

下水道・水環境における スマートな化学物質管理に 向けたデータ利活用

国立研究開発法人 土木研究所

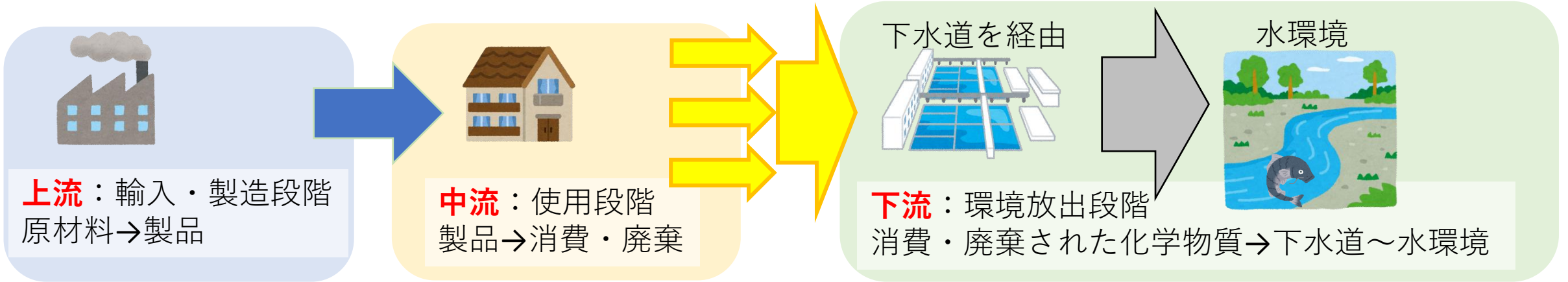
流域水環境研究グループ（水質）

○山下洋正

北村友一・村田里美・對馬育夫

高沢麻里・鈴木裕識（所属は研究当時）

化学物質使用の下流側（使用後の環境放出） におけるデータ利活用の課題



- 使用化学物質の種類・量を高精度に管理
- 化審法、薬機法等による厳格な規制

- SDSや成分表に基づく、含有化学物質の種類・量の情報あり
- 消費・廃棄における物質変化の情報は限定的

- 法定の物質項目は実測し、流入・放流規制
- 多種多様な化学物質が混合され、変化して、何がどれだけ入っているか完全把握は困難
- 下水処理で除去・低減される物質もあるが、分解率・環境移行率は物質性状により異なる

存在する化学物質に関する情報（データ）

高品質（種類・量が明確）

低品質（ノイズが多く、種類・量が不明確*）
(*法定の実測項目除く)

上流の高品質なデータを活用し、下流を把握・推定
→ **1. 化学物質管理情報の活用（PRTR）**

下流の低品質なデータを補足
→ **2. 効率的なモニタリング（測定・評価）**

1. 化学物質管理情報の活用（PRTR）

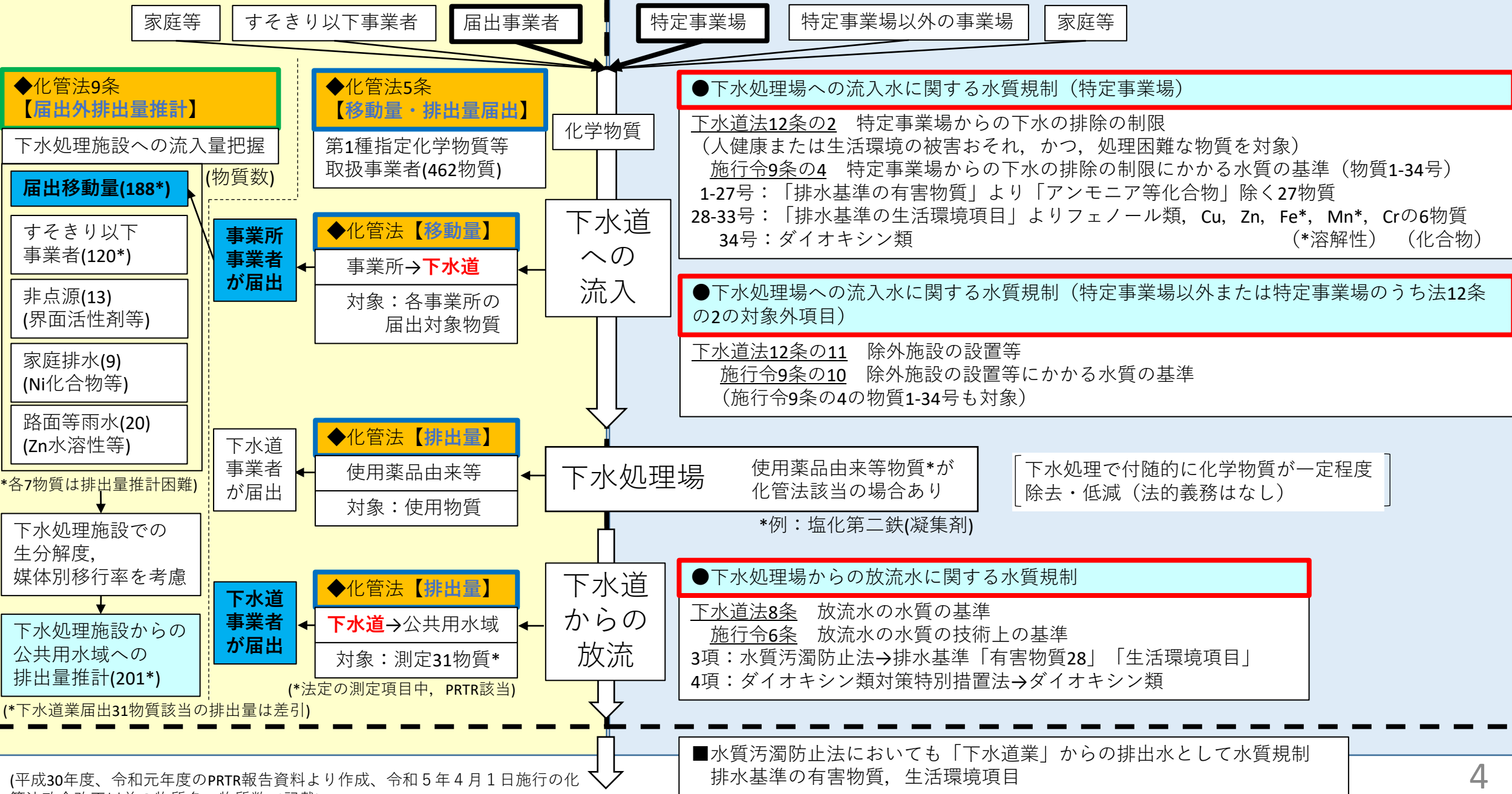
- 1) 化管法による管理と下水道法による水質規制
→管理の制度と、そこから得られる情報

- 2) 公共用水域への排出割合の推定
→得られた情報の効率的な対策（スマート管理）への活用

下水道における化学物質管理の現状と今後の展望、山下洋正、
水環境学会誌 44 (8)、 258-261、 2021

◆化管法による管理

●下水道法による水質規制



(平成30年度、令和元年度のPRTR報告資料より作成、令和5年4月1日施行の化管法政令改正以前の物質名、物質数で記載)

●下水道法による水質規制

特定事業場

特定事業場以外の事業場

家庭等

化学物質

下水道への
流入

●下水処理場への流入水に関する水質規制（特定事業場）

下水道法12条の2 特定事業場からの下水の排除の制限
(人健康または生活環境の被害おそれ、かつ、処理困難な物質を対象)
施行令9条の4 特定事業場からの下水の排除の制限にかかる水質の基準 (物質1-34号)
1-27号: 「排水基準の有害物質」より「アンモニア等化合物」除く27物質
28-33号: 「排水基準の生活環境項目」よりフェノール類, Cu, Zn, Fe*, Mn*, Crの6物質
34号: ダイオキシン類 (*溶解性) (化合物)

●下水処理場への流入水に関する水質規制（特定事業場以外または特定事業場のうち法12条の2の対象外項目）

下水道法12条の11 除外施設の設置等
施行令9条の10 除外施設の設置等にかかる水質の基準
(施行令9条の4の物質1-34号も対象)

下水処理場

使用薬品由来等物質*が
化管法該当の場合あり

*例: 塩化第
二鉄(凝集剤)

下水処理で付随的に化学物質が一定程度
除去・低減 (法的義務はなし)

下水道からの
放流

●下水処理場からの放流水に関する水質規制

下水道法8条 放流水の水質の基準
施行令6条 放流水の水質の技術上の基準
3項: 水質汚濁防止法→排水基準「有害物質28」「生活環境項目」
4項: ダイオキシン類対策特別措置法→ダイオキシン類

■水質汚濁防止法においても「下水道業」からの排出水として水質規制
排水基準の有害物質, 生活環境項目

(令和5年4月1日施行の化管法政令改正以前の物質名、
物質数で記載)

◆化管法による管理

◆化管法9条 【届出外排出量推計】

下水処理施設への流入量把握(物質数)

届出移動量(188*)

- すそきり以下事業者(120*)
- 非点源(13)(界面活性剤等)
- 家庭排水(9)(Ni化合物等)
- 路面等雨水(20)(Zn水溶性等)

(*各7物質は排出量推計困難)

下水処理施設での生分解度、媒体別移行率を考慮

下水処理施設からの公共用水域への排出量推計(201*)

(*下水道業届出31物質該当の排出量は差引)

水質規制項目以外は推計

家庭等

すそきり以下事業者

届出事業者

◆化管法5条 【移動量・排出量届出】

第1種指定化学物質等取扱事業者(462物質)

◆化管法【移動量】

事業所→**下水道**
対象：各事業所の届出対象物質

◆化管法【排出量】

使用薬品由来等
対象：使用物質

◆化管法【排出量】

下水道→公共用水域
対象：測定31物質*

(*法定の測定項目中、PRTR該当)

下水道への移動量を排出量推計に活用

事業所事業者が届出

下水道事業者が届出

水質規制項目は実測で把握・届出

下水道事業者が届出

検出下限値未満の扱い方(1/2で流量を乗じて計算)で過大算出の懸念も

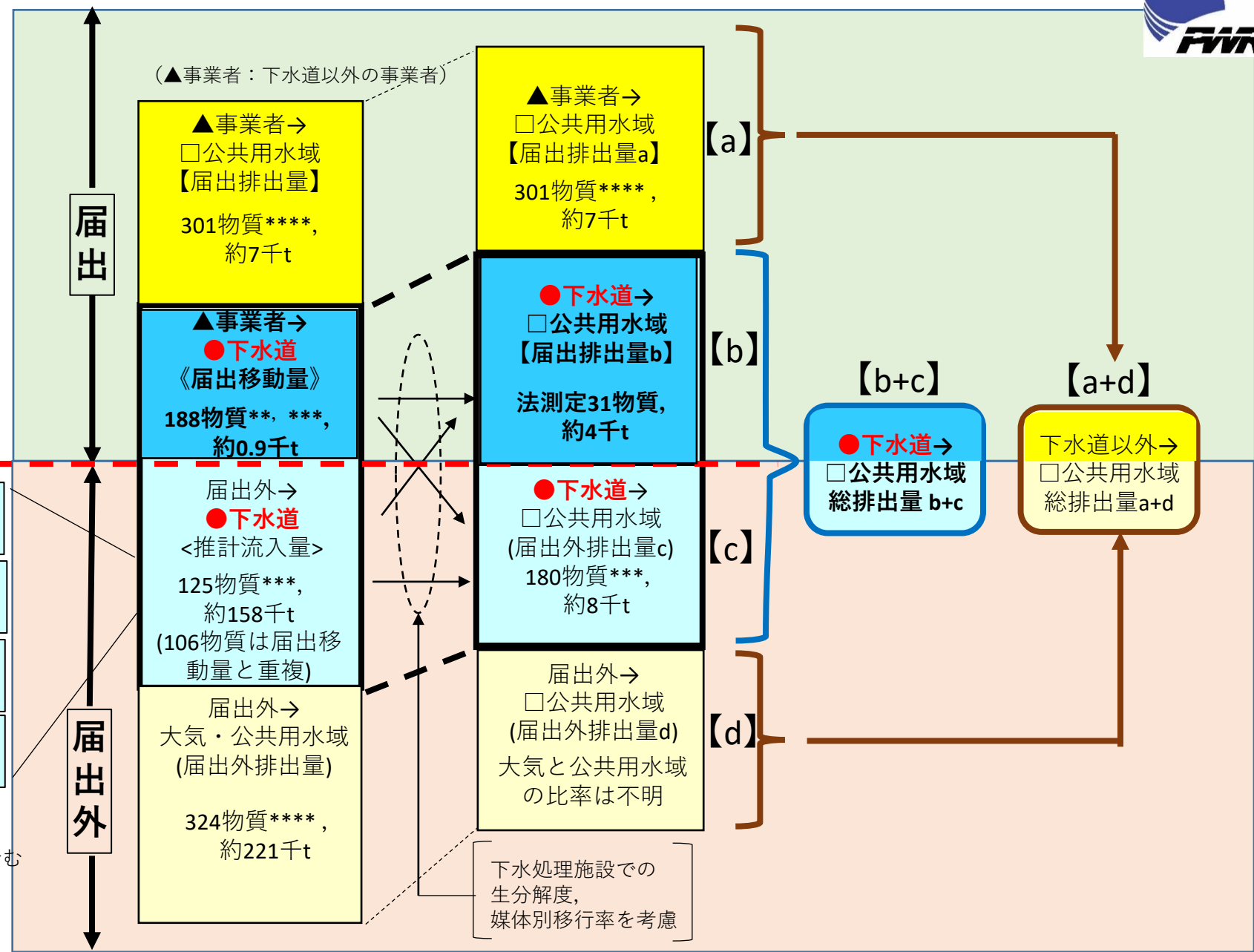
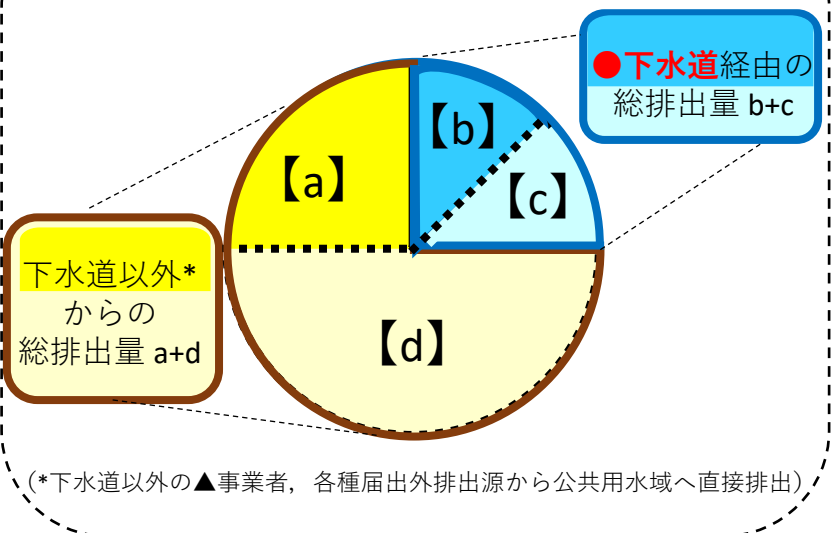
化学物質

下水道への流入

下水処理場

下水道からの放流

公共用水域への排出割合の推定



すそきり以下事業者
120**物質, 約5kt

非点源(界面活性剤等)
13物質, 約153kt

家庭排水(Ni化合物等)
9物質, 約0.3kt

路面等雨水(Zn水溶性等)
20物質, 約0.6kt

(**うち各7物質は排出量推計困難)

(***移動, 排出量ゼロの物質を含む可能性あり)

(****排出量ゼロでない物質数)

化学物質ごとに、
水環境影響の把握・対策検討で、
下水道経由に着目すべきかどうかの判断に活用

スマートな化学
物質管理への
データ利活用

(平成30年度、令和元年度のPRTR報告資料より作成、令和5年4月1日施行の化管法政令改正以前の物質名、物質数で記載)

2. 効率的なモニタリング（測定・評価）

1) 効率的モニタリング

～下水処理場における化学物質の流入・挙動データ取得

→種類と量のデータの補完

2) 簡易リスク評価

→効率的な対策（スマート管理）への活用

下水処理施設におけるP R T R物質の除去率調査および簡易リスク評価、
（国研）土木研究所 ○高沢麻里・北村友一・村田里美・鈴木裕識・小森行也・
對馬育夫・山下洋正、国立研究開発法人 国立環境研究所 小口正弘、
第58回下水道研究発表会、PP.10-12、2021（本研究の一部は（独）環境再生保
全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF19S20402）により実施）

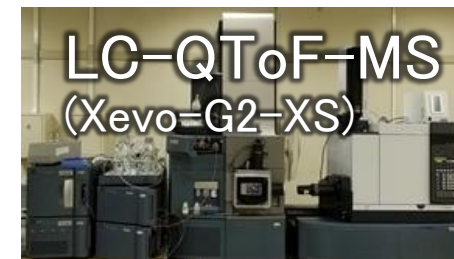
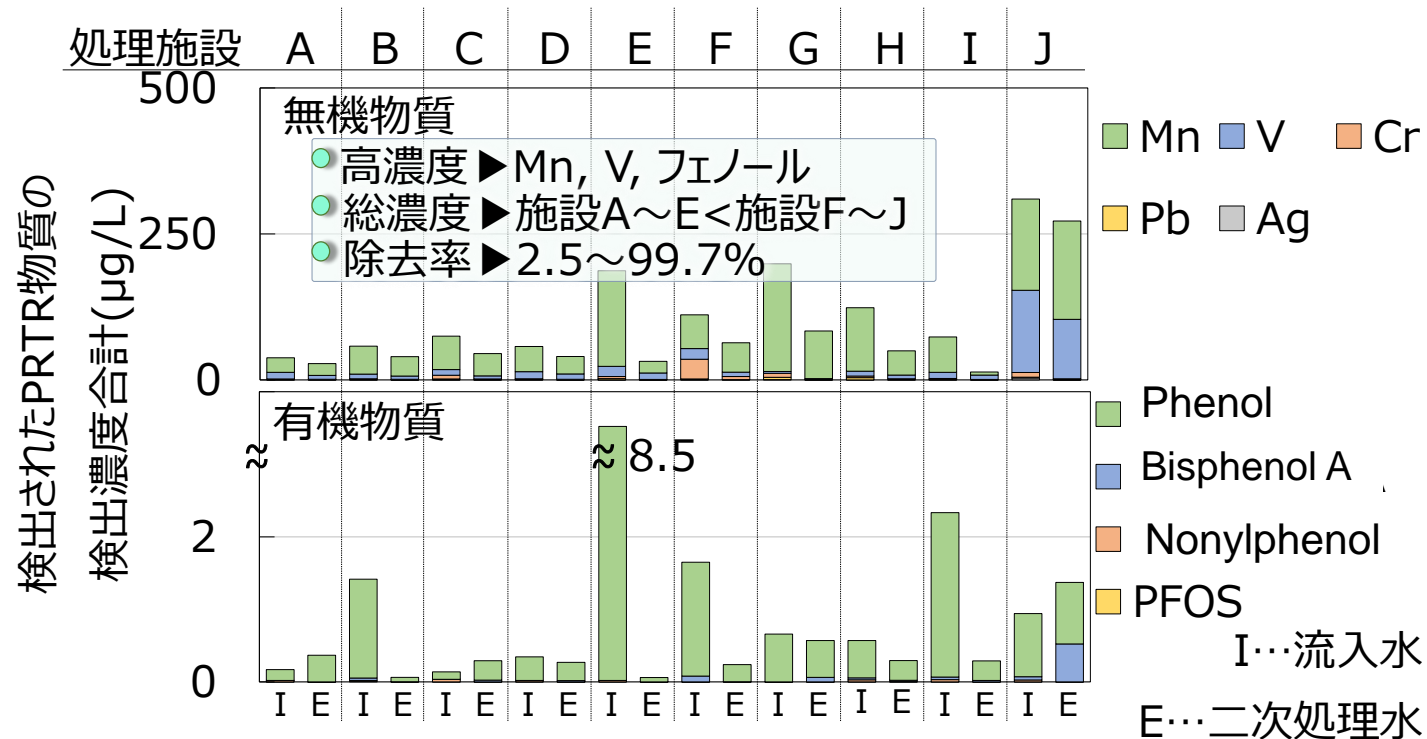
効率的モニタリング～下水処理場における化学物質の流入・挙動データ取得



- 水中化学物質の網羅的分析
- ICP-MS：無機物質 (金属他)
- LC-QToF-MS (精密質量分析)：有機化学物質

利点：多数の化学物質の一斉分析

課題：機器コスト、測定技術、**測定結果の活用**

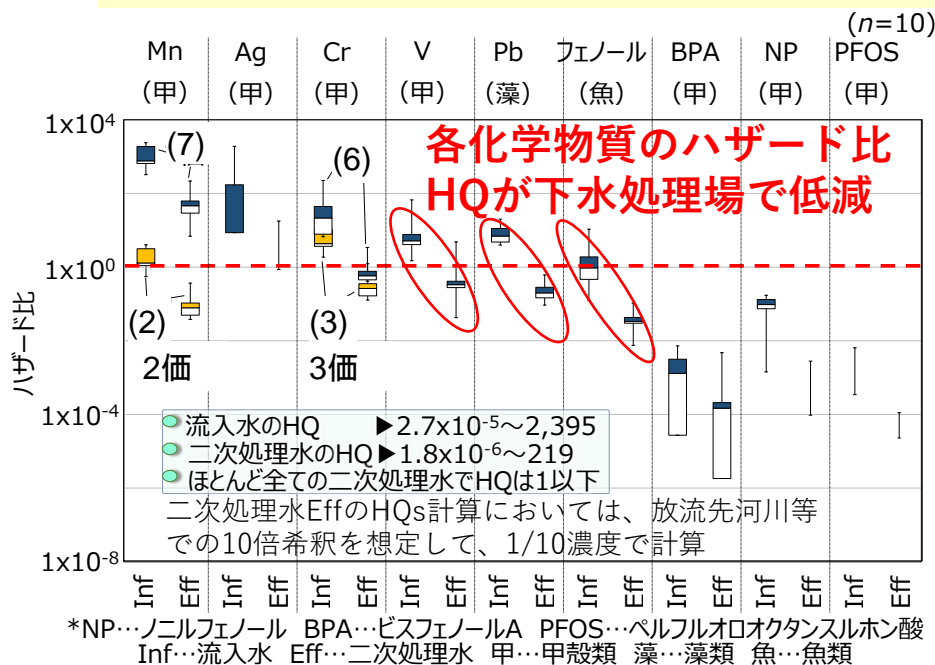


簡易リスク評価

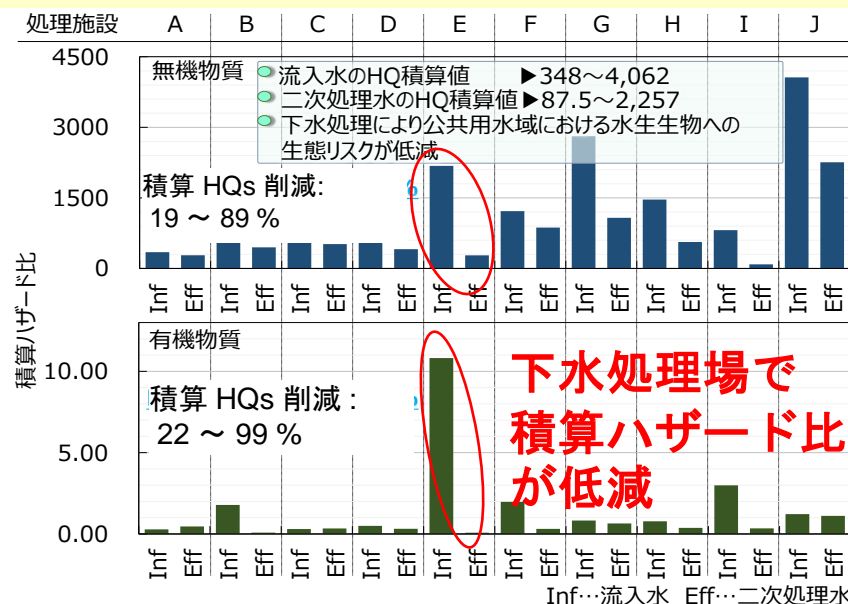
- 下水道を経由する化学物質の簡易的な水環境影響評価
- 実測値および公表リスク情報に基づく

$$\text{ハザード比 Hazard Quotient (HQ)} = \frac{\text{MEC (測定値、網羅的分析より)}}{\text{PNEC (公表データより)}} \rightarrow \text{積算 HQ } (\sum \text{HQs})$$

HQ(Mn) + HQ(Ag) + ... +



流入水と二次処理水から検出されたPRTR物質(9)のハザード比



水生生物へのリスクが下水処理により低減

二次処理水EffのHQs計算においては、放流先河川等での10倍希釈を想定して、1/10濃度で計算

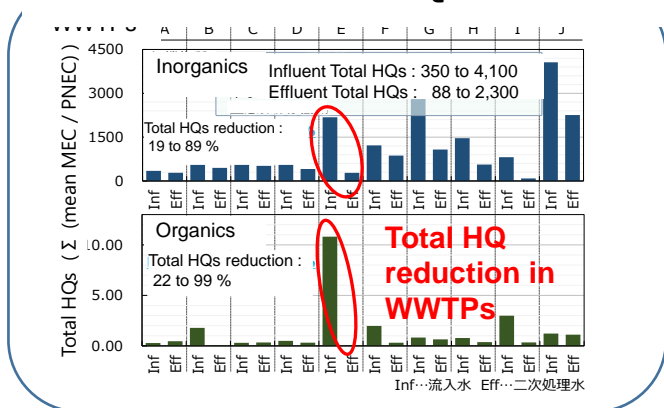
下水試料から検出されたPRTR物質の積算ハザード比

(10下水処理場、5無機物質、4有機化学物質)

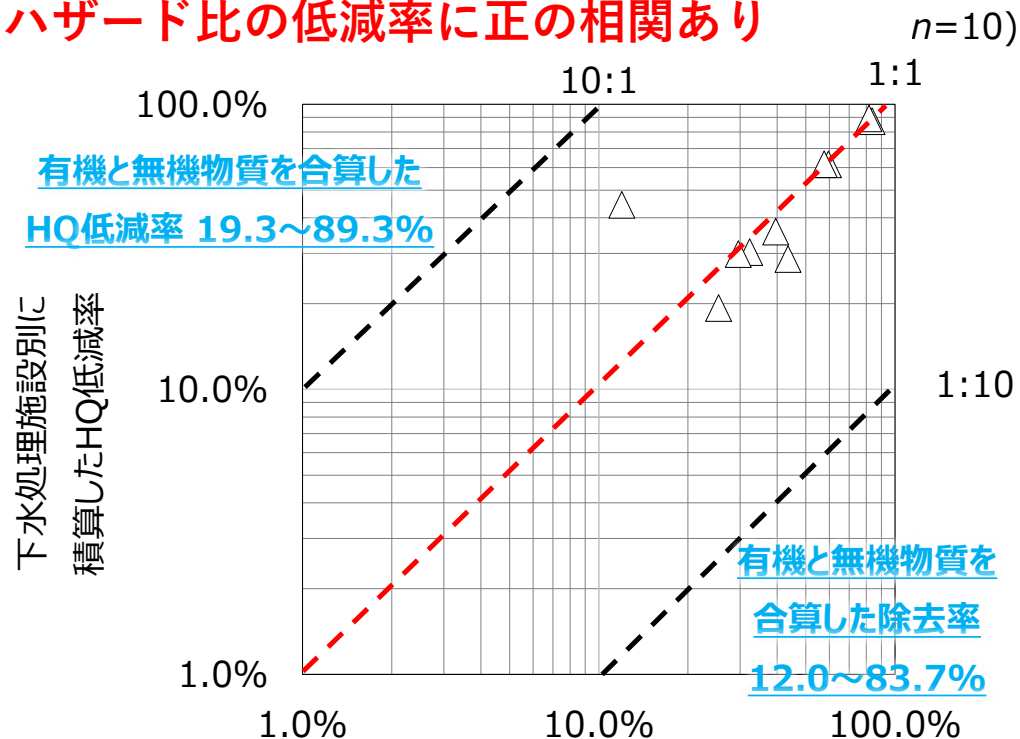
下水処理場における化学物質除去に伴うリスク削減の簡易推定

- 下水処理による削減寄与が推定可能

積算ハザード比HQの低減率

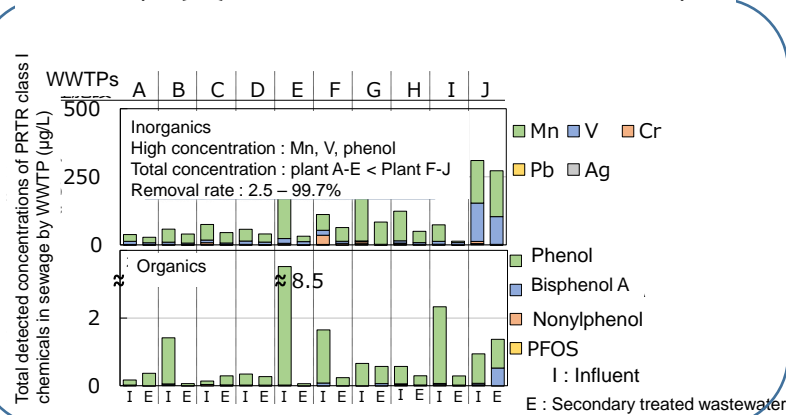


PRTR物質の濃度積算値の除去率と積算ハザード比の低減率に正の相関あり



下水処理施設別に積算したHQ低減率

化学物質の濃度積算値の除去率



流入水と放流水から検出されたPRTR物質の濃度積算値から算出した除去率

3. 今後求められる取り組み

1) 化学物質関連データの組み合わせ、一層の統合活用

- ◆化学物質の存在量の時間・空間分布データ（PRTRに基づく事業所からの移動量・排出量のマッピング含む）
- ◆放流先水環境の変化（流量等、将来の気候変動影響の予測含む）
- ◆生態毒性情報（上流側知見、複合曝露の影響含む）

2) DX活用（実施主体の負担軽減のため、コストや労力も低減）

- ◆シミュレーションの活用○
 - ◆水質センサー、ドローン、リモートセンシング等の活用△
- 現在の技術では、多数の化学物質の個別把握・管理への適用は困難

まとめ

(1) 下流（下水道～水環境）でのスマートな化学物質管理には、利活用可能なデータの質と量に応じて、上流とは異なるアプローチも必要。

(2) 現行のPRTRや法制度で得られるデータおよびリスク推定に加え、移動・排出量の時空間分布、放流先水域変化等のデータを組み合わせた統合活用が今後さらに期待。

(3) 実施主体の負担軽減（コストや労力の低減）にも留意したスマート化が重要（技術の高度化のみでなく）。