

第1部 総論編

第1部 総論編

第1章 本マニュアルの目的と利用法

日本では工場・事業場から排出される排水については、水質汚濁防止法および都道府県条例による厳しい上乗せ基準などによる排水水質基準の規制強化によって、世界に優れた水質汚濁防止装置とシステムが開発されて用いられている。排水の規制値は環境条件を基に決められており、一方、廃水処理方法は、それぞれの立地条件、経済性、操業特性、保全性、拡張性などを加味して、規制値を満足する処理法が決められている。したがって、最適な処理法を画一的に述べることができないために、本マニュアルでは、それぞれの工場・事業場が廃水処理設備の建設を計画するときに考慮すべき技術的な事柄について述べ、また、関連する法的な背景、経済性などもまとめた。

第一部では、排水処理に対する基本的な姿勢を明確にするために、地球環境保全に対する視点、排水水質に関する法制度、経済性、安全性などの留意点をまとめた。さらに近年は企業の生産活動が環境に与える影響に対する説明責任の必要性が高まっているため、環境アセスメント、ライフサイクル・アセスメントなどの動向も紹介した。現在の環境に対する配慮は、たとえ科学的解明がなされていないことであっても、ノーリグレット戦略（後悔なき戦略）によってアプローチすることも必要であり、経済的な評価だけでは十分でないことを示唆している。

第二部では、廃水処理設備の建設計画や、既存設備の改善、運転上の問題の解決を行う場合に参考となる基本的な技術事項をまとめた。更なる技術情報を得ることが容易なようにできる限り引用文献の出典を載せた。

第三部では、食品製造工場における廃水処理の実施例を紹介している。先に述べたように、紹介されている設備、装置、技術はあくまでそれぞれの工場が固有に持つ立地環境、経済性などの諸条件に適したものであって、絶対的なものではないことに留意願いたい。廃水処理設備は、プロセスの選択段階で性能、経済性、保全性、運転性などのほぼ全てが決まってしまうので、プロセス、装置の選択に当たっては、代替案を含めた総合的な比較検討を経て決定されることが望まれる。

第2章 産業廃水処理に対する基本的な考え方と方向性

工場排水の管理の目的は、生産活動が外部活動に対して与える負荷を低減することにある。しかしながら生産活動を行う以上、外部環境に対して影響を生じることを避けられない。またその低減を行う場合も何らかの判断基準を設けることが必要である。その方策として、排水管理が企業内の

環境管理システムの一部として明確に位置づけされることが必要である。この環境管理システムは環境に対する経営方針を確実に実行していくための仕組みであり、以下の構成から成り立っているものであり、PDCA (Plan Do Check Action) サイクルによる継続的な改善が必要である。

(1) 環境方針

継続的な環境改善と環境汚染の予防を図るために、環境保全目的および目標、法や、その他の約束事を組織の全員に周知徹底させる。

(2) 実施計画

目標を遂行するための組織の見直し、環境保全目的・目標の設定、スケジュール、資金・人の投入を計画的に行うこと。

(3) 実施と運用

実施体制と管理責任の明確化、実行を行う上で必要とされる訓練、コミュニケーション、文書化、緊急事態に対する準備・対応などを明確にする。

(4) 点検および是正処置

(5) 経営層による見直し

今日では、工場廃水処理は非生産設備ではなく生産活動の一部として捉えていく姿勢が必要であり、企業は環境に対する負荷を社会に説明する責任（環境管理に関するアカウントビリティー）を有するという考え方が広まってきている。その方法には定性的なものとして、環境マネジメントプログラムの策定や、リサイクルへの取り組み、ISO14001 の取得、また、物量値による評価方法としては、ライフサイクル・アセスメント（LCA）などがある。このことは、廃水処理だけで技術を評価するのではなく、環境対策のひとつとして捉えて、地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨、土壌汚染、悪臭、振動などとの関係も視野に入れた総合的な対策が求められる。

第3章 産業廃水処理における環境配慮

産業排水処理は廃水の浄化と同時にその処理に多くのエネルギーや、薬品などを消費し、また、余剰汚泥を発生し環境に負荷をかけている。ライフサイクル・アセスメントではこの環境負荷を定量的に把握する方法をいくつか示している。例えば、水域への BOD, SS などの放出汚濁物量や、場外搬出廃棄物量、排水処理設備から排出される炭酸ガス量、エネルギー消費量などで捉えることができる。産業廃水処理設備の環境に与える負荷の評価は、いずれかひとつの指標で行うことは難しいが、地域特性を考慮に入れた指標を選んで行うことが大切である。一方では、廃水中の有機物をメタン化して有価物として回収し、燃料として利用する場合は、工場全体でのエネルギーバランスに組み入れて評価する必要がある。また、余剰汚泥を肥料として再利用する場合は、経済効果

として捉えることは容易でも、環境インパクト項目として捉える場合には、複雑な仕組みの流通経路で発生する環境負荷を含めて、代替手段との比較の中で評価をしなければならなくなる。こうした複雑な問題は単純化することが必要であるが、同時に本来の評価の目的を果たさなくなる二律背反の関係性にあることを認識しておくことが重要である。

さらに近年では、国際的に持続可能な開発をめざして多くの企業が取り組んでいる環境管理方式のレスポンシブル・ケアが普及しており、わが国でも2000年3月からPRTR法（Pollutant Release and Transfer Register）が施行された。この法律の狙いは、事業所が製造・使用している化学物質を、大気や河川、土壤に排出する量や、廃棄物として事業所以外に移動する量を自らが調べ、国に報告し、国が公表するものである。対象物質は第一種指定化学物質として354物質、第二種指定化学物質として81種あり、対象事業者には全ての製造業以外に下水道事業や、廃棄物処分量などが含まれている。また対象化学物質を含有する製品を他の事業者に譲渡する場合は、その化学物質の「性状、取り扱いに関する情報」をMSDS（Material Safety Data Sheet；化学物質安全データシート）を事前に提供して、環境への漏洩を防止する制度もPRTR制度とともにできた。第一種指定化学物質は人や生態系への有害性があり、環境中に広く存在する物質であり、第二種指定化学物質は有害性はあるが、暴露性は第一種指定化学物質より低い物質をいう。廃水処理に用いる凝集剤、中和剤、消泡剤などの薬品が該当する。

廃水処理を行うときの環境への配慮はこれまで述べてきたように、さまざまな角度からの検討が必要であり、概念的にまとめると図1-3-1のようになる。

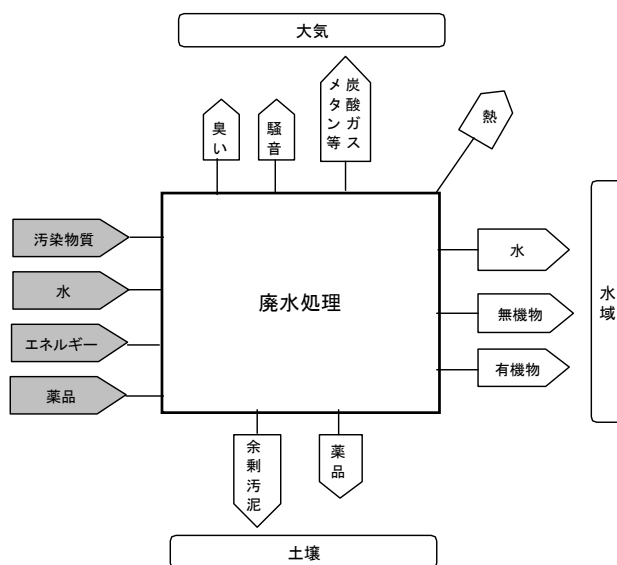


図1-3-1 廃水処理における環境配慮

第4章 水域保全と環境アセスメント

4. 1 環境アセスメント

水域や、大気、土壌環境に影響を与える恐れのある事業に対しては、環境保全を図るために環境におよぼす影響の予測を行い、適切な環境保全処置をとることが義務付けられている。環境アセスメントは日本語では「環境影響評価」であり、その基本的な考え方は、ある事業が環境に及ぼす影響を事前に調査・予測・評価し、その事業を実施するか否か、またはどのような方法で実施するかを見直すためのものである。日本における環境アセスメントは、1992年の閣議における「各種公共事業に係る環境保全対策について」の了解に基き開始され、1999年6月には環境影響評価法が全面施行されたことに伴い、各地方自治体（都道府県、政令指定都市など）においても条例などにより制度化されている。そして環境アセスメントを取り巻く状況は様変わりした。従来は道路、空港、ダムおよび発電所の建設などの大規模な開発事業として法対象事業である第1種事業の場合に適用されていたものが、各地方自治体では独自に条例などにより規模、要件を細かくしたり（上乘せ）、法以外の対象事業を取り上げたりして（横だし）、より厳しく運用が図られることになった。したがって、工場建設や設備変更の場合は、条例などに基づく環境アセスメントが必要になることもあり、工期、予算面での配慮が必要となる。¹⁾

4. 2 環境アセスメントのシステム

環境アセスメントのシステムは、一般的には事業者が行う事業者アセスメントと、第三者が行う第三者アセスメントに分類される。また、その実施の時期から、計画段階で行う「計画アセスメント」、事業実施段階の「事業アセスメント」と事業実施後の「事後アセスメント」に分けられる。対象事業となった計画は、環境影響評価方法書を都道府県知事に送付し、知事は関係市町村長に送付の上、関係地域住民に告示・縦覧して意見を聴取することになっている。つぎに事業者は、それらに基づいて環境影響評価書を作成し、環境保全への適切な配慮をした上で当該事業を実施しなければならない。また、工事開始後の環境に対する影響の調査が必要とされた場合は、事後調査を実施しなければならない。

4. 3 スクリーニング

新しい環境影響評価法では対象規模要件を満たしていない事業でも、地域の環境条件などの必要性に応じてアセスメントの対象にできる制度として、一定の範囲を越えるものは許認可権などを有する行政機関による判定を受ける手続きがとられている。これをスクリーニングと言い、第1種事業第2種事業を設けてスクリーニングを実施する自治体と、スクリーニングを実施せずに、規定した規模の事業は全て対象とする自治体がある。

4. 4 スコーピング

スコーピングは環境影響評価方法書に対して出された意見に基づき、事業者が環境影響評価の調査対象項目、調査方法および評価方法などを確定することを言う。水質汚染に関しては、環境基本法に基づく水質基準として、健康保護と生活環境の保全とに分けて設けられている。人の健康を保護するものとしては、重金属や有機塩素化合物、農薬など26項目、生活環境の保全についてはpH、溶存酸素、浮遊物質、生物化学的酸素要求量、化学的酸素要求量、全窒素、全リンなど9項目がある。前者は全国一律の基準であるのに対し、後者は河川、湖沼、海域について別に定められている。予測の手法としては、水質汚染物質の発生負荷量から水質変化を予測する定性的なもの、水質拡散モデルを用いた定量的な方法がある。水質汚染以外の環境への影響の予測には大気汚染や、植物への影響、動物への影響がある。

4. 5 環境影響評価

最初に環境保全措置の立案を行う。これは、スコーピングや調査・予測の段階で把握される様々な情報（環境保全の基本的な考え方、事業特性、地域特性、地域の環境基本計画の目標、方法書手続きで寄せられた意見、影響予測結果など）を取りまとめて、環境保全措置の対象と目標を明らかにする。次いで、回避または低減措置と代償措置を検討し、さらにこれらを繰り返し、最善の環境保全措置実施案を選定する。回避、低減の措置は、「立地、配置あるいは規模・構造」、「施設・設備・植栽」、「管理・運営」、「工事の実施」といった事業計画の段階に応じて具体的内容が検討される。環境影響評価は、採用した環境保全措置を実施する事により、予測された影響を十分に回避または低減しうるか否かについて事業者の見解を明らかにすることにより行う。

4. 6 事後調査

事業者の見解を示すに当たっては、その根拠ができる限り客観的に説明される必要がある。しかし、影響予測の不確実性が大きいと判断された場合、環境保全措置の効果または影響が不確実であると判断された場合、あるいは他の環境要素への影響が不明確であると判断された場合には、事後調査を実施する必要がある。事後調査の結果および追加的措置が必要な場合はその方法を公表する必要がある。

参考文献

- 1) 研究開発委員会エネルギー・環境研究部会報告書(平成11年度)、環境計画アセスメントに関する調査研究、エンジニアリング振興協会 (2000)

第5章 産業排水処理における生産プロセスの見直し

これまでわが国の公害対策は工場から排出される水、大気、固形廃棄物毎に分けて、排出先毎の規制を満足することだけを中心に進められてきた面が多い。公害対策は、こうしたエンド・オブ・パイプ的な対策に加えて、製造プロセスを見直して廃水・廃棄物の削減を図るクリーナープロダクションや、電力、水などの省資源化、省エネルギー化を目指した広範囲かつ総合的な形で進めることが望ましい。

5. 1 エンド・オブ・パイプ的な廃水処理

エンド・オブ・パイプによる廃水処理対策は、事業者が事業活動に伴って環境に排出する環境汚染物質の削減に対して大きな役割を果たしてきている。しかし、生産設備に対して常に付帯的な投資となり、その運転、維持、管理に恒常的な費用が発生し生産コストを引き上げている。また、そのために消費されるエネルギーや、その過程で発生する廃棄物は環境に負荷を与えている。企業が生産活動を行いながら組織を存続していくためには、エンド・オブ・パイプによる廃水処理対策だけでは不十分な社会環境に変わってきている。これに対応していくためには、企業は納期、コスト、品質などの経済性管理を行うだけでなく、設備の安全性および社会からの信頼性を守るための安全管理とともに、地球環境を守るための環境管理を行っていく必要が有る。

5. 2 廃水処理におけるクリーナープロダクション

(1) クリーナープロダクションの利点

クリーナープロダクションとは、製品の原料や生産技術を見直して生産プロセス全体を合理化して、エネルギーの消費量を削減し、また、汚染物質の発生量を削減することを言う。別の言い方としてイン・プロセス技術とも呼ばれ、イン・プロセス技術の考え方で環境対策を行えば、省資源化、省エネルギー化と同時に生産コストの低減にも寄与することが、これまで取られてきた環境対策の経験から明らかである。発展途上国においても、資金運用の効率化を図るとともに、地球環境に対するノーリグレット戦略としても有効な考え方である。よく引き合いに出されるクリーナープロダクションの例として¹⁾、わが国のパルプ産業における例がある。1970年の紙および板紙の年間生産量は約1,300万トンであり、その時に排出されたCODは年間220万トンと見られていた。一方、19年後の1989年の紙および板紙の年間生産量は約2,680万トンであり、単純に比例計算をすれば、年間450万トンのCODが排出されることになる。しかし、実際に排出されたCODは僅か20万トンであり、生産工程の変更で58%削減され、黒液の回収で26%が減少し、合わせて84%がクリーナープロダクションで削減されたと評価されている。逆の言い方を

すれば、

エンド・オブ・パイプ的な思考だけで公害対策を行っておれば膨大な費用を廃水処理設備の建設に投資しなければならなかったことになる。

(2) クリーナープロダクションへのアプローチ法

近年の環境に対する取り組みは、企業などにおける国際標準化機構の環境マネジメントシステムに関する規格（ISO14000 シリーズ）の取得に見られるように、経営層を含めた全社的な取り組みで、環境負荷を低減する活動を管理するようになってきている。工場において、製品製造部門と環境保全部門が独立していることは、監査の立場からは、品質保証と同様に意義のあることであるが、合理化にたいする俯瞰的な見方を求められる際の阻害的要因になることもある。クリーナープロダクションへのアプローチに一番重要なことは、工場全体の“物の流れ”を総合的に把握することである。そのためには水質汚濁負荷の発生量と排出量の実態把握のための調査が必要である。調査は、工場全体の水量、BOD、COD、SS、窒素、燐についてそれぞれの出入量を捉えることと、排出源ごとに排出状態の把握を行なうことである。得られたデータはパレート図などを用いて、汚染量の多い排出箇所のウエイト付けを行い、排出量の多いところから、削減の対象箇所の選定と削減方法について検討するのが一般的である。また、汚染物質の排出の実態について、工場で働く者が全員で認識を共有することも同時に重要である。“物の流れ”は図1-3-1に示す項目で捉え、それぞれの流入量の削減対策の難易度と処理コストに占めるウエイト付けを行い、費用対効果の大きなものから削減対策を行う。それぞれの項目は定量化が必要で重量、金額の単位で表す。

(3) インプットの減量化

物の製造は、もともと良い品質のものを安く、速く作ることを基本に原料が選ばれている場合が多い。したがって、クリーナープロダクションへのアプローチの観点だけで、汚染物質の排出量を減らすための原料の転換は簡単ではない。しかし原料成分の流出分が汚染源の主体となっているため、製造コストと廃水処理コストのトータルコストから、味などの商品価値に影響がないような原料転換を行うことで汚濁物質の流出負荷の低減を図ることができる。

(4) 製造プロセスの改善

食品工場で水質汚濁負荷を低減するのに最も効果のある方法はやはり製造プロセスの改善である。食品リサイクル法では、工程で発生する廃棄物をできる限り固形物の形で回収し、リサイクルすることを薦めている。それらの対策と合わせて実際に行われている、排水量と汚染物質削減のいくつかの例を次に示す。

1) 惣菜工場における例²⁾

この工場では、高濃度系廃水を嫌気性で処理をしてメタンを燃料として回収し、低濃度系廃水は凝集浮上処理をして、嫌気性処理水と一緒に生物処理をした後、下水道に放流している。1999年にISO14001を取得し、「工場排水の水質の向上」を掲げ、工場における分別の改善などを行い、表1-5-1に示すように高濃度系の廃水量を設計値より大幅に低減した。しかし低濃度系の廃水では水量、水質ともに逆に増加している。今後さらに分別の改善、見直しを行って、低濃度系の水量を低減し、濃度を逆に高めてメタン発酵槽への負荷を増やし、有価ガスの回収のメリットを高めることなどを検討している。この工場は作業方法の変更で、高濃度系廃水の廃水量、廃水濃度の削減に成功しており、一方、低濃度系廃水については、汚染物の絶対量の削減が困難な場合には水量を削減して、メタン発酵の効率向上で燃料ガスの回収を高めることを視野に入れている。

表1-5-1 惣菜工場廃水における水質・水量改善

| 項目 | | 設計値 | 実績値(平均) |
|------------|------------|-------|---------|
| 高濃度系 廃水 | pH | 4.3 | 5.1 |
| | BOD | 2,310 | 1,860 |
| | SS | 550 | 927 |
| | n-ヘキサン抽出物質 | 110 | 74 |
| | 廃水量 | 1,050 | 600 |
| 低濃度系 廃水 | pH | 6.5 | 5.2 |
| | BOD | 760 | 1,340 |
| | SS | 130 | 468 |
| | n-ヘキサン抽出物質 | 50 | 56 |
| | 廃水量 | 550 | 650 |
| 放流水 | pH | 5~9 | 7.2 |
| | BOD | <200 | 70 |
| | SS | <200 | 41 |
| | n-ヘキサン抽出物質 | <30 | 1.7 |
| | 廃水量 | 1,900 | 1,300 |

単位: pHを除きmg/ℓ

放流水には機械棟排水など300m³/dを含む

2) 清酒工場における例³⁾

清酒製造でもっとも汚染物質を排出するところは、洗米工程である。この工場では精米後にロータリーシフターを用いて、水を使わずに、あらかじめ糠を取り除いている。その結果、汚染物質の流出量も排水量も少なくでき、さらに、洗米廃水の凝集沈殿を省略することができた。また、最近の洗米機は洗米排水を循環使用することにより、洗米工程の排水水量を低減することができる。この場合、廃水の濃度は高くなるが沈殿操作が容易になる。洗米工程排水量は洗浄の操作の仕方で倍半になるといわれている。また、回収びんを自らの工場内で洗浄するケースは稀で、通常は洗び

ん業者が洗ったびんを使用している。その場合洗びん排水のBODは高くても数 mg/l であり、地域によるが、通常は pH 調整だけで放流できる。

3) 乳製品製造工場における例⁴⁾

この工場の機器の洗浄は予備水洗→アルカリ洗浄→中間水洗→酸洗浄→予備洗浄→最終洗浄の工程からなる。最初の予備水洗は乳分を多く含むため、再利用されないが、最終洗浄水は回収され予備洗浄水に使われている。中間水洗水については当初は、洗剤が含まれているために再利用が困難と考えられていたが、図1-5-1に示す膜ろ過を行うことにより、1日に150m³の水を冷却塔の補給水や、洗浄用水として再利用している。

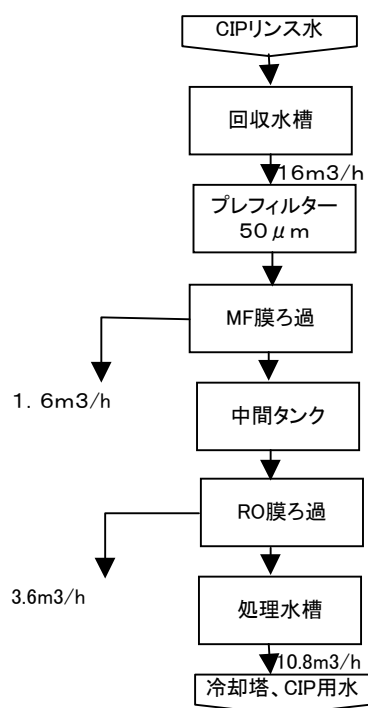


図1-5-1 膜による廃水の再利用

4) 菓子製造工場における例⁵⁾

この工場では、カステラと果肉ゼリーを主に作っている。カステラの製造には多くの玉子が消費され、玉子割機の洗浄水が主な BOD 源となる。その低減のために、圧縮空気で玉子割機の付着物を吹き集めて回収する発生源対策を行い、カステラ製造廃水全体の BOD 負荷量を 30%削減している。果肉ゼリーの製造工程では負荷変動の大きな原因が缶詰から果肉を取り出すときにこぼれるシロップにある。そのため、果肉を取り出す工程全体を防液堤で囲み、床にこぼれたシロップを回収する対策が検討されている。

これらの例から判るように、汚濁負荷削減の取り組みは、作業方法の改善や、プロセスの変更、汚水の分離処理、水の再利用、漏洩物の回収などの形で行われている。

(5) 人材の育成

クリーナープロダクションで重要な役割を占めるのは、第2章で述べた環境管理システムをPDCAサイクルで継続的に改善していくことであり、それを動かす構成員の訓練、自覚、能力が原動力となる。これは、環境改善の目標に向かって、構成員が積極的に改善を図るための取り組みが行われるように、モチベーションや、インセンティブを与えることが重要な要素となる。

参考文献

- 1) 公害防止技術マニュアル（紙パルプ産業）環境事業団（1998）
- 2) 福島武雄：惣菜、食品工場排水の最適処理ハンドブック、p.288（サイエンスフォーラム、2002）
- 3) 渡辺高年：日本酒、食品工場排水の最適処理ハンドブック、p.345（サイエンスフォーラム、2002）
- 4) 矢崎雅俊：牛乳・乳製品、食品工場排水の最適処理ハンドブック、p.298（サイエンスフォーラム、2002）
- 5) 大西正人：菓子、食品工場排水の最適処理ハンドブック、p.351（サイエンスフォーラム、2002）

第6章 産業排水処理における環境行政と施策

6.1 概要

産業排水に起因する水質汚濁の防止を図るためには、基本的には水域に排出される汚濁物質量をできるだけ減少させることである。すなわち、①汚濁発生源を少なくする、②個々の汚濁発生源での負荷発生量を低減するように処理するなどを行うことである。それを実現するために環境基本法に基づく環境基準の設定、その他関係法律による規制、監視測定、公害防止計画の策定、工場における公害防止体制の整備、公害防止施設の設置に対する助成、立地の適正化、産業排水処理技術の開発など各種の施策が講じられている。またこれらの施策については、国や地方公共団体、事業者などがそれぞれ役割を担いながら推進されている。

6.2 環境基準の設定

環境基本法では、環境の保全に関する施策を総合的、計画的に推進するため、環境の保全につい

て基本理念を定め、国、地方公共団体、事業者および国民の責務を明らかにするとともに環境の保全に関する施策の基本となる事項を定めている。この法律のなかで、政府は、大気の汚染、水質の汚濁などに係る環境上の条件について、それぞれ人の健康を保護し、生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準である環境基準を定めることとされている。水質の汚濁に係る環境基準は、健康項目については全公共用水域一律に定められているが、生活環境項目については、河川、湖沼、海域ごとに利水目的などに応じた水域類型を設けて、それぞれにBOD、COD、窒素、燐などの項目に関する基準値を定め、各公共用水域について水域類域を当てはめることにより当該公共用水域の環境基準を具体的に示すことになっている。またこの環境基準の確保を目標として、水質汚濁防止法など関係法律によって必要な規制の措置を講じるよう定めている。

6. 3 関係法律による規制

1) 水質汚濁防止法

水質汚濁防止法は、工場及び事業場から公共用水域に排出される水の排出および地下に浸透する水の浸透を規制するとともに、生活排水対策の実施を推進することなどによって、公共用水域及び地下水の水質の汚濁の防止を図り、もって国民の健康を保護するとともに生活環境を保全することなどを目的とする。規制の方法としては、全国一律に適用される排水濃度を規制する排水規制と閉鎖性海域の水質保全を目的として地域を限定して規制される水質総量規制からなる。排水規制は、工場、事業場から公共用水域への排水の濃度を規制するもので、規制を行うべき汚水または廃液を排出する施設を「特定施設」として指定し、当該施設を設置する工場、事業場を「特定事業場」として、排水基準に基づいて特定事業場からの排水の規制が行われる。水質総量規制は、広域的な閉鎖性水域について汚濁負荷を総合的に削減するという観点から、1978年に導入された規制手法で、対象地域を指定して従来の排水規制に加えて行われるものである。現在、瀬戸内海、東京湾および伊勢湾に流入する汚濁負荷が発生する地域を「指定地域」として指定し、内閣総理大臣の定める総量削減基本方針に基づき、関係都府県が総量削減計画を定め、これに基づいて特定事業場を対象にCOD・窒素・燐に係る汚濁負荷量を規制している。

2) 瀬戸内海環境保全特別措置法

瀬戸内海環境保全特別措置法は、瀬戸内海の環境の保全上有効な施策の実施を推進するための瀬戸内海の環境保全に関する計画の策定などに関し必要な事項を定めるとともに、特定施設の設置の規制、富栄養化による被害の発生の防止、自然海浜の保全などに関し、特別の措置を講ずることにより瀬戸内海の環境の保全を図ることを目的とする。この法律では、京都府、大阪府、兵庫県など関係13府県の瀬戸内海への流域地域が対象となっており、特定施設の許可制や自然海浜の保全な

どが規定されている。これらの瀬戸内海に流入する汚濁負荷が発生する地域については、水質汚濁防止法と同様にCOD、窒素、磷に係る汚濁負荷量の総量規制が行なわれている。

3) 湖沼水質保全特別措置法

湖沼水質保全法は、湖沼の水質の保全を図るため、湖沼水質保全基本方針を定めるとともに、水質の汚濁に係る環境基準の確保が重要な湖沼について水質の保全に関し、実施すべき施策に関する計画の策定および汚水、廃液その他の水質汚濁の原因となるものを排出する施設に係る必要な規制を行うなどの特別の措置を講じ、国民の健康で文化的な生活の確保に寄与することを目的とする。この法律では、環境基準が現に確保されておらず、または確保されないこととなる恐れが著しい湖沼であって、特に水質の保全に関する施策を総合的に講ずる必要があると認められるものを「指定湖沼」として指定できることとされており、霞ヶ浦、琵琶湖などの10湖沼が指定されている。これら10湖沼についてCOD、窒素、磷の総量規制が行われている。

4) 下水道法

下水道法は、流域別下水道整備総合計画の策定に関する事項、公共下水道、流域下水道、都市下水路の設置その他の管理基準などを定めて、下水道の整備を図り、都市の健全な発達、公衆衛生の向上に寄与し、公共用水域の水質の保全に資することを目的とするものである。下水道の種類としては、大別して公共下水道、流域下水道、都市下水路の3つがある。下水道へ産業排水を放流する場合は公共下水道または流域下水道の施設の機能を著しく妨げ、施設を損傷するおそれがある場合は、条例で「除外施設」を設けなければならないこととなっている。

6. 4 監視測定体制の整備

(1) 公共用水域の水質監視

水質汚濁防止法に基づき、都道府県知事および政令市長は公共用水域の水質の常時監視を実施している。環境省は、このために必要な経費のうち測定計画の作成費および水質調査に係る経費などについて助成を行っている。

(2) 排水の監視

水質汚濁防止法に基づき、国、都道府県知事および政令市長は、工場又は事業場の排水基準の遵守状況を監視するため、必要に応じ工場または事業場に報告を求め、または立入検査を行っている。これらの監視行為に基づき、都道府県知事又は政令市長は、改善命令などの必要な行政措置を工場または事業場に行っている。

6. 5 工場における公害防止体制の整備

特定工場における公害防止組織の整備に関する法律は、特定工場において公害防止に関する業務を統括する公害防止統括者、公害防止に関して必要な専門知識および技能を有する公害防止管理者などの選任を義務づけている。

6. 6 助成措置など

産業公害防止施設の設置に対して中小企業設備近代化資金や中小企業金融公庫、環境事業団等による融資が行われている。また税制上の優遇措置も行われている。

第7章 廃水処理方式・技術の選定

7. 1 廃水の処理方式

廃水処理は廃水中に含まれる汚濁物質を（1）ろ過や吸着などで除去する方法、（2）酸化や還元などにより変化させる方法のいずれかで行う。汚染物質の大きさと、それらの物質を除去するために通常用いられている単位操作を図1-7-1に示す。また、廃水の性状と廃水処理装置の選定並びにシステムの概念的な構成を図1-7-2に示す。処理性能の確認は回分試験や、室内小型連続処理試験、現地連続処理試験で行われる。実績の多い廃水処理の場合は、廃水の水質分析値を基に処理方式と処理性能を決めることができる。しかし、これまでに実績のない新しい工場建設に伴う初めての廃水については、試料が入手できないために類似の製品工程の廃水性状を参考にするか、あるいは、原料の性状、歩留まりなどから廃水性状を推定しなければならない。一方、新しい処理方式を採用する場合や、原水の変動が大きい場合は、現地で連続処理試験を実施して、性能の確認を行うことがリスク回避と経済性の観点から望ましい。

7. 2 プロセスの選定

廃水処理装置は、反応のさせ方、装置の構造・構成、大きさ、環境対策、外観などにそれぞれの特長があり、立地環境条件に適したものを性能面、経済性、安全性、保全性などの総合評価を行って選定することが大切である。例えば、放流水質の規制の厳しい町の周辺に工場を建設する場合には、放流水質と共に臭い、騒音、外観、省スペースに配慮したプロセス、装置の選定が重要である。一方、逆に放流水質規制の緩やかな広大な場所に建設する場合は、ラグーンのようなシンプルなプロセスの選定も可能となる。

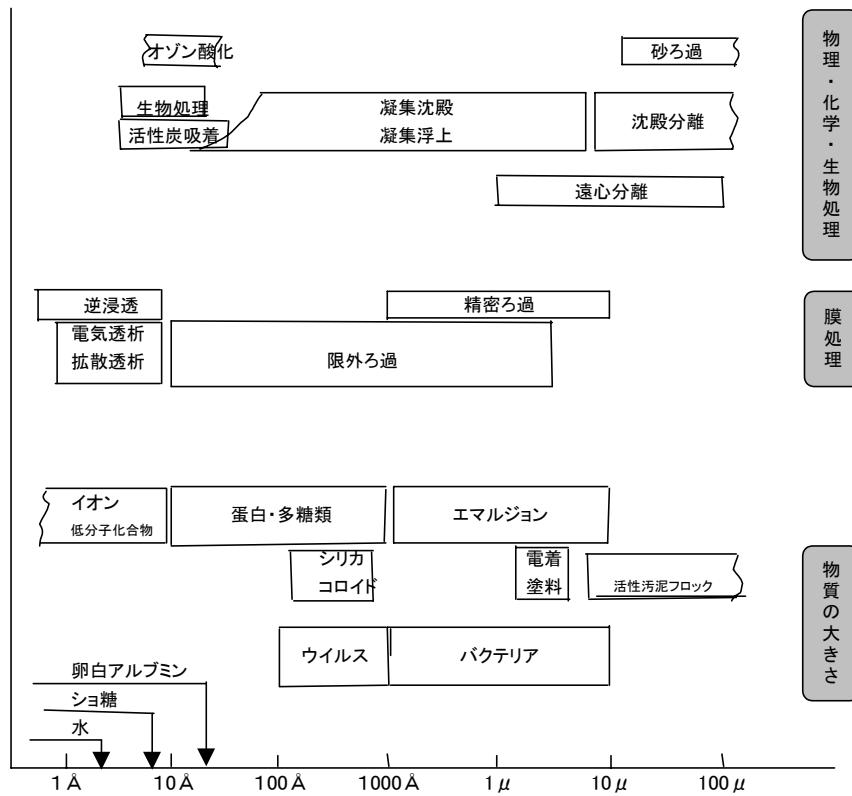


図 1-7-1 廃水処理における汚染物質の大きさと処理方式

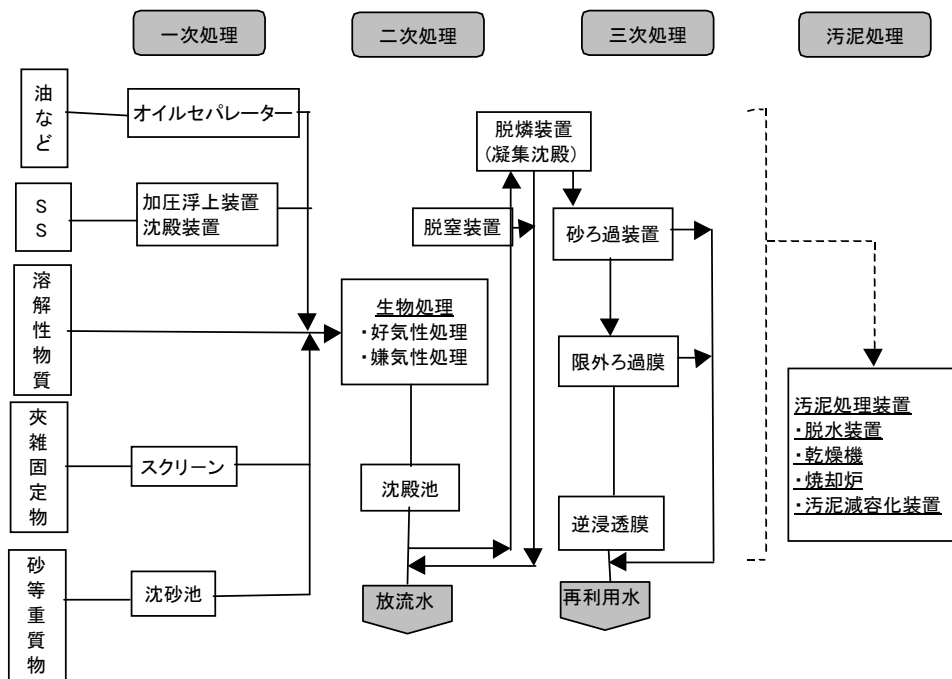


図 1-7-2 廃水性状と処理方式の概念

第8章 産業廃水処理施設の建設計画と建設・維持管理などの経費

8.1 建設計画

廃水処理設備は工場の生産に連動して稼働を続ける。工場の生産は社会的なニーズに合わせて製品が変わっていくことが常であり、生産現場では製造プロセスの合理化も絶えず行われている。一方、周辺の環境条件も変化をしている。しかし、廃水処理設備の建設に際してこれらの変化を予測して建設計画を策定することには困難とリスクを伴うために、通常は一定の経済的な制約の中で将来の対応可能範囲の予測を含めた建設計画が作られる。一方、環境保全の立場からは、廃水処理施設は工場の生産施設と同等に、生産にとって重要な位置を占めており、処理の安定操業が、生産の計画的安定操業につながっている。そのためには廃水の属性を理解することが大切であり、特に水量、汚濁負荷の日変動や季節変化に対する情報を類似の工場から得て対応できる設備にしておくことが重要である。一方、廃水処理設備の運転の信頼性を確保するために、システム安全工学的手法、例えばHAZOP(Hazard and Operability Study)の手法を用いて、通常状態からのズレ(例えば、pH、流量、濃度、圧力など)から、処理不良や危険を予測して、防御機能を付加とすることも重要である。

8.2 建設・維持管理などの経費

廃水処理設備の建設に際して、経済性と保全性、運転の容易性、安全性などを考慮しなければならない。廃水処理設備は恒常的に費用が発生する。廃水処理設備の建設に際して重要なことは、建設費と、用役費、修理費、管理費、廃棄費用までのライフサイクルコストで評価することが必要である。保全性については、故障を起さないことや、短時間で修理ができ、少ない捕修費用で済むことが重要である。

第9章 廃水処理施設の設計

9.1 プロセス計画設計

廃水処理施設の設計においては、水を浄化する設備の設計と同時に、経済性、周辺環境などへの配慮が必要である。プロセス計画設計は廃水処理施設全体の機能をギャランティーする段階の作業であり、設計要求条件と代表的な検討事項を表1-9-1に示す。プロセス計画設計の時点で必要な技術の信頼性の確保と経済性の要求事項は、利害が相反するいわゆるトレードオフの関係にある場合が多い。基本的には経済性を基軸にして、それぞれの要求事項を満足させることが必要である。

表 1-9-1 設計要求条件と代表的な検討事項

| 要求条件 | 管理単位 | 代表的な検討事項 | |
|-----------|---------|---|--|
| 経済性 | 固定費 | 減価償却費 税金・保険 廃却費 | |
| | 変動費 | 用役費 保全費 人件費 | |
| 技術の信頼性の確保 | フローシート | 物質収支 運転条件 PID | これらはトレードオフの関係にある。経済性を基軸に各条件を満足する検討が求められる。 |
| | 機器・配管 | 腐食 磨耗 操作性、閉塞 予備機 | |
| | 構造物 | 地耐力 構造・材料 照明、防火 | |
| 労働安全衛生の確保 | 危険 | 機械安全設計(フェールセーフ) 漏洩 火災 | |
| | 作業環境 | 騒音 臭い | |
| 環境保全 | 排水 | 水質基準 | |
| | 大気 | 排ガス | |
| | 土壌 | 漏洩 薬品……凝集沈殿、脱水 | |
| 法的制約 | 設備、労働安全 | 建築基準法 消防法 高圧ガス取締法 危険物の規制に関する政令 | 騒音規制法 労働基準法 ボイラーおよび圧力容器安全規則 電気事業法 |

9. 2 プロセス基本設計

プロセス基本設計の段階では、詳細設計の基礎資料となる設計数値や配置、機器仕様の確認を行う。代表的なデータとしてはP&Iフローダイヤグラムやプロットプラン、ユーティリティ・フローダイヤグラムなどがある。

9. 3 詳細設計

この時点で、廃水処理設備の品質や、性能、運転性、保全性、安全性などの機能面のほとんどが決まってしまう。一般的には、最終図面の承認後に建設に取り掛かるが、特に安全性に対する配慮を怠らないようにすることも重要である。廃水処理施設では危険物を扱うこともあるし、酸欠事故、水死事故、回転機械接触事故などを起す可能性のある危険な場所があるために安全の確保は重要である。安全については、設計段階から、ハザード(危険因子)の特定を行い、リスク対策をとっておくことが必要である。安全設計の基本をフェールセーフ(機械設計原則)におき、さらに人間の過

失による信頼性や安全性が損なわれないようにするフル・プルーフ (fool-proof) などの手法を設計に取り入れることも有効である¹⁾。

参考文献

- 1) A.Kumar: Analyzing System Safety, Pollution Engineering, p. 46, June (2000)

第10章 廃水処理施設の管理・運用計画

廃水処理設備の最も重要な管理項目は、当然のことながら、工場からの排水が排水基準に適合することである。さらに、近年は周辺環境に対する配慮、地球環境保全に対する対応方針の明確化と、結果についての開示責任が企業に求められてきている。これらの要件を満足するために、廃水処理設備の安定的運転の確保は欠かすことのできないものであり、基準書の整備、設備の保全計画、労働安全衛生管理計画、環境管理計画、要員の教育計画、運転記録とアカウントビリティ(説明責任)などの仕組みを組織内に持つことが有効である。

10.1 基準書の整備

基準書は処理性能を確保するための歯止めとして重要であり、定常状態の基準書と緊急事態の対応マニュアルの二種類が作成される。定常状態に対しては、運転基準、保守点検基準、水質管理基準、報告基準などが整備される。一方、緊急事態に対しては、装置の故障による停止や、処理能力を大幅に超える負荷などの不測事態の発生への対応が求められる。緊急事態に対しては、危機ごとに、時系列的に対策組織を明確にし、復旧対策にまでいたるマニュアルの整備と緊急対応訓練が必要である。緊急事態のほとんどの事象は工場全体での対応が必要なケースが多く、工場の安全管理や環境管理システムの中で対応する必要がある。

10.2 設備の保全計画

廃水処理設備の保全は、工場の目的に照らして最も合理的な方式である必要があり、経済性の判断に基づき保全計画を立てることが原則である。通常、生産設備の保全は次の4つに分類される。

- ①日常保全、定期点検と予知保全(診断で修理時期、方法を定める)の3方式からなる予防保全
- ②同種の事故の再発を防ぐ改良保全
- ③故障が起こってから保全を行う事後保全
- ④設備の開発・設計段階から保全活動の結果を反映させ、信頼の高い設備にする保全予防

10.3 労働安全衛生管理計画

廃水処理設備の運転に伴う災害発生のゼロを目標に、設備、環境、作業方法などを整備し、作業者の安全、健康を維持するための管理が重要である。これは、組織が災害を防止し、発生した災害に適切に処置・対策を講じることである。労働安全衛生管理計画には、作業者の保全やモラルの維持、高揚を図る一面もある。

10.4 環境管理計画

廃水処理設備の運転において、排水の管理は重要であるが、系外に排出される廃棄物、臭い、排ガス、騒音などについても基準値に適合するための環境管理システムが必要であり、これらは工場全体のシステムとの整合性をもって作成される。2001年4月からはPRTR制度(Pollutant Release and Transfer Register)が実施された。この制度は、人の健康や生態系に有害な恐れのある化学物質について、事業所から環境(大気、水、土壌)への排出量および廃棄物に含まれる事業所外への移動量を、事業者が自ら把握し、国に対して届け出る制度である。また、PRTR制度とともに導入されるMSDS制度(Material Safety Data Sheet)により、対象化学物質を含有する製品を、販売する場合、または提供する際は、その化学物質の性状、取り扱いに関する情報を事前に提供することになっている。このデータシートには取扱上・保管上の注意や、有害性、廃棄上・輸送上の注意事項が記載されており、環境への漏洩などを防ぐことを目的としている。したがって、廃水処理に使用する、凝集剤、中和剤などの購入の際にはMSDSで安全性を確認する管理が必要となる。

10.5 教育訓練計画

廃水処理設備の運転管理に携わる人の教育訓練計画と管理は重要である。設備を運転管理する人に求められる能力としては、課題設定能力、職務遂行能力、対人能力、問題解決能力などがある。教育訓練はオンザジョブトレーニング、オフザジョブトレーニング、自己啓発によって行われる。

10.6 記録とアカウントビリティ

廃水処理設備の水質データ、運転条件、用役使用量(電気、水、薬品など)保全データなどは系統性、連続性をもって記録され、製造工程や原価管理との関係からこれらのデータが解析され、経済性の追及と合わせて環境保全が図られることが望ましい。装置の安定化、合理化、事故防止に対しては、これらのデータを品質管理の手法などを用いて解析し、改善策をとることができる。一方では、環境を利用して便益を得ている企業としては、環境負荷の低減に対するアカウントビリティ(説明責任)の重要性の高まりとともに、現状の環境負荷の把握と削減計画に対する組織的かつ長期的

対策の重要性が増してきている。

第11章 水質モニタリングの実施

11.1 水質モニタリングの必要性

わが国において、工場および事業場から公共用水域に排出される排水は水質汚濁防止法によって規制され、公共用水域の水質汚濁の防止が図られている。このため、事業者へは、事業者が負うべき最低限の責務としてふさわしい規制が課せられており、事業者がそれを遵守することで水域の水質の保全が図られている。すなわち、水質汚濁防止法では、まず、水質汚濁の原因となる汚水または排水が定められ、次にそれらを排出する施設を特定施設として指定し、その後に特定施設を設置する特定事業場を規制の対象としている。工場及び事業場から排出される排水には、公共用水域に排出する場合に広く適用される「排水基準に基づく規制」と、特定の水域に排出する場合に適用される「総量規制基準に基づく規制」が課せられている。「排水基準に基づく規制」を例にみると、工場および事業場内に特定施設を設置しようとする事業者は、その内容の都道府県知事への届出が必要であり、事業者は排水基準に適合しない排水を公共用水域に排出してはならないこととされている。加えて、事業者には排水水の汚濁の状態を自らチェックし、常にその状態を把握するために測定と記録（水質モニタリング）の義務が課せられている。また、「総量規制基準に基づく規制」では、指定地域内の事業場の設置者は、当該指定地域内事業場に係る総量規制基準を遵守するとともに、排水水の汚濁負荷量の測定と記録（水質モニタリング）の義務が課せられている。このように、産業排水を公共用水域に排出する事業者は、その排水水の状態を把握するための水質モニタリングが必須であり、基準との適合性を常にチェックすることで、公共用水域の水質の保全に努めるのが責務となっている。

11.2 水質モニタリングの種類とその概要

(1) 水質モニタリングの種類

環境基本法および水質汚濁防止法などに基づいて実施される水質モニタリングは、表1-11-1に示されるように、事業者が実施する「当該排水に係る水質モニタリング」と、地方公共団体などが実施する「公共用水域等の水質汚濁状況の監視に係る水質モニタリング」の2種類に大別される。事業者が実施する「当該排水に係る水質モニタリング」には、排水基準の規定に基づくモニタリングおよび総量規制基準の規定に基づくモニタリングがあり、それに加えて、排水処理の効率化などを支援するためにモニタリングが実施される場合もある。一方、地方公共団体などが実施する「公共用水域等の水質汚濁状況の監視に係る水質モニタリング」では、公共用水域の水質汚濁状況の常時監視に係る水質モニタリング（底質調査を含む）、地下水の水質汚濁状況の常時監視に係る

る水質モニタリング、工場および事業場排水の水質調査（特定事業場から排出される排水の水質監視）、その他のモニタリング（水生生物、栄養塩類、農薬、化学物質等）などがある。

表 1-11-1 水質モニタリングの種類

| | 実施者 | 区 分 | モニタリングの種類 | 適用法令 |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|---|-------------------|
| 水 質 モ ニ タ リ ン グ | 事業者 | 当該排出水に係る水質 モニタリング | 排水基準の規制に基づくモニタリング | 水質汚濁防止法 |
| | | | 総量規制基準の規制に基づくモニタリング | 瀬戸内海環境保全 特別措置法 |
| | | | その他のモニタリング（処理の効率化のための工程管理） | — |
| | 地方公 共団体 等 | 公共用水域等の水質汚 濁状況の監視に係る水 質モニタリング | 公共用水域の水質汚濁状況の常時監視に係る水質モニタリング （底質調査を含む） | 環境基本法 |
| | | | 地下水の水質汚濁状況の常時監視に係る水質モニタリング | |
| | | | 工場及び事業場排水の水質調査 （特定事業場から排出される排水の水質監視） | 水質汚濁防止法 |
| | | | その他のモニタリング（水生生物、栄養塩類、農薬、化学物質等） | |

(2) 水質モニタリングの概要

1) 事業者が実施する「当該排出水に係る水質モニタリング」

前述のように、事業者には排出水の汚濁の状態（濃度規制）や汚濁負荷量（総量規制）を自らが測定し記録する義務がある。排出水の汚濁の状態（濃度規制）の測定については、その具体的な方法が示されていないものの、必要に応じて都道府県知事および政令市長から排水基準の遵守状況について報告を求められる場合や、立入り検査が行なわれる場合があるため、それに応じた水質のモニタリングが必要となる。一方、排出水の汚濁負荷量（総量規制）の測定については、CODを例にとると、表1-11-2に示されるように具体的な測定方法などが示されている。

<COD汚濁負荷量の算出方法>

$$L = C \cdot Q \times 10^{-3}$$

ここに、L : 排出される汚濁負荷量 (kg/日)

C : 特定排出水のCOD値 (mg/l)

Q : 特定排出水の量 (m³/日)

表 1-11-2 COD汚濁負荷量の測定方法と測定頻度

| 日平均排水量 | 測定方法 | | | 測定頻度 |
|-------------------------------|------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| | 区分 | 計測法 | 備考 | |
| 400m ³ 以上 | 濃度 | (1) 水質自動計測器 (COD計、TOC計、TOD計、UV計等) | — | 排水の期間中、毎日 |
| | | (2) コンポジットサンプラーと指定計測法 | (1) の計測法が適当でない場合等 | |
| | | (3) 指定計測法 (1日3回以上の混合試料) | (1) 又は (2) の計測法が困難で、都道府県知事が認めた場合 | |
| | | (4) 簡易な計測器 | | |
| | 排水量 | (1) 流量計又は流速計 | — | |
| | | (2) 積算体積計 | | |
| (3) 簡易な計測方法 (JIS K0094. 8) | | (1) 又は (2) の計測法が困難で、都道府県知事が認めた場合 | | |
| 200m ³ 以上 | 濃度 | (1) ~ (4) のいずれかの方法 | — | 7日を超えない排水の期間ごとに1回以上 |
| 400m ³ 未満 | 排水量 | (1) ~ (3) のいずれかの方法 | — | |
| 100m ³ 以上 | 濃度 | (1) ~ (4) のいずれかの方法 | — | 14日を超えない排水の期間ごとに1回以上 |
| 200m ³ 未満 | 排水量 | (1) ~ (3) のいずれかの方法 | — | |
| 50m ³ 以上 | 濃度 | (1) ~ (4) のいずれかの方法 | — | 30日を超えない排水の期間ごとに1回以上 |
| 100m ³ 未満 | 排水量 | (1) ~ (3) のいずれかの方法 | — | |

2) 地方公共団体などが実施する「公共用水域等の水質汚濁状況の監視に係る水質モニタリング」

都道府県知事は、公共用水域などの汚濁状況の常時監視が義務付けられている。表1-11-3に、河川水を例にとった水質モニタリングの概要を示す。なお、調査方法は、「水質調査方法(昭和46年9月30日 環水管第30号)」によるものである。

表 1-11-3 河川水質のモニタリングの概要

| | 調査項目 | 調査頻度 | 採水頻度 | 調査地点 | その他 |
|------|--|--------|-----------|----------------------------|---|
| 通年調査 | 環境基準が設定されている健康項目 | 毎月1日以上 | 4回/日 | 基準点及び利水上重要な地点 | 比較的晴天が続き、水質が安定している日に実施 原則として、河川の流心で採水、川幅の広い場合は、右岸、左岸それぞれを別々の採水地点として設定 採水部位は、原則として水深の2割程度の深さ 採水時刻は、人の活動、工場の操業、汚濁物質の流達時間等を考慮する |
| | 環境基準が設定されている健康項目のうち、排出水の汚染状態の状況から判断して必要と思われる項目 | 適宜 | 4回/日 | 排出水の汚染状態の状況から判断して必要と思われる地点 | |
| | 環境基準が設定されている生活環境項目 | 毎月1日以上 | 4回/日 | 基準点及び利水上重要な地点 | |
| 通日調査 | 環境基準が設定されている生活環境項目 | 2日/年程度 | 2時間間隔で13回 | 日間変動の大きい地点 | |
| 補充調査 | 環境基準が設定されている生活環境項目 | 4日/年以上 | 4回/日 | 補充すべき地点 | |

11.3 水質モニタリングで使用される水質自動測定機器などの概要

水質モニタリングが実施される際、連続監視の必要性などから水質自動計測機器などが使用される場合がある。表1-11-4に、水質モニタリングで使用される代表的な水質自動測定機器などの概要を示す。

表 1-11-4 代表的な水質自動測定機器等の概要

| 項目 | 名称 | 測定方法の一例 | 測定原理等 |
|--------|------|-------------------------|---|
| 水温 | 水温計 | 熱電対法 | 熱電対によって溶液の水温を測定する方法 |
| pH | pH計 | ガラス電極法 | ガラス電極と比較電極の間に生じた電圧（電位差）を測定することで、溶液のpHを求める方法 |
| 濁度 | 濁度計 | 透過、散乱吸光法 | 透過光、散乱光などの吸光度を測定し、溶液の濁度を求める方法 |
| DO | DO計 | 電極法 | 隔膜形ガルバニ電池式、ポーラロ式の電極によって溶液中の溶存酸素を測定する方法 |
| 電気伝導度 | 導電率計 | 電極法 | 電極によって溶液の抵抗を測定し、導電率を求める方法 |
| 酸化還元電位 | ORP計 | 金属電極法 | 金属電極によって溶液中の酸化還元電位を測定する方法 |
| COD | COD計 | 過マンガン酸カリウム酸化/ 電位差滴定法 | 溶液中の被酸化性物質を過マンガン酸カリウムで酸化し、消費された過マンガン酸カリウムの量を電位差滴定（ORP）によって求める方法 |
| | TOC計 | 燃焼触媒酸化/赤外線吸光法 | 溶液中の被酸化性物質を燃焼させ、発生する炭酸ガスを赤外線吸光法によって測定する方法 CODの指定計測法との相関によって、CODを推定する |
| | UV計 | 紫外線吸光法 | 溶液に紫外線を透過させ、その吸光度を測定する方法 CODの指定計測法との相関によって、CODを推定する |
| 全窒素 | 全窒素計 | 紫外線酸化法 | 溶液をアルカリ性ペルオキシ二硫酸カリウム/紫外線によって酸化し、溶液の紫外線吸光度を測定する方法 |
| 全りん | 全りん計 | 紫外線酸化法 | 溶液をペルオキシ二硫酸カリウム/紫外線によって酸化し、モリブデン青吸光度を測定する方法 |

参考文献

- 1) 環境法令研究会編集：環境六法（平成14年度版）、中央法規出版、(2002)
- 2) 社) 海外環境協力センター：水環境保全技術研修マニュアル総論（1998）
- 3) 財) 地球環境センター：Database of Technology of Water Pollution Continuous Monitoring in JAPAN(1995)