

## WET 手法を用いた排水・環境水の評価および管理の可能性

徳島大学 正会員 ○山本 裕史

徳島大学 学生非会員 安田 佑右, 駕田啓一郎 田村 生弥

国立環境研究所 非会員 鏑迫 典久

### 1. はじめに

環境省では、平成 21 年度から米国の Whole Effluent Toxicity (WET)の手法を参考に、「WET 手法を活用した排水規制手法検討調査」として、生物応答（バイオアッセイ）を利用した排水・環境水の評価および管理手法の確立に向けた議論を開始している。この手法は、排水や環境水全体の生物に対する毒性影響を評価することで、これまでの個別物質や BOD, 栄養塩等が主体の排水規制や環境基準では評価できなかった莫大な数の未規制物質や複数の物質の複合的影響を評価することが期待される。同様のシステムは米国の WET のほかカナダ、ドイツ、フランス、韓国などで導入され、個別物質中心の基準や規制を補完する役割を果たしている。中でも米国の WET 手法は、魚類、ミジンコ、藻類の 3 種を用いた短期慢性試験に基づいて排水・環境水を評価するだけでなく、水環境中の生態系に悪影響を及ぼす毒性影響が認められた場合は、その毒性影響を削減するための毒性削減評価(TRE)や毒性同定評価(TIE)といった概念も含まれている点が特徴である。これまで、WET 手法を用いた排水・環境水の評価については事例が非常に少ない<sup>1,2)</sup>ことから、われわれは徳島県内事業所排水を対象にした WET 試験を実施してきた<sup>3,4)</sup>。最近では、事業所排水の TRE/TIE や、生活排水や農業用水の流れ込む河川水、道路流出水の評価を実施しているので、それらの成果の一部を紹介するとともに、生態系の変化（生物多様性）等への適用可能性について考察をおこなうこととした。

### 2. 試験方法

徳島県内の水質汚濁防止法対象の業種の異なる 5 事業所と下水処理施設の 4 ヶ所、その放流先河川のほか未処理の生活排水が流れ込む河川 6 ヶ所、農業用水が流れ込む河川 2 ヶ所、道路流出水 1 ヶ所について 2008 年 10 月から 2011 年 4 月にかけてそれぞれ 2～6 回の採水を実施した。それぞれ、十分な量を採水し、冷蔵保存して採水後 36 時間以内に試験を開始した。試験用水は、pH や DO を測定して、NaOH か HCl ならびにエアレーションにより調整した。水試料は飼育水（藻類は培地）を用いて希釈し、2～6 濃度区と対照区を作成した。

短期慢性毒性試験は、主に米国環境保護庁(USEPA)の WET Test Method<sup>5)</sup>に準じて化学物質の毒性評価でも典型的な淡水生物 3 種（魚類、ミジンコ、藻類）を用いて実施した。魚類は合わせて OECD TG No.212 も参考にして、生後 24 時間以内のヒメダカ(*Oryzias latipes*)もしくはゼブラフィッシュ(*Danio rerio*)の卵を用いて、胚および卵黄吸収の仔魚前期までのふ化率、生存率を調べた。甲殻類のミジンコは、生後 24 時間以内のニセネコゼミジンコ(*Ceriodaphnia dubia*)の仔虫を用いて、7 から 8 日間の産仔数（3 腹目まで）および親ミジンコの致死率を算出した。藻類は、単細胞緑藻のムレミカヅキモ(*Pseudokirceneriella subcapitata*)を用いて三角プラスチック内で 96 時間の生長率を算出し、対照区と比較することで生長阻害率を算出した。それぞれの最小影響濃度(LOEC)を多重比較検定(Dunnett 法)によって求め、その一つ下の濃度区を最大無影響濃度 (NOEC) とした。ミジンコは、合わせて親ミジンコの半数致死濃度(LC<sub>50</sub>)をプロビットもしくはロジット変換により求めた。TRE/TIE については、協力が得られた 2 事業所のみミジンコを対象生物として実施した。事業所の担当者との協議によって使用薬品の調査、当該項目の水質分析を実施し、個別の物質のミジンコへの試験を実施することで主となる毒性物質の原因の推定をおこなった。

### 3. 結果および考察

一般事業所および下水処理場の計 9 ヶ所の放流水に対する短期慢性毒性試験の結果、3 生物のうち、最も感度よく検出したのはミジンコで、次いで魚類、藻類の順で、ミジンコや魚類についてはほぼ全ての排水から少なくとも

キーワード 生態毒性, 短期慢性試験, 水環境, ミジンコ, 藻類, 生態系

連絡先 〒770-8502 徳島市南常三島町 1-1 徳島大学大学院ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部 TEL 088-656-7618

1回は毒性影響が検出された。ミジンコおよび魚類については、100%など高い濃度の排水だけでなく10%未満の排水でも影響が確認される強い生態毒性を有する排水も全体の2割程度あり、このような排水については放流先河川で十分な希釈が得られない場合、毒性影響が懸念される。藻類についてのみ特異的に強い生長阻害を引き起こす排水もあったが、栄養塩などの効果によって逆に生長が促進されるケースが目立った。いずれにせよ、魚類・ミジンコ・藻類の3種の短期慢性毒性試験は多様なスペクトルで非常に感度よく生態毒性を検出可能であることが確認できた。

米国では、放流先のミキシングゾーンに応じた排水規制が実施されているが、日本では事業所排水の放流口が接近しているケースも多く、一律規制によって個別物質はおおよそ環境基準の10倍に設定されている。われわれが調査した事業所排水の放流先では、希釈倍率が不十分なために対象とした事業所排水によって生態毒性影響が発現されていると推定されたケースはほとんどなかった。

TRE/TIEについては、一般の2事業所について実施したところ、一方は水処理時での薬品が、もう一方は使用薬品が毒性影響の主要な原因として推定された。現在、当該事業所と削減に向けて使用薬品や水処理工程の変更など協議を進めている。下水処理施設等については、一般事業所と異なり種々雑多な家庭や小規模事業所の排水を受け入れており、公営であるためそのTIEやTREを進めていく際に限界がある。しかしながら、放流先河川の生態系変化への影響を考慮した処理工程の定期的な適正管理には有効なツールの一つと言える。

一方、生活排水や農業用水が流れ込む河川の毒性影響については、排水ほど検出率は高くなく、最も高いミジンコで約40%程度であった。ミジンコについては繁殖阻害よりも致死に対して低濃度で影響を及ぼすケースが多いほか、藻類については一部の下水処理施設放流水や事業所排水同様に栄養塩などの作用によって逆に増殖が促進されるケースが多かった。道路流出水については、藻類やミジンコに対して非常に強い毒性影響が検出されており、その原因として舗装や自動車の塗装等由来の金属イオンが推測された。

水環境中の生態系に対して悪影響を及ぼす人為的要因(有害化学物質)の評価には、図1<sup>1)</sup>のように個別物質の評価・管理、生物相の評価・管理に加えて毒性影響を評価基準としたWET試験などが有効であると考えられる。この手法はあくまでも個体レベルでの変化を観察するもので、直接生物多様性に代表される生態系の変化を評価できる手法とはいえない。しかしながら、図2に示すように個体レベルでの変化は因果関係がより明確で、生物量や個体群の変化に影響を及ぼし、ひいては生態系全体の変化に影響を及ぼす。今後、こういった観点から日本の実情に合致した排水・環境水の評価・管理手法が定着することが期待される。

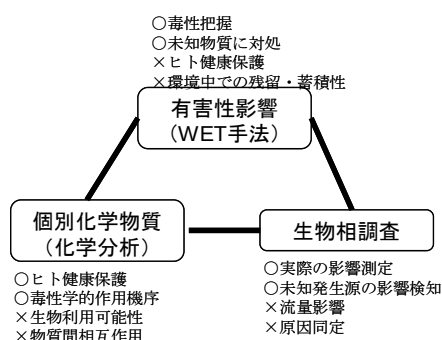


図1 排水・環境水中の有害化学物質管理のためのアプローチ<sup>1)</sup>

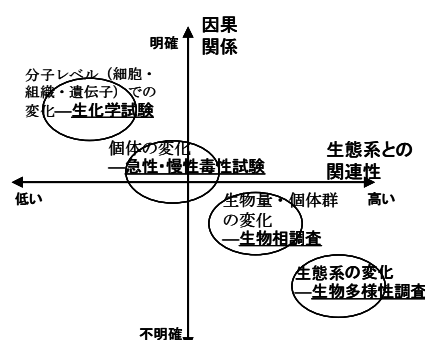


図2 様々な生物応答試験・調査の種類と考え方

## 謝辞

本研究の一部は文部科学省科研費補助金若手研究(B) (課題番号 22710063) および環境省環境研究総合推進費 (平成 22~24 年度, RF-1004) の助成を受けて実施した。ここに感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 鏑迫典久ほか: バイオサイエンスとインダストリー, 67(1), 32-38, 2009.
- 2) 内田弘美ほか, 第17回環境化学討論会講演要旨集, 788-789, 2008.
- 3) 山本裕史ほか: 第12回日本水環境学会シンポジウム講演集, 47-48, 2009.
- 4) 山本裕史ほか: 環境工学研究論文集, 47, 727-734, 2010.
- 5) USEPA, Short-term methods for estimation the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms.