

平成20年度
閉鎖性海域における水質環境目標見直し等に
関する動向調査報告書

平成21年3月

社団法人 日本機械工業連合会
社団法人 産業と環境の会



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp/>



序

近年、技術の発展と社会との共存に対する課題がクローズアップされ、機械工業においても環境問題、安全問題が注目を浴びるようになってきております。環境問題では、京都議定書の第一約束期間が開始し、排出権取引やCDMなどの柔軟性措置に関連した新ビジネスの動きも本格化し、政府や産業界は温室効果ガスの削減目標の達成に向けた取り組みを強化しているところです。また、欧州化学物質規制をはじめとする環境規制も一部が発効し、その対応策が新たな課題であるとともに、新たなビジネスチャンスとも考えられます。

一方、安全問題も、機械類の安全性に関する国際規格の制定も踏まえて、平成19年には厚生労働省の「機械の包括的な安全基準に関する指針」の改正に伴い、リスクアセスメント及びその結果に基づく措置の実施が事業者の努力義務として規定されるなど、機械工業にとってきわめて重要な課題となっております。

海外では欧米諸国を中心に環境・安全に配慮した機械を求める気運の高まりから、それに伴う基準、法整備も進みつつあり、グローバルな事業展開を進めている我が国機械工業にとって、この動きに遅れることは死活問題であり早急な対処が求められております。

こうした背景に鑑み、弊会では機械工業の環境・安全対策のテーマの一つとして社団法人産業と環境の会に「閉鎖性海域における水質環境目標見直し等に関する動向調査」を調査委託いたしました。本報告書は、この研究成果であり、関係各位のご参考に寄与すれば幸甚です。

平成21年3月

社団法人 日本機械工業連合会
会 長 金 井 務

はしがき

わが国の水質環境対策は、水質汚濁防止法に基づき着実に推進されているところですが、近年においては、水質環境の現状との乖離などから対策効果に疑問が投げかけられており、最新の科学的知見や諸外国の水質環境対策を反映させた、新たな水質環境対策の必要性が議論されております。

特に閉鎖性海域(東京湾、伊勢湾、瀬戸内海)においては、貧酸素水塊の発生による生物の大量死や生態系への影響が懸念されており、地球温暖化による海水温上昇の影響も指摘されております。閉鎖性海域の水質改善を図るため導入された水質総量規制は、排水規制に上乘せされる形で適用されており、次回の制度見直し時にも産業界への更なる排出削減が求められる可能性があります。長期にわたる産業界の対策努力にも関わらず、改善効果が横ばいであることなどから制度的課題が多く指摘され、新たな枠組みと実効ある対策が切実に求められております。

また、水質環境基準の生活項目は設定後35年以上が経過し、水質環境の現状との乖離が見られることや、国際的な基準との整合性や国民の実感できる基準への移行が必要との指摘があることから、水環境の目標のあり方の策定やモニタリング体制の拡充等が重要課題として掲げられております。一方で環境基準を見直すことは、これまで国や事業所で行われていたデータの継続利用が難しくなることや、工場・事業場で導入している機器の交換(コスト負担)等の問題も指摘されております。

以上の状況を踏まえ、本調査では水質環境基準の見直しがおこなわれることを想定し、産業界の対策実態を整理、課題を抽出し、効率的かつ効果的な対策のあり方と対策技術について検討をおこないました。また、水質環境基準の見直しの動向を明らかにするために国内外の動向を調査し、それに沿った現行の技術的対策課題を抽出しました。

本報告書が水質環境施策に関わる皆様に対しまして、今後の効果的な環境施策を考えていく上での一助としていただけましたら大変幸いです。

最後になりますが、本調査研究を進めるに当たり、多大なご協力を賜りました関係各位に深甚の謝意を申し上げます。

平成21年3月

社団法人 産業と環境の会
会長 山本 貞一

新たな水質環境対策調査委員会

委員名簿

委員長	平沢 泉	早稲田大学 理工学術院 応用化学専攻教授
委員	板羽 聡	中部電力株式会社 環境・立地本部環境部 環境経営グループ課長
委員	大脇 正充	三菱重工業株式会社 総務部 環境課長
委員	奥村 彰	社団法人日本経済団体連合会 環境安全委員会環境リスク対策環境管理 WG 座長
委員	北川 政美	株式会社荏原製作所 環境事業カンパニー 水処理事業本部 環境開発統括部長
委員	正保 剛	社団法人日本鉄鋼連盟 環境エネルギー政策委員会 環境保全委員会 土壌・水質分科会主査
委員	春山 豊	三菱化学株式会社 技術・生産センター 環境安全・品質保証部長
委員	古屋 芳人	王子製紙株式会社 環境経営部部長
委員	三好 良彦	三井金属株式会社 保安環境部長

(氏名五十音順)

目次

第1章 閉鎖性海域対策の現状と課題	1
1.1 閉鎖性海域対策の現状	1
1.1.1 水質総量規制制度の現状と見直し動向	1
1.1.2 閉鎖性海域環境の現状および対策	6
1.2 産業界における閉鎖性海域対策の現状と課題	10
1.2.1 産業界の水質総量規制に沿った取組の状況	10
1.2.2 産業界から水系への化学物質排出状況	14
1.2.3 産業界業種別の水質汚濁負荷削減対策	21
1.2.4 効率的な水質汚濁負荷削減対策	27
第2章 水質環境目標のあり方について	37
2.1 日本の水質環境基準について	37
2.1.1 日本の水質環境基準の検討動向	37
2.1.2 産業界における水質環境モニタリング技術	49
2.2 欧米における水質環境への対応について	51
2.2.1 米国の水質環境への対応について	51
2.2.2 EUの水質環境への対応について	67
2.3 新たな水質環境目標および対策について	83
2.3.1 閉鎖性海域の汚濁負荷に関するメカニズム	83
2.3.2 閉鎖性海域における新たな水質環境目標について	86
2.3.3 今後の水質環境に関する取組について	89
第3章 今後の水質環境対策のための課題とニーズ	91
3.1 水質環境目標等の検討動向および課題	91
3.1.1 有害物質に関する水質環境基準の見直し動向	91
3.1.2 閉鎖性海域における水質環境目標等の見直し動向	91
3.2 水質に関する対策技術の課題とニーズ	93
3.2.1 水質環境目標等に関する産業界への対応	93
3.2.2 水質環境対策技術に関する課題およびニーズ	94
参考文献	95
参考資料	98

第 1 章 閉鎖性海域対策の現状と課題

1.1 閉鎖性海域対策の現状

1.1.1 水質総量規制制度の現状と見直し動向

日本では、水質に関して、国民の健康を保護し、生活環境を保全することを目的とした水質汚濁防止法が 1970(昭和 45)年に制定された。本法令の第 3 条において排水基準が定められており、排出水中の有害化学物質の濃度を基準値以下にすることが目標とされている。本基準等の導入により水質は総体的に改善される傾向にあったが、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海など閉鎖性海域においては水質環境の回復は遅々としていた。そこで、閉鎖性海域流域の工場・事業場等に対する排出基準の改正、上乘せ、総量規制の実施、発生源となる工場の新規立地の制限、下水道などの公共施設の整備など、環境基準の達成につながるような諸政策がとられるようになった。

水質総量規制制度は、1979(昭和 54)年に閉鎖性水域の新たな水質保全対策として水質汚濁防止法に加えられた。本制度導入の背景には、閉鎖性海域では、その地形的な条件から水の交換が悪く汚染物質が滞留しやすいことや、流域に人口、産業が集中し、大量の排水が流入していることなどがあった。その取組は、地域あるいは工場・事業場等での汚濁負荷量総量を一定量以下にすることである。また規制対象となっている物質は、現行の第 6 次総量規制の時点では COD(化学的酸素要求量)、T-N(総窒素)、T-P(総リン)である。

水質総量規制では、指定地域内の事業場などから公共用水域に排出される汚濁負荷量について基準を設け規制がおこなわれるが、有機化合物、総窒素・総リンについて総量規制基準を求める算式は以下の通りである。

$$\text{COD} \quad L_c [\text{kg/day}] = (C_{cj} \cdot Q_{cj} + C_{ci} \cdot Q_{ci} + C_{co} \cdot Q_{co}) \times 10^{-3} \quad (\text{Eq. 1-1})$$

$$\text{窒素} \quad L_n [\text{kg/day}] = (C_{ni} \cdot Q_{ni} + C_{no} \cdot Q_{no}) \times 10^{-3} \quad (\text{Eq. 1-2})$$

$$\text{リン} \quad L_p [\text{kg/day}] = (C_{pi} \cdot Q_{pi} + C_{po} \cdot Q_{po}) \times 10^{-3} \quad (\text{Eq. 1-3})$$

総量規制基準には汚濁負荷量 L [kg/day] が用いられる。C 等の値(C ならびに C_j , C_i , C_o の値)は、都道府県知事によって業種その他の区分毎に定められる濃度の次元を有する値であり、 Q 値は総量規制基準で規制の対象となる特定排水の量である。第 6 次総量規制の審議において C 値の範囲は次のようにまとまった。

表 1-1 第 6 次総量規制での C 値の範囲

東京湾、大阪湾、伊勢湾

COD

ア COD に関する C 値は、原則として都府県が設定した第 5 次総量規制基準に係る C 値の最大値まで切り下げる。

イ C_{eo} 値(~ S55.7.1)の範囲の上限については、平成 16 年度の特出排水の業種などの区別濃度の負荷量最大日濃度の最大値レベルにまで切り下げる。

ウ 平成 16 年度実績において次式に該当し、濃度変動が大きいと思われる業種等については C_{eo} 値の範囲の上限を「年平均濃度の最大値 × 2」のレベルに切り下げる。

$$\frac{\text{平成16年度における負荷量最大日濃度の最大値}}{\text{平成16年度における年平均濃度の最大値}} > 2 \quad (\text{Eq. 1-4})$$

エ ア～ウにより最小となる値まで C_{eo} 値の上限を切り下げる。切り下げた結果、現状の下限と同値になる場合は「現状の下限 + 10」を上限とする(例 1)。上限を切り下げた結果、現状の下限を下回る場合は「切り下げた結果」を下限、「下限 + 10」を上限とする(例 2)。

	例 1	例 2
現状の C_c の範囲	50 ~ 80	50 ~ 80
切り下げた上限	50	40
見直し後の C_c の範囲	50 ~ 60	40 ~ 50

オ ア～エにより切り下げた C_{eo} 値の上限が C_{ci} 値、 C_{cj} 値の範囲の上限又は下限を下回る場合、 $C_{ci} \cdot C_{cj}$ 値の範囲も切り下げる。

カ イ、ウにより C 値の範囲が切り下げられる場合、次のことを検討する。

- ・ 個別指定地域内事業上における他の業種等の特出排水の排出状況。
- ・ 事業場数の少ない業種の類似業種等の状況。

窒素およびリン

ア 窒素及びリンに関する C 値は、原則として都府県が設定した第 5 次総量規制基準に係る C 値の最大値まで切り下げる。

イ 窒素・リンに関する C 値は平成 16 年度の実績値を基準とし以下のように定める。

	上限	下限
C_{no} 及び C_{po}	負荷量最大日濃度の 85% 値	負荷量最大日濃度の中央値
C_{ni} 及び C_{pi}	年平均濃度の 85% 値	年平均濃度の中央値

ウ ア、イにより最小となる値まで C 値の範囲の上限を切り下げる。

エ イにより C 値の範囲を切り下げる場合、次のことを検討する。

- ・ 特に濃度のバラツキが大きい業種等の窒素・リン含有原材料等の使用実態。

- ・ 個別指定地域内事業上における他の業種等の特定排出水の排出状況。
- ・ 事業場数の少ない業種の類似業種等の状況。
- ・ 環境省が定めた業種等区分を都府県がさらに細分化している場合の区分の状況。
- ・ 汚水処理施設で栄養剤(窒素・リン)添加が通例である業種の添加量管理レベル。

瀬戸内海(大阪湾を除く)

COD

- ア COD に関する C 値は、原則として都府県が設定した第 5 次総量規制基準に係る C 値の最大値まで切り下げる。
- イ 平成 16 年度実績の負荷量最大日濃度の最大値が C_{eo} 値の範囲の上限を大きく下回っている場合は、上限を切り下げる。
- ウ ア、イにより最小となるまで C_{eo} 値の範囲の上限を切り下げるが、切り下げた結果現状の C_{eo} 値の範囲の下限と同値、又は下限を下回る場合、下限も切り下げる。
- エ ア～ウにより切り下げた C_{eo} 値の上限が C_{ei} 値、 C_{ej} 値の範囲の上限又は下限を下回る場合、 $C_{ei} \cdot C_{ej}$ 値の範囲も切り下げる。
- オ イ、ウにより C 値の範囲が切り下げられる場合、次のことを検討する。
- ・ 個別指定地域内事業上における他の業種等の特定排出水の排出状況。
 - ・ 事業場数の少ない業種の類似業種等の状況。

窒素およびリン

- ア 窒素及びリンに関する C 値は、原則として都府県が設定した第 5 次総量規制基準に係る C 値の最大値まで切り下げる。
- イ 平成 16 年度実績の負荷量最大日濃度の最大値が $C_{no} \cdot C_{po}$ 値の範囲の上限を大きく下回っている場合は、上限を切り下げる。
- ウ 暫定排水基準適用業種等は、平成 16 年度実績レベルまで上限を切り下げる。
- エ ア～ウにより最小となる値まで $C_{no} \cdot C_{po}$ 値の範囲の上限を切り下げるが、切り下げた結果、現状の下限と同値、又は下限を下回る場合、下限も切り下げる。
- オ ア～エにより切り下げた $C_{no} \cdot C_{po}$ 値の範囲の上限が $C_{ni} \cdot C_{pi}$ 値の範囲の上限又は下限を下回る場合、 $C_{ni} \cdot C_{pi}$ 値の範囲も切り下げる。
- カ イ～エにより C 値の範囲が切り下げられる場合、次のことを検討する。
- ・ 個別指定地域内事業上における他の業種等の特定排出水の排出状況。
 - ・ 事業場数の少ない業種の類似業種等の状況。

出典：環境省

また Q 値の時期区分は表 1-2 のように定められており、一期間内に排出された全水量を計算に用いる。

表 1-2 Q 値の時期区分について

時期区分 対象項目	S55.7.1	H3.7.1	H14.10.1	
COD	Qco	Qci	Qcj	
窒素	Qno			Qni
リン	Qpo			Qpi

出典：環境省

指定水域とは人口および産業の集中により、生活又は事業活動に伴い排出された水が大量に流入する広域の公共用水域であり、閉鎖性海域(東京湾、伊勢湾、瀬戸内海等)がこれに該当する。また指定地域というのは、指定水域に流入する汚濁負荷が発生する地域であり、図 1-1 に含まれている陸域がこれに該当する。

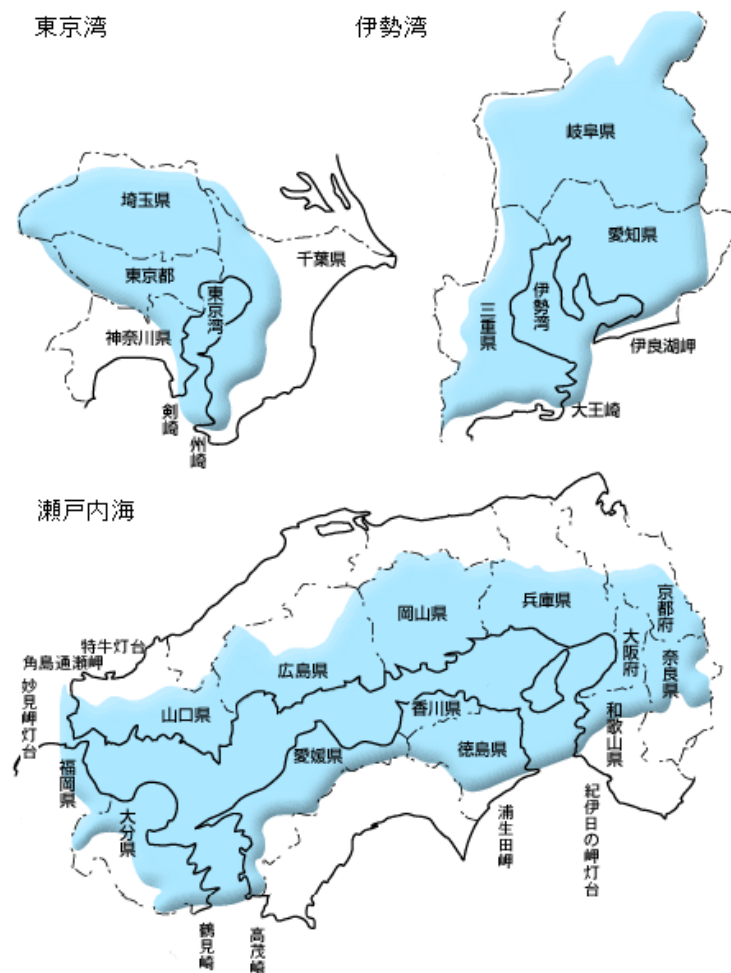


図 1-1 水質総量規制に係る指定水域及び指定地域

出典：環境省(図は島津製作所ホームページより)

第6次総量規制で定められた総量規制基準およびその達成状況を表1-3に示す。

表1-3 総量規制基準設定および達成状況

単位：[ton/day]		平成17(2005)年現在	平成21(2009)年目標
東京湾	COD	210.3	193.0
	窒素	208.1	199.0
	リン	15.7	13.9
伊勢湾	COD	186.0	167.0
	窒素	129.0	123.0
	リン	10.8	9.6
瀬戸内海	COD	561.0	537.0
	窒素	475.1	46.0
	リン	30.5	29.5

出典：環境省

水質汚濁防止法第4条では、総量規制削減方針が定められているが、各都道府県には削減目標量が割り当てられ、それを達成するための総量削減計画を設置し、対策を遂行していくことが規定されている。

2004(平成17)年5月、中央環境審議会答申「第6次水質総量規制の在り方について」では、閉鎖性海域の捉え方について総体的に見直した。具体的には、大阪湾を除く瀬戸内海では総窒素および総リンについては環境基準がほぼ達成されたことから、CODに関しては現在の水質が悪化しないよう、窒素およびリンに関しては現在の水質を維持するよう、従来の工場・事業場の排出対策等を継続して実施していくとされている。一方、環境基準の達成率が不十分であり、大規模な貧酸素水塊が発生している東京湾、伊勢湾および大阪湾では、CODに関しては各指定地域内事業場で講じられてきた汚濁負荷削減対策や最新の処理技術動向を考慮して取り組むこととされ、また窒素・リンに関しては最新の処理技術動向を考慮し、総量規制基準を設定することとされている。総量規制基準の設定方法についても東京湾等と瀬戸内海(大阪湾を除く)とで分けて定めている。

また閉鎖性海域の汚染の状況は赤潮や青潮の発生状況により判断されることも多かったが、近年では底層に存在する貧酸素水塊の発生が水生生物に与える影響なども検討されるようになっており、貧酸素水塊のメカニズムの解明や今後の閉鎖性海域の汚染状況を簡易に表す指標などについての議論が続いている。また具体的な取組には閉鎖性海域の汚染メカニズムを踏まえた上でシミュレーションをおこない、干潟の保全・再生や底質環境の改善などをあわせて取り組む必要性が示唆された。

1.1.2 閉鎖性海域環境の現状および対策

日本の代表的な閉鎖性海域には東京湾、伊勢湾、瀬戸内海があるが、陸域からの有機・窒素・リン系化学物質の継続的な負荷により、現在でも赤潮、青潮や貧酸素水塊が度々発生する状況にある。閉鎖性海域における赤潮、青潮の発生状況を図 1-2 に示す。

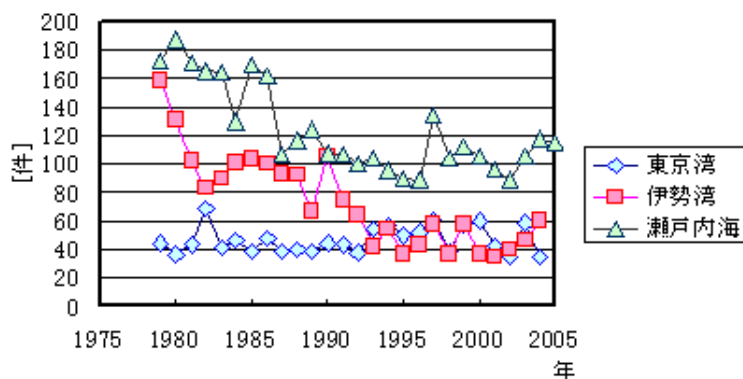


図 1-2 閉鎖性海域における赤潮の発生件数

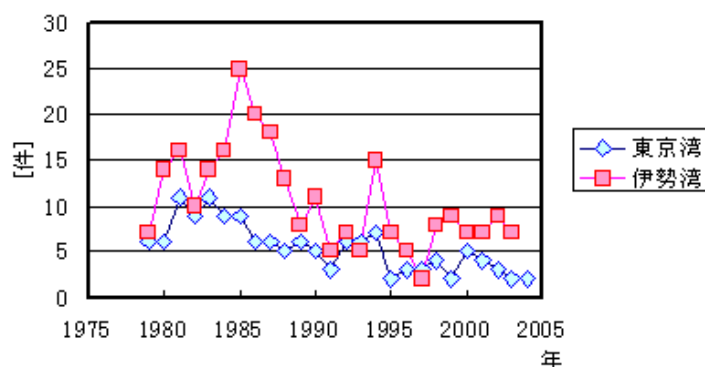


図 1-2 閉鎖性海域における青潮の発生状況

出典：環境省

本図からは閉鎖性海域における富栄養化の状況は、1980年代以前と比較して、明らかに改善しているが、1990年代以降の発生件数は赤潮、青潮ともにほぼ横ばいとなっている(ただし瀬戸内海では青潮はほとんど観測されない)。

日本の陸域から閉鎖性海域への汚濁負荷は 1979 年以降コンスタントに減少している(図 1-3)。1990 年代以降も削減は続いており、赤潮、青潮の発生件数には改善が見られなくなったことについては、海域において窒素・リンの陸域からの汚濁負荷が削減と赤潮・青潮の発生件数減少効果が必ずしも結びついていないことが推測できる。

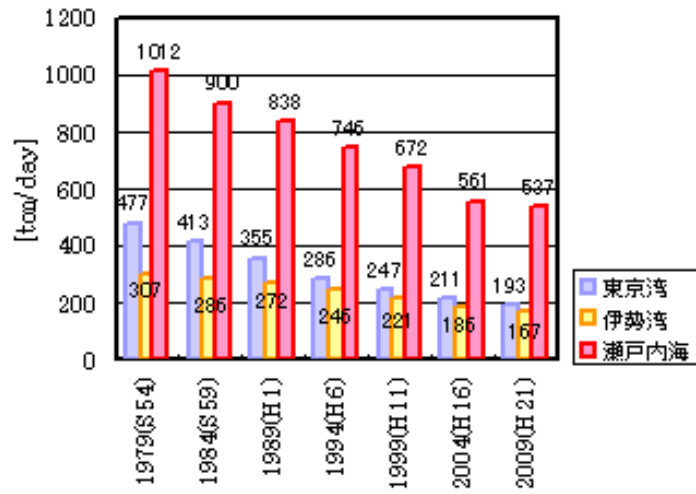


図 1-3 閉鎖性海域別陸域からの汚濁負荷総量(COD)

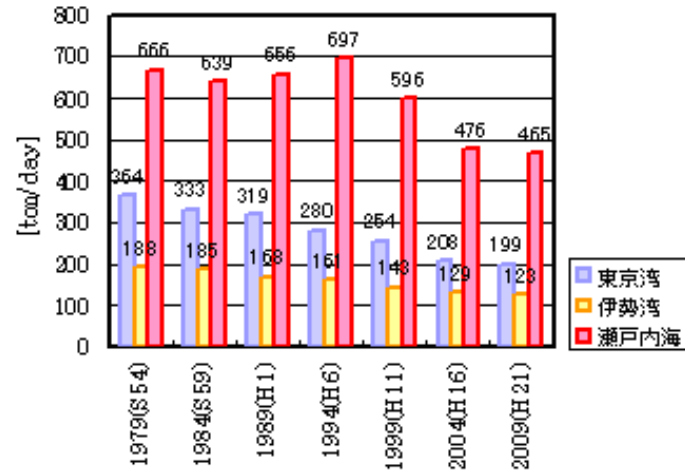


図 1-3 閉鎖性海域別陸域からの汚濁負荷総量(総窒素)

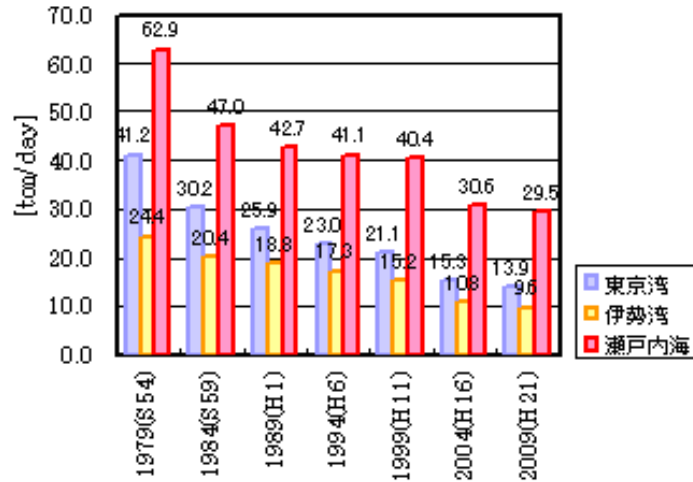


図 1-3 閉鎖性海域別陸域からの汚濁負荷総量(総リン)

出典：環境省
2009年の値は目標値である

閉鎖性海域においては、水質総量規制以外にも水域ごとの取組がおこなわれている。

(1) 東京湾

東京湾における代表的な取組には、2008(平成 20)年に千葉県が主体となって策定された「みんなで東京湾をきれいにする行動計画」がある。

生活系排水対策には単独処理浄化槽から合併処理浄化槽への転換推進があるが、東京湾流域の合併処理率を 2004(平成 16)年の 43.2%から 2009(平成 19)年には 46.7%を目標としている。家庭でできる雑排水対策の普及啓発活動もおこなっている。下水道への負荷を低減させる取組には、台所に三角コーナーを設け、調理くずを流さない、廃棄物を捨てない、使用済みの食用油は流しに捨てず別に処理する、水洗トイレでは水に溶ける紙を使う、洗剤や石けん等を使いすぎない、マンホールの蓋は開けないなどが挙げられている。農業集落排水設備に関しては、農村集落のし尿や生活排水などの汚水処理から発生する余剰汚泥等を処理するコンポスト施設等の整備事業が展開され、堆肥等を活用した土づくりと化学肥料・化学農薬の使用の低減を一体的におこなう持続性の高い、環境に配慮した農業生産方式の導入などを進めている。畜産業に対しては堆肥化設備の設置等を推進し、畜産排水による負荷量の削減を進める。

産業系排水には工場・事業場について総量規制基準を設けているが、小規模事業場等の未規制事業場については適正な排水処理指導や浄化槽の維持管理徹底等の指導をおこない、平成 16 年から 19 年の 4 年間で汚濁負荷量を約 23%削減することを目指す。

その他汚濁負荷量の総量を削減するための様々な水域改善事業がおこなわれている。水質汚濁の進んだ河川・水路の水質を改善するため、河川浄化施設を稼働させている。また底質汚泥による水質悪化を防ぐために浚渫事業等を実施している。干潟や藻場の保全・再生活動も推進している。

(2) 伊勢湾

伊勢湾では、伊勢湾再生推進会議により 2007(平成 19)年に「伊勢湾再生行動計画」がまとめられた。ここでは伊勢湾再生の目標を達成するために陸域および海域における負荷削減施策をおこなうと同時にモニタリングを実施し、施策や行動計画のフォローアップをおこなうことを主な取組としている。

陸域における負荷削減施策には、水質総量規制制度とともに、伊勢湾流域独自の農業集落への排水処理事業を重点的に進めておりその普及率は 78 %と地域全体の普及率(71 %)を上回る。また下水道整備計画の基本方針にはすべての処理場に高度処理技術を導入することが目標とされている(平成 17 年時点では流域人口の 26 %)。

伊勢湾流域の 62 %を占めている森林に関しては、計画的な森林整備対策の推進とともに河川下流域に住む人々や企業等の参加・協力による森林整備への取組が進められている。また海域への流入ゴミについては地域・NPO による削減清掃活動がおこなわれており、その他関係自治体や民間・市民が連携したプロジェクトの具体化を図ることが求められる。

(3) 瀬戸内海

瀬戸内海については1979(昭和53)年に環境省が策定した「瀬戸内海環境基本計画」に基づいた取組がおこなわれている。本計画は10の計画の遂行を目的としているが、同省は2008年にフォローアップ事業のまとめをおこない、新たな課題を提起している。

瀬戸内海環境基本計画の10の計画：

環境基準の達成および維持、赤潮発生の機構解明および人為起源の汚濁負荷削減、底質への悪影響防止措置、干潟等水質浄化や生物多様性の確保・保全、自然海浜等の保全、自然公園等の保全、自然景観の保全、自然海岸の回復、ごみ、汚れ、油等の適正処置、瀬戸内海の自然景観と一体を成している史跡、名勝、天然記念物等の文化財の適正保全

その課題の一つは、大阪湾を中心に貧酸素水塊が発生する状況にあるが、状態を表わす底層DO等の目標が設定されていないことである。また、関連基準(生活環境項目)についても検討を加え、目指すべき海域環境の将来像と整合性を持った全体的な見直しを検討する必要がある。また赤潮については発生メカニズムが十分に分かっていないことから、その解明に向けた総合的な調査研究を進めるとともに、窒素・リンの環境基準が達成されている海域についてはこれら栄養塩類の濃度管理について検討を進めることも課題である。

干潟や藻場などの浅海域はこれまでの大幅な地形改変により大きな影響を受けており、まだ十分な回復には至っていない。これらの場の実態や水質浄化効果について、生物多様性に果たす機能を把握するための十分な調査研究をおこないつつ、水質汚濁対策や持続的な資源管理などの取組を統合的に推進していくことが重要である。

2004(平成16)年には国土交通省が主体となって「瀬戸内海環境修復計画」が策定された。この中では平成16年から20年間で藻場・干潟などの浅場を約600ha(広島市民球場約250個分)回復させることを目標としている。これを推進していくために広大な面積と多様な湾・灘により構成されている瀬戸内海の環境特性や異なる課題を考慮し、海域別に修復すべき浅場のタイプや具体的な目標量を設定することとしている。

その具体的な施策としては、港湾・漁港整備事業で発生した余剰土砂あるいは浚渫土を、人工干潟・藻場の整備に用いる等、資源の有効活用を図ることなどがある。干潟や藻場をつくる場所の選定は、次の4つの視点から条件が重なる海域を優先度の高い海域として選定することとしている。

物理的条件(水深の浅いところ、波あたりの少ないところ)

環境修復事業の必要性(水質改善余地があるところ、浄化効果が期待できるところ)

健全な生態系の創出(干潟や藻場が現存していないところ)

親水性(人とのふれあいが多いところ)

1.2 産業界における閉鎖性海域対策の現状と課題

1.2.1 産業界の水質総量規制に沿った取組の状況

産業界の工場・事業場からの排水については、水質総量規制あるいは排水基準などにより排水規制の措置が取られており、近年では東京湾、伊勢湾、瀬戸内海のいずれの海域においても COD、窒素およびリンの負荷総量は一貫して減少の傾向にある。環境省は 2005(平成 17)年度に、これら閉鎖性海域への発生負荷量及び流出負荷量の把握を目的とした調査をおこなったが、調査結果から産業形態別の汚濁負荷排出量を把握することができる(図 1-4)。

図 1-4 によると、産業界からの排水において閉鎖性海域への負荷寄与率が高いのは、伊勢湾、瀬戸内海への COD 負荷(20.2%, 23.9%)、瀬戸内海への総窒素負荷(17.1%)であり、その他の項目では 10%前後あるいはそれ以下である。いずれの項目も生活系排水が半分近くの寄与率を示しており、窒素・リンでは 3 割前後がその他農業・畜産業など非点源汚染が占めている。

産業界において業種別に汚濁負荷の寄与率を見てみると、COD では紙・パルプ製造業、化学工業など有機化学物質を主に使用している業種が大半を占めている。窒素系化合物では、化学工業の他、鉄鋼業、東京湾や瀬戸内海では石油・石炭鉱業の比率が高い。リン系化合物については、化学工業、食料品製造業からの排出が主である。汚濁負荷の寄与率が低い業種としては、繊維製品製造業からの排出はいずれも 10%以下である。また総窒素については食料品製造業、紙・パルプ製造業からの排出が少ない。総リンについては鉄鋼業、石油・石炭鉱業からの排出が少ない。

産業界の水質総量規制に沿った取組としては、製造設備の廃止、代替物質の使用などで対象化学物質の排出を抑える、高度処理設備、化学物質反応器、濃縮焼却装置など新規技術を導入する、排水対策技術フローを見直し変更するといった方法が挙げられる。費用対効果を考慮した上で最も利便性が高い手法が取り入れられると考えられるが、排水循環再利用システム導入により汚濁負荷の排出を低減させるとともに有用資源を回収するといった複数のメリットを工夫して得るケースもある。

閉鎖性海域への汚濁負荷量削減対策の強化は、コスト負担の増大につながるという認識がなされやすいが、排水工程周辺の状況を見直すきっかけになり、製造工程の簡略化、化学物質の使用削減がおこなわれ、初期投資が大きい等の懸念はあるが、結果的には継続した工場・事業場全体のコストダウンにつながる可能性がある。水質汚濁対策に限らず、CO₂削減対策等において施設内のエネルギー効率を上げていくことなどでも同様のことが考えられ、環境改善により経済効果を生み出す取組に関する方法論は重要になっていくと考えられる。

日本の閉鎖性海域に対する COD 負荷状況(出典：環境省)

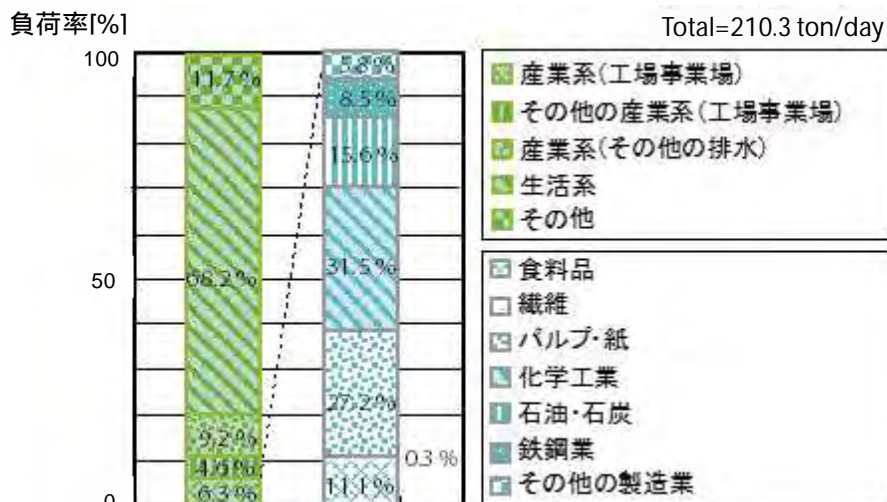


図 1-4 東京湾への汚濁負荷の状況(COD)

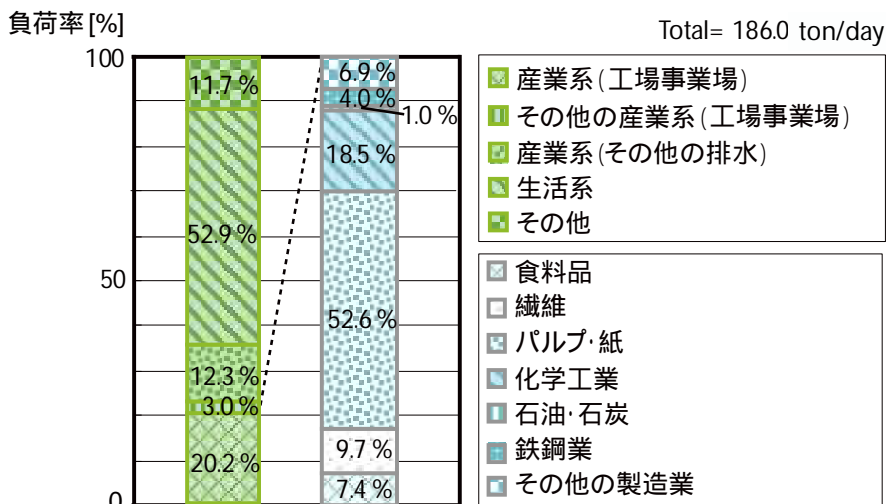


図 1-4 伊勢湾への汚濁負荷総量の状況(COD)

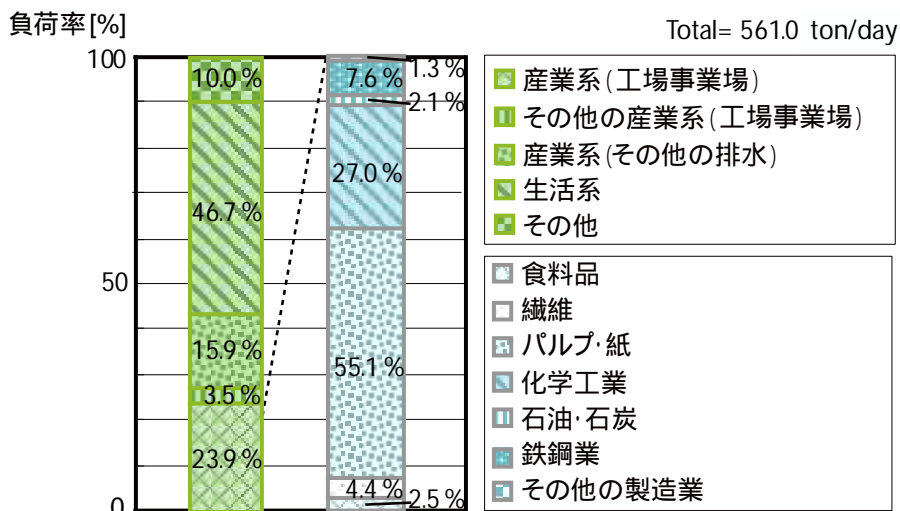


図 1-4 瀬戸内海への汚濁負荷の状況(COD)

日本の閉鎖性海域に対する窒素系化合物負荷状況(出典：環境省)

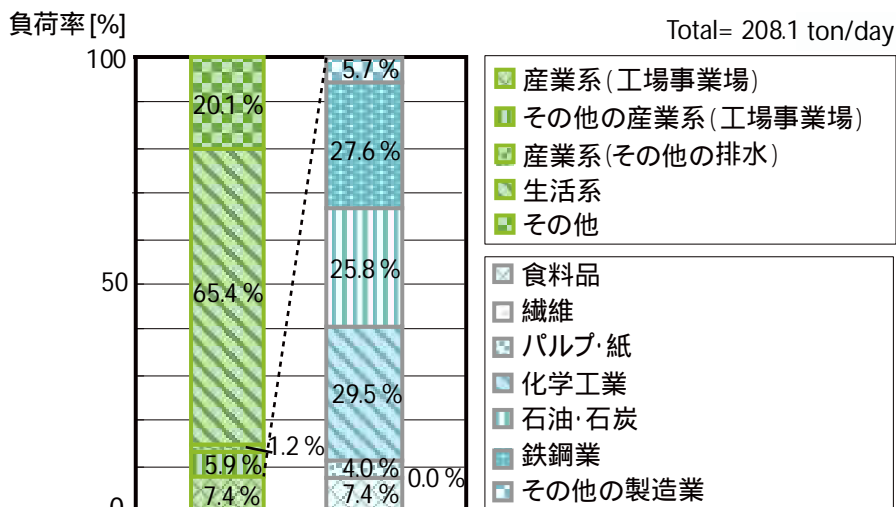


図 1-4 東京湾への汚濁負荷の状況(総窒素)

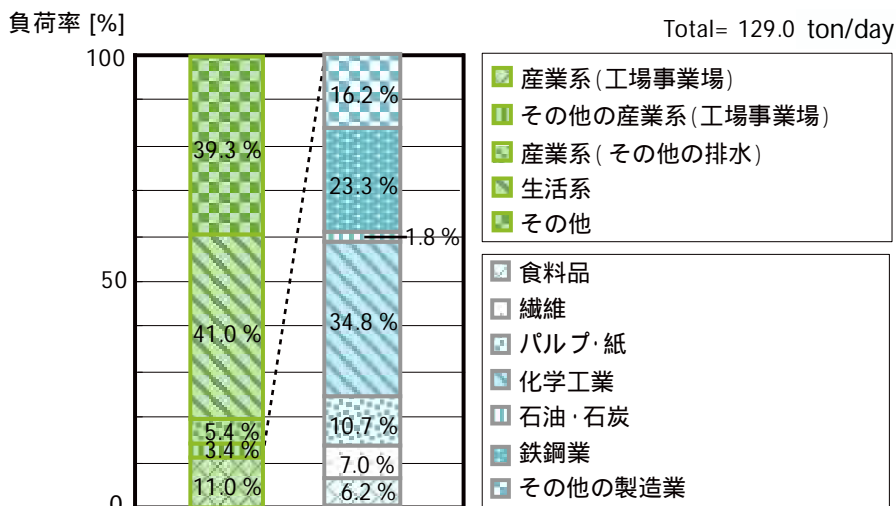


図 1-4 伊勢湾への汚濁負荷総量の状況(総窒素)

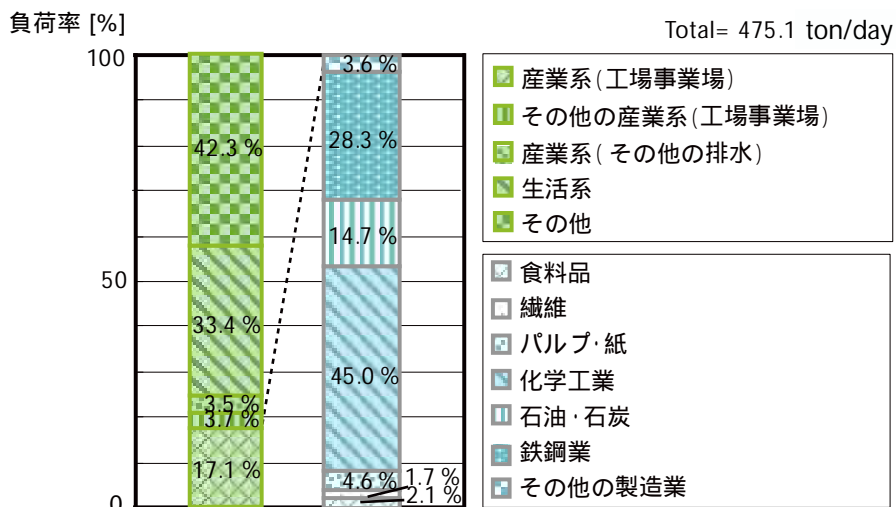


図 1-4 瀬戸内海への汚濁負荷の状況(総窒素)

日本の閉鎖性海域に対するリン系化合物負荷状況(出典：環境省)

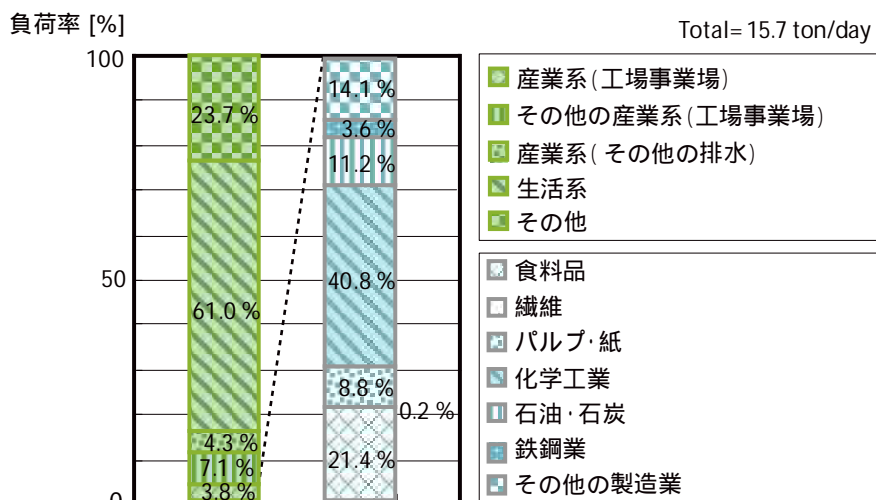


図 1-4 東京湾への汚濁負荷の状況(総リン)

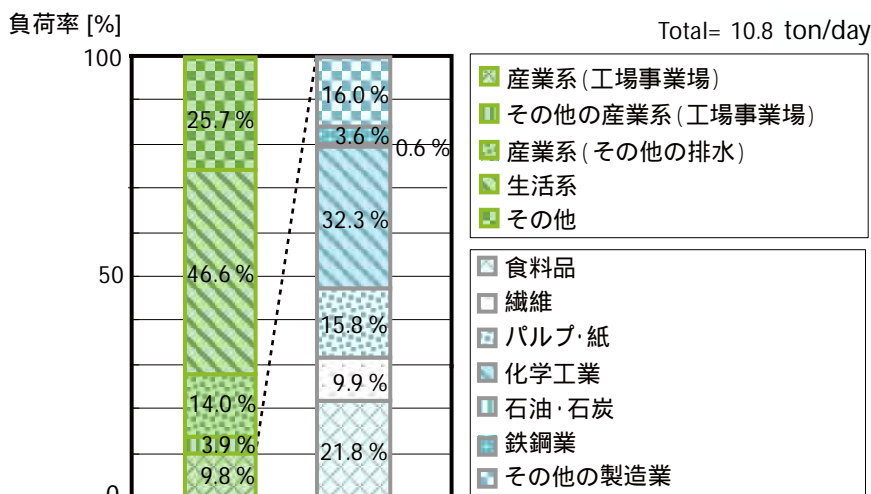


図 1-4 伊勢湾への汚濁負荷総量の状況(総リン)

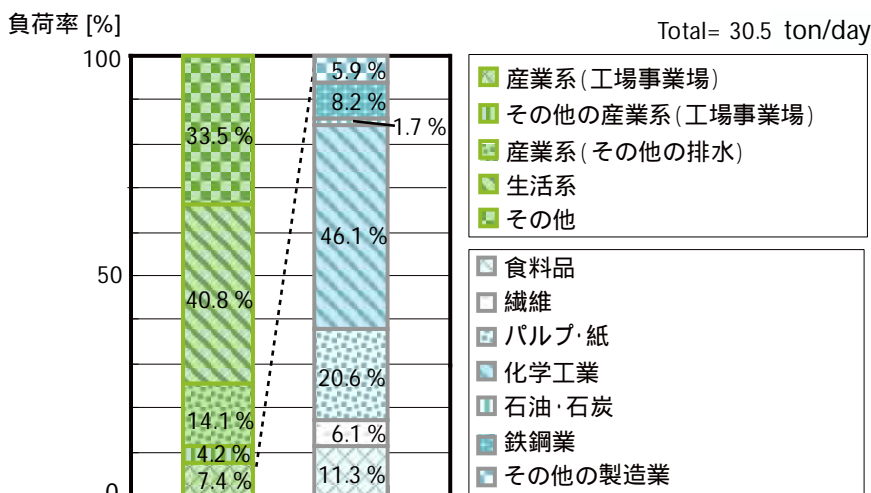


図 1-4 瀬戸内海への汚濁負荷の状況(総リン)

1.2.2 産業界から水系への化学物質排出状況

環境省が 2006(平成 18)年に調査した PRTR(環境汚染物質排出移動登録: Pollutant Release and Transfer Register)データを用いて、産業界からの業種別(産業界業種区分は表 1-3 のように PRTR の区分コードに基づくものとした)水系への化学物質排出状況を調べた。表 1-4 はその統計処理結果である(塗りつぶした項目は環境基準項目、ただし環境基準のうちジクロロメタン、1,1-ジクロロエチレン、1,3-ジクロロプロペンはデータ外)。

本データからフッ素・ホウ素系の排出が特に多いことが分かる。フッ素・ホウ素はもともと自然界に豊富に存在する物質であるが、生産活動に伴い自然界の濃度バランスを崩すことになり、人の健康および環境にも影響を与える可能性が生じたため、2001(平成 13)年に新たに環境基準に選定された項目である。

業種別の排出状況に特徴が見られるが、業種ごとの排出上位の COD 関連物質としては、原油鉱業等ではアルコール類および炭化水素類、食料品製造業ではエチレングリコール、キシレンなど、紙・パルプ製造業ではクロロホルム、ホルムアルデヒドなどがある。

鉄鋼業、非鉄金属製造業は同様の化学物質が排出されているが、フッ素、ホウ素の他、亜鉛、ニッケル、マンガンなどの重金属類が排出量上位を占めている。

機械器具製造業では、フッ素排出に関しては半導体製造業の排出する割合が高い。その他亜鉛、ニッケル等の重金属や 2-アミノエタノール、ピペラジンが排出量の上位にある。

電気・ガス業では主に電力部門からの排出であるが、排出される化学物質の種類、量ともに多くなく、ヒドラジンは発電所特有である。

表 1-4 本報告書の統計処理に用いた業種

PRTR 区分コード	業種名称
0700、2100	原油鉱業等(天然ガス鉱業、石油・石炭製品製造業を含む)
1200、1320、1350	食料品製造業(飲料、酒類を含む)
1600～1800	紙・パルプ製造業(木材製造業を含む)
2000～2092、2200	化学製品製造業(プラスチック、医薬品、農薬等を含む)
2600	鉄鋼業
2700	非鉄金属製造業
2800～3230	機械器具製造業(金属製品製造業を含める)
3500、3600	電気・ガス業
0500、1300、1350、1400、 1500、1900、2300、2400、 2500、3300、3400、3700～ 9210	その他(その他の産業。下水道業は 3830)

出典：環境省

環境省業種等区分とは異なる部分がある

表 1-5 産業界からの化学物質排出状況 1

化学物質	業種	水域への排出量 [kg/year]										
		原油・鉱業等	食料品 製造業	紙・パルプ 製造業	化学製品 製造業	鉄鋼業	非鉄金属 製造業	機械器具 製造業	電気・ガス業	その他	その他 (うち下水道業)	合計
ホウ素およびその化合物	213,346			25,014	253,279	44,510	585,811	105,110	1,833,632	1,563,792	3,060,702	
フッ素およびその化合物	3,322				194,864	326,844	298,387	320,371	1,597,339	1,447,640	2,741,129	
マンガンおよびその化合物	2		1,200		266,163	40,385	19,141	9,299	310	536,908	873,408	
亜鉛の水溶性化合物	11,150		13,974		55,742	17,407	20,411	41,364	4	446,712	606,764	
エチレングリコール	35,852	13,700	6,939		174,653	270	1,000	3,306		364,480	600,200	
N,N-ジメチルホルムアミド	720				138,668			10,599		142,409	292,396	
ポリ(オキシエチレン)エーテル	2		1,583		21,659	4,400	4,000	12,223		158,959	202,826	
チオ尿素					145,242			10,015			155,257	
-カプロラクタム					123,117					14,826	137,943	
エチレンジアミン			2		130,148	120		21			130,291	
銅水溶性塩(錯塩を除く)	1		770		14,635	26	21,325	14,296		50,218	101,271	
クロホルム		13	44,280		56,816					5	101,114	
ニッケルおよびその化合物			47		16,300	19,504	10,299	41,619		2,439	90,208	
二硫化炭素			2,660		84,860						87,520	
ジエチレントリアミン					87,045						87,045	
モリブデンおよびその化合物					55,819	17,742	2,658	1,047			77,266	
クロロベンゼン					74,735						74,735	
トルエン	4,165		1,084		57,339		6	4,519		1,557	70,070	
ホルムアルデヒド		1,400	10,988		34,002		2	4,596		20,104	69,692	
1,4-ジオキサン					65,305						65,305	
アセトアルデヒド					53,142					4,660	57,802	
ピリジン					53,448						53,448	
直鎖アルキルベンゼン												
スルホン酸およびその化合物		2,800	4,450		9,907			4,800		8,763	30,720	
無機シアン化合物	4,150				1,381	100	38	244		38,035	39,798	
キシレン		5,800	1,429		19,207		2	1,395		5,809	37,792	
クロムおよび三価クロム化合物					1,260	6,827	484			27,639	25,792	
2-アミノエタノール	1,404		130		5,324	4,800		20,130		691	32,479	
ポリ(オキシエチレン)エーテル	1	32	32		1,096	11,274	3,690	11,831		4,388	32,344	
EPN					61					31,694	31,755	
アニリン					28,437						28,437	

出典：環境省

表 1-5 産業界からの化学物質排出状況 2

化学物質	業種	水域への排出量 [kg/year]												
		原油鉱業等	食料品 製造業	紙・パルプ 製造業	化学製品 製造業	鉄鋼業	非鉄金属 製造業	機械器具 製造業	電気・ガス業	その他	その他 (うち下水道業)	合計		
3-メチルピリジン					28,043									28,043
メタクリル酸メチル					27,425									27,425
クレゾール					27,001			110						27,111
1,3-ジクロロ-2-プロパノール				6,360	2							19,141		25,503
ピペラジン					7,800					44	17,420	55		25,319
砒素およびその化合物					10			3		8,089		13,118	12,288	21,220
鉛およびその化合物					87			252	1,624	8,436		9,643	9,073	20,042
酢酸ビニル				36	19,943							34		20,013
メタクリル酸					17,963									17,963
テレフタル酸					262							16,439		16,701
酸化プロピレン	60				1,209							12,000		13,269
1,1,1-トリクロロエタン					14							13,242	10,183	13,257
ピドラジン	871			9	3,906			4,613				329		12,495
エチレンオキシド	460				4,903							1,100		12,173
六価クロム化合物				2	89			12		11	406	11,284	10,573	11,804
塩化メチレン			4		3,179			10		4	65	8,102	7,818	11,364
フェノール	1,542			17	9,455			26		25	25	195	50	11,260
コハルトおよびその化合物					7,207			406		297	2,214	34		10,158
アンチモンおよびその化合物	1,400			100	2,757			3,068		726	173	924		9,148
チオベンカルブ					7							8,843	8,560	8,850
アクリロニトリル					8,616									8,616
アクリル酸メチル					8,342									8,342
エチレングリコールモノエチルエーテル					7,834							360		8,194
塩化ビニル					7,738									7,738
セレンおよびその化合物					7			41		1,746		5,441	4,770	7,235
フタル酸ビス(2-エチルヘキシル)					137			1,300			122	5,615		7,174
ベンゼン	1,836				3,555					2		1,748	1,597	7,141
アゼトニトリル					5,841							760		6,601
エピクロヒドリン					5,334									5,334
カドミウムおよびその化合物					1					625		4,358	4,138	4,988
1,1,2-トリクロロエタン					3,555							1,132	1,059	4,687

出典：環境省
塗りつぶした項目は環境基準項目

表 1-5 産業界からの化学物質排出状況 3

化学物質	業種	水域への排出量 [kg/year]													
		原油・鉱業等	食料品 製造業	紙・パルプ 製造業	化学製品 製造業	鉄鋼業	非鉄金属 製造業	機械器具 製造業	電気・ガス業	その他	その他 (うち下水道業)	合計			
エチレン	スチレン				4,370							14			4,384
エチレングリコールモノメチルエーテルアセテート					4,364										4,364
cis-1,2-ジクロロエチレン					14							4,308		3,808	4,322
1,3-ブタジエン					4,162							970		920	4,162
1,2-ジクロロエタン					3,191										4,161
ヒドロキノン					4,035										4,035
グリオキサル					3,866										3,866
ビスメチルアンモニウムクロリド					3,634										3,634
トリクロロアセトアルデヒド					3,300										3,300
ビスフェノールA	70				1,785							220		1,165	3,240
クロロ酢酸					3,205										3,205
チウラム												2,884		2,802	2,884
塩化メチル					2,860										2,860
トリクロロエチレン					222						97			2,250	2,818
バリウムおよびその化合物	31				335				1,510		796			53	2,725
五酸化八チウラム	560				1,940			10						1	2,501
ニトリロ三酢酸					93									2,400	2,493
塩化ビニルデン					52									2,346	2,398
ポリ(オキシエチレン)エーテルフェノール	59				556			17			530			1,083	2,245
m-フェニレンジアミン					2,200										2,200
銀およびその化合物										1,864	152				2,016
シクロヘキシルアミン	5				352		1,605								1,962
2-(ジエチルアミノ)エタノール					2								1,800		1,912
デカブromジエチルエーテル					240								1,576		1,816
メルカプト酢酸					202			1,600							1,802
o-ジクロロベンゼン					1,192								600		1,792
エチルベンゼン	25				929								390		1,756
ヘキサメチレンジアミン					1,675										1,675
テトラクロロエチレン					27								1,530	1,415	1,560
メタクリル酸n-ブチル					1,512										1,512
無水フタル酸					1,508										1,508

出典：環境省
塗りつぶした項目は環境基準項目

表 1-5 産業界からの化学物質排出状況 4

化学物質	業種	原油・鉱業等	食料品 製造業	紙・パルプ 製造業	化学製品 製造業	鉄鋼業	非鉄金属 製造業	機械器具 製造業	電気・ガス業	水域への排出量 [kg/year]		合計
										その他	その他 (うち下水道業)	
	シマジン				1					1,487	1,445	1,488
	ジニトロトルエン				1,310							1,310
	アリルアルコール				1,254							1,254
	2-ピニルピリジン				1,100							1,100
	ニトロベンゼン				1,100							1,100
	1,3,5-トリメチルベンゼン	290			9			102		614		1,015
	D-D				1					903	878	904
	CFC-113				900							900
	ヘキサメチレンテトラミン				432	6				400		838
	塩化アリル				772							772
	クロロアセチル=クロリド				730							730
	フタル酸ジ-n-ブチル			121	238			1		360		720
	カテコール							696				696
	N-ニトロジメチルアミン				680							680
	エチレンジアミン四酢酸				548			125				673
	エチレンジアミンモノメチルエーテル				250					420		670
	o-クロロアニリン				620							620
	四塩化炭素				1					583	559	584
	アクリル酸エチル				561							561
	ピクリン酸				515							515
	グルタルアルデヒド			120	37					350		507
	アクロレイン				500							500
	2,4-ジニトロフェノール				480							480
	アクリル酸				478							478
	水銀およびその化合物						13			292	275	305
	PCB									291	275	291
	p-ニトロフェノール				280							280
	メタクリロニトリル				270							270
	1,2-ジクロロプロパン				222							222
	ジクロルボス				221							221
	ニトログリコール				190							190

出典：環境省
塗りつぶした項目は環境基準項目

表 1-5 産業界からの化学物質排出状況 5

化学物質	業種	水域への排出量 [kg/year]												
		原油鉱業等	食料品 製造業	紙・パルプ 製造業	化学製品 製造業	鉄鋼業	非鉄金属 製造業	機械器具 製造業	電気・ガス業	その他	その他 (うち下水道業)	合計		
p-ジクロロベンゼン	アクリルアミド				117									117
	リン酸トリ-n-ブチル				109								98	109
	有機スズ化合物				16						79			95
	フタル酸n-ブチルベンジル				91						93			93
	1-クロロ-2,4-ジニトロベンゼン				89									89
	o-クロロトルエン				76									76
	m-アミノフェノール				69									69
	p-クロロアニリン				64									64
	ニトログリセリン				42						4		12	58
	無水マレイン酸				50									50
	メタクリル酸2-(ジメチルアミノ)メチル				22									22
	1-オクタノール		10										10	42
	エチレングリコールモノエチルエーテル													
	アセテート			14	28									42
	カルバリル				40									40
	エチレインホス				39									39
	エチレインホス				36									36
	2,4,6-トリクロロ-1,3,5-トリアジン				34									34
	-メチルスチレン				12									12
	クロロタロニル			20										20
	N,N-ジメチルデシルアミン=N-オキシド		7		18								7	32
	2,2'-アジビスイソプロピロニトリル				22									22
	リン酸トリ(ジメチルフェニル)				20								22	22
	trans-1,2-ジクロロエチレン				20									20
	エチルチオメチン				20									20
	プロチオホス				20									20
	プロピネブ				19									19
	塩化ベンジル				17									17
	アジピン酸ビス(2-エチルヘキシル)			15										15
	メタクロロニル												15	15
	2,4,6-トリニトロトルエン												15	15
	1-アリルオキシ-2,3-エポキシプロパン				14									14

出典：環境省
塗りつぶした項目は環境基準項目

表 1-5 産業界からの化学物質排出状況 6

化学物質	業種	水域への排出量 [kg/year]										合計			
		原油鉱業等	食料品 製造業	紙・パルプ 製造業	化学製品 製造業	鉄鋼業	非鉄金属 製造業	機械器具 製造業	電気・ガス業	その他	その他 (うち下水道業)				
2,4,6-トリプロモフェノール					12										12
4-ピニル-1-シクロヘキサ イソプロチオラン					11										11
ノニルフェノール					10										10
フェンチオン					10										10
メタクリル酸-2,3-エポキシプロピル 臭化メチル					9										9
p-ニトロクロロベンゼン					8										8
p-フェニレンジアミン					7										7
サリチルアルデヒド					6										6
ピテルタノール					6										6
シクロン					4										4
2-プロモプロパン					3										3
1,3,5-トリ(2,3-エポキシプロピル)-1,3,5- トリアジン-2,4,6(1H,3H,5H)-トリオン トリクロルホン													3		3
トリクロルホン					2										2
グレオキサル											1				1
アミトロール					1										1
イミクタジン					1										1
エスプロカルブ					1										1
テフフェノシド					1										1
テフフェンピラド					1										1
フェニルオキシラン					1										1
フェンチオカルブ					1										1
N-シクロヘキサリル-2-ペンソチアゾール スルファアミド													1		1
ベリリウムおよびその化合物													1		1

出典：環境省

塗りつぶした項目は環境基準項目

1.2.3 産業界業種別の水質汚濁負荷削減対策

産業界の水質汚濁削減対策は向上しているが、総量規制制度を始め産業界の排水中の汚濁負荷への削減要求は今後も継続される可能性が高く、この場合には原材料等の使用実態、排水処理技術開発の動向、費用対効果、除去率の季節変動等を踏まえた効率的な排水対策技術および排水処理手法の導入などの対策の更なる向上が求められる。

本項では、産業界の主要な業種(石油鉱業、食料品製造業、紙・パルプ製造業、化学製品製造業、鉄鋼業、非鉄金属製造業、機械器具製造業、電気業)について、業種ごとの生産工程および排水処理工程のフロー図事例を産業界からのヒアリング調査などにより情報収集した。これらについては巻末の参考資料 1 にまとめた。また事業内での生産工程および排水処理工程のフロー内で使用されている水質汚濁負荷対策技術、水域へ主に排出されている化学物質などの情報、排水処理対策の特徴および課題について産業界から知見をいただいた。

業種別の排水処理工程フローを見てみると、排出される化学物質によって工程フローの特徴、使用される技術・薬品が異なることが分かる。共通しているのは、排水中には特に生産工程から排出される製品中の主要物質、副産物等が高濃度に含まれているので、一次処理でこれらの大部分をまとめて分離除去する技術を導入するのが効率的であるということである。また基本的には下枠内のように除去しやすい物質(少ない技術で除去可能な物質、安価に除去できる物質、物理的に大きい物質など)から除去しにくい物質(低濃度の物質、難分解性の物質、物理的に小さい物質など)へという流れで化学物質を処理していく。

典型的な排水処理工程フロー

一次処理：SS 等浮遊物質を除去するためのスクリーン、沈降又は浮上分離等物理的処理
二次処理：排水中に溶存する BOD(COD、窒素およびリンの一部)を分解除去する生物的処理
三次処理：難生分解性 COD、窒素、リンの大部分を除去する濾過や活性炭吸着等高次の処理

排水処理技術について特徴的なのは、凝集沈殿処理と活性汚泥処理が多用されることである。凝集沈殿は SS、COD、重金属およびリンの、活性汚泥は BOD、COD、窒素の汚染の削減に有効である。これら 2 技術の設置順序は、前段に活性汚泥、後段に凝集沈殿を設置すること多い。これは凝集剤使用量の削減と、活性汚泥処理で微生物が分解しない難分解性物質(COD)を、後段の凝集沈殿で効率的に除去できるためである。しかし、生物処理に有害な重金属等が含まれる場合は、その配置は逆にする必要がある。

その他のフローの特徴として、油分については排水処理の始めに加圧浮上法や活性炭処理が主に利用される。SS は濃度が低い場合は濾過処理法の適用が確実な手法である。ただし高濃度の SS が含まれる場合は、砂濾過ですぐに閉塞してしまうため加圧浮上法などが用いられる。濾過処理法、活性炭吸着はいずれもフローの最終工程で多用されるが、前段で除去し切れなかった低濃度の SS、COD の除去に有効である。

窒素分が多い排水は生物学的硝化槽 脱窒槽により処理するのが一般的であるが、比較的大きな設置面積を要すること、ばっ気動力を多量に消費するなどの難点があった。最近、嫌気性アンモニア脱窒反応を利用したアナモックス反応による省エネ型窒素除去システムが注目を浴びている。まだ課題があり、実用化は限られているが今後の普及が期待されている。色度などの難分解性物質を多く含む排水に対しては、オゾン反応槽 生物反応槽 沈殿槽 砂濾過槽というように複数の反応槽を介して処理される。

また工場・事業場の生活排水などを処理する場合は、工場等製造工程の排水から有害物質を除去した最終段階で排水を統合させ、高度処理をかけるというのが一般的である。

排水処理においては排水中の汚濁物質を除去すること以外に、分離・濃縮後の汚染物質(廃棄物等)を廃棄・管理する視点も重要である。

排水中に含まれる汚染物質は排水対策を経て、最終的に汚泥等に含有される。これら汚泥処理にかかるコストは高く、特に有害物質を含む汚泥ではその処分にかかる費用は高額になる。そこで汚泥処理・処分を低コストでおこなう工夫としては、排出される汚泥の含水率を下げ、なるべく減量化する、不純物はなるべく同一物質を濃縮して高純度で回収する、生産段階で汚染物質を回収・再利用することにより、なるべく産業廃棄物として外部に排出しないようにするといった手法が考えられる。

その具体的な対策の事例として、については、無機汚泥の大半は凝集沈殿により処理されるが、処理された汚泥(スラッジ)に対してさらに選択抽出作業をおこなうことで汚泥排出量を 1/6 ほどに抑える手法がある。このように排水処理に伴って発生する汚泥を効率的に削減できる新たな抽出、分離技術が今後求められているといえる。

は、汚泥にいくつもの汚染物質が共存していると処理にコストや手間がかかるため、なるべく少ない種類を高濃度で回収するという手法が有効であるということである。本手法について、有用物質の回収技術については 1.2.4 (3)で詳細を扱う。

については、化学製品製造業では排水をなるべく出さないという考え方で取り組む事業場等が広まっており、製品製造段階で固液分離後濃縮、晶析をおこない、生成物の一部を製造プロセスに戻す操作が見られる。

また汚泥等を焼却処分する際には、汚泥の含水率が高いと熱効率が下がるので、極力低くしておくことが求められる。沈降分離によって発生する汚泥の固形物濃度は 2 wt%以下のものが多く、固体としての取り扱いができない。そのため脱水が必要となる。コストの低いものから沈降濃縮、機械的脱水(濾過、遠心分離など)、熱的脱水(蒸発、乾燥など)がある。汚泥を補助燃料なしに自燃させるには、水分 40%以下にまで脱水する必要がある。

その他、脱水汚泥や焼却灰を埋め立てする最終処分の代わりに、有効利用する技術開発も進められている。例えば、緑農地利用や建設資材材料(セメント原料、土質改良材、路盤材、タイル・れんが、コンクリート骨材)などに再利用される。

次に、業種ごとの排水処理対策の特徴および課題を示す。

(1) 石油鉱業

石油鉱業からの排水に主に含まれる化学物質には、主に石油精製時に副産物として生産されるアルコール類(エチレングリコール、フェノールなど)、トルエン、ベンゼン等の炭化水素などがある。また亜鉛の水溶性化合物は反応添加剤や触媒などの用途で用いられている。

排水に関しては、オイリー排水(含油排水)とインター排水(中間排水)、クリーン排水(非含油排水)に区別して処理される。オイリー排水には、石油精製装置から排出されるプロセス排水、ポンプのグランド冷却水、タンクに溜まった底部水の切り捨て排水やタンカーのバラスト水などがある。インター排水には装置地区内に降った雨水と万一の冷却器の油漏れが考えられる循環使用冷却水等があり、オイルセパレーターを経て排出される。クリーン排水は道路や事務地区等に降った雨やスチーム凝縮水等の油の混入の可能性がない排水で、おおむねそのまま排出される。

石油鉱業からの排水に主に含まれるのは COD、窒素であり、活性汚泥処理と凝集沈殿処理が対策の主体である。低濃度化した COD は活性炭吸着で処理される。また精油所からの排水中の主な COD 関連物質は油分である。油分を多く含むオイリー排水は、油分除去装置を工程の始めに設けているのが特徴であり、水処理工程の最初の段階で大幅に削減しておくことで、その後のフローの効率化も図ることができると考えられる。

ベンゼン等炭化水素、シアン等窒素系化合物については、凝集沈殿・活性汚泥・活性炭吸着を組み合わせた総合排水処理設備を通して COD、窒素の排水基準値を達成することが一般的であるが、難生物分解性の化合物を高濃度を含む排水では不溶化により固体状態にして焼却処理等をおこなうこともある。

(2) 食料品製造業

食料品製造業の排水の性状は業種の形態により大きく異なっているが、有害物質はおおむね比較的少なく、糖分や窒素分、塩分、ノルマルヘキサン抽出物質を始め富栄養化の原因物質である有機系化学物質が主である。香料などの合成原料を製造する場合は化学物質としてトルエン、キシレン(有機溶剤)が排出される。

食料品製造業の排水は、SS 分や油分は凝集沈殿、浮上分離、濾過等により除去され、COD(BOD)については主に活性汚泥法により処理される。三次処理が必要な場合は、活性炭吸着やオゾン酸化が用いられている。小規模の事業場では排水量が少ないため、自前の処理ではなく、公営の下水処理場に排出している場合もある。

汚濁が高濃度である場合が多く、始めの工程で大幅な削減ができる低コストの嫌気性微生物処理を用いるのが効果的である。近年では活性汚泥処理等の好気性処理を行っている既設工場を嫌気性処理に更新あるいは併用することで省エネ化を図る動きがある。また油脂、ノルマルヘキサン抽出物質への技術開発が進んでおり、これらの排出がある事業場では油脂分解槽をフローの始めに持ってくることも有効であると考えられる。

(3) 紙・パルプ製造業

紙・パルプが生産される工程には、パルプ化工程(晒クラフトパルプ：蒸解、洗浄、漂白、古紙パルプ：離解、洗浄、(脱墨、漂白))と抄紙工程がある。クラフトパルプの漂白工程が最も排水負荷が高く、次に古紙パルプ系で、抄紙系排水は比較的負荷が小さい。排水処理施設の処理対象物質は COD(BOD)、SS が主である。COD(BOD)については生物処理(活性汚泥処理等)、SS には物理化学処理(凝集沈殿処理等)を用いるのが一般的であり、排水処理フローは、負荷の高いクラフトパルプ系排水や古紙パルプ系排水は、活性汚泥処理と凝集沈殿処理の 2 段処理、また抄紙系排水は凝集沈殿処理の 1 段処理が一般的におこなわれている。

排水中に含まれる化学物質は、製造工程で発生するものが多い。クロロホルムは塩素系漂白の際にリグニンと塩素が反応することで発生するが、最近では酸素系漂白等代替手法によって発生を抑える努力がされている。ホルムアルデヒドは耐水化剤、防腐剤、難燃剤、湿潤紙力増強剤などの薬品原料として一部使用されるが、ホルムアルデヒドを含有しない薬品への代替が進んでいる。

パルプから紙まで一貫生産する工場では、反応による危険物質発生の恐れがあるため、各工程からの排水を始めから混合することはできない。特にパルプ化工程では Na_2S が排水中に含まれているが、これに硫酸等で pH 調整をおこなう際には有害物質 H_2S が発生しないように適正処理されている。また COD 除去のために活性汚泥処理をおこなう際には、栄養剤として必要とされる窒素・リン系化合物を投与する。

モニタリングについては一般的には最終工程に pH、濁度、COD、窒素およびリン濃度等の監視をおこなうとともに、必要であれば工程毎に監視を行い管理する。

全体的には排水工程のみならず、生産工程を変更することで化学物質の排出量を減らす努力がなされている。

(4) 化学製品製造業

化学製品製造業における化学物質の公共水域への排出量は、有機化学物質が大半を占める。これらの有機化学物質は含ヘテロ(N、O、P、S など)化合物、炭化水素などである。

上記のような化学物質を含む排水処理は一般に、pH 調整、凝集沈殿処理を経て、活性汚泥処理を行い、COD、総窒素・総リンなどを基準値以下にまで下げるといった手法が取られている。ここでの排水対策関連の特徴と課題についてまとめると以下ようになる。

化学製品製造業では、汚濁負荷量を削減するために排水からの分離・回収あるいは燃焼など化学物質の特性に合わせた前処理工程を導入している。しかし、これには大きな設備投資やエネルギーコストの増加を伴っている。また原料や工程の見直し、用水の合理化なども実施されているが、適用範囲が限られるという課題もある。

分析機器や計測機器については、高性能化及び測定時間の短縮、監視システムの充実などにより排水の処理量を安定的に向上させ、設備の最大処理量付近での運転が可能になっ

た。その結果、運転の管理幅は小さくなり、リアルタイムでの対応が求められるとともに監視には細心の注意が必要となっている。

以上のように化学製品製造業においては処理設備を高い精度で適正に管理することで処理能力を十分に引き出すことの他、前処理の導入や発生源対策も同時に実施されている。

(5) 鉄鋼業

鉄鋼業からの排水には金属系物質としては主に溶解鉄、鉄()などの鉄分が多く含まれ、それ以外にマンガン、ニッケル、モリブデン、亜鉛、クロム()などが含まれる。一方で、COD 源となる物質には石炭粉、フェノール、シアン、溶解鉄、油分、無機塩などがある。

鉄鋼業の排水は事業所で製造する品種によって工程が異なって排水の種類も異なる。一般的な高炉事業所から排出される工程排水としては、コークス製造、鋼材の熱間圧延、冷汗圧延、メッキ処理工程等からの排水が主な物である。コークス製造工程から発生するアンモニア水にはアンモニアストリッピングを用いるのが一般的であるが、近年ではアンモニアを直接分解する手法も開発されている。このアンモニア直接分解システムは、アンモニアストリッピング設備との組み合わせにより、排水中のアンモニアを気相中に放散させた後で、触媒塔にて窒素に分解・無害化するシステムであり、多元機能触媒を用いることによりアンモニアを直接窒素まで分解させることができる。

熱間圧延工程や冷間圧延工程からの排水は製品や機械に直接噴霧される直接冷却水と炉体や機器などを間接的に冷却する間接冷却水がある。直接冷却水には鉄分などの重金属を大量に含むため、高分子凝集剤を添加した凝集沈澱処理が一般的に行われ、その後にはろ過処理において SS 粒子がほぼ完全に除去される。間接冷却水は基本的には温度上昇のみであるため水温低下処理が行われる。排水は再利用水とされて循環使用されるのが一般的であり、用水の循環使用率は 90%以上となっている。

(6) 非鉄金属製造業

非鉄金属工業では各事業場の製造工程に関わる金属類(銅、亜鉛、マンガン、ニッケル、鉛、ヒ素など)の排出が主である。金属加工工場やめっき処理工場などからの廃液には金属系の物質が主であり、一般的には凝集沈殿、苛性ソーダなどを使って分離し、金属を水酸化物にして沈殿させるアルカリ沈殿法が用いられる。

排水の重金属濃度が高いため、凝集沈殿によって一度に処理する場合は、溶液中にフロックが占める割合が大きくなり、沈降速度の低下、装置内の溶液の流動性の停滞が起こる。凝集沈殿処理を回収する金属ごとに分割実施する、フロックを吸引回収するシステムを導入する、少量でフロックを適度の大きさに維持でき、汚泥の発生を軽量化する凝集剤を選択するなどの工夫が要される。

近年では金属を選択的に吸着もしくは電解などにより除去するシステムの開発が進んでいるが、処理量、効率性、コストの面で改良を重ねていくことが求められる。

(7) 機械器具製造業

機械器具製造業で用いられる化学物質には、ニッケル、亜鉛、銅といった金属類もあるが、洗浄操作に用いる界面活性剤(2-アミノエタノール、ポリオキシエチレン類等)の使用が多い。

金属類を除去するには凝集沈殿処理が用いられることが多い。また本処理をおこなう際、反応槽に界面活性剤が存在すると、薬品を余計に注入する必要性が生じる。そこで、ピーカーテストなどにより薬品の適正注入量をあらかじめ確認しておくこと、界面活性剤を前段で処理することとの効率性の比較検討をおこなうことなどが重要となる。その他、油類処理には浮上分離が用いられる。また、SS、COD 等については、最終工程で濾過処理、活性炭吸着処理をおこなうことで確実に処理する。

半導体の製造プロセスでは、アンモニア水などを混合した薬液を用いてウエハ表面を洗浄する工程があり、窒素分を集中的に処理する技術が必要である。アンモニアストリッピング処理をおこなうことが多いが、アンモニア含有排水量が多いときは、ストリッピングするための大量の蒸気を必要とし、ランニングコストが高い、アンモニア以外の窒素分は分解処理できないという難点がある。そこで窒素分を総合的に処理できる硝化槽と脱窒槽を組み合わせ、排水を循環させるシステムを導入することで、高濃度汚染の効率的な処理が可能になる。本システムでは、アンモニアは硝化槽において硝酸性窒素や亜硝酸性窒素になり、脱窒槽においてメチルアルコール等の水素供与体を添加して嫌気微生物の作用により、窒素ガスと水に分解放出される。

(8) 電気業

電力部門で主に排出される化学物質はヒドラジンのみである。ヒドラジンは無色の液体で、アンモニアに似た刺激臭がある。発電所ではボイラ給水中の溶存酸素除去を目的としてヒドラジンの水溶液を使用しており、その排水処理では専用の反応器によって分解除去されている。

発電所の排水は、その性質によって、廃液排水、含油排水、起動排水、生活排水に区分し処理されている。いずれの排水工程においてもSS分が含まれているので、凝集沈殿処理や濾過処理がおこなわれている。油を含む(または油を含む可能性のある)排水については、含油排水処理装置(油浮上分離槽によって油分を選択的に除去)で処理している。

発電所で排出されるヒドラジンを含む排水は、起動排水タンクに溜められた後、濾過器でSS分を除去し、反応器(パラジウム触媒)でヒドラジンを分解除去する工程となっている。

また、一部の発電所においては、定期点検時等に窒素分の総量規制値を超過する可能性があるため、窒素(アンモニア)処理装置を導入し規制値を遵守している例もみられる。このように定期点検時等に排出される一時的な排水のためにコストをかけて総量規制への対策をおこなっている事業場もある。

1.2.4 効率的な水質汚濁負荷削減対策

産業界において排出される汚濁負荷物質の内訳は、製品の原材料、製造途中の副生成物、残渣など、製造過程で注入される薬剤、排水処理工程で投入される薬剤などが考えられる。しかし、化学物質が多種多様であるため水質対策技術もいくつか組み合わせて、費用対効果が大きい手法が汚濁負荷削減対策に選択される。ここでは工場等から排出される化学物質について、より効率的に削減できる技術的事項(1)～(6)について考察する。

(1) 工程の単純化・簡略化

新たな規制がかかる場合、既存の排水処理工程に追加する形で装置が設置されることが多いが、工程からの排水を効率的に処理することが課題となる。工程の単純化・簡略化を図ることでランニングコスト削減、余剰スペースの確保などが可能になり、水処理システム全体の効率化につながる。小規模事業場では広いスペースを要する水処理施設を設置するための敷地確保が難しい場合があり、設計の段階でなるべく効率の良いシステムを導入することが求められる。例えば、一つの槽で複数の化学的・物理的現象が起こり、複数の物質を効率的に処理できる複合型システムの導入は有効である。

環境省ではテーマごとに水質汚濁対策のための環境技術実証事業をおこなっているが、小規模事業場向けの有機性排水処理技術として、食料品関連排水(主に厨房排水)に適用される技術が多く紹介されている。これらはコンパクトであること、排水処理装置をひとまとめにしていることを特徴としている。実証された技術の一部を以下にまとめる。

環境省で実証された小規模事業場向けの有機性排水処理技術

油脂分解式菌付着固定式接触曝気法：特殊バイオフィルターから構成される特殊床に高活性油脂分解菌(スーパーH菌)を付着させ、排水中に含まれる動植物油を始めとする汚濁物質を分解する技術。

垂直重力式油水分離器：システム内にらせん状に配置されたスパイラルパックにより油水分離がおこなわれる。平行板を垂直に設置することにより対流・旋回運動および遠心力を発生させ、分離が起こる。

膜分離活性汚泥法：活性汚泥により排水中の有機物質を分解し、0.4 μ mの精密濾過膜により活性汚泥と処理水を分離し、処理水を得る技術。

今後新たな化学物質が規制されたとしても、既存の処理装置の改良で対応できるならば、コスト負担は少なく済む。そのため幅広い化学物質に対応できる処理技術をあらかじめ導入しておくことは、後々有利な排水処理につながると考えられる。

(2) 排水の効率的な処理

一般的に排水の混合には注意を要するが、有害物質はなるべく個別に濃厚な状態で処理されることが望ましいとされる。濃厚かつ少量の排水は、希薄かつ大量の排水との混合を避けてそれぞれ処理した方が経済的である。その理由としては、濃厚な排水からは汚濁物質の抽出がおこないやすく、廃棄物処理にかかるコストが小さいことが考えられる。

特に重金属は再利用しやすい濃厚な排水とするのが望ましく、メッキ工場ではシアン系とクロム系を分別処理するようにするのが一般的である。生物処理を施すのが適当であるような有機性排水に対しては、有毒物質や pH の偏った排水との混合を避けるべきである。

(3) 個々の技術の効率性向上

現在使用されている個々の水処理技術の効率化によって水処理工程全体の効率化につなげていく手法である。現行の技術を更新させる際には設備の交換、工場の一時停止等多くの障害があると推測されるが、更新後のコスト削減や余剰スペースの確保につながる場合には、積極的な導入にメリットがある。

近年開発された排水対策技術について、汚濁物質の削減効率を向上させる技術には次のようなものがある。

最近開発された排水処理対策技術(日経産業新聞 2008 年より)

食品・飲料工場高濃度排水処理技術(UASB/EGSB 排水処理システム)

嫌気性微生物を粒状に固めてタンク内に敷き詰め汚泥状にし、排水をタンク下から投入する。微生物が糖分やタンパク質などの有機物をメタンガスと CO₂ 等に分解する仕組み。汚泥の発生量が 6 割削減できる。また嫌気性処理であるため、酸素を送り込む操作が不要であり、消費電力を 7 割削減できる。本技術は排水 BOD 2,000 mg L⁻¹ の高濃度排水処理への適用が可能である。

高濃度有機排水にメタン発酵処理を適用させ、嫌気性微生物に処理させる技術の開発が広くおこなわれている。本技術は、栄養剤に窒素・リンをそれほど投与する必要はなく、省エネ・低コストであるので効率的な COD 対策が期待されている。しかし、この嫌気性微生物処理はそれほど普及傾向にあるわけではない。その要因には、嫌気性微生物は耐性が弱く、増殖効率がよくないことから、微生物が弱りやすく、状態が一度悪化してしまうと回復までに時間がかかるということがある。今後は耐性の強い、繁殖力のある嫌気性細菌の発見・開発が望まれるところである。

次ページからは、個々の技術の効率性向上に必要な事項として、水質負荷削減技術のうち主に利用されている凝集沈殿法、活性汚泥法について、技術の概要、効率的な汚濁処理のための条件などについてまとめた。

A. 凝集沈殿法

凝集沈殿法は、分散した微細粒子と凝集剤を電気的に荷電中和、凝集させ、フロック径を大きくして沈殿させる手法である(図 1-5)。また溶解性のリンや重金属などを不溶化して沈降分離させる目的にも利用される。凝集剤は、無機凝集剤と有機凝集剤に分けられる。有機凝集剤になる高分子は、分子中に数多くの極性基があり、この極性基が帯電粒子を電気的に引き寄せ、架橋作用を施して粒子を粗大化させる作用を持つ。

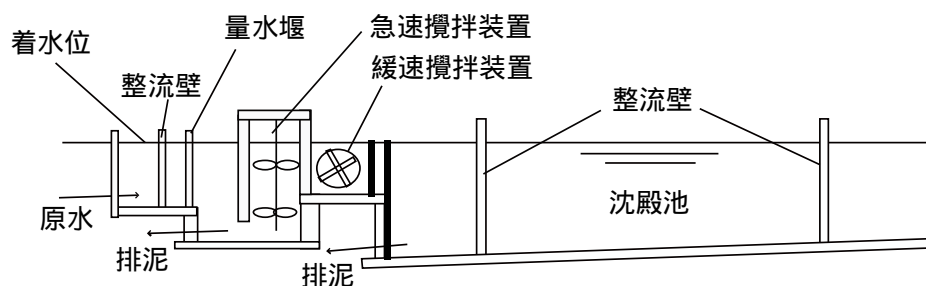


図 1-5 典型的な凝集沈殿操作の概略図

出典：用水排水便覧

凝集沈殿法の処理効率は、凝集粒子の沈降速度に大きく依存する。フロック粒子の粒径、密度を大きくするほど沈降速度は大きくなる。通常操作では凝集は徐々に起こりフロックが最大になった時点で最大沈降速度を得るが、フロックの最大粒径を得るまでの時間を短くすることで沈降速度を大きくすることが可能になると考えられる。安定して迅速な凝集をおこなうためには、(i)凝集剤の種類、(ii)pH、(iii)攪拌効果、(iv)装置設計など凝集沈殿操作に深く関わる因子を再検討する必要がある。

(i) 凝集剤の種類

迅速に大きなフロックを作り出すために、凝集剤には除去対象物質と反応性の高いこと、凝集反応の効率性が向上することなどが求められる。排水中の除去対象物質について、最も効率的な凝集剤を選択するには、凝集剤の基質、分子量、架橋構造など多くの要素から検討する必要がある。また一般的に有機高分子凝集剤は無機凝集剤とは異なり、分子が長いチェーン状に配列しており、無機凝集剤添加で作られた微細フロックをこのチェーンに結合するので、大きく結合力の高いフロックを形成するのに有効であると考えられる。

(ii) pH

pH は凝集処理の重要な因子であり、懸濁粒子表面の荷電の強さ、排水中の溶解物質の析出、薬品の凝集効果を左右する。迅速なフロックの形成についても pH の制御が必要である。

(iii) 攪拌効果

反応中で攪拌を要するのは、フロックの沈降を効率的におこなうためであるが、凝集剤の種類など諸条件によって攪拌の内容が変わってくる。一次フロックを作るためには、短時間で薬品と濁質を混和するために急速攪拌が、二次フロックを形成するためには、粒子間の架橋を壊すことなく成長するように緩速攪拌が適しているとされる。

また反応槽中にフロックが多量に存在すると、粒子の相互作用の干渉により沈降速度は単粒子の場合よりも低下する。前処理を施して粒子の種類を減らしておく必要がある。攪拌効果は溶液の粘度、装置設計からも大きく変わるので、沈殿を起こしやすくし巻き上がりを防ぐような配慮が求められる。

(iv) 装置設計

凝集剤を加え成長したフロックを迅速に沈降させるために装置設計に工夫を凝らすことも重要である。沈降槽内に多数の傾斜版を設けることは、有効分離面積を増大させることになり、板の上に沈積した汚泥が自重で滑り落ちるので排泥が容易になる。その他、水流の乱れを極力排除するためにディストリビュータと呼ばれる吹き出し口を槽内の底部に設け、原水を均一に供給することでフロックの分離速度を速くする手法もある。

高速凝集沈殿池は、流入してくる原水中の微細フロックを既存のフロック群に吸収させ、フロック形成時間の大幅な削減を図っている。また生成したフロックの組成は大径であるため、大きな群沈降速度を有し、安定した原水処理には非常に効率が高い処理技術である。以下に高速凝集沈殿池の特徴を挙げる。

沈殿時間が短く、設置面積が小さくて良い。

濁度が数十程度の安定した原水でも良好な処理水が得られ、薬品の使用量が削減できる。

ただし濁度が常時5度以下という低濁度な原水では軽いフロックしか形成されず、濁度1000以上の高濁度の原水ではスラリーが過剰になり、いずれも非効率的である。

構造が複雑であるので、運転管理に高度な技術と鍛錬が必要である。

濁度の大幅な変動、水量負荷の急変に順応しづらい。

これまでに挙げた以外にも凝集沈殿の効率性を重視した処理技術には、汚泥かき寄せ機に垂直な柵などを取り付けて、緩攪拌によって濃縮槽内の汚濁粒子群を濃縮・脱水する沈殿濃縮槽、水のだよみ、密度流や偏流を起こさないための整流壁、遠心力を作用させることで分離効果を上げるという遠心分離装置、一旦成長したフロックのスラリーを循環させ、凝集したてのフロックと接触させることにより効率よくフロックの成長を図る循環型凝集沈殿装置などがある。

B. 活性汚泥法

活性汚泥法は、COD を含む汚濁水を好気または嫌気と好気を組み合わせた環境下で汚濁物質を生物的に反応、分解する技術である。COD を始め、窒素・リンなど栄養塩の同時除去に効果的であり、二次汚染を生じさせないというメリットがある。近年では高濃度排水の処理、小規模排水の処理のための多くの新しい活性汚泥法が開発されている。

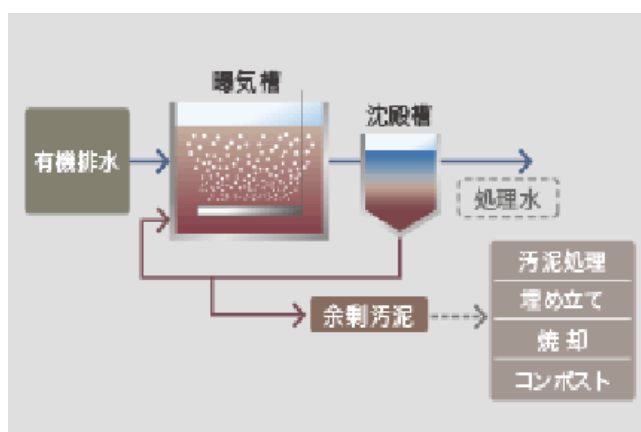


図 1-6 典型的な活性汚泥法の概略図

出典：栗田工業ホームページ

活性汚泥法の反応は曝気槽(反応槽)を中心に起こる。ここでは活性汚泥といわれる好気性微生物を多量に含む汚泥を排水と混合し、微生物の活動を活性化させるために酸素や栄養剤を十分に供給する。曝気槽において排水中の有機物は通気攪拌下で活性汚泥に接触し、吸着・酸化分解反応が起こる。反応には pH が調整されている必要があるため、中和槽を前段階に導入するケースがある。曝気後の混合溶液は沈殿槽において沈降分離させ、その上澄み溶液は処理水として放流させる。沈殿した活性汚泥のうち、排水処理に必要な量は反応槽に返送され、再度処理に使用される。沈殿汚泥の余剰分は引き抜いて別途処理される。活性汚泥法では、微生物自体がフロックを形成するので後段の沈殿槽で処理水と活性汚泥の固液分離が可能になる。ただし、固液分離特性は排水性状、運転条件、活性汚泥を構成する微生物の種類により大きく異なる。このため安定した固液分離ができる運転や管理が必要となる。また微生物の作用であるので凝集沈殿処理と異なり、難分解性の物質や重金属類にはほとんど適応できないという課題がある。

本処理の効率性は(i)水温・pH、溶存酸素、(ii)微生物、(iii)微生物活性剤(窒素・リンなど)、(iv)装置の設計(効率のよい汚泥の循環、曝気方式など)に左右される。

(i) 水温、pH、溶存酸素

微生物が主体の操作であるため、微生物が好む環境に設定するのが最も効率的であるといえる。水温は 20～35 前後がよく、pH は 6～8 が望ましい。また溶存酸素は 2.0 mg/L に

保つことが望ましい。

(ii) 微生物

近年では酸素を必要としないメタン発酵などの嫌気性微生物による処理の開発が進んでいる。酸素供給のための曝気を必要としないので、所要電力が少なくて済む。また排水中の有機物は嫌気分解により大部分がメタンとして回収され、エネルギーとして利用できるので省エネルギーの面でも利点がある。さらに余剰汚泥の発生量が小さいので、窒素・リンなどの栄養塩の添加が少なくて済む。高濃度排水については好気性微生物より処理能力が高く取れるためその適用が増えてきているが、最近では低濃度処理への適用も検討されている。

このようにメタン発酵はメリットが多いが、現状では好気性微生物による活性汚泥処理をおこなうケースが多い。その理由としては、嫌気性微生物処理は好気性処理に比べ処理水質が劣り、後段に好気性処理が必要であること、水質や負荷変動に弱く阻害物質の混入により処理性能が悪化すること、処理が一旦悪化すると回復までに時間がかかることなど、運転管理が難しいことも影響しているものと推測される。

(iii) 微生物活性剤

微生物活性剤としては、排水の BOD に対する窒素・リンの含有量が少ないケースでは、通常 BOD : 窒素 : リンの比が 100 : (3 ~ 5) : (0.5 ~ 1) になるように窒素・リンを添加する。

(iv) 装置の設計

活性汚泥処理では、曝気槽(反応槽)、沈殿槽が主要な装置であるが、曝気操作、凝集沈殿操作、汚泥発生という点ではさらに効率的な装置改良が進められると考えられる。

運転方式は大きく分けて、回分方式と連続方式がある。回分方式は曝気と沈殿を 1 つの槽でおこない、排水の流入、反応、沈殿、排水を 1 サイクルとして繰り返し操作をおこなう処理である。固液分離の安定性が高く、1 サイクル中に嫌気・好気の状態を自由に設定できるなど、負荷条件の変化に幅広く対応できるため、中小規模事業場排水向けに多用されている。ただし沈殿物を得るその度に曝気や排水の流入を止める必要がある。

連続方式は曝気槽と沈殿槽に分け、曝気を止めることなく連続的に排水処理ができる方式であり、近年では次に挙げるような多くの改良法が見出されている。

接触安定化法とは活性汚泥が持つ優れた吸着作用を活用した方法で、活性汚泥と排水とを接触曝気槽で短時間接触させた後、沈殿池で固定分離し、さらに汚泥部分を再曝気槽に導き、吸着した基質を分解し汚泥を活性化させた後、曝気槽に返送するものである。またオキシデーションディッチ法は、曝気槽は環状で浅く、汚泥混合液は回転ブラシなどの機械曝気装置により曝気と流動が同時におこなわれ、常に槽内を循環している。ステップエアレーション法は、排水を分割して曝気槽の数箇所から導入する方法である。

(4) 排水の回収再利用の普及および有用資源回収技術開発

排水の再利用技術には カスケード型、 循環再利用型、 クローズドシステムがある。

カスケード型：ある用途に使用した水をそのまま他の用途に使用すること。

循環再利用型：ある用途に使用した水をほとんど無処理で同一用途に再利用すること。

クローズドシステム：排水等を全量処理した後、外部に出さずに有効活用すること。

排水の再利用には、設備の初期投資がかかるが、一部の水利用のコストが継続的に削減されるので長期的にコスト安になる可能性がある。排水を再利用するための条件には、多少の汚濁物質があっても製造の品質等に問題が生じないこと、排水工程に流水の停滞、二次汚染発生などの支障がないことが挙げられる。

主な排水の再利用方法としては、工場内製造工程の冷却水として循環させる、間接冷却水を洗浄用水などに利用するといったことが挙げられる。排水を循環させる場合は、循環の過程で水質の悪化が起こり、そのままでは循環利用が不可能となるのが通常である。このことを防ぐために、常に一定の放流と補給をおこなう必要がある。ただしクローズドシステムは、内部でのみ排水を循環利用する無放流システムである。

排水リサイクルと同時に熱回収をおこなうこともある。排水処理工程の高温部分から熱を回収し、他の熱源あるいはエネルギー転換をおこない利用することであり、CO₂の削減に寄与する手法として、今後その利用が多岐にわたっていくと予想される。

また最近では発展途上国の慢性的に水不足である地域において、排水の再利用が盛んなビジネスになっている。生活排水などの塩分濃度はそれほど高くないため、海水の淡水化技術よりコストがかからないことがメリットである。

以上のような排水システムに資源回収システムを組み合わせるとなお効率がよいと考えられている。例えば紙・パルプ工場では抄紙工程において、パルプを大量の水で希釈して低濃度のスラリーとする場合、ここでの濾水(白水)を回収することで白水中の微細繊維と填料(鉱物粉末)は再び抄紙原料として用いることができる。

また排水中資源回収システムとして汎用性が大きいのは、リンの回収システムである。従来の凝集沈殿法によるリン除去と異なり、汚泥を発生させずに排水中から不溶態のリン化合物としてリンを回収・再資源化できるもので、HAP法やMAP法などがある。前者はヒドロキシアパタイト(HAP)、後者はストラバイト(MAP)としてリンを液中から晶析・回収する。排水処理におけるリン回収のプロセスは、活性汚泥処理の後段にリン回収槽を設けるメインストリーム型と、活性汚泥処理中にリン蓄積微生物のリンの摂取・放出機構を活用して、汚泥から別槽にリンを放出させ、回収するサイドストリーム型がある。

次ページには、最近開発された排水から有効物質を回収・再利用する技術をまとめる。

最近の排水処理対策技術関連情報(日経産業新聞 2008 年より)

廃液中の銅分離回収技術

直径 2 ~ 3 mm ほどのアルミニウム粒子を排水中に投与するとイオン化傾向の違いで粒子の表面に銅が析出する。粒子に超音波を当てて表面に付いた銅を分離・回収する。90 ~ 95% の回収率を達成できる。本技術では金属のみを効率よく取り出すことができるので、容量も従来の 20 ~ 30 分の 1 に抑えることができ、再利用させやすくなる。現在では銅以外の金属(レアメタルなど)での応用を検討している。

汚泥からのリン回収プロセスの事業化

微生物処理した下水汚泥にリン酸マグネシウムアンモニウム(MAP)の小さな結晶と水酸化マグネシウムを加えると、汚泥に含まれるリンや窒素を取り込んで結晶が成長する現象を用いたリン回収プロセス。

MAP 反応槽で結晶を成長させた後、洗浄・乾燥を経る。肥料の原料としてではなく、そのまま肥料としても用いることができる。

食品アミノ酸用リン酸循環網

アミノ酸の生成工程で排水に溶け出したリンを回収し、食品生産用の高純度リンに再利用する技術。廃液中にカルシウムを投入し、リン酸カルシウムの結晶にして取り出す。回収して乾燥させたリン結晶について有機物の混入率は 12% 程度であり、天然由来のリン鉱石とほぼ同じ純度であるため、食品向けに使っても問題ないと判断された。

工場排水中のセレン回収

酸化チタン製の電極を用い、排水を電気分解してセレンのみを除去する。排水基準値以下まで濃度を下げることができる。汚泥が発生しないため、これまでの薬剤で沈殿させて除去する手法に比べ、コストが半減する他、再資源化も容易になる。一日に数十 ~ 数百 m³ の排水を処理できる商業プラントを製造・販売する予定。

排水中のセレン無毒化

水溶性のセレン化合物であるセレン酸や亜セレン酸はマイナスの電荷を有し、有毒とされている。「P. stutzeri NT-1」と呼ばれる細菌を用いて水溶性のセレン酸類から電荷を取って還元し、無毒なセレンにする。セレン酸が 1 L 中に 750 mg 含まれる水溶液を細菌処理すると 100% 無害化できた。最も効率の上がる条件は pH=8.0、温度 40、塩濃度 1% であった。今後はセレン処理後、沈殿回収できるシステムへの実用化を目指す。

(5) 高度処理技術の低コスト化

高度処理技術は低濃度になった排水の有害物質を更に低いレベルにまで下げる操作であるが、装置の動力に加え、物質を膜や樹脂、電極等に吸着させる操作がメインであるので汚染物質で吸着材料が閉塞されれば交換が必要になる。装置および材料がいずれも高価であるため、全体的に割高な水処理手法ということになる。ここでは高度処理技術で頻繁に用いられている濾過処理法と活性炭吸着について簡単に説明する。

A. 濾過処理法

工場排水の処理には、凝集沈殿法と活性汚泥法が代表的なプロセスであるが、これらの排水処理フローを経た後には、有害物質は生物、物理、化学反応により不溶性の形(SS)となつて残っていることがある。そこで濾過処理法はこれらの不純物を除去するための高度的な固液分離処理として排水処理の仕上げの段階で多用されている(図 1-7)。



図 1-7 典型的な濾過処理法の概略図

出典：荏原製作所ホームページ

濾過処理の低コスト化には、濾過膜になるべく天然材料(低コスト素材)を用いる、逆洗を定期的におこない、濾過膜の更新回数を減らすという手法が考えられる。低コスト事例としては、濾過膜には毛まり状のポリエチレン樹脂を用い、濾過膜をセラミックボールでたたくことで膜の汚れを除去する操作は効率的に汚染物質を除去できる手法であると考えられる。また同時になるべくコンパクトで高速処理ができ、負荷耐性の強い装置が求められている。マリモ状、繊維状のろ材を用いた濾過では従来よりも高いろ過速度で処理している。

B. 活性炭吸着

活性炭吸着は微量有機物(COD 等)の除去に著しい効果を示す。吸着力を左右する因子には、吸着剤の種類他に表面積が重要である(図 1-8)。

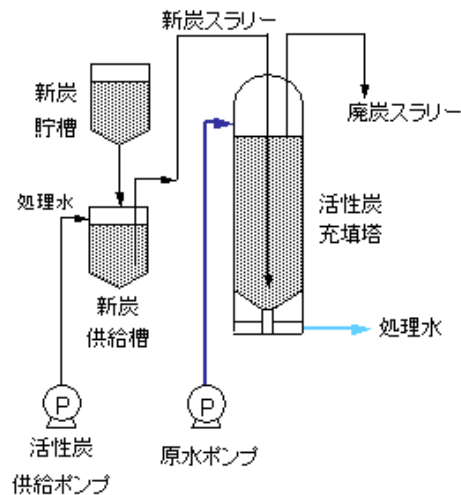


図 1-8 典型的な活性炭吸着法の概略図

出典：荏原製作所ホームページ

本操作では吸着剤に汚濁物質を分解除去する効果を加えることで、飽和による吸着剤の交換が削減でき、低コストで効率的に処理できると考えられる。また活性炭吸着については低濃度でも吸着量の高い技術が求められている。

微生物を活性炭に担持した生物活性炭技術では、微生物による COD や難分解性化合物等の分解除去が可能になる。また本技術は活性炭に吸着した汚染物が、付着している微生物により分解されることで活性炭の飽和吸着量以上に吸着効果が継続できるといわれている。

活性炭により微量な汚染物質を効果的に吸着できることや固定された微生物で分解効果も行われることから、汚染物質を効率的に除去・分解できるシステムであるといえる。

その他光触媒を用いる技術があるが、小規模排水では満足した水質処理が可能であるものの、大規模事業場に適用できる技術はあまり見られない。

(6) その他の課題等

高濃度排水の処理技術は十分に開発されているとはいえ、低濃度に希釈して処理するケースも多く、その場合の希釈水のコスト、処理時間から見ると非効率的であると考えられる。水処理フローの始めの段階で一度に除去可能となる技術のニーズは高いと推測できる。

また閉鎖性海域に面する製造業では、塩害により排水設備の老朽化が早まることが懸念されている。その他排水処理による悪臭、騒音、振動などが、敷地境界付近の民家などで水たまりなどの苦情が出るようなケースもある。一方で沿岸の大規模工場地帯では、関連会社の工場間で水処理施設を共用したり、排水から回収した化学物質を近接の他社工場と取引したりするなどの協力関係が見られる。このような工場間・他社間の共同の取組によってより効率的な排水対策が進んでいく可能性もある。

第2章 水質環境目標のあり方について

2.1 日本の水質環境基準について

2.1.1 日本の水質環境基準の検討動向

環境基本法は水質汚濁、大気汚染、騒音、地盤沈下、悪臭等、昭和30年代の飛躍的な経済発展に伴い生じた公害問題について、総合的な行政対策を推進することができるように制定されていた公害対策基本法(1970年)を改正する形で、1993(平成5)年に制定・施行されたものである。水質汚濁の環境基準については、環境基本法の第16条第1項にて、「人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持することが望ましい基準」と規定されている。この環境基準には、人の健康の保護に関する「健康項目」と、生活環境の保全に関する「生活環境項目」がある(参考資料2)。

また、「人の健康の保護に係る物質ではあるが、公共用水域等における検出状況等からみて、直ちに環境基準とはせず、引き続き知見の集積に努めるべき物質」である要監視項目が設置されている。1998(平成10)年には、要調査項目として「個別物質ごとの『水環境リスク』は比較的大きくない、又は不明であるが、環境中での検出状況や複合影響等の観点からみて、『水環境リスク』に関する知見の集積が必要な物質」約300が選定された。

これら環境基準等の項目が設定される背景には、人または水生生物への被害が確認されたこと、人または水生生物への慢性毒性(発がん性など)が確認されたこと、水生生物の生育、繁殖へ影響を与える可能性があること、人あるいは他生物への感染性を誘発させる可能性があること、海外の規制状況、WHO飲料水水質ガイドライン等の実験データなどの知見をもとに設定すべきと判断されたことなどが考えられるが、物質ごとに基準設定の背景は異なり、複数の設定要因があるのが通常である。

また従来は人へ直接被害を及ぼす物質の選定が主であったが、近年は水生生物の生態系に影響を与える物質についても審議されるようになってきている。そのため、要監視項目や要調査項目に関して、知見の集積、環境中の検出状況によっては、今後新たに環境基準として設定される可能性が高まっている。

一般的に環境基準値の設定の際には、人の健康の視点から、水生生物への暴露可能性(化学物質の製造・使用量、水環境中での検出濃度など)、水生生物への毒性可能性(水環境中の濃度レベルが最小毒性値に安全係数を適用させた値を超えているか、PRTR 生体毒性クラスなど)等を総合的に勘案される。自然由来の影響が大きい物質や海域中の化学反応が起こりうる物質などについても配慮した、海域の特性に応じた基準値の設定が求められる。

水環境に関する環境基準等の数値設定をする際は、化学物質の持つ環境リスクを知見の一つとしている。日本のリスク評価は、環境省、厚生労働省、(独)製品評価技術基盤機構(NITE)で考え方が異なる部分がある。それぞれの概要について簡潔にまとめる。

(1) 環境省の場合

環境省は、「化学物質の環境リスク初期評価ガイドライン」(2008年改訂)において、化学物質の環境に対するリスクの考え方をまとめている。本ガイドラインでのリスク評価は、
曝露評価、健康リスク初期評価、生態リスク初期評価の3部で構成される。

曝露評価

人が環境から受けうる化学物質の曝露量、化学物質の予測影響濃度(PEC)についての評価をおこなうことである。これらは化学物質のリスク評価をおこなう上での材料になる。

環境中の化学物質濃度に関するデータが収集され、人に対する一日曝露量の推定がおこなわれる。飲料水からの曝露量は体重 50 kg の人を想定した場合は、式(Eq. 2-1)から算出される。曝露濃度は当面はデータの信頼性を確認した上で得られた最大濃度を評価に用いる。

$$(\text{曝露濃度}[\mu\text{g}/(\text{day}\cdot\text{kg})]) = (\text{データ最大濃度}[\mu\text{g}/\text{L}]) \times (1 \text{ 日摂取量 } 2[\text{L}/\text{day}]) \div (\text{体重 } 50[\text{kg}]) \quad (\text{Eq. 2-1})$$

水生生物への曝露の推定は化学物質の予測影響濃度によりおこなうが、この濃度は式(Eq. 2-1)のデータ最大濃度と等値とする。また諸データより環境中の化学物質が蓄積される可能性についても検討する。

健康リスク初期評価

化学物質が人の健康に及ぼすリスクに関する評価をおこなうものであるが、本評価において化学物質の毒性の考え方は重要である。化学物質の毒性については表 2-1 のように分類できる。ここから毒性の定量値は、一般毒性、特殊毒性の分類や局部的か全身的か、急性か慢性的かによって求め方が異なることが分かる。急性毒性の場合は LD₅₀(ラットで実験を行った場合その 50%が死亡してしまう量)を基準としている。慢性毒性の場合は NOAEL(無毒性量：動物実験で有害影響が見られなかったレベルの最高用量)を閾値としている。発がん性の場合は、毒性の閾値が存在しない場合があり、「予測最大曝露量」あるいは「予測最大曝露濃度」に相当するがんの過剰発生率などを算出する。

曝露評価に用いられる化学物質のデータ

物性：分子式、分子量、構造式、融点、沸点、密度、蒸気圧、分配係数(1-オクタノール/水)、解離係数(pKa)、水溶性など。環境運命に関する事項：生物分解性、化学分解性、生物濃縮性、土壌吸着性など。生産量等および用途。環境施策場の位置づけ。

表 2-1 毒性の分類と定量値

毒性の分類		毒性の定量値
一般毒性	急性毒性	LD ₅₀
	亜急性毒性	閾値有り NOAEL
	亜慢性毒性	
	慢性毒性	
特性毒性	刺激性	(定性的評価)
	アレルギー性	
	発がん性	閾値無し スロープファクター(SF) 閾値有り NOAEL
	変異原性	閾値無し
	生殖・発生毒性	閾値有り NOAEL
	神経毒性	
免疫毒性		

出典：環境省

毒性限界の求め方は閾値がある場合とない場合で異なる。閾値がある場合には、NOAEL による評価が一般的であるが、LOAEL(最小毒性量：動物実験で有害影響が見られるレベルの最小用量)、NOEL (無影響量)、LOEL (最小影響量)の測定もおこない、最も信頼性のある最小濃度での知見を総合的に勘案した上で NOAEL 等を補正設定し、これを暴露評価から得られる「予測最大暴露量」あるいは「予測最大暴露濃度」で除して MOE(暴露マージン：Margin of Exposure)を算出する。

得られた MOE に対し、NOAEL 等が動物実験結果により設定された場合、発がん性から設定された場合はそれぞれについて 10 で除し、発がん作用があると考えられる場合にはさらに最大 10 で除する。この補正 MOE から、次の判定基準をもとにリスクを評価する。

100	MOE	：現時点では作業は必要ない。
10	MOE < 100	：情報収集に努める必要がある。
	MOE < 10	：詳細な評価をおこなう候補である。
	算出不能	：現時点ではリスクの判定ができない。

NOAEL の補正設定について

非発がん影響において、LOAEL 値を採用した場合には、この場合は LOAEL を 10 で除し、NOAEL 相当の値とする(LOEL から NOEL に補正する場合にも同様の扱いとする)。

有害性に閾値がない場合には、毒性を与える可能性のある下限投与量から 10% 値である LED₁₀ を POD(Point of Departure) という仮の閾値と捉える。この POD から原点に向け直線を引き、その勾配(SF: Slope Factor [mg/kg/day]⁻¹)の大きさから、低濃度における毒性を評価するのが標準的な考え方である。SF から予測最大暴露量におけるがんの過剰発生率を求め、リスクの判定基準には下の区分を用いる。

過剰発生率 < 10 ⁻⁶	: 現時点では作業は必要ない。
10 ⁻⁶ 過剰発生率 < 10 ⁻⁵	: 情報収集に努める必要がある。
10 ⁻⁵ 過剰発生率	: 詳細な評価をおこなう候補である。
算出不能	: 現時点ではリスクの判定ができない。

生態リスク初期評価

環境中の生物に及ぼすリスクに関する評価をおこなうもので、PEC と PNEC(予測無影響濃度: Predicted No Effect Concentration)との比からハザード比(HQ)を算出して評価に用いる。HQ の判定方法は以下の通りである。なお HQ は「予測最大暴露量」を人が受け入れる日限界摂取濃度(TDI)で除することによっても求まる。因みに TDI は NOAEL または LOAEL 値を UF(不確実性因子)で除して求める。

$$HQ = \frac{PEC \text{ (予測影響濃度)}}{PNEC \text{ (予測無影響濃度)}} \quad (\text{Eq. 2-2})$$

$HQ < 0.1$: 現時点では作業は必要ない。
$0.1 \leq HQ < 1$: 情報収集に努める
$1 \leq HQ$: 詳細な評価をおこなう候補である。

PNEC はアセスメント係数を適用することで導出する。適用の具体的な手法については示されていないが、基本的には複数 PNEC が導出された場合、小さい方の値を採用する。

表 2-2 PNEC 導出に用いるアセスメント係数

毒性値の観測状況(魚類、甲殻類、藻類に対しておこなう)	アセスメント係数
1 ~ 2 種の生物群に対し、信頼性のある急性 LC ₅₀ 値を観測した場合	1,000
3 種すべての生物群に対し、信頼性のある急性 LC ₅₀ 値を観測した場合	100
1 ~ 2 種の生物群に対し、信頼性のある慢性 NOEC 値を観測した場合。	100
3 種すべての生物群に対し、信頼性のある慢性 NOEC 値を観測した場合。	10

出典: 環境省

(2) 厚生労働省の考え方

厚生労働省においては、環境省と同様に化学物質等の暴露状況、有害性からリスク評価をおこなう手法がある。当該手法では、化学物質等の有害性のカテゴリ(種類)および程度、暴露による健康障害の発生可能性および程度に関するデータをもとにリスク判定をおこなう。

リスク判定に際しては、TDI、NOAEL等を優先的に用いるが、当該値が存在しない場合には動物実験等から得られた値を外挿する。

発がん性を持たない物質については、暴露レベルがTDIより大きいかが否かが判断基準になるが、TDIが把握出来ない場合はNOAEL等からMOEを算出し以下の判定基準に従う。

5	MOE	: 現時点では作業は必要ない。
1	MOE < 5	: 情報収集に努める
	MOE < 1	: 詳細な評価をおこなう候補である。

発がん性を持つ物質については、がんの過剰発生率が 1×10^{-4} を越える場合には、NOAEL等の有害性データの検証、文献等の追加的な調査をおこなうとともに、リスク判定の再検証をおこなう対象とする。

(3) NITEの考え方

NITEの化学物質の初期リスク評価指針では、暴露余地(MOE)と不確実係数(UF)の関係が重要である。MOE 不確実係数の積(UFs)の場合には、化学物質は人あるいは環境中の水生生物に悪影響を及ぼす恐れがあるとされ、UFsの値が大きいほどその可能性は高く、詳細な調査、解析、評価等をおこなう必要性があることが示されている。

化学物質の発がん性についてもMOE UFの場合には、悪影響を及ぼす可能性があることから、基本的に詳細なリスク調査が必要な候補物質であるとする。

また環境基準の検討の際には、毒性試験データに関する知見として、しばしばWHO(World Health Organization)の人の健康に影響を与えるとされる「飲料水に関するガイドライン値」を参考にする。

WHOでは人の健康に対するリスクアセスメントでは、人口に関する研究(暴露評価)、動物実験による毒性研究(影響評価)の2つが主要であると考えられている。

ガイドライン値はTDIを主に考慮するアプローチが用いられ、次式により表される。

$$GV = \frac{TDI \times bw \times P}{C} \quad (\text{Eq. 2-3})$$

ここで bw は体重、C は日飲料水消費量を表す。また P 値は、人が摂取する汚染物質について飲料水が占める割合を表す因子である。

本ガイドライン値は、人に対する毒性および暴露についてより広範囲かつ正確な情報を組み入れるため、毒性に関する動物実験データに加え、暴露消費データが併せて考慮されている。具体的には、国際化学安全プログラム(IPCS: the International Programme on Chemical Safety)の環境健康クライテリアあるいは国際がん研究センター(IARC: the International Agency for Research on Cancer)における研究論文、殺虫剤残留物に関する FAO/WHO 共同会議(JMPR)、食品添加物に関する FAO/WHO 共同専門会議(JECFA)などの知見が反映されている。

環境省中央環境審議会の水環境部会および附属の小委員会では、これまで挙げてきたような化学物質のリスク等を検討し、海域における環境基準の設定・更新についての議論がおこなわれてきた。

2004(平成 16)年には、人の健康に関する項目として塩化ビニルモノマー、エピクロロヒドリン、1,4-ジオキサン、全マンガン、ウランが新たに要監視項目に位置づけられ、p-ジクロロベンゼン、アンチモンは要監視項目の指針値の改定、設定がおこなわれた(表 2-3)。

表 2-3 新たな要監視項目などの設定状況

要監視項目	指針値	設定理由および議論の状況
塩化ビニルモノマー	0.002mg/L	・ラットを用いた経口投与試験での発がん性リスク、地下水への排出状況等を考慮した上で設定。
エピクロロヒドリン	0.002mg/L	・ラットを用いた経口投与試験における発がん性リスクを考慮した上で設定。
1,4-ジオキサン	0.002mg/L	・ラットを用いた経口投与試験における発がん性リスクを考慮した上で設定。 ・公共用水域などにおいて指針値の超過が見られるものの限定的であること、汚染状況が不明の事例が含まれることから現時点では要監視項目とし、公共用水域での監視状況、取り扱い状況、環境への排出状況などの知見収集に努める。
全マンガン	0.002mg/L	・米国医薬研究所食品栄養委員会の食餌調査によるNOAEL値から導出した。 ・公共用水域等において指針値の超過が相当程度あり、環境基準への設定が考えられるが、主に自然的要因により超過する状況にあること等を勘案し、当面は要監視項目に設定する。
ウラン	0.02mg/L	・TDI(耐用 1 日摂取量)に対する水の寄与率を 10%とした上で毒性評価データから設定した。 ・バックグラウンド情報が少ないということもあり、当面は要監視項目に設定している。
p-ジクロロベンゼン	0.3 0.2mg/L	・米国国家毒性プログラムにおける毒性再評価による LOAEL、NOAEL 値改正及び厚生労働省の室内濃度指針値等を考慮して基準値変更。
アンチモン	0.02mg/L	・アンチモンは砒素と類似の物質で、急性毒性、慢性毒性による人への中毒の影響が懸念される。指針値は多くの毒性データ関連の文献から

		LOAEL 値を設定し TDI、環境基準を導出した。 ・非常に限定的な水域においてのみ検出されることから、当面要監視項目とし、公共用水域などにおける検出状況などの把握に努め、3年を目処に環境基準に追加するか否か再度検討する。
その他の項目	議論の状況	
農薬	<ul style="list-style-type: none"> ・ハザードと暴露の両方を勘案すべきところをハザードしか考えていない基準が見受けられる。欧米では甲殻類や藻類まで含め、暴露量を含めたリスク評価をおこなっている。 ・今後のリスク評価手法としては、急性毒性に着目する、評価対象生物種は藻類、甲殻類、魚類とし、公共用水域中の農薬濃度(PEC)と急性毒性試験から得られる急性影響濃度を比較検討する、といったことが考えられる。 	
大腸菌群数	<ul style="list-style-type: none"> ・カテゴリの範囲がつかみにくい。糞便性大腸菌群数や微生物個別あるいは全体として捉えるなどの見方はできないか。 ・塩素処理による二次汚染の可能性がある。 	

出典：環境省

また近年では人に直接影響を与える化学物質の基準以外にも水生生物の生態系を保護するという観点からの「生活環境項目」に関する議論も高まっている。

環境省では2003(平成15)年に、水生生物の保全に係る水質目標を検討すべき物質(優先検討対象物質)に81物質がリストアップされたが、全亜鉛、アニリン、カドミウム、クロロホルム、2,4-ジクロロフェノール、ナフタレン、フェノール、ホルムアルデヒドの8物質について、十分な科学的知見が確保された。そして全亜鉛は環境基準に、クロロホルム、フェノール、ホルムアルデヒドの3物質は要監視項目に指定された。それ以外の物質は目標値の10%値の超過が見られなかったので環境管理施策および監視の必要はないと判断された。審議会では、水生生物個体のレベルで保存を考えるのではなく、生物群(個体数など)としてのポピュレーションレベルの保護を目指したらよいのではないかと議論が見られた。

表 2-4 水生生物の保全に係る環境項目

制定状況	制定項目	議論の状況
環境基準	亜鉛	<ul style="list-style-type: none"> ・基準値は、5mg/L から 2mg/L に強化された(数値設定の理由は、全国の条例で上乘せの形で幅広く用いられていること、業界の排水処理実態では9割の事業者が処理可能であること、海外の規制状況で多く用いられていることが挙げられた)。

		<ul style="list-style-type: none"> ・生物にとって有用物質でもあるので、生態系に新たなアンバランスが生じないかの考察が必要。 ・水生生物への慢性的な影響のデータが十分か。
要監視項目	クロロホルム	<ul style="list-style-type: none"> ・指針値：0.06mg/L。生物 A では河川で 0.7mg/L、海域で 0.8mg/L。 ・公共用水域において、一般水域の目標値より低いレベルで検出されているが、イワナ・サケ・マス特別域の目標値を超過する地点がある。
	フェノール	<ul style="list-style-type: none"> ・指針値：生物 A は河川で 0.05mg/L、海域で 2mg/L。 ・コイ・フナ域の目標値異常検出はないが、イワナ・サケ・マス特別域で目標値を超過する地点がある。
	ホルムアルデヒド	<ul style="list-style-type: none"> ・指針値：生物 A は河川で 1mg/L、海域で 0.3mg/L。 ・海域において目標値の 10% 値の超過が見られた。

出典：環境省

2008(平成 20)年には、環境省において、リスクの検討に「水生生物への影響が懸念される有害物質情報収集調査」が実施されているが、当面の水生生物保全に係る検討対象物質として以下の 11 物質を挙げている。これら 11 物質の産業界からの排出状況、環境基準関連項目設定状況を表 2-5 にまとめる。

表 2-5 水生生物保全に係る検討対象物質(11 物質)

規制対象候補リスト 物質名	PRTR排出量 (H18) [kg/year]	生態リスク 初期評価	日本			米国・EU 環境基準		水道水質基準				
			環境 基準	要監視 項目	要調査 項目	米国	EU	日本	WHO	米国	EU	
アクロレイン	507											
アニリン	28,437											
直鎖アルキル、LAS	42,059											
エチレンジアミン四酢酸	673							検				
4-t-オクチルフェノール	データなし	－										
2,4-ジクロロフェノール	データなし	－										
テトラクロロエチレン	1,560	－										
ニトリロ三酢酸	93	－										
ノニルフェノール	10							検				
ピリジン	53,448											
ベンゾ(a)ピレン	データなし	－			(PAH)							

出典：環境省(表中の検は要検討項目)

また水生生物の成育、繁殖に影響を与える「生活環境項目」COD についても、多くの議論がなされている。COD の環境基準設定では、海域を生物種等に応じて A～C に分類している(参考資料 2)。A 類型に属する陸域から遠い海域では、2 mg/L という濃度基準値であるが、陸域の影響を受けない場合のバックグラウンド濃度でも観測されうる値であるという意見がある。一方、陸域に近い C 類型では達成基準率がほぼ 100% であることから、もう少し値を低くしないと対策のインセンティブにならないのではないかという意見がある。

富栄養化や貧酸素水塊へ影響がある化学物質等については、以下の議論が進められている。

2007(平成 19)年に環境省が取りまとめた「今後の閉鎖性海域対策を検討する上での論点整理」では、水質環境目標のあり方について課題と今後の方向性が提起されている。

特に課題に取り上げられているのは、COD について陸域からの継続的な汚濁負荷削減の効果が、海域のデータへ明確に現れないことなどがある。水質総量規制はこれまで約 30 年間にわたっておこなわれており、データの蓄積、新たに見出された知識などがあるため、これらをもとに海域の状態改善に直接つながりうる実効ある対策を考案し、実施することが求められているといえる。また COD では海水中の化学反応にそれほど寄与していないと考えられる難分解性物質も検出してしまうので、同じ手法の COD の値でも過去と現在とでは酸素消費ポテンシャルが異なってきた可能性が指摘されている。これらの関係をさらに検証し、より適切な指標を設定することを検討する必要があるとしている。

また今後の対策の方向性としては、環境目標の具体像を明確にした上で、必要な観測項目や地点・頻度および国や自治体、民間などの連携から効果的な実施体制を検討していくことの必要性を挙げている。

2008(平成 20)年には、以上を踏まえた「閉鎖性海域中期ビジョン」が環境省により提唱された。ここでは目標とすべき水環境を具体化することとそれに沿った対策を進めていくロードマップが設定されており、東京湾では平成 16 年度から 30 年間で達成する目標をもった中長期シナリオを作成することが検討されている。今後の閉鎖性海域対策として、発生源対策のほかに、河川の直接浄化対策、干潟・藻場の造成による海域の浄化能力向上対策、底質からの溶出負荷削減対策などが挙げられている。

閉鎖性海域の水環境目標を表わす指標には、貧酸素水塊の状態を表す指標として底層 DO、富栄養化の状態を表す指標として透明度が検討されている。底層 DO については、東京湾では年間を通して水生生物が生息できる限度を保つことを目標とする。

またこれらの指標はこれまで観測されていた制御指標と同一地点での観測とし、海域を垂直に 10 に分けた場合、透明度は第 1 層目、底層 DO は第 10 層目を測定することとする。年間代表値には、最小値、75% 値、平均値を取ることが検討されており、いずれも目標値を設定し、目標値未達となる日数をカウントして状況をマップやグラフで示すようにする。

底層 DO のデータを蓄積させていくことで、底層にある有機化合物あるいは栄養塩の濃度との関連性、陸域からの有機物・栄養関連物質削減により海底への汚濁制御につながっているかを確認するためには有効な指標であるといえる。

透明度については、測定が容易であるというメリットがあり、海域の状況を端的に表現するには適した指標であるといえるが、日々の変動が大きいことが予想され、対策評価に直接結び付けられるかは疑問である。

次に、閉鎖性海域対策の評価につながる可能性のある指標について、メリット・デメリットをまとめる。

閉鎖性海域の評価につながる可能性のある指標

栄養塩(窒素・リン)濃度

閉鎖性海域における富栄養化の状態は、栄養塩の負荷量および海洋環境への混合プロセスに依存している。窒素・リン系化合物は、植物プランクトンの生育のための栄養塩となるため、富栄養化に関する環境目標の指標として用いることは、海域中の汚濁物質の挙動や反応のメカニズムに関する新たな知見を得るのに有効であると考えられる。

また栄養塩の濃度と海水の塩分との間には相関関係が見られる。これよりバックグラウンドの栄養塩濃度が算出でき、栄養塩発生源からの流入量、場合によっては内部生産の発生メカニズムについて把握することができる。

ただし海域全体の富栄養状態を把握するには、海水中の栄養塩濃度以外にも水生植物・動物体内あるいは底泥中の窒素・リン濃度の測定も必要である。

透明度

透明度は水の透き通り具合を示すもので、透明度板という白い円形板を水に沈めていき、それが目視できなくなった水深で示される。透明度の逆数とSS濃度には高い相関関係が見られ、ある程度の富栄養化度を知ることができる。現場で簡単に測定でき、かつ光の届く範囲を推定できるため、汚濁負荷の度合いを測定するのに極めて有用な指標である。ただしこの手法では、水表面の状況しか把握できないことが難点である。

透明度とは逆に、水の濁りの程度を測る指標に「濁度」がある。濁度は、試料採取後、サンプルの一方から光を当て、その散乱光もしくは透過光を測定することで把握できる。

底層の酸素濃度(DO)

水環境において溶存酸素は生物の生息に大きく関わる要素であり、一般に魚類等の生息に必要なDOは5mg/Lとされている。

海水中汚濁粒子の沈殿作用、連続的な化学分解などは、底層水の酸素消費を引き起こす。有光層以下では、酸素の供給は水の物理的な輸送によってのみおこなわれることになる。底層へ沈殿していく有機物質の量は富栄養化の状態に依存し、気候によっても変わる。

酸素の欠乏を特に受けやすい水域というのがあり、酸素の飽和状態のみから富栄養化を一概に判断することはできない。永久的な塩分躍層を持つ河口付近では酸素欠乏を起こしやすく富栄養化の影響を強く受けると考えられる。底層の酸素濃度は、クロロフィルa濃度、栄養塩の濃度ともに相関はない。

クロロフィルa濃度

クロロフィルaは、海洋環境に生息するあらゆる光合成植物に依存する色素である。サンプル溶液からクロロフィルa濃度を測定するのは容易であり、海洋科学においても植物プラ

ンクトンを測定するのに大変よく用いられる指標である。

クロロフィルの濃度を測定すると、植物プランクトン等バイオマスのおよその重量を把握することができるので、富栄養化の状態を評価するのに便利な指標であるといえる。しかし、植物プランクトン中に含まれるクロロフィルが全炭素重量の 1/40 ~ 1/60 という換算比率は、海藻のプランクトンの構成成分、物理的状況によって変わりうる。

栄養塩と植物プランクトンの生産メカニズムは異なり、栄養塩の濃度が高すぎると植物プランクトンの生産が抑えられるということにもなるので、この2つの指標には単純な相関関係があるとはいえない。

水生動物の生息状況

水生動物には窒素・リンを直接摂取、植物プランクトンの補食などの形で多く含んでいると考えられ、富栄養化や貧酸素水塊の形成にも深く関わっている。水生動物の生息状況を指標として用いることは、食物連鎖の状況を知ることや富栄養化・貧酸素水塊の発生との関係を見出すのに非常に有用であると考えられる。しかし産業界の排出状況と直接関連づけることは難しいと考えられ、指標として用いる際には動物の種類、サイズ、個体数など多くの要素を観測する必要がある。

水生植物の生息状況

水生植物には、汚濁指標や水質浄化作用のように、水質管理上優れた機能がある。水の汚濁度によって生息する水生植物がカテゴリ分けできるので、汚濁指標として用いることができる。汚濁が進むと清水性水生植物は減少し、代わって耐汚濁性の水生植物が侵入するようように生態系バランスが長期にわたって変化していく。

また水生植物には生育許容範囲内で優れた水質浄化能力がある。窒素やリンなどの栄養塩類は、抽水性水生植物の水中根や、沈水性・浮葉性水生植物などの体表面から吸収する。着生藻類もこれを吸収する。有機汚濁物質は着生微生物によって分解する。

水生植物を評価に用いる場合には、水生植物の生息種や繁茂量などを観測・測量することで水の汚濁の度合いや窒素・リン濃度との相関性を把握することなどが考えられる。

有機化合物

有機化合物による水質汚濁を表現する指標に COD、TOC がある。有機化合物も栄養塩類と同様に、過度に存在すると富栄養化につながるため、海域での管理が必要とされる。

COD については窒素・リンと同様に、発生源の負荷濃度と環境中の濃度が合理的に関係付けられることが重要だと考えられており、発生源と海域の両方において統一された測定手法が望まれている。代替指標として TOC が挙げられているが、こちらについても発生源と海域での測定で乖離が見られないかの検討を要する。

2.1.2 産業界における水質環境モニタリング技術

水質総量規制では、COD、窒素およびリンに関する濃度計測(モニタリング)が工場・事業場に対して義務づけられている。表 2-6 には、これらを含めて一般的に産業界で導入がおこなわれている水質環境モニタリング技術の概要をまとめる。

表 2-6 産業界で導入されている水質環境モニタリング技術

指標	モニタリング技術の概要
COD	COD は一般的には硫酸、硝酸銀、酸化剤として過マンガン酸カリウムを加え、沸騰水浴中で 30 分間反応させ、酸化により消費された過マンガン酸カリウムの量から相当する酸素量 [mgO/L]を求める(COD _{Mn} 法)。水質総量規制導入とともに、自動 COD 計メーカー間での仕様、性能の格差を小さくするために、「JISK0806COD 自動測定器」を指定し、その測定器については細部にわたって共通化が図られている。酸化剤には他にクロム酸、二クロム酸カリウムなどがある。測定中に妨害となる塩素イオンは銀イオンの添加でマスキングする。
総窒素	総窒素の測定には、総和法、紫外吸光光度法の二つの手法がある。総和法は、蒸留抽出操作を 2 種類おこない、前半で亜硝酸イオン、硝酸イオンの和を求め、後半でアンモニウムイオンと有機体窒素の含量を得る。これらの総和が全窒素量となる。紫外吸光光度法は、試料をアルカリ性ペルオキシ二硫酸塩の共存下で加熱酸化分解して、すべての窒素化合物を硝酸イオンに変換して、その紫外部の吸収を測定して全窒素を求める。
総リン	排水中には、リン酸イオン、無機体リンをしてポリリン酸類、メタリン酸類などの他、リン脂質やリンタンパク質のような有機体のリンが存在している。リン酸イオン以外のリンは加水分解や酸化反応によりリン酸イオンに変化し、窒素とともに富栄養化の原因物質となる。 全リンの測定方法は、試料にペルオキシ二硫酸カリウム溶液を加え、高圧蒸気滅菌器中でリン酸イオン状態にする。このリン酸イオンをモリブデン青吸光光度法により測定する。
TOC	TOC(全有機炭素)は水中に含まれている炭素を直接定量するもので、水の成分分析の一つである。その原理は試料中の有機体炭素を燃焼させて二酸化炭素とし、これを非分散形赤外分光光度計で測定して炭素分を定量する。TOC の分析は COD の測定よりも短時間で可能である。 注意事項としては、揮発性有機化合物(VOC)は無機態炭素除去過程で損失するので TOC として測定されない。また無機塩類は、直接的影響は少ないが使用中に燃焼管に蓄積してくるので、燃焼管および触媒の定期的洗浄が必要である。

TOD	<p>TOD(全酸素消費量)とは、試料を燃焼させたとき試料中の有機物の構成成分である炭素、水素、窒素、硫黄、リンなどによって消費される酸素の量である。閉鎖性海域に影響を与える物質の総体的な測り方ができるが、酸素消費量であるため窒素・リンについては測定する意味合いから外れているといえる。</p> <p>測定手法は、白金触媒を入れた燃焼管を 900 に保ち、これに一定量の酸素を含む窒素を流しておき、一定量の試料を加えて、瞬間的に燃焼する。このとき消費された酸素量を燃料電池によって検出する。</p>
-----	---

出典：新・公害防止の技術と法規

工場・事業場内のモニタリング設置状況については、各水処理操作の前に pH 計、濁度計などを設置し、最終の水処理操作の後にそれらに加え、COD、窒素およびリンまたはこれらを総合的に測定・管理できる TOD などの諸計器を用いて排水フローごとに管理するというのが一般的である。しかし瀬戸内海臨海地域では総合排水ピットの部分では pH、濁度のみの測定しかおこなわれないケースが一部の工場等で見られるが、これは海水の逆流の影響があるので COD、窒素およびリンの値は希釈された値となってしまうためである。

水質総量規制や瀬戸内海環境保全特別措置法では、定期的な排水濃度の管理だけでなく、24 時間を通した排水流量等の監視が要求されているため、計器を複数箇所に設置している場合などでは、メンテナンスなどの管理やランニングコストで大きな負担になると考えられる。長期間の測定においても項目によっては不検出のものもあることから、これらの項目については分析しなくてもよいなど、測定条件の変更、分析頻度の縮小などの緩和策が求められるところである。

また今後は水質環境を評価する指標が追加・変更される可能性があり、その場合は工場・事業場内のモニタリング計測器についても変更を余儀なくされる可能性が生じる。特に COD については下のよういくつか方向性が考えられ、それによって排水工程に求められる測定機器および化学物質の評価の仕方が変わってくる可能性はある。

海水中において富栄養化等に影響する化学物質をその度合いに応じてカテゴリに分類し、化学物質ごとにもしくはカテゴリごとに評価する。

TOC、TOD など別の指標で評価をおこなう。

化学物質の酸化の度合いを考慮し、工場・事業場と海水での評価を関連づけられるようにする。

COD 指標は現状のままで、評価方針を変更する(計測手法の統一化など)。

工場・事業場において現状のままの評価をおこなう。

その他底層 DO が指標で加わることで新たな測定が求められることは考えにくいですが、透明度の導入により、濁度計の設置を求められる可能性はある。

2.2 欧米における水質環境への対応について

2.2.1 米国の水質環境への対応について

米国の海域環境への汚染物質排出を規制するための基本となる法律には、米国の環境保護庁(U.S. EPA: Environmental Protection Agency)が 1972 年に定めた Clean Water Act (CWA)がある(参考資料 3)。本法の目的は、国内の水質について化学、物理学、生物学の面から統括的に復元・維持していくこととされている。ここでは有害物質の有害性を生じる量の排出を禁じ、水生生物や野生生物の保護、繁殖および水域でのレクリエーション活動を利用可能なあらゆる水域に提供することを掲げている。

本法の内容としては、CWA 第 101 条(a)で有害物質について影響を及ぼしうる量の排出を禁じることや、それぞれの州において汚染排出源を適正に管理した上で開発計画を展開していくことなどを定めている。CWA 第 301 条(g)では、法で規定されていない化学物質による汚染が発生した場合においても、水生生物の個体数のバランスを保っていくこと、水域でのレクリエーション活動を継続しておこなえるようにすることを原則とし、法の変更によって人の健康あるいは環境にとって容認しがたいリスクを及ぼしうる排出につながってはならないとされている。また同第 307 条(a)では、毒性汚染物質のリストを作成する際には、汚染の持つ毒性以外に有毒性、残留性、分解性、水中において影響を受ける有機物が、水中に恒常的あるいは潜在的に存在しているかということなどについても考慮すべきであることが示唆されている。このことから米国では、環境基準を設定する上でも健全な水環境、生態系の保護、人や水生生物の健康あるいは化学物質の毒性、環境へのリスクは重要な因子になると考えられる。

米国の事業場などの固定発生源に対する排水規制は、技術基準に基づく排水規制と環境基準に基づく排水規制の 2 種類がある。U.S. EPA によって定められる環境基準クライテリアは、化学物質に関しては「優先物質」、「非優先物質」、「味覚や嗅覚に係る物質」のカテゴリに分類されており、規制区域については淡水及び海水に分けられ、それぞれに最大基準濃度(CMC: the Criterion Maximum Concentration)と連続基準濃度(CCC: the Criterion Continuous Concentration)が定められている。最大基準濃度は、急性毒性に関して水生生物の最大許容量を示し、連続基準濃度は、慢性毒性に関して水生生物への影響が考えられる濃度を示している。また人の健康の保護に関する健康基準が定められているが、水と水生生物(有機物)を摂取した場合と水生生物(有機物)のみを摂取した場合の 2 つの基準を設けている。ただし米国での環境基準は環境目標としての推奨値という意味合いが強く、各州で規制をおこなう形を取っている。技術基準というのは、汚染物質を処理しうる技術を「従来の最善処理技術(BCT)」、「実用可能な最善処理技術(BPT)」、「経済的に利用可能な最善処理技術(BAT)」の 3 つに区分した上でそれぞれについて定められる基準のことである。

生物体内への蓄積、急性毒性、慢性毒性(この中には、発がん性、放射線などによる突然変異誘発性、奇形生成性、共同作用性など)が挙げられている。

1986年にU.S. EPAが発行したGold Bookには、水質クライテリアの設定理由について厳密にまとめられている(参考資料4、本資料は1968年Green Book、1973年Blue Book、1976年Red Bookの次に発行され、順次項目が付け加えられ改定されている)。ここでは、項目ごとに水生生物および人への毒性影響を評価しており、環境基準の数値的根拠となることが示されている。“Gold Book (Appendix XI)”では、環境基準のCMCについては急性毒性最終値の半分の値とし、CCCについては基本的には慢性毒性最終値と等しい値とするが、水生植物に対する影響濃度、残留物に関する値の中でより低い値がある場合は、そちらを採用することが示されている。

米国における水質環境に関する環境基準の数値設定については、ある化学物質に対して国の環境基準の必要性が問われた場合には、図2-1のような手続きを取るようになるが、まず入手可能な限りの毒性や生体内蓄積性に関するデータが収集される。そして、水生生物に対する急性毒性が認められたならば、水生生物が1時間内に生存しうる最高濃度の平均値を求める。同様に慢性毒性が認められたときは、水生生物が長期にわたって当該物質の影響を受けることのない限りでの4日間の最高濃度の平均値を算出する。水生植物に対しての毒性については、水生生物のときに把握した毒性と同濃度で植物に悪影響を与えるかを調べる。生体内蓄積に関しては、微生物が餌にするような水中の残留物について水生生物に対して有害であるかを調べる。

米国の環境基準には、水質環境に関する基準とは別に人の健康の保護に関する健康基準が定められており、「水生生物のみを摂取する場合」と「水と一緒に水生生物を摂取する場合」の2種類の基準値が存在する。基準値は、発がん性などの毒性、臭いや色覚、味覚などから判断され、一般的には水生生物のみを摂取する場合の方が高い設定になっている。

本基準の特徴は化学物質の有害性に関して、人への直接影響を評価するところにある。人の健康に係る評価については以下の流れで議論をおこなう。

人への暴露状況：有害物質の摂取形態(水を飲むのか、水生生物から間接的に取り込むのか、化学物質の吸入、経皮摂取など)、化学物質の摂取量、毒性をまとめる。

体内の薬物動態：人の体内での化合物の生物化学的運命を評価するため、化学物質の吸着、分布、代謝、排出データを検討する。

人への毒性影響：化学物質のデータについて、人への急性、亜急性、慢性毒性および変異原性、奇形発生、発がん性の可能性を検討する。

基準値の設定：環境基準の作成、化学物質の基準に係る数値的根拠についてまとめた文書を検討する。

また健康基準に関連する事項として、U.S. EPAは化学物質に関する人への健康評価に関する指針に「人への健康ガイドライン(the Human Health Guidelines)」を策定した。

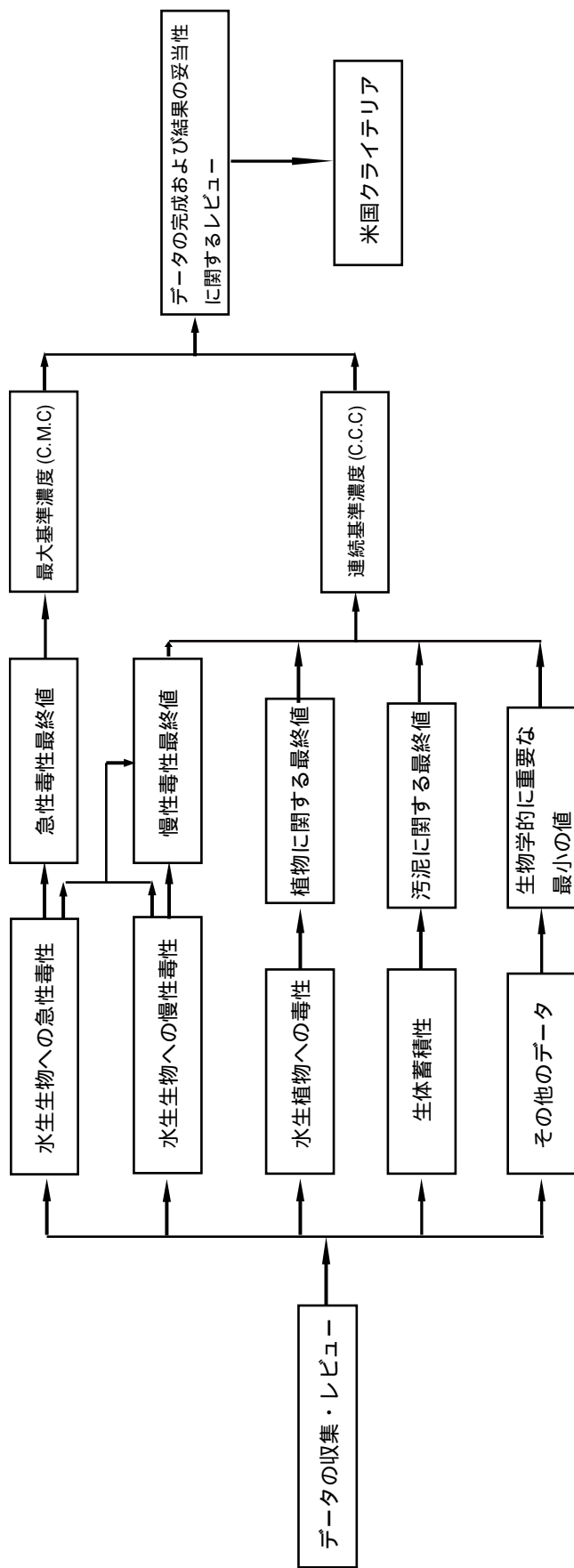


図 2-1 米国の水質環境基準クライテリアにおける数値導入について

出典：U.S. EPA

その他米国では、水質処理技術をもとに定められる技術基準がある。本基準は CWA 第 304 条等に示されている汚染物質を処理する技術を、従来の最善処理技術(BCT: Best conventional Pollutant Control Technology)、実用可能な最善処理技術(BPT: Best Practicable Control Technology)、経済的に利用可能な最善処理技術(BAT: Best Available Technology Economically Available)に分類し、汚染物質のタイプにより適用すべき技術基準を定めている。一般的には BAT が最も厳しい基準であり、BCT、BPT がそれに続く(環境基準値はさらに厳しい設定である)。表 2-7 に汚染物質別の技術基準設定を示す。

表 2-7 米国における技術基準について

技術基準	適用される汚染物質	特記事項
BAT	有害汚染物質	BAT 基準では対象物質に対して最善の対策をおこなっている工場をモデルとして、そこで用いられる技術と同等な技術を保有することを要求する。適用時にはコストについて特に考慮すべきである(費用対効果の検討は不要)。
BCT	通常の汚染物質(固形浮遊物、大腸菌、pH、油・グリース、シアン、各種金属、フェノール、BOD、COD 等)	通常の汚染物質の排出がある点源に対して適用が義務づけられている。BCT で用いられる技術については「POTW コスト比較」「産業費用対効果試験」にクリアすることを条件にしている。
BPT	あらゆるタイプの汚染物質 (BAT、BCT 対象物質を含む)	ある工場が基準を満たす技術を用いている場合、EPA はすべての工場等に対してその技術もしくは同等に汚染物質を削減する技術を保有することを要求する。費用対効果の影響を受けやすく、不均衡な場合は対策に支障をきたす。

出典：U.S. EPA

BCT はやや厳しい基準設定であるので、技術については、産業界で普及させていくため手頃な価格であることが求められる。そこで次の 2 種類の試験にクリアした技術のみを採用することとしている。「POTW コスト比較」では、BPT から技術をアップグレードするのにかかる費用が POTW ベンチマークに示されている金額を下回ること、「産業費用対効果試験」では汚濁負荷単位重量当たりの処理コストについて、BCT 対 BPT 値が BCT 対無処理などから導出する産業ベンチマーク値を下回することを条件としている。

このように技術基準を設けることで、次の議論をおこなうのに有効であると考えられる。

その技術を広い範囲で使用した場合どのくらいの基準値に設定するのが妥当か。

あらゆる個人または団体に受け入れられる最適な技術は何であるか。

事業場において技術基準を満たすためにはどのようなガイドラインを作成すべきか。

米国において水質クライテリアなどの環境基準を達成する支援策でもある、連邦汚染物質排出削減制度(NPDES: National Pollutant Discharge Elimination System)および計算で求める日最大負荷総量(TMDL: Total Maximum Daily Loads)の考え方は重要である。

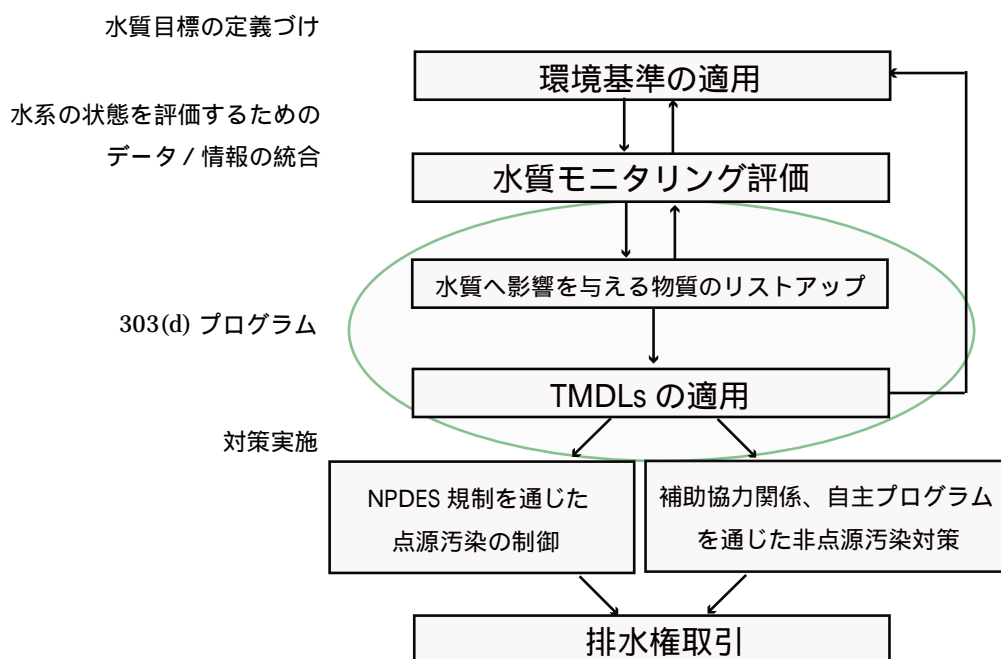


図 2.2 CWA における水質ベースのアプローチ

出典：U.S. EPA

図 2.2 は CWA で定めている環境基準を達成するための指針となるフローシートである。

環境基準を設定することにより、どの水系の保護・復元が必要なのか、どのくらいの汚染物質の削減が要されるかについて検討することができる。

水質モニタリング調査をおこなうことで、水系を特徴づけるデータが得られ、水質の変化を捉えることができる。州は、水質評価について 2 年ごとに EPA に報告する。

CWA の第 303 条(d)で規定されているように、州ごとに水質モニタリングや水質評価によって得られたデータおよび知見のリストを「隔年水質レポート」に取りまとめる。

のリストから水質管理が必要であると判断された物質については第 303 条(d)で規定されているプログラムによってすべての水域に対して、以下の TMDL を適用する。

米国の州では、州の水質機関や外部の公共機関などのデータを評価し、TMDL の適用対象となる物質のリストを作成する。このリストは環境基準を達成・維持していくための水質管理が十分におこなわれていない物質、水域が選定の対象になる。

ここでの TMDL は、水環境が受け入れることのできる汚染物質の日最大量と定義され、Eq.2-2 のように表される。

$$TMDL = \sum WLA + \sum LA + MOS \quad (\text{Eq. 2-4})$$

この WLA(Wasteload Allocation)は点源汚濁負荷量であり、LA(Load Allocation)は非点源汚濁負荷量である。MOS(Margin of Safety)は安全マージンである。

TMDL の目標は水質基準を満たすために決められた諸流域計画を達成し、汚染された水系を復元させることにある。TMDL は単純なマスバランスの計算から複雑な水系モデリングへのアプローチまで幅広い視点を要し、水質分析についても水系のタイプ、流れの複雑系など数多くの因子に基づいておこなわれる。また TMDL では、汚染があった場合原因となる汚染物質一つ一つについて水系ごとに対策措置が適用されることになる。

TMDL を適用した後、点源(Point Sources)汚染がある場合は NPDES を通じて点源汚染負荷量(WLA)を許容値以下に抑えるような取組を強制的におこなう。一方で非点源(Nonpoint Sources)汚染に対しては、州による規制プログラムは実施していない。

NPDES というのは産業界、地方自治体、その他施設から汚染物質について直接水系へ排出される有害物質による負荷を規制することを主眼に置いた水質汚濁削減プログラムである。NPDES を扱うサイトでは、技術や規制に関する情報などが提供されている。

点源汚染とは、工場や事業場など特定施設からの排水を表す。その一方で非点源汚染は、定期的に排出されているわけではないが、飲用水や野外活動などに有害な影響を及ぼしうる汚染源のことをいう。具体的には、郊外の農地などで農薬、殺虫剤、除草剤が大量に散布される状況、特定されていないエネルギー産業から油や潤滑剤、有害化学物質が排出される状況、鉱山などから廃酸が出される状況、家畜、ペットなどからバクテリアや栄養塩が排出される状況を表している。また郊外で起こる洪水などで汚染物質が一気に流される状況も非点源汚染として扱われる。

点源、非点源汚染を緩和させる施策として、排水権取引がおこなわれている。

排水権取引は、各排出者に水質汚濁に関する排出枠が割り当てられ、実際の排出量の過不足を相対取引によって調整するという制度である。本制度に基づく活動は、河川や湾など閉鎖性水域によって汚染物質や対策方針が異なるため、離れた水域における取引は原則的におこなわれておらず、取引エリアや参加者は非常に限定されていると考えられる。

米国においては、環境基準リストには殺虫剤、除草剤など農薬、多環芳香族炭化水素類 (PAH 類)の基準項目が多く、非点源汚染対策が広範におこなわれていることが推測される。

米国 EPA は非点源汚染に対して「米国の最大の水質への脅威もしくは水質悪化として認識されつつあるもの」と言及しているが、実態の非点源汚染への規制は大変困難である。その一つの要因は汚染の由来が特定できないことにある。非点源汚染には、農業や居住施設からの殺虫剤、農薬の散布、都市部のエネルギー使用による石油、潤滑油、有害物質の排出、牧場や森林からの汚泥(バクテリアや栄養塩を含む)の排出などが挙げられる。これらの汚染は雨や雪によって土地の汚染が流された場合は、人工由来か自然由来かということさえ分からなくなる。大気から水中へ混入するケースについても同じことがいえる。

CWA では、非点源からの排出を直接禁止するような文言は見られない。非点源汚染については CWA 第 208 条および第 319 条において、対策を州ごとに定めることを規定しており、非点源汚染により影響を受けている地域あるいは水域の定義づけ、区分分けをおこなうなどの対策を講じることが求められている。

次に、米国水域における一般的な有害物質汚染への対応について説明する。

米国 CWA では特に五大湖(Great Lakes)、チェサピーク湾(Chesapeake Bay)、タホ湖(Lake Tahoe)、シャンプレーン湖(Lake Champlain)、ポンチャートレイン湖(Lake Pontchartrain)などの閉鎖性水域およびハドソン川(Hudson River)について調査研究プロジェクトの進捗状況が記載されている。以下に米国の主な水質プロジェクトを紹介する。



図 2-3 CWA において水質プロジェクトが進められている主な水域

出典：WorldAtlas.com より

(1) 五大湖(Great Lakes)

五大湖は米国とカナダの国境に存在する 5 つの湖(スペリオール湖、ミシガン湖、ヒューロン湖、エリー湖、オンタリオ湖)の総称であり、世界最大の淡水水系である。1978 年には米国・カナダ間で「五大湖の水質に関する同意(Great Lakes Water Quality Agreement)」が発効され、五大湖へ流入する汚染物質を削減するためのプログラムや経験、技術を最大限に発展させていくことを目的に合意された。五大湖は都市によって産業が異なるため排出される化学物質も異なり、水系別のプロジェクトが実施されている。

その中でも五大湖管理計画(LaMP: Lakewide Management Program)は、いずれの湖においても活動の基本にあり、地域公共のステークホルダーに比重を置いている。

LaMP は五大湖の水質環境を評価、修復、保護、監視するためのアクションプランである。LaMP では汚染物質 22 種のデータを把握し、そのうち 9 種の生体蓄積性物質については特に排出ゼロ計画の対象物質とした。汚染物質負荷削減計画ではパブリックコメントで広く検討された後、実施に移される。

9種の汚染物質：水銀、PCB類、ダイオキシン、ジエルドリン、クロルダン、DDT、トキサフェン、ヘキサクロロベンゼン、オクタクロロスチレン

下記表 2-8 では、五大湖における LaMP の施策および確認された成果を湖別にまとめる。

表 2-8 五大湖に関する LaMP の施策

湖名	LaMP の施策状況	
スペリオール湖	施策	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2020 年までに 9 つの有害化学物質の排出ゼロを達成する(排出ゼロ目標を掲げる唯一の五大湖である)。 ・ トキサフェンの濃度管理(綿作物に大量使用された殺虫剤であるトキサフェンの濃度がスペリオール湖については高濃度のままであったことから、更なる綿密な調査が要求された)。 ・ 地域の土地利用計画を改善する。 ・ 水域保護活動への市民参加を増大させる。 ・ 外来種生物の導入を減少させ、在来種の保護に努める。 ・ 水銀を使用した製品を撤廃する。 ・ 生活ゴミの焼却に伴う有害物質発生についての教育プログラムを実践する。
	成果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 廃棄農薬等回収システムが継続的に構築されている。 ・ オンタリオ州の PCB 排出の段階的廃止が進んでいる。ミネソタ州の柱上変圧器に関するインベントリが更新された。 ・ 湖レベルのマス、チョウザメの個体数が自然回復している。 ・ 水銀について使用製品からの回収・代替物質への交換など削減活動が進められている。
ミシガン湖	施策	<ul style="list-style-type: none"> ・ マスバランスの研究(河川、湖沼、大気、堆積物、食物連鎖における PCB、水銀、トランス - ノナクロール、アトラジンの 4 物質をモニタリングする)。 ・ 生態系や地形に関する変化、湿地の退廃や分散、飛び地が起きている地域では生物居住地についてのデータ収集、湖・湿地帯での指標の改良が求められる。 ・ バラスト水あるいはイリノイ川経由で侵入する外来種への対策。 ・ 全農業分野あるいは大気からの沈殿物由来の汚染保護。
	成果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 飲用水の水質は良質に保たれているが、潜在汚染可能性は残っており、評価・制御する必要がある。 ・ 閉鎖度の高い水域において微生物汚染に関する迅速な調査研究が進められている。 ・ 魚類体内の PCB 濃度レベルの低下は鈍ってきている。河口で上昇しているアトラジン負荷について支流での削減が要される。 ・ バラスト水やミシシッピ川からの外来種が侵入し続けている。

		<p>アジア由来のコイの影響を防ぐために電気バリアを張る対策が強化されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> 湖の生態系に関しては、意思決定、情報の共有が進んでいる。
オンタリオ湖	施策	<ul style="list-style-type: none"> ナイアガラ川の有害物質管理計画が策定された。(優先物質としてPCB類、DDT類、水銀など18項目が設定されている。) オンタリオ湖における生態系の健全度をよりよく評価するために、米国・カナダ共同のモニタリングをおこなう。 生態系に関する指標、水生生物の生息地、汚染物質の発生源、侵略的生物種について政府に報告する。 科学グループ間でデータの共有、分析の共同実施、レビューの評価をおこなうなど連携して取り組む。
	成果	<ul style="list-style-type: none"> オンタリオ湖の生態系に関する健全度の修復・維持という点では、水生生物に及ぶ汚染、栄養塩の状態、在来種の個体数について急速に改善している。
エリー湖	施策	<ul style="list-style-type: none"> 生態系の現状を表現する指標の開発をおこなう。 水生生物の生息地を確保する。 米国・カナダ二国間でのモニタリングおよび人の健康のための対策を実施する。 危険度に応じて化学物質を分類する。 非点源汚染を制御するとともに、農業のための健全な土地利用を推進する。
	成果	<ul style="list-style-type: none"> クロルダン、PAH類、鉛などについて表層堆積物中の物質データ、成分マップなどを調べた。 汚染物質について生物学的限界影響濃度(TEC)および予測影響濃度(PEC)の比較をおこなった。
ヒューロン湖	施策	<ul style="list-style-type: none"> 水生生物体内の汚染物質、生物多様性と生態系の変化、水生生物の生息地の3つの事項に関する調査活動を優先的に取り組む。 微生物による汚染、湖岸の藻類による汚染に関して科学的アプローチから調査活動をおこなう。 ボツリヌス細菌、鵜の個体数、ジョージア湾の青緑藻、地球温暖化への影響などについて調査する。
	成果	<ul style="list-style-type: none"> 2004年の「ヒューロン湖米国・カナダ間協力アクションプラン」では、優先取組項目、取組プラン、モニタリング調査などについての情報が提供された。

出典：U.S. EPA (Program Report on the Grate Lakes Water Quality Agreement より)

(2) チェサピーク湾(Chesapeake Bay)

チェサピーク湾は大西洋中部、ワシントン D.C.の近くにある湾であり米国の代表的な閉鎖性海域である。この湾では、チェサピーク湾プログラム(Chesapeake Bay Program)によって湾の生態系を復元、保護していくことを目標とした活動が展開されている。

チェサピーク湾岸で特に深刻なのは栄養塩による汚染であり、富栄養化が頻繁に起こる。その他、化学的汚染、大気汚染、地形の変更、浸食、魚介類の過剰な収穫などが湾の生態系を圧迫している。そのような背景からチェサピーク湾プログラムでは次の4つの項目の遂行支援を運営委員会に要求している。

データ収集、モデリング、モニタリング、サービス支援など諸活動の実行および調整
湾の水質や生態系に関して、公共への技術支援を通じての適切な手段、情報の開発
州あるいは地方機関と連携したチェサピーク湾アクションプランの遂行
EPA や他の州機関あるいは地方機関の活動の調整

(3) その他の河川、湖沼

タホ湖

タホ湖はカリフォルニア州とネバダ州の州境に位置する湖であり、近年は富栄養化が進んでいる。タホ地域計画機構を設立し、湖の脆弱な生態系を保護するために州レベルの監視や制御を展開する上での適合性、必要性について研究プロジェクトを進めている。

シャンプレーン湖

シャンプレーン湖は、ヴァーモント州とニューヨーク州の境界に位置する湖である。シャンプレーン湖では水域の汚染からの総合的な保護、制御、復元を進めていくための政策会議がおこなわれている。本会議はヴァーモント・ニューヨーク・ニューイングランド各州間水環境汚染調整委員会 (New England Interstate Water Pollution Control Commission)の支援を受けて進められている。

ポンチャートレイン湖

ポンチャートレイン湖はルイジアナ州南東部に位置する汽水湖である。ポンチャートレイン湖の再生プログラムは、水域において健全な生態系を再構築する趣旨の再生プロジェクトであり、科学教育や公共教育が実施されている。

ハドソン川

ハドソン川はニューヨーク州を中心に流れ大西洋に注ぐ川である。ハドソン川の川底において、PCB で汚染された汚泥を選択的に除去する手法を検討するプロジェクトをニューヨーク州との契約合意を得て進められている。

また U.S EPA は 1995 年に NPDES 制度の下で、水生生物の保護を目的とした WET(全影響有害物質：Whole Effluent Toxicity)手法を導入した。本手法はあらゆる施設からの排水中の汚染物質について、水生生物に有害な影響を与えうる化学物質を統合的に管理・把握し、環境影響を効率的に低減させていくというものである。有害化学物質を指定しており、それぞれについて試験手法が細かく規定されていることが特徴である。1980 年代には水域に影響を与えうる化学物質の急性毒性、慢性毒性などの毒性影響を推測するための WET 試験手法(WET Test Method)が開発されており、関連データは同時期より集積され始めていた。

WET 手法においては水質クライテリアが別途適用されることが奨励されているが、特に 1985 年に報告された「水質ベースの有害物質制御のための技術支援資料(TSD: Technical Support Document for Water Quality-based Toxics Controls)」(1991 年改訂)の内容は、この水域への有害性を評価するためのクライテリアを達成するための重要事項が記載されている。多くの水域において、急性毒性の場合は 0.3 急性毒性ユニット(TU_a)、慢性毒性の場合は 1.0 慢性毒性ユニット(TU_c)が推奨されている。また毒性の持続性については、急性の場合は 1 時間の測定データの平均値を用い、慢性の場合は 4 日間の曝露実験データの平均値を用いる。基準を超過してよい頻度については、平均して 3 年に 1 度以上の超過があるべきではないとされている。

また当該化学物質が諸施設からの排出される場合、水生生物の活動のために設けられた水質基準(クライテリア)の超過に 影響を与える、潜在的な影響力を持つ、 寄与するの 3 段階のいずれかに評価される。その際の評価判別指標となるのが RWC(水中受入濃度：Receiving Water Concentration)である(Eq. 2-3)。

$$RWC = \frac{Q_e \cdot C_e}{Q_e + (pmf)Q_s} \quad (\text{Eq. 2-5})$$

RWC は外部からの濃度 TU_s の排出があった際の水中での毒性の度合いを表す。Q_e は排水の流量、Q_s は受入水の流量、C_e は排水濃度、pmf は部分混合因子をそれぞれ表す。WET 手法の大まかな評価としては、この RWC 値が毒性基準(急性であれば 0.3TU_a、慢性であれば 1.0TU_c)を上回った場合は、毒性基準の超過に影響するもしくは影響する可能性があることとされ、WET 規制(WET limit)が課せられることになっている。本規制には日最大規制(MDL 1.6TU_c)と月平均規制(AML 0.8TU_c)の 2 種類があるが、これらの値を超過した場合には、そこから 2 週間毎に全 6 回の追加モニタリング試験をおこなうことが規定されている。

WET 手法による評価には、TRE(特性削減評価：Toxicity Reduction Evaluation)という毒性制御の効果を把握する手法が用いられる。TRE によって汚染源が特定され、毒性が基準値以下になるまで、制御対策および WET 手法による再評価が繰り返される。

一方米国の閉鎖性海域では、富栄養化や貧酸素水塊の発生についても深刻である。

米国において富栄養化に関連する調査および政策の策定については、U.S. EPA や米国海洋大気圏局 (NOAA: National Oceanic Atmospheric Administration)が中心となって取り組んでいるが、これまでのところ過剰な栄養塩排出に対する国家規模の施策は存在しない。このような状況ではあるが、NOAA の部局であるナショナル・オーシャン・サービス(National Ocean Service)は河口付近において栄養塩の潜在汚染量を含めて計測する手法を開発した。この潜在的溶存濃度(Dissolved Concentration Potential: DCP)は河口付近の窒素負荷について希釈や洗浄などの作用を反映して推定・統合する指標である。その希釈パラメータは河口の体積に比例し、洗浄パラメータは河川系からの全体体積をもとに算出される(Eq. 2-4)。DCP を測定することで、植物プランクトンの生産量や現存量などから富栄養化の深刻さを把握することができる。河口部潜在的排出因子(Estuarine Export Potential: EXP)は DCP に次いで窒素負荷に対する河口部の反応を予測するために開発された指標である。本因子は特定の量を示すものではなく、海域での潜在的な希釈や洗浄の度合いを低度・中度・高度の3つに区分したうちのどれに当たるかを判定するのに用いる。

$$DCP = \frac{Q_f}{V_f} \cdot \frac{1}{V_t} \cdot \bar{N} \quad (\text{Eq. 2-6})$$

Q_f : 淡水排出量

V_f : 河口部の淡水体積

V_t : 河口部の全体積

N : 全河口部への窒素負荷量

これらの評価因子を適用させることで、栄養塩の負荷による河口部への影響に加えて温度や風の混合、入り江の地形構造、海岸付近のブルーム(汚染源から立ち上る汚染物質)、海岸線と河口部の面積の比などを考慮した判断ができる。また本指標により、河口部の循環について現象的な事実を把握することができる。しかし富栄養化を実際に制御するメカニズムを明らかにするわけではなく、富栄養化を改善させる情報を網羅するわけではない。

NOAA 以外でも多くの州や機関において、独自に深刻な富栄養化に対する対策努力を続けている。米国国家河口部富栄養化評価機構(NEEA: National Estuarine Eutrophication Assessment)では、富栄養化対策として次の3つの施策を各州に対し遂行している。NEEA が提唱している富栄養化に関する 16 の因子のうち5つの指標は州が評価・報告をおこなうことを義務づけている。

16 種類の水質関連因子についての情報、データを調査票などにより収集する。

の水質関連因子のうち特に5つは水質評価に用いる。

富栄養化によって考えられる影響を評価するための追加的なデータベース構築をおこなう。

NEEA が提唱する富栄養化に係る環境因子(は評価に用いられる5つの因子)

底層の溶存酸素濃度 [mg L⁻¹]

(無酸素型 0 貧酸素型 0 ~ 2 生物学的ストレス型 2 ~ 5)

クロロフィル a [µg Chla L⁻¹]

(貧栄養型 0 ~ 5 中栄養型 5 ~ 20 富栄養型 20 ~ 60 過栄養型 60 ~)

底生水生植物 (SAV: Submerged Aquatic Vegetation) 生息率 [%]

有害な水生動植物の繁栄状況 [-]

大型の着生植物の生息状況 [-] (注: 二枚貝の窒息、底生水生植物の個体数激減の要因)

(高水準 50 ~ 100 中水準 25 ~ 50 低水準 1 ~ 25)

海水の状態 [-] (注: 色、臭い)

濁度(光消滅係数) [mg suspen. Matter L⁻¹]

植物プランクトン一次生産量 [mg C m⁻³ day⁻¹] (注: 全システム年平均値(季節毎の配分))

有機物中炭素量 [grams C] (注: 1年間に排出、沈殿する生態系炭素量)

底生生物種の構成状況 [-] (注: 多様性に関する指標、生物攪乱に関する値、有用種の存在)

植物プランクトン集合状態 [-] (注: 全鞭毛虫に対するケイ藻の比(N/Si 比、P/Si 比)、平均サイズ等)

浮き草の状態 [-] (注: 広がり、期間、海藻の種類などの目視)

集合菌体量 [Tons year⁻¹] (注: 二次生産によって生じた個別種の量)

底層有機化合物の存在密度 [m⁻²] (注: 単位面積当たりのバイオターベーション(生物攪乱))

細菌活性度 [-] (注: グルコースあるいはアミノ酸代謝、チミジン摂取に関する値)

病原性有機化合物の有無 [-]

米国ナショナル・リサーチ・センターなどにおける富栄養化への対策の考え方で特徴的なのは、非点源からの汚濁負荷削減を重点的に進めていくことにある。農業分野では浸食作用を制御すること、汚染の広がりを抑えることなどによって窒素化合物あるいは溶解性リン等を地下水へ浸透させないような取組がなされている。また作物への肥料または家畜へのえさを最小限に抑えるなどの最善対策措置(BMP: Best Management Practice)が取られている。対策はその土地特有の気候、地理、地下水までの距離、灌漑、排水システム、土壌の性状、地歴などに応じてサイトごとにおこなう。

これらの活動は農家あるいは牧場主等に対して過度な労働や負担を課すことになる可能性があることに注意を要する。

次に米国の閉鎖性海域レベルの近年の富栄養化、貧酸素水塊への対策状況をまとめる。

(1) チェサピーク湾

米国において富栄養化に関する影響はチェサピーク湾域で最も深刻である。チェサピーク湾では 20 世紀以降環境劣化が起こっており、その影響は海藻生育面積や魚介類の個体数の縮小、季節によっては溶存酸素の枯渇、汚泥の増加などの形で表れている。またチェサピーク湾では堆積作用についても課題となっている。堆積物は水を濁らせ、底層水生植物が生きられなくなる。土地利用の変化などで堆積物の割合が増加しており、湾全体の健康度が危ぶまれる。

一方チェサピーク湾を改善させることを目指す取組も進められており、1987 年「第二次チェサピーク湾合意」(第一次は 1983 年に合意)では、湾域に流入する窒素・リンの総量を 1987 年から 2000 年までに少なくとも 40%削減することが取り決められた。この取組による窒素・リンの削減効果は点源汚染についてはそれぞれ 15%・58%、非点源汚染では 19%・15%の削減率であり、全体としては窒素 39%、リン 49%の削減率であった。また前述にもあるように、チェサピーク湾プログラムにより施策の調整をおこなっている。

チェサピーク湾では閉鎖性海域の状態を表すのに以下の指標を用いており、近年は水中における過剰量の栄養塩および堆積物が及ぼす影響が明らかにされた。

チェサピーク湾で主に用いられている指標

海中溶存酸素濃度(DO)

1985 年以降 DO は改善の傾向があったが、2001 年には湾の浅い層の半分ほどで再び貧酸素状態が見られた。

クロロフィル濃度

多くの海域において水生植物(SAV: Sub Aquatic Vegetation)で要求される生息数は満たしているのであるが、クロロフィル濃度には改善が見られない。

透明度

湾形成部や湾の主流部、大きな支流の下層などでは、水生植物への最小限要求光度は満たしており、上湾部(湾岸部)や多数の小さな支流では不透明な状態である。

(2) メキシコ湾

メキシコ湾ではルイジアナ州、テキサス州に面した河岸域において、夏場に水生生物がほとんど見られない水域や生態系が急変している水域が広くあり、この周辺に貧酸素水塊が広がっていると見られる。その原因としては、アメリカ内陸都市部の生活や農業、産業から栄養塩が過剰に流出されることが挙げられ、それにより水生植物が異常に繁殖し、枯死、分解する際に水中の酸素を大量に消費してしまう。

1990年代には汚染物質の堆積、湿地の退廃、底生生物の貧弱化、富栄養化が深刻になり、全汚染物質の1/4はERLガイドライン値(Effects Range Low: 全測定データのうち生態学的影響が現れるとされる汚染物質濃度の下から10%値)を超過していた。

2008年にはメキシコ湾の貧酸素水塊対策として「貧酸素湾域アクションプラン 2008 (Gulf Hypoxia Action Plan 2008)」が策定された。本計画は11のプログラムから構成されており、ミシシッピ川からメキシコ湾へ窒素・リンなどの汚濁物質の流入を抑えることを活動の特徴としている。また本アクションプランは2002年には最大で22,000km²まで発達していたメキシコ湾の貧酸素水塊(溶存酸素<2mg/Lの範囲)を2015年までに5,000km²以下に縮小させることを目標としており、そのための達成手段としては陸域からの総窒素・総リンの負荷量を30~45%削減することを挙げている。

Gulf Hypoxia Action Plan 2008 のプログラム

1. ミシシッピ川流域、ひいてはメキシコ湾全域に流出する窒素・リンの削減対策を州単位で計画、実施する。
2. 河岸プログラム、プロジェクトに適合した窒素・リン削減対策を州主導、共同の責任のもとで遂行する。
3. 州レベルの窒素・リン削減対策を継続し、メキシコ湾及び地域の水質保護に取り組む。
4. ミシシッピ川に流入する栄養塩がもともとなる被害を防ぐ費用対効果の高い政策を推進、発展させる。地域の取組の効果をすべて評価し、ミシシッピ川流域単位に統合する。
5. 貧酸素水塊が社会経済的効果、人の健康あるいはミシシッピ川やメキシコ湾北部の天然資源に与える影響を定量化し、窒素・リンの削減対策効果や代替対策のコストを認識する。
6. 州の機関で収集した、メキシコ湾の貧酸素水塊やミシシッピ川流域の対策に関するデータを協力して統合・改善させていく。
7. 州のプログラムにあたって栄養塩の削減対策の状況や成果を年次報告書にまとめることで窒素・リンの削減に対する活動を推進する。
8. ミシシッピ川の表面水について、栄養塩削減のための対策を継続的に実施していくが、政策については科学的な不確実性を少なくし、政策ツールの確実性および栄養塩削減のための管理施策の効率性を向上させていく。
9. 窒素・リン負荷量と貧酸素水域の形成、広さ、継続期間、深刻さとの関連性について不確実性について解明していく。
10. 貧酸素水塊についての認識が広がるように効果的なコミュニケーションを推進し、タスクフォースの活動を支援する。
11. 最近5年間(~2013年)で窒素・リン削減の取組、貧酸素水塊の状況、ミシシッピ川の水質変化、経済的・社会的効果などを再評価する。さらに現在の政策やプログラムが産業界や農作物生産者によってなされる意思決定にどのような影響を与えているか評価する。

2.2.2 EU の水質環境への対応について

EU 域内の水質環境政策の基本法には、2000 年に発効された水枠組み指令(Water Framework Directive)がある(参考資料 5)。本指令の目的は第 1 条に示されているように、EU 域内内陸地表水、遷移水、沿岸水および地下水保護の枠組みを設定することとなっている。EU の水環境についての考え方の特徴は、河川をベースとして表面水、内陸水、地下水に大きく区分して規定を定めていることである。EU の国土内には河川が広範囲を占めており、生活圏に深く関わっていると考えられる。

水枠組み指令第 4 条では、EU 域内の河川(表面水、地下水)に対して浄化及び管理の対策を導入し、本指令の適用後 15 年以内にすべての水域で科学的、生態学的に健全な状況を達成する方針を定めている。また、第 8 条では河川における水質状況を明解にするために、水質モニタリングを通じた施策をおこなうことを規定している。第 13 条では河川水質管理計画を提示しており、水系や保護区域の位置に関するマッピング、点源汚染や拡散源汚染、水系の量的状態に関する推定をおこなうことなどが附則第 7 条にて規定されている。

EU の水質環境基準については、2006 年 7 月に優先物質の基準値を定める「水政策分野における環境基準指令案」(COM(2006)397)が提出された。これによると 2001 年に水系の表面水に対しての環境水質基準(EQS: Environmental Quality Standards)が設けられ、優先物質 33 項目(38 種)と非優先物質 8 項目(9 種)のリストが採択された(No 2455/2001/EC)。本リストには内陸表面水(Inland Surface Water)とその他の表面水(Other Surface Water)に関する基準があり、年間の奨励平均値(AA: Annual Average)および最大許容濃度(MAC: Maximum Allowable Concentration)が規定されている。その他水生生物の体内組織に関して、ヘキサクロロベンゼン(10 μ g/kg)、ヘキサクロロブタジエン(55 μ g/kg)、メチル水銀(20 μ g/kg)の 3 物質の許容基準値が定められている。本指令適用後 15 年以内に基準値を達成しなければならず、各国法でより細かな基準設定や規制を実施していくことになる。

水枠組み指令と関連して有害物質の規制に係る個別の法令¹には、1986 年に策定された有害物質削減法(The Dangerous Substance Discharges Directive)がある。本法では有害物質としてリスト (主に毒性、残留性および生物蓄積性に基づいて選定された物質)とリスト (水質環境に有害な影響がある物質)が定められているが、このうち 11 種の化学物質²については、産業界の工場、事業場等からの日単位、月単位での生産量、水域への排水濃度に関する限界値が示されている。

¹ 1983~84 年にかけてカドミウム排出法、水銀法、ヘキサクロロシクロヘキサン排出法が規定されたが、水枠組み指令で包括的な内容となったため、これらについては順次廃止された。

² 11 種の汚染物質：四塩化炭素、DDT、ペンタクロロフェノール、ドリソリン類(アルドリソリン、ジエドリソリン、エンドリン、イソドリソリン)、ヘキサクロロベンゼン、ヘキサクロロブタジエン、クロロホルム、1,2-ジクロロエタン、トリクロロエチレン、パークロロエチレン、トリクロロベンゼン

EU の水質環境基準の考え方については、水枠組み指令附則第 4 条に書かれているが、特に下記の EU 水枠組み指令で規定されている主要な汚染物質のうち 1 ~ 9 番については水生生物の保護の観点からも水質環境基準となっている。環境基準値については可能な限りの急性毒性、慢性毒性に関するデータを収集した上で、以下の手順で年間の平均最大濃度を算出することを規定している。

水中に存在する物質へのリスク評価を行い、表 2-9 より「安全性係数」を設定する。

表 2-9 EU における環境基準の設定方法(安全性係数)

毒性値の観測状況(魚類、ミジンコ類、藻類の 3 種に対しておこなう)	安全性係数
1 種の生物群に対して急性 LC ₅₀ 値を観測した場合	1,000
1 種の生物群に対して急性最大無影響濃度(NOEC)を観測した場合。	100
2 種の生物群に対して急性 NOEC を観測した場合。	50
3 種すべての生物群に対して急性 NOEC を観測した場合。	10
より正確な安全性係数を決める必要性のある他の場合。	場合による

出典：EU 水枠組み指令

難分解性や生体蓄積性に関するデータがある場合は、環境基準値決定の際に考慮する。環境基準値についてフィールド研究の成果と整合性があるかを確認する。異常性が見られた場合にはより適切な安全性係数を再計算する。

EU 水枠組み指令で規定されている主要な汚染物質

1. 有機ハロゲン化合物(水環境中で自然発生する場合を含む。)
2. 有機リン化合物
3. 有機スズ化合物
4. 発がん性、突然変異原性がある物質またはステロイド産生作用を示す物質、甲状腺、内分泌関連の器官に影響を及ぼす可能性がある物質
5. 難分解性炭化水素、難分解性かつ生体内蓄積性を持つ有機系有害物質
6. シアン化物
7. 金属類およびその化合物
8. ヒ素およびその化合物
9. バイオサイド(殺虫剤)
10. 懸濁物質(SS)
11. 富栄養化に影響を与える物質(特に窒素化合物、リン化合物)
12. 酸素バランスに影響を与える物質(BOD、COD などの因子)

EU では閉鎖性海域として扱われる主要な水域は、複数の国が接する大海であり、米国の五大湖のような巨大な内陸湖はあまり見られない(図 2-4)。ヨーロッパ環境保護庁(EEA:European Environment Agency)の報告などより、EU 域内において閉鎖性海域を有する、もしくは面している国々における水質環境状況、水質改善に向けた施策などを紹介する。

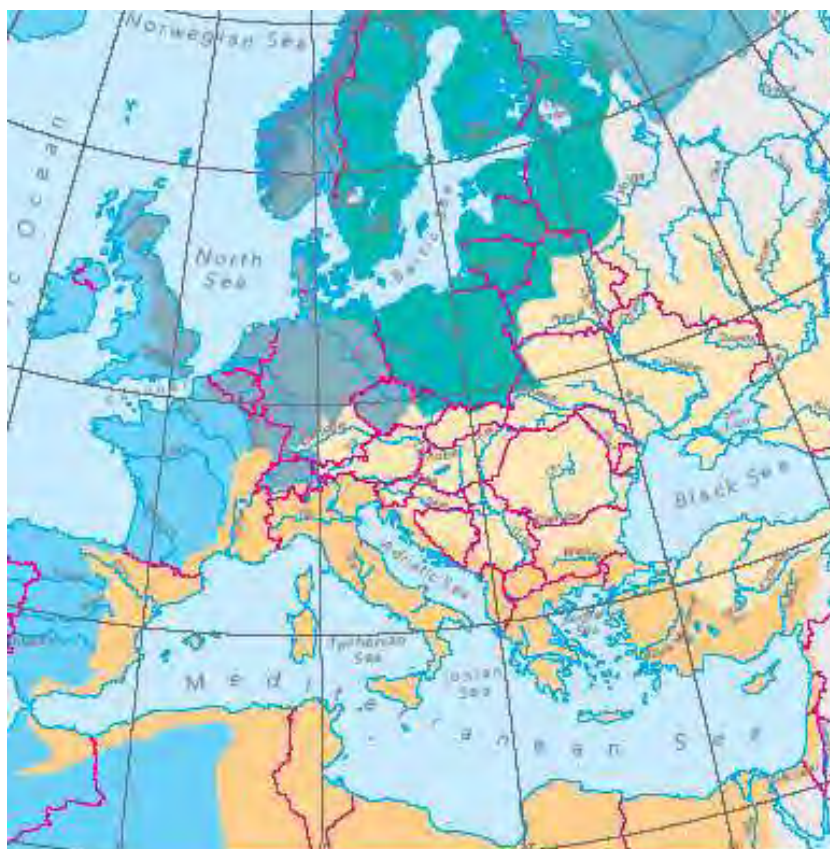


図 2-4 EU と閉鎖性海域

出典：Eutrophication in Europe's Coastal Waters より

(1) デンマーク

デンマークは一つの半島と数百もの島々から成っている。河川は少ないが、海岸線に沿って広範囲にわたり脆弱なフィヨルドが形成されている。最近では農業や家畜産業から排出される栄養塩(窒素・リンなど)が主な水質の課題となっている。

1970年代の水環境政策は地域レベルの計画や水質測定が主であった。1980年半ばまでには、全汚濁負荷量の75%は二次処理設備によって処理されるようになり、産業界からの排水の多くは公共下水処理システムと連携して取り組む仕組みができた。また1987年に実施していた水質環境アクションプラン(The Action Plan for the Aquatic Environment)によって窒素50%、リン80%という削減効果があった。

(2) フランス

フランスにはのべ 270,000km にも及ぶ水路体系があり、他にも広大な海岸線や多くの湖、湿地など豊富な水源がある。1960 年代以降、点源からの汚染を制御する取組は徐々に改善されており、国家環境計画(National Environmental Plan: 1990)や都市廃水処理指令(UWWTD: The Urban Waste-Water Treatment Directive)により対策を強化してきた。

フランス全体で有機物の排出を削減してきたが、河川全体の 1/3、湖全体の半分の水域はなお富栄養化が頻繁に起こる脆弱な水域に分類されている。

1970 年代以降の政策は主に河川流域機構(River Basin Agency)によってなされている。1980 年代には下水処理設備を 70%の人口に普及され、1974~1998 年の間には産業界からの汚濁負荷量を BOD で 56%、毒性物質で 80%削減された。

(3) オランダ

オランダは国土の約 1/3 が海面下であり、一度用水路や堤防を破壊する規模の洪水が起こった場合は、国土の全体に被害が及ぶ。3つの川(ライン川、シェルド川、メウス川)の合流地点にあるため、国内の汚濁負荷に加えて、川の上流国からの汚染移入を受ける。

1970 年に表面水汚染法が導入されたことで、点源からの排出を制御するようになり、1980 年代後半には家庭、産業界全体の 85%において排水対策が実施されるようになった。また現在ではほぼ 100%の家庭で窒素・リンを完全に除去する装置を取り付けている。

2006 年には汚染濃度に関する水質目標を最大許容リスクレベル(Maximum Admissible Risk Levels)以下に削減することとした。またオランダ全体で窒素・リンによる負荷を全体の 75%にまで削減することを目標としたところ、リンについては 1998 年にすべての地点で達成したが、窒素は全体の 68%の地点でこの要求を満たしていない状況にある。

(4) スペイン

スペイン国土の 1/3 は侵食や日照りの影響を受けている。そのためスペインでは、従来水対策といえば水供給に重点が置かれていた。1980 年代後半から水質汚染が問題となり、多くの河川、特に産業界が集中している都市部において高濃度の汚染が残っている。特に大都市の多くは 8,000km もある海岸線上にあり、汚濁負荷を海域に流出しやすくなっており、河口付近や河岸地域では産業界からの排出汚水の影響を甚大に受ける。

2000 年時点では、全家庭の約 55%で複合的排水設備と連結して処理をおこなっているが、河岸部においては普及率が低い。排水を生物的に二次処理する設備は全家庭の 40%ほどであり、窒素やリンを完全除去する先進的な設備は 4%にとどまる。

1985 年には水法(Water Act)が適用されていたが、本法では水資源の供給や水使用の優先配分に重点を置いていた。水法では経済的な側面での水の使用や排出制限に関する規定があった。国の水質環境について具体的な指示が出されたのは、EU 水枠組み指令に伴う都市廃水処理指令(UWWTD)の要求を満たすために 1995 年に発効された国家汚泥および

廃水処理計画(National Sewage and Waste Water Treatment Plan)であった。汚染を受けにくい水域には二次処理設備を、汚染を受けやすい海岸ではさらに高度な先進設備をそれぞれ導入する動きが広がっている。

(5) エストニア

エストニアは多くの湖と2つの大きな島を持つ低地にある国である。バルヌ川などいくつかの河川が国を横断している。閉鎖性海域との関連性も強く、バルト海に接しているフィンランド湾やリガ湾に面するが、当水域は脆弱であり汚染が広がっている。

1980年代には都市部の家庭など諸施設の40%に複合汚染水処理設備が導入されていたが、産業界からの排出は多くの地域で規制されていなかったために水質汚染はかなりひどかった。

1990年代には家庭の70%が複合排水処理設備と連携するようになり、うち主に脱リンをおこなう先進設備は40%の導入率、生物二次処理が28%を占めた。海外や国際的な経済機構からの環境支援により排水処理設備の導入が一気に進んだといえる。

1974年にはバルト海保護のためのヘルシンキ条約が締結され、エストニアも批准していたが、1991年の独立後は独自に水質関連の政策をおこなえるようになり、2002年にはフィンランドと共同で水質保護をおこなう政策に合意した。

(6) ポーランド

ポーランドは、北側には低地が広がり2つの大きな湖がある。南側には高地があるが、長く平坦な河川が流れている。バルト海に面しておりヴィスワ川、オーデル川が注ぎ込んでいる。ポーランドでは水供給は表面水に依存しているが、高濃度の汚染と水源の確保が困難であることから飲料水が不足しやすい状況である。

1970年代から水質の改善が求められており、1990年代には河川の水質において目覚ましい改善があったものの、海辺では不十分な汚泥処理などで負荷を受け続けている。2001年には家庭の55%が複合汚泥処理設備を介しており、先進処理設備は23%で導入している。

ポーランドはバルト海に関するヘルシンキ条約を批准しており、水質汚濁処理の拡充についても合意した。1981年の水質汚濁負荷排出量ではポーランドからバルト海に排出される有機物は全体の1/3にあたとされている。このような状況から汚濁負荷を削減するために国家環境政策は1991年、2000年の2度施行されている。

EU 地域の代表的な閉鎖性海域には、地中海、バルト海、北海、黒海が挙げられる。EU の閉鎖性海域の特徴には、複数の国に面していること、流れ込む国際河川の数が多いことなどがある。ここではそれぞれの閉鎖性海域における有害物質対策について紹介する。

(1) 地中海

地中海は、北は南欧、南はアフリカ、西はジブラルタル海峡(スペイン - モロッコ間)、東はダーダネルス海峡(ギリシャ - トルコ間)で囲まれた広大な海である。

地中海の海域の状態はおおむね良いが、沿岸域では富栄養化を始め、重金属、有機物質、微生物などによる汚染が目立つ。地中海東岸域においては水銀が高濃度で観測されるが、鉱業やアルカリ工場などからの排出が多いものと考えられる(EU では、2011 年 3 月から水銀の域外輸出を禁止することとしている)。カドミウムに関してイスラエルでは腹足類、イタリアでは二枚貝、ギリシアではカサガイなどから高濃度で観測されている。ローヌ川デルタ地帯の汚泥からは高濃度の DDT が観測されている。

地中海全域の取組に関する事項は 1978 年に施行された「汚染に対する地中海の保護に関する条約(バルセロナ条約)」や本条約に含まれている「地中海アクションプラン(MAP: Mediterranean Action Plan)」を中心にまとめられている。これらの取り決めで規定されているのは包括的・外観的な施策にとどまっている。

バルセロナ条約は、地中海における汚染について、締結国に対して考えられうる経済的、社会的、健康的、そして文化的な価値のある海洋環境に配慮し、その保護や充実のために調整・解釈されうる地域アプローチについて、州及び国際機関が密接な連携を持って取り組むことが求められている。

その代表的な規定には、第 8 条は個々の陸域発生源からの汚濁負荷(海洋等への直接的な排出、河川等を通しての間接的な排出、大気経由で運ばれてくる排出の 3 つに区分)について取りうる適切な処置を図ることを定めており、第 9 条は緊急の汚染について周辺国の協力を持って対処することが決められている。

地中海アクションプランはバルセロナ条約の補完的な事項として扱われているが、1975 年の「地中海の保護に関する政府間会議(Intergovernmental Meeting on the Protection of the Mediterranean)」において以下のことを調整することで政府間の合意が得られている。

地中海における資源の開発、取り扱いに関する統合プラン

汚染の状況および海域の保護施策についての調査、モニタリング、情報交換、評価に関する共同プログラム

地中海環境保護のための技術についての枠組み条約及び関連議定書

アクションプランの制度的および経済的な達成

(2) バルト海

バルト海はヨーロッパ大陸本土とスカンジナビア半島に囲まれた閉鎖性海域であり、世界でも有数の汽水域である。バルト海の海域対策についてはバルト海洋環境保護委員会(ヘルシンキ委員会:HELCOM)が中心となって取り組んでおり、1992年には「バルト海海洋環境保護条約(ヘルシンキ条約)」が採択された。本条約はバルト海の生態的修復、生態バランスの保護を促進させるために契約国に対して個別にもしくは共同で汚染を削減するための適切な処置を取ることを規定している。

本条約の特徴の一つは、EUの水質環境基準とは別に、独自の海域保護のためのクライテリアを設けていることである。条約第5条では有害物質によるバルト海の海洋環境を保護、汚染削減することを求めているが、附則第1条において特定の有害物質に対してクライテリアを定めている。

ヘルシンキ条約で規制している有害物質

薬物以外の最終利用を全面禁止する物質。

- ・ DDT(1,1,1-トリクロロ-2,2-ビス-(クロロフェニル)-エタン)
- ・ DDE(DDTの派生物質)
- ・ DDD(DDTの派生物質)

全面禁止している物質

- ・ PCB類(ポリ塩化ビフェニル類)
- ・ PCT類(ポリ塩化ターフェニル類)

特定の条件のときのみ禁止する物質。

- ・ 有機スズ化合物(遊覧船や魚捕獲用のカゴへの汚れが問題となる場合のみ)

使用を最小限に抑え、可能であれば禁止する農薬類。

アクリロニトリル、アルドリン、アラマイト、カドミウム化合物、クオルダン、クオルデコン、クオルジメホルム、ククロホルム、1,2-ジプロモエタン、ジエルドリン、エンドリン、フルオロ酢酸およびその化合物、ヘプタクロル、イソベンゼン、イソドリン、ケレバン、鉛化合物、水銀化合物、モルファムコート、ニトロフェン、ペンタクロロフェノール、ポリ塩化テルペン類、ペンタクロロニトロベンゼン、セレン化合物、2,4,5-トリクロロフェノキシ酢酸、トキサフェン

また同第6条では陸域発生源からの汚濁負荷に関して、バルト海域の保護、汚染削減することを定めており、あらゆる汚染に対して環境に配慮する最善の施策(Best Environmental Practice)が取られることが望ましく、点源汚染については利用可能な最善処理技術(BAT)に基づいた対策が適用されている(附則第2条)。このBATに定義される水質汚濁物質削減技術の特徴としては、科学的知見の蓄積による技術の発展、変化が可能であること、短時間で利用できること、経済的に安価であること、処理による廃棄残渣が少

量であることなどが挙げられる。

(3) 北海

北海は北西ヨーロッパの大陸棚にある広大な海洋であり、スカンジナビア半島、グレートブリテン島、ユトランド半島(デンマーク)に囲まれた海域のことである。

北海の海域水質対策は「オスロ・パリ北西大西洋保護条約(OSPAR)」などのプログラムに基づいて実施されており水質は改善傾向にある。特に精油所、精錬所や切削所などから排出される重金属および油の排出が激減した。1998年には汚泥・スラッジの海洋への投棄は禁止され、海洋における化学物質の使用も減少してきている。

北海において、削減が進まない化学物質として課題となっているのは、PCB類、殺虫剤(リンダン、DDT、トキサフェンなど)、TBT(トリブチルチン)、ダイオキシン類などである。これらは河川あるいは大気を経由する場合や直接廃棄される場合などがある。PCBについてはノルウェイのフィヨルドやドイツ、ベルギーの河口などにおいて高濃度で観測される。殺虫剤全般については近年では多くの海域で減少傾向にあるものの、DDTやトキサフェンについてはまだいくつかの海域において濃度は上昇している。ダイオキシンの濃度は産業界の発生源への削減措置を講じたことより、1990年から一貫して減少している。TBTに関しては、船舶用塗料として大量に使用されるので航行路などにおいて高濃度で観測される。

OSPAR条約は、優先的に対策をおこなう化学物質および産業を決め、締結国に対し、汚染を削減するために「最善の処理技術(BAT)」および「最善の環境施策(BEP)」をおこなうように求めている。BATは産業界由来の汚染に限定し、BEPは拡散源からの汚染を制御するためにおこなう。

契約国政府はさらに次に挙げる化学物質については、より有害性の低い代替物を推進していくなどにより削減の措置を取ることに同意した。

「OSPAR条約」で規定している有害物質

削減対象物質

高塩素化短鎖パラフィン、トリクロロベンゼン、ムスクシレン、ノニルフェノール、ノニルエトキシフェノールおよびその派生物、臭素化難燃剤

(4) 黒海

黒海はヨーロッパとアジアの間にある内海、汽水域であるが、この海の特徴としては水深200m付近に冷たく塩分の薄い表層水(河川から流入し、地中海へ流出)と、暖かく塩分の濃い深層水(地中海から流入)が層を成している。このため深層水では酸素が欠乏しやすく、嫌気性生物によって硫化水素が発生し、海水中の鉄イオンと結合し黒色の硫化鉄を生成する。表層水は十分な酸素を含むため豊かな生態系を擁している。

黒海周辺の取り決めには、1992年にルーマニア(ブカレスト)で合意された「汚染に対する黒海の保護条約(Convention on the Protection of the Black Sea against Pollution)」がある。本条約では汚染発生の特徴に応じて以下の3つの議定書に従うように定めている。

- () 陸域発生源由来の汚染に対する黒海海域環境保護議定書(Protocol on the Protection of the Black Sea Marine Environment against Pollution from Land-Based Sources)
- () 油及び他の有害物質による黒海海域環境汚染緊急事態に対する協力議定書(Protocol on Cooperation in Combating Pollution of the Black Sea Marine Environment by Oil and Other Harmful Substances in Emergency Situations)
- () 投棄による汚染に対する黒海海域環境保護議定書(Protocol on the Protection of the Black Sea Marine Environment against Pollution by Dumping)

議定書()では、有害物質として以下の項目を挙げており、物質の排出に関しては最大許容濃度および最大許容負荷量を設定し規制することを定めている。

「陸域発生源由来の汚染に対する黒海海域環境保護議定書」で規定している有害物質

危険物質

有機スズ化合物、有機ハロゲン化合物、水銀化合物、カドミウム化合物、鉛化合物、潤滑油、難分解性の合成化学物質、発がん性・催奇性・突然変異原性のある物質、放射性物質

有害物質(ただし危険物質に定められている物質を除く)

殺虫物剤およびその派生物質、シアン化物、フッ化物、リン元素、病原性微生物、微生物で分解できない合成洗剤および界面活性剤、酸性およびアルカリ性物質、温排水、原油およびあらゆる炭化水素、大量に存在すると有害になりうる無機リン・窒素などの栄養成分化合物、次に挙げる物質の元素及びその化合物(亜鉛、銅、ニッケル、クロム、セレン、ヒ素、アンチモン、モリブデン、チタン、スズ、バリウム、ベリリウム、ホウ素、ウラン、バナジウム、コバルト、タリウム、銀)

黒海の海洋汚染に関する取組である「黒海の修復・保護のための対策アクションプラン(Strategic Action Plan for the Rehabilitation and Protection of the Black Sea)」では、越境診断解析(TDA: the Transboundary Diagnostic Analysis)という技術手法を用いて黒海の環境状況を把握し、適切な政策をもって対処している。

この TDA は、地中海など他でも用いられているが、海域中を汚染が越境して他国の海域に達してしまうことを診断する手法のことであり、閉鎖性海域に面する国々に対し国別の環境基準を設け、国ごとの環境状態を量的に把握することが特徴である。閉鎖性海域を複数の国が共有している場合は、汚染源の国を特定するのが困難である。

一方で、欧州においても閉鎖性海域への富栄養化がもたらす被害は甚大であり、その規模はバルト海全域、北海沿岸で高く、バルト海沿岸部は特に深刻である。

欧州の富栄養化の原因の5～8割は農業からの窒素・リンが河川を經由して排出されたものとされており、家畜の頭数の増加に伴う肥料生産増、作物生産の増加などにより、農業における殺虫剤、無機窒素化合物などの使用量は急増している。脱窒能力があるとされている湿地帯については、この50年間で、フランスでは67%、イギリスで84%、ドイツでは57%、スペインでは60%縮小している。

欧州の場合は、閉鎖性海域への汚濁負荷の原因は国際河川である場合が多く、国家間で協定を結ぶことで整合性を取る必要がある。富栄養化に関してEU全体に適用されている法律には、都市廃水処理指令(UWWTD)や硝酸肥料に関する指令(the Nitrate Directive)がある。

1991年にEUで採択されたUWWTDは、都市部および特定の産業界からの汚染水に対し適正な回収、処理、排出をおこなうことをもって水質環境を保護することを目的とする。その施策には、都市部の排水処理設備では窒素・リンの全排出負荷総量を少なくとも75%削減することなどを規定している。本規制による水質の改善としては、BOD₅値は1990年代から20～30%削減され、リン濃度は同30～40%、アンモニウム塩は40%の削減があった。ヨーロッパ全体の栄養塩については都市部の排水整備などで努力が続けられているものの依然として高濃度である。

EUでは1991年に硝酸肥料に関する指令(the Nitrate Directive)が定められたが、本法は農業から排出される窒素化合物由来の水質汚染を削減し、将来発生しうる汚染から保護することを目的としている。その取組は人の健康および水生生物の生態系保護、富栄養化の保護を目指して「脆弱な水域」を設定し、4年ごとに硝酸イオン濃度や栄養塩のバランス、藻類についてのモニタリングをおこなうことなどがある。本指令に沿って1990年代から農業政策の転換などを図り、窒素化合物の排出量を制限する取組が進められており、現在では窒素負荷量は欧州全体で、10メガトンほどであり安定してきている。硝酸イオン濃度についてはフィンランド、フランス南部、東部は減少傾向にある(フランス北部・西部、オーストリア北西部、スウェーデン南部は増加傾向にある)。

EUには富栄養化の状態を大まかに表わす指標として1995年に海洋学者であるNixonにより提唱された植物プランクトンの一次生産による炭素の濃度測定があるが、海洋の栄養状況を4段階に分けて評価することができる。

・貧栄養型	< 100 g C m ⁻² y ⁻¹
・中栄養型	101-300 g C m ⁻² y ⁻¹
・富栄養型	301-500 g C m ⁻² y ⁻¹
・過栄養型	> 500 g C m ⁻² y ⁻¹

欧州環境保護庁(EEA)のナショナル・レファレンス・センター(NRC: National Reference Center)は各国、地域に対し次に挙げる富栄養化の状態を表わす指標について報告するように定めており、集められる膨大なデータをもとに EU の閉鎖性海域における富栄養化現象について総合的に評価している。またその中でも窒素・リンに関する栄養塩、クロロフィル a、溶存酸素濃度は、富栄養化の状態を表す指標として最も広く用いられており、沿岸水の富栄養化を評価・改善させるための第一段階の最適な指標として推薦されている。

EU 地域に観測を求める富栄養化を表わす指標

- ・ 栄養塩(総窒素, 総リン, リン酸イオン, 硝酸イオン, 亜硝酸イオン, 硝酸イオン + 亜硝酸イオン, アンモニア, TN/TP 比, ケイ酸イオン, 総炭素)
- ・ 酸素レベル(底層水における飽和溶存酸素濃度)
- ・ 水の透明度(セッキ深度・夏)
- ・ 水生生物の生息状況(植物プランクトン、底生生物、マクロベントス、クロロフィル a 等)

また EU では TRIx(Tropical Index for Marine System)という植物プランクトンの総量を表す指標が広く用いられている。本指標はクロロフィル a、窒素・リン濃度および酸素飽和状態をもとに算出される(Eq. 2-5)。TRIX による富栄養化の判別は下の通りである。

$$TRIX = [\log_{10} Cha + \log_{10}(aD\%O) + \log_{10}(DIN) + \log_{10}(TP) - k] / m \quad (\text{Eq. 2-7})$$

Cha [$\mu\text{g L}^{-1}$] : クロロフィル a 濃度

aD%O [-] : $|\text{abs} - 100 - \%O|$, 酸素飽和時の絶対偏差

DIN [$\mu\text{g L}^{-1}$] : mineral N, 溶存無機窒素濃度($\text{N} \cdot (\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_3)$)

TP [$\mu\text{g L}^{-1}$] : Total Phosphorus, 総リン濃度

k = - 1.5, m = 1.2

貧栄養型	2 ~ 4	中栄養型	4 ~ 5	富栄養型	5 ~ 6	過栄養型	6 ~ 8
------	-------	------	-------	------	-------	------	-------

また EU 本部附属のリサーチセンター(JRC: Joint Research Center)は、富栄養化に関するリスク指標(Eutrisk)を開発した。Eutrisk は遠隔センサーにより海域上層部のクロロフィル値を観測し、植物プランクトンバイオマス関連の値に変換する。それと同時に潮の流れなど物理的に影響を受けやすい水域(PSA: Physically Sensitive Area)に関する情報と組み合わせて、富栄養化および貧酸素化の状態を調べることができる。Eutrisk を用いると生態系への影響を与えやすい場所、与えにくい場所の識別が可能になる。

次ページからは閉鎖性海域ごとの富栄養化の状況および指標の選定についてまとめる。

(1) 地中海

地中海では内海はほとんどが貧栄養型の状態であるが、海岸部で富栄養化現象が見られる(図 2-5)。これは家庭からの排出未処理水や産業界からの排水が直接流れ込んだ結果、窒素負荷が増加したことが原因と考えられている。アドリア海の北岸、西岸については循環特性や海が浅いことに加え、大河からの窒素負荷が過剰であることから富栄養化の影響が大きいとされている。現在地中海南岸の富栄養化現象については、沿岸アフリカ諸国のモニタリングプログラムが進んでいないことから十分な報告がされていない。今後の人口増加に対し、環境施策は不十分であるので富栄養化問題は深刻化していくと考えられる。



図 2-5 地中海の富栄養化現象が報告された地域(1996 年)

出典 : State and Pressures of the Marine and Coastal Mediterranean Environment

富栄養化は海洋全体の生態系に影響を及ぼす。富栄養化が起こると大型植物に覆われるので、海水は退色し、透明度は下がる。過剰な有機微生物や植物バイオマスによって酸素が大量に消費される。また富栄養化が広がっていく過程には水が入れ替わる周期、生物ライフサイクルの変動、気候的特徴など多くの要素がある。底層水の酸素欠乏はあらゆる生物活動の変化を引き起こす。また海水中の藻類の増大は高 pH や毒性物質の発生をもたらすことがあり、水生生物への蓄積が進み、最終的には人へも影響を及ぼすことになる。

富栄養化の評価を栄養塩(窒素やリン)の濃度のみで表現することは、他の海域と海洋状況を比較する際に物理的な特徴(栄養塩の希釈度、流体力学、季節性、気候など)が異なるために適切ではないという考え方が主流になってきている。そこで近年では地中海沿岸諸国において富栄養化に関する十分な情報を得るために、海域における貧酸素水域の有無、栄養異常、毒性物質、底生生物の生態、海水の粘性、海水の変色、海水の透明度などの評価がおこなわれるようになった。これに加えて海域の藻類の種別、クロロフィル a、海域の植生生物の群生密度についても記録されるようになっている。

(2) バルト海

バルト海においても富栄養化は大きな課題である。海洋において栄養塩が高濃度で存在することで藻類は異常繁殖し、以下のような海洋システムの不安定化につながる。

- ・線維状海藻および植物プランクトンの過剰増殖
- ・有機化合物の過剰生産
- ・海洋中酸素の過剰消費
- ・回帰性の栄養塩内部生産に伴う貧酸素化
- ・底生生物、魚介類の死

19世紀末には既に富栄養化の兆候が見られていたものの、具体的な対策が着手されるようになったのはずっと後であり、ヘルシンキ委員会(HELCOM)がバルト海の栄養塩による汚濁負荷削減を産業界、農業を含むあらゆる業種に対しておこなったのは1970年代に入ってからであった。1980年代には栄養塩の生産及び排出を半減させる取組を打ち出した。

対策当時はバルト海における窒素負荷全体の75%、リン負荷全体の95%は河川経由もしくは水媒介で直接排出されたものであるとされていたので、陸域からの負荷削減を施すことでバルト海域環境は向上すると推測されていたが、陸域からの排出総量は削減できたもののバルト海全体での海洋の状態、生態系にはっきりとした変化は見られなかった。

2006年にはバルト海アクションプラン(Baltic Sea Action Plan)が策定された。本プランではバルト海において富栄養化の影響を受けないことを最大の目標としており、活動方針は長期にわたる持続可能性、人間の活動と自然の保護を統合することを基軸としている。富栄養化の状態を表す暫定指標として以下のものが提案された。

バルト海で提案された暫定指標

透明度

海水の透明度は、多年生植物の消失や藻類の増大という富栄養化の影響を統合的に表現できる指標であり、植物プランクトンや他の粒子によって変化する値である。また透明度は栄養塩の濃度や濁度に直接影響を受ける値である。自然由来の水溶性腐植物質によっても変化するため、準地域的なバックグラウンド評価をおこなう必要がある。セッキ深度(Secchi depth)というセッキ板による透明度も用いられる。

水面付近に発生する藻類

シアノバクテリアから生成される藻類はバルト海北部に見られるが、海洋の生態系にはこの藻類が与える影響が重要である。特にシアノバクテリアは窒素と結合しやすい性質を持つので、栄養塩の負荷増大につながる。また栄養塩の量レベルの増加によって植物プランクトンの種類、量が変化する。これらの相関性を見出すことで藻類の量レベルから栄養塩の発達状況を探ることができる。

海中溶存酸素濃度(DO)

これまでも述べたように、富栄養化が起こる水域周辺では、酸素の大量消費に伴う貧酸素水塊が生じることがある。有機性物質が増大することにより、底層の深い部分(ひどいときは浅場)において海中酸素濃度が減少するが、このとき底層では薄い堆積物で覆われており、生物の住めない状況になっていることを示唆している。無酸素状態は動植物を死滅させるが、特にリン成分の内部生産の過程で富栄養化の自己強化を促すことになる。

窒素・リン濃度

バルト海における栄養塩の濃度は季節で大きく変わる。冬の間の窒素・リン濃度は、再石灰化が起こることや水分子と鉛直混合すること、植物プランクトンの活動が不足することなどの影響で突出した値となる。春には植物プランクトンが表面水に溶けている栄養塩と結合するので窒素・リン濃度は下がる。夏には過剰なリン成分の影響で窒素が結合したシアノバクテリアまたは青緑系の藻類が繁殖する。堆積物からの内部生産や生物的脱窒反応は窒素・リンの循環に影響を及ぼす。また溶存栄養塩の濃度から算出される N/P 比は栄養塩の状態を表す指標として適していると考えられている。

底生生物の生態系

柔らかい堆積物で構成されている底層における食物連鎖はバルト海の生態系の中核を成しており、環境健康を表現する指標としては優れている。多くの底生生物は寿命が数年と長いですが、より大きなスパンで考えた場合、環境の変動に及ぼす影響は大きいと考えられる。実際には生物種の多様性や豊潤さ、バイオマスが環境を阻害する影響評価がおこなわれている。底生動物の共同体構築(Community structure of zoobenthos)は動物と植物を区別する自然レベルを表す指標として提案されている。

(3) 北海

北海は広範囲で大西洋と面しているため、閉鎖性は低いと考えられる。しかし閉鎖性が低いがゆえに大西洋からの汚濁負荷が大きく、内陸ベースの負荷量についても沿岸部を中心にかなり多いので、北海海域の富栄養化は深刻である。北海周辺では、高濃度の栄養塩によって水の循環、水の層状化が制限される。このような海域では富栄養化、定期的な貧酸素状態に陥り、固有の底生生物の死亡率、存在量、多様性に影響が出る。内陸からの負荷のうち大きな河川経由の割合は窒素で 65~80%、リンで 80~85%である。農業土壌や都市排水が河川へ主な排出源である。その他の排出源には、家庭や産業界、自動車から大気経由で浸透することや沿岸部の都市や産業界からの直接流入が考えられる。

農業から排出される河川中の窒素分削減が進んでいないことから、北海沿岸で栄養塩の濃度は改善していない。しかし近年では栄養塩の直接排出および下水処理施設、産業施設からのリンの負荷は顕著に減少している。

(4) 黒海

黒海においては、この数十年間で特に富栄養化現象の頻度は一定して増加してきている。富栄養化は貧酸素状態を形成し、多くの底生生物を死滅させる。黒海の富栄養化の原因は窒素・リンの化合物である。黒海への排水は国際河川であるデネブ川を経由するのであるが、全負荷量に対して窒素は50%以上、リンは60%に及ぶ。また発生源は半分ほどが農業であり、残りは産業界、家庭が25%ずつである。

黒海沿岸6ヶ国のうちルーマニアは窒素・リンを最もデネブ川に排水している。ソビエト連邦の崩壊や窒素・リン排出の削減対策の進展によりデネブ川への栄養塩の濃度レベルは減少傾向にある。ただリンについては大幅に改善しているが、窒素はまだ高濃度である。

2.3 新たな水質環境目標および対策について

2.3.1 閉鎖性海域の汚濁負荷に関するメカニズム

閉鎖性海域の課題である富栄養化、底層の貧酸素水塊の継続的な発生には、これまでに陸域から排出された窒素・リン等が底泥層に溜まっていることが原因の一つに考えられる。今後の閉鎖性海域に関する評価および施策のビジョンを明確化していくためには、陸域から排出されてからの海域中の汚濁負荷量の動態、底泥層の状況、マスバランスを把握することは有効な手段であるといえる。閉鎖性海域中の窒素・リン等汚濁物質の挙動、反応に関するメカニズムは古くから研究されているものの、気象学的条件に加え、生物学的、化学的条件が複雑に絡み合っており、正確に把握することは困難である。

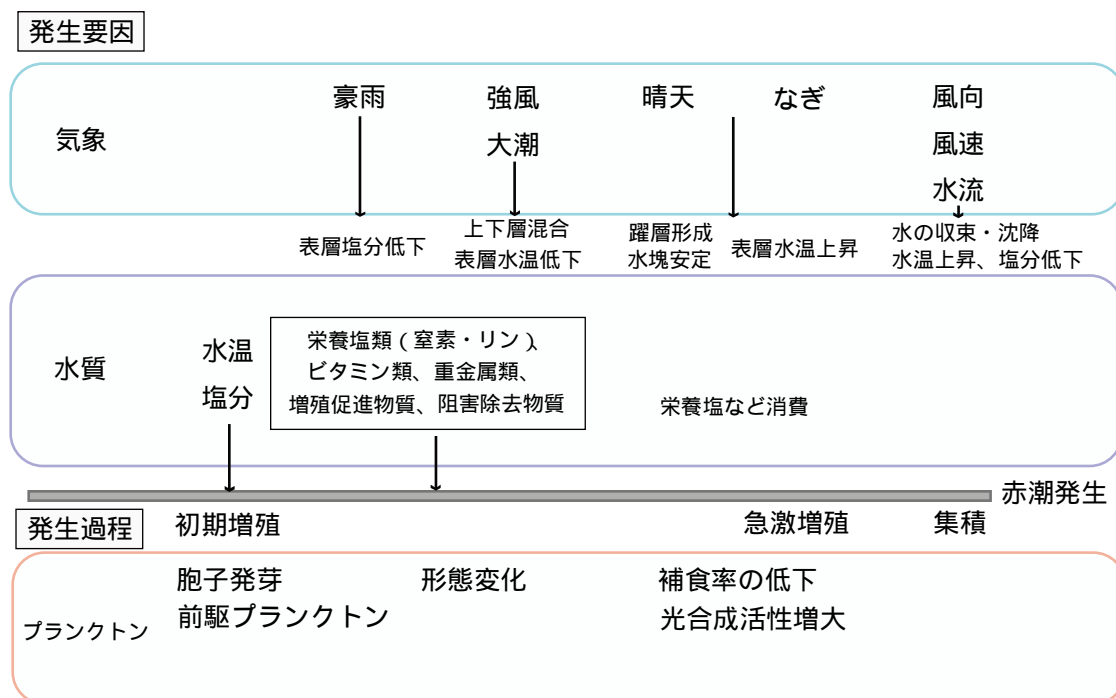


図 2-6 赤潮の発生に関連する諸要因

出典：赤潮 発生機構と対策

富栄養化については窒素・リンが指標に用いられているが、海域中のこれらの物質の動態は複雑である(図 2-6)。その理由としては、海水中で他の化学物質と自発的な反応を引き起こすこと、植物や動物に取り込まれること、沈降していき海底に蓄積していくことというように多くのアクションがなされることが考えられる。

窒素・リンの海水中での形態変化は特徴的である。植物プランクトンの成育には、窒素源としては硝酸態、亜硝酸態、アンモニウム態窒素、尿素、尿酸が利用され、リン源として

は無機態、有機態のリン酸が寄与する。窒素は硝酸塩(NO_3^-)という最も酸化された状態のとき、植物プランクトンに摂取されやすく、代謝の過程で還元されていく。第一段階は硝酸塩から亜硝酸塩(NO_2^-)への還元、次いで NO や N_2O になり、最終的には N_2 にまで還元される。アンモニアも植物プランクトンにより摂取されるが、こちらは体内の消化バクテリアにより亜硝酸塩に酸化される。生物中の窒素化合物は、生物の死後、デトリタスや溶存有機物になる。これらは粒子状有機態窒素(PON)あるいは溶存有機態窒素(DON)として作用するが、究極的にはバクテリアによって無機化され、窒素成分はアンモニアへ向かう。

硝酸塩はプランクトンによって摂取されない冬に最も豊富であり、植物プランクトンによる活発な摂取を受けない有光層より下の層で豊富である。深層水の湧昇が表面水の硝酸塩をさらに豊かにするが、この部分での亜硝酸塩の濃度は低い。アンモニアは非常に活発に生産される浅い層に豊富に存在する。

一方でリンは、プランクトンに取り込まれた後は、遺骸として沈降し、粒子状有機態リン(POP)、溶存有機態リン(DOP)として堆積する。これら沈降物の約6割は堆積物の表面で分解され、海水中にリン酸もしくは溶存無機態リン(DIP)として浸出していく。残りの4割はそのまま堆積物へ埋没していく(図2-7)。

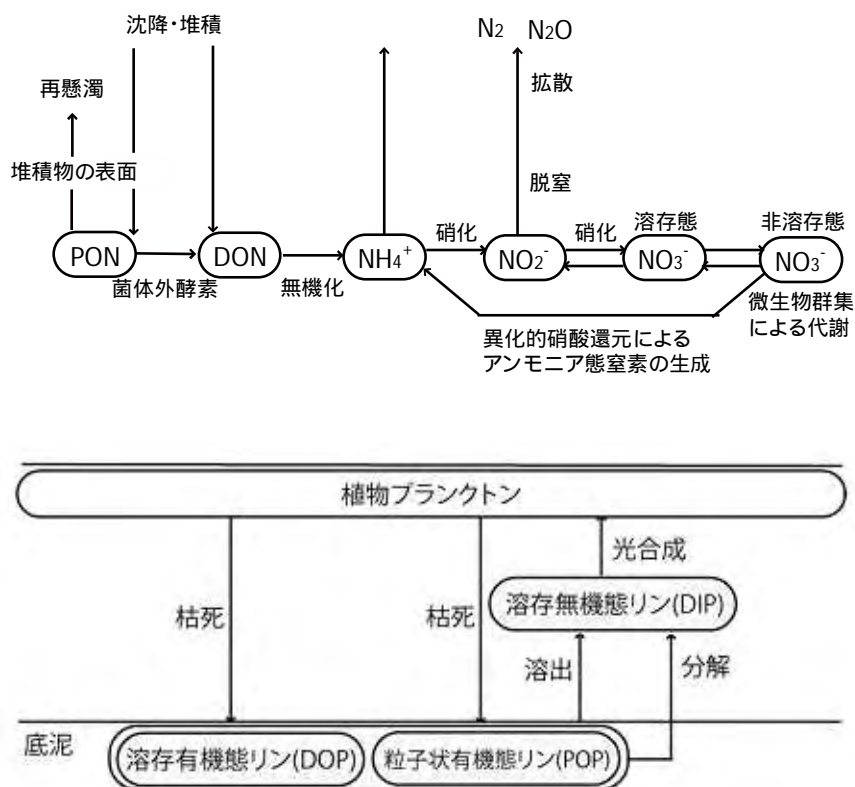


図 2-7 富栄養化に係る窒素・リンの形態変化

出典：新・公害防止の技術と法規(上：窒素、下：リン)

一方で青潮は、海底が貧酸素もしくは無酸素状態になっていることから発生する現象であり、赤潮のメカニズムとは異なる。

易分解性の有機化合物が供給されるとこれらは沈降途中で溶存酸素を消費しながら、微生物分解を受けるが、底層では未分解の有機物あるいはプランクトンの死骸が堆積しており、その分解が盛んにおこなわれるためさらに酸素が消費される。この際に消費される酸素量が、上層から躍層を通して下層に運ばれる酸素量を上回るときに底層の貧酸素化が起こる。また、貧酸素水塊は富栄養化が起こった後に生じやすいといえる。

さらに無酸素状態でも代謝をおこなう嫌気性細菌がプランクトンの死骸に含まれる硫黄分や海水中の硫酸イオンを還元し、多量の硫化水素(H_2S)あるいは硫化物イオン(S^{2-})を生成し、これが海水に付与されるようになる。過剰に生成した H_2S は水面に気泡として上昇してくることもあり、海面からの酸素供給により酸化されて白色の結晶を生じ、海面が乳青色を呈することから青潮と呼ばれている。

以上のことから、富栄養化の状態を表す指標について、窒素・リンは、海域中では海水以外にも植物プランクトンの体内に存在している量も無視できず、汚染の分布あるいは海域の温度、密度、溶存物質等の条件が日によって変化するので、同一条件での測定が困難である。その課題を踏まえた上で、若干の改良が望める手法としては、海面から海底に至るまで多くの地点での観測をおこない海域の状態を総合的に把握する、他の指標での測定をおこない窒素・リンの測定結果と関連づけるといったことが考えられる。

また、クロロフィル a や藻類の量などについても、窒素・リン同様に表面的な富栄養化の状態を調べるには有効であると考えられるが、こちらは植物類が繁殖していない部分の栄養塩の状態を把握できないという難点がある。

透明度については、海水中の懸濁物質を数値化することにより、窒素・リン等の指標による評価を補うなどの利点があると考えられる。ただし現行の技術手法では海水表面付近の測定に限られてしまうこと、富栄養化の発生要因との因果関係がつかみにくいことなど、いくつか改良すべき点がある。

一方で、貧酸素状態を表わす指標としては、底層 DO や底生生物の生息状況を観測することが挙げられる。底層 DO については酸素濃度をそのまま表現でき、測定も簡便であるので状態の評価に非常によく用いられる。ただし本指標についても、海流や温度、周辺の化学物質の割合などは常に変化しており、毎回同一条件で測定するのは困難であると考えられる。測定結果ごとのこのような誤差を標準化するための手法が求められる。一方、底生生物の生息状況については、個体が大きいため水中カメラなどで簡単に観測できることは利点である。ただし水生生物の生態系に与える影響は、底層の酸欠よりも硫化物や低級アミンのほうが大きいという説もあり、観測結果の要因には不確実性を含んでいることに注意を要する。より正確な状況把握のためには、底生生物の生物種、サイズ、個体数の記録とともに、生物種の変化について継続的なモニタリング観測をおこない、その他の調査(有害物質の観測、溶存酸素、温度等)とあわせて結論を導くことが考えられる。

2.3.2 閉鎖性海域における新たな水質環境目標について

閉鎖性海域のあるべき姿について、具体的にどのような状態を目指すのか(赤潮の年間発生件数、藻類の平均濃度、水生生物の生息状況など)を設定しておくことは、具体的な施策の道筋を立てる上で重要と考えられる。このビジョンを明確にし、環境目標としての指標を設定した上で、対策に結びつけていくような場合、海域の汚染状況を把握するアプローチとしては、海域における現象あるいは状況を全体として捉える、個々の物質等の継続的な観測を通して捉えるなどいくつか考えられる。

赤潮や青潮などの現象全体を捉えようとした場合、その件数から閉鎖性海域の大まかな状態・傾向をつかむことができるが、年によって値の変動が大きいので対策の効果が明確にならないという欠点がある。赤潮・青潮は複数の因子が特定の条件を満たすときに発生する現象とされているが(例えば、赤潮では下記のような判断の目安がある)、指標間で強い相関関係は見られず、それぞれの指標は海中において複雑な化学反応、攪拌・沈降等を経て観測される値であることが理由の一つに考えられる。

赤潮発生の目安(東京湾の場合)

海の色：オリーブ色～褐色、透明度：1.5 m 以下、クロロフィル a：50 $\mu\text{g L}^{-1}$ 以上、DO 飽和度：150 % 以上、pH：8.5 以上

一方、ある1つの指標(クロロフィル a、透明度など)を継続して観測をおこなうことで海域の状態を捉えようとする場合においても、汚染の傾向は捉えられるが、時間あるいは場所による変動が大きく、実際の被害との関連性がつかみにくい可能性がある。

以上のことから海域の状態を表す指標(状態指標)について、複数項目設定することは人あるいは水生生物への影響についてより明確な評価ができるようになると考えられる。また指標の選定については、それぞれが観測できる範囲(能力)を補うような指標を設定し、汚染の潜在性(赤潮や青潮という現象として直接現れていない汚染)についても把握できるようになると、陸域からの対策効果および取りうる処置を明確にしていくと考える。

窒素・リンは陸域からの負荷を低減させるための指標(制御指標)として用いられており、そのための対策が継続して実施されている。窒素・リンに関する測定手法は確立されており、複雑な操作や高額な試薬等を必要としないので扱いやすい指標であるといえる。ただ、これらの化学物質は海域内部で多様な生物的・化学的变化を伴って、局在的に大規模で非定常的な生成・消滅があると考えられるので、海域環境における窒素・リン濃度を測定することにより対策の評価をおこなうのは、やや短絡的な面があるとも考えられる。

海域中の窒素・リンおよび派生物質から植物プランクトンの増殖までのメカニズムを把握した上で、潜在的な汚染についての評価が可能になると、陸域からの対策効果をより明確に把握できると考えられる。

閉鎖性海域に対するもう一つの制御指標である COD は、水中の有機物を強制的に酸化分解反応させたことにより消費される酸素の量と定義されるが、海域の有機汚濁の度合いを表わす指標として利用されている。一般的に COD 測定装置は水処理工程の前後に置き、測定之差分がそのまま水処理によって削減された COD 量となるので、測定が簡潔であり、関係者にとって汚染の度合いが把握しやすいというメリットがある。

しかし近年では、COD についても以下のような課題が指摘されるようになってきている。海域の有機化合物の反応は、海域の状態、化学物質の状態によって酸化の程度が異なり、反応する物質も様々であるため、陸域での測定との間に乖離が生じていること、COD 値の増減による閉鎖性海域の実態反映について一般市民への理解が得られにくいことなどである。これらを踏まえ、将来の望ましい水環境像を再検討した上でより適切な目標を設定される可能性がある。

2004(平成 16)年度に社団法人産業と環境の会が閉鎖性海域に排水設備を有する事業場 216 箇所に対しておこなったアンケート調査によると、COD を指標として今後も用いることには 83.3%(216 件中 181 件)の事業場が問題は「ない」と回答している反面、COD 指標を変更することになった場合、「設備機器の導入」が必要となる事業場は 72.2%(216 件中 156 件)に上った。今後 COD 指標について変更がある場合には、その根拠や産業界での対策実現可能性についての言及が求められるところである。

全有機体炭素(TOC)は、排水中に含まれる有機化合物の総称であり、各化合物中の炭素分の総量の和で表される。測定方法、評価方法などに統一性があることなどから、近年では COD に代わる手法として評価に用いられることが多い。ただし TOC は難分解性物質等、海域での化学反応にあまり関与しないと考えられる物質を含めるため、閉鎖性海域の影響指標として扱うことで生じる課題は多いと考えられる。例えば、難分解性物質の排出状況は業種によって異なるため、TOC による評価に差が生じる可能性がある。また COD にはこれまでのデータ蓄積が豊富であることや、同様の評価をまったく異なる指標でおこなうことで新たなモニタリング設備の導入や測定手法の周知が必要になるなど、移行のための多くの障害がある。

COD の持つ課題や短所を明確にした上で、COD 指標の改良を検討することも重要であろう。陸域・海域を含めて COD による評価を統一させるために、COD 指標の分析手法を限定するための評価マニュアルを作成する、COD に関連する化学物質の中で海域に特に影響を及ぼしうる物質を特定(もしくはランク別に分類)し、化学物質のカテゴリ内で評価をおこなう、COD 測定の際の酸化剤を海洋評価に即したものに改良するといったことは評価に関する違いを防ぐために有効であると考えられる。また COD について一般の理解を深めるために、COD の海域に与える影響との関連性について明確にし、一般にも分かりやすい形で普及啓発していくことが考えられる。

海域の状態を表す「状態指標」については、これまでの水質行政では設定されていない。溶存酸素(DO)、藻類の量、海域の色など、汚染の起きている現場の状態を直接的に表す指標について、定期的にモニタリングをおこない対策・評価のために用いることは、汚濁メカニズムのより正確な解釈につながると考えられる。環境省では新たな状態指標として、底層 DO や透明度が検討されている。

底層 DO で評価する場合は、DO 以外の条件(水温、水流、周辺の化学物質成分など)を一定とした測定が好ましく、その上でいかにサンプルの状態を変えずに測定できるかが重要である。透明度については、汚染の状況は局所的であり(近辺の測定でまったく測定値が異なることがありうる)ので、測定場所は十分検討して上で決定する必要がある。

以上のように、環境目標を設定・変更することより産業界へ与える影響としては、モニタリング技術の変更、水質総量規制へのデータの連動による規制の強化などが考えられる。

産業界の水質改善対策は、第1次から6次の総量規制など長期にわたって対応し、汚濁負荷量を大きく削減してきた。しかし、今後さらに規制が強化される場合には、単純にCOD、総窒素、総リンなどを削減強化するという考え方だけでは納得できないという見方が強い。また状態指標を設けることにする場合でも、それによって産業界への汚染物質規制、モニタリング技術の導入等にどのように関わってくるのかについてよく検討する必要がある。

本章では欧米における閉鎖性海域の状況、評価手法について検証してきたが、欧米においては日本と同様に、富栄養化あるいは貧酸素水塊が問題になった後、産業界および地域による総量規制等で陸域からの窒素・リンの負荷を削減し影響を抑制してきた。しかし現在ではこのいずれの地域においても負荷が削減されているにもかかわらず、海域の状態改善が停滞しているという課題が出てきている。

欧米では、既に国、EU レベルで海水の透明度、水中溶存酸素などの状態指標を設定して海域の状況を管理している。日本においてはなじみのない水生生物の生息状況(個体種、数の観測)や植物に関する指標(SAV、大型の着生植物など)も広く用いられている。このように欧米において全域レベルで状態指標を指定している背景には、海域の汚濁負荷を陸域からの規制により削減していくという見方に加え、水生生物の保護という視点でも海域を管理するというコンセプトがあると考えられる。実際に欧米の地域ベースの対策には、ある生物特定種(チョウザメなど)に着目しその数をコントロールするという取組が多く見られる。

また米国 NOAA の DCP や EXP、あるいは EU の TRIX という指標は海水中の窒素・リンに限らず動植物内の栄養塩等を統合的に算出するものであり、閉鎖性海域の潜在的な汚染までも把握した上で、富栄養化の度合いを評価するものである。このことは日本においても、設定した複数の指標を用いて、海域の汚染状況を統合的に解釈・評価していく上では参考になる取組である。

2.3.3 今後の水質環境に関する取組について

日本の環境基準について、人の健康の保護に関する基準に加えて、最近では水生生物の生態系を保護するという観点から、水生生物に与える環境リスク等を勘案し、基準が設定されるようになってきている。化学物質関連毒性データについては WHO や米国 EPA が先行しており、引き続きこれらの情報を参考に知見の集積に努めていくものと見られる。

本章では、欧米の水域における環境基準の設定背景およびそれと関連する海域周辺の国、地域の取組について検証してきた。環境基準値が定められる背景・由来については、人への曝露量と水生生物への毒性を勘案するという点は欧米と同じでも、日本では環境基準が実質上の規制目標として機能している側面がある。欧米の環境基準はそのままの規制目標として利用されることはなく、米国で環境基準を満たさない場合に適用される TMDL についても、規制よりは努力目標の意味合いで用いられる。また欧米の環境基準項目については、EU では最大許容濃度について「未適用(指定なし) : not applied」の欄が多い。これは工場・事業場において稼働開始時など一瞬だけ高濃度になる場合があるので、産業界の状況を考慮した設定であるといえる。その他米国では、広大な閉鎖性海域について州が共同してデータを管理すること、EU では河川ベースで排出量を削減していく対策をおこなうなど地域に応じた取組がおこなわれていることが分かった。

水域における有害物質への対処についても、欧米の施策で参考になる部分があると考えられる。米国の LaMP や欧州の閉鎖性海域に係る条約等では排出禁止物質、削減物質として、有害金属、PCB 類、農薬、殺虫剤、有機化合物などが指定されている。これらの有害物質に関する環境中の対応策としては、濃度モニタリング、回収システムの構築・普及、成分データマップの作成、代替物質の普及などが広範囲で進められている。

米国の一部で活用されている WET 手法は、化学物質を毒性というものさしでカテゴリ分けし、毒性基準濃度を上回る場合には海域等のモニタリング強化によって基準濃度以下にすることを目指し、再度区分調査をおこなうという手法であるが、本手法の特徴は化学物質ごとのモニタリング調査を一律した手法でおこない、基準値に達しない場合はモニタリングを長期(12 週間)にわたって継続させることにある。排水中の汚染物質について、水生生物に有害な影響を与えうる化学物質を統合的に管理・把握する手法として、環境省でも本手法についての詳細の調査が 2009 年度実施される予定である。

また富栄養化あるいは貧酸素水塊への対応については、欧米では国または EU レベルで状態指標を設定しており、国または水域ごとにクロロフィル a、透明度、窒素・リン濃度等を測定し、報告書にまとめ、情報を公開している。具体的な対策は、近年膠着状態にあるといえるが、非点源汚染への対策については、浸食作用を防ぐ、汚染の広がりを抑えるなど、なるべく地下水へ窒素・リンの排出がなされないような工夫が見られる。また作物への肥料、家畜へのえさの窒素・リン成分を抑える、投与量を必要最小限にするなど、窒素・リンのリデュースをおこなうのも一つの手段である。

その他、近年は、中国の黄海沿岸および渤海内湾を中心に水質汚濁が悪化を続けており、日本近海まで汚染が及んでいる。そこで、東アジア圏をベースとした水質汚濁対策施策・技術の普及などは今後拡大していくものと見られる。そのような場合は、地中海やバルト海での多国間にわたる取組が参考になる。中国の汚染が日本近海に及んだ場合は汚染の出所が分からなくなる可能性があることにも注意を要する。

いずれにしても、これまで挙げてきたような欧米の施策を今後参考にしていく場合には、地理的特性、閉鎖性海域の広さや汚染の状況の違いをよく検証していく必要がある。

今後、環境基準等の見直しによって、工場・事業場等の排水対策へも、モニタリング技術の導入や化学物質の規制強化・変更といった要求がなされる可能性がある。そのような流れを想定した場合、水質汚濁負荷削減対策技術について、省スペースである技術、削減効率が高く低コストな技術、有用な物質を選択的に回収する技術の更なる開発は求められるところである。モニタリング技術については、工場・事業場等における設置状況を詳細に把握し、なるべく産業界の負担にならないような基準設定の配慮が必要である。

陸域からの COD、窒素およびリンの排出については、産業界以外の生活排水や農業などの非点源からの排出が大半を占めているのが現状であり、これらを対象とした対策は今後優先的におこなう必要があると考える。

第3章 今後の水質環境対策のための課題とニーズ

3.1 水質環境目標等の検討動向について

3.1.1 有害物質に関する水質環境基準の見直し動向

水質環境基準は人や水生生物への暴露量、WHO や環境省等による化学物質のリスク評価値を参照しながら導出されている。現状では、要監視項目や要調査項目については、環境中の濃度あるいは化学物質の有害性に関するデータについて十分に把握されていないことから、環境基準へ設定されていないものがあり、今後の知見の集積如何では新たに環境基準に設定される項目が出てくる可能性がある。

人の健康に係る環境基準「健康項目」については、1,4-ジオキサンなど要監視項目の環境基準への格上げが検討されている。また近年では、水生生物の生態系を保護するという視点からの環境基準「生活環境項目」についても、環境基準の設定に関する議論がおこなわれており、直鎖アルキルベンゼンスルホン酸類やアンモニアなどの物質について有害性評価作業がおこなわれている。これらの物質については、有害性が明確になり環境中の排出状況が一定値を超えている場合には、環境基準として目標が設定される可能性が高い。

3.1.2 閉鎖性海域における水質環境目標等の見直し動向

閉鎖性海域の水質環境目標等については、2008(平成 20)年環境省で、「閉鎖性海域中長期ビジョン」が提唱された。本ビジョンでは、目標とすべき水質環境を具体化し、適切な制御指標・状態指標を選定し、それらに沿って中長期的に対策を遂行していくという流れが設定されている。閉鎖性海域の状態を表す指標には、底層 DO や透明度が検討されている。指標等の観測を通して、富栄養化、貧酸素水塊の状態の詳細を把握すると同時に、海域内部のメカニズムについて新たな知見が得られることが期待される。

欧米では閉鎖性海域に対し、多くの状態指標の導入が進んでおり、その設定状況や評価手法は、わが国における今後の設定に参考になるものと思われる。欧米の広い地域では、水生生物の生息状況等に関するデータを収集している。また測定された状態指標に関しては、国もしくは州ごとにデータが集計され、連邦関連機関への報告が義務づけられている。

EU で広く用いられる TRIX 指標は、溶存無機窒素・リン濃度に加え、クロロフィル a 濃度、溶存酸素を勘案することで、富栄養化の判別ができる。また Eutrisk 指標は、遠隔センサーにより海域上層部のクロロフィル値を観測し、水温、潮の流れ等物理的データと統

合して、富栄養化および貧酸素化の状態を調べることができる。

これらが必ずしも確実な手法であるとはいえないが、閉鎖性海域の富栄養化あるいは貧酸素水塊の状態については、複数の指標を導入することやセンサー等分析以外の手法でリアルタイム、リアルサイトに測定することでより詳細を把握できるものと考えられる。

わが国の現行の制御指標である COD、窒素およびリンについては、近年は陸域からの汚濁負荷量が削減されているにも関わらず、環境基準の達成率は横ばいの傾向にあり、削減効果が十分に把握できていないのではないかと指摘がある。また COD については、海域においては有機化合物の酸化の度合いは、海域の状態、化学物質の状態によって異なり、酸化剤として作用する物質も様々であるため、陸域での測定との間に乖離が生じること、COD 値の増減による閉鎖性海域による実態反映について、一般市民の理解が得られにくいことなどが課題とされる。

COD の今後の方向性についてはいくつかの議論があるが、TOC や TOD 指標に置き換えるという考え方もある。TOC については全有機体炭素であり、海域では化学反応に関わっていない可能性の高い難分解性物質等を含めるため、実際の影響との差を論じる必要がある。また COD にはこれまでのデータが豊富に蓄積されていることから、蓄積データを引き続き活用できるようにしながら検討していく必要がある。

COD の持つ課題を明確にした上で、COD 指標自体の改良を検討することも考えられる。海域で起こりやすい化学反応をもとに酸化剤を選定し、海域と工場・事業場等とで評価手法を統一する、COD に関連する化学物質の中で、海域に反応に関与していると考えられる物質を特定(もしくは反応度合いをランク分け)し、化学物質のカテゴリで評価することなどが考えられる。COD について一般の理解を深めるためには、COD の海域に与える影響との関連性を明確にし、一般に分かりやすい形で普及啓発していくことが考えられる。

2009 年度以降の閉鎖性海域に関する水質規制は、新たな水質環境のあり方に基づく目標設定及び水質環境基準の見直しを経て、閉鎖性海域対策の必要性や対策方法を改めて検討する流れになっていくものと思われる。今後の水質環境対策は、海域(瀬戸内海においては灘)の現状に見合ったものにしていくことが求められ、汚染源(点源・非点源)に対しては対策効果(削減によりどれだけ海域環境が改善するか)についてのビジョンを明示する必要がある。そのための最も効果的な対策措置(欧米等の BMP)がおこなわれることができれば、個別の発生源において満足のいく結果が得られると期待される。

3.2 水質に関する対策技術の課題とニーズ

3.2.1 水質環境目標等に関する産業界への対応

前項で述べたように、水質環境目標等の見直しが行われるに伴い、産業界からの排水中の有害物質への規制は今後も厳しくなっていく可能性が高い。このような状況を考慮した場合、工場・事業場等における生産工程もしくは排水処理工程の対策技術について、引き続き効果的・効率的な排水対策技術・手法の適用が求められるところである。

特に、環境基準へ適用される可能性がある化学物質が、工場・事業場等から排出されるものである場合、規制対象となる可能性を考慮して、既存の技術では対応できないような化学物質、抽出あるいは存在量の分析が困難である化学物質についてはその対策手法をあらかじめ検討していく必要がある。

また産業の発展に伴い、利用される化学物質が多様化しており、環境リスク予防の観点から高度な環境対策が求められるようになっている。今後は、水質環境対策についても有機化合物を総合的に対策するだけでなく、水生生物保全に係る物質を個別に削減したり、難分解性の物質を特定して削減したり、きめの細かい対策を求められる可能性が高い。そのため、業種ごとの排水の特色に応じて、化学物質の特性に合わせた対策技術が必要とされるものと予想される。

化学物質の排出を制御する場合には、その排出状況について十分に把握する必要がある。アニリンやピリジンのような特定の業界から排出されている物質は、特定の製品製造のみに使用されているケースもある。そのような場合、対策に伴うコスト負担等が、特定業種に限定・集中してしまう可能性がある。そのためこのように物質の代替が困難な場合には、低コストの排水処理技術開発について、国の補助も検討するべきである。

一方、産業界の水質モニタリングについても、環境基準等の見直しにより、技術の導入・変更が要求される可能性がある。仮に COD 指標が別の指標に置き換わるならば、新たに機器を導入する必要性が生じる。海域の状態指標として透明度を定めた場合、個々の工場・事業場に対しても濁度計等の設置が求められる可能性がある。国や行政には、現状の設置導入・開発状況について実態を把握し、なるべく負担を軽減する配慮が求められる。

また、産業界工場・事業場内に設置されるモニタリング技術に関しては、現行の 24 時間継続しておこなう制度について、非効率的であるとする意見が多く、WET 手法のように基準超過が見られる項目に対してのみ継続的なモニタリングを実施するなどの制度の見直しをおこなうことも必要であると考えられる。

3.2.2 水質環境対策技術に関する課題およびニーズ

水質対策に関する全般的な技術に関しては、業種を問わず、凝集沈殿と活性汚泥は高濃度汚染に対して多用される技術であるが、処理時間、処理効率の面で未だ改善の余地がある。凝集沈殿についてはフロックの沈降速度の増大、生物処理については嫌気性処理(メタン発酵菌など)の改良、また効果的に汚染物質を分解できる微生物や効率的に分離できる凝集剤等の開発、発生する汚泥(スラッジ)の削減を目指した開発が進んでいくことが予想される。

汚染物質はなるべく早い段階で処理するのがコスト的に有利であり、一次処理で効率的に固液分離することが重要である。その場合は、排出される汚泥の廃棄・管理についても注意を払う必要がある。有害物を含む排水と含まない排水を混合して総合排水として処理した場合、汚泥中に有害物が含まれると発生した汚泥は全て有害物を含む汚泥として規制されるため、汚泥処理・処分にかかるコストは高額になる。このため有害物を含む排水系統は分離処理し、有害物を含む汚泥廃棄物量を削減することが有用である。また、この処置により、対象となる有害物濃度が高くなり、回収や分離除去も高い反応速度で効果的におこなうことができる。更に、生産段階において、汚染物質の分離・回収をおこない、なるべく産業廃棄物として、外部に排出しないようにする工夫も広まっている。

排水処理対策に要するコストの削減も依然として大きな課題である。技術や設備の導入といった初期投資はもとより、ランニングコストや人的コストなど、事業者にとって大きな負担となっている。例えば水質総量規制が適用される事業場では、常時水質を監視する必要があり、機器・システムの設置コスト、メンテナンスのランニングコスト、設備管理・監視などの人的コストの負担は非常に大きい。また、地球温暖化対策の重要性が高まる中、処理に伴うエネルギー利用(焼却や電気使用など)の更なる効率化が求められている。

その他、近隣工場や関連会社との連携した取組(生産工程から排出された副産物の活用、排水処理後の冷却水の共有など)も排水処理の効率化を図る上では重要である。沿岸の大規模工業地帯では、関連会社の工場間で水処理施設を共用したり、排水から回収した化学物質を近接の他社工場と取引したりするなどの協力関係が見られる。このような工場間、他社間の協同的取組によって、より効率的な排水対策が進んでいく可能性もある。また大規模な工場では、生産工程の複雑化や新規設備の増設などにより、それぞれの工程から出る排水の処理を効率的におこなうことが課題となる。逆に小規模の工場では、広いスペースを要する水処理施設を設置するための敷地確保が難しい場合もあり、省スペースでの効率的な水処理技術も必要である。

参考文献

第 1 章

- 1) 『用水排水便覧』 用水排水便覧編集委員会編 丸善 (1964)
- 2) 『水質汚濁防止機器』 新環境管理設備事典編集委員会 株式会社産業調査会 (1995)
- 3) 『逐条解説 水質汚濁防止法』 環境庁水質保全局監修 中央法規出版 (1996)
- 4) 『環境装置ガイドブック』 社団法人日本産業機械工業会 (2001)
- 5) 『水質浄化マニュアル 技術と実例』 本橋 敬之助著 海文堂出版株式会社 (2001)
- 6) 『水処理技術 絵とき基本用語』 タクマ環境技術研究会編 オーム社 (2002)
- 7) 『汚水・排水処理の知識と技術』 三好 康彦著 オーム社 (2002)
- 8) 『わかりやすい水処理設計』 栗田工業株式会社監修 工業調査会 (2003)
- 9) 『環境技術・装置大事典』 環境技術・装置大事典編集委員会 株式会社産業調査会 (2003)
- 10) 『閉鎖性海域水質環境保全に関わる調査研究報告書』 社団法人産業と環境の会 (2005)
- 11) 『第 6 次水質総量規制の在り方について(答申)』 環境省中央環境審議会 (2005)
- 12) 『発生負荷量等算定調査報告書～東京湾、伊勢湾及び瀬戸内海の発生負荷量及び流入負荷量の把握 総論～』 環境省水・大気環境局 (2006)
- 13) 『閉鎖性海域環境対策に関わる調査研究報告書』 社団法人産業と環境の会 (2006)
- 14) 『平成 18 年度 PRTR データ - 化学物質の排出量・移動量の集計結果』 環境省 (2006)
- 15) 『化学物質で考えるリスクってなんだ?』 花井 莊輔著 丸善 (2006)
- 16) 『よくわかる水処理技術』 栗田工業株式会社監修 日本実業出版社 (2006)
- 17) 『今後の閉鎖性海域対策を検討する上での論点整理』 環境省中央環境審議会 (2007)
- 18) 『みんなで東京湾をきれいにする行動計画 千葉県東京湾総量削減推進計画』 千葉県 (2008)
- 19) 『瀬戸内海環境保全基本計画フォローアップ』 環境省 (2008)
- 20) 『新・公害防止の技術と法規 2008』 社団法人産業環境管理協会 (2008)
- 21) 『石油便覧』 株式会社新日本石油編

第2章

日本関連資料

- 1) 『労働者の健康障害防止に係るリスク評価検討会』厚生労働省資料 (2005)
- 2) 『環境リスク解析入門』吉田 喜久雄 中西 準子共著 東京図書 (2006)
- 3) 『水質環境への影響が懸念される物質の排出抑制技術等に関する調査報告書』社団法人産業と環境の会 (2007)
- 4) 『化学物質の初期リスク評価指針 Ver.2.0』独立行政法人製品評価技術基盤機構 (2007)
- 5) 『化学物質の環境リスク初期評価ガイドライン』環境省 (2008)
- 6) その他環境省および経済産業省における審議会等会合資料

米国関連資料

- 1) “BCT Benchmarks: Methodology, Analysis, and Results for Calculating and Indexing BCT POTW Benchmarks to Various Year’s Dollars” U.S. EPA (1986)
- 2) “The National Estuarine Eutrophication Project: Workshop Proceedings. National Oceanic and Atmospheric Administration and the University of Rhode Island Graduate School of Oceanography, Rockville, Hinga K. R., Stanley D. W., et al, (1991)
- 3) 『環境リスクと環境法 米国編』東京海上火災保険株式会社 有斐閣 (1993)
- 4) “Water Quality Criteria and Standards Plan- Priority for the Future” U.S.EPA (1998)
- 5) “National Estuarine Eutrophication Assessment. Effects of Nutrient Enrichment in the Nation’s Estuaries” NOAA, National Ocean Service, Bricker S. B., Clement C. G., et al, (1999)
- 6) “Chesapeake Bay Eutrophication: Scientific Understanding, Ecosystem Restoration, and Challenges for Agriculture” Donald F. Boesch, Russell B. Brinsfield, et al, *J. Environ. Qual.*, 30, pp. 303-320, (2001)
- 7) “Federal Water Pollution Control Act” P.L. pp. 107-303 (2002)
- 8) “Clean Water Act- Basic Practice Series” Joel M. Gross, Lynn Dodge (2005)
- 9) “Coastal Eutrophication Assessment in the United States” Donald Scavia and Suzanne B. Bricker, *Biogeochemistry*, 79, pp. 187-208, (2006)
- 10) “Effects of Nutrient Enrichment in the Nation’s Estuaries” National Esturines Eutrophication Assessment Update, (2007)
- 11) “Impaired Waters and Total Maximum Daily Loads” U.S. EPA ホームページ

欧州関連資料

- 1) “Coastal Marine Eutrophication: A Difinition, Social Causes and Fiture Concerns”

- Nixon S. W., *Ophelia*, 41, pp. 199-219, (1995)
- 2) “Strategic Action Plan for the Rehabilitation and Protection of the Black Sea”
Istanbul, Turkey, Oct. 30-31(1996)
 - 3) “State and Pressures of the Marine and Coastal Mediterranean Environment”
EEA (1999)
 - 4) “Directive of the European Parliament and of the Council” 2000/60/EC (2000)
 - 5) “Eutrophication in Europe’s Coastal Waters” EEA (2001)
 - 6) “Environmental Policy-Making in Britain, Germany and the European Union”
Rudiger K. W. Wurzel, Manchester (2002)
 - 7) “Report from the Commission to the Council, the European Parliament, the
European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions”
COM (2004)248 final
 - 8) “Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council” COM
(2006)397 final
 - 9) “Eutrophication in the Baltic Sea” HELCOM Stakeholder Conference on the
Baltic Sea Action Plan (2006)
 - 10) “Convention on the Marine Environment of the Baltic Sea Area” Helsinki
Convention (2008)
 - 11) “Effectiveness of Urban Wastewater Treatment Policies in Selected Countries: an
EEA Pilot Study” EEA
 - 12) “Source Apportionment of Nitrogen and Phosphorus Inputs into the Aquatic
Environment” EEA
 - 13) “Convention for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution”

その他資料

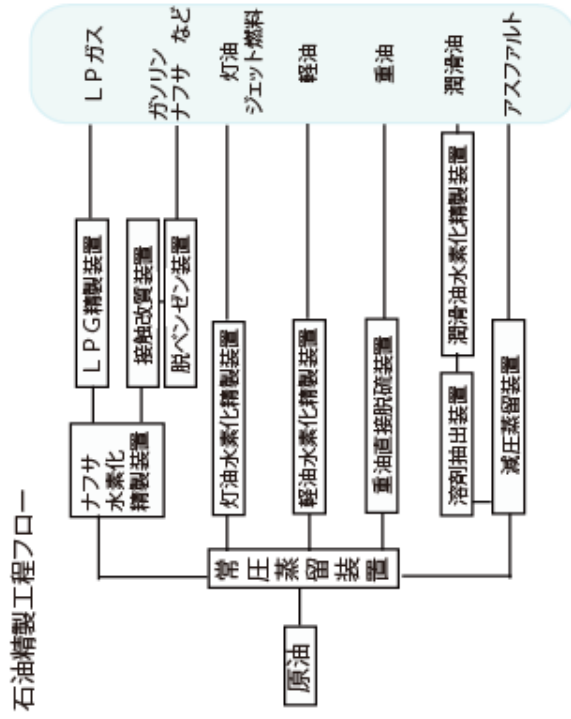
- 1) 『赤潮 発生機構と対策』 日本水産学会編 恒星社厚生閣刊 (1980)
- 2) 『海域に係る COD 環境基準の経緯と問題点調査報告書』 社団法人産業と環境の会
(1988)
- 3) “Guidelines for Drinking Water Quality, 2nd Edition” World Health Organization
(1993)
- 4) “Sustainability Criteria for Water Resource Systems” Daniel P. Loucks and John S.
Gladwell, Cambridge University Press (1998)
- 5) “Clean Coastal Waters- Understanding and Reducing the Effects of Nutrient
Pollution” National Research Council (2000)
- 6) 『海底境界層における窒素循環の解析手法とその実際』 小池 勲夫 著 社団法人産
業環境管理協会 (2000)
- 7) 『海洋環境水理学』 和田 明 著 丸善 (2007)

参考資料

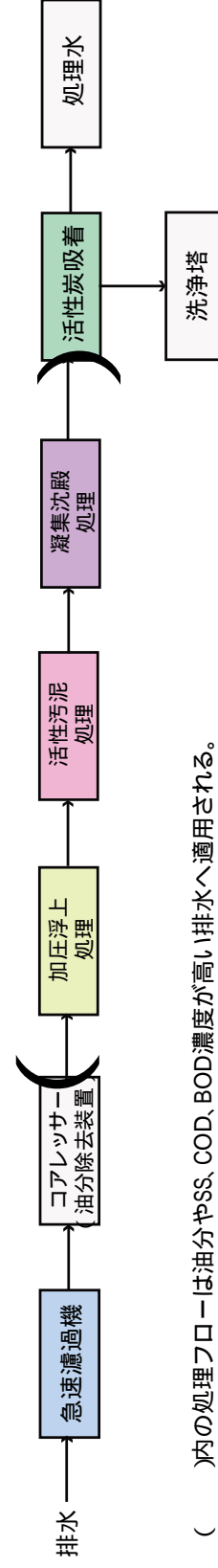
- 参考資料 1 業種別生産工程および排水処理工程フロー図事例
- 参考資料 2 日本の水域における環境基準設定状況
- 参考資料 3 Federal Water Pollution Control Act(訳文・米国 EPA ホームページ、As Amended through P.L. 107-303, Nov. 27, 2002)
- 参考資料 4 Gold Book (訳文・米国 EPA ホームページ)
- 参考資料 5 Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council (訳文・EEA ホームページ、establishing a framework for Community action in the field of water policy, Oct. 23, 2000)

業種別生産工程および排水処理工程フロー図事例

(1) 石油鉱業

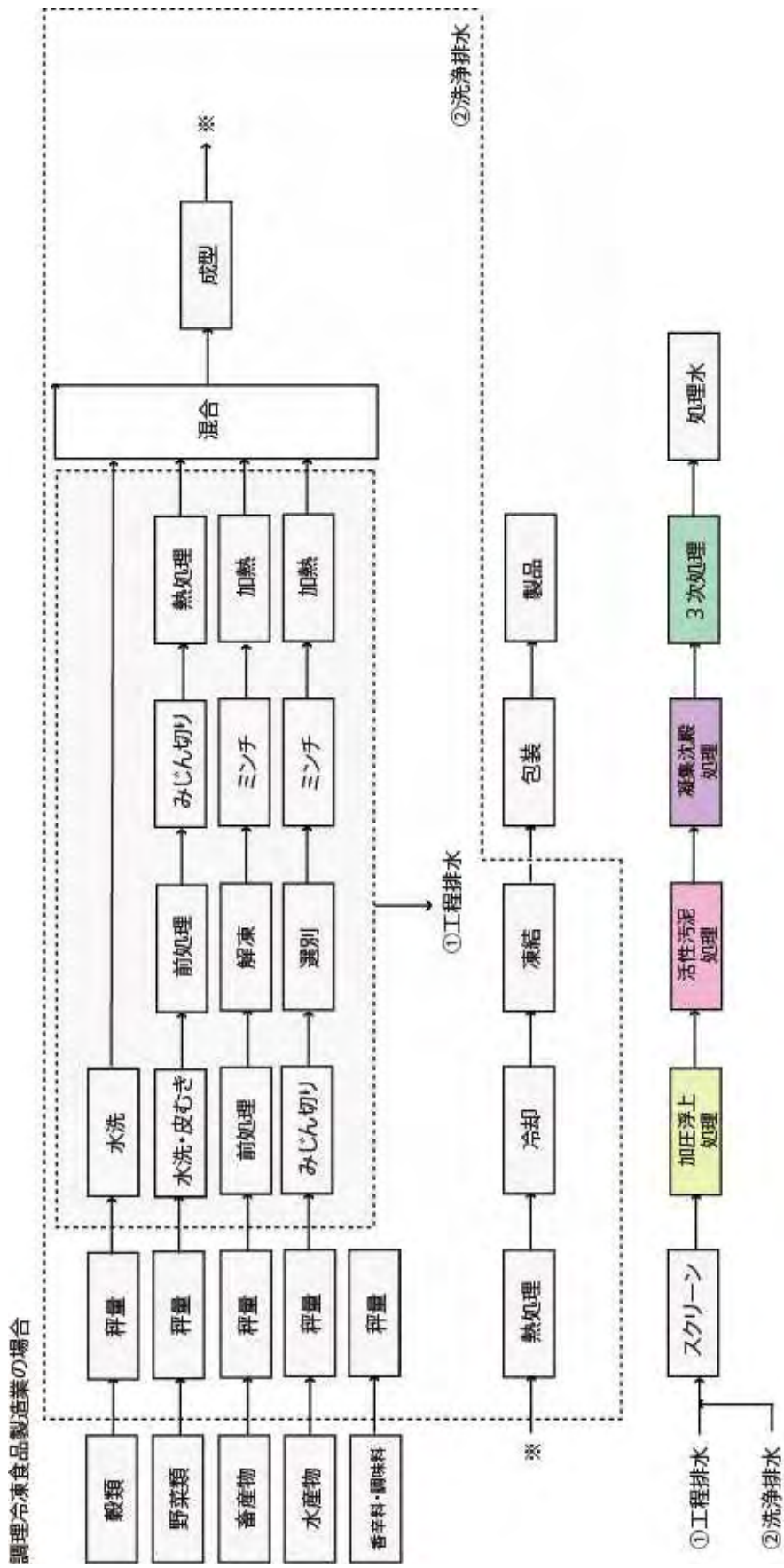


精油所の場合



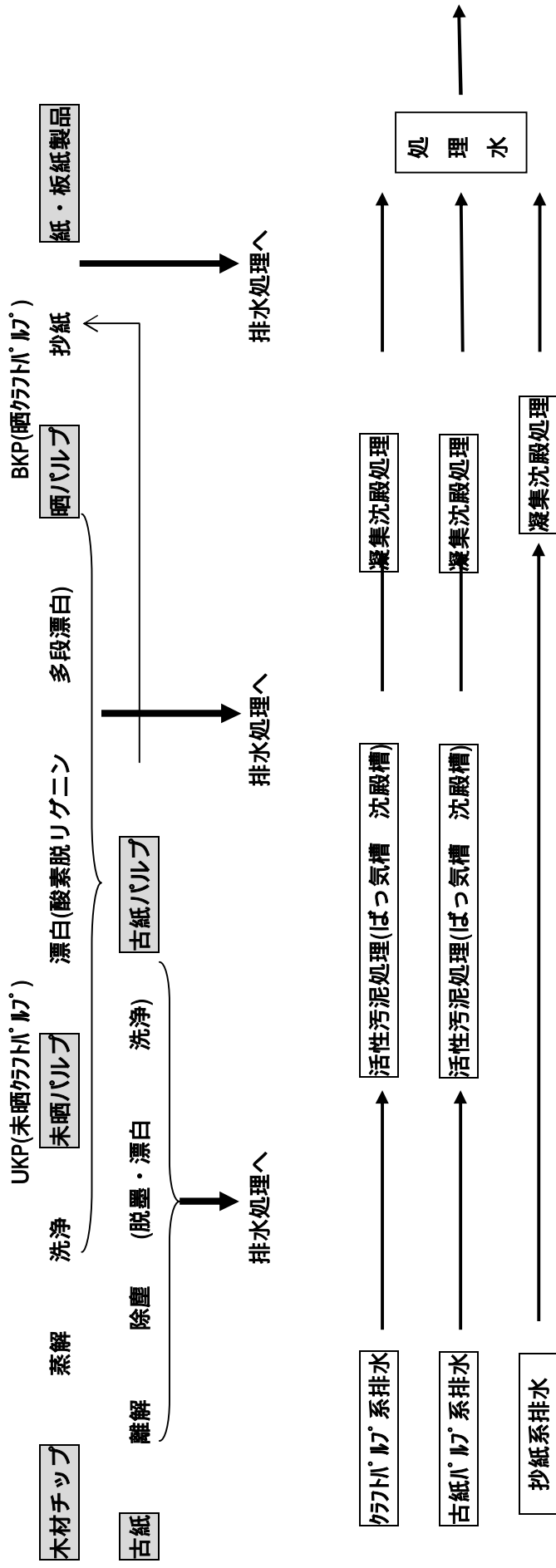
() 内の処理フローは油分やSS、COD、BOD濃度が高い排水へ適用される。

(2) 食料品製造業



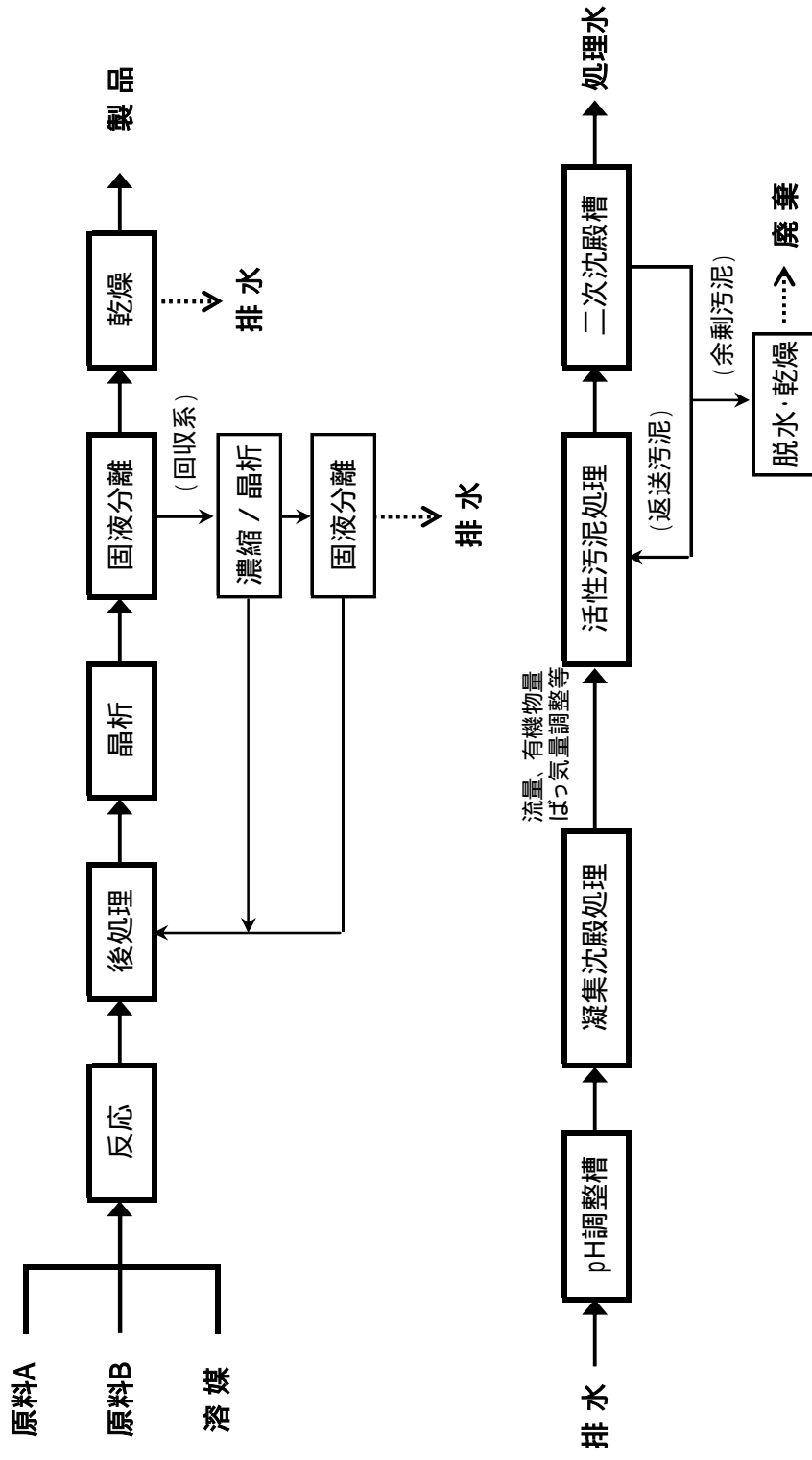
(3) 紙・パルプ製造業

紙・パルプ製造業の場合

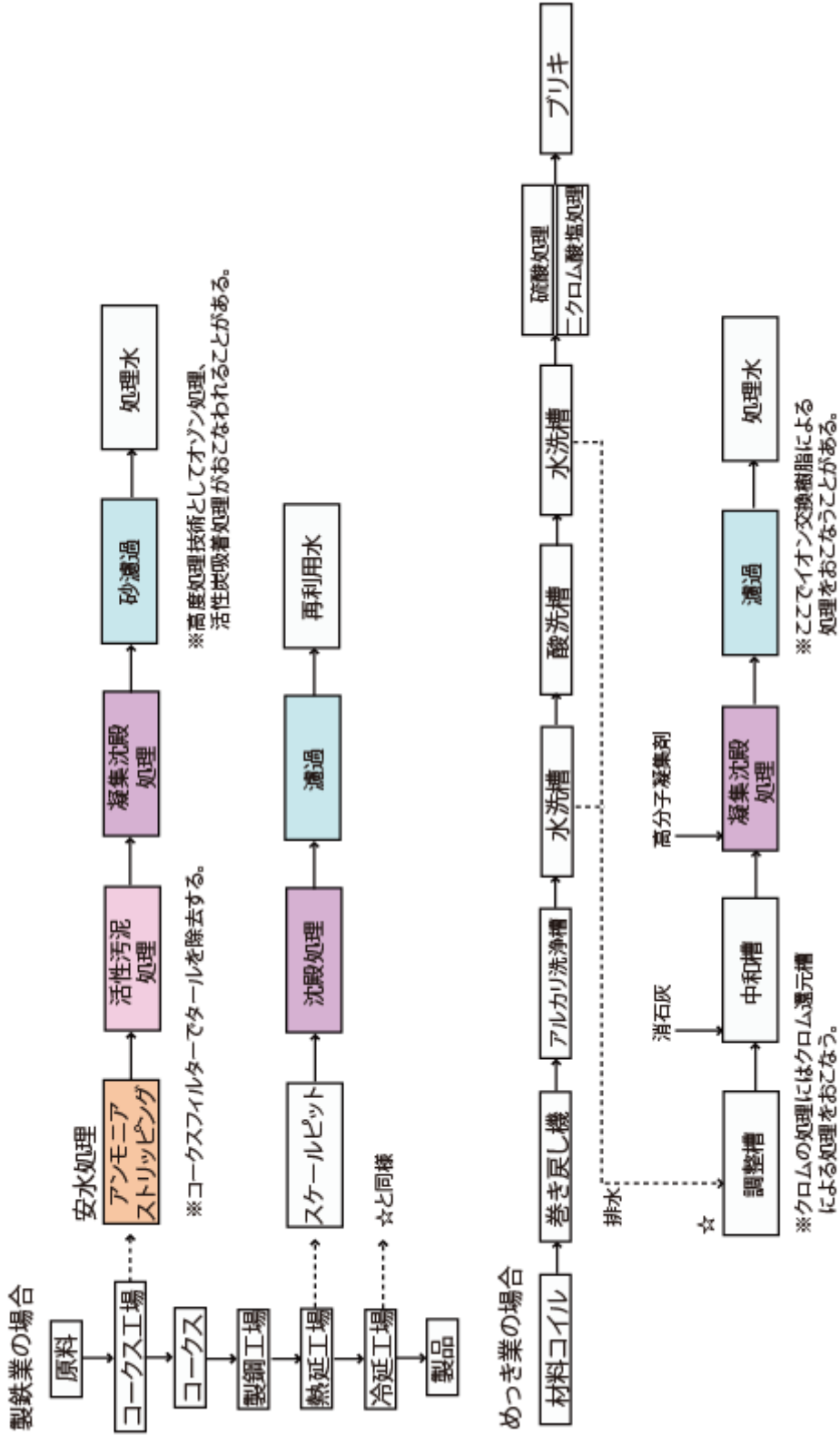


(4) 化学製品製造業

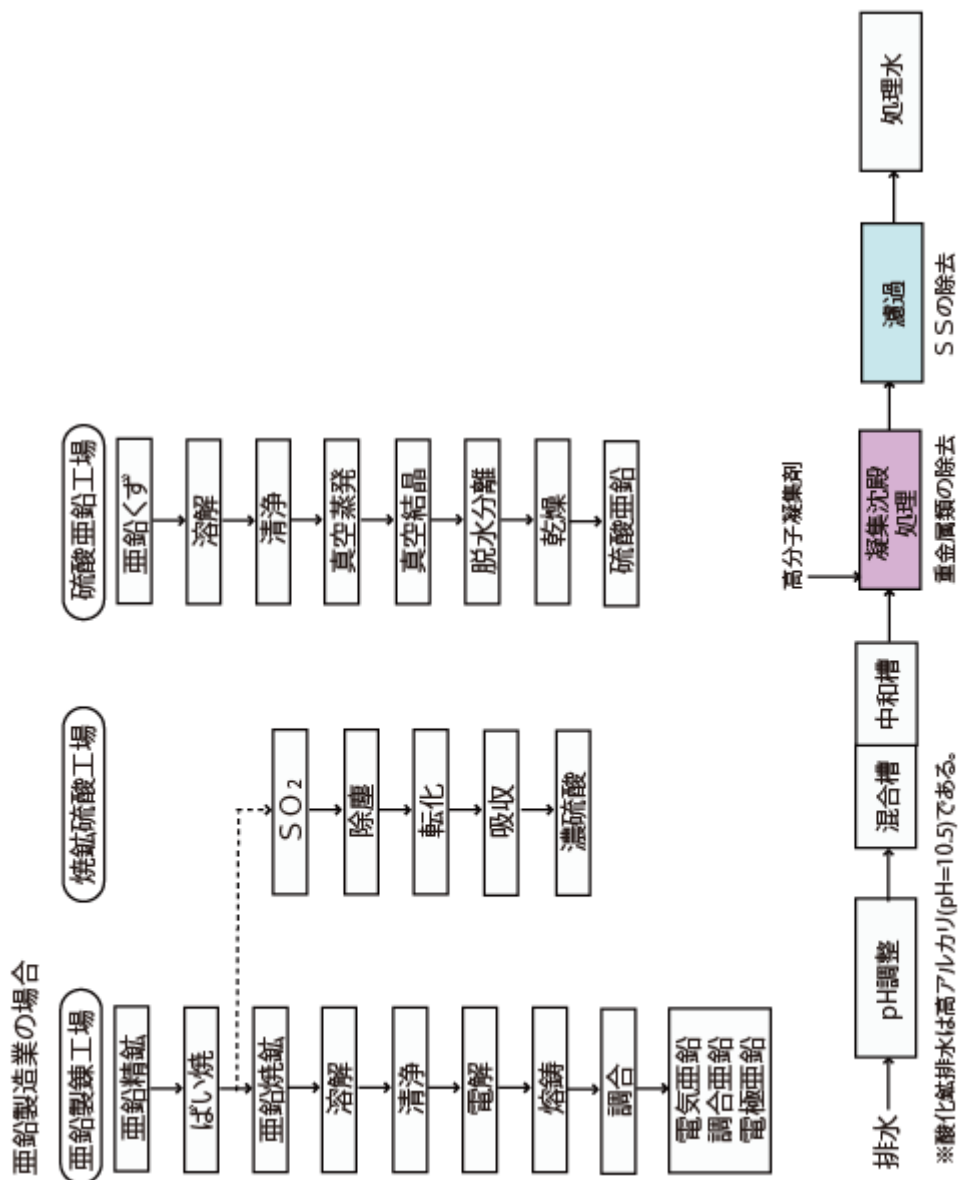
有機化学物質製造業の場合



(5) 鉄鋼業

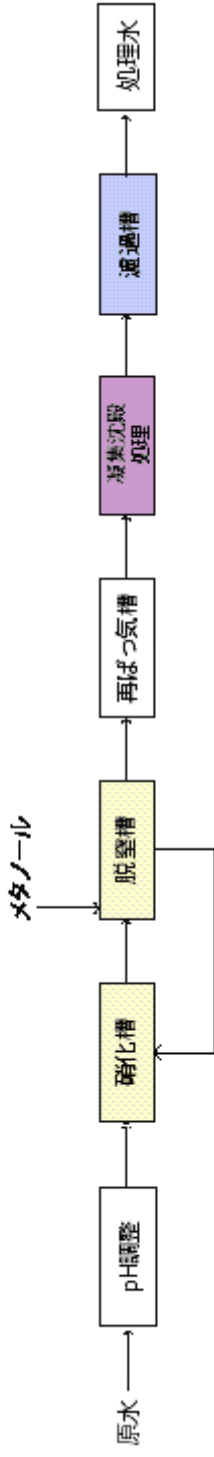


(6) 非鉄金属製造業



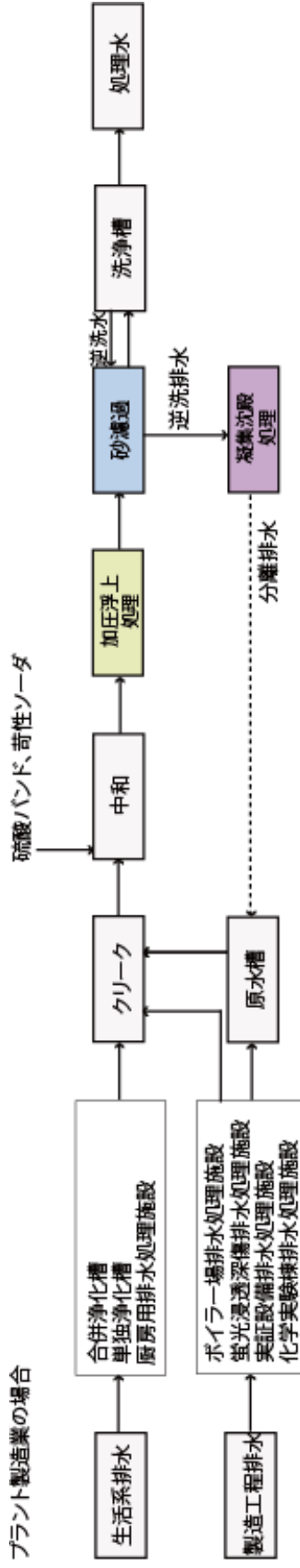
(7) 機械器具製造業

半導体製造業の場合

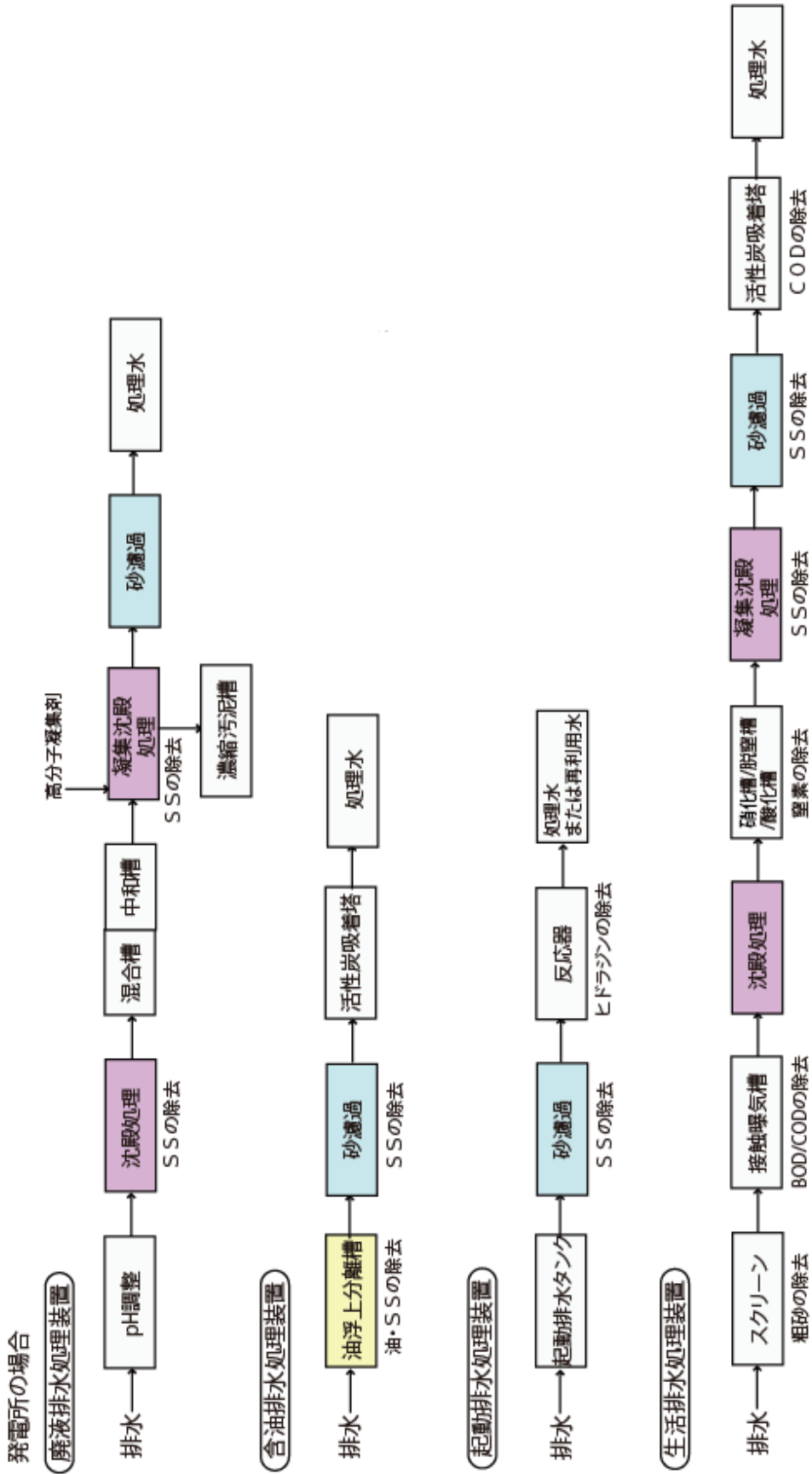


排水にアンモニアが含まれる場合

プラント製造業の場合



(8) 電気・ガス業



日本の水域における環境基準設定状況

表 日本における環境基準(健康項目)

番号	物質名	許容濃度 [mg/L]
1	カドミウム	0.01
2	全シアン	検出されないこと
3	鉛	0.01
4	六価クロム	0.05
5	砒素	0.01
6	総水銀	0.0005
7	アルキル水銀	検出されないこと
8	PCB	検出されないこと
9	ジクロロメタン	0.02
10	四塩化炭素	0.002
11	1,2-ジクロロエタン	0.004
12	1,1-ジクロロエチレン	0.02
13	シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04
14	1,1,1-トリクロロエタン	1
15	1,1,2-トリクロロエチレン	0.006
16	トリクロロエチレン	0.03
17	テトラクロロエチレン	0.01
18	1,3-ジクロロプロペン	0.002
19	チウラム	0.006
20	シマジン	0.003
21	チオベンカルブ	0.02
22	ベンゼン	0.01
23	セレン	0.01
24	硝酸態窒素	10
25	亜硝酸態窒素	10
26	フッ素	0.8
27	ホウ素	1

出典：環境省

表 日本の海域における環境基準(生活環境項目 1)

項目 類型	利用目的の適応性	基準値				
		水素イオン 濃度 (pH)	化学的 酸素要求量 (COD)	溶存酸素量 (DO)	n-ヘキサン 抽出物質 (油分等)	大腸菌群数
A	水産1級、水浴、自然環境保全及びB以下の欄に掲げるもの	7.8以上8.3以下	2 mg/L以下	7.5mg/L以上	検出されないこと。	1,000MPN/100mL以下
B	水産2級、工業用水及びC以下の欄に掲げるもの	7.8以上8.3以下	3 mg/L以下	5 mg/L以上	検出されないこと。	-
C	環境保全	7.0以上8.3以下	8 mg/L以下	2 mg/L以上	-	-

出典：環境省

表 日本の海域における環境基準(生活環境項目 2)

項目 類型	利用目的の適応性	基準値	
		T - N (全窒素)	T - P (全リン)
	自然環境保全及び以下の欄に掲げるもの(水産2種及び3種を除く)	0.2mg/L以下	0.02mg/L以下
	水産1種、水浴及び以下の欄に掲げるもの(水産2種、3種を除く)	0.3mg/L以下	0.03mg/L以下
	水産2種、及び以下の欄に掲げるもの(水産3種を除く)	0.6mg/L以下	0.05mg/L以下
	水産3種、工業用水、生物生息環境保全	1.0mg/L以下	0.09mg/L以下

出典：環境省

表 日本の海域における環境基準(生活環境項目 3)

項目 類型	水生生物の生息状況の適応性	基準値
		全亜鉛
生物A	水生生物の生息する水域	0.02mg/L以下
生物特A	生物Aのうち水生生物の産卵場(繁殖場)または幼稚仔の生育場として特に保全が必要な水域	0.01mg/L以下

出典：環境省

Federal Water Pollution Control Act (一部訳文)

第101条(a) 本法の目的は、わが国の水の化学的、物理的および生物学的な保全性を回復および維持することである。この目的を達成するため、本法の規定に一致した以下の(1)から(7)をここに宣言する。

- (1) 国家目標：汚染物質の内水路への排出を、1985年までに撤廃する。
- (2) 国家目標：可能な限り、魚類、貝類および野生生物の保護および増殖を促し、1983年7月1日を中間目標に、水中・水上のレクリエーションに適した水質を達成する。
- (3) 国家政策：有毒物質の有害性を生じる量の排出を禁止する。
- (4) 国家政策：連邦は、公営廃棄物処理施設の建設に対し財政支援を提供する。
- (5) 国家政策：地域全体の処理管理計画プロセスを策定および実行し、各州における汚染物質排出源の適切な管理を保証する。
- (6) 国家政策：内水路、接続水域および海洋への汚染物質の排出を除去するために必要な技術の開発のため、主要な研究および実証に努める。
- (7) 国家政策：点汚染源および非点汚染源の両方を管理することにより本法の目標を達成できるようにするため、非点汚染源管理プログラムを迅速に策定および実行する。

第301条(g) ある種の特別汚染物質のための変更

- (1) 包括的権限 アンモニア、塩素、着色剤、鉄および全フェノール(4AAP)(長官によって(b)節(2)項(F)号の対象となる汚染物質に定められた場合)、ならびに本節(4)項に基づき長官が挙げたその他の汚染物質の点汚染源からの排出について、長官は州の同意を得て本条(b)節(2)項(A)号の要件を変更することができる。
- (2) 変更を許可するための要件—点汚染源の所有者または運営者が、以下の(A)から(C)の事項を長官が納得できるよう証明した場合にのみ、本節に基づく変更が認められるものとする。
 - (A) かかる要件の変更の結果、少なくとも、本条(b)節(1)項(A)号または(C)号のいずれか該当する方の要件が順守されること。
 - (B) かかる要件の変更の結果、その他の点汚染源または非点汚染源についていかなる追加の要件も生じないこと。
 - (C) かかる変更が、公共用水供給の保護ならびに魚類、貝類および野生生物のバランスの取れた個体群の保護および増殖を確保し、水中・水上レクリエーション活動を可能にする水質の実現または維持を妨げないこと。また、かかる変更が、生物濃縮、環境における残留性、急性毒性、慢性毒性(発がん性、突然変異誘発性または催奇形性など)または相乗効果によって、人間の健康または環境に容認しがたいリスクを与えること

が合理的に予期されうる量の汚染物質の排出を招かないこと。

(3) (c)節の変更を申請するための権限についての制限—点汚染源の所有者または運営者が、汚染物質の排出について本節に基づく変更を申請する場合、かかる所有者または運営者は、本節の変更申請をおこなう資格を有する期間のみ、かかる汚染物質について (c)節に基づく変更を申請する資格があるものとする。

(4) 追加の汚染物質の一覧への記載手順

(A) 包括的権限 申し立てに基づき、本項の規定にしたがって、長官は本条に基づく変更が許可される物質一覧に、汚染物質を追加することができる(ただし、本法第304条(a)節(4)項にしたがって定められた汚染物質、本法第307条(a)節の対象となる有毒汚染物質および排出される物質に含まれる熱成分は除く)。

(B) 一覧に記載するための要件

(i) 十分な情報—本節に基づいて追加汚染物質の記載を申請するものは、本号が要求する判断をおこなうために十分な情報を、長官に提出しなければならない。

(ii) 毒性判定基準—長官は、本法第307条(a)節に基づいて汚染物質が有毒汚染物質として一覧に記載するための基準を満たすかどうかを判断しなければならない。

(iii) 有毒汚染物質一覧への記載—長官が、第307条(a)節に基づいて有毒汚染物質一覧に記載するための基準を満たすと判断した場合は、第307条(a)にしたがってその汚染物質を有毒汚染物質として一覧に記載しなければならない。

(iv) 特別基準判定—長官が、第307条(a)節に基づきその汚染物質が有毒汚染物質一覧に記載するための基準を超えないと判断し、その汚染物質について本節(2)項により要求される判断をおこなうために、適切な試験方法および十分なデータが入手可能であると判断する場合、長官はその汚染物質を、本節に基づき変更が許可される、本節(1)項に定める汚染物質の一覧に追加しなければならない。

第303条 水質基準および実行計画

(d)(1)

(A) 各州は、第301条(b)節(1)項(A)号および第301条(b)節(1)項(B)号により義務付けられる排出制限が、かかる水域に適用される水質基準を施行するに足るほど厳格でない、境界内の水域を特定しなければならない。州は、かかる水域の汚染の程度および利用の重要度を考慮して、かかる水域の優先順位を定めること。

(B) 各州は、第301条に基づく温排水規制が、自生の魚類、貝類および野生生物のバランスのとれた個体群の保護および増殖を確保するに足るほど厳格でない、境界内の水域または水域の一部を特定しなければならない。

(C) 各州は優先順位にしたがって、本節(1)項(A)号で特定された水域のための、長官が第304条(a)節(2)項に基づきかかる算出に適すると認める、汚染物質の総最大日負荷量を定めるものとする。かかる負荷量は、季節変動および排出規制と水質の関係につい

ての認識不足を考慮に入れた安全域を含む適用水質基準の施行のために必要な水準に設定しなければならない。

- (D) 各州は、本節(1)項(D)号で特定された水域のための、自生の魚類、貝類および野生生物のバランスのとれた個体群の保護および増殖を確保するために求められる、最大日熱負荷量を概算しなければならない。かかる概算には、正常水温、流速、季節変動、存在する入熱源ならびに特定された水域およびその一部の散逸能力を考慮すること。かかる概算には、各水域の一部に対し可能な最大流入熱量の計算、ならびに特定された水域およびその一部における保護および増殖のための温水質基準の策定に関する認識不足を考慮に入れた安全域を含めること。
- (2) 各州は、第304条(a)節(2)項(D)号に基づき最初に特定した汚染物質の公表日から180日以内の最初の提出時に、本節(1)項(A)号、(1)項(B)号、(1)項(C)号および(1)項(D)号に基づき特定した水域および設定した負荷量を、適宜長官に提出して承認を受けなければならない。長官はその提出日から30日以内にかかる特定および負荷量を承認するかどうか決めなければならない。長官がかかる水域および負荷量を承認する場合、当該州はそれらを本条(e)節に基づく現在の計画に盛り込まなければならない。長官がかかる水域および負荷量を承認しない場合、長官はかかる不承認の日から30日以内に当該州における水域を特定し、長官がかかる水域に適用される水質基準を施行するために必要と判断する、かかる水域のための負荷量を設定するものとする。また、かかる特定および設定を受けて、州はそれらを本条(e)節に基づく現在の計画に盛り込まなければならない。
- (3) 情報作成という特別な目的のため、各州は本節(1)項(A)号および(1)項(B)号に基づいて特定しなかった境界内のすべての水域を特定し、かかる水域について、長官が第304条(a)節(2)項に基づきかかる算出および熱排出に適しているとして特定する汚染物質の、自生の魚類、貝類および野生生物のバランスのとれた個体群の保護および増殖を確保するであろう水準の、季節変動および安全域を含めた総最大日負荷量を概算しなければならない。
- (4) 一部の排出制限の改定の制限
- (A) 達成されない基準
- (1)項(A)号に基づき特定された、適用水質基準がまだ達成されていない水域について、総最大日負荷量または本条に基づき設定されたその他の廃棄物負荷分配に基づく排出制限は、以下の(i)または(ii)の場合に限り改定することができるものとする。
- (i) 総最大日負荷量または廃棄物負荷分配に基づく、かかるすべての改定された排出制限の累積効果が、かかる水質基準の達成を確実にする。
- (ii) 達成されていない指定使用が、本条に基づき定められる規制にしたがって取り除かれる。
- (B) 達成された基準

(1)項(A)号に基づき特定された水域で、その水質がかかる水域のためのまたは適用水質基準により義務付けられる指定利用を保護するために必要なレベルに等しいかあるいはそれを越えるものについては、総最大日負荷量または本条に基づき設定されたその他の廃棄物負荷分配に基づく排出制限、本条に基づき設定された水質基準、あるいはその他の許可水準は、かかる改定が本条に基づき定められた非悪化原則を条件とし、それに一致するものである場合に限り、改定することができる。

第304条

(a)

(1) 連邦および州の関係機関ならびにその他の関係者と協議のうえ、長官は本章の制定日から1年以内に、以下の(A)から(C)についての最新の科学的認識を正確に反映した水質基準を策定し公表する(以降適宜改定する)ものとする。

(A) プラクトン、魚類、貝類、野生生物、植物、海岸線、砂浜、美観およびレクリエーション(ただしそれらに限定されない)などといった健康および福祉に対する、地下水を含む水体中の汚染物質の存在から予想することができる、あらゆる特定可能な影響の種類および範囲。

(B) 汚染物質の集積と拡散、あるいは生物学的、物理的および化学的プロセスを通して発生するその副産物。

(C) さまざまな種類の受水域の富栄養化率ならびに有機的および無機的堆積率に影響を及ぼす要因についての情報を含む、生物群集の多様性、生産性および安定性に対する汚染物質の影響。

(2) 連邦および州の関係機関ならびにその他の関係者と協議のうえ、長官は本章の制定日から1年以内に、以下の(A)から(D)に関する情報を作成し公表する(以降適宜修正する)ものとする。

(A) すべての内水路、地下水、接続水域および海洋の化学的、物理的および生物学的健全性を回復および維持するために必要な要素。

(B) 受水域の種類および区分のための魚類、貝類および野生生物の保護および増殖、ならびに水中・水上のレクリエーション活動を可能にするために必要な要素。

(C) 水質測定および分類。

(D) 第303条の目的のため、水質目標の達成と相関性のある最大日負荷量の測定に適した汚染物質およびそれらの特定。

(3) かかる基準および情報、ならびにそれらを改定した場合は国に提出し、連邦公報に発表して国民が知ることができるようにすること。

(4) 1977年水質浄化法の制定日から90日以内に、およびそれ以降は適宜、長官は一般汚染物質を特定する適切な情報を公表し修正するものとする。一般汚染物質とは、生物学的酸素要求量、浮遊物質、糞便性大腸菌およびpHとして分類される汚染物質を含むがこ

れらに限定されない。排出中の熱成分は、本項に基づく一般物質とはみなされないものとする。

- (5)(A) 長官は、本法第301条(g)節に基づく要請を検討する前に、実行可能な範囲において、1977年水質浄化法の制定日から6カ月以内に、公共用水の供給の保護、魚類、貝類および野生生物のバランスのとれた個体群の保護および増殖、ならびに水中・水上レクリエーション活動を可能にするために必要な要素に関する情報を策定し公表するものとする。
- (B) 長官は、本法第301条(h)節に基づき申請を検討する前に、実行可能な範囲において、1977年水質浄化法の制定日から6カ月以内に、公共用水の供給の保護、自生の魚類、貝類および野生生物のバランスのとれた個体群の保護および増殖、ならびに水中・水上レクリエーション活動を可能にするために必要な要素に関する情報を策定し公表するものとする。
- (6) 長官は、1977年水質浄化法の制定日から3カ月以内に、および以降は年に1度、本法第301条(h)節の目的のため、国法である本法に基づき有効な各水質基準、かかる水質基準に関連する特定の汚染物質およびかかる水質基準が適用される特定の水域を明らかにする情報を、公表および必要に応じて改定するものとする。
- (7) 州への指導 州の関係機関と協議のうえ、また本節(1)項および(2)項に基づき発表された基準および情報をふまえて、長官は1987年水質浄化法の制定日から9カ月以内に、本法第304条(l)節(1)項が義務付ける特定の実行に関する指針を策定し、州に対し発表するものとする。
- (8) 水質基準に関する情報 州の関係機関と協議のうえ、1987年水質浄化法の制定日から2年以内に、長官は汚染物質 副汚染物質基準以外の根拠に基づく、有毒汚染物質に関する水質基準の設定および測定方法(生物学的モニタリングおよび評価方法を含む)についての情報を策定し公表するものとする。
- (9) 沿岸のレクリエーション水域の基準の改定
- (A) 通例 本号の制定日から5年以内に、連邦、州、部族および地方の関係当局者(地方の衛生当局者を含む)との協議および協力のうえ、長官は、沿岸のレクリエーション水域における人間の健康保護を目的とし、第104条(v)節に基づき行われた調査結果を踏まえた、病原菌および病原菌指標物質に関する新しい水質基準または改定水質基準(該当する場合、試験方法一覧の改定版を含む)を公表するものとする。
- (B) 見直し 本号に基づく水質基準の公表日から5年以内に、およびそれ以降は最低でも5年ごとに、長官は水質基準を見直し、必要に応じて改定するものとする。

第307条 有毒物質および前処理に関する排出基準

(a)

- (1) 1977年水質浄化法の制定日以降、本法の対象である有毒汚染物質または有毒汚染物質

の組み合わせの一覧には、下院公共事業運輸委員会のCommittee Print(委員会配布物)番号95-30の表1に記載されている有毒汚染物質を含めなければならない。長官は1977年水質浄化法の制定日から30日以内にその一覧を公表しなければならない。長官は以降適宜かかる一覧を改定することができる。また長官は、汚染物質をかかる一覧に追加するまたは一覧から削除する権限をもつ。汚染物質の追加または削除を含む改定した一覧の公表にあたり、長官はその汚染物質の有毒性、残留性、分解性、水中において影響を受ける有機体の通常のまたは潜在的な常在度、影響を受ける有機体の重要度、ならびにかかる有機体に及ぼす有毒汚染物質の影響の性質および程度を考慮すること。本号に基づく長官の判断は最終的なものとする。ただし、司法審査において、かかる判断が長官の独断および一時の感情による行為に基づいて出されたこととみなされ、長官が再び判断を行わなければならない場合を除く。

- (2) 本節(1)項にしたがい一覧に記載された各有害汚染物質は、本法第301条(b)節(2)項(A)号 および第304条(b)節(2)項にしたがって定められた適用区分または種類の点汚染源にとって、経済的に達成可能な利用できる最高の技術を適用した結果生じる排出制限の対象とする。長官は、その裁量において、有毒汚染物質の要件を定めた排出基準(排出禁止を含む)案を連邦公報に発表することができる。かかる要件は、排出基準がある区分または種類の点汚染源に適用された場合に、かかる基準がより厳格な要件を課す場合にのみ、かかる区分または種類に適用されるものとする。公表した排出基準(または禁止)は、汚染物質の有毒性、残留性、分解性、水中において影響を受ける有機体の通常のまたは潜在的な常在度、影響を受ける有機体の重要度、かかる有機体に及ぼす有毒汚染物質の影響の性質および程度、ならびにその他の規制当局のもとで効果的な規制がおこなわれている範囲、または達成される可能性がある範囲を考慮すること。長官は、かかる基準案について関係者が文書による意見を提出するための期間を、かかる排出基準(または禁止)案の公表から60日以上認めるものとする。加えて、かかる排出基準(または禁止)案の公表から30日以内に関係者から要請がある場合は、長官はその件に関し公聴会を開くものとする。かかる公聴会は、口頭および書面による意見発表、および長官が要件事実の争点である問題について適切と判断する反対尋問を行い、国民が閲覧可能であるべき逐語的記録の写しを提供する機会でなければならない。そのような意見ならびにかかる基準または禁止案について公聴会で提出される情報および資料を検討し、長官は正当と考える変更を加えた基準(または禁止)を公布するものとする。長官によるかかる公布は基準(または禁止)案の公表から270日以内におこなわれなければならない。かかる基準(または禁止)は最終的なものとする。ただし、司法審査において、かかる基準が実質的な証拠に基づいていないとみなされ、長官が改定基準を公布しなければならない場合を除く。排出制限は、第301条(b)節(2)項(A)号および第304条(b)節(2)項にしたがって、下院公共事業運輸委員会のCommittee Print(委員会配布物)番号95-30の表1に記載されている有毒汚染物質それぞれについ

て、1977年水質浄化法の制定日以降できるだけ早く、ただし1980年7月1日までに定めなければならない。かかる排出制限または排出基準(または禁止)は、本節(1)項に基づき一覧に記載された有毒汚染物質それぞれについては、一覧に記載されてからできるだけ早く規定しなければならない。

- (3) 各排出基準(または禁止)は見直しを行い、必要に応じて最低3年ごとに改定しなければならない。
- (4) 本条に基づき公布された排出基準は、十分な安全域を有すると長官が判断する水準にななければならない。
- (5) 本条に基づき排出基準(または禁止)を提案または公布する際、長官はその排出基準(または禁止)を適用すべき汚染源の区分または種類を指定するものとする。浚渫物投棄は陸軍長官との協議の後で、かかる汚染源の区分に含めることができる。
- (6) 本条にしたがって規定された排出基準(または禁止)は、かかる基準を公布する指令に明記された日付をもって有効とすべきであるが、いかなる場合もその日付はかかる公布の日から1年以内とする。長官が、公布日から1年以内の順守がある区分の汚染源にとって技術的に実行不可能であると判断する場合は、長官はかかる区分の排出基準(または禁止)の発効日を定めることができる。かかる発効日はその区分に属する汚染源が順守を実現できるもっとも早い日付とするが、いかなる場合もかかる公布日から3年以内とする。
- (7) 本条にしたがった規制の公表の前に、長官は与えられた期間において最大限実行可能な程度まで、関係する諮問委員会、州、利害関係のない専門家ならびに連邦の省および機関と協議しなければならない。

第319条 非点汚染源管理プログラム

(a) 州の評価報告書

- (1) 内容 各州の政府は、通知および公衆意見聴取を行った後、以下(A)から(D)に記す内容の報告書を作成して長官に提出し、承認を求めるものとする。
 - (A) 非点汚染源規制のための追加措置をとることなしでは、適用される水質基準または本法の目標および要件の達成または維持を合理的に期待することができない州内の内水路を特定する。
 - (B) (A)号に基づき特定された内水路の各部分について、かかる水質基準またはかかる目標および要件を満たすことができないほどの量で当該部分をさらに著しく汚染する、非点汚染源または該当する場合は特定非点汚染源の区分および下位区分を特定する。
 - (C) 非点汚染源ならびに該当する場合は(B)号に基づき特定された特定非点汚染源の各区分および下位区分を規制すること、およびかかる区分、下位区分または汚染源から生じる汚染の水準を実行できる最大限低減することを目的とした、最高の管理実務および手段を明らかにするための、政府間調整および国民参加などのプロセスについて説

明する。

- (D) 非点汚染源から内水路の当該各部分に加えられる汚染の規制、および内水路の当該各部分の水質の向上のための州および地方のプログラムを特定し、説明する。プログラムは(h)節および(i)節に基づき連邦の援助を受けているものを含むが、これらに限定されない。
- (2) 報告書作成に使用する情報—本条により義務付けられる報告書を作成するにあたり、州は、(A) 第208条、第303条(e)節、第304条(f)節、第305条(b)節および第314条にしたがって作成された情報、ならびに必要なに応じてその他の情報を元にすることができる。また州は、(B) 第208条(b)節 および第303条にしたがって策定された廃棄物処理管理計画のしかるべき要素を、かかる要素が本条の要件に一致しそれらを満たす限りにおいて、利用することができる。
- (b) 州の管理プログラム
 - (1) 通例 各州政府は、通知および公衆意見聴取を行った後、その州のまたは隣接する州も対象とした管理プログラムを策定して長官に提出し、承認を求めるものとする。その管理プログラムにおいて、かかる州は非点汚染源から州内の内水路に排出される汚染物質の規制、およびかかる水域の水質向上のためのかかる管理プログラムの提出日から起算して、最初の4会計年度内のかかる管理プログラムの実行を提示する。
 - (2) 具体的な内容 本節に基づき実施するべく提案される各管理プログラムには、以下(A)から(F)の各事項を含めるものとする。
 - (A) その実務が地下水の水質に与える影響を考慮した上で、(1)項(B)号に基づき指定される各区分、下位区分または特定非点汚染源から生じる汚染物質負荷量を低減するためにおこなわれることになる、最高の管理実務および手段の特定。
 - (B) (A)号に基づき指定される区分、下位区分および特定非点汚染源による最高の管理実務の実施を達成するためのプログラム(該当する場合は、非規制または規制実施プログラム、技術支援、財政支援、教育、訓練、技術移転および実証プロジェクトを含む)の特定。
 - (C) 以下(i)および(ii)に記す年ごとの主要な管理点を含むスケジュール。
 - (i) (B)号で特定されたプログラム実施方法の活用、および
 - (ii) (1)項(B)号に基づき指定される各区分、下位区分または特定非点汚染源による、(A)号で特定された最高の管理実務の実施。かかるスケジュールは、実行可能なもっとも早い日付において最高の管理実務の利用ができるよう設定しなければならない。
- (D) 州の法律により、場合によっては、かかる管理プログラムを実行するための適切な権限、またはそのような適切な権限がない場合、かかる管理プログラムを実行するために必要となるであろう、かかる一覧の追加の権限が与えられる旨の、州の司法長官(または独立した弁護士を有する州の水質汚染管理機関の主任弁護士)の証明書。かかる追

- 加の権限を求める州は、可及的速やかにそのスケジュールを作成し義務を果たすこと。
- (E) かかる実務および手段の実行を補助し、かかる支援を当該会計年度において利用できるようにするための、各会計年度内に利用可能となる予定の連邦およびその他の支援源および資金源((h)節および(i)節に基づきおこなわれる支援を除く)。
 - (F) 連邦財政支援プログラムおよび連邦開発プロジェクトの特定。1983年9月17日に発令された大統領命令12372に規定された手続きにしたがって、州はかかる各支援の適用または開発プロジェクトが水質に与える影響を見直し、かかる支援の適用または開発プロジェクトが、本節に基づき策定されたプログラムに矛盾しないかどうかを判断する。本号の目的のため、特定にあたっては、大統領命令12372の対象となる支援プログラムまたは開発プロジェクトに限定せず、最新のCatalog of Federal Domestic Assistance (連邦国内助成カタログ)に記載された、その州の非点汚染源の汚染管理プログラムの目的および目標に影響を与える可能性があるあらゆるプログラムを含むことができる。
 - (3) 地方の民間専門家の活用—本節に基づく管理プログラムの策定および実行にあたって、州は、非点汚染源管理の専門知識を有する地方の公的および民間機関および組織を、できるかぎり最大限関与させるものとする。
 - (4) 流域ベースの策定—州はできる限り最大限、本節に基づく管理プログラムをかかる州内の流域ごとのベースで策定および実行するものとする。

Gold Book (一部訳文)

1985年・環境基準の由来---

水生生物およびそれらの利用を保護するための国の水質基準値は、水中毒物学の多くの分野からの情報を用いる複雑なプロセスによって決定される。国の基準は個々の物質について必要であるとの決定を受けて、水生生物に対する毒性および水生生物の生体蓄積性に関して入手可能なあらゆる情報が集められ、妥当性が検討され、分類されている。水生動物に対する急性毒性について妥当なデータが十分に得られる場合、それらを用いて、水生生物およびそれらの利用に対し許容できない影響をもたらさない1時間の最高平均濃度の推定をおこなう。正当性が認められた場合、この濃度はpH、塩度または硬度などといった水質の特徴の一つとみなされる。同様に、水生動物に対する物質の慢性毒性に関するデータは、長期曝露の間に許容できない毒性を及ぼすことがない4日間の最高平均濃度の推定に用いられる。場合によって、この濃度は水質の特徴にも関連する。

水生植物に対する毒性に関するデータは、動物に対し許容できない影響を引き起こすことがない濃度で、植物が許容できない影響を受ける可能性があるかどうかを判断するために分析される。水生生物による生体蓄積性に関するデータは、残留物によって食用種が米国食品医薬品局による制限の対象となるかどうか、またはかかる残留物が水生生物を餌とする野生生物の一部に害を与える恐れがあるかどうかを判断するために用いられる。その他の入手可能なすべてのデータは、生物学的に重要な可能性のある有害影響を判断するために検討される。

関連する情報の徹底的な精査によって、妥当なデータが十分に入手可能であることがわかれば、短期高濃度曝露または長期低濃度曝露、およびその両方を受けたことによる許容できない影響から水生生物およびそれらの利用を保護するための、淡水または塩水あるいはその両方のための国の水質基準値が得られる。

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council(一部訳文)

第 1 条 目的

本指令の目的は、内陸地表水、遷移水、沿岸水および地下水保護の枠組みを設定することである。具体的には、

- (a) 水界生態系、ならびにその水の必要性に応じて陸上生態系および水界生態系に直接依存する湿地の状態の、さらなる劣化を防止し、それらを保護し向上すること
- (b) 利用可能な水資源の長期的保護に基づく、持続可能な水利用を推進すること
- (c) とりわけ、優先物質の放出、排出および損失の漸減、ならびに優先有害物質の放出、排出および損失の停止または段階的停止のための具体的な措置により、水界生態系の保護および向上の強化を目指すこと
- (d) 地下水汚染の漸進的な削減およびさらなる汚染の防止を確実にこなうこと
- (e) 洪水および干ばつの影響緩和に役立つこと

またこれにより、以下に寄与することを目的とする。

- ・ 持続可能でバランスのとれた、公平な水利用のために必要な、良質の地表水および地下水の十分な供給
- ・ 地下水汚染の大幅な削減
- ・ 領海および海域の保護
- ・ 自然発生する物質の海洋環境における濃度をバックグラウンド値に引き下げ、人間が作り出した合成物質の濃度をゼロに近づけるといふ最終的な目標と、優先有害物質の放出、排出および損失の停止または段階的停止のための、第16条 (3) に基づく共同体の措置による海洋環境の汚染防止および排除をねらいとするものを含む、関連する国際協定の目的の達成

第 8 条 地表水の状況、地下水の状況および保護地域のモニタリング

1. 加盟国は、各河川流域地区における水の状況について、一貫した、包括的な概観を作成するために、水の状況のモニタリングプログラムの策定を確実に行わなければならない。

地表水に関するかかるプログラムには、以下を含めるものとする。

- (i) 生態学的状況および化学的状況、ならびに生態学的ポテンシャルにとって適切な範囲の流量、レベルおよび流速
- (ii) 生態学的状況および化学的状況、ならびに生態学的ポテンシャル

地下水に関するかかるプログラムには、化学的状況および定量的状況のモニタリングを含めるものとする。

保護区域に関する上記のプログラムは、それぞれの保護区域を定める際に従った共同体の法律に明記されているかかる規定によって補完されるものとする。

2. これらのプログラムは、関連する法律に別段の定めがない限り、本指令の発効日から遅くとも6年以内に実施可能でなければならない。かかるモニタリングは、付属文書Vの要件に従うものとする。
3. 水の状況の分析およびモニタリングの技術仕様および標準化された方法は、第21条に定める手順に従って策定するものとする。

第13条 河川流域管理計画

1. 加盟国は、その領土全体にある各河川流域地区の河川流域管理計画を確実に策定しなければならない。
2. 共同体内全域にまたがる国際河川流域地区の場合、加盟国は単一の国際河川流域管理計画を策定するために協力しなければならない。かかる国際河川流域管理計画が策定されない場合、本指令の目的を達成するべく、加盟国は、国際河川流域地区のうち少なくともそれぞれの領土内にある区域を対象とした河川流域管理計画を策定すること。
3. 共同体の境界を越える範囲に及ぶ国際河川流域地区の場合、加盟国は単一の河川流域管理計画を策定するために努力しなければならない。それが不可能な場合、国際河川流域地区のうち少なくとも関係する加盟国の領土内にある部分を対象とした計画を策定すること。
4. 河川流域管理計画は、付属文書VIIに詳述された情報を含むものとする。
5. 河川流域管理計画は、水域管理の個別の側面に対処するため、部分流域、領域、問題または水系に関するより詳細なプログラムおよび管理計画の策定によって補完することができる。これらの対策を実行することによって、加盟国が本指令の他の部分に基づくいかなる義務からも免除されることはないものとする。
6. 河川流域管理計画は本指令の発効日から遅くとも9年以内に公表しなければならない。
7. 河川流域管理計画は、本指令の発効日から遅くとも15年以内に、およびそれ以降は6年ごとに見直し、改正しなければならない。

第16条 水質汚染に対する戦略

1. 欧州議会および欧州理事会は、飲料水の抽出に利用される水域に対するリスクを含め、水域環境に対してまたは水域環境を介して重大なリスクをもたらす個々の汚染物質または汚染物質群による水質汚染に対し、具体的な対策を導入するものとする。かかる汚

染物質への対策は、汚染物質の放出、排出および損失の漸減を目的とし、第2条(30)に定める優先有害物質についての対策はかかる優先有害物質の放出、排出および損失の停止または段階的停止を目的とするものとする。かかる対策は条約に定められた手順にしたがって欧州委員会により示された提案に基づき導入されるものとする。

2. 委員会の提出案には、水域環境に対してまたは水域環境を介して重大なリスクをもたらす優先物質から選択した優先物質のリストを明記しなければならない。水域環境に対するまたは水域環境を介したリスクに基づく環境作用によって(具体的には以下の(a)または(b))、物質の優先順位が決まるものとする。

- (a) 欧州理事会規制 (EEC) No 793/93 (1)、理事会指令 91/414/EEC (2)および欧州議会・理事会指令98/8/EC (3)に基づき実施されたリスク評価。

- (b) 水生生態毒性および水域環境を介した人間に対する毒性のみに焦点を当てた、(規制 (EEC) No 793/93の方法論にしたがった)対象となるリスクに基づく評価。

4項に定める期限を順守するために必要な場合は、以下に記載する事項を特に考慮に入れた科学的原則をふまえた、リスクに基づく簡易評価手順によって特定される、水域環境に対するまたは水域環境を介したリスクに基づく環境作用によって、物質の優先順位をつけるものとする。

- ・当該物質の固有の危険ならびに特にその水生生態毒性、および水中の曝露経路を介した人間に対する毒性に関する証拠。
- ・広域環境汚染のモニタリングによって得られた証拠、および当該物質の製造または使用量ならびに使用パターンなど、広域環境汚染の可能性を示唆しうるその他の証明済みの要因。

3. 委員会の提案にはまた、優先有害物質の特定も含めるものとする。特定にあたって委員会は、有害物質に関する共同体の関連法または関連する国際協定においておこなわれる当該物質の選択を考慮しなければならない。

4. 委員会は、本指令の発効日から遅くとも4年以内に、それ以降は少なくとも4年ごとに採用された優先物質リストを見直し、場合に応じて提案を提出するものとする。

5. その提案を策定するにあたり、委員会は、毒性、生態毒性および環境に関する科学委員会、加盟国、欧州議会、欧州環境庁、共同体研究プログラム、共同体が参加する国際組織、中小企業を代表するものを含む欧州の企業団体および欧州の環境団体からの提言、ならびに注目すべきその他の関連情報を考慮に入れるものとする。

6. 委員会は、当該優先物質の放出、排出および損失の漸減、ならびに特に3項にしたがって特定された物質の放出、排出および損失の停止または段階的停止のための規制案(それを実行するための適切な期限を含む)を提出するものとする。かかる期限は、本条の定めにしたがって欧州議会および理事会がかかる提案を採用してから20年を超えないものとする。

規制案を提出する際、点汚染源および拡散汚染源の両方につき、委員会は費用効果的にバランスのとれた適正水準および製造・プロセス規制の組み合わせを特定し、プロセス規制のための共同体全体の統一排出制限値を考慮する。プロセス規制のための共同体レベルの措置は必要に応じ、セクター別ベースで定めることができる。

製造規制によって指令 91/414/EECおよび指令98/8/ECに基づき与えられた関連する許可の見直しが必要な場合は、それらの指令の規定にしたがってかかる見直しを実行するものとする。各規制案には、規制の見直し、改正およびそれらの有効性評価のための取り決めを明記しなければならない。

7. 委員会は、地表水、堆積物または生物相における優先物質濃度に適用される水質基準案を提出するものとする。
8. 委員会は、6項および7項にしたがって少なくとも点汚染源の排出規制案および環境基準案を、当該物質を優先物質リストに記載してから2年以内に提出するものとする。最初の優先物質リストに記載された物質については、共同体レベルの協定がない場合、本指令の発効日から6年以内に、加盟国は、かかる物質の排出により影響を受けるすべての地表水のためのかかる物質の環境基準、ならびにとりわけあらゆる技術的な削減オプションの検討に基づいた、かかる物質の主な排出源に対する規制を策定するものとする。その後優先物質リストに記載された物質については、共同体レベルの協定がない場合、加盟国はリストへの記載から5年以内にかかる措置をとるものとする。
9. 委員会は、事故の結果発生するものを含め、その他の汚染物質または汚染物質群による水質汚染に対する戦略を策定することができる。
10. 6項および7項に基づく提案の策定にあたって、委員会は付属文書IXに記載されたすべての指令の再検討もおこなうものとする。委員会は8項に示す期限までに、優先物質リストに含まれるすべての物質に対する付属文書IX中の規制の改定を提案するものとする。また委員会は、その他のすべての物質に対する付属文書IX中の規制の廃止の可能性を含め、適切な対策を提案するものとする。付属文書IX中の規制で改定が提案されたものはすべて、かかる改定の発効日において廃止されるものとする。
11. 委員会が提案した、2項および3項に述べる物質の優先物質リストは、欧州議会および理事会により採用された時点で、本指令の付属文書Xとなるものとする。4項に述べるその改定も、同じ手順にしたがうものとする。

非 売 品

禁無断転載

平 成 2 0 年 度
閉鎖性海域における水質環境目標見直し等に
関する動向調査報告書

発 行 平成21年3月

発行者 社団法人 日本機械工業連合会
〒105-0011
東京都港区芝公園三丁目5番8号
電 話 03 - 3434 - 5384

社団法人 産業と環境の会
〒105-0001
東京都港区虎ノ門一丁目3番6号
電 話 03 - 3580 - 2141