

# 多媒体環境動態予測モデル G-CIEMS の改訂版について

(国研) 国立環境研究所  
環境リスク・健康領域

今泉圭隆、鈴木規之

2022.02.15



National  
Institute for  
Environmental  
Studies, Japan

## □ G-CIEMSの概要と基本構造

- 多媒体モデルについて
- G-CIEMSの基本構造

## □ G-CIEMSの改訂内容

- 改訂版（G-CIEMS Ver.1.2）の概要
- 特に、下水処理過程の導入について

## □ 化学物質管理に向けて

- モデル予測結果の正しい解釈に向けて
- リスク評価や政策との関連性について

# G-CIEMSの概要と基本構造

環境中化学物質の挙動に関して数理的に解くもの

## □ 「仮想的な単一時空間」から「より実環境に近い時空間まで」

- 1 boxモデルのようなシンプルなものから、現実に近い複雑なものまで
- 着目した物質の挙動を数理的に仮定
- 目的の時間・濃度・距離などを算出

## □ 対象物質や利用目的に応じて様々なモデルが存在

- 目的に応じて仮想的時空間の仮定が異なり、結果として様々なモデルが存在する
- コンピュータの性能の向上で簡便にモデル作成が可能に

## □ 大気、水、底質、土壌という 多媒体

- モデルによって扱う媒体は異なる

## □ 系外とのやりとり

## □ 系内の媒体間の移動

- 複数のプロセスを解くことも

## □ 媒体内での分配・分解

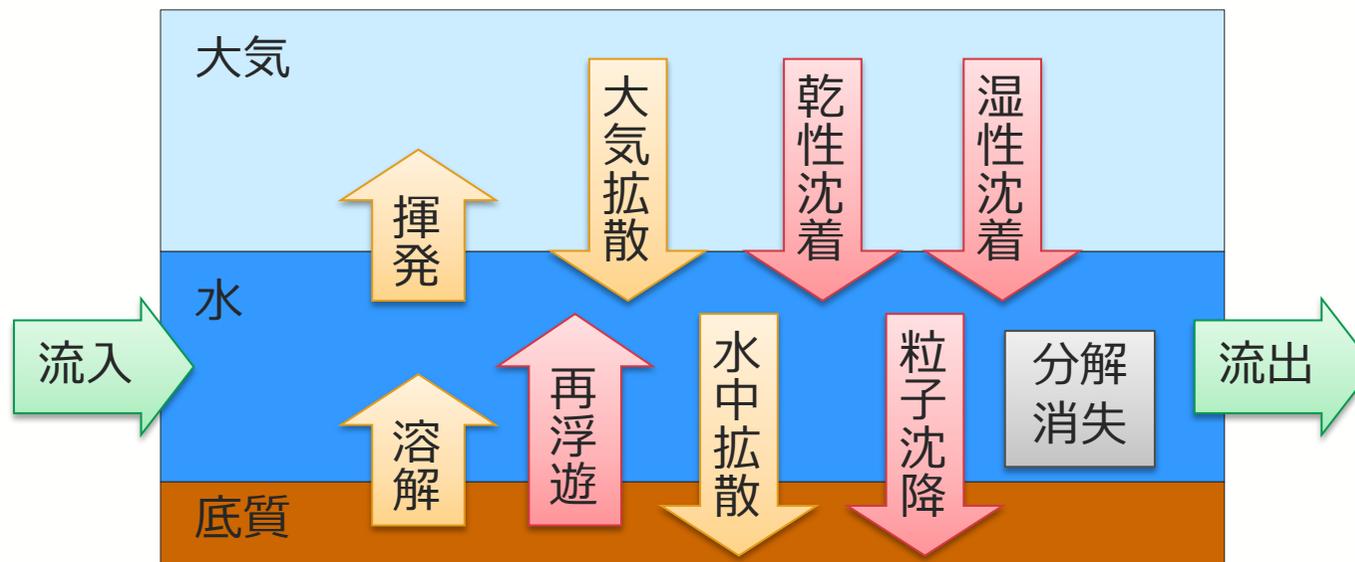
例：土壌内には気相・固相・液相を想定

**削除**  
**(USES v4.0 によるRegional  
PEC導出モデル模式図)**

※USES v4.0 マニュアルより抜粋

## □ マスバランスモデル

- 多媒体モデルは一般に媒体間輸送を記述するマスバランスモデルとして記述される
- 例えば水媒体中のマスバランスは下記の輸送等の影響を受ける。



## □ 単純な多媒体モデルの例

- 多媒体モデル (MuSEM) を利用した例 (国立環境研究所にてWeb公開中)

## □ 空間分解能

- 都道府県 (一つ選択)、日本全体、温帯域の3重の入れ子構造
- それ以上の空間分解はなし

## □ モデルの目的

- どの媒体に存在しやすいか予測すること

表 2.3 媒体別分配割合の予測結果

媒体	分配割合(%)		
	上段：排出量が最大の媒体、下段：予測の対象地域		
	環境中	大気	公共用水域
	愛媛県	岡山県	愛媛県
大気	0.3	77.0	0.3
水域	98.4	13.9	98.4
土壌	0.0	8.0	0.0
底質	1.3	1.1	1.3

注：数値は環境中で各媒体別に最終的に分配される割合を質量比として示したものの

※化学物質の環境リスク評価 第12巻より抜粋

ジメチルアミンの例

- MuSEM公開ページ  
([https://www.nies.go.jp/rcer\\_expoass/musem/musem.html](https://www.nies.go.jp/rcer_expoass/musem/musem.html))

## □ 多媒体動態 + 空間分解能が両立しない

- 多媒体モデル：多媒体動態は詳細、全計算領域を1Boxもしくは近い形で設定し空間分解能は（ほぼ）ない
- 例えば大気モデル：単一媒体のみ、計算領域内の空間分解が可能
- →両方の特徴を持つモデルが有効では？

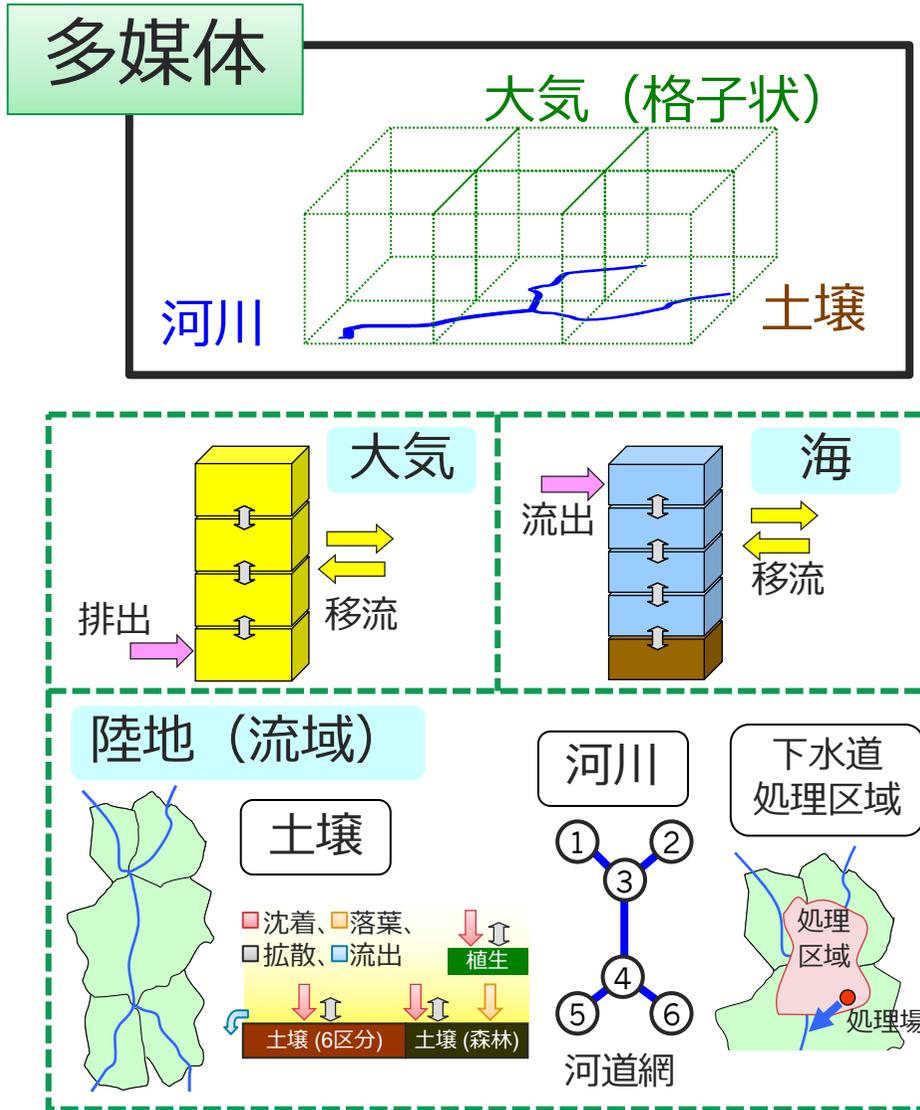
## □ GIS多媒体モデルの設計

- 特に地表媒体は、地形に強く影響され、大気のようなグリッド的定式化があまり現実的でない
- →河道・流域を基本とし、これにグリッド（格子状）的な大気媒体を載せた形で設計

## □ 具体的な構想

- 我々のGISモデル（G-CIEMSモデル）の研究目標
- →GIS河川モデルの機能と多媒体モデルの機能の統合

# G-CIEMSの基本構造



媒体等	地理形状	解像度
大気	1次+2.5次 (or 3次) メッシュ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5km×5km or</li> <li>• 1km×1km</li> </ul>
表流水・底質	【河川】 ネットワーク化された河道 【湖沼】 河道に接続する湖沼ポリゴン	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 平均長約6km</li> <li>• 約3.8万箇所</li> </ul>
土壌	小流域 (表面流出分は河道に接続)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 平均面積約9km<sup>2</sup></li> <li>• 約3.8万箇所</li> <li>• 流域内を7種の土地利用に区分</li> </ul>
海域・底質	陸域を囲む海域ポリゴン	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 平均面積約1,300km<sup>2</sup></li> <li>• 217箇所</li> </ul>
(下水道処理区域)	下水道への接続可能地域のポリゴン (一部計画含む)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1処理場あたりの平均面積17km<sup>2</sup></li> <li>• 1,588箇所</li> </ul>

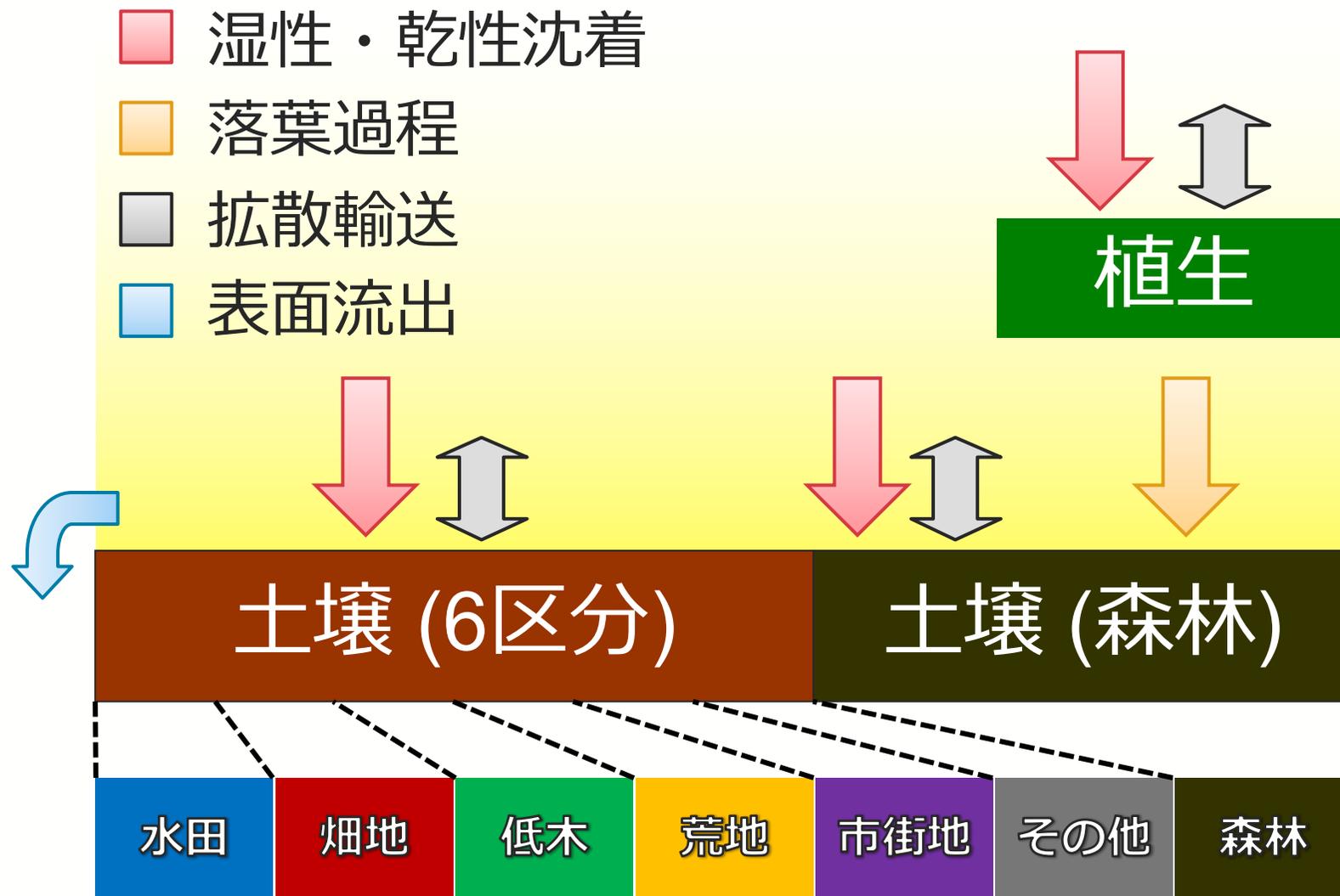
今回改訂部分

● Suzuki, N. et al. (2004) EST, 38, 5682-5693

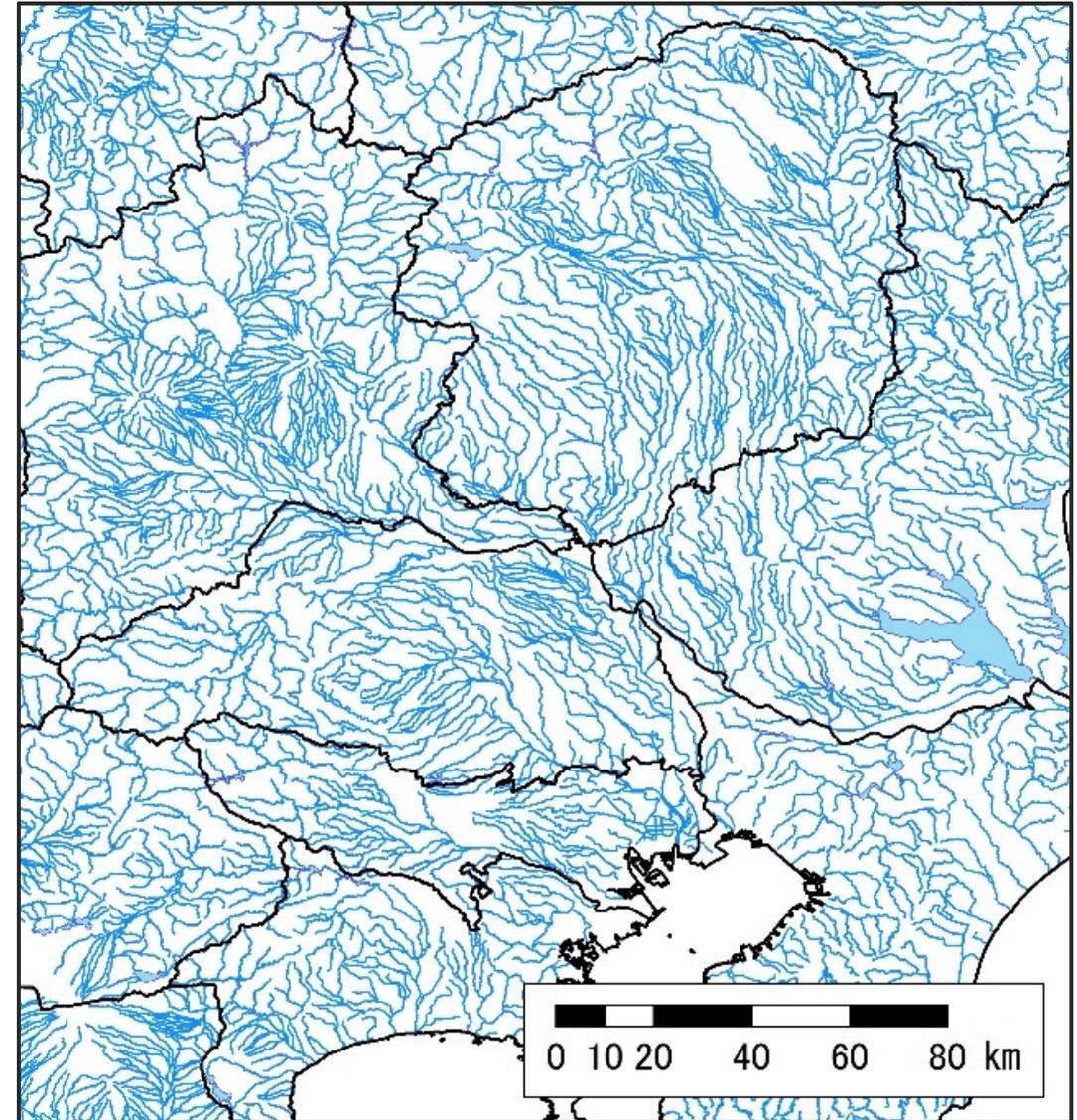
● G-CIEMS公開ページ

([https://www.nies.go.jp/rcer\\_expoass/gciems/gciems.html](https://www.nies.go.jp/rcer_expoass/gciems/gciems.html))

- 土地を7区分し、それぞれの区分での動態を計算



- 一級河川、二級河川が対象
- 国土数値情報での公開データが基盤
- 湖沼はポリゴンとして整備



首都圏

# G-CIEMS Ver.1.2の改訂内容

## G-CIEMS Ver.1.2 について

- マニュアル等の文書 (0\_doc フォルダ)
  - G-CIEMSマニュアル、地理データ説明書、排出移動量データ作成方法
- G-CIEMSプログラム本体 (1\_gciems フォルダ)
  - 実行用の簡易インターフェイス、実行時に利用されるファイル群など
- サンプル入力データベース (2\_input\_mdb フォルダ)
  - 5物質×2パターン (大気メッシュのサイズの違い) の入力データ
- 地理データ (3\_jpn\_rvr フォルダ)
  - 地理データである河道等構造データベース
- GISデータ (マップデータ) (4\_map フォルダ)
  - 大気、河道、流域、海域などの地図データ (シェープファイル)

代表的な追加・変更部分を記載。なお、旧版（Ver.0.9）と同じ設定条件で計算すればほぼ同じ計算結果が得られる。

## □ 下水処理過程のモデル化（詳細は次のスライド以降）

- 下水道処理区域のデータ化
- 家庭等からの排出（排水）から下水処理場への移動のモデル化
- 処理場での挙動（大気、放流水への移行・残留率）
- 放流先のデータ化

## □ 沿岸流域、海域データの整備

- 一級・二級河川への集水域ではない、海域に沿った流域の作成
- さらに河道データが存在しない島しょ部の流域の作成
- 陸域を包含する形で海域データを整備し、追加

## □ その他

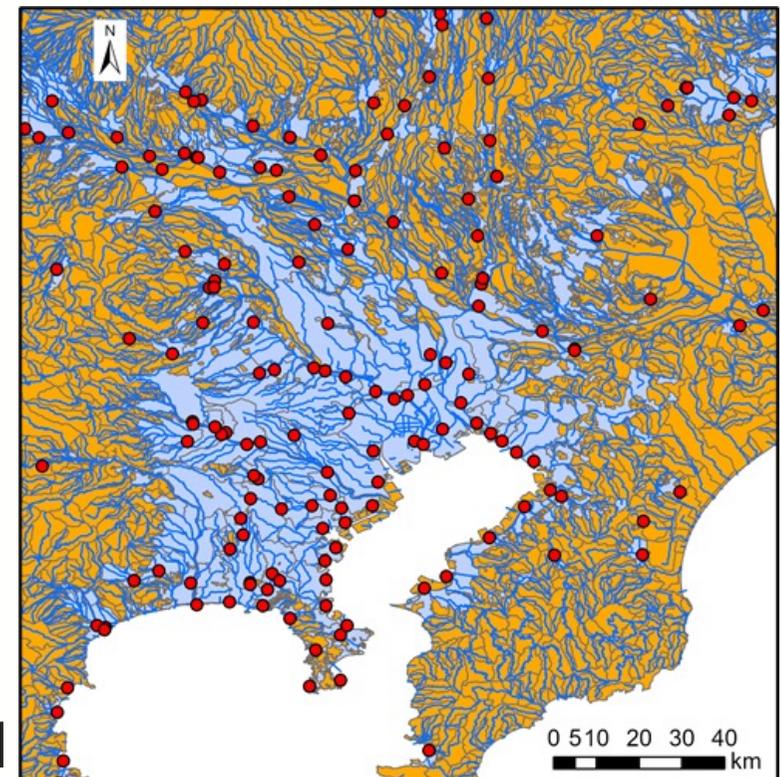
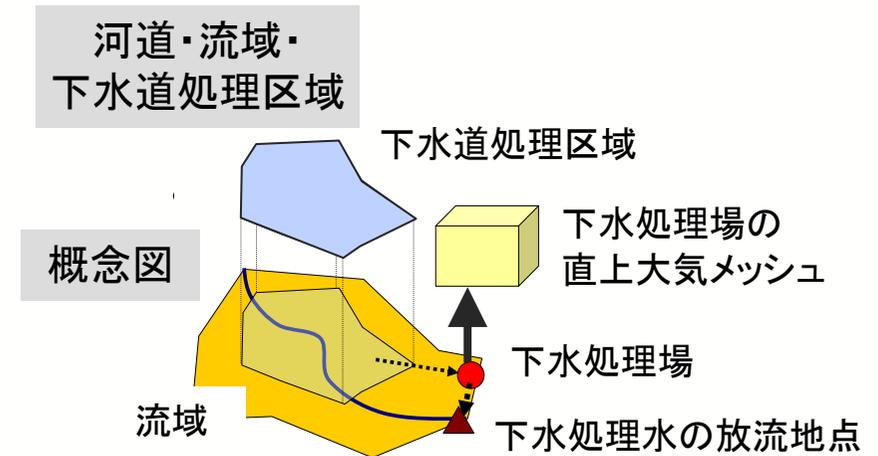
- 湖沼の取り扱いを一部変更
- 流量の見直し
- 流速等計算方法の修正
- BCFの導入

## □ 背景

- 工場等の特定の施設からだけでなく、家庭等からの排水に含まれる化学物質についても予測精度を向上させる必要性。特に主要な経路である下水処理場経由分の把握が重要。

## □ データ収集・モデル整備等

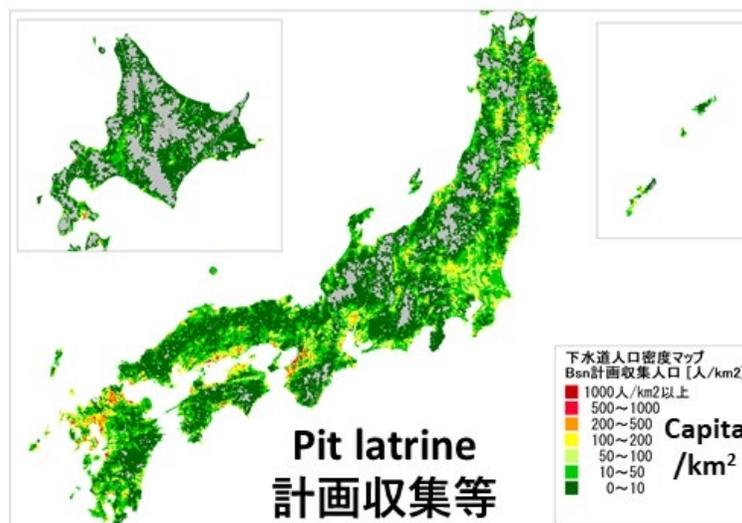
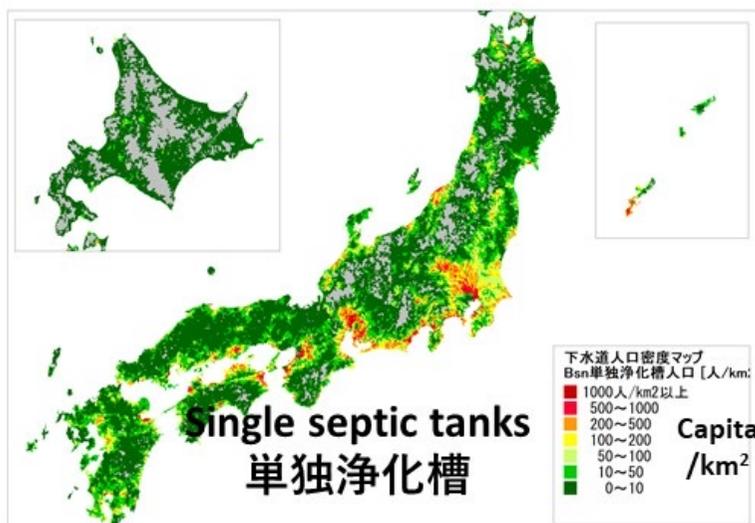
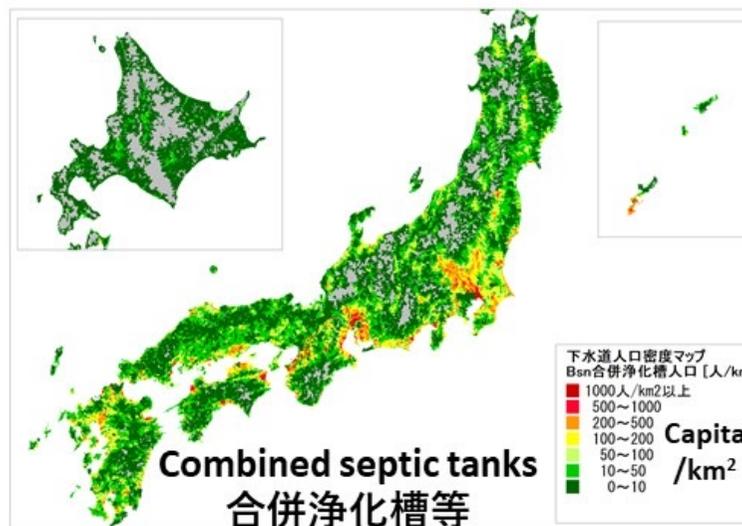
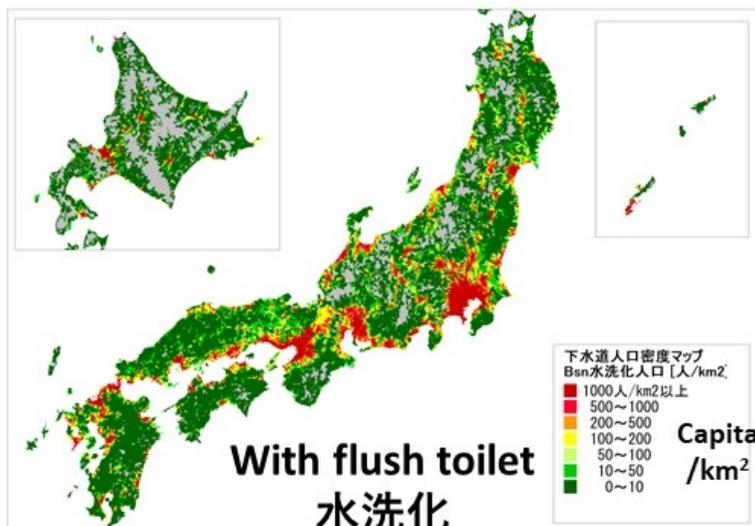
- 各事業者等から下水処理区域マップを収集し、GISのポリゴンデータ化
- 処理場への移動と、処理水の河道や海域への放流をモデルにて計算可能に
- 各単位流域について、他の下水処理方式の人口も整備しモデルに反映  
(次スライド)



首都圏

# 下水処理方式別人口密度(単位流域別表示)

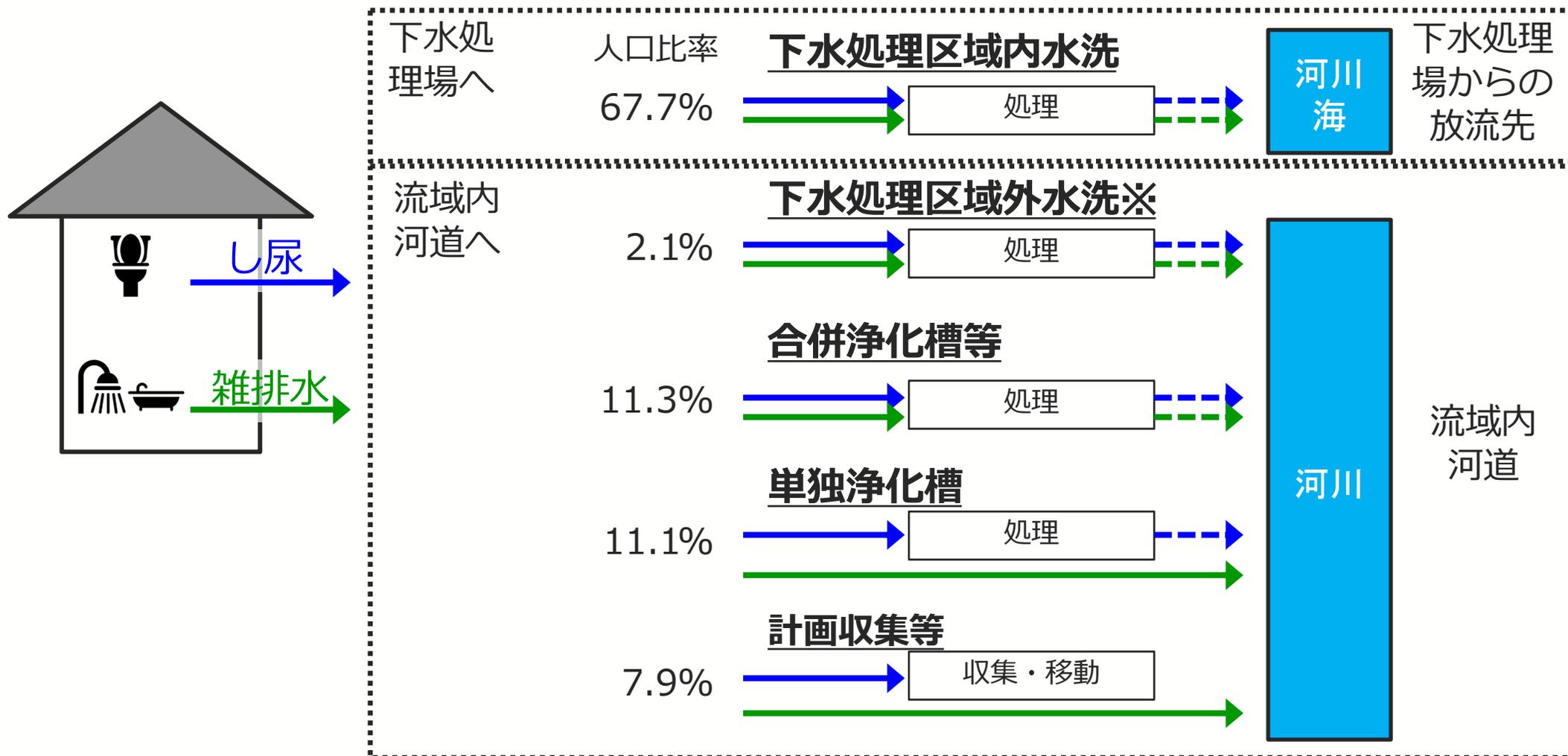
- 下水処理方式を4区分に整理し人口データを作成
  - 下水処理場に紐づけた人口データも整理し、排水の流れをモデルで再現



【利用データ】：  
500mメッシュ人口、  
下水処理区域GISと下  
水処理場およびその放  
流先の情報、市町村別  
処理場水洗化人口、都  
道府県別し尿処理方式  
別（5分類）人口、多  
媒体モデルG-CIEMS内  
地理データ

# モデル内での下水の流れ

□ し尿と雑排水を分けて整理、処理方式別の処理率設定も可能に

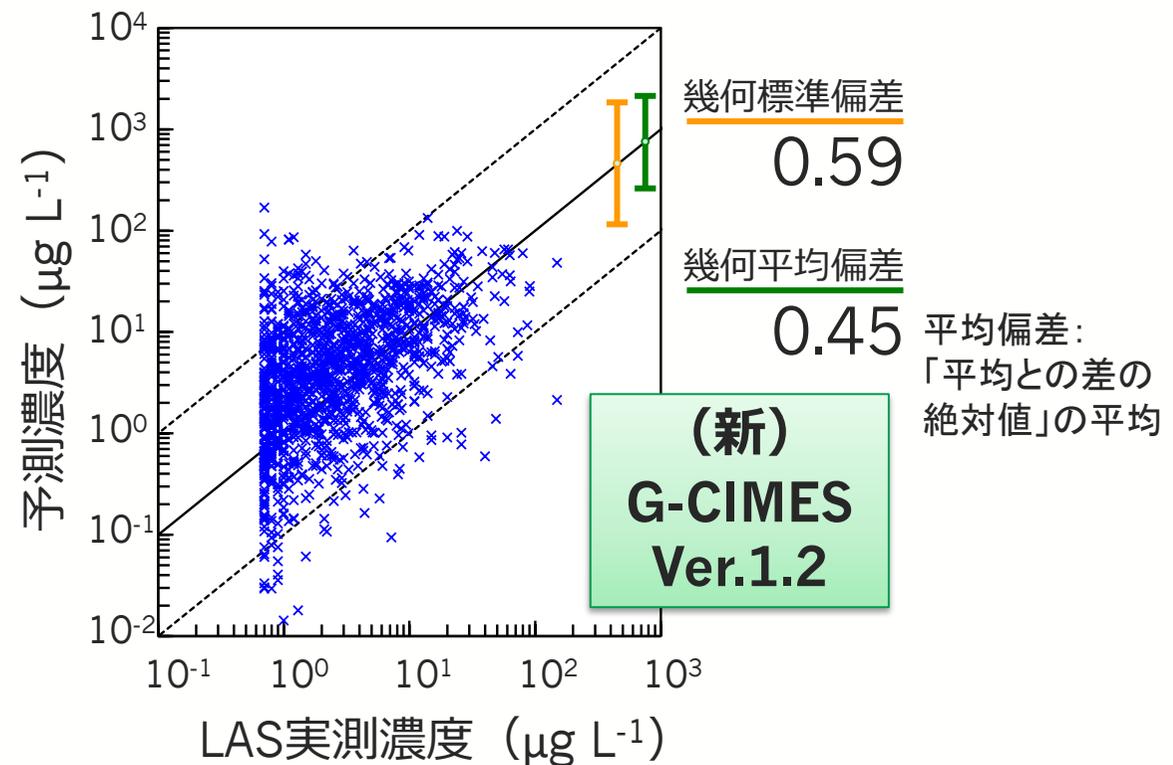
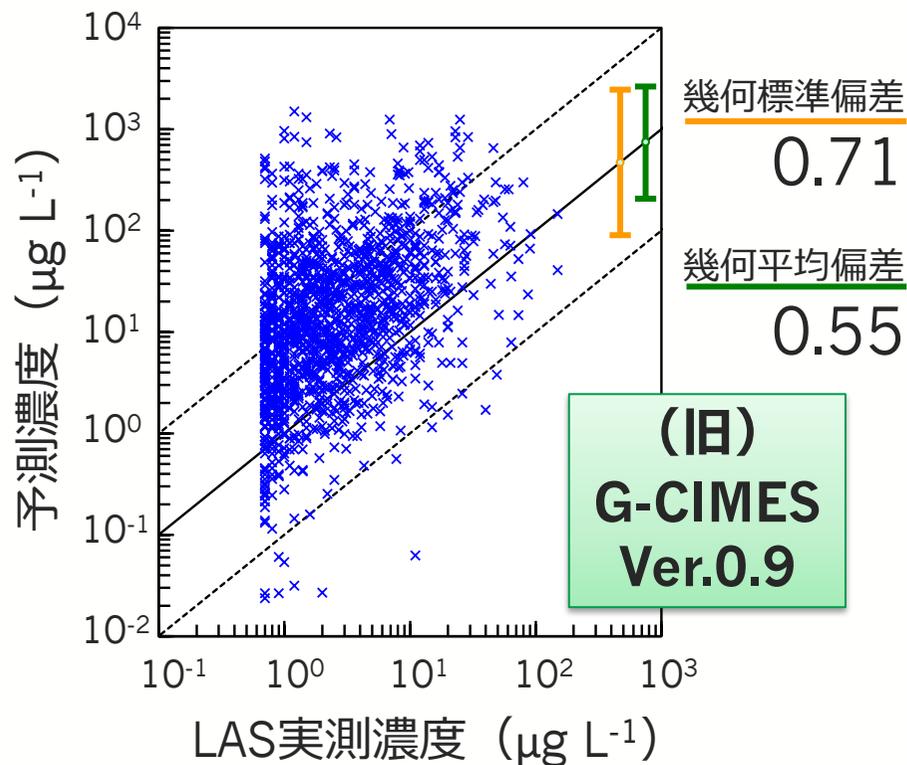


※全ての下水道処理区域の情報を入手できた訳ではない。水洗化人口は下水道統計から入手したため、その差分として「区域外の水洗人口」が存在する。

# 界面活性剤（LAS）の事例

## □ 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸（LAS）

- 排出量：左図はG-CIEMS Ver.0.9の公開排出データ（2004年度PRTR）、右図は一人当たり使用量×人口
- 実測濃度は水環境総合サイトより入手（2015年度データ）
- 排出量データが異なるため単純な比較は難しいが、一人当たり使用量での設定でバラツキが小さい（縦方向の幾何SD等が小さい）ことはモデル予測精度が向上していることを示している。また、大きく予測が外れる箇所が大幅に減少した。



直線： $y=x$ 、点線： $y=10x$ ,  $1/10x$

化学物質管理に向けて

大気中ベンゼン濃度について、実測値の範囲と単一ボックスモデルの予測、G-CIEMSの予測（箱ひげ図）を比較。G-CIEMSモデル予測を基に、各濃度域の地域の人口総数をグラフ化（黒丸の折れ線グラフ）

## □ モデル間比較

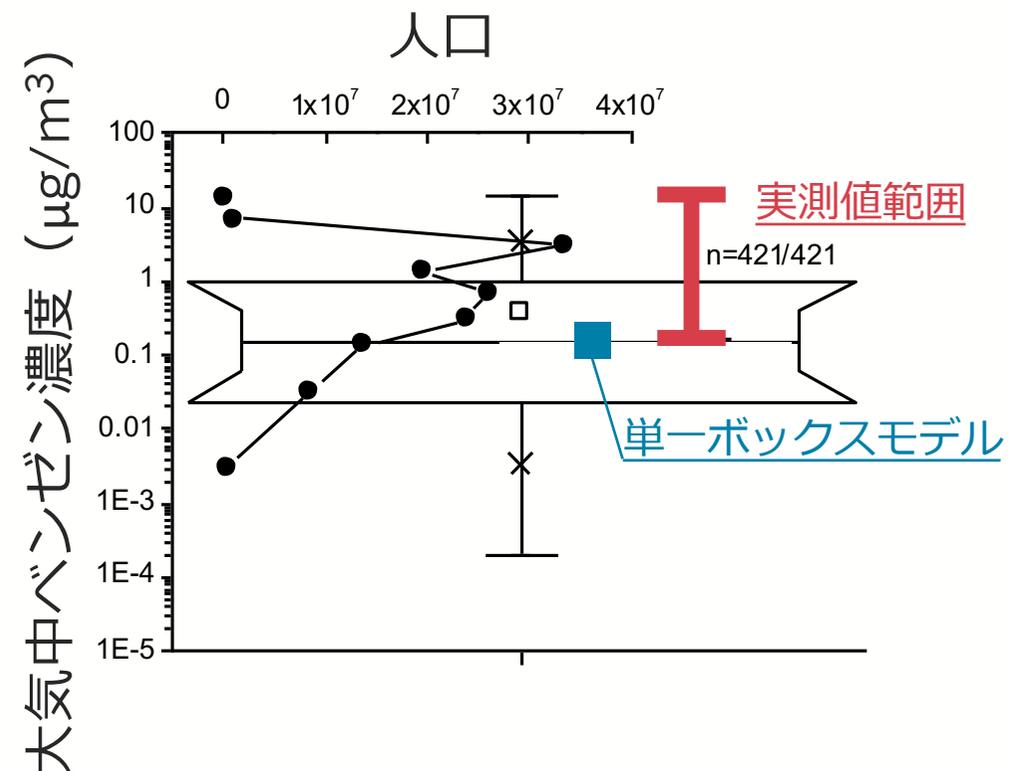
- 単一ボックスモデルの予測濃度は中央値付近

## □ 実測範囲と予測範囲

- 実測濃度の範囲は、人口が多い地域の濃度範囲とよく合致する

## □ 曝露評価において

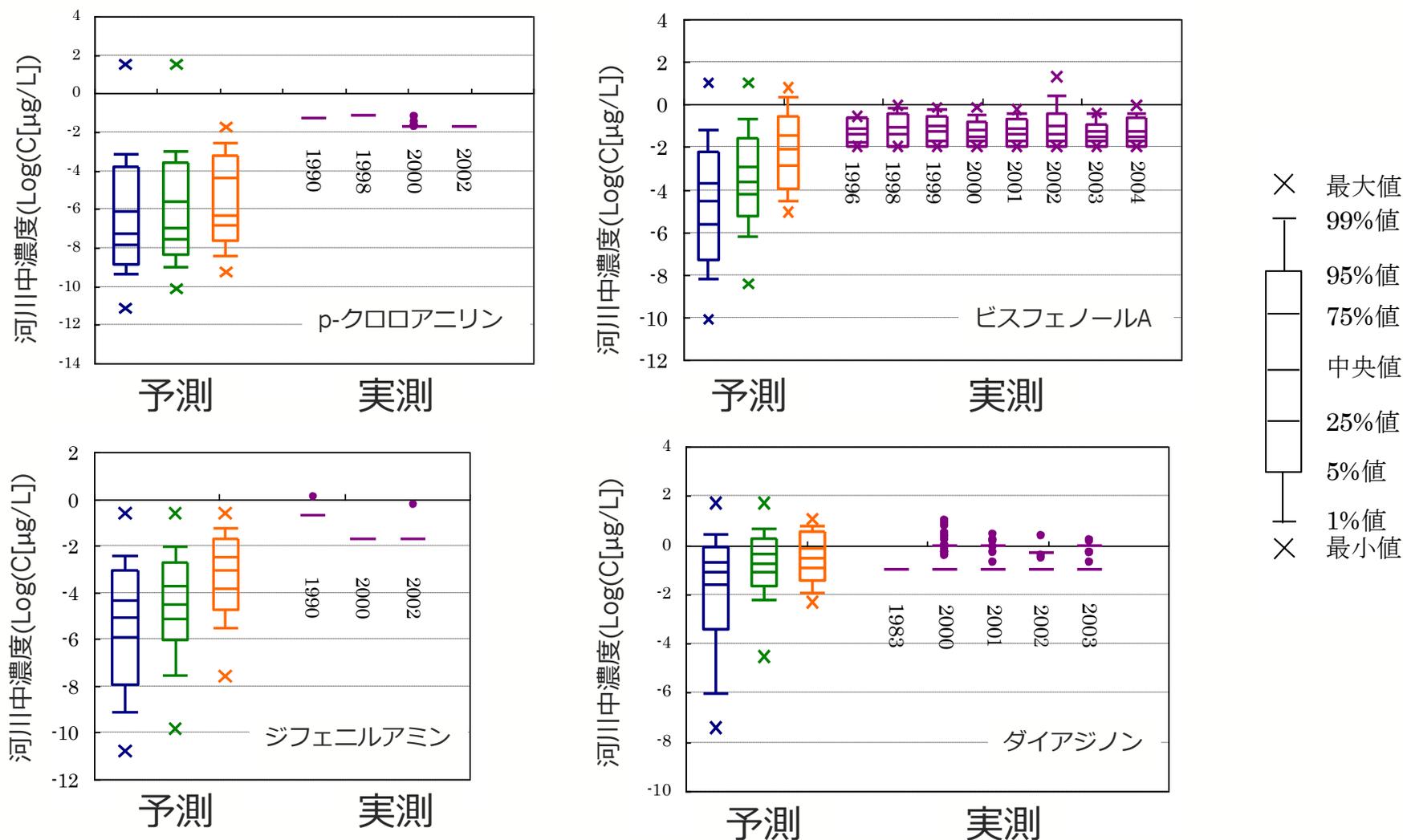
- 大気経由の曝露の評価では、予測濃度の分布の上限付近に着目する必要がある



Suzuki, N. *et al.* (2004) EST, 38, 5682-5693

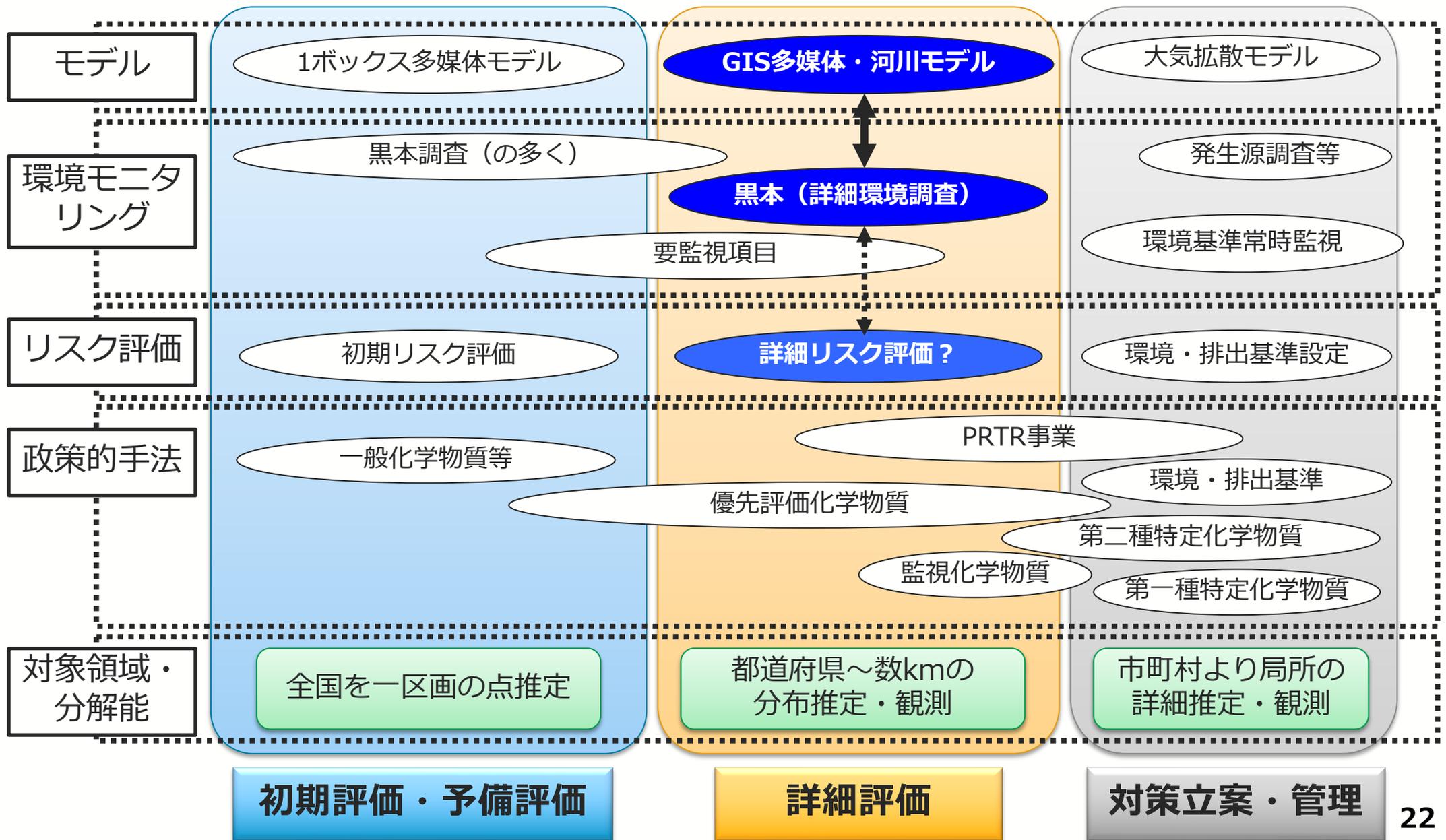
## 河川水に関して、実測濃度の範囲とG-CIEMSの予測範囲を比較

- PRTRデータに基づき、「**全地域**」、「**100人/km<sup>2</sup>以上**」、「**400人/km<sup>2</sup>以上**」での濃度分布を図示、**モニタリングデータ**を右側に図示



# リスク評価の課題と手法、政策の整理

□ 評価のレベルに合わせた手法や政策が重要と考える（下図はあくまで私見）



## □ 万能なモデルは存在しない

- 解決すべき課題、対象物質、対象範囲などに応じて適切なモデルの選択が重要
- 計算結果についての正しい解釈が重要

## □ モデルだけでは解決できない

- 結果の信頼性は、環境排出量の正確性にも大きく依存する
- 観測された情報による確認・検証が必要
- 新たな物質・ニーズへ対応するためにも継続的な改良・検証が必要

# ご清聴ありがとうございました。

G-CIEMS、MuSEM等のモデル・ツールは国立環境研究所のWebサイトで公開中です。 ([https://www.nies.go.jp/rcer\\_expoass/](https://www.nies.go.jp/rcer_expoass/))

or

