

◆報文◆

米国における水質環境基準達成の戦略 —アイダホ州でのTMDLの現実と課題—

佐藤元志* 田中宏明**

1. はじめに

1972年、米国連邦議会は連邦水質汚濁防止法(CWA: Clean Water Act)の大改定法案を通過させた。この改定は、米国のすべての水域を1983年までに「釣りができる」水質レベルにすることを目指したものであった。その後約20年間、U. S. EPA(米国環境保護庁)と各州は、点源からの排水処理レベルを技術面から一律に(受水域の水質基準設定ではなく、放流水の水質基準のみで)規制した、全米技術基準(National Technology Standards)を定め、点源からの排水の水質改善に力を注いだ。この間、都市下水処理場の改善に約1兆280億ドルが投資され、その結果、全米での水域の水質は顕著に改善していった¹⁾。

これまで米国で最も広範に適用されてきた汚濁制御の手法は、CWAの条項301(b)と306による技術基準に基づいた(technology-based)アプローチである。つまり、点源が技術面からの一律な基準での規制であった。州によっては、この技術基準によるアプローチよりも高度な制御も設定している。その例としては、水源を保護するためのより厳格な排水水質規制(NPDES: National Pollutant Discharge Elimination System)や面源汚濁抑制などである。NPDESは排水者(公共用水域に直接工業排水を排出する事業者や下水処理場等の公共施設など)に対し、U. S. EPAが放流水質基準を定めた排出許可を交付するシステムでありCWAによって制度化されている。

このような努力によっても、全ての水域で議会によって要求された「釣りができる」水質レベルを達成するには至っていない。この主な理由は、点源が技術面からの一律な基準で規制されてきたこと(技術基準による[technology-based]アプローチ)や面源からの規制が実施されなかっ

たことである。CWAは、日最大許容負荷量(TMDL: Total Maximum Daily Load)プログラムによって州政府は「釣りができる」水質レベルを達成する対策を検討することになっているが、TMDLの進捗は滞っていた。その結果、20年近く実効性のなかったTMDLを扱うCWAの条項303(d)の実施を求めて、1980年代後半から1990年代前半に全米各地で訴訟が起きた。21世紀初めには最も重要な水質問題の一つとなっている。ここでは、TMDLを概説するとともに、水域での水質目標を達成するために米国が現在取り組んでいる水質基準によるアプローチ(Water Quality-Based Approach)を紹介する。最後に、アイダホ州での具体的なTMDLの実施状況についても述べる。

2. TMDLの概略

CWAは、技術に基づく一律な基準での規制にもかかわらず、水質基準を満たしていない全ての水域のリストを2年ごとに作成し、U. S. EPAに提出することを州政府に命じている。州が定める水質基準は、水域の利用目的(designated uses)、利用目的を保護するための(物理的、化学的、生物学的)クライテリア、現状の水質を悪化させない方針(antidegradation statement)が含まれている。水域で65種類の毒性物質、BOD、TSS、糞便大腸菌、オイル・グリースなどの従来(conventional)項目、アンモニア、塩素、鉄分などの非従来項目が、環境基準を達成しない場合、これらの水域は、基準未達成(WQL: Water Quality Limited)であると見なされる。州はこのような水域に対して季節変動と不確実性を考慮し、水質基準を達成するのに必要なTMDLを決定しなければならない²⁾。TMDLとは、ある水域で、水質目標を達成するために水域に定められた汚濁負荷割当量であり、州の水質基準を満たすことのできる最大負荷量と定義される。

Total Maximum Daily Load (TMDL) and Genesis of Idaho TMDL

CWA303 (d) 条項と関連する規則³⁾は、TMDL の策定プロセスを定めている。つまり、技術基準によるアプローチでは水質基準が遵守できない場合、より厳格な水質基準によるアプローチによって、水域の水質基準が達成されない原因となっている点源と面源を統合的に管理する機構である。州政府は、TMDL が必要な水域を確認し、TMDL 策定の優先順位を決定し、TMDL を策定し、その報告書を EPA に提出し、承認を得なければならない。州は、承認された TMDL を水質管理計画に組み入れなければならない。

TMDL の策定過程で汚濁源と水域の水質との関係に基づいて、許容負荷量や数量化できるパラメータが設定されるため、TMDL は政府が受水域の水質基準に基づく水質を管理する基盤となる。州政府が水質基準を設定することが TMDL が必要な基準未達成の水域を確定する過程において必要である。また、そのような水域が確定された場合、水質管理に反映できるよう、3. で述べる水質基準に基づくアプローチを絶えず繰り返して適用していくことが重要である。

3. 水域の水質基準に基づいたアプローチ

一律な規制である技術基準に基づくアプローチとは異なり、水質ベースアプローチは水質基準を達成させることが目的となるアプローチであり、次のような手順に基づき、統合的な水質管理が強調されている（図-1）。

3.1 水質基準未達成水域の選定

水質基準に基づいたアプローチは、汚濁した水域の確認から始まる。まず、技術基準に基づくアプローチ、例えば最も実用的技術や二次処理技術に依っても水質基準が遵守されない水域（水質基準未達成水域）が選定される。前にも述べたように、水質基準未達成水域を選定するためのプロセスは U. S. EPA の水質計画・管理規制（40CFR Part 130）によって設定され、選定された水質基準未達成水域では TMDL が必要とされる。

このアプローチの重要な点の一つは良好な水質を維持している水域で悪化の危険性を認識することである。良好な水質が維持されている水域の水質を維持するために、点源や面源からの新たな排水の排出に対する制御を行うことは州政府の優先事項である。CWA303 (d) では、州政府は、水

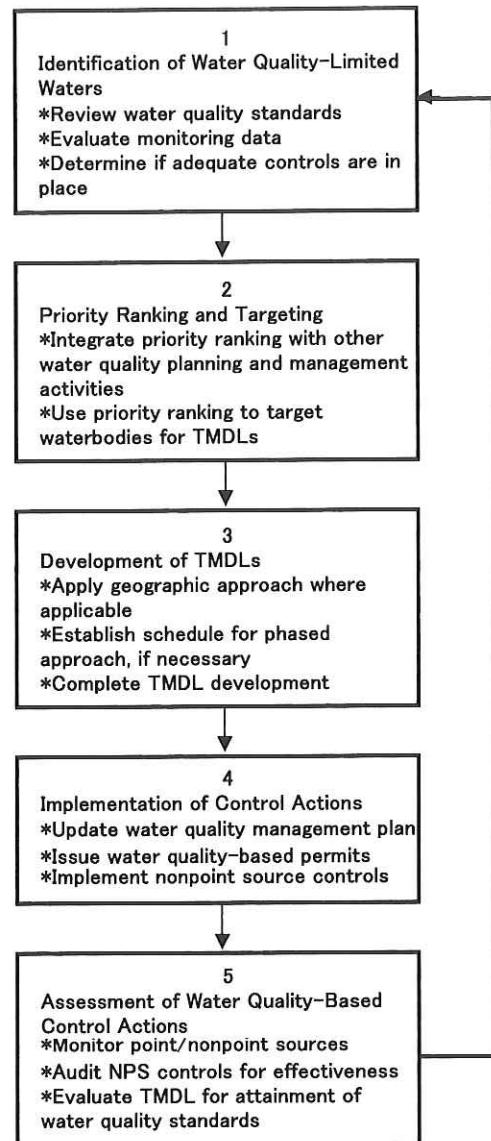


図-1 U. S. EPA 水質ベースアプローチ
フローチャート²⁾

質基準を考慮し、現状より水質を悪化させないと
いう非悪化方針（antidegradation policies）を設
定することが、水質悪化の危険性がある水域を確
定する過程において必要である。また、そのよう
な危険性のある水域が確定されたなら、段階的に
「汚濁防止」アプローチを水質管理に適用してい
くことが重要である。

3.2 TMDL策定の優先順位付けと絞り込み

次のステップは、州内での汚濁制御活動すべて
を考慮して、リストに挙げられた水域での優先順

位を付けるプロセスである。CWAでは汚濁の重さ、水利用を考慮することになっており、この順位付けを行うことで州財源の有効使用が図られるため、CWAの目的とも合致する。TMDL構築順位の高い水域は、水域の相対的価値・利益の評価を反映させるため、次のことが考慮される。(1) 人間の健康・水生生物へのリスク、(2) 市民の関心や支持の度合い、(3) レクレーション・経済・美観の重要性、(4) 水生生物生息地としての水域の脆弱性などである。

州は、水域のTMDL優先順位付けの承認をうるため、U. S. EPAにリストを提出し、レビューを受けた後、U. S. EPAから承認を得てから、正式なTMDL優先順位をU. S. EPAに提出することになっている。

3.3 TMDLの策定

次に、州は前のステップで決められた優先順位に従って、TMDLを策定する。TMDLは水質基準未達成水域に対し汚濁源を数量化し、負荷許容量を点源と面源に配分することによって達成される。TMDLは、特定化学物質 (chemical specific) アプローチ、全排水毒性 (whole effluent toxicity) アプローチ、それに生物クライテリア (biocriteria)・生物アセスメント (bioassessment) アプローチの中の一つ、またはそれらの組み合わせることによって策定される。

特定化学物質アプローチとは物理的・化学的水質状態 (例えばDO、毒性物質など) の悪化から汚濁負荷量を評価する方法である。全排水毒性アプローチとは、排水に含まれる毒性物質を、バイオアッセイによって毒性として評価する方法である。生物クライテリア・生物アセスメントアプローチとは、水域に棲息する生物を調査し、その健全性を評価するアプローチである。これら三つのアプローチすべてを考慮する統合的手法は望ましい方法ではあるが、一般にはまだ特定化学物質アプローチがほとんどである。

水質汚濁問題は広範囲に渡る現象であり、多数の排水者、多数の (潜在的相互作用を有する) 汚濁物質、面源などが原因である。大気中からの降下物や汚染された帶水層からの湧水が表流水の汚濁原因になることもある。従って、能率的・効果的に水域を管理するため、U. S. EPAは州に流域などを単位とした地理的基盤をもとにTMDLを策

定することを奨励している。

溶存酸素の減少や富栄養化などの水質汚濁問題は、かなりの精度でそれらの影響が予測出来るモデルが存在する。しかし、都市域からの雨水流出水、堆積、生物濃縮過程などを考慮できる有効なモデルがまだ存在しない。そのため、このような問題を扱うときは、安全サイドに立ち、不確実性を多く取ったりモニタリングを追加したりすることが必要である。策定の詳細は4. で述べる。

3.4 制御活動の実施

対象水域 (または流域) のTMDLが策定されたなら、次は汚濁制御活動が州 (またはU. S. EPA) によって進められる。制御活動の第一段階は水質管理計画の改定、第二段階は点源や面源の制御である。点源や面源の管理対策の代替案を検討し、様々な汚濁負荷の配分の計画案が設定される。点源を制御するために、NPDES許可制度が利用され、州の条例・地方の条例によって面源を対象とした最適管理慣行 (BMP: Best Management Practices) などが認可されることもある。

3.5 水質基準に基づく制御活動の評価

第5ステップは、TMDLやそれを実行する制御活動によって、(i) 環境を保護または改善することができるか、(ii) 水域を保護する条件の変更が必要かどうか (例えば水質基準の改定、または汚濁源の変化など) を評価することである。この際、モニタリングは評価を行うデータを提供するためには重要である。

モニタリングプログラムは多くの場合、ベースラインモニタリングから始まるが、ベースラインモニタリングは水域の制御活動を実施する以前に行う必要な作業であると考えるべきではない。仮にモニタリングがまだ実施されていない場合でも、負荷削減作業が遅れることのないように制御活動とモニタリングを同時に実施すべきである。

点源の排水者は、NPDES許可を遵守していることをU. S. EPAに報告することが義務付けられているので、このNPDES報告書によつても評価が可能である。排水が流入水域へ与える影響を排出者が評価することをNPDES許可条件にされていることもある。点源・面源のモニタリングを広範かつ効果的に施行するために、U. S. EPAは新しい思考に基づくモニタリング、例えば共同モニタ

リングやボランティアモニタリングなどを適用することを州に奨励している。U. S. EPAは、州は面源汚濁コントロールの方法を評価するため、効果的なモニタリングプログラムを確実なものにすべきであるとし、モニタリングプログラムを優先事項としている。TMDLに基づいて様々な対策が実施された後のモニタリングに依っても、対象水域がまだ水質基準未達成であるとされた場合には、これまでのステップ1~5が反復される。

4. TMDLの策定と実施

4.1 TMDLの構成

前述したように、TMDL策定プロセスは水質基準に基づくアプローチを実施するための重要な因子の一つであり、水質基準を達成するための制御活動を策定し、実施することにより誘導してくれる。前述したようにTMDLの目的は、それぞれの汚濁源に許容負荷量を分配することによって、適切な制御活動を促し、州が定めた水質基準を達成させることである。

そのため、TMDLの策定プロセスでは、汚濁源すべてから汚濁負荷量を推定し、それに基づき水域の水質を予測する。同時に、許容負荷量を定めて、汚濁源対策のための負荷量削減の基盤をつくる。水域の総汚濁負荷量 (total pollutant load) は点源、面源、バックグラウンドから求められる。汚濁負荷源としては水域への直接排水、雨天時流出水 (overland flow)、地下水、大気降下物による汚濁の水域への輸送があげられる。このような汚染源の種類と不確実性を考慮し、TMDLは一般には次の式で示される。

$$\text{TMDL} = \text{WLA} + \text{LA} + \text{MOS}$$

WLA : 点源負荷量

LA : 面源負荷量とバックグラウンド負荷量

MOS : 不確実性を考慮した負荷量

汚濁負荷量配分 WLA (waste load allocation) は、それぞれの水域において、現在または将来の点源に分配される負荷量である。LA (load allocation) とは面源やバックグラウンドに配分される負荷量である。MOS (margin of safety) は汚濁負荷量と水質との関係の不確実性を考慮したマージンである。

TMDLの概念は、面源の影響が少ない低水流量の流況において、点源へのWLAの設定に適用さ

れ、成果をあげてきた。しかし、TMDLは水質基準未達成の原因として、面源も含めた全ての汚染源を考慮するため、TMDLを実施するための制御手段は、下水処理場などNPDESの許可を受けている公的機関に限定されないよう、州・地方自治体による面源汚濁削減が実施されるべきであるとU. S. EPAは勧告している。

汚濁配分計画の代替案を評価する方法として水質予測モデルを使用する。適切なモデルを使用すれば、点源や面源の対策の代替案を最適化し、費用効果 (cost effectiveness) のある負荷配分を行い、汚濁負荷のトレーディングによる削減利益の評価が容易にできるであろう。

4.2 TMDL策定手順

TMDL策定には次の5つの作業が必要である。
(1) 汚濁物質の決定、(2) 水域の浄化許容量の推定、(3) 全ての汚濁源の把握、(4) 水域での汚濁予測解析と総許容負荷量の決定、(5) 水質基準が達成される許容負荷の汚濁源への配分である。

3. 述べたTMDLが必要とされる水域が選定されたら、次のステップは、利用可能なデータ・情報 (例えば、汚濁源、汚濁物質の減衰過程、汚濁物質の輸送過程) が十分かつ適切であるかを確認することである。汚濁問題を特徴付け、分析するのに必要なデータ・予測ツールが不十分な場合は段階的アプローチが必要となる。特に、TMDLが点源と面源を含み、点源のWLAだけでなく、面源のLAによっても決められるときには段階的アプローチが重要である。面源対策は不確実性があるため、予測した面源負荷削減が達成出来る何らかの保証がないかぎり、段階的アプローチによってTMDLプロセスを進めることが必要である。段階的アプローチでは、TMDLは水質基準が達成できるようにMOSを考慮してWLAとLAを算出する。MOSはデータの適切さや負荷配分量と水質との関係の不確実度を反映する負荷量である。このアプローチにおいては、TMDLは (i) 既存や新規の点源を把握するWLA、および (ii) 既存や新規の面源を把握するLAを包括する。さらに、TMDLによって必要とされる負荷削減によって水質基準を達成できるのかどうかを確認するための、水域の浄化能力や負荷配分をより正確に決定するための追加データ収集が必要である。負荷配分は利用可能なデータと情報から推定されるが、新し

いデータ収集のためのモニタリングが必要である。

段階的アプローチは、点源や面源対策、データ収集、水質基準の達成性の評価、必要なら新しいモデルの作成といったスケジュールの作成が必要である。スケジュール作成時点では、様々な作業(例えば、許可、モニタリング、モデリングなど)を調整し、地方自治体、州、連邦政府すべてを含むスケジュールが作成されるべきである。制御策の架設・実施、それに続く評価のスケジュールには制御タイプ、汚濁削減期待値、時間構成(水質基準の達成、対策の再評価まで)の記述などが含まれる。

モニタリングプログラムが存在しない水域、また追加アセスメントが必要とされる水域では、州はモニタリング計画を作成し、実施しなければならない。モニタリングプログラムの目的には、水質基準達成のアセスメント、汚濁削減負荷配分の検証、使用されたモデルの校正・修正、希釈度・汚濁物の物質収支、点源や面源の対策の有効性の評価が含まれる。

モニタリングプログラムには、データ収集方法・QAQC方法の記述、既存の排水モニタリング報告書のレビューが含まれ、もし可能なら、ボランティアと協力的なモニタリングが融和したプログラムも含まれることもある。適切に計画されたモニタリングプログラムによって水質基準達成、ならびに追加された予測モデルの評価のために十分なデータベースが作られる。

水質基準未達成水域すべてにおいて作成されたTMDLは、レビューと承認を得るためにU.S.EPAに提出される。州政府はU.S.EPAと調整し正式なTMDLを作成した後、U.S.EPAに提出するこ^トが望まれている。

5. U.S.EPAの責務

CWA条項303(d)および関連する規則⁴⁾は、U.S.EPAに対し、州から提出された水質基準未達成水域リストとTMDL負荷量をレビューし、認可または却下の決断を(提出後30日以内に)下すように定めている。この認可プロセスでは、U.S.EPAは提出された添付資料や理論的根拠を基に決定するが、州に対して追加情報を要求することもある。例えば、より最新のデータ、より正確なデータ、より正確な水質モデリングなどである。

もし、U.S.EPAが州政府の提出したTMDLと汚濁削減活動を却下した際には、U.S.EPAの地域担当部局(Region)は州政府と協力しながら、新しくTMDLを策定し、TMDLを改定し、達成目標のTMDLが必要とされる水域を確認することになる。地域担当部局は、提出されたTMDLすべてを徹底的にレビューすることが期待されている。

もし、州政府が定めた期間内にTMDLを策定出来ない場合、あるいは、TMDLが認可されない場合には、U.S.EPAが、州政府と協力しながら、TMDLを策定することになる。この際、U.S.EPAはその財源を最も重大な水質問題に集中させてプロセスを進める。

6. アイダホ州でのTMDLプログラムの実施

TMDLの策定状況は各州さまざまである。ここでは一例として、アイダホ州での歴史的経過を紹介する。アイダホ州は米国の北西部(Pacific Northwest)に位置し、ワシントン州、オレゴン州、アラスカ州とともに、U.S.EPA(米国環境保護庁)の地域担当部局第10管理地区(Region 10)の1州である。

アイダホ州は、最初のTMDLリストを1989年6月にU.S.EPAに提出した。そのリストには31の水域が含まれていたが、U.S.EPAはそのリストを認定することも却下することもしなかった。1992年にアイダホ州は二回目のTMDLリストをU.S.EPAに提出した。それには1989年のリストに新たに8つの水域が追加され、8つの水域が除外した結果、全部で31の水域がリストに上げられた。それに対し、U.S.EPAは条件付きでそのリストを認定する旨の書簡を1993年2月に発行したが、法律で定められた30日間のコメント期限をはるかに過ぎていた。この認定後に続いて行われるべきコメント期限も守られず、このことによってアイダホスポーツ協会とアイダホ保護連盟はU.S.EPAに対して訴訟を起こした。彼らは、アイダホ州の基準未達成の水域をすべてカバーしていないCWA303(d)リストをU.S.EPAが認定したと申し立てた。1994年、アイダホ州は三回目の303(d)リスト(61の水域を含む)をU.S.EPAに提出したが、U.S.EPAは、アイダホ州に更に200の水域の追加を考慮するように求めた。それに対

して州は、わずか62の基準未達成水域しかならぬリストを提示し、向こう2年以内に開始される（あるいは計画のある）31の水域でTMDLを定めた。1994年4月、法廷は1992年のアイダホ州のリストに対するU.S.EPAの認定を「恣意的である」とし、U.S.EPAに30日以内に新たなリストを作成することを命じた。最終的に1994年10月、U.S.EPAは962水域を含む303(d)リストを作成した。1995年、判決の結果、U.S.EPAはアイダホ州環境管理局（Idaho DEQ: Idaho Department of Environmental Quality）と協力して、リストに掲載された962の全水域のTMDLスケジュールを作成することを命じられた^{3), 4)}。1998年には、813の水域が州の水質基準を達成していないリストにあげられている（図-2）。

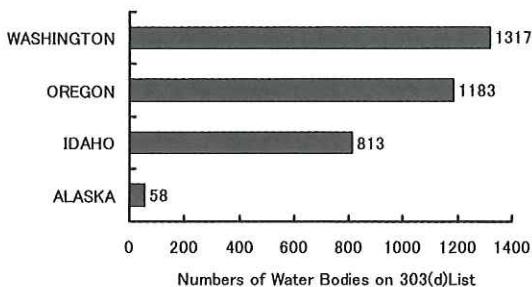


図-2 U.S.EPAの第10管理地区（Region 10）において、各州の水質基準を達成していない水域数（1998年）²⁾

7. おわりに

本報文の大部分は、河川環境管理財団主催の第30回河川水質勉強会の資料とU.S.EPAの資料に基づいている。原文は英文であったが、その多くは河川環境管理財団の協力で和訳されたものである。

参考文献

- 1) Houck, O.A.: The Clean Water Act TMDL Program: Law, Policy, and Implementation, Environmental Law Institute, 1999.12
- 2) U. S. EPA: www.epa.gov/owow/tmdl, Total Maximum Daily Load
- 3) U. S. EPA: Water Quality Planning and Management Regulation: 40CFR Part 130.
- 4) DEQ: State of Idaho Guidance for Development of Total Maximum Daily Loads, Idaho Division of Environmental Quality, Water Quality Programs, Surface Water Section, 1999a.6
- 5) DEQ: Portneuf River TMDL Water Body Assessment and Total Maximum Daily Load, Idaho Division of Environmental Quality, Pocatello Regional Office, 1999b.5

佐藤元志*



独立行政法人土木研究所
水循環研究グループ水質
チーム招牌研究員, 工博
Dr. Chikashi SATO

田中宏明**



同 水質チーム上席研究
員, 工博
Dr. Hiroaki TANAKA