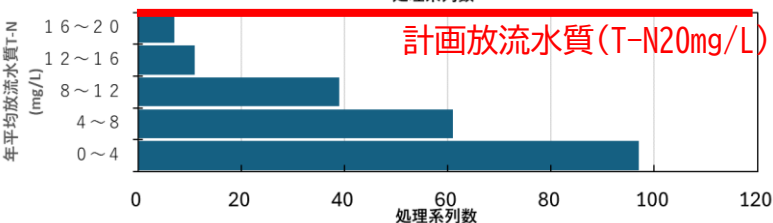
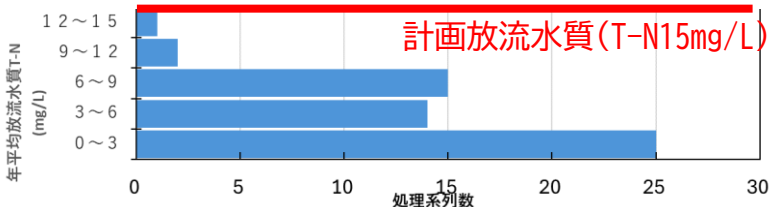
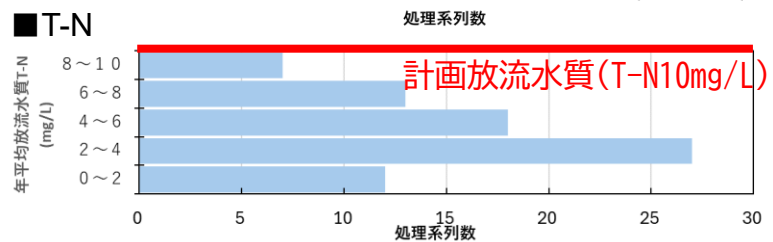
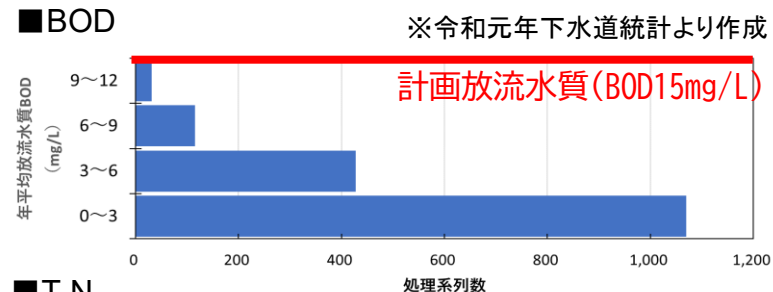
(参考)有機汚濁指標

○BOD以外の有機汚濁指標としては、C-BOD、COD、TOC等がある。これらの指標の特徴を以下にまとめる。

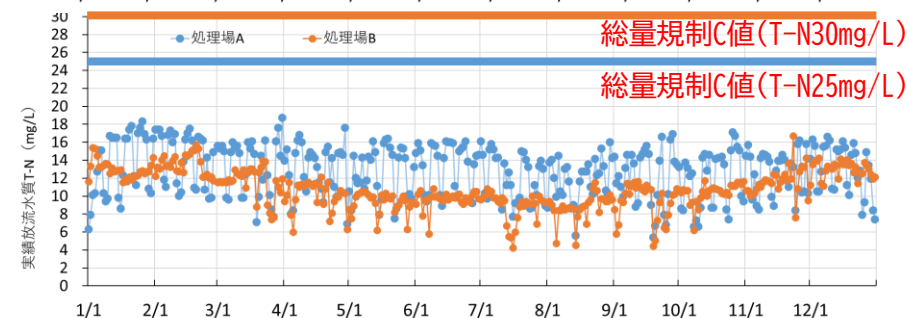
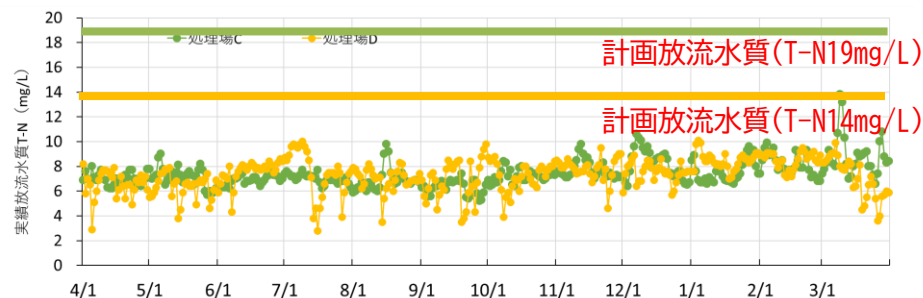
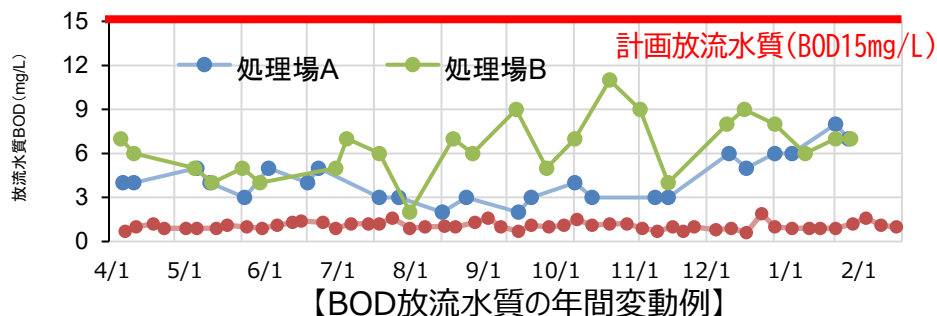
指標	BOD	C-BOD	COD	TOC
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 従属栄養の好気性細菌が20℃で試料中の有機物質を酸化分解するのに要する溶存酸素量 	<ul style="list-style-type: none"> 従属栄養の好気性細菌が20℃で試料中の有機物質を酸化分解するのに要する溶存酸素量 	<ul style="list-style-type: none"> 水中の有機物および還元性の無機化合物を過マンガン酸カリウムや重クロム酸カリウムで酸化し、消費される酸素量 前者をCODMn、後者をCODCrという 	<ul style="list-style-type: none"> 酸化分解によって生じるCO₂量をもって有機物量を把握
測定方法	<ul style="list-style-type: none"> 試料を20℃で5日間培養し、培養前と5日後の溶存酸素量を比較する 	<ul style="list-style-type: none"> 試料を20℃で5日間培養し、培養前と5日後の溶存酸素量を比較する 試料にN-アリルチオ尿素を添加することにより硝化作用によるN-BODの上昇を抑制する 	<ul style="list-style-type: none"> 試料に酸化剤として過マンガン酸カリウム(KMnO₄)または二クロム酸カリウム(K₂Cr₂O₇)を加え、沸騰水浴中で反応させる 	<ul style="list-style-type: none"> 有機物質を高温で燃焼させ、発生する二酸化炭素を赤外線分析計で測定する
測定時間	<ul style="list-style-type: none"> 5日間 	<ul style="list-style-type: none"> 5日間 	<ul style="list-style-type: none"> CODMn: 20～30分 CODCr: 2時間 	<ul style="list-style-type: none"> 数分程度
適用している基準	<ul style="list-style-type: none"> 環境基準(河川) 下水道法施行令計画放流水質 	<ul style="list-style-type: none"> 下水道処理場の設計 	<ul style="list-style-type: none"> 環境基準(湖沼、海域) 水質汚濁防止法一律排水基準 日本ではCODMnが用いられている 	<ul style="list-style-type: none"> 水道水質基準

省エネルギー運転における放流水質基準の課題

- 水処理の運転管理において、**放流水質と消費エネルギーはトレードオフの関係にある**ため、それらの**両面を考慮して運転管理を行う必要がある**。
- 一方で下水処理場の多くは、流入水量や水質等によって放流水質が変動することを考慮し、**放流水質が計画放流水質を大きく下回るような運転管理を行っている**。



【年平均放流水質の分布】



【T-N放流水質の年間変動例】



水質変動を許容した合理的な水質基準の設定が必要か

下水処理に伴うN₂Oの排出係数

○脱炭素化の実現に向けては、**温室効果ガス排出量を踏まえた処理方式についても検証していくことが必要**である。

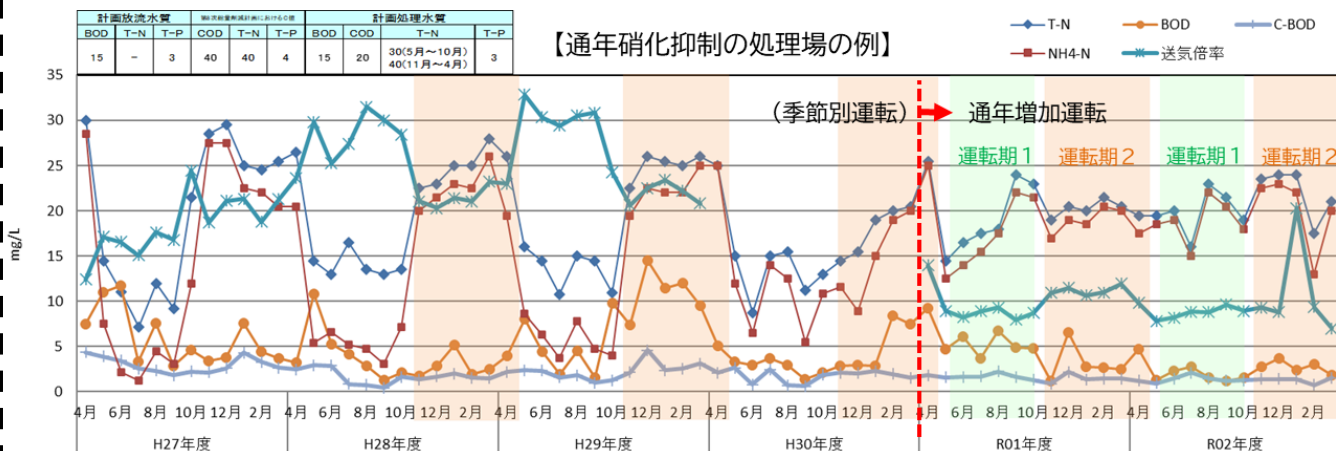
【温室効果ガス排出量策定方法・排出係数一覧（R5.12.12 更新環境省）】

標準活性汚泥法による処理	tN ₂ O/m ³	0.00000014
嫌気好気活性汚泥法による処理	tN ₂ O/m ³	0.000000030
嫌気無酸素好気法又は循環式硝化脱窒法による処理	tN ₂ O/m ³	0.000000012

約5倍
約1.2倍

（参考）省エネルギーの運転効果の事例

○**通年で硝化抑制運転を実施している事例では、大きなエネルギー削減効果が得られている**場合もある。このため、水域の状況に応じて、さらなる水質とエネルギーの両立が求められる。



放流水T-N (mg/L)						
	H27	H28	H29	H30	R元	R2
通常期	9.8	14.0	13.7	12.6		
増加期	26.6	24.9	25.0	19.2		
増加運転期1					19.0	20.1
増加運転期2					20.2	22.0

送気倍率 (倍)						
	H27	H28	H29	H30	R元	R2
通常期	2.4	4.1	4.3			
増加期	3.0	3.1	3.1			
増加運転期1					1.2	1.3
増加運転期2					1.6	1.6

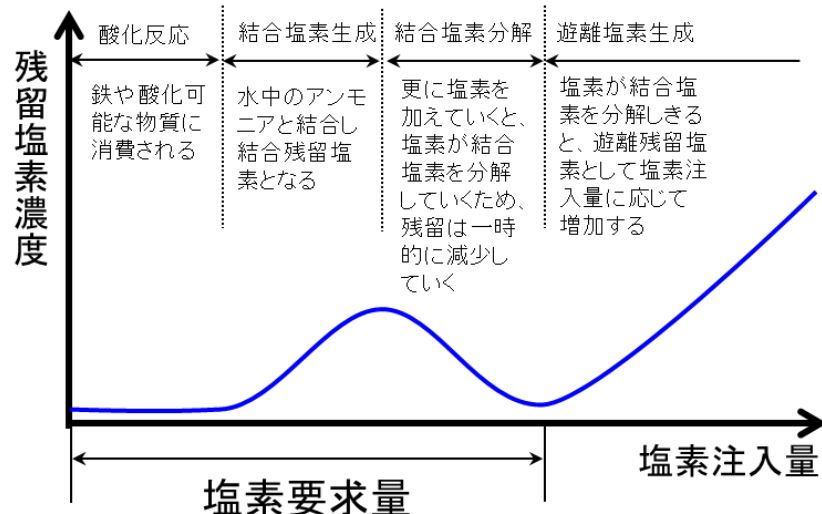
※送気倍率=送風量 (m³/日)/処理水量 (m³/日)

送気倍率が大幅に低減

アンモニア排出に伴う影響

- 水道原水にアンモニア態窒素が含まれる場合、**浄水処理における塩素の消費量を増大させる**原因になる。
- アンモニアは水生生物への毒性があり**、解離アンモニア（ NH_4^+ ）濃度が 0.5mg/L を上回ると種数が大きく減少するというデータがある。

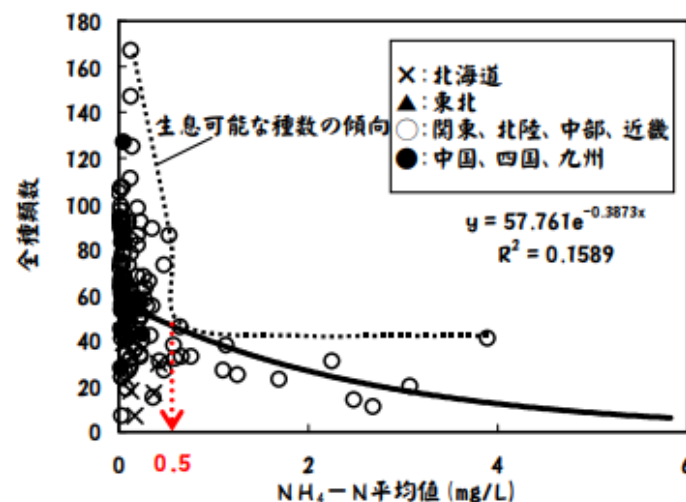
浄水過程への影響



【アンモニアを含む場合の塩素の反応過程】

アンモニア態窒素の塩素処理にはアンモニア態窒素濃度の約10倍の塩素消毒剤が必要で、水道水の浄水処理における塩素の消費量を増大させる原因になる。

生態系への影響



【底生生物の全種数と解離アンモニア】

河川水辺の国勢調査結果に基づく底生生物の全種数と $\text{NH}_4\text{-N}$ （解離アンモニア）濃度の関係では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が 0.5mg/L を上回ると種数が大きく減少する傾向が見られる。

水質汚濁防止法の
一律排水基準（健康項目）

アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物
（アンモニア性窒素に0.4を乗じたもの、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素の合計量）

100mg/L

省エネルギー運転（硝化抑制運転）を推進する上でアンモニア態窒素の管理が必要か

放流水質基準の設定のあり方

現行の視点	新たな視点
放流水質基準は <u>年間を通じた一定値(日間平均値の最大値)</u> として設定	能動的運転管理のため、 <u>季節別の放流水質基準の設定が必要か</u>
<u>放流水質基準として上限値で設定</u>	<u>水質変動を許容した合理的な水質基準の設定</u>
—	能動的運転管理や省エネルギー運転においては、BODが <u>放流水質の評価指標に適しているか</u>
—	省エネルギー運転(硝化抑制運転)を推進する上で、 <u>アンモニア態窒素の管理が必要か</u>