

## 米国 WET 試験における排水改善手法について

(※生物応答を利用した排水管理手法の活用について」(平成 27 年 11 月生物応答を利用した水環境管理手法に関する検討会報告書) 参考 5)

### 1 排水改善手法の概要

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。この手法は米国で毒性削減評価 (TRE : Toxicity Reduction Evaluation) 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\*1~3。

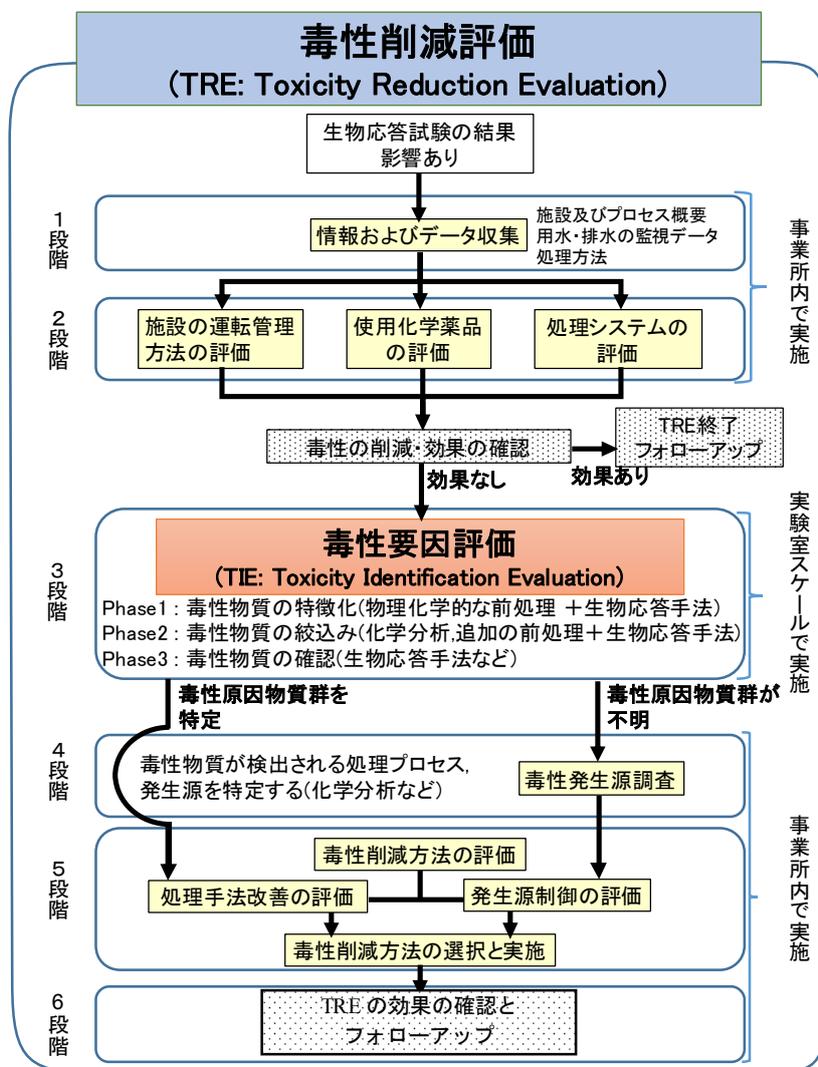


図 1 毒性削減評価 (TRE) の概要と手順

米国の TRE マニュアルに基づいた TRE の実施手順について図 1 に示す。主に 6 段階から構成され、第 1 段階では、使用化学物質や処理方法等の情報収集を行い、第 2 段

階では、収集した情報を基に施設の運転管理方法、使用化学薬品及び処理システムの評価・見直しを行い、適切な低減対策を実施し、その効果を確認する。影響が低減された場合、TREは終了するが、影響低減が図れなかった場合、毒性原因を特定するため、第3段階の毒性同定評価（TIE: Toxicity Identification Evaluation）へと進む。ここでは、生物応答手法と化学分析を併用するなどして、排水影響の原因となる化学物質（群）を実験室レベルで明らかにし、あるいは削減手法を特定する。第4段階では、第3段階で原因化学物質（群）が特定されている場合、その物質を使用している工程の洗い出しや処理方法の検討を行うが、特定できなかった場合には、生物応答試験を用いて生物への影響が最も大きい排水路（工程）の特定を行う等して、原因物質が使用されている発生源を特定すべく努力する。第5段階では、特定された原因物質や発生源に対して適切な改善方法の検討を行い、削減を実行する。最後に、第6段階で削減の確認を行う流れとなっている。

## 2 排水改善手法の標準的な手順

### 〔第1段階〕 情報及びデータ収集

第1段階では生物影響が検出された排水について、用水・排水の水質モニタリングデータ、生產品目やその製造方法および使用化学物質についての情報、排水処理施設に関するデータ、排水規制に関する情報などを収集する。

### 〔第2段階〕 処理工程の最適化

第2段階では第1段階で得られた情報を基に、使用化学物質と現行の排水処理について評価し、以下の3つの負荷削減対策のいずれか（またはすべて）を実施する。

- ・ 使用化学物質の見直し  
代替品への変更や使用量の削減
- ・ 処理手法の見直し  
既存の処理システムの処理性能が最大になるよう改善する。例えば、粉末活性炭投入量の変更、活性汚泥法の汚泥滞留時間の延長などが挙げられる。
- ・ 処理施設の運転管理方法の改善  
施設清掃や廃棄物管理の方法、化学物質を取り扱う機具やエリアの管理方法、排水経路の見直しや、漏水の確認などを行う。

この段階で問題となった排水の影響を削減できた場合 TREは終了となる。しかし、削減できない場合は第3段階の毒性同定評価（TIE）を実施する。

### 〔第3段階〕 毒性同定評価（TIE）

第3段階では、排水影響の原因となる化学物質（群）やそれらを削減することができる処理手法を特定する。原因推定の基本的な考え方は、排水に実験室レベルで物理化学的な前処理を行った後に生物応答試験に供し、未処理の排水に対して影響が低減した場合、処理によって除去・分画された物質（群）を原因と推定するというものである。例えば金属のキレート処理後の排水の生物影響が低減した場合は、金属類が主要な原因物質群として推定される。具体的には以下の3つの手順 Phase 1～3により

構成される。

Phase 1では、どのような物理的・化学的特性の化学物質群が生物影響に寄与しているのか、排水影響や原因物質の特徴を整理する。排水処理を模した物理化学的な処理や特定の物質群を除去できる前処理（pH調整、エアレーション、活性炭・吸着剤・イオン交換樹脂処理、チオ硫酸ナトリウム添加等）を実験室レベルで行い、未処理排水とともに生物応答試験に供して、生物影響が低減されるかを評価する。生物影響が低減された場合、処理によって除去・分画された化学物質群を主要原因と推定する。

Phase 2では、Phase 1において主要原因と推定された化学物質群が広範囲にわたる場合に、さらに絞り込みを行う。Phase 1と同様に排水の物理化学的な前処理と生物応答試験により、排水中の特定の物質群の生物影響を確認するとともに、化学分析を併用して物質の同定を試みる。このとき、検出された化学物質について、各試験生物に対する感受性データが入手可能な場合は、最大無影響濃度等と排水中濃度を比較し、排水中濃度の方が高い場合は原因物質候補とする。ただし、個別物質では毒性レベルに達していなくても、複数の物質と合わさることで相乗的な影響を引き起こしている場合や、反対に毒性が相殺されている場合があるため、Phase 3における確認が必要不可欠である。

Phase 3では、Phase 2で推定された原因物質（群）候補が、排水の生物影響に寄与しているかどうか確認試験を行う。確認方法は物質により様々であるが、主に、生物影響のない処理排水や試験用水等に原因物質（群）候補を添加して生物応答試験に供し、元の排水と同程度の生物影響を示すか否かで判断する。

TIEで大切なことは、排水が有する毒性の原因物質（群）の名前を明らかにすることではなく、原因物質（群）の特性すなわち生物への影響の度合い（毒性負荷）を把握することである。具体的には、TRE/TIE手法では、排水に対してまず何らかの処理を行い、その処理後に生物影響が削減された場合、その処理によって削減された物質の中に原因物質が含まれていたと考える。この時に把握した削減方法は、第5段階で実施する効果的な排水改善方法のヒントになる。

例えば、キレート処理によって金属を除去して毒性が削減された場合、原因物質（群）は金属の可能性が高く、金属を除去するような排水処理方法を導入すれば毒性が低減されることが期待できる。また、排水のpHを一度アルカリ側にして沈殿処理を行い、もう一度中性に戻して試験した結果毒性が削減された場合、アルカリ側で分解または沈殿する物質群が原因物質の可能性もある。ただし、この場合はアルカリで分解する物質としては様々な有機化合物が、沈殿する物質としては様々な重金属類が考えられるため、これだけで原因物質を推定できるわけではない。しかし、処理工程にpH調整の工程を加えることで、特定の原因物質は分からなくても、影響を低減することは可能となる。

#### [第4段階] 発生源評価

第4段階では、第3段階で原因物質（群）が特定された場合、ピンポイントでその最適な処理を行うため、その物質（群）がどの工程で発生しているか特定を試みる。発生源であると疑われる工程の排水を用いて、原因物質（群）の化学分析または生物

応答試験を実施し、影響を及ぼしている工程を特定する。第3段階で原因物質（群）が特定されていない場合は、生物応答試験のみを用いて、最も生物影響が大きい排水経路の特定を試みる。発生源の見当がつかない場合は、最終放流口から排水経路をさかのぼり、生物応答試験または化学分析の結果から発生源を特定する。

#### [第5段階] 排水改善方法の選択と実施

第5段階では、第3段階、第4段階で特定された原因物質や発生源に対して、排水改善方法を検討・実行する。原因物質の発生源の処理プロセスを見直し、原因物質が生成されないようにする方法と、発生した原因物質を適切な処理により除去する方法の2通りのアプローチがある。現実原因物質を除去するためにどのような手法を選択するかはTIEの結果を参考にした上で利用可能な最善の手法（BAT: Best Available Technology/Technique）を事業者が判断する。

#### [第6段階] 確認とフォローアップ

第6段階では、生物応答試験による定期的なモニタリングを実施して、排水の生物影響が規制基準等を達成するレベルまで改善したかを確認する。特定した原因物質のモニタリングを行うこともある。削減効果が確認できればTREは終了となる。

- \*1)US EPA, Generalized Methodology for Conducting Industrial Toxicity Reduction Evaluations (TREs), EPA/600/2-88/070(1989)
- \*2)US EPA, Toxicity Reduction Evaluation Guidance for Municipal Wastewater Treatment Plants, EPA/833B-99/002(1999)
- \*3)US EPA, Clarifications Regarding Toxicity Reduction and Identification Evaluations in the National Pollutant Discharge Elimination System Program(2001)