

環境化学物質の曝露・リスク評価研究 について

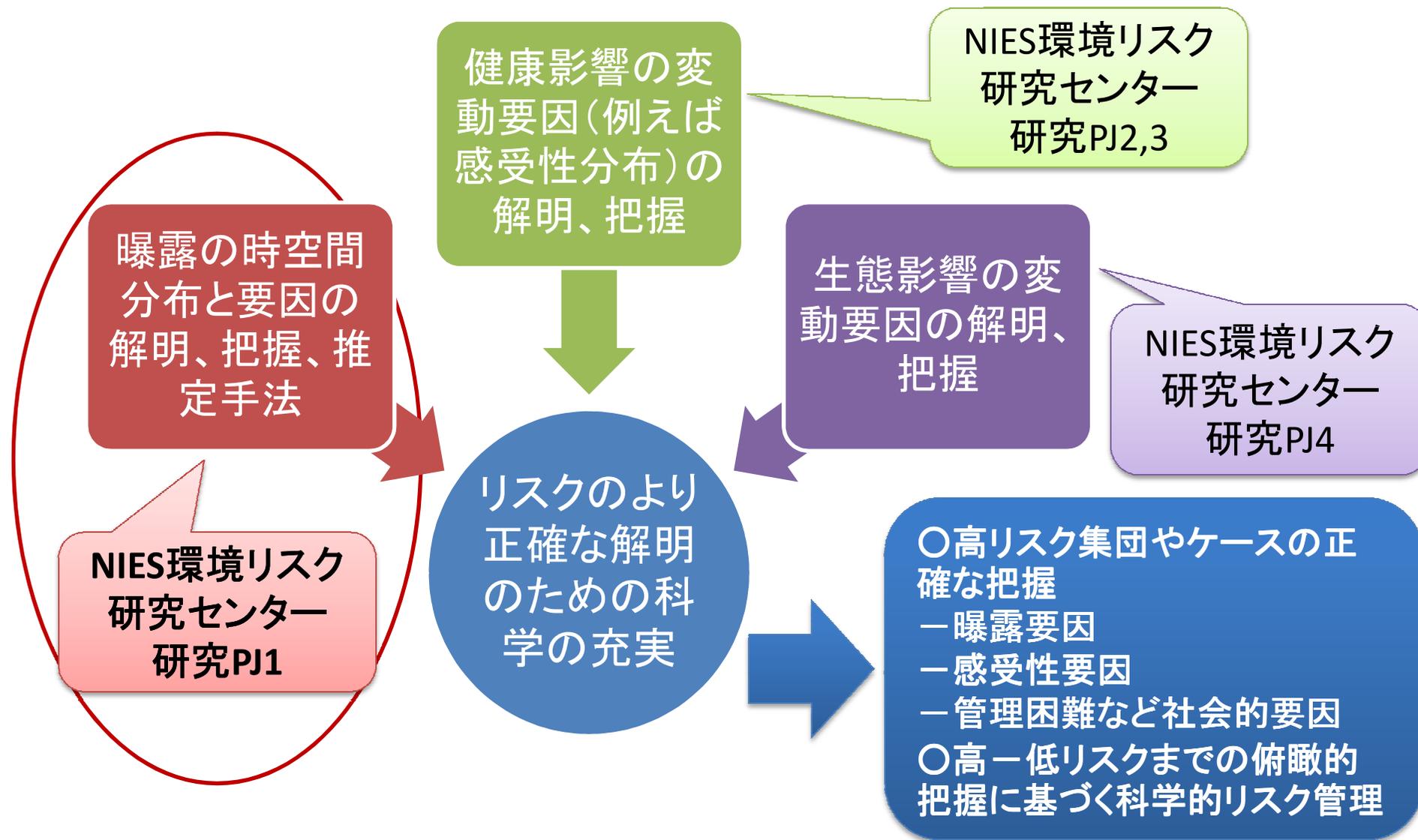
国立環境研究所 環境リスク研究センター
曝露評価研究室 鈴木規之

本日の内容

- 国環研環境リスク研究として実施されてきた環境化学物質の曝露・リスク評価研究より
 - PJ1(曝露評価に関する研究)を中心に紹介
 - 環境化学物質の曝露評価に関わる研究
 - 化学物質連携施策群の一つとしてこれまで実施
 - NIES研究プログラムの関連研究
- 今後の展望
 - 新たな科学的知見とリスク管理？

曝露評価の高度化とそのリスク評価への応用

—分布や特異性を明示的に考慮するリスク解析を目指す—



化学物質の曝露評価の高度化を目指す —登録課題研究出発時の背景—

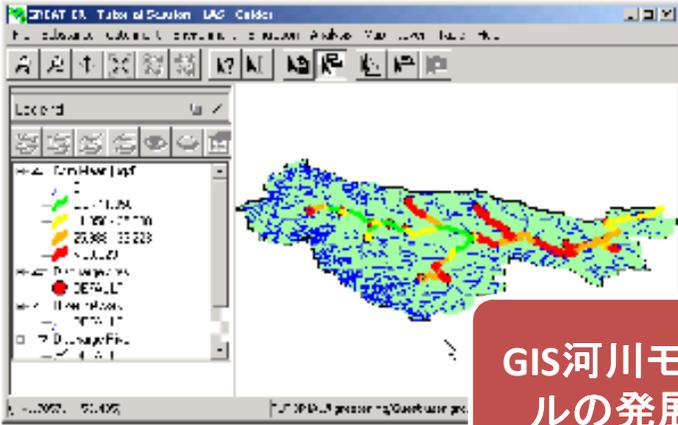


Figure 2.17: Visualization of simulation results for the

GIS河川モデルの構想

GIS河川モデルの発展
(GREAT-ER等)

多媒体モデルの発展
(Level III SimpleBox)

流通ネットワークなど現実の曝露要因の考慮

マルチメディアモデル

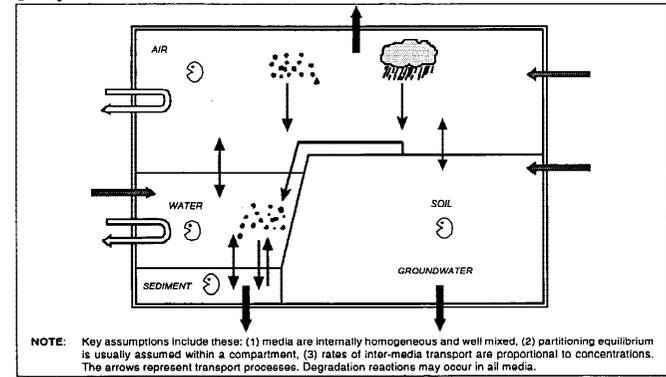
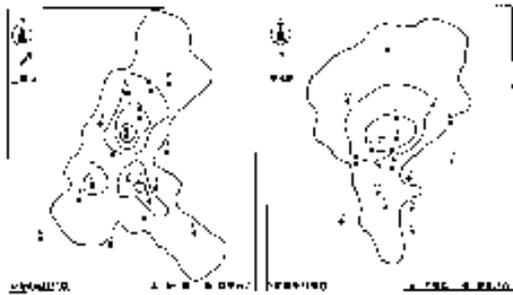
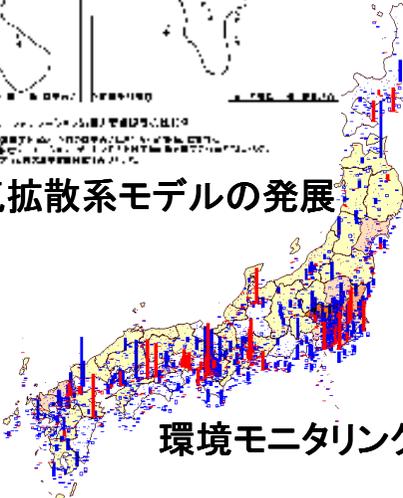


Fig. 1-1. Pictorial representation of a multi-media model

化学物質曝露の時空間分布と構造の詳細な把握



各種大気拡散系モデルの発展



環境モニタリングの充実

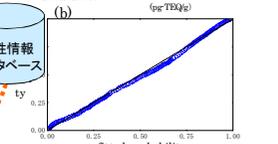
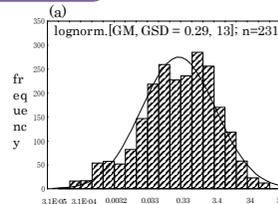
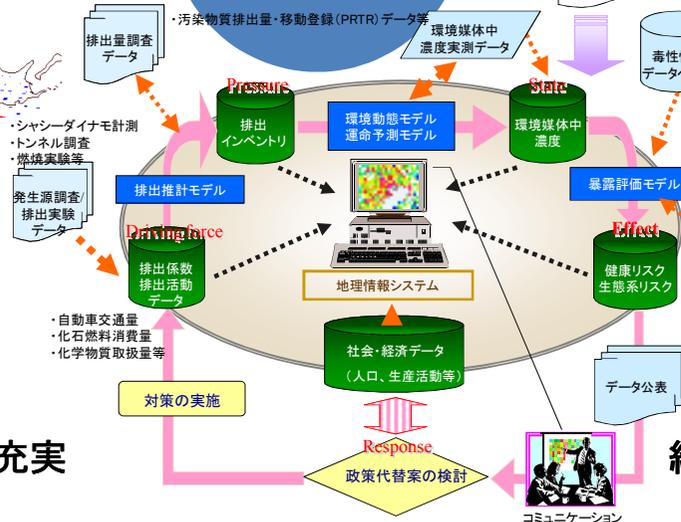


Figure 3: (a) Histogram and curve fitting of dioxins concentration in soil (fiscal 2001). Data of pollution sources were the P-P plots of soil.

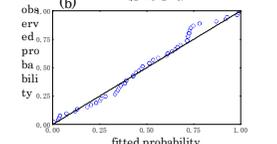
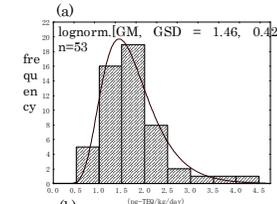


Figure 4: (a) Histogram and curve fitting of dioxins intake from diet according to total diet studies (fiscal 1998-2001). The maximum value, 7.01pg-TEQ/kg-bw/day, is excluded from this figure, because it was regarded as abnormal value by Grubbs's test. (b) The P-P plots of diet.

ダイオキシンの曝露評価

統合情報システム構想

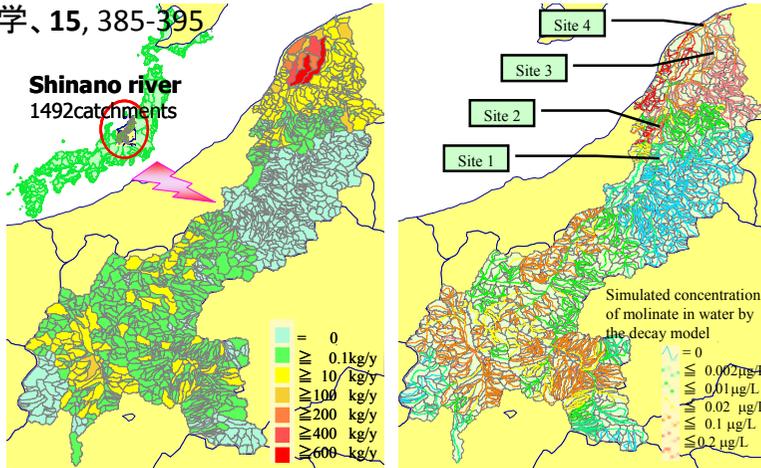
発表の構成

- 化学物質曝露の時空間変動を解明するためのモデル研究(主にPJ1研究の成果)
 - 複数の空間規模階層を持つ動態モデルによる環境濃度の時空間分布の推定
 - 1. 農薬排出・動態の研究
 - 2. 地域GISモデルの高度化(下水道や水道データ構築)
 - 3. 地球規模モデル
 - 流通ネットワークを介した曝露への影響
 - 4. 魚介類からのダイオキシン類曝露の事例研究
- リスク評価へのつながり
 - 5. 環境濃度の把握と曝露評価への応用
 - 今後の展望

G-CIEMS多媒体モデルの基本構成

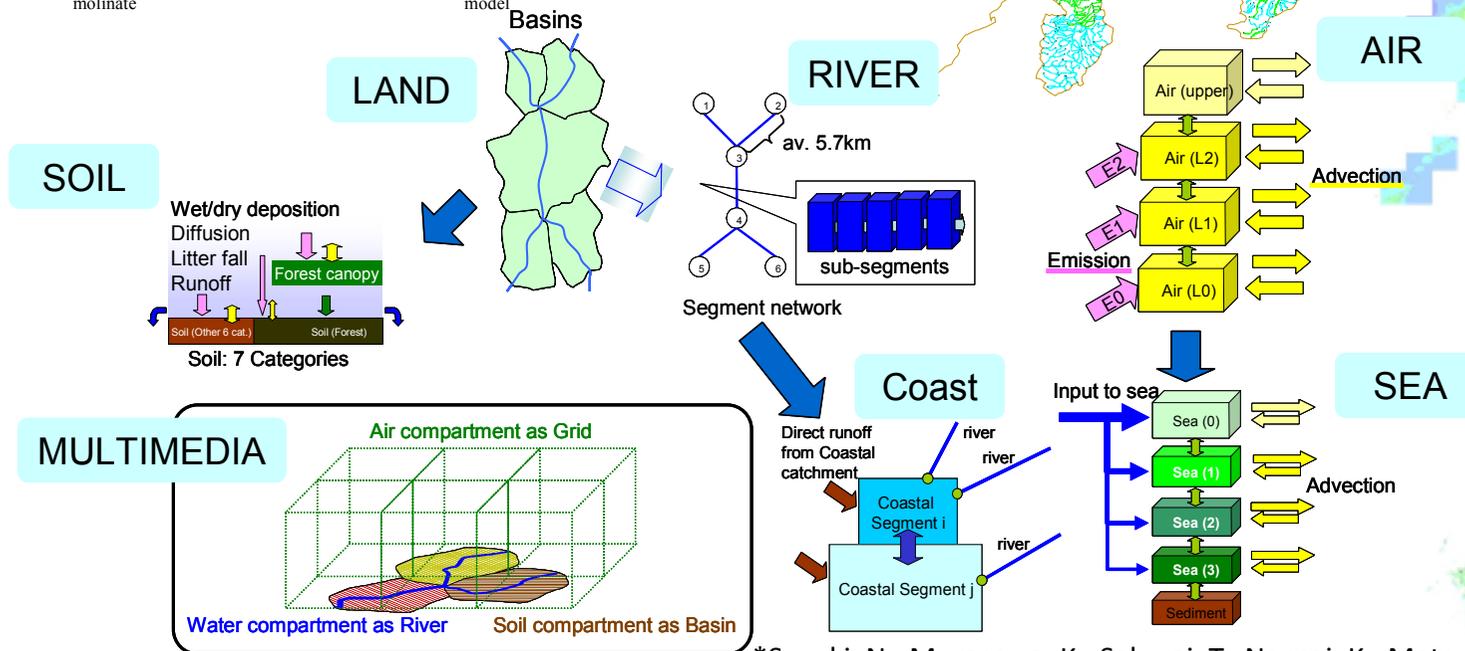
—日本全国の河川流路ネットワークの流下過程と小流域からの流出・各媒体内外の多媒体動態の結合モデル*—

鈴木規之、村澤香織、松橋啓介、南齋規介、桜井健郎、森口祐一、田邊潔、中杉修身、森田昌敏 (2005) 環境化学、15、385-395



(a) Tentatively estimated emission load of molinate

(b) Simulated concentration by the decay model



*Suzuki, N., Murasawa, K., Sakurai, T., Nansai, K., Matsuhashi, K., Moriguchi, Y., Tanabe, K., Nakasugi, O. and Morita, M. (2004) *Environ. Sci. Technol.* **38**, 5682-5693

1. 農薬を事例とする環境濃度の時空間分布のモデル化研究

— 農薬の時間変動・空間分布の推定：排出推定モデル＋G-CIEMSモデル

入力データ群

農作業関連データ

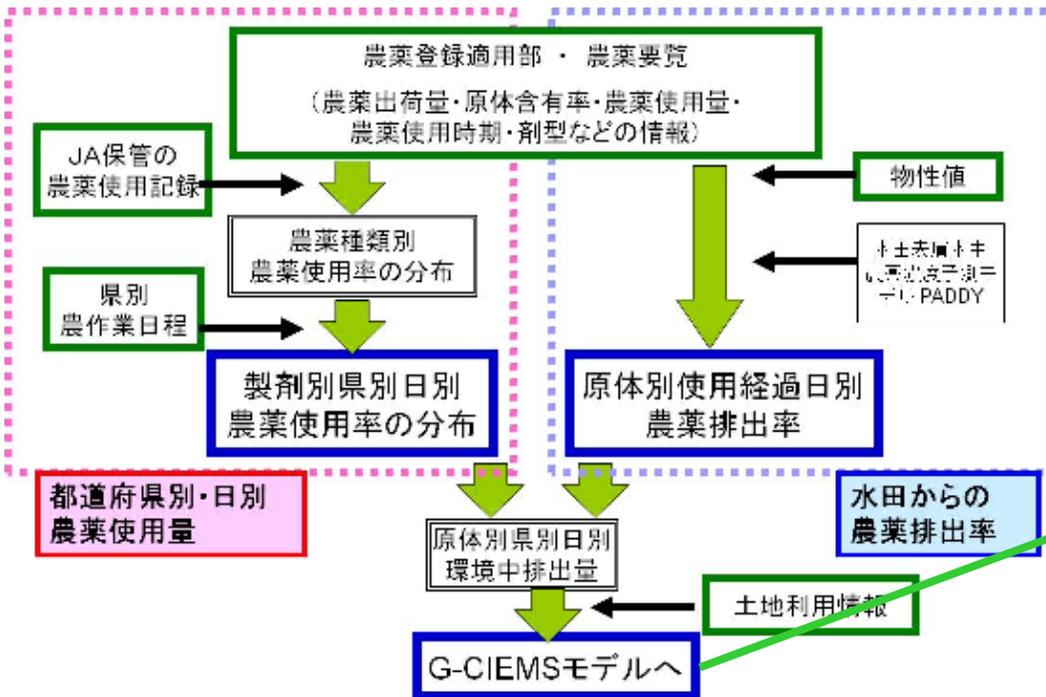
農薬使用記録、県別田植時期など実態ベースの情報

農薬製剤データ

農薬使用量・使用方法・使用時期など農薬使用者のための情報

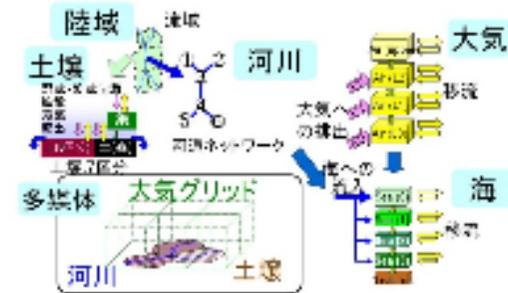
原体物性データ

化学物質の動態予測のための物性値



各農薬の排出量予測手順

多媒体モデルG-CIEMSで 日間変動予測を

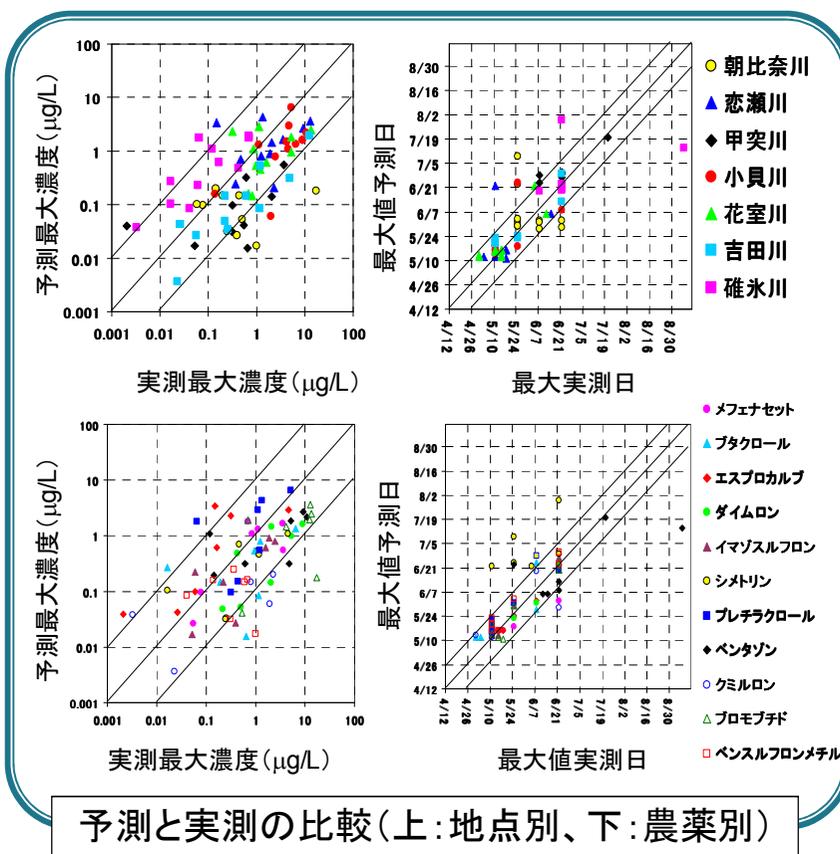
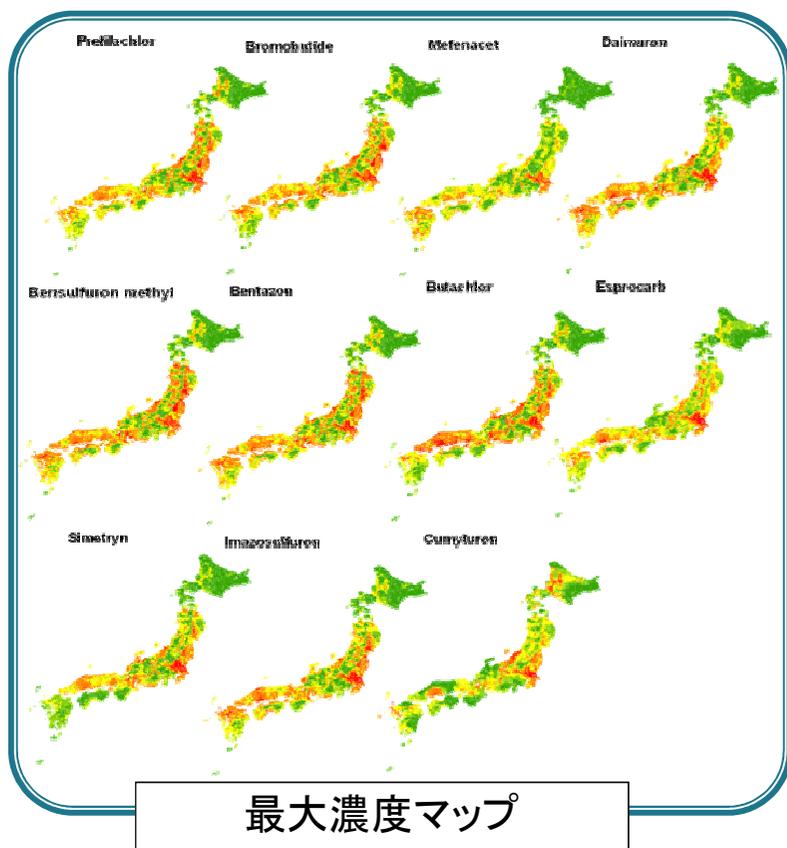


ホームページ公開中
<http://www.ies.gsjp/gkim/gciems.html>

多くの水田除草剤について
日本全国で河川中濃度の日
間変動の予測が可能

1. 農薬を事例とする環境濃度の時空間分布のモデル化研究

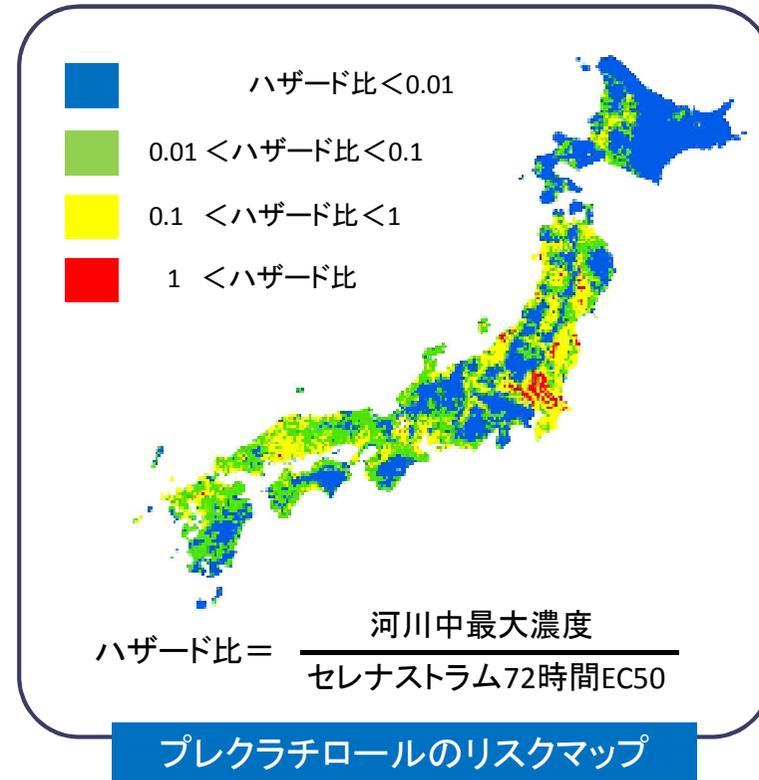
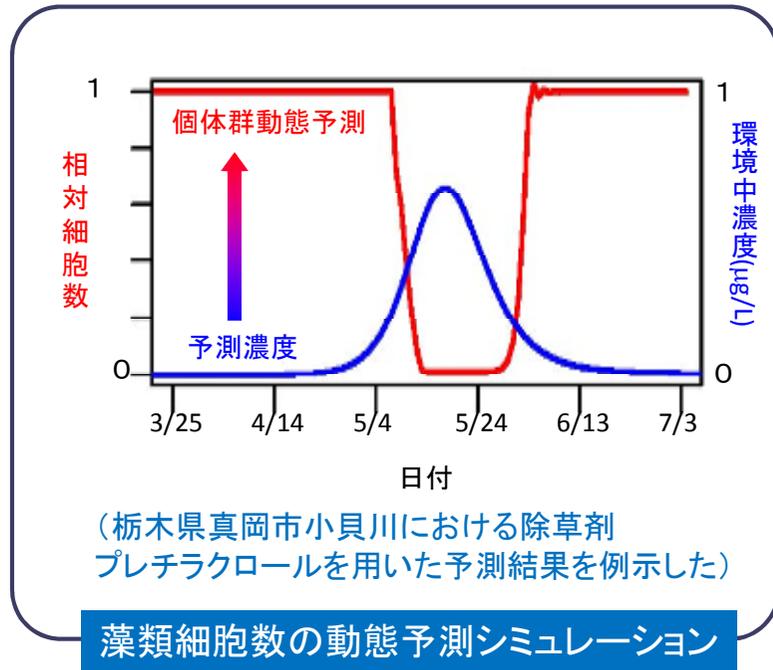
農薬の時間変動・空間分布の推定: 排出推定モデル+G-CIEMSモデル



- * 農薬出荷量+使用記録等の情報+農薬流出モデル(農環研Paddyモデル)+G-CIEMS多媒体モデル⇒全国河川上の濃度分布+各地点の日変動を予測
- * 当初11農薬で全国濃度の時空間分布を算出(現在27農薬に拡張中)
- * 最大濃度の実測値と予測値の一致を検証

1. 農薬を事例とする環境濃度の時空間分布のモデル化研究

— 農薬の時間変動・空間分布の推定: 排出推定モデル
+ G-CIEMSモデル



- * プレクラチロールのリスクマップ: ハザード比が1以上の地域が広く存在、0.1-1の地域はさらに広範囲
- * 小貝川の一地点での予測濃度と、DEB-toxモデルによる藻類の個体群動態の予測: 予測濃度の変動に対応して相対細胞数が大きく低下する現象を予測
- * 全国各地点での動態予測、リスクマップ、検証を検討中

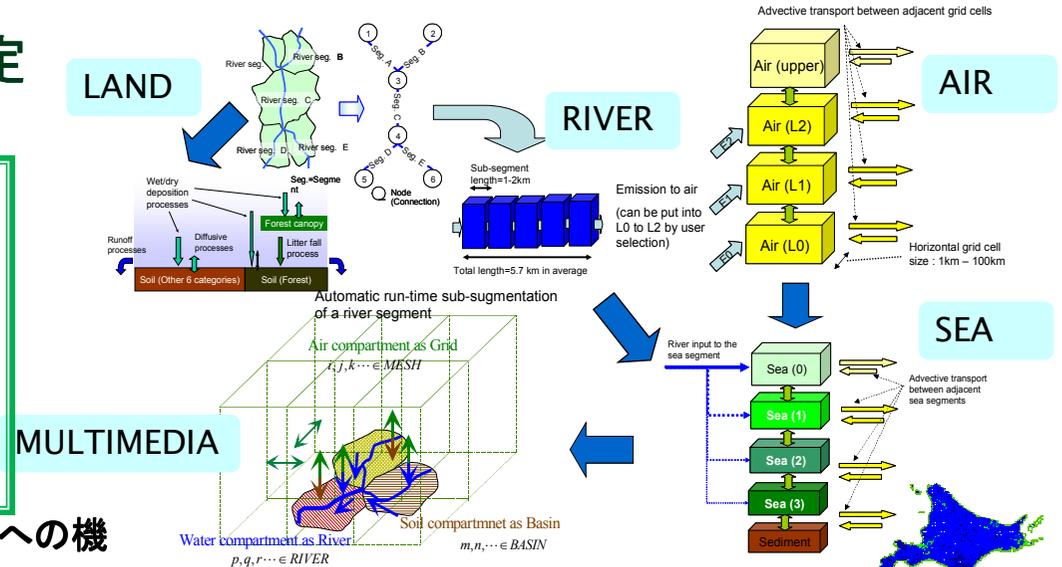
2. 地域GISモデルの高度化 ⇒下水道集水域、水道など分布推定 スキーマなどの開発

地域規模モデルの応用

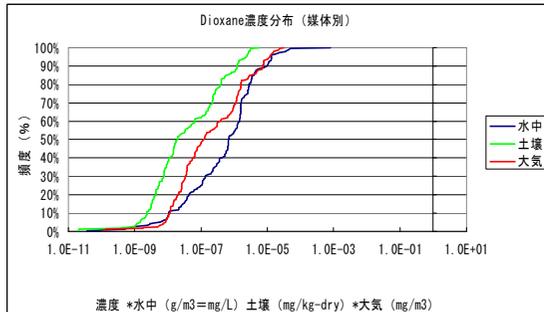
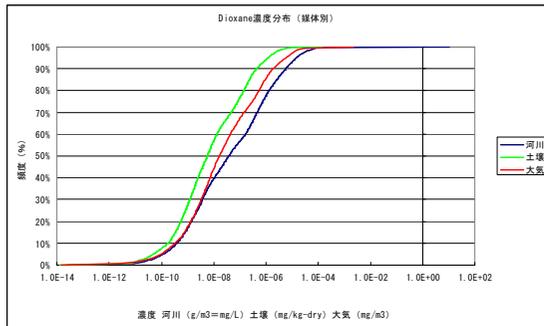
- ・日本全国の5km程度分解能での曝露濃度分布の計算と解析が容易に可能。
- ・水域動態推定への下水道の導入。
- ・水道取水点等に関心のある地点での濃度分布などを選択的に出力・解析可能。

水道取水点データベースの整備とモデル出力ツールへの機能追加

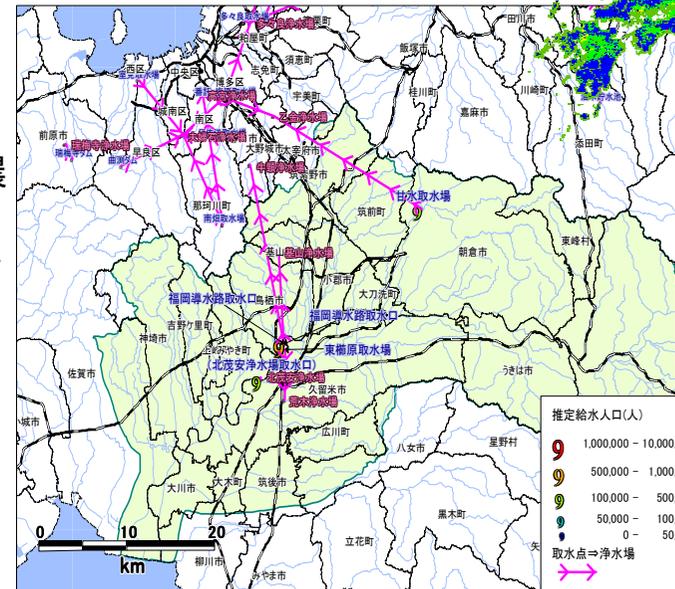
- 全国主要水源160地点ほどのモデル出力(単位流域)への関連付けと水道事業者情報の収集。
- 取水点でのG-CIEMSモデル出力を抽出するスキーマ機能の作成。



G-CIEMSモデルの動態プロセス



全国の河川水中濃度の分布(上)と
水道取水点のみを抽出した濃度分布(下)

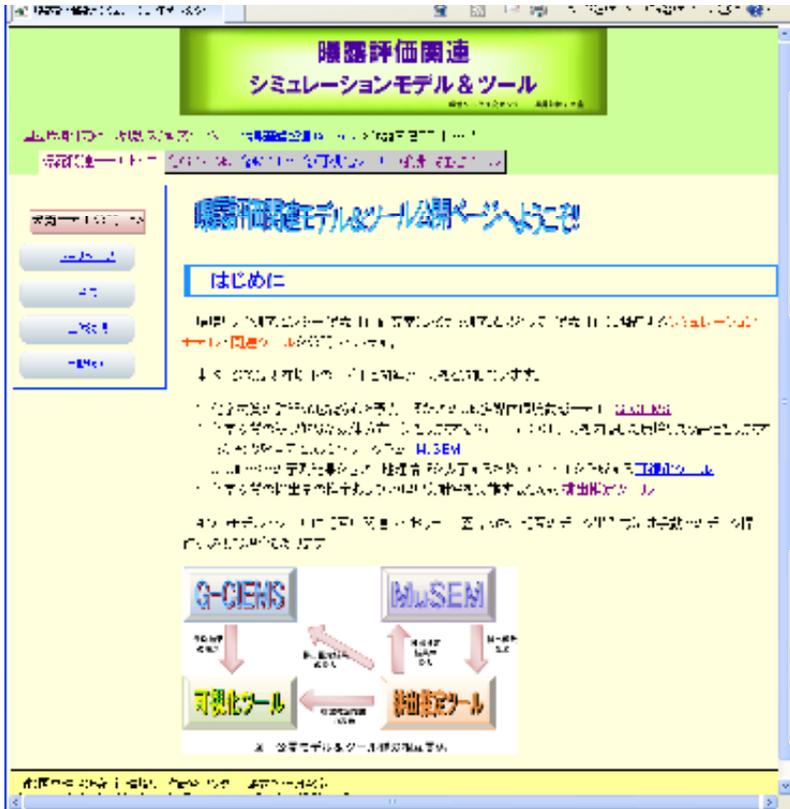


水道取水点データの例

- 取水点位置の特定、単位流域・河道への関連付け。
- 取水量・配水量、事業者、主な配水地域への関連付け。

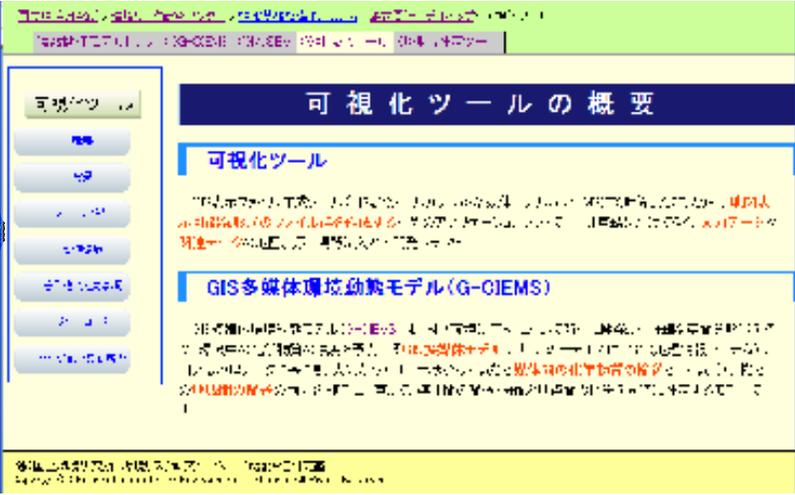
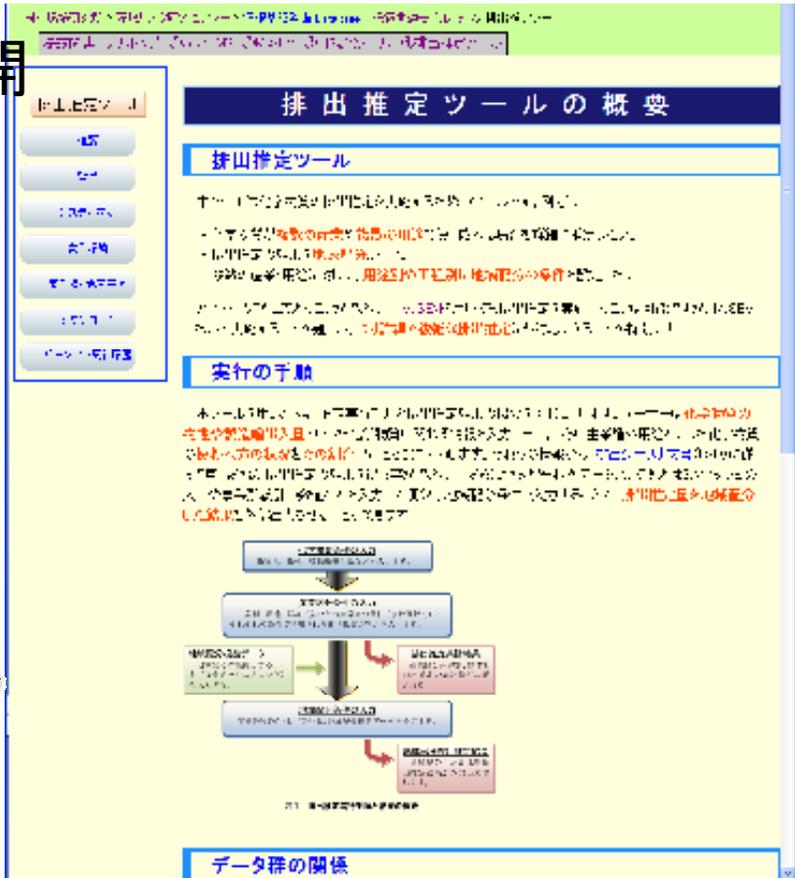
2. 曝露評価関連モデル&ツールの公開

- G-CIEMSモデルおよびインターフェース、サンプルデータ
- 既に公開済みのMuSEMモデルを同じページに整理
- 排出推定ツール⇒MuSEM機能の切り出し
- 可視化ツール⇒モデル入出力データ(および同様の形式のデータ一般より)GISデータを作成



G-CIEMSモデル等の排出推定手法のツール化

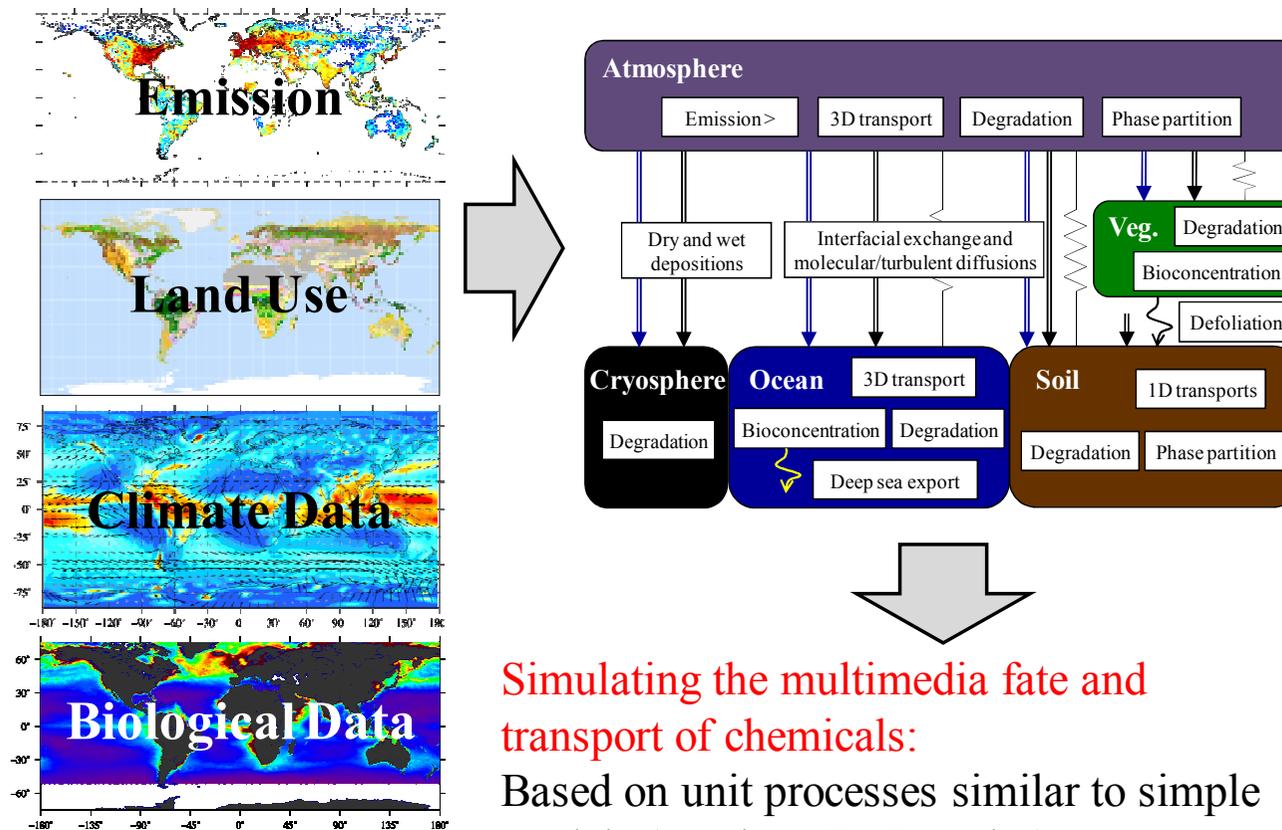
モデル入出力のGIS表示の一般ツール



(NIESホームページで公開中
http://www.nies.go.jp/rcer_expass/index.html)

3. 地球規模での環境濃度の時空間分布

— 高解像度多媒体FATEモデル*：長距離輸送と多媒体間移動を地球規模で求めるモデルの構築 —



Simulating the multimedia fate and transport of chemicals:

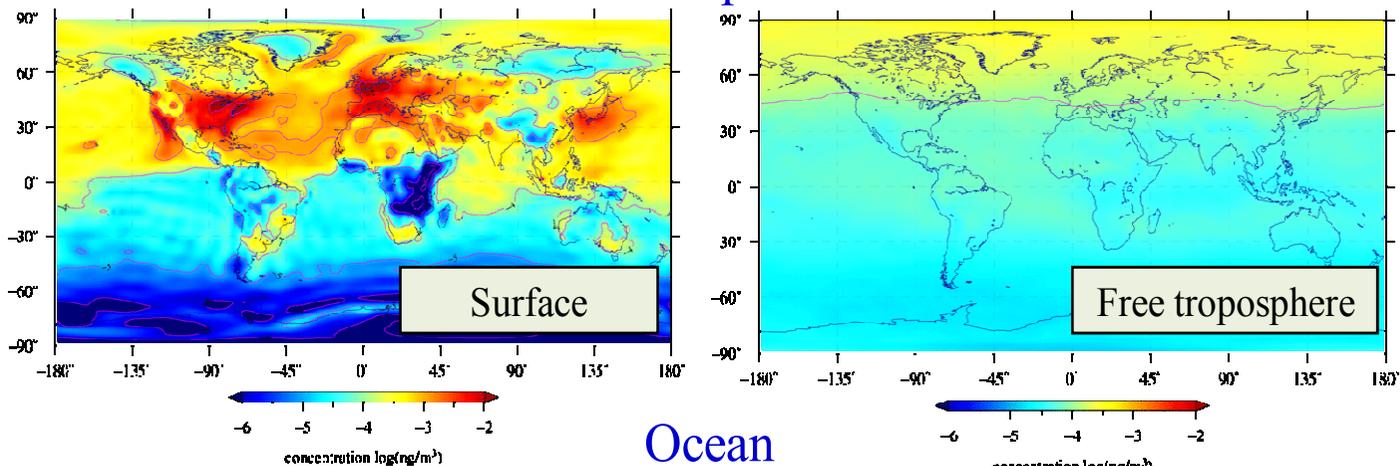
Based on unit processes similar to simple models (eg. the OECD tool ..)

*Finely-Advanced Transboundary Environmental model (Kawai, T. et al. *Organohalogen Compounds* **71**, 1610 (2009))

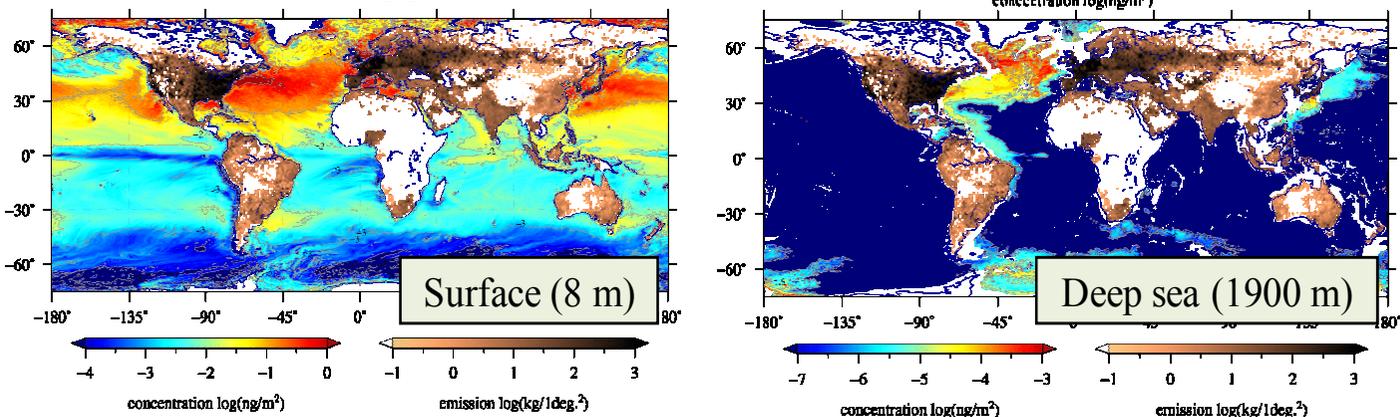
- * 大気、海洋の輸送と多媒体動態をあわせて計算
- * 気象データ、土地利用など詳細な気象・地理等データを活用
- * 長期間のダイナミックな動態を計算

3. 地球規模での環境濃度の時空間分布 —高解像度FATEモデルによるPCBの地球規模輸送推定*—

Atmosphere



Ocean

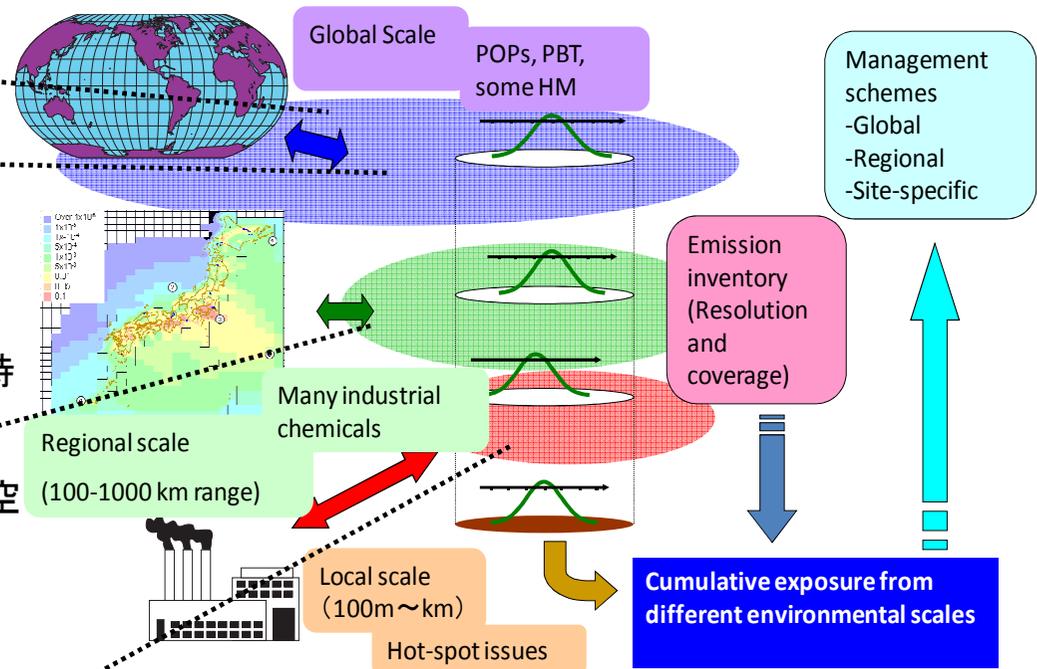


*Kawai T., Handoh I.C. (2010) *Organohalogen compounds*, **72**, 247-250

- * 地表大気濃度は排出量の分布に近く、自由対流圏では北極域に蓄積と計算
- * 表層海水は大気濃度の分布に近いが、その海流輸送の結果に近く、深層海水では特定海域に収束する傾向に計算された
- * 今後検証とともに逆解析など新たな手法を導入していく予定

複数の空間規模階層を持つ種々の動態モデル による環境濃度の時空間分布の推定

- 地球規模の動態モデル
 - 長距離移動特性や残留性のスクリーニング把握モデル
 - 新規物質の特性把握の入り口
 - OECDソフトウェアTool
 - 地球規模の詳細輸送モデル
 - FATEモデル
 - 特定物質の詳細な動態解析
- 地域規模の動態モデル
 - 農薬類の時空間分解モデル
 - 農薬類の週程度の時間変動を持つ排出推定モデル
 - GIS多媒体G-CIEMSモデル
 - 短期間の時間変動+地域間の空間分布を推定するモデル
- 流域規模の動態解析
 - G-CIEMSモデルと浄水取水点データの結合
 - モデル出力から流域曝露の把握



* 注目する時空間スケール(と物質特性、媒体等)や用途により異なる動態特性をカバーするための、複数の空間規模階層をカバーするモデル群

4. 環境濃度分布と魚介類流通、ダイオキシン類の曝露の関連の解明

—産地ごとのダイオキシン類濃度と流通・分配、消費量*—

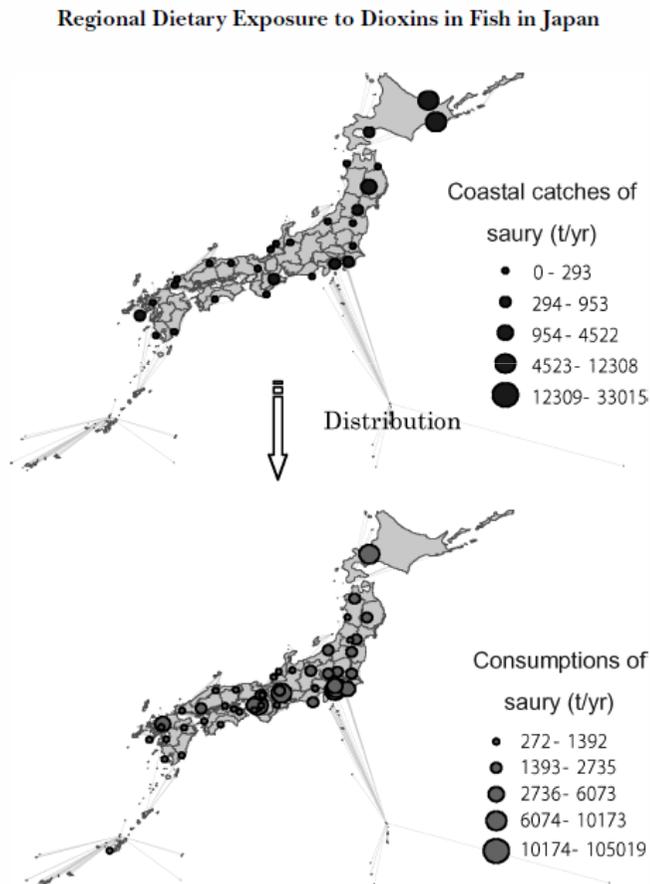


Figure 3. Coastal catches and consumptions of saury.

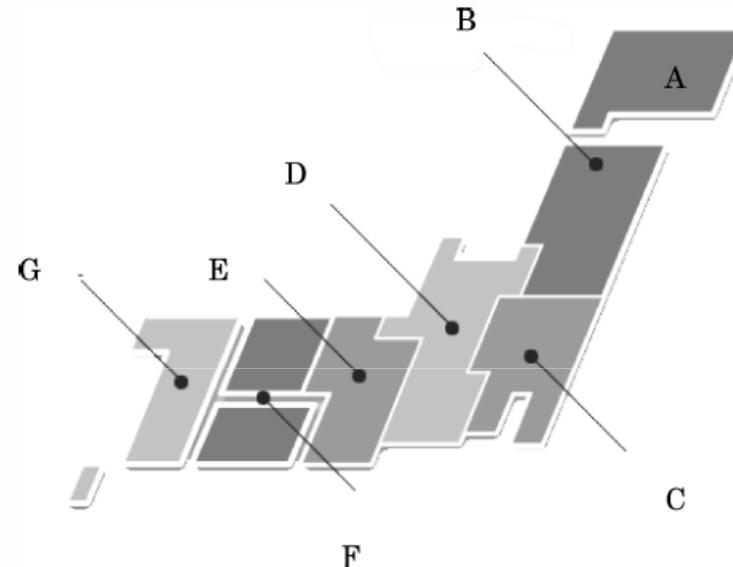


Figure 2. Japan was divided into seven production/consumption regions.

*Cao, Hongbin, Suzuki, Noriyuki and Sakurai, Takeo(2009)
Human and Ecological Risk Assessment, 15:5, 890 — 906

- ・地域ごとに、また輸入魚、遠洋魚などの魚類濃度を集計
- ・地域ごとの消費量を集計
- ・流通状況の推定
- ⇒7区域ごとに結果を集約

4. 環境濃度分布と魚介類流通、ダイオキシン類の曝露の関連の解明

— 地域内消費の影響、域外流入などの寄与の同定* —

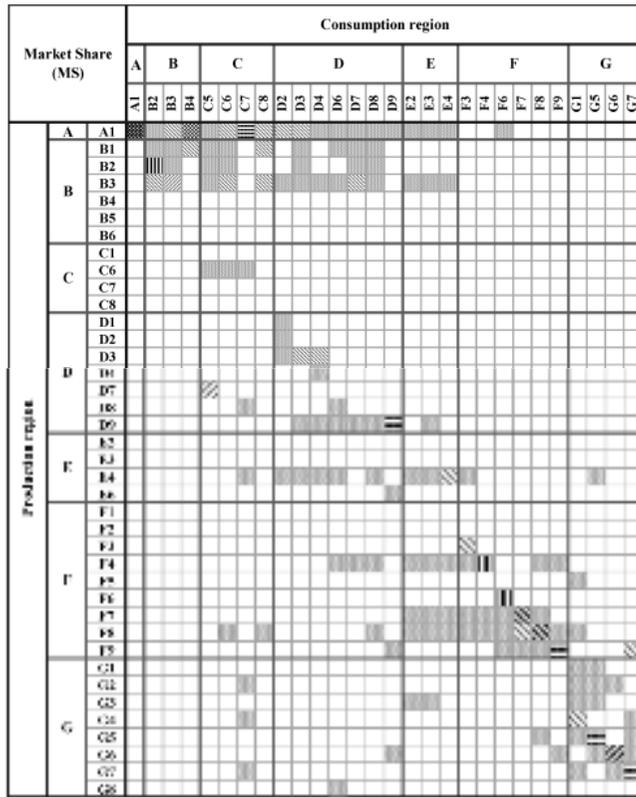


Figure 1. Market share of fresh fish from production prefectures (Xn) in the consumption prefectures (Yn) where the central wholesale markets were located. "Production prefectures" here refers to the 39 prefectures on the coast.

Table 2. Top 10 correlations of catch area with estimated dietary exposure to dioxins in fish in the seven consumption regions.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Imported (0.572)	Imported (0.580)	Imported (0.557)	Imported (0.550)	Imported (0.519)	Imported (0.478)	Imported (0.568)
2	Offshore (0.442)	Offshore (0.449)	Offshore (0.426)	Offshore (0.421)	Offshore (0.386)	Offshore (0.347)	Offshore (0.444)
3	A1_Coastal (0.313)	A1_Coastal (0.261)	Distant water (0.210)	Distant water (0.207)	E4_Coastal (0.294)	F8_Coastal (0.222)	Distant water (0.217)
4	Distant water (0.207)	Distant water (0.211)	B3_Coastal (0.130)	E4_Coastal (0.180)	Distant water (0.191)	F4_Coastal (0.205)	G3_Coastal (0.152)
5	F8_Coastal (0.036)	B1_Coastal (0.085)	F8_Coastal (0.105)	F8_Coastal (0.111)	F7_Coastal (0.110)	F3_Coastal (0.190)	G5_Coastal (0.095)
6	F1_Coastal (0.025)	B2_Coastal (0.042)	C6_Coastal (0.104)	C6_Coastal (0.088)	F8_Coastal (0.099)	Distant water (0.177)	C6_Coastal (0.088)
7	C6_Coastal (0.024)	B3_Coastal (0.031)	D8_Coastal (0.087)	B2_Coastal (0.069)	F4_Coastal (0.090)	F7_Coastal (0.152)	G1_Coastal (0.081)
8	B3_Coastal (0.019)	F1_Coastal (0.025)	E4_Coastal (0.078)	A1_Coastal (0.065)	F3_Coastal (0.081)	F6_Coastal (0.082)	F9_Coastal (0.060)
9	B2_Coastal (0.016)	B6_Coastal (0.023)	A1_Coastal (0.074)	D8_Coastal (0.064)	C6_Coastal (0.048)	E4_Coastal (0.078)	F8_Coastal (0.057)
10	E2_Coastal (0.014)	C6_Coastal (0.016)	B1_Coastal (0.072)	F3_Coastal (0.061)	D9_Coastal (0.044)	F9_Coastal (0.063)	G4_Coastal (0.054)

Values in parentheses are SROCC values. Xn (a letter followed by a number) means the nth prefecture in Region X. Bold-type entries highlight intra-regional impacts of catch prefectures.

*Cao, Hongbin, Suzuki, Noriyuki and Sakurai, Takeo(2009) *Human and Ecological Risk Assessment*, 15:5, 890 — 906

⇒どの地域でも輸入、遠洋魚の曝露量への影響が大
 ⇒域内沿岸魚の寄与の程度は地域により異なる
 ⇒国内ダイオキシン対策の曝露量低減への意味は？

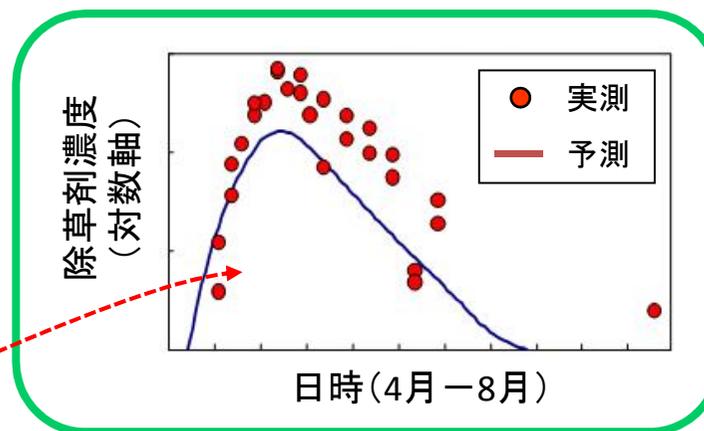
5. 環境濃度の把握と曝露評価への応用

—モニタリングデータ vs. モデルによる曝露評価—

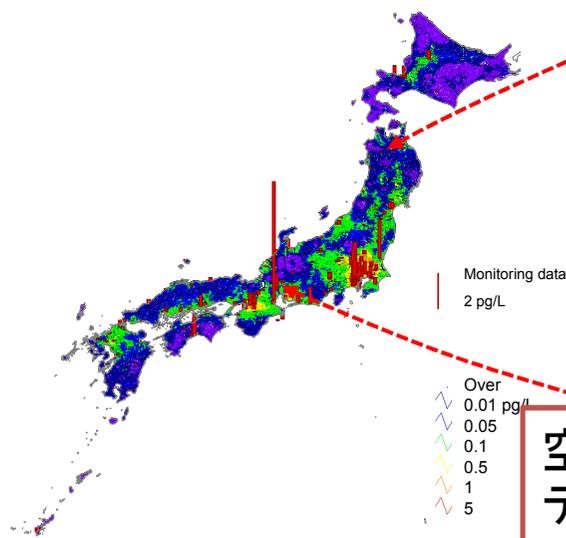
- 環境モニタリングとモデルの曝露評価における意味付け

- 環境濃度の時空間変動の中での代表性として考察すべき

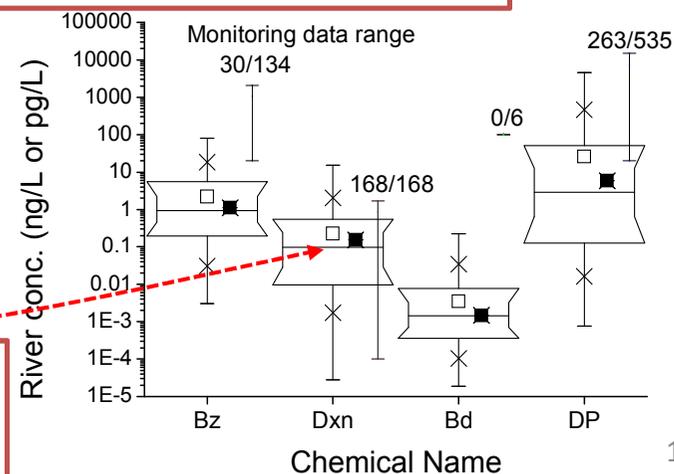
- 観測値が環境濃度の時空間変動の中で何を表しているか？あるいは示したいか？



時間変動の中でのデータの代表性

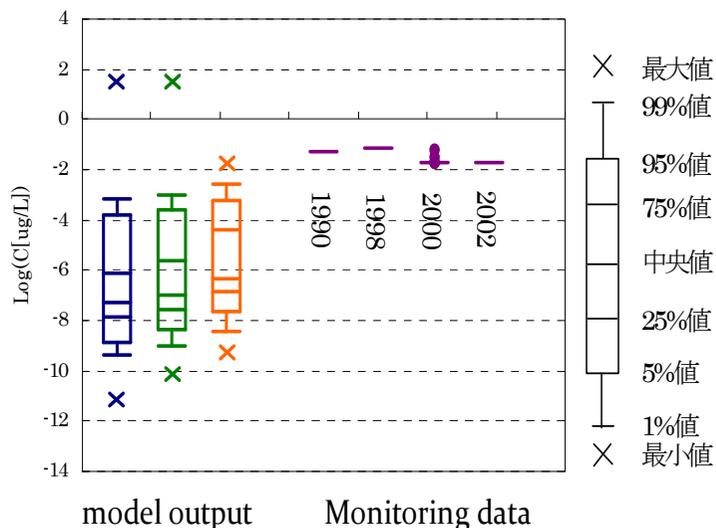


空間変動の中でのデータの代表性

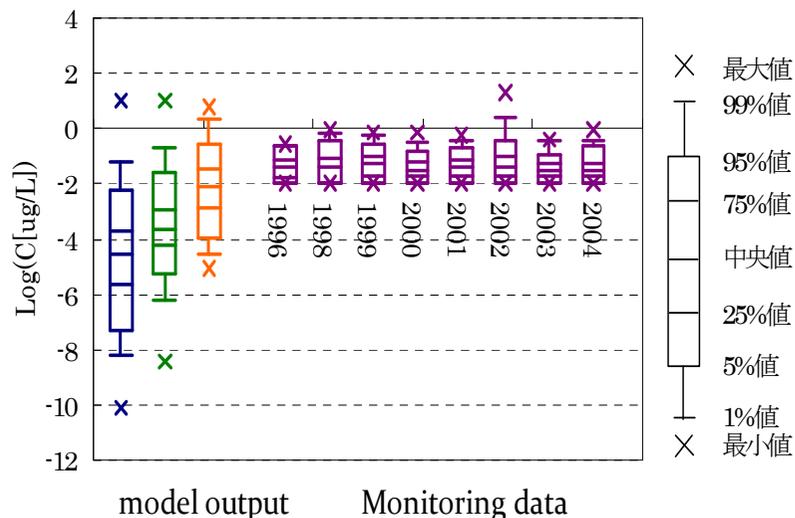


5. 環境濃度の把握と曝露評価への応用

—モニタリングデータ vs. モデルによる曝露評価—



Data distribution of p-Chloroaniline by G-CIEMS model (left 3 box-plots) and monitoring data (right 4 plots)

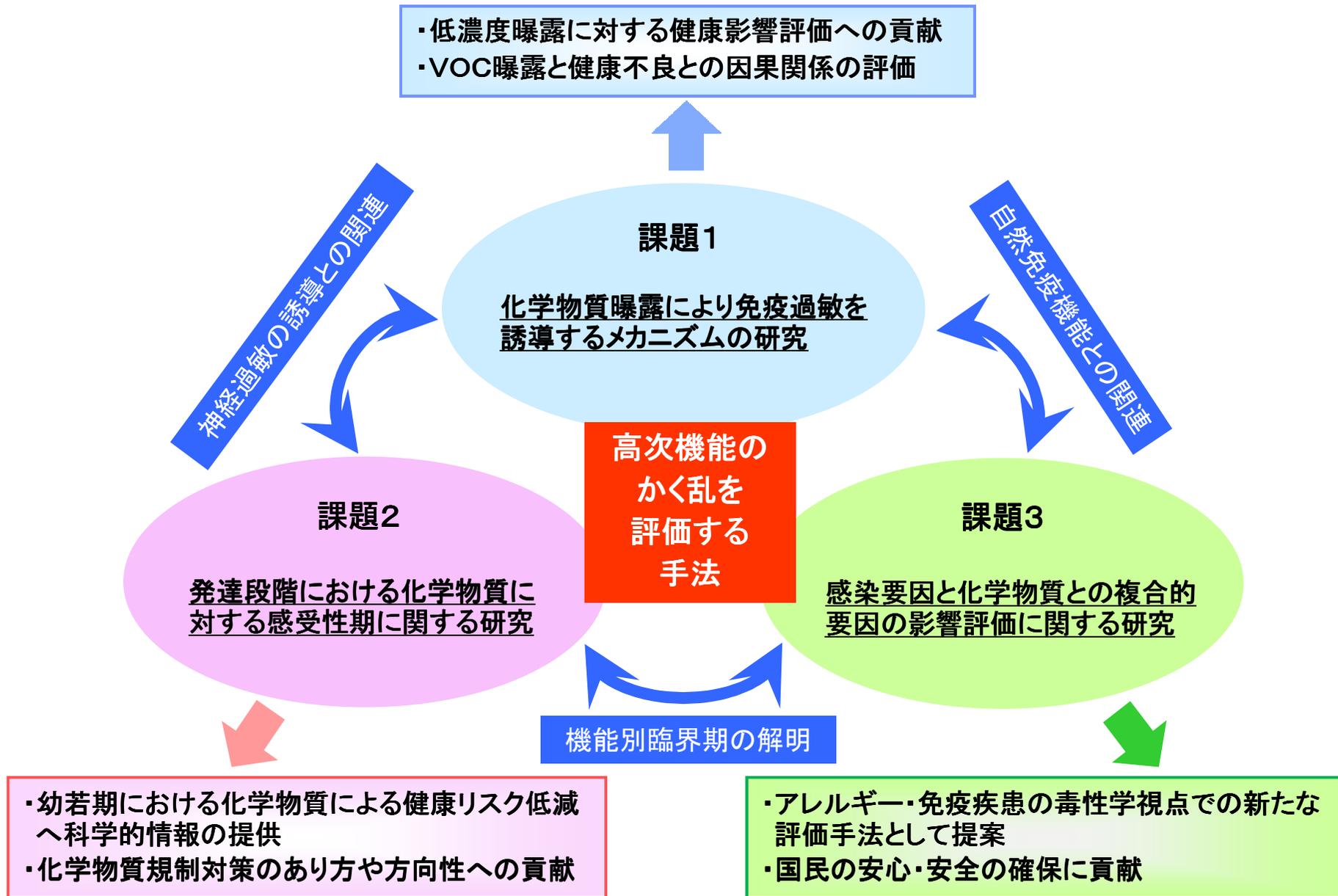


Data distribution of bisphenol-A by G-CIEMS model (left 3 box-plots) and monitoring data (right 8 plots)

- * 現PRTRデータに基づくモデル推定は、最大～最小で10桁、99パーセント範囲で6-8桁程度の幅の濃度分布を与える
- * 人口密度の高い地域ではやや濃度分布が高い側にシフト
- * 観測データの分布はPRTRからのモデル推定の最大濃度領域に近い場合が多い
- * モデル、排出推定、あるいは観測値の代表性それぞれ検証が必要であるが、このような考察によりモニタリング・モデルによる曝露評価の整合性の考察が可能

PJ2: 感受性要因に注目した化学物質の健康影響評価

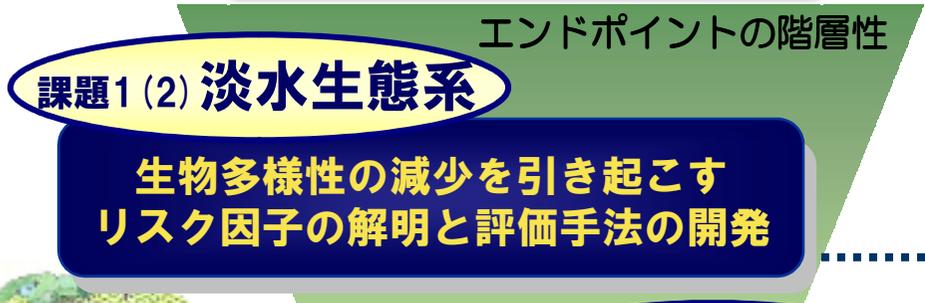
感受性要因に注目した化学物質の健康影響評価(アウトカム)



PJ4:生物多様性と生態系機能の視点に基づく環境影響評価手法の開発

エンドポイント
✓生物多様性の減少
✓生態系機能の低下
✓(有用)個体群の再生産阻害

■ **生物多様性の3つの危機** (新生物多様性国家戦略 2002; 第3次戦略2007)
① **開発**等による影響
② **里地里山**などにおける環境の質の変化
③ **外来種**などによる生態系の攪乱



エンドポイントの階層性

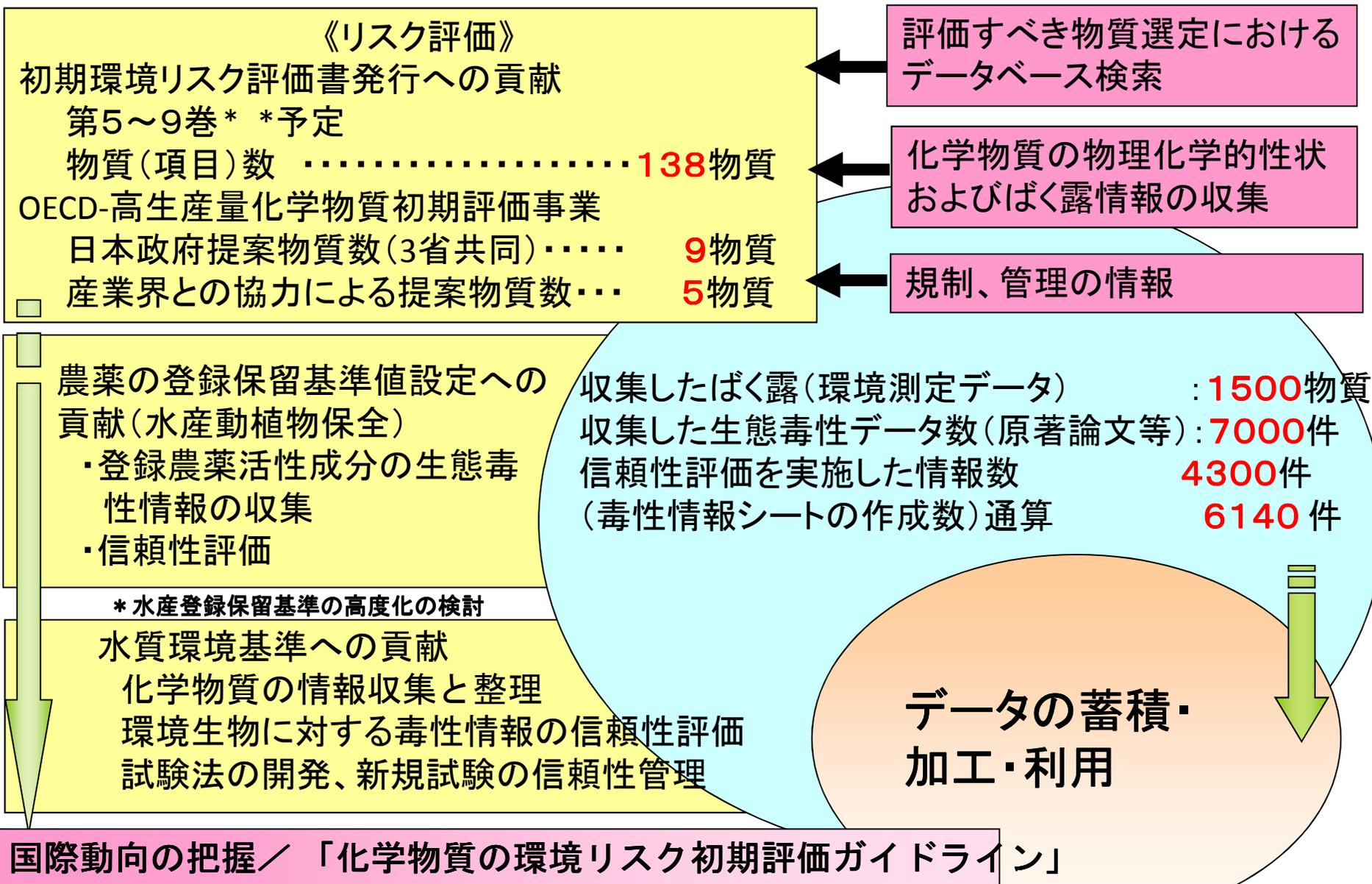
$$r(x) = \gamma \left\{ 1 - \left(\frac{x}{\alpha} \right)^\beta \right\}$$

連携
フィードバック

環境政策に向けた科学的知見の提供

(7) 化学物質の環境リスク評価のための基盤整備

第2中期計画期間中(2006-2010)における成果



化学物質の曝露・リスク研究が何を目指すべきか？

- 新たな知見やニーズへの合理的な対応
 - 不確実、未知の大きい知見にどう対応するか？
 - 不確実性というより不可知性？の大きな課題への対応
 - 内分泌かく乱への混乱？
 - 未知の度合いが大きい知見への健全な対応
 - より定性的・予見的な科学的知見への社会合意のあり方



- より確立された知見への正確な対応
 - リスク評価の高精度化
 - 確かな有害性評価
 - 確かな曝露評価
 - 定量的リスク判定
 - 情報の収集、実験、データ解析、モデル...
 - より定量的・決定論的な科学的知見への社会合意のあり方

未知の程度が大きい知見からより確実な知見まで、それぞれに対する適切な科学と合意のあり方を全体として研究する必要があるのでは？
– 新たな知見や懸念に対応する科学が不足？