

諸外国におけるWET手法の活用事例について

※本資料は、「生物を用いた水環境の評価・管理手法に関する検討会(第2回)」(平成28年7月12日)参考資料2-3に、一部情報を追加等したものです。

①米国

WET手法導入の背景・経緯（米国）①

背景・経緯

- 1960年代まで: 各地で水質汚染が深刻化
→ 1970年: 米国環境保護庁(EPA)が設立
- 1972年: 連邦水質汚染防止法(Federal Water Pollution Control Act)の改正(改正法は「水質浄化法」(Clean Water Act)とも呼ばれる)により、全国汚染物質排水削減制度(National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES)に基づく排水基準・排出認可制度を導入
- 1977年: 水質浄化法において、個別汚染物質対策を強化
- 1987年: 化学物質の個別規制では排水の潜在的なリスクの評価が十分でない場合を考慮し、WET試験による排水評価手法を排水監視ツールとして追加(個別物質規制と併用)。
- 1995年: NPDESの下でWETに係る要件が法規制として位置づけ。

2

WET手法導入の背景・経緯（米国）②

背景・経緯（続き）

- 生物応答試験が規制要件として追加された背景・経緯
 - ・ NPDESに基づく排水基準・排出認可制度が導入された後の初期の頃、制度に位置付けられた化学物質に特化した(Chemical-Specific)管理を実施した場合であっても、受水域における水生生物(魚など)の致死や減少といった被害が発生。
→ 国内の水質について、生物学的に健全なものに回復し、維持するために必要な水準に生態影響を低減できるよう、WET試験を導入
 - ・ NPDESに基づく法規制要件へのWET試験の導入は、規制を行う者(許可権限者)と規制を受ける者(規制対象施設)に、WETに係る取組(モニタリング等)が広まってから行われた。
 - ・ EPAによるWET試験の導入は、急性毒性試験から始まり、その後、許可権限者や規制対象施設における取組の進展状況を見つつ、慢性毒性試験の導入が進められた。

3

排水規制制度の概要、WET手法の位置付け（米国）

排水規制制度の概要

- 事業場等から排水を排出するには、当該事業場等の所有者等は、NPDESに係る各州等の当局から排水の許可 (permit) を受ける必要。
- 排水規制の対象となる事業場等は、大きく分けて、汚染物質を排出している既存の工場・事業場、公共用下水処理上及び新規の排水施設の3つ。(後述)
- EPAにより、人健康又は水生生物に影響を及ぼすおそれがあるとされた個別規制物質(65項目)、BOD、pH等について、法律やEPAの各州等の当局が水質基準 (Water Quality Standard) を設定。
- 各州の基準(クライテリア)が有効となるには、EPAの承認が必要。

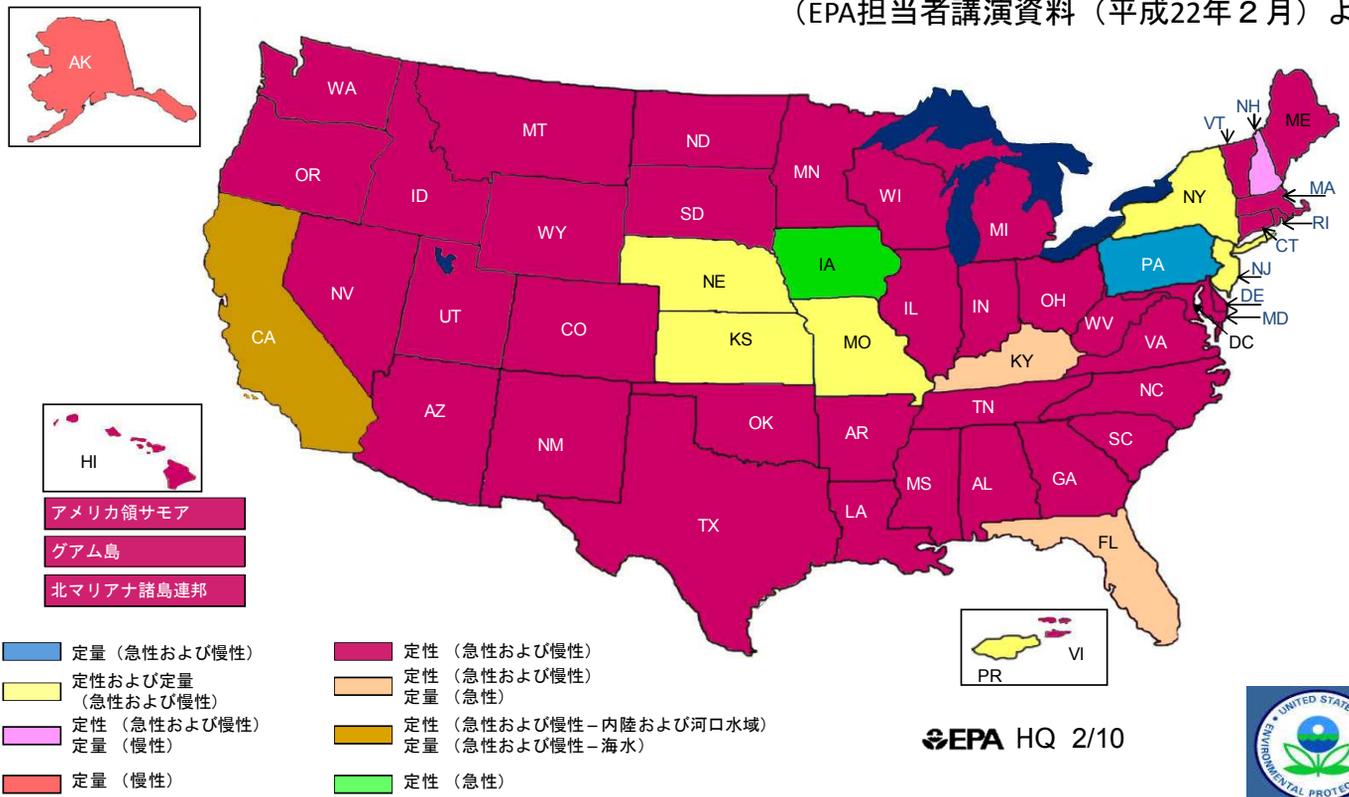
WET手法の制度上の位置付け

- WET試験により評価される全排水毒性 (Whole Effluent Toxicity) は、個別物質規制の項目とは別に、WETに係る基準値を超過する合理的な可能性等があると当局が判断した場合に排水許可の要件とされる(当局が個別物質規制で十分な水質保全が可能と判断する場合にはWET試験の実施は不要)。

4

各州におけるWETに係る水質基準の設定状況（米国）

(EPA担当者講演資料 (平成22年2月) より)



EPA HQ 2/10



※注: 「定性」の基準とは、「・・・を排出しないこと」などの、定量的な排水許可要件を含まない基準を指す。

5

排水規制・WET手法の適用対象等（米国）

排水規制・WET手法の適用対象等

- 製造業中心に56業種（次ページ）がEPAにより排水規制の適用対象に指定。
- これとは別に、公共下水処理場（Publicly Owned Treatment Works）に対しても規制が適用。
- 具体的な適用対象や規制項目、基準値等は、EPAが定めた法規を踏まえ、各州等の当局が規定。
- 全国で規制対象となる56業種の排水施設の数35,000～45,000、下水処理場の数は約12,000。
- WET手法の適用は、WETに係る基準値を超過する合理的な可能性等があると当局が判断した場合に排水許可の要件とされる。その際、排水の受水域における排水希釈率の大小などに応じて、急性又は慢性毒性試験データの提出が許可申請者に求められる。
- 公共用下水処理場の場合、排水量が100万ガロン（約3,800トン）/日以上であることが基本要件となる。

※出典（いずれも米国EPA）

- Technical Support Document for the 2004 Effluent Guidelines Program Plan
- 40 Code of Federal Regulation Part 122
- Technical Support Document for Water Quality-based Toxics Control

（参考）米国の排水規制の対象となる事業場等

Industrial Category	40 CFR Part
Dairy products processing	405
Grain mills manufacturing	406
Fruits and vegetable processing	407
Canned and preserved seafood	408
Sugar processing	409
Textile mills	410
Cement manufacturing	411
Concentrated animal feeding operations (feedlots)	412
Electroplating	413
Organic chemicals, plastics and synthetic fibers	414
Inorganic chemicals manufacturing	415
Soaps and detergents manufacturing	417
Fertilizer manufacturing	418
Petroleum refining	419
Iron and steel manufacturing	420
Nonferrous metals manufacturing	421
Phosphate manufacturing	422
Steam electric power generation	423
Ferroalloy manufacturing	424
Leather tanning and finishing	425
Glass manufacturing	426
Asbestos manufacturing	427
Rubber manufacturing	428
Timber products processing	429
Pulp, paper and paperboard	430
Meat products	432
Metal finishing	433
Coal mining	434
Oil and gas extraction	435
Mineral mining and processing	436
Centralized waste treatment	437

※注：下記の他、下水処理場も対象となっている

Industrial Category	40 CFR Part
Metal products and machinery	438
Pharmaceutical manufacturing	439
Ore mining and dressing	440
Industrial laundries	441
Transportation equipment cleaning	442
Paving and roofing materials	443
Waste combustors	444
Landfills	445
Paint formulating	446
Ink formulating	447
Aquatic animal production	451
Gum and wood chemicals	454
Pesticide chemicals	455
Explosives	457
Carbon black manufacturing	458
Photographic	459
Hospitals	460
Battery manufacturing	461
Plastic molding and forming	463
Metal molding and casting	464
Coil coating	465
Porcelain enameling	466
Aluminum forming	467
Copper forming	468
Electrical and electronic components	469
Nonferrous metals forming and metal powders	471

出典：Technical Support Document for the 2004 Effluent Guidelines Program Plan（米国EPA）

WET手法で用いられる生態毒性試験等（米国）

試験生物種・生態毒性評価方法

- EPAが定めた以下の試験法から、対象施設に応じて試験方法を各当局で選択。試験種は2種以上（EPAでは藻類、無脊椎動物及び魚類の3種を用いることを推奨）。
 - ・急性毒性試験法（計8試験法）：淡水生物（無脊椎動物、魚類）、海産生物（無脊椎動物、魚類）
 - ・慢性毒性試験法（計9試験法）：淡水生物（藻類、無脊椎動物、魚類）、海産生物（藻類、無脊椎動物、魚類）

WET手法の実施事例（ヴァージニア州の例）

- EPAが定めた工場の他、製造工程、処理工程、立地の保守状況、排水や受水域となる河川のデータ等に基づいて生態毒性や河川への影響を持つ可能性がある工場も適用対象となる。
- 受水域の塩分濃度が0.5%以上の場合は海生生物、0.1%未満の場合は淡水生物を試験に用いる。

※出典：ヴァージニア州当局担当者講演資料（平成22年2月）

8

WET手法に基づく排水改善プロセスの概要（米国）

排水改善プロセス

※詳細は資料2-2（参考5）参照

- 米国では、WET試験の結果、生態影響があると判定された排水に対し、排水改善が事業者に対し義務付け。
- 排水改善のための手法は毒性削減評価（TRE）と呼ばれ、EPAにより手法の概要、排水改善につなげるための標準的な手順、適用事例等がガイダンスやマニュアルとして作成。
- TREにおける排水改善は、大きく6段階に分かれる。各種関連データの収集後、施設の運転管理方法の評価・改善等により排水毒性の効果が得られない場合には、毒性原因を特定するため、毒性要因評価（TIE）を行う。
- TIEで、原因物質（群）の特定に至らない場合、排水経路を遡り生物応答試験を行う等により、原因の発生源を特定し、その処理プロセスの見直し等の排水改善手法を事業者が選択する。

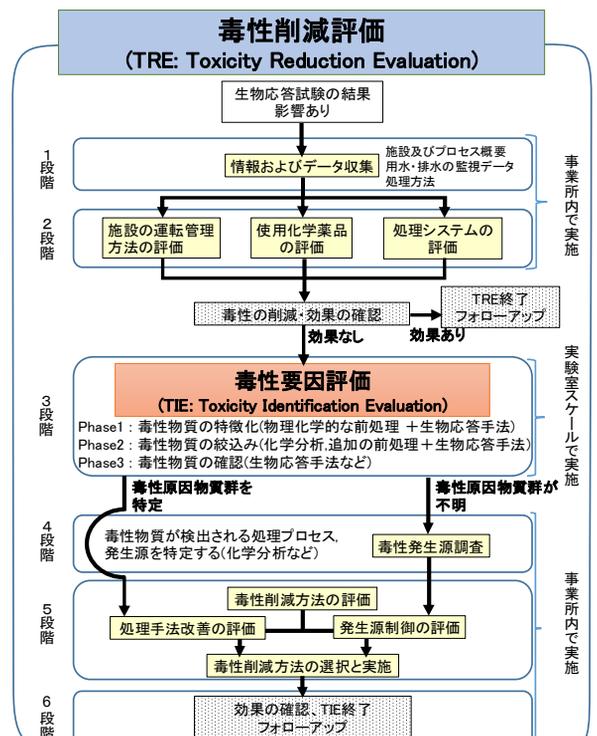


図 米国における毒性削減評価（TRE）の概要と手順

9

②カナダ

WET手法導入の背景・経緯（カナダ）①

背景・経緯

- 1970年代：魚類やその生息地等の保護を目的に、漁業法（Fisheries Act）の下で、従来の個別物質規制に加え、排水許可制度の要件として全排水の魚類に対する急性毒性試験の実施が一部の業種において義務化。以降、対象業種を順次拡大（製紙・パルプ製造排水、石油精製排水、金属鋳業排水、食肉・家禽生産排水等に対して順次適用）。
- 1992年に製紙・パルプ製造業、2002年に金属鋳業に対して以下の規制強化を実施
 - ・無脊椎動物に係る急性毒性試験の導入
 - ・排水の環境影響を調査するモニタリングの導入
 - 排水の慢性毒性（亜致死毒性）試験の実施と当局への報告を対象業種に義務付け
- 2012年：排水（下水）処理施設に対して魚類に係る急性毒性試験を導入（2015年1月から適用）

WET手法導入の背景・経緯（カナダ）②

背景・経緯（続き）

- カナダにおいて排水毒性に係る生物応答試験が用いられている主な理由
 - ・有害物質の生態影響を直接的に推定する。
 - ・毒物学的なデータが不足している物質などについて、排水や受水域における潜在的な毒性を測定する。
 - ・毒性を有する複数の物質が混合された場合の影響を考慮する
 - ・比較的短時間で試験結果が判明する。（※カナダでは基本的に急性毒性試験が用いられている）
 - ・複雑な組成で様々な化学物質が含まれている場合、個別の物質について化学的な分析を行うより、生物応答試験の方がコストが低減されることが多い。
 - ・排水規制を受ける関係者、行政担当者、一般市民にとって、結果が理解されやすく、説明がしやすい。
 - ・水質に問題があることが確認された場合、早期対応につながりやすい。

※カナダ環境省担当者からの聞き取りによる。

12

排水規制制度におけるWET手法の位置付け、適用対象等（カナダ）

排水規制制度の概要とWETの位置付け

- 漁業法において、魚類、その生息域又は人による魚類の利用に有害な物質の水域への排出・投入を、認められた場合を除き禁止。全国共通で行われる規制対象物質等の具体的な規制の内容は、業種（対象となる排水）毎に個別に下位法令（Regulation）で規定。
- 全国共通の規制が行われている業種以外に対する規制は、各州で必要に応じて規制している。また、排水の許可等の権限は各州が有する。
- WET試験に基づく基準は、個別規制物質（項目）とは独立した項目として規制要件化。

排水規制の適用対象等

- 全国共通規制の対象は、製紙・パルプ製造業、石油精製業、金属鉱業、食肉・家禽生産業、下水処理施設等の7業種
- これまでWET試験の対象とされているのは、製紙・パルプ製造業、金属鉱業及び下水処理施設の3業種

※各州により、対象業種を追加している場合がある

※出典：カナダ環境省ウェブサイト、Pulp and Paper Effluent Regulations, Metal Mining Effluent Regulations, Wastewater Systems Effluent Regulations 等

13

業種毎のWET手法の適用状況（カナダ）

業種毎のWET手法の適用状況（試験方法を含む）

- 製紙・パルプ製造業（1992年～）（※規模等については特段規定なし）
 - ・規制対象項目：ミジンコ及び魚類に係る急性毒性の他、BODと浮遊性固体（suspended solids）
 - ・排水の藻類・ミジンコに係る亜致死毒性についてのモニタリング実施と当局への報告が必要
- 金属鉱業（2002年～）（※規模等については特段規定なし）
 - ・規制対象項目：ミジンコ及び魚類に係る急性毒性の他、重金属、浮遊性固体、pH等の9項目
 - ・排水の藻類・ミジンコ・魚類に係る亜致死毒性についてのモニタリング実施と当局への報告が必要
- 下水処理施設（2015年～）
 - ・排水規制の対象：2500m³/日超の排水量の施設
 - ・規制対象項目：魚類に係る急性毒性の他、BOD、浮遊性固体、アンモニア、残留塩素の4項目
 - ・排水量が大きな施設ほど、モニタリングの頻度や地点を増やす必要

※出典： Pulp and Paper Effluent Regulations, Metal Mining Effluent Regulations, Wastewater Systems Effluent Regulations

14

③ドイツ

WET手法導入の背景・経緯と手法の位置付け（ドイツ）

背景・経緯

- 1960～70年代：工場排水によるライン川などの水質汚染が問題に。また、一部利水事業者の活動にも支障。
- 1974年：環境庁（German Environment Agency）が設立
- 1975～76年：排水対策関連法（Federal Water Act, Waste Water Charge Act等）が改正又は制定
- 1975年：魚類毒性試験を排水規制の要件化。（これ以降、甲殻類、藻類等の生態毒性試験を順次追加）

排水規制制度の概要とWETの位置付け

- Federal Water Actの下での排水規則（Waste Water Ordinance）において、具体的な規制対象事業場等や規制項目、各水質規制項目について用いるべき試験法等を規定。規制項目（個別規制物質含む）は、業種等によって異なる（数～数十項目）。
- WET試験に基づく基準は、個別規制物質（項目）とは独立した項目として規制要件化。
- 基準に適合しない排水を排出した場合には、その者には罰金等が課される。

16

排水規制・WET手法の適用対象等（ドイツ）

試験生物種・生態毒性評価方法

- ミジンコ及び魚類胚に係る急性毒性（遊泳阻害）試験、藻類に係る慢性毒性（生長阻害）試験、発光バクテリア試験、変異原性試験の5種。
- 各試験のエンドポイントが以下の値のとき、生態影響がないと判断する。
 - ・ 魚類胚試験、ミジンコ遊泳阻害試験：死亡率が10%以下
 - ・ 藻類生長阻害試験、発光バクテリア試験：生長阻害が20%以下
 - ・ 変異原性試験：変異原性を引き起こす割合が1.5%以下

排水規制・WET手法の適用対象等

- 排水規制の対象となる業種等は53区分あり、汚染が生じた場合の影響を考慮した25区分に対してWET規制が適用。
- 多くの区分では魚類胚に係る急性毒性試験のみが課されているが、一部区分に対しては他の試験も課される。（詳細は次ページ以降参照）

※出典：Promulgation of the New Version of the Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Waters（ドイツ連邦環境省）

WET手法の適用対象等（ドイツ）

番号	業種等（括弧内は原文）	適用されるWET試験	希釈係数 ^{*1}
1	塗装材料製造業及びワニス樹脂製造業 (Manufacture of coating materials and varnish resins)	[急]48h 魚類胚試験	2
2	炉ぶた製造業 (Fireboard)	[急]48h 魚類胚試験	2
3	パルプ製造業 (Pulp production)	[急]48h 魚類胚試験	2
4	化学産業 (Chemical industry)	[急]48h 魚類胚試験 [急]24h オオミジンコ遊泳阻害試験 [慢]72h 藻類生長阻害試験 発光バクテリア試験 変異原性試験	2 8 16 32 1.5
5	廃棄物処理施設 (バイオ処理を行うもの) (Facilities for biological treatment of waste)	[急]48h 魚類胚試験 [急]24h オオミジンコ遊泳阻害試験 発光バクテリア試験	2 4 4
6	製鉄・鉄鋳物工場	[急]48h 魚類胚試験	2
7	皮革・毛皮加工業、皮繊維板製造業	[急]48h 魚類胚試験 [急]48h 魚類胚試験 (※毛皮加工業の場合)	2 4
8	廃棄物処理業 (化学的又は物理的プロセスでの処理若しくは 廃油処理を行うもの) (Treatment of waste by means of chemical and physical processes (CP facilities) and processing of used oil)	[急]48h 魚類胚試験 発光バクテリア試験 [急]24h オオミジンコ遊泳阻害試験	2 4 4
10	浄水場、冷却施設等 (Water treatment, cooling systems, steam generation)	発光バクテリア試験 (※一部の施設のみ)	12
11	生ゴム・ラテックス加工業、ゴム製品製造業 (Processing of caoutchouc and latex, manufacture and processing of rubber)	[急]48h 魚類胚試験 発光バクテリア試験	2 12

※1 希釈係数 (Dilution factor, TF) : 生態毒性に係る基準値への適合性を判断する際に、影響の有無を検討する際の排水の希釈倍率の基準値。例えば、「2」であれば、排水を2倍希釈して影響がないとき基準値が満たされる。

WET手法の適用対象等（ドイツ）

番号	業種等（括弧内は原文）	適用されるWET試験	希釈係数 ^{*1}
12	廃棄物焼却由来ガスの浄化施設 (Scrubbing of waste gases from waste incineration)	[急]48h 魚類胚試験	2
13	無機系色素製造業 (Production of inorganic pigments)	[急]48h 魚類胚試験	2
14	繊維製造・加工業 (Textile manufacturing and finishing)	[急]48h 魚類胚試験	2
15	非鉄金属製造業 (Non-ferrous metal production)	[急]48h 魚類胚試験 (※アルミ製錬施設等は除く)	4
16	金属加工業 (Metal finishing, metal processing)	[急]48h 魚類胚試験	2~6 ^{*2}
17	クロロアルカリ電気分解施設 (Chloralkali electrolysis)	[急]48h 魚類胚試験	2
18	化学繊維、フィルム、ビスコースプロセスで製造されたスポンジ及び酢酸セルロース製造業 (Production of chemical fibres, films and sponge cloth based on the viscose process and of cellulose acetate fibre)	[急]48h 魚類胚試験	2
19	石炭コークス施設 (Coal coking)	[急]48h 魚類胚試験	2
20	発火装置由来ガスの洗浄施設 (Scrubbing of flue gases from firing systems)	[急]48h 魚類胚試験	2
21	有害物質の使用工程 (Use of certain hazardous substances)	[急]48h 魚類胚試験 (※一定の要件に該当する二酸化チタンを使用する工程の場合)	2
22	廃棄物保管施設 (地上に設置のもの) (Storage of waste above ground)	[急]48h 魚類胚試験 発光バクテリア試験 [急]24h オオミジンコ遊泳阻害試験	2 4 4
23	半導体部品製造業 (Production of semi-conductor components)	[急]48h 魚類胚試験	2
24	版木製造・印刷業 (Production of printing blocks, publications and graphic-arts products)	[急]48h 魚類胚試験	4
25	羊毛洗浄工場 (Wool scouring plants)	[急]48h 魚類胚試験 [急]24h オオミジンコ遊泳阻害試験	2 2

※1 希釈係数 (Dilution factor, TF) : 生態毒性に係る基準値への適合性を判断する際に、影響の有無を検討する際の排水の希釈倍率の基準値。例えば、「2」であれば、排水を2倍希釈して影響がないとき基準値が満たされる。

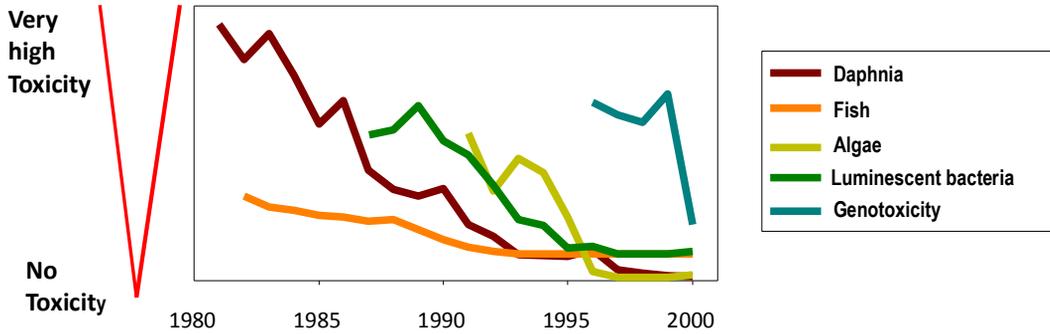
※2 排水発生源となる製造工程等によって異なる。

排水管理の効果（ドイツ）

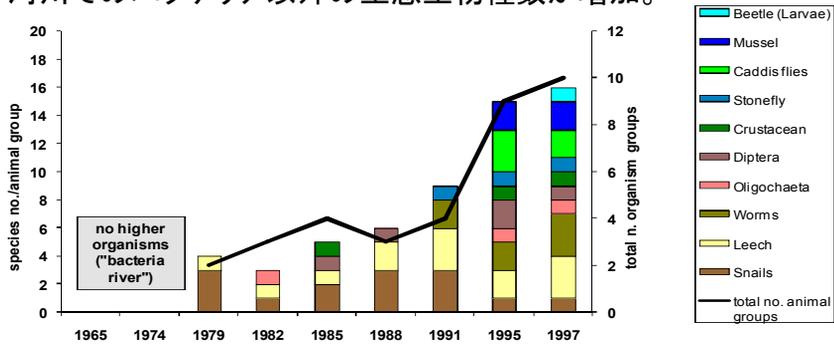
排水管理の効果

（ドイツ環境庁担当者講演資料（平成27年2月）より）

- 1980年代以降、生態毒性が強い排水が減少。（ノルトライン＝ヴェストファーレン州の事例）



- 1970年代末以降、河川でのバクテリア以外の生息生物種数が増加。



④英国

WET手法の実施・導入の背景・経緯（英国）

背景・経緯

- 1990年代初頭：
 - ・米国やカナダで確立（※）されたWET試験について、従来からの化学物質毎の排水管理を補完する手法として着目し、両国のWET試験をモデルとして、直接毒性評価（Direct Toxicity Assessment (DTA)）と呼ばれる手法を開発。
 - ・排水中の有害化学物質による水生生物死をなくしていく観点から、手法のターゲットは急性毒性試験。
- ※同時期までに、米国及びカナダでは、WET試験法が整備され、WET手法が排水規制制度の一部に既に導入又は導入されようとしていた。
- 1997～2000年：産学官から構成される作業会合（Steering group）の下で、3地域（河川の流域の一部）を対象を実証プログラムを実施。
 - 2006年：イングランド及びウェールズにおいて、DTA手法の試験法や利用法に係るガイダンス文書を作成。
 - 2012年：スコットランドにおいてDTA手法を排水毒性をスクリーニング手法として用いる際のガイダンス文書を作成。

22

WET (DTA) 手法の概要と実施状況（英国）①

試験生物種・生態毒性評価方法

- 淡水生物と海産生物の両方に係る急性毒性試験が作成されている（ただし、藻類は生長阻害試験であり、米国等の慢性毒性試験と基本的に同様）。
- イングランド及びウェールズにおけるDTA実証プログラム実施時やガイダンス文書では、淡水生物と海産生物のそれぞれについて、魚類、無脊椎動物及び藻類に係る試験が用いられている。しかし、スコットランドでは魚類試験がないなど、実施方法には地域差があるとみられる。
- 試験生物種はイングランド及びウェールズでは藻類等毎に各1種、スコットランドでは無脊椎動物の海産生物試験は2種。

試験の活用方法・運用手順

- イングランド等のガイダンスでは、排水の毒性が水生生物に影響しているとみられる水域を選定し、排水毒性を急性毒性試験によりスクリーニングした後、より詳細な排水毒性の調査、対象施設・地域に固有のリスクの評価、排水毒性の削減を行う等の手順が示されている。
- スコットランドのガイダンスでは、急性毒性試験を主に排水毒性のスクリーニングに使うこととされている。

23

WET (DTA) 手法の概要と実施状況 (英国) ②

実施対象業種、施設等

- 試験の実施は全国レベルでの法的義務化はされていない。
- 統合的汚染防止管理指令 (Integrated Pollution Prevention and Control Directive。エネルギー、金属・鉱業、化学、廃棄物等関連施設が対象。) の対象施設のうち、河川、湖沼、海域等の水域への直接の排水量が $100\text{m}^3/\text{日}$ を超える有機化学又は無機化学工場で、かつ複雑な組成の排水を排出するものには、ガイドラインに基づくDTA試験の実施が推奨されている。
- イングランド等では2006年のガイダンス作成時に上記に該当する約100施設を環境保護庁 (Environmental Agency) が選定するなどしている。
- なお、2011年の段階で、選定された施設のうち、試験を実施したのは約50施設、排水性状等から試験の実施が不要であることを示す報告を行った施設は約10施設。

DTAの実施事例

- 2011年時点までに実施されたDTA手法の結果で、無希釈の排水でいずれの生物種を用いた試験でも急性毒性が検出されなかったものは50事例中1件で、約半数の事例では、排水を100倍希釈しても毒性が検出される結果が報告されたとしている。