



環境多媒体モデル (G-CIEMS)について

(独)国立環境研究所 環境リスク研究センター
今泉圭隆、鈴木規之

本日の発表概要

- ▶ 化学物質の環境モデルとは？
- ▶ 環境多媒体モデル(G-CIEMS)の基本構造
- ▶ 環境多媒体モデル(G-CIEMS)の計算手順
- ▶ 計算結果の解釈と化学物質管理に向けて

化学物質の環境モデルとは？



化学物質の環境モデルとは

環境中の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」
 - 1box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への強い依存性
 - 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

多媒体モデル

- ▶ 大気、水、底質、土壌環境という多媒体
- ▶ 系外とのやりとり
- ▶ 媒体間の移行
- ▶ 媒体内での分配・分解

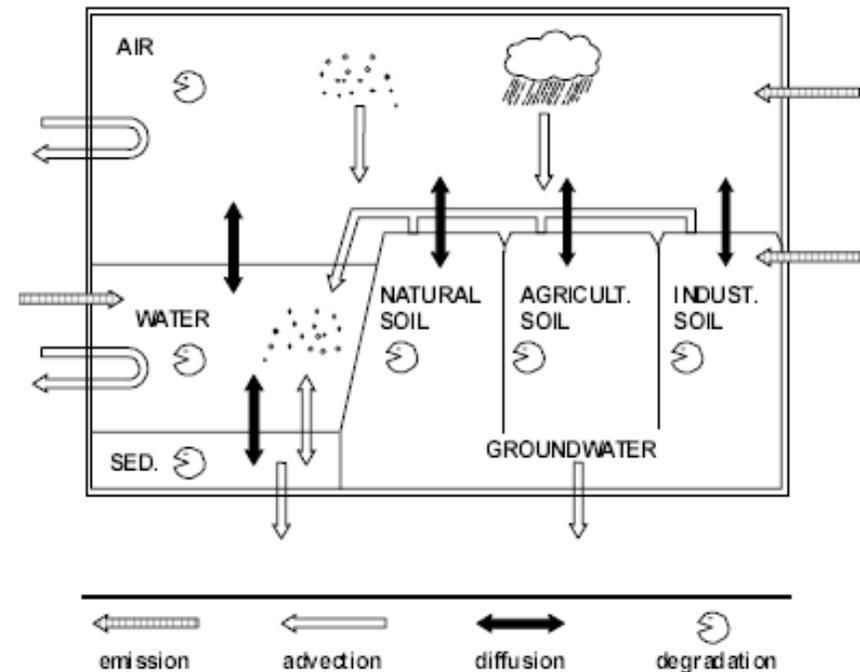
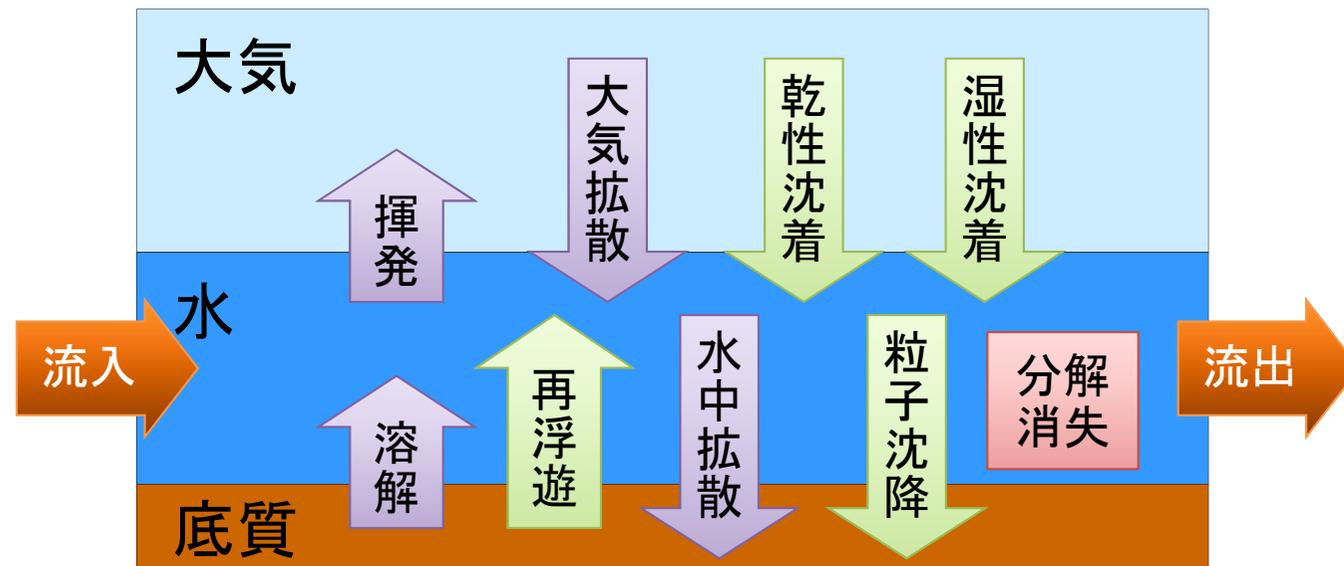


Figure II-10 Schematic representation of the model for calculating the regional PEC.

※USES v4.0 マニュアルより抜粋

モデルの構造

- ▶ 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。



平衡vs.非平衡、定常vs.非定常

モデルが記述する系の時間的仮定として非定常，定常および平衡の3種類を考えることができる。

- ◆ **平衡**: いわゆる化学平衡
- ◆ **定常**: 環境モデルにおいては系は必ずしも外界との間で閉じておらず，このような場合に系に対する流入・流出を含めたマスバランスの結果として系内の状態が時間的に一定となることが定常状態
- ◆ **平衡と定常の違い**: 平衡と定常は異なる概念であり，大域的な定常状態にある系の中に局所的な平衡状態が存在することも，しないことも可能
 - 多媒体モデルにおいては非平衡定常の仮定のもとに計算を行うことが多い。

多媒体モデルの活用例：環境リスク初期評価

- ▶ 多媒体モデル(MuSEM)を利用した例
 - 当研究室にてWeb公開中
- ▶ 都道府県、日本全国、温帯域の3重の入れ子構造
- ▶ どの媒体に存在しやすいか予測することが目的
- ▶ PRTRデータを利用

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

※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

多媒体モデルの発展: GISモデル

- ▶ 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、これにグリッド的な大気媒体を載せた形で設計
- ▶ 具体的な構想
 - 国立環境研究所環境リスク研究センターでの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、大気モデルの機能の統合

環境多媒体モデル (G-CIEMS) の基本構造



G-CIEMSの基本構造

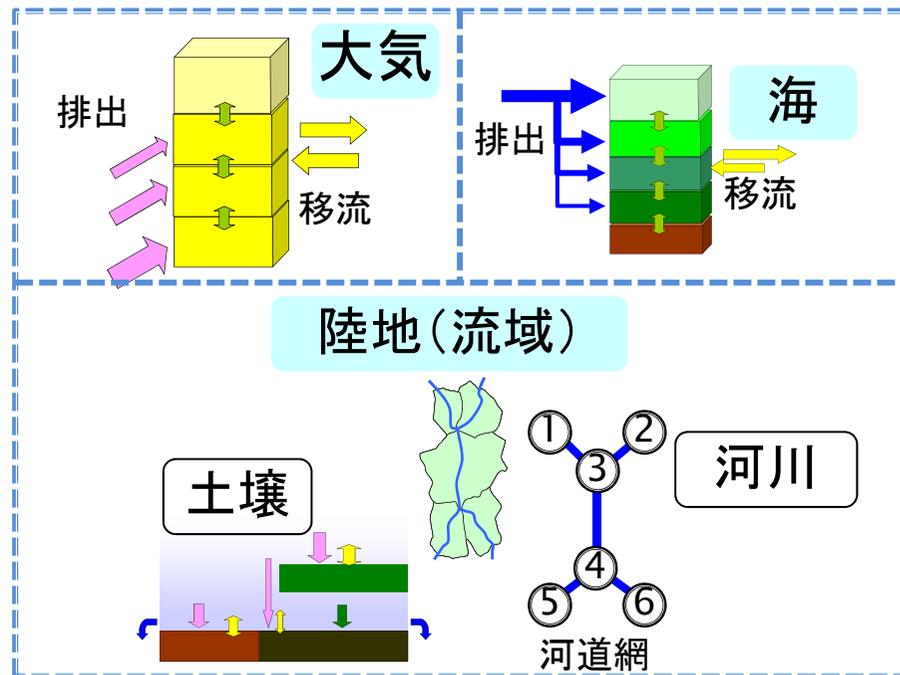
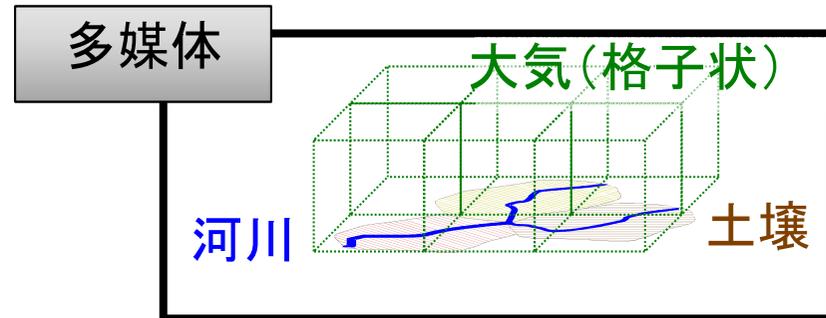
◆ モデル自身は固有のデータを持たない



モデル空間の情報は実行時にデータで投入

◆ 現状保有する日本のデータ

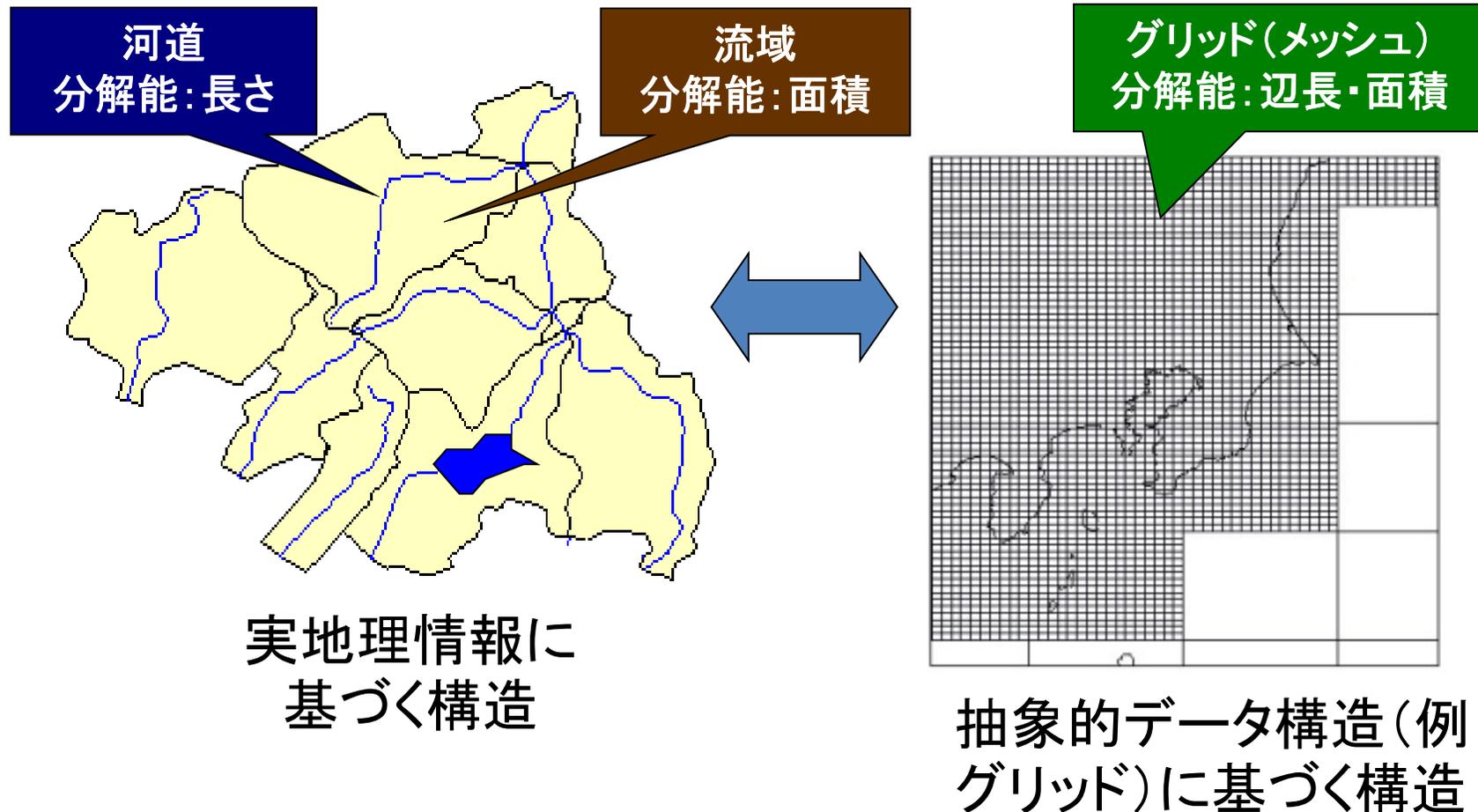
主媒体	地理形状
大気	1次+(2.5次 or 3次メッシュ)
水、底質	河川=ネットワーク接続された河道群 湖沼=河道に接続された湖沼オブジェクト
土壌	小流域(表面流出分は河道に接続)
海域	沿岸域オブジェクトに河口接続



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

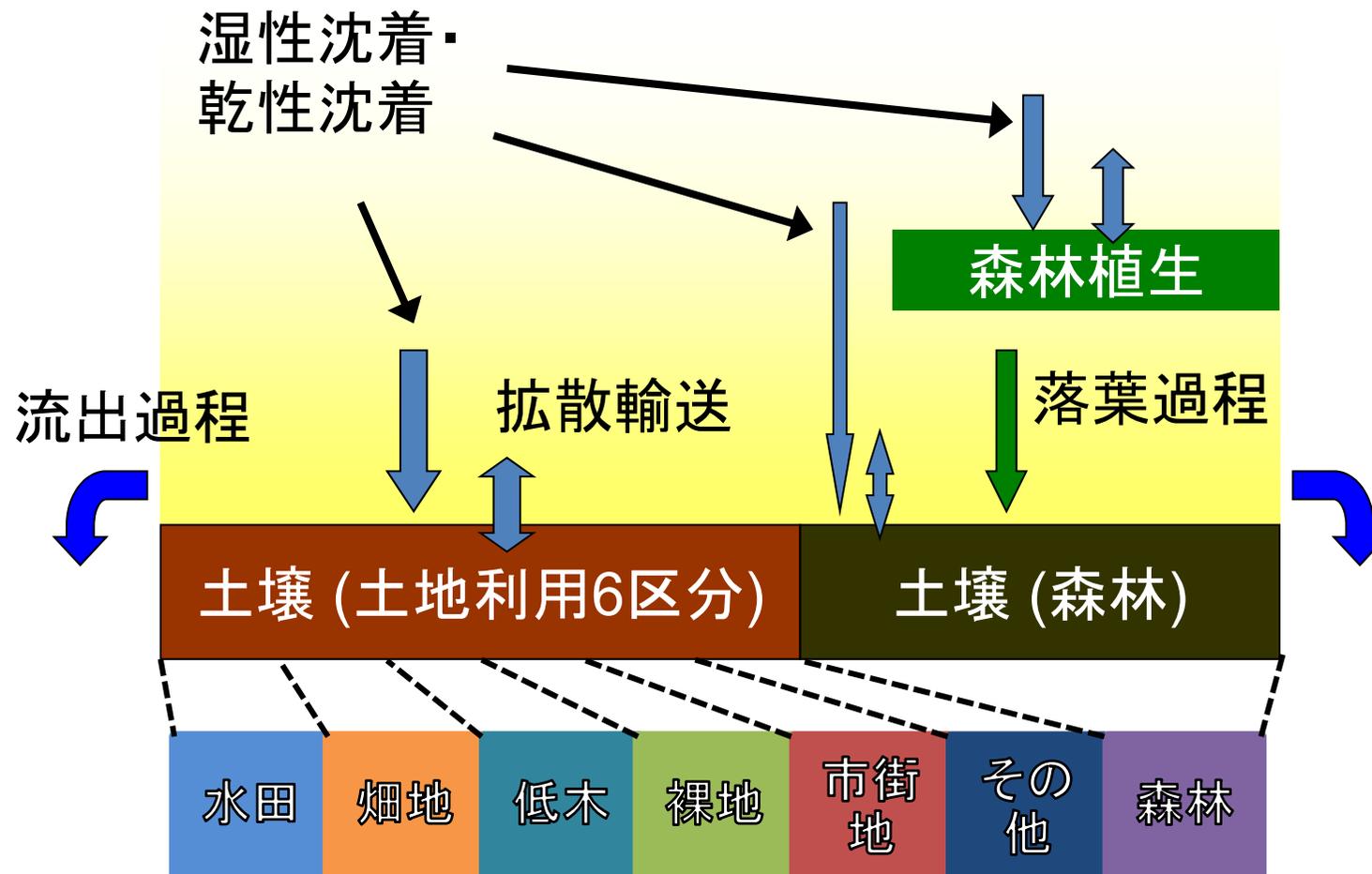
河道・流域の地理的構造と分解能

- ◆ 同程度の分解能でも、実環境に基づく構造の方が物質挙動の再現性は高い



土地利用区分

- ▶ 土地を7区分し、それぞれの区分での動態を計算

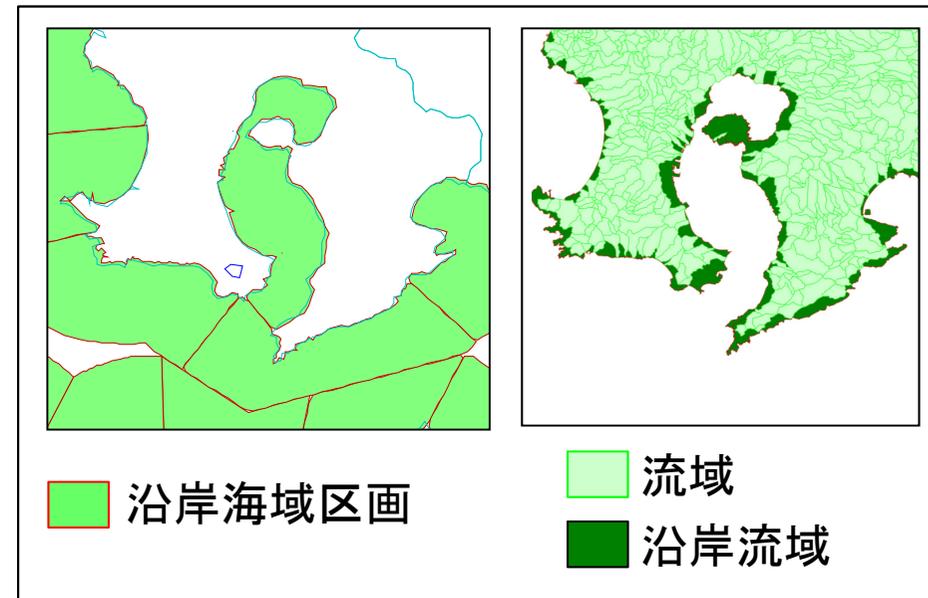
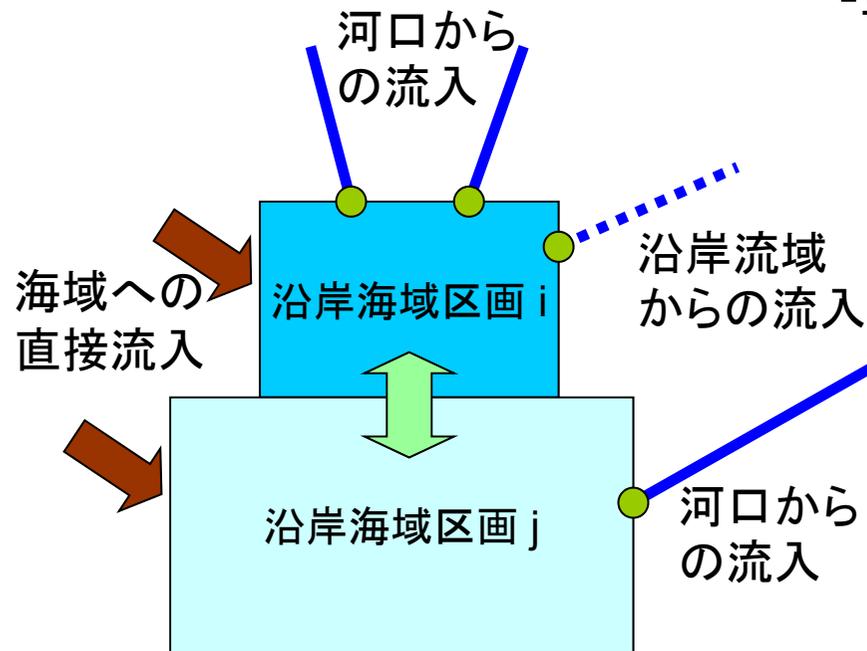


沿岸海域区画の定式化



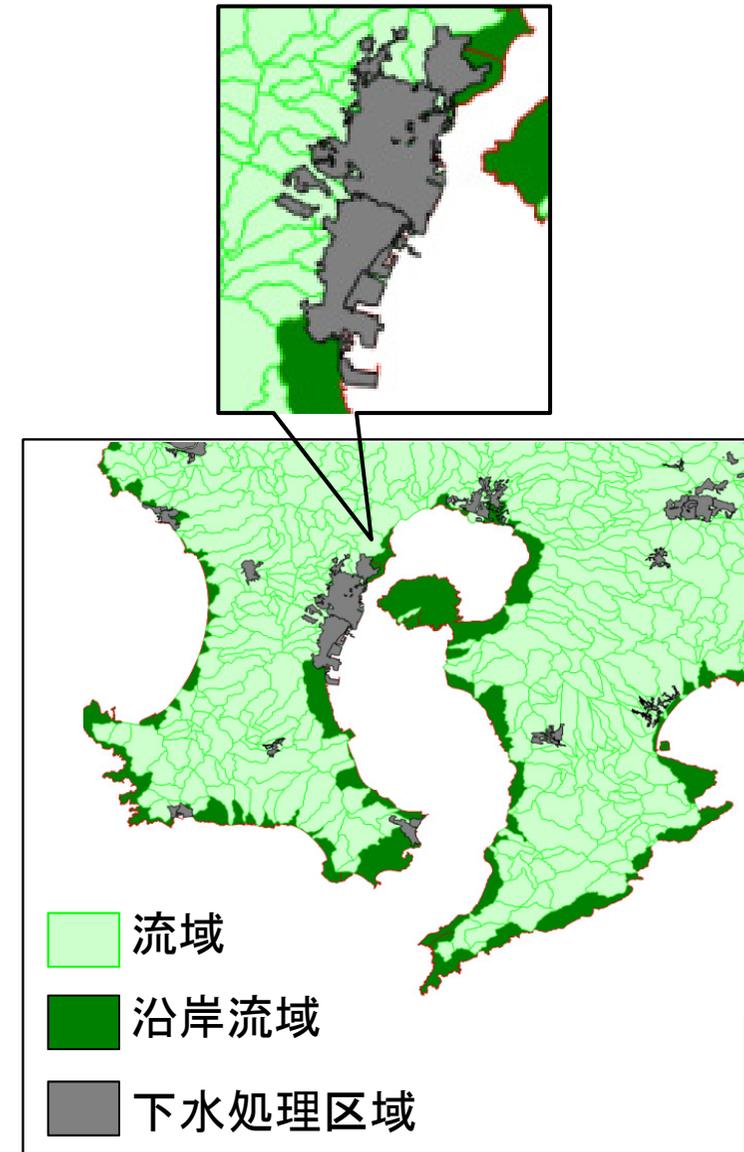
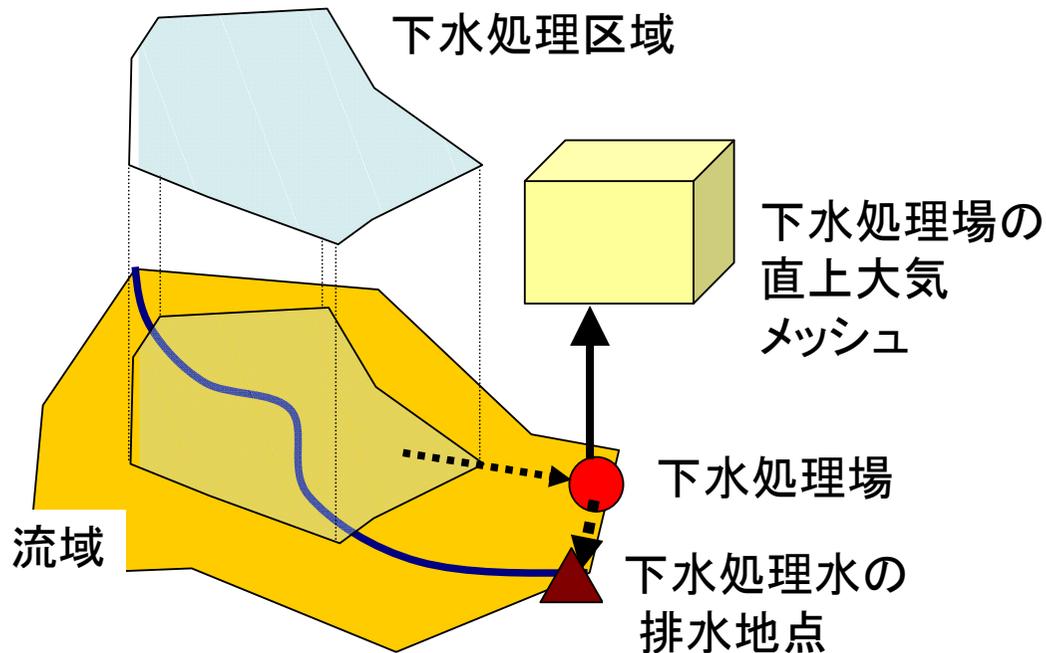
沿岸海域区画は分割された海域区画をネットワーク結合させて構成、対応する河川の河口を地理情報に基づき接合

- 大気・底質との媒体間輸送
- 河口からの物質流入
- 全国データの作成中



下水処理区域の導入

- ✓ 下水処理区域と流域の重なり面積を利用して下水処理場への移動量を算出
- ✓ 下水処理場での分解・気化を考慮
- ✓ 下水処理場の場所、処理水の排水地点を考慮した物質の移動



※下水処理区域は環境省保有データ

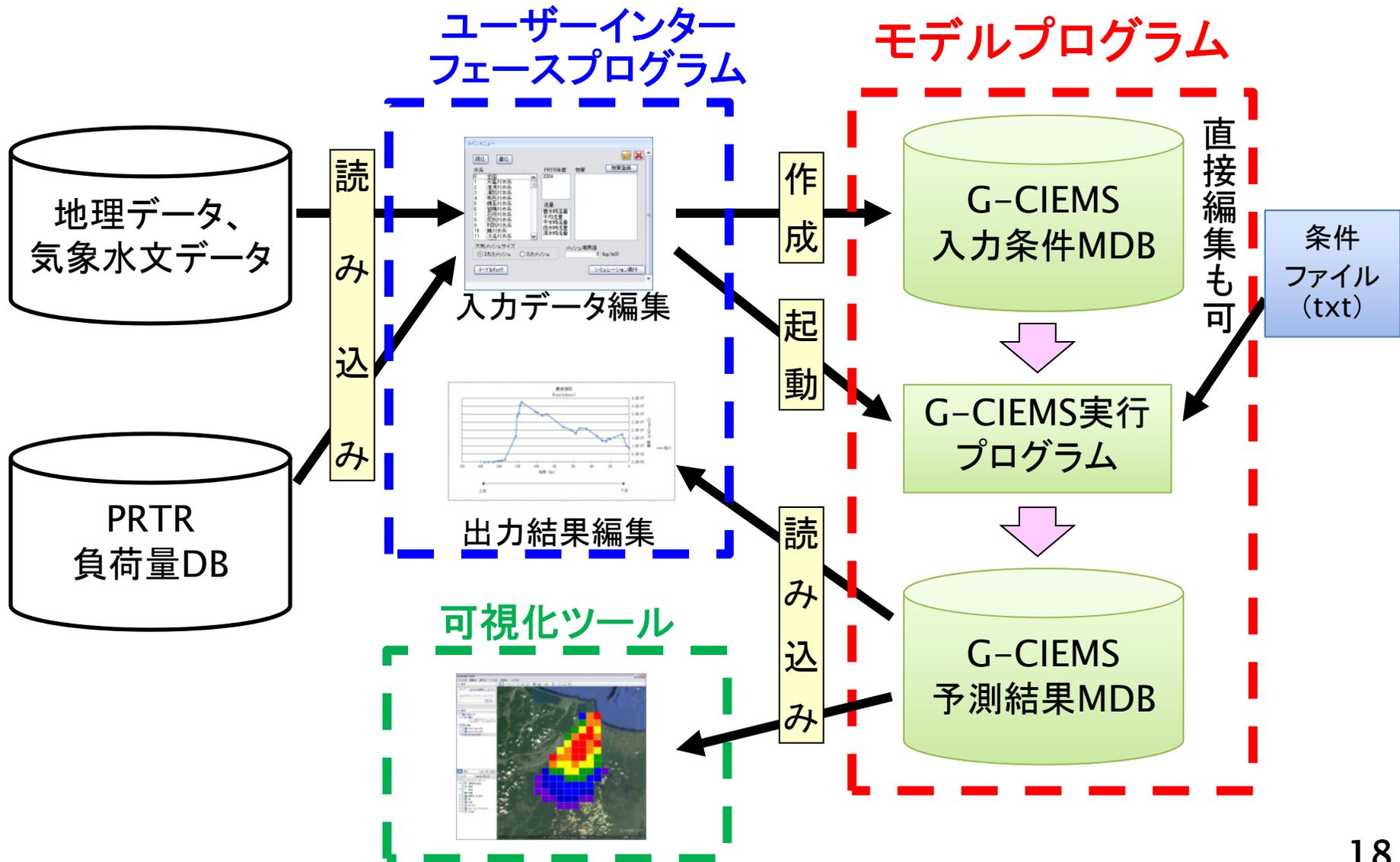
環境多媒体モデル (G-CIEMS) の計算手順



主要媒体・主要過程と現有データ

媒体	主要要素および過程	地理・気象・水文情報	空間分解能
大気	上層及び下層の4層、各要素間の輸送、粒子-蒸気分配、沈着、分解等	デフォルト大気4層、気温、降水量、風速等	5km × 5km 1km × 1km
水	SS - 溶解分配、沈降、分解、大気への輸送等	実河川河道および湖沼、およびこれら相互の上下接合情報、流量等	平均河道長5.6 km 約38,000
土壌	土地利用7区分、土粒子・間隙水/空気分配、分解、流出、大気交換等	実単位流域、河道および湖沼との接合情報	平均面積 9.3 km ² 約38,000
植生	大気との交換、落葉	土壌森林区画上に設置	土壌に同じ
底質	粒子・間隙水分配、分解、埋没等	河川河道、湖沼、海域の底部	水域に同じ
沿岸 海域	水と同じ	河川河道との接合情報、海域分割	現在の配布版にはデータなし

モデルとユーザーインターフェースの関係



入力データ編集

The screenshot shows the 'メインメニュー' (Main Menu) window with several callouts pointing to specific features:

- 入力条件ファイルの入出力** (Input/Output of input condition files): Points to the '読み込' (Load) and '書き込' (Save) buttons.
- 水系選択** (Water system selection): Points to the '水系' (Water system) list.
- 大気のメッシュと境界値選択** (Atmospheric mesh and boundary value selection): Points to the '大気メッシュサイズ' (Atmospheric mesh size) and 'メッシュ境界値' (Mesh boundary value) options.
- 入力条件ファイルのテーブル群のチェック** (Check the table group of the input condition file): Points to the 'テーブルチェック' (Table check) button.
- PRTR年度選択** (PRTR year selection): Points to the 'PRTR年度' (PRTR year) field.
- 物質登録・選択** (Substance registration/selection): Points to the '物質登録' (Substance registration) button.
- 流量選択** (Flow rate selection): Points to the '流量' (Flow rate) list.

A large red arrow labeled **計算実行** (Calculation execution) points from the 'シミュレーション実行' (Simulation execution) button to the 'シミュレーション実行' (Simulation execution) dialog box.

The 'シミュレーション実行' dialog box contains the following settings:

- 入力条件MDB: [Browse]
- 結果出力MDB: [Browse]
- 定常/非定常: オプション (Option)
- 非定常計算: 拡散より計算 (Calculation from diffusion)
- 下水道: なし (None)
- 点源の下水道への移動項目の有無: なし (None)
- 擬似定常計算での最大反復回数: 20
- 擬似定常打ち切り勾配: 0.00095355614389645
- 計算期間: 365
- 実行(E) button

出力結果編集: 基本的な使い方を想定したツール

「G-CIEMSモデル」出力結果の編集ツール

入力データMDBおよび計算結果MDBを入力してください

Dir: E:\MR210\JOB\H18\河川システムV結果編集ツール開発V濃度推計結果

入力MDB: TaxaSubst01.mdb

結果MDB: TaxaSubst01_Out_0.mdb

データ読み込み

AccessMDB⇒Excelシート
[結果データ****]に
濃度データを貼り込む

出力結果の名称設定と物質選択

河川名称: 多摩川 注: 結果出力ファイル名になります

物質名称:

ChemCode	Name
1	Toluene
2	Benzene
3	Benzene

注: クリックすることにより複数物質選択可能です

出力データの設定

基本統計量出力 媒体別 物質別

累積度数分布出力 媒体別 物質別

上流⇨下流のステップグラフ

水中濃度単位: kg/m3 mg/m3

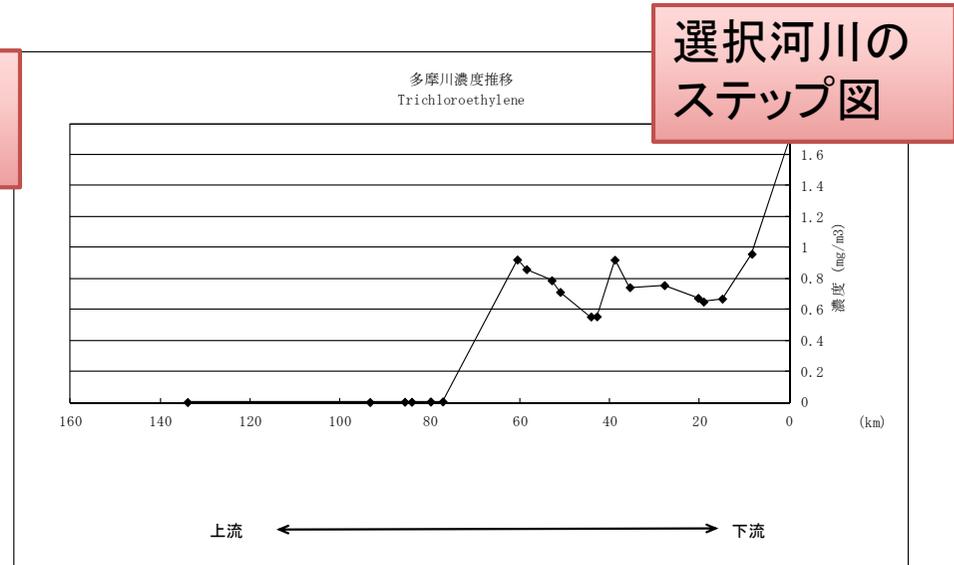
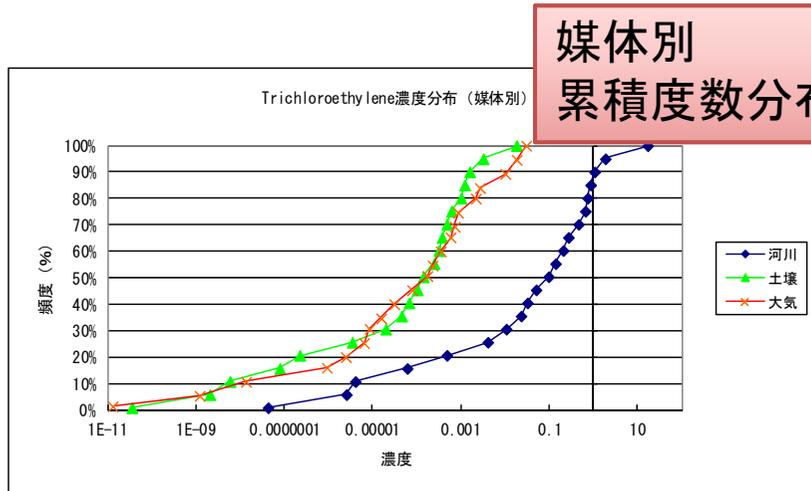
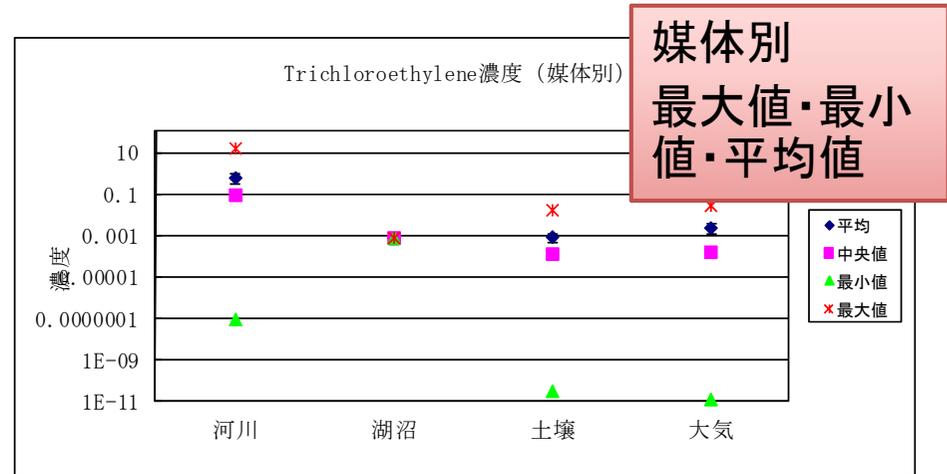
大気中濃度単位: kg/m3 mg/m3

土壌中濃度単位: kg/kg-dry mg/kg-dry

注: ステップグラフはすべての水系で描画できるものではありません
チェックボックスがクリックできない状態は、対象水系は描画できません。

統計値・グラフ出力

データ選
択・条件
選択など



可視化ツール: 入出力データの視覚での確認

The image displays a software interface for GIS data creation and three corresponding Google Earth visualizations. The interface, titled "GISデータ作成ツール [メイン画面]", features a "可視化データ選択" (Visualization Data Selection) section with four options: "河道データ作成" (River Data Creation), "流域データ作成" (Basin Data Creation), "メッシュデータ作成" (Mesh Data Creation), and "ポイントデータ作成" (Point Data Creation). A "終了" (End) button is located in the top right of the interface. Below the interface, three Google Earth screenshots illustrate the results of these processes:

- メッシュ (Mesh):** A Google Earth window showing a grid of colored squares overlaid on a satellite map of a coastal region.
- 流域 (Basin):** A Google Earth window showing a colored watershed area overlaid on the same satellite map.
- 河道 (River):** A Google Earth window showing a network of colored lines representing a river system overlaid on the satellite map.

Blue arrows indicate the flow from the tool's options to the respective Google Earth visualizations. The interface footer includes the NIES logo, "GIS可視化ツール", and the timestamp "2012/02/03 19:21:54".

◆ Google Earth を使用

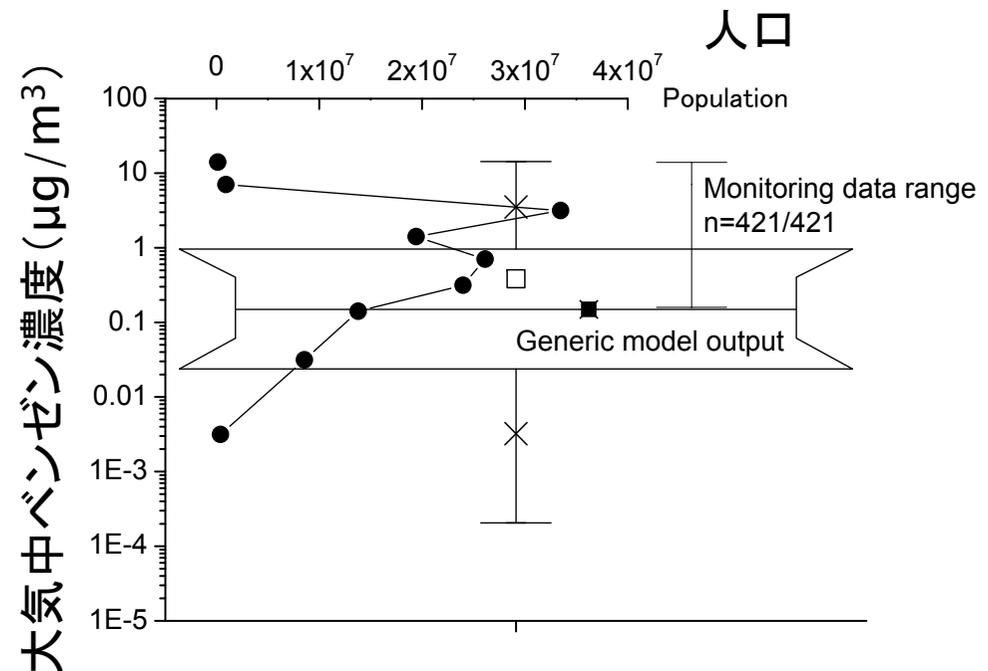
計算結果の解釈と 化学物質管理に向けて



G-CIEMSモデルの結果(空間分布データ)、Genericモデル(単一ボックスモデル)、および実測値の関係

- ◆ ベンゼンの大気中濃度について、実測値と2種類のモデル予測値を比較した。
- ◆ G-CIEMSモデル予測を基に、各濃度の地域に居住する人の総数を記載した。

- 単一ボックスモデルの予測濃度は中央値付近
- 実測値の濃度範囲は、人口が多い濃度範囲とよく合致する
- 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

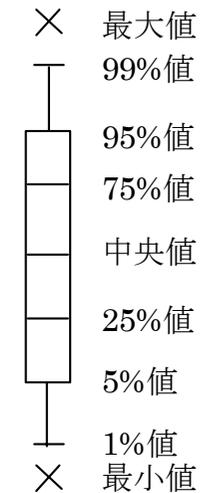
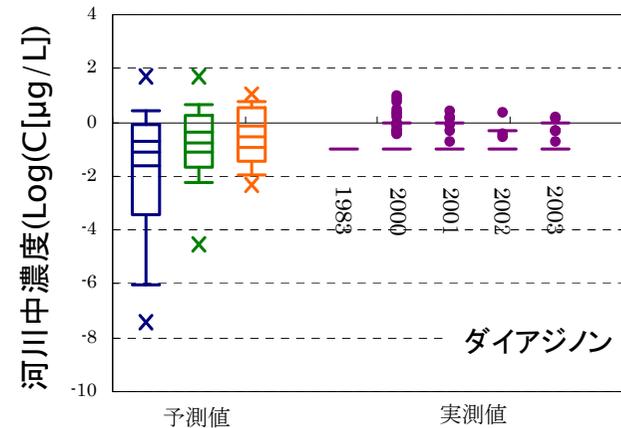
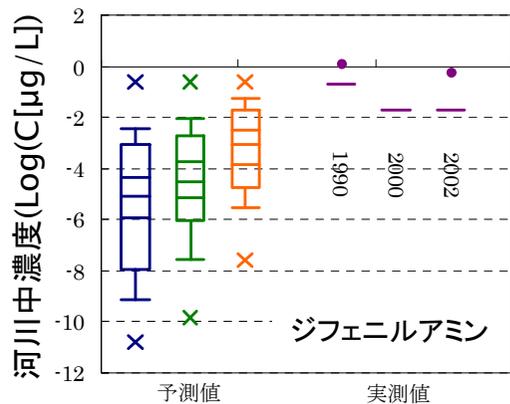
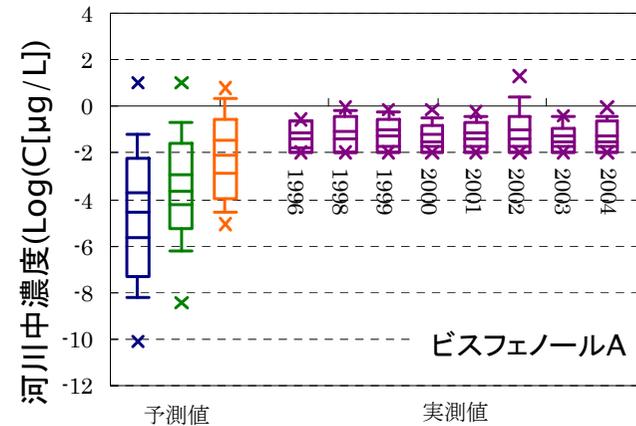
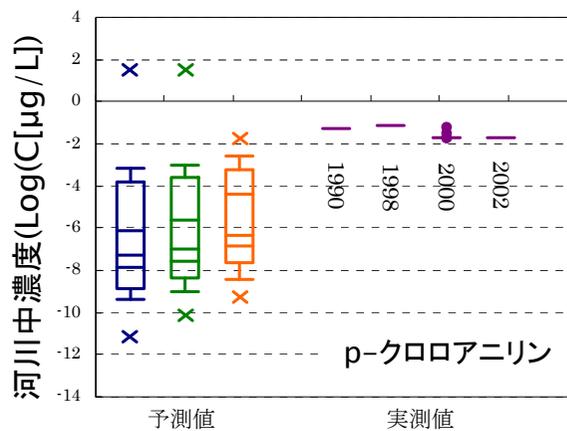


Suzuki, N. *et al.* (2004) EST, 38, 5682-5693

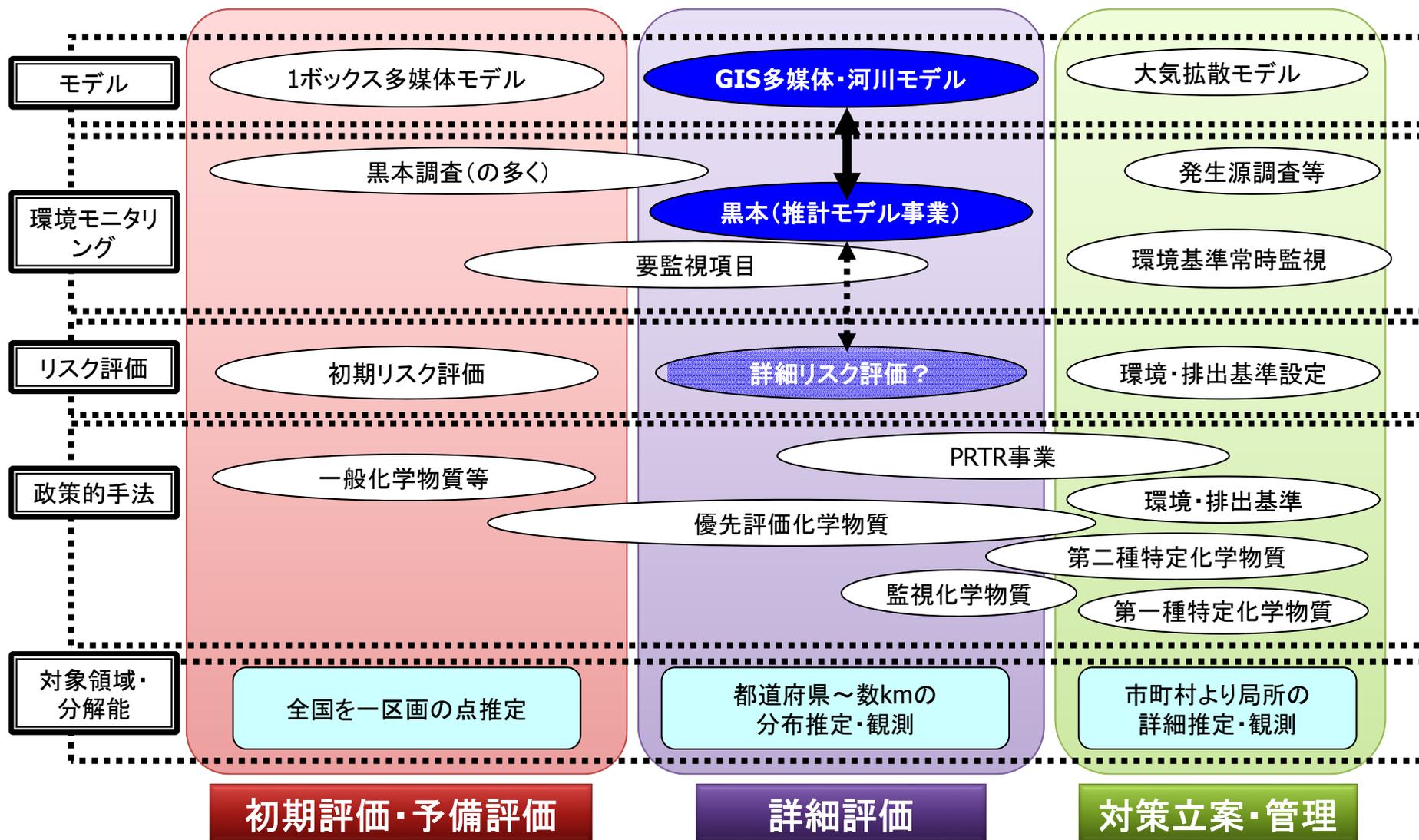
化学物質の環境管理実務への応用： モデル予測値と実測値による曝露評価の比較

G-CIEMSモデル予測による河川水濃度の分布と河川水モニタリングデータの分布を比較

- ▶ PRTRデータに基づき、「全地域」、「100人/km²以上」、「400人/km²以上」での濃度分布をG-CIEMSモデルで予測⇒丁寧な計算ではない
- ▶ 既存モニタリングデータを同時にプロット



化学物質リスク評価の課題レベルと手法、政策の考え方



G-CIEMSモデル出力結果解釈のイメージ

「G-CIEMSモデル」出力結果の編集ツール

入力データMDBおよび計算結果MDBを入力してください

Dir: E:\MMS2100\JOB\H18\河川システムV結果編集ツール開発V濃度推計結果

入力MDB: TaxaSubst01.mdb

結果MDB: TaxaSubst01_Out_0.mdb

データ読み込み

AccessMDB⇒Excelシート
[結果データ***]に濃度データを貼り込む

出力結果の名称設定と物質選択

河川名称: 多摩川

物質名称:

ChemCode	Name
1	Toluene
2	Benzene

出力データの設定

基本統計量出力 媒体別 物質別

累積度数分布出力 媒体別 物質別

上流⇄下流のステップグラフ

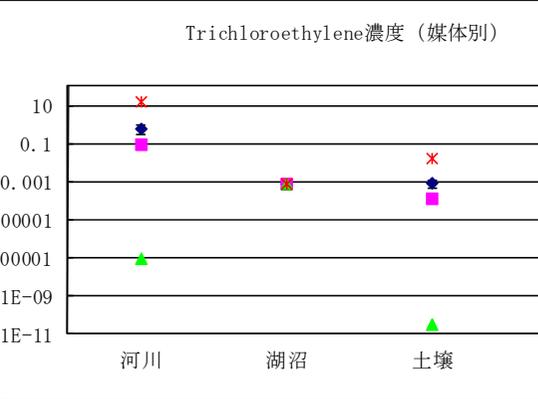
水中濃度単位: kg/m3 mg/m3

大気中濃度単位: kg/m3 mg/m3

土壌中濃度単位: kg/kg-dry mg/kg-dry

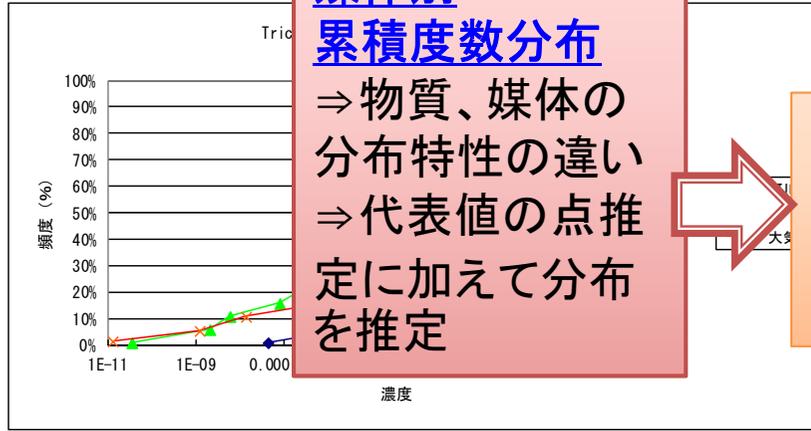
統計値・グラフ出力

モデル計算にはPRTRまたは3次元メッシュ排出量+物性値が必要
⇒ 気象・水文データ等はデフォルトで多くの場合は十分



媒体別濃度
最大値・最小値・平均値
⇒ 代表値の範囲に関する情報を得る

選択河川のステップ図
⇒ 河川流下に伴う濃度の変動を予測



媒体別累積度数分布
⇒ 物質、媒体の分布特性の違い
⇒ 代表値の点推定に加えて分布を推定

・点推定に加えて空間分布の情報を得る
⇒ 分布まではおよそ観測値の傾向に近い
・個別点の濃度予測とは限らない
⇒ 多くの場合個別検証が必要

点推定⇒分布推定による曝露評価

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Webで公開中です。

(http://www.nies.go.jp/rcer_expoass/gciems/gciems.html)

曝露評価関連ツール

検索

