

## 〈特集〉

# 日本版 WET の検討経緯

田村 生 弥, 渡部 春 奈, 鑪 迫 典 久\*

国立研究開発法人 国立環境研究所

(〒 305-8506 茨城県つくば市小野川 17-2 \*E-mail: Tatarazako.norihisa@nies.go.jp)

### 概 要

WET とは Whole Effluent Toxicity のことであり、生物応答手法を用いて排水を管理する方法である。これまでにアメリカ、カナダ、ドイツ、韓国などで生物応答を用いた排水管理が実施されており、日本でも環境省により導入が検討されている。ここでは、日本における WET 手法導入についてその目的・従来の規制との関連・導入方法・生物応答試験方法などを環境省における検討の経緯などを踏まえ解説を行った。

キーワード：WET、生物応答、発生源制御、TIE、排水管理

原稿受付 2015.5.11

EICA: 20(1) 10-14

## 1. はじめに

WET (Whole Effluent Toxicity) システムは、アメリカ合衆国において、1995年に法制化された、生物応答を用いて排水を管理する手法のことである<sup>1)</sup>。カナダ、ドイツなどでも同等の排水管理が行われているほか、2011年には韓国でも類似した手法の運用が開始された<sup>2,3)</sup>。日本でも2009年から環境省で導入に向けた検討が行われている<sup>4)</sup>。本総説では、我が国における生物応答を用いた水環境管理手法について、その目的、検討の経緯などを解説する。

## 2. 生物応答を用いた水環境管理手法の目的

### 2.1 生物応答を用いることでわかる影響

#### (1) 未規制物質の影響

我が国では、昭和48(1973)年に「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」(化審法)が制定され、新たに製造・輸入される化学物質について事前に審査して人の健康を損なうおそれがある化学物質の製造、輸入及び使用を規制する仕組みが設けられ、幾度の改定を経て、平成21(2010)年からは、包括的な化学物質管理の実施により有害化学物質の人や動植物への悪影響を防止するため、規制の合理化を講じている<sup>5)</sup>。しかし、対象となる化学物質には制限があり、基本として純品が対象とされている。一方、排水中には副生成物、分解物や微量生産品など未規制の多種多様な化学物質が含まれており、それらによる環境影響については未知な部分が多い。また、水質汚濁防止法(水濁法)を代表とした各種法令によって規制・監視

されている廃棄化学物質(群)は、公共用水域において個別に有害性が確認された物質に限られている(一律排水基準は2014年12月時点で、健康項目28項目、生活環境項目15項目)<sup>6)</sup>。化審法で10t以上製造または輸入されている新規登録化学物質は年々増加しており、平成24年度は約800件であること<sup>7)</sup>を考えると上記の項目数だけでは、環境中に放出されている化学物質の環境影響は見逃されている恐れがある。生物応答手法では、排水中のすべての化学物質を総体として生物影響を確認できる。洩れなく化学物質を評価するため、排水はできるだけあり姿で取扱い、容器の材質、輸送過程や保存条件などで毒性が変化しないように細心の注意を払う必要がある<sup>8)</sup>。

#### (2) 複合影響

前述したとおり事業場の排水には多くの化学物質が含まれており、今後もさらに増加することが予想される一方で、複数物質の共存による複合有害影響が水生生物の生息等に生じている可能性がある。複合影響には、相乗、相殺、相加がある。もっとも憂慮すべきは相乗効果であるが、現行の物質による個別規制ではそれらに対する考慮はされていない。

生物応答管理手法は、水生生物を直接事業場排水等にはばく露し、その生物応答(致死や繁殖、成長・生長への影響など)を測ることで、水中に含まれる化学物質総体の影響(リスク)を複合影響も含めて直接評価し、管理する手法である。

### 2.2 個別物質規制との関係

従来の個別物質規制では環境中の物質の挙動を把握できる。一方、生物応答手法は、排水中化学物質の総

体的な生物への影響量を測定できる。この生物応答手法は実環境中で何が起きているのかはわからないが、少なくとも、当該排水の持つ環境影響のポテンシャルについて分かりやすく周辺住民に説明することができる手法である。現行の個別物質規制と生物応答手法は対立するものではなく互いに相補的であり、両輪で用いられる必要があり、実際に海外でも両者は並立している。

### 2.3 発生源制御としての排水管理

事業場排水は、点源汚染として河川、湖沼、汽水域などの環境水中に放出され、周辺の水生生物へある種の影響を局所的、あるいは広域に与えている可能性がある。水域生態系（野生生物）の保全のために、既存の排水基準を補完する指標として、生物応答の小さい排水を目指すという方向性は理にかなっている。そもそも環境基準は水生生物保全を基準として考えられているが、前述したように物質による個別規制には限界がある。

排水の生物影響と実環境中の生態系影響とは必ずしも一致しない。実際の環境中では化学物質相互間の緩衝作用が起きたり生物が耐性を獲得したりして、影響が顕在化しにくくなっている場合が多い。化学物質に鋭敏な生物は、1970年代以降の公害時代にすでに淘汰されたため、現在は既に現環境に適応した生物しか生息していない可能性がある。一見可及的速やかな改善が求められていないように思われる。よって水環境（生態系）保全のために排水管理を行うのではなく、悪いものを系外（環境中）に出さないという排水管理の理念として発生源を制御するのが本手法である。排水自体の生物影響（のポテンシャル）を減らすことによって予防的に環境負荷を低減することが妥当であると考えている。発生源制御によって、将来は生物影響のない環境水の達成に寄与し、最終的には水域生態系（野生生物）における影響削減につながると考えられる。

## 3. 検討中の日本版 WET 導入について

### 3.1 日本版 WET における各種機関の関係

日本版 WET におけるステークホルダーの関係図を Fig. 1 に示す<sup>9)</sup>。まず、事業者が依頼して、実際にバイオアッセイを実施する機関は地方環境研究機関、地方衛生研究所および民間の環境コンサルタント会社などが考えられる。試験に対して一定の質を担保するため、試験に関する認証を何れかの公的機関が担う必要があり、実際にバイオアッセイを実施する機関はその公的な認可を受けることになるであろう。また、生物応答手法の標準化および高度化の教育機関も必要となる。

生物応答を利用した水環境管理手法を導入し、仮に悪い結果を示した場合には必要に応じて毒性削減評価/毒性要因評価（TRE/TIE）が行われる（後述）。事業所は地方環境研究機関や民間環境コンサルタントに TRE/TIE を依頼することになるであろうが、排水改善の依頼を受ける側は、生物、化学、物理および水処理技術等の高度な知識と経験を持ち合わせていることが要求される。



Fig. 1 The Diagram of stakeholder relationships in Japanese version WET System

### 3.2 日本版 WET 導入に関する検討の経緯

平成 21 年度の検討当初は、水生生物を用いて水環境保全の目標達成を実現するためには、生物応答手法を用いた排水の評価・管理だけではなく、環境水の評価や公共用水域における生物調査の実施等が必要ことが議論された。しかし、まずは事業場排水管理に用いるための手法の確立に向けた検討を優先させることとされた。

次年度以降は、事業場の排水管理に生物応答手法を導入する際の枠組みとして、(ア) 現行の排水規制に組み込む、(イ) 排水規制に組み込まず、自主管理手法として複数年実施後に効果を検証し、その結果を基に枠組みを決定する、という 2 通りの方向性が検討された。平成 22~23 年度は、(ア) は試験法の有効性や、導入した際の環境改善効果、事業者の負担等、明確にすべき点が多いため、当面は(イ)の、事業者に対しインセンティブを与えつつ自主管理として導入する方向で、運用面や技術面で必要な事項に関して知見を集積することが確認された。

しかし、平成 24 年度は、生物応答手法を幅広く取り組み普及させていくことを第一に考えた場合、確実に測定が実施され、排水の管理と改善を促す制度となるような導入の方向性として、水濁法に位置付けることが望ましいと指摘された。排水規制への位置づけと自主規制いずれについても手法のメリット、デメ

リットがあることから、さらなる検討が必要であるとされた。

平成 25 年度では、水濁法に何らかの形で位置づける方向性について検討された。そこで、大防法及び水濁法の排出規制の対象となっている事業者による更なる努力に加え、それ以外の事業者においても、排出量や排出濃度が現状より悪化することにならないように維持・低減を図るよう自主的な努力が必要である、として生物応答手法を位置付ける案が示された。

平成 26 年度は、あらためて生物応答を用いた排水管理手法はこれまでの個別物質規制とは異なる新しい考え方であり、まずは、事業者による自主的管理として導入し、知見を蓄積した後、水濁法への位置づけを検討するという方向性が示された。事業者による自主管理だけでは進まないことが懸念されるため、生物応答手法を用いた排水管理に自主的に取り組む事業者に何らかのインセンティブを与えるような仕組みを検討する必要がある。また、知見を収集する際のデータの種類や体制、法規制検討までのロードマップについて具体的なビジョンが必要である。

## 4. 生物応答試験方法

### 4.1 検討中の生物応答試験方法について

#### (1) 国内外で用いられている生物応答試験

環境省が生物応答を用いた排水管理手法の検討を開始する以前にも、国内の河川水や排水などをバイオアッセイによって事例がいくつかある。しかしそれらの多くは急性毒性試験や市販の毒性試験キットを用いたものである。

1995 年に楠井らが富山県内の事業場排水 18 種、下水処理水 2 種について 5 種類（海洋性細菌発光阻害試験、ミジンコ遊泳阻害試験、淡水性甲殻類遊泳阻害試験（ThamnotoxkitF）、ヒドラ急性毒性試験、藻類生長阻害試験）のバイオアッセイを行っている<sup>10)</sup>。

また、2001～2002 年に横浜国大の Liu らが横浜市の河川水を急性毒性試験により評価した事例がある。この方法は有機物を幅広いスペクトルの物質を吸着する固相カートリッジを用いて濃縮し、ふ化後 48～72 時間のメダカ稚魚を用いた急性毒性試験で評価している<sup>11)</sup>。さらに、前述の方法を発展させ、藻類、ミジンコ、メダカの 3 種の生物を用いて急性毒性試験を行い、その結果（急性毒性値 LCR50）を急性慢性毒性比（ACR：Acute and chronic ratio）に用いて慢性毒性の無影響濃度に外挿し、河川水の影響評価を行っている<sup>12)</sup>。

2009～2012 年に宮城県の最終処分場排水が流入する河川において、2 地点から各 13 回、計 26 サンプルの河川水採取し、濃縮毒性試験（AOD 試験）に供試した例がある<sup>13)</sup>。

諸外国での事例では、米国、カナダ、イギリスなどでミジンコ遊泳阻害試験や魚類急性毒性試験、藻類成長阻害試験が使用されている。また、米国、カナダではニセネコゼミジンコを用いたミジンコ繁殖阻害試験や魚類胚・仔魚期短期毒性試験が実施されている<sup>14)</sup>。

#### (2) 日本における排水管理に適した生物応答試験の選定

日本の事業場排水の実態として、急性的な致死影響を有する排水は極めて少ない。また、米国でも導入当初は急性毒性試験が用いられているが、近年では排水改善が進み、主に慢性毒性試験が用いられている。さらに、最終的な管理目標は、排水の生物影響を削減することであり、「公共用水域における水生生物の生息環境保全」に寄与することでもある。環境省の検討では、カナダおよび米国の生物応答管理手法で用いられている短期慢性毒性試験法が選択されている。また、水生生物が生存できるだけでなく、成長・繁殖し、次世代への存続できるレベルまで、化学物質による影響を削減する必要がある。

ACR（急性慢性毒性比）比を用いて急性毒性試験の結果から慢性毒性を予測しようとする手法もあるが、本手法の本来の目的は、慢性値を求めることではなく、慢性影響を削減することであるから、直接慢性毒性試験を行うことが望ましい。ACR は化審法を初め、個別物質管理において急性毒性値から慢性毒性値を予測する便宜上のツールとして用いられているが、複数の化学物質が含まれる環境水や排水に対する有効性を証明することは難しい。急性毒性と慢性毒性は異なる原因（化学物質）によって生じている可能性があり、科学的には急性毒性から慢性毒性を原則として予測することはできない。また、排水を濃縮して評価する手法は、特定の物質をターゲットとした評価手法としては利用できるが、濃縮後のサンプルは塩分が上昇して、影響が出る可能性や回収率が物質によって異なるため、サンプル中の化学物質の存在比が変化し、サンプル総体の毒性を正しく検出できない懸念がある。

また、前述の短期慢性毒性試験法は既に OECD ガイドラインに明記されているものやアメリカ、カナダなどで公定法として実施されているものであり、試験再現性が高く、毒性情報が蓄積された試験法であることからこれらを選択することが妥当と考えられる。

## 5. 毒性削減評価/毒性要因評価（TIE/TRE）

### 5.1 排水改善手法の概要について

生物応答手法を用いた排水管理の運用においては、生物応答手法を用いて排水を評価した後、影響があると判定された排水に対し、適切な改善措置を実施することも重要な管理の一環となる。米国や韓国では、排水改善が義務づけられており、改善手法に関するガイ

ダンス文書が作成されている。この手法は米国において「Toxicity Reduction Evaluation (TRE)」と呼ばれる手法で、米国環境保護庁 (US EPA) によって手法の概要や標準的な手順を解説し、適用事例を紹介したマニュアルが公表されている<sup>15, 16)</sup>。

米国の TRE マニュアルに基づいた TRE の実施手順を Fig. 2 に示す。6 段階から構成され、第 1 段階および第 2 段階では、使用化学物質や処理方法の情報収集と最適化を行い、影響低減が図れなかった場合に毒性原因を特定するため、第 3 段階の原因究明方法 (TIE: Toxicity Identification Evaluation) へと進む。ここでは、排水処理、生物応答手法と化学分析を併用し、専門的な知識が必要となる。第 3 段階で影響を削減できる処理手法あるいは原因化学物質 (群) が特定された後は、第 4 段階～第 6 段階において毒性物質を低減するための具体的な対策を事業場毎に検討していく流れとなっている。

TRE/TIE については、個別の事例ごとに状況が異なる場合が多く、その手法をマニュアル化することは困難である。生物応答試験の結果や使用している化学物質 (群)、工場内の排水処理方法、排水処理経路などさまざまな要因から総合的に判断するため、その技術を持った研究機関やコンサルタントが事業場と協力し、排水を改善することが必要である。個別の改善手法の公開は事業場の秘密保持の観点から難しいと考え

られ、政府機関へは改善されたという結果のみを報告する方法が望ましいと考えられる。

## 6. ま と め

排水中に含まれる未規制の多種多様な化学物質による環境影響については未知な部分が多い。水濁法などによって環境への放出が規制・監視されている化学物質は、個別に有害性が確認された物質に限られている。化審法による新規登録化学物質は年々増加しており、現状の個別規制だけでは、規制のスピードが追いつかず、化学物質の環境影響が見逃されている恐れがある。また、複数の物質の複合影響も未知の部分が多い。このような問題に対応する手法として、水生生物を直接、事業場排水等にはく露し、その生物応答を測ることで、水中に含まれる化学物質総体のリスクを直接評価し、管理する生物応答手法は有効と考えられる。

これまでの検討の結果、生物応答を用いた排水管理手法について、まずは、事業者による自主的管理として導入し、知見を蓄積した後、水濁法への位置づけを検討するという方向性が示されている。今後、生物応答手法を用いた排水管理に自主的に取り組む事業者に対するインセンティブを与える仕組みや知見を収集する際のデータの種類や体制、法規制検討までのロードマップについて具体的なビジョンを描く必要がある。

また、これまでの事業場排水の調査結果から、日本の排水では急性影響が出る頻度が低いことや、成長・繁殖し次世代への存続できるレベルまで化学物質の影響を評価するためには、米国、カナダ等で使用されており、試験の信頼性が高い短期慢性毒性試験を実施することが妥当であると考えられる。

## 参 考 文 献

- 1) US EPA: National Whole Effluent Toxicity (WET) Implementation Guidance Under the NPDES Program (Draft) (2004)  
[http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/wet/upload/2004\\_12\\_28\\_pubs\\_wet\\_draft\\_guidance.pdf](http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/wet/upload/2004_12_28_pubs_wet_draft_guidance.pdf)
- 2) Environment Canada: Environmental Effects Monitoring  
<http://www.ec.gc.ca/esee-eem/?CFID=8249372&CFTOKEN=26695038>
- 3) 鎌迫典久: 生物応答を用いた排水評価・管理手法の国内外動向, (株)エヌ・ティー・エス pp. 87-93, 128 (2014)
- 4) 環境省: WET 手法を活用した排水規制手法検討調査(2009)  
<https://www.env.go.jp/guide/budget/h21/h21-gaiyo/163.pdf>
- 5) 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律の一部を改正する法律の公布について  
<http://www.env.go.jp/chemi/kagaku/kaisei21.html>
- 6) 環境省: 排水規制, 一律排水基準  
<http://www.env.go.jp/water/impure/haisui.html>
- 7) 環境省: 平成 25 年度生態影響に関する化学物質審査規制/試

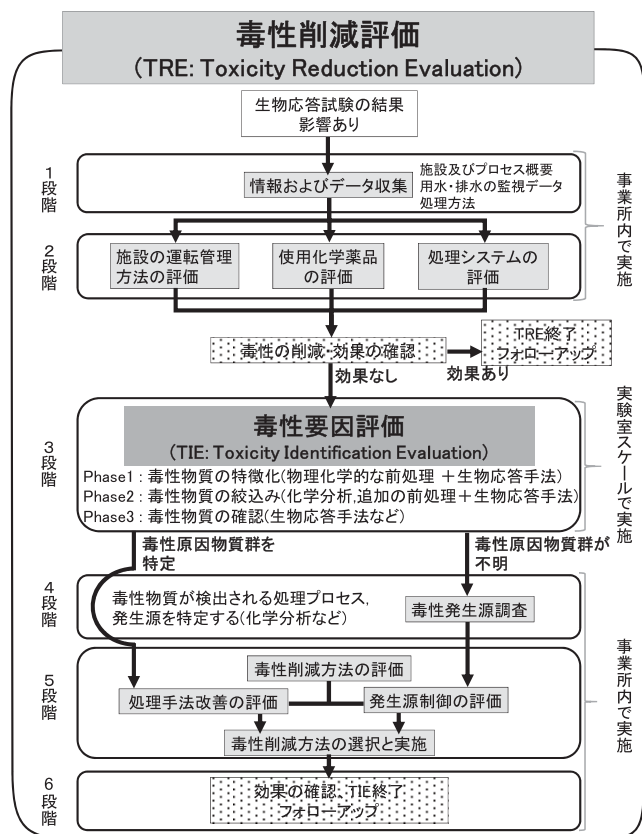


Fig. 2 The Process of TRE/TIE<sup>17, 18)</sup>

- 験法セミナー資料, 化学物質審査規制法の施行状況等について  
<http://www.nies.go.jp/risk/seminar/h260214/h260214data01.pdf>
- 8) US EPA: Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations Phase I Toxicity Characterization Procedures (Second Edition) EPA/600/6-91/O (1991)
  - 9) 鎌迫典久: 生物応答を用いた排水評価・管理手法の国内外動向, (株)エヌ・ティー・エス p. 303 (2014)
  - 10) 楠井隆史ら, 環境工学研究論文集, 33, 215-226 (1996)
  - 11) Rui LIU et al, Environmental Monitoring and assessment, 130, 475-482 (2007)
  - 12) Wei Dongbin et al, *The Science of the Total Environment*, 371, 383-390 (2006)
  - 13) 宮城県, 第14回評価委員会村田町竹の内地区産業廃棄物最終処分場生活環境調査報告書 (2012)
  - 14) 鎌迫典久: 生物応答を用いた排水評価・管理手法の国内外動向, (株)エヌ・ティー・エス p. 15, 126-131 (2014)
  - 15) US EPA: Generalized Methodology for Conducting Industrial Toxicity Reduction Evaluations (TREs), EPA/600/2-88/070 (1989)
  - 16) US EPA: Toxicity Reduction Evaluation Guidance for Municipal Wastewater Treatment Plants, EPA/833B-99/002 (1999)
  - 17) US EPA: Clarifications Regarding Toxicity Reduction and Identification Evaluations in the National Pollutant Discharge Elimination System Program (2001)
  - 18) 鎌迫典久: 生物応答を用いた排水評価・管理手法の国内外動向, (株)エヌ・ティー・エス p. 302 (2014)