

2019年11月28日(木) 東京大学弥生講堂一条ホール  
令和元年度 化学物質の安全管理に関するシンポジウム  
「化学物質の評価・管理に関する手法やツール等の活用状況」

# 河川流域の化学物質リスク評価のための 濃度予測モデルの開発と活用

国立研究開発法人産業技術総合研究所

安全科学研究部門

環境暴露モデリンググループ

石川 百合子

# 発表内容

1. 河川流域の化学物質濃度予測モデルの開発経緯
2. 河川モデルAIST-SHANELの概要と活用例
3. モデルの課題と今後の展開

# 1. 河川流域の化学物質濃度予測モデルの開発経緯

## 実測値の統計解析

## 数理モデルによる推定

### 長所

✓ 実際の環境中濃度を把握

✓ 観測の労力が不要

✓ 高濃度が出現する地域や時期を推定

✓ 発生源と暴露濃度の因果関係を考察

### 短所

✓ 相当な費用や労力が必要

✓ 観測地点や時期が限定

✓ 観測物質が限定

✓ 結果の精度は入力データやパラメータの不確実性に依存

# 数理モデルによる化学物質の暴露濃度推定

基本的な計算：単純希釈

$$\text{河川水中濃度 (M/L}^3\text{)} = \frac{\text{化学物質の排出量 (M/T)}}{\text{河川流量 (L}^3\text{/T)}}$$

移流拡散、吸脱着、分解  
などの動態メカニズム

# 数理モデルによる化学物質の暴露濃度推定

地域性を考慮した計算に必要な情報：

流域の人口、土地利用、  
産業、下水道普及状況等

$$\text{河川水中濃度 (M/L}^3\text{)} = \frac{\text{化学物質の排出量 (M/T)}}{\text{河川流量 (L}^3\text{/T)}}$$

流域の降水量、  
気温等

# 日本の河川を対象としたモデルの必要性

- ✓ 日本の河川は、欧米の河川と比べ、急勾配で短い
- ✓ 梅雨や台風などの影響により、降水量の変動が顕著



- ✓ 地域や時期により、河川流量や化学物質濃度が変動



- ✓ 河川の流域特性を反映した非定常解析モデルが必要

産総研では、水系暴露解析モデル **AIST-SHANEL**

(national institute of Advanced Industrial Science and Technology-Standardized Hydrology-based Assessment tool for chemical Exposure Load) を開発

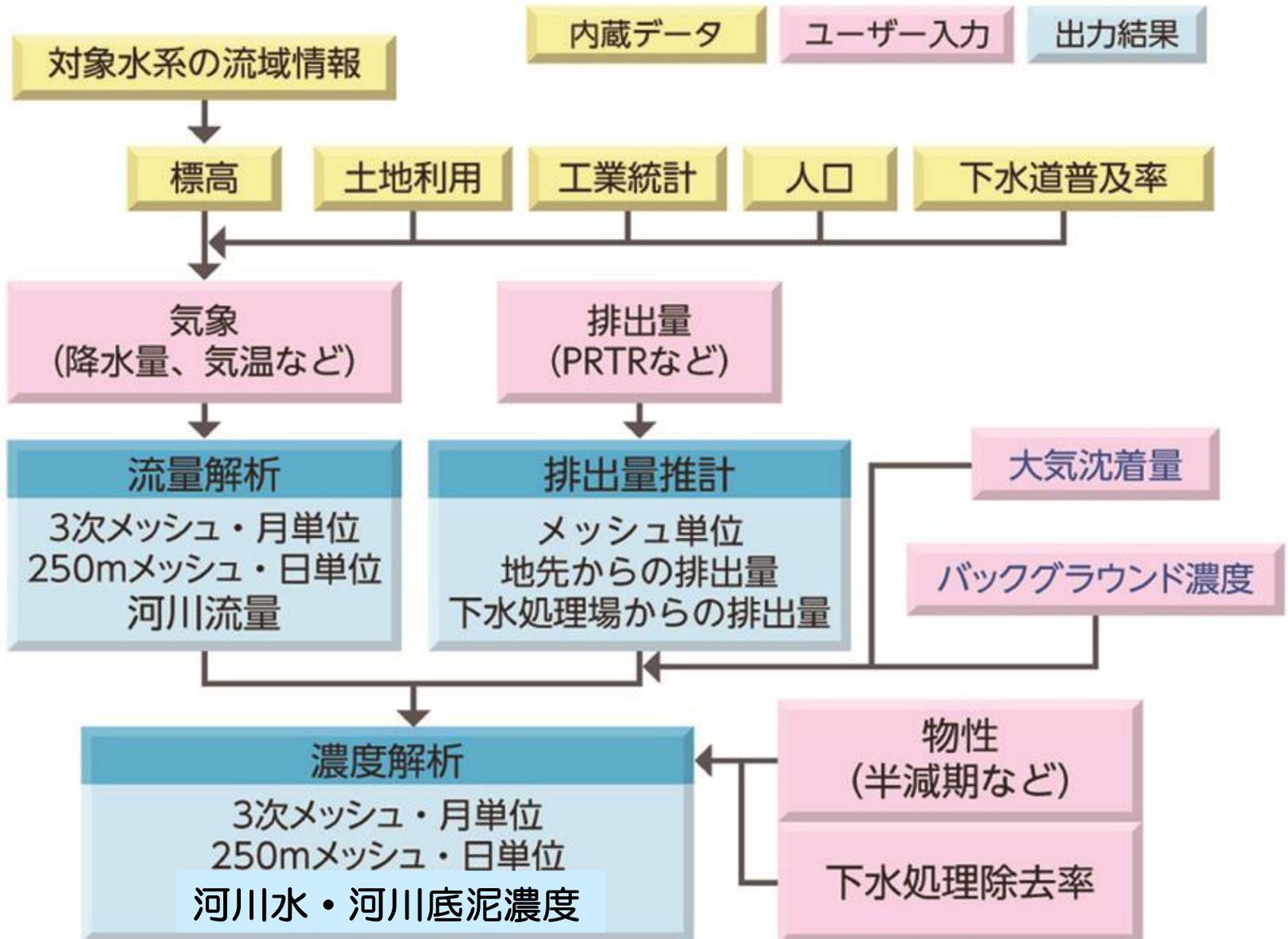
## 2. 河川モデルAIST-SHANELの概要と活用例

- ▶ 全国の河川流域を対象とした化学物質のリスク評価に必要な暴露濃度を推定する非定常解析モデル
- ▶ 対象流域のメッシュ単位の河川流量、化学物質の河川水濃度（溶存態・懸濁態）、底泥濃度の空間分布や時間変化を推定
- ▶ PRTRデータなどの点源・非点源排出量に対応
- ▶ 全国の流域特性（人口、土地利用、工業統計、下水処理場、下水道普及率等）のメッシュデータを搭載
- ▶ 一般的なPCで操作可能
- ▶ 産業技術総合研究所のWebサイトで最新版のVer.3.0を2015年に公開（DVDで配布）

## AIST-SHANELでできること

- 河川流域の時空間的な化学物質濃度の推定  
⇒ 潜在的リスクの把握、モニタリング地点候補の提示
- 観測データがない化学物質や新規化学物質の暴露評価  
⇒ より多くの化学物質のリスク評価を促進
- 化学物質濃度と発生源、河川流量との因果関係の検討  
⇒ リスク管理対策のための参考情報を提供
- 将来予測  
⇒ 対策効果の評価、気候変動による影響評価

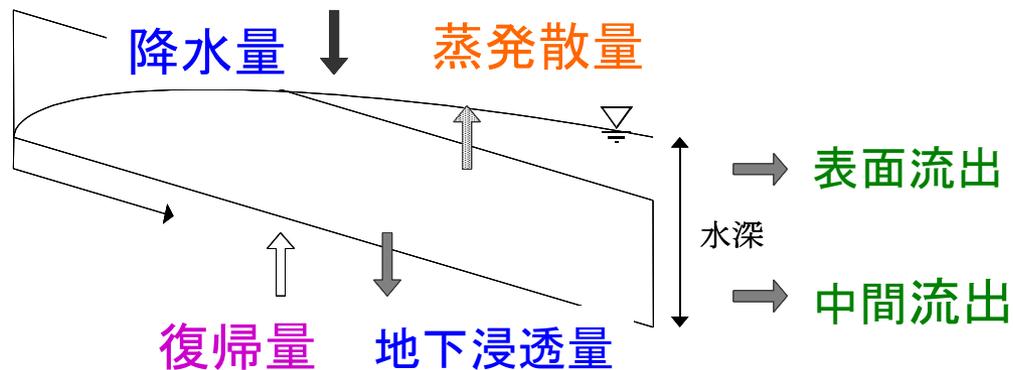
# AIST-SHANELの計算の流れ



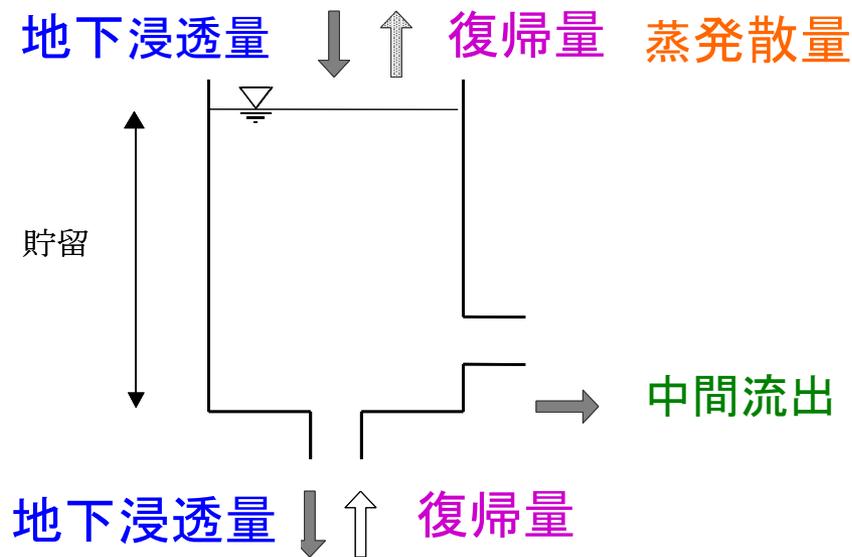
# 流量解析

- 地表面と深部に分けた流出解析
- 表面流出量と中間流出量を推定

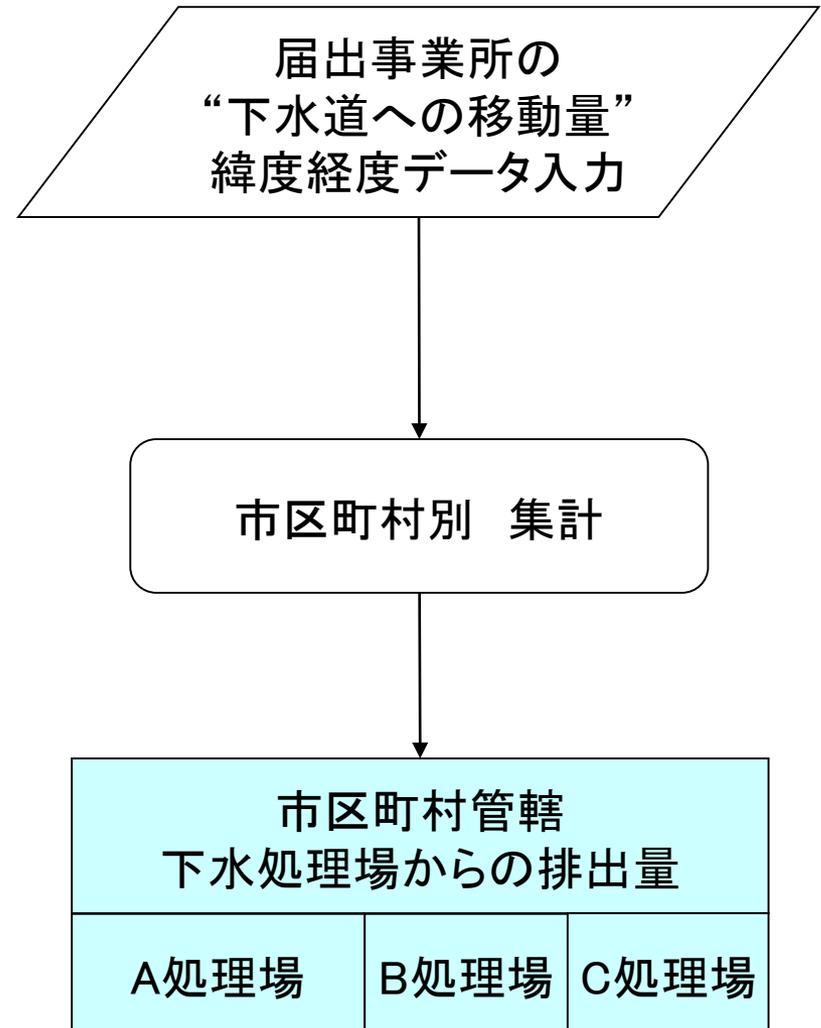
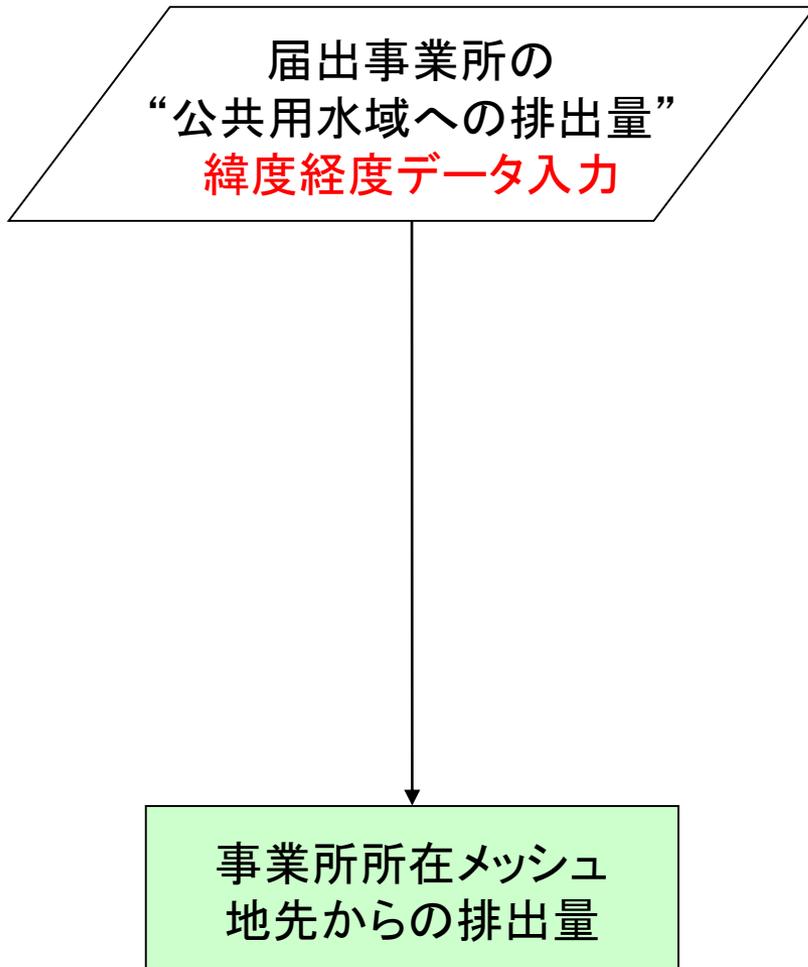
地表面：  
Kinematic wave法



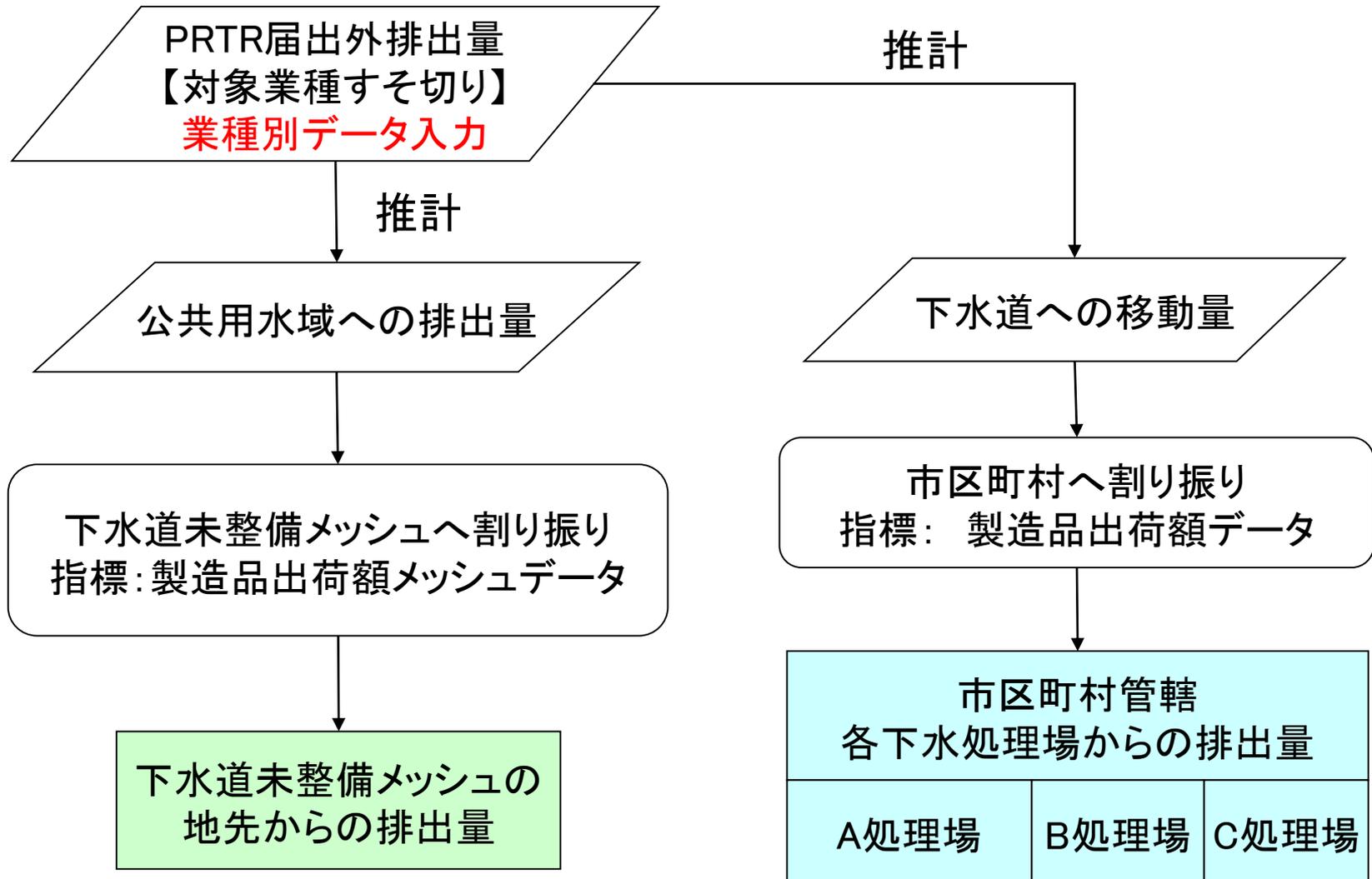
鉛直方向：  
線形貯留モデル



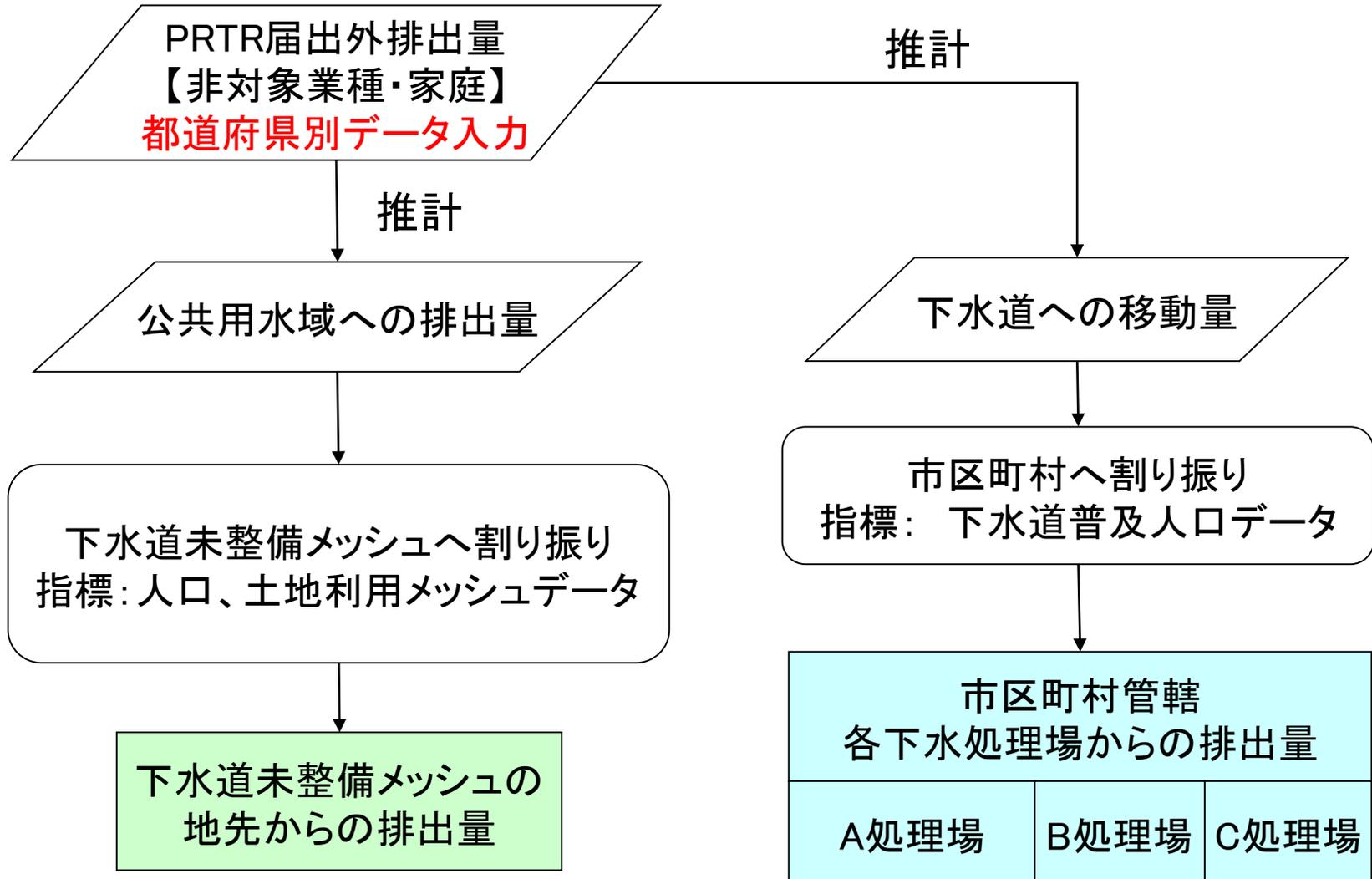
# 排出量推計 (1) PRTR点源排出量



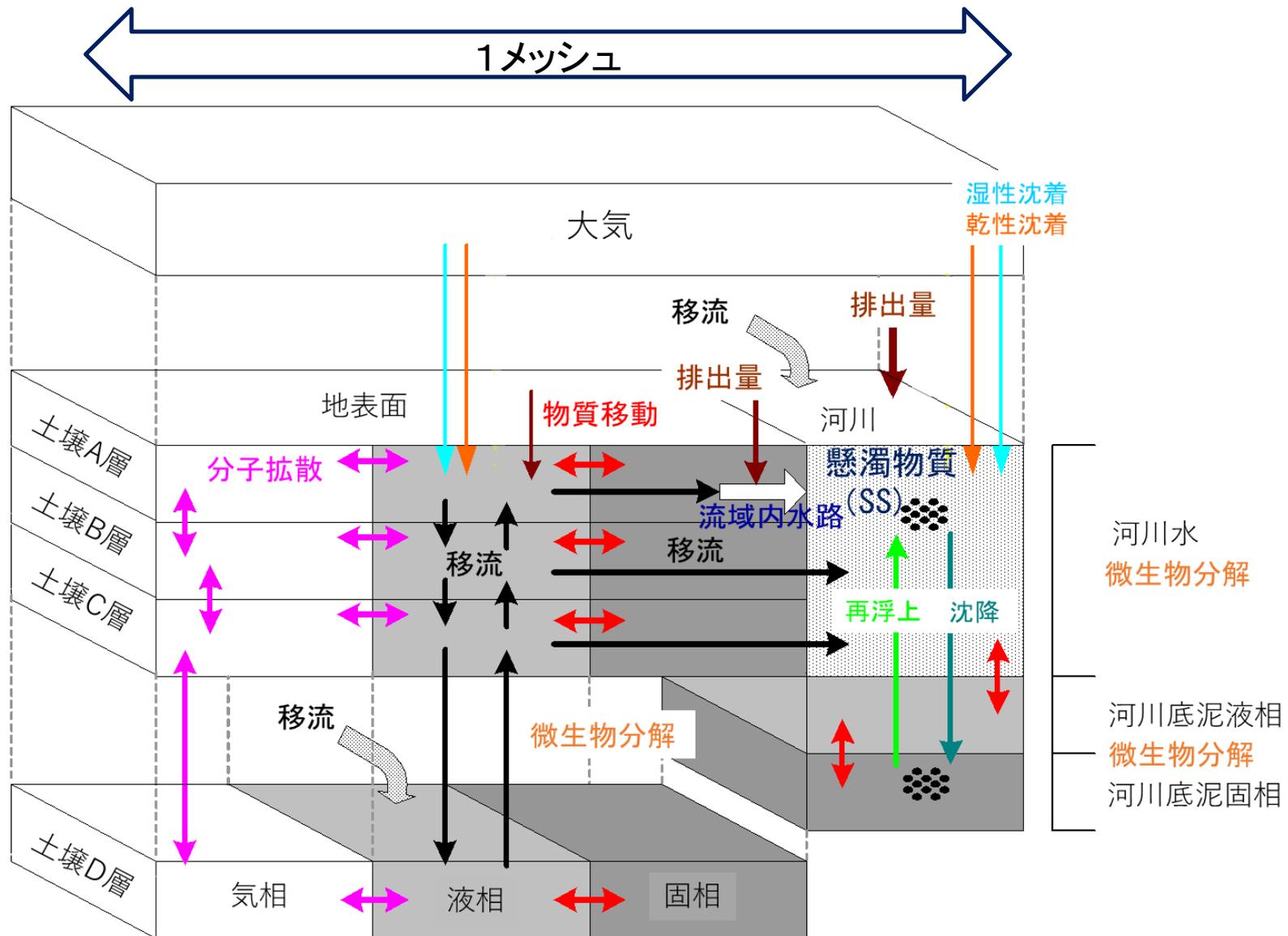
# 排出量推計 (2) PRTRすそ切り以下排出量



# 排出量推計 (3) PRTR非点源排出量



# 濃度解析における物質動態メカニズム



# 河川水中濃度の計算式

- 1次元移流拡散シミュレーション
- 化学反応なし

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t}(A_r \cdot C_w) + \frac{\partial}{\partial x}(A_r \cdot U_r \cdot C_w) \\ & = \frac{\partial}{\partial x}(A_r \cdot D_r \frac{\partial C_w}{\partial x}) + W_r \frac{A_r}{H_r} + G_r \frac{A_r}{R} + D - K \cdot A_r \cdot C_w + f \end{aligned}$$

移流
拡散
沈降
再浮上
物質移動
分解
流入負荷

$$D_r = 5.93H_r \cdot u^*$$

$A_r$ : 流水断面積 (m<sup>2</sup>),       $C_w$ : 河川水の化学物質濃度 (mg/m<sup>3</sup>)

$U_r$ : 断面平均流速 (m/s),       $D_r$ : 拡散係数 (m<sup>2</sup>/s)

$D$ : 河川水-底泥間の物質移動量 (mg/m/s)

$W_r$ : 沈降フラックス (mg/m<sup>2</sup>/s),       $H_r$ : 平均水深 (m)

$G_r$ : 再浮上フラックス (mg/m<sup>2</sup>/s),       $R$ : 径深 (m)

$K$ : 分解速度係数 (1/s),       $f$ : 河川への流入負荷量 (mg/m/s),       $u^*$ : 摩擦速度 (m/s)

## 濃度解析の入力パラメータ

- 基本的には、揮発しない水溶性の化学物質を対象

入力項目	値	単位
蒸気圧	$3.05 \times 10^{-13}$	Pa
分子量	342.4	g/mol
水溶解度	250,000	g/m <sup>3</sup>
有機炭素水分配係数	2,500	L/kg
河川水中半減期	0.75	day
河川底泥半減期	22	day
土壌中半減期	14	day
下水処理除去率	0.99	—
掃流係数	30	1/m

ref.) 水環境学会誌, Vol. 41, pp. 129–139 (2018)

# AIST-SHANEL Ver.3.0

## ■「3次メッシュ一級水系版」

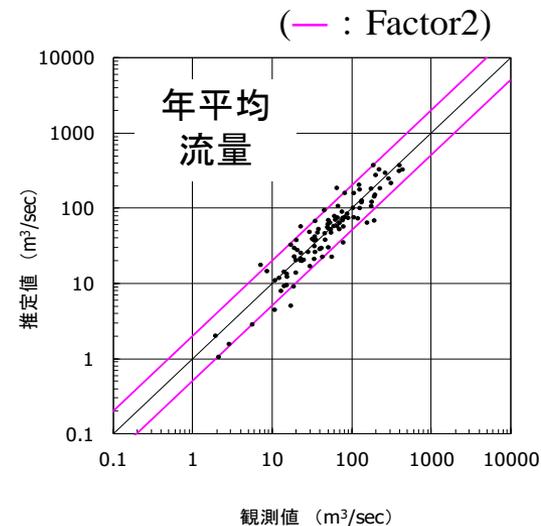
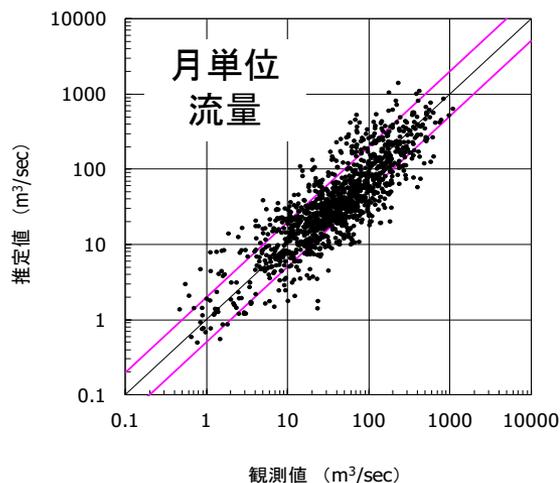
- 全国109の一級水系を対象に、3次メッシュ・月単位で河川流量、河川水・底泥中の化学物質濃度を一括または水系別に計算
- 計算結果は、全メッシュ、本川メッシュ、本川+支川メッシュ別にCSVファイルで出力
- 無償のGISソフト MANDARA で面的分布図を表示

## ■「250mメッシュ全国水系版」

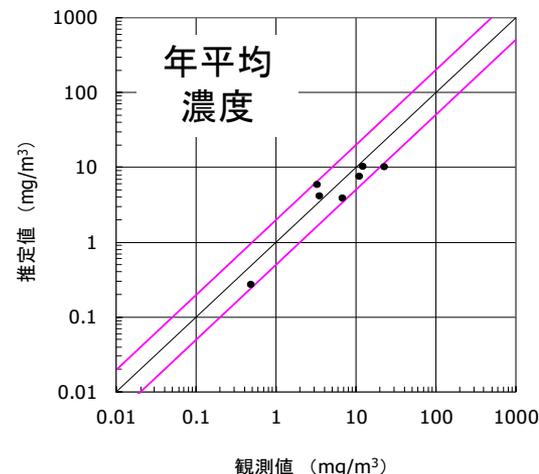
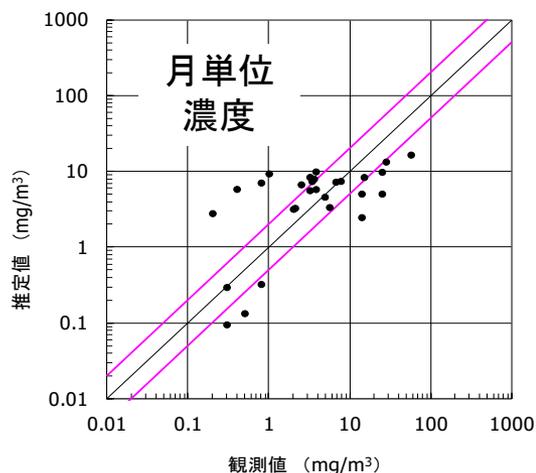
- 全国の任意水系（沖縄県を除く）を対象に、河川流量、河川水・底泥中の化学物質濃度を250mメッシュ・日単位で計算
- 選択した地点の計算結果をCSVファイルで出力
- 無償の地図ソフト Google Earth™等を用いて面的分布図を表示

# 「3次メッシュー級水系版」の推定精度

全国109水系の  
最下流地点での  
2005年河川流量



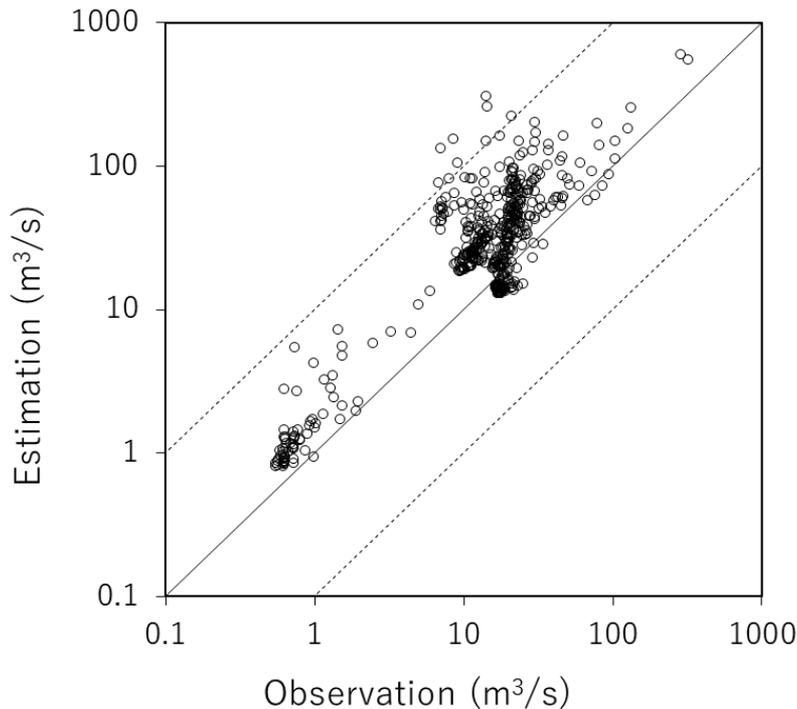
全国109水系の  
最下流地点での  
2005年河川水中  
LAS濃度



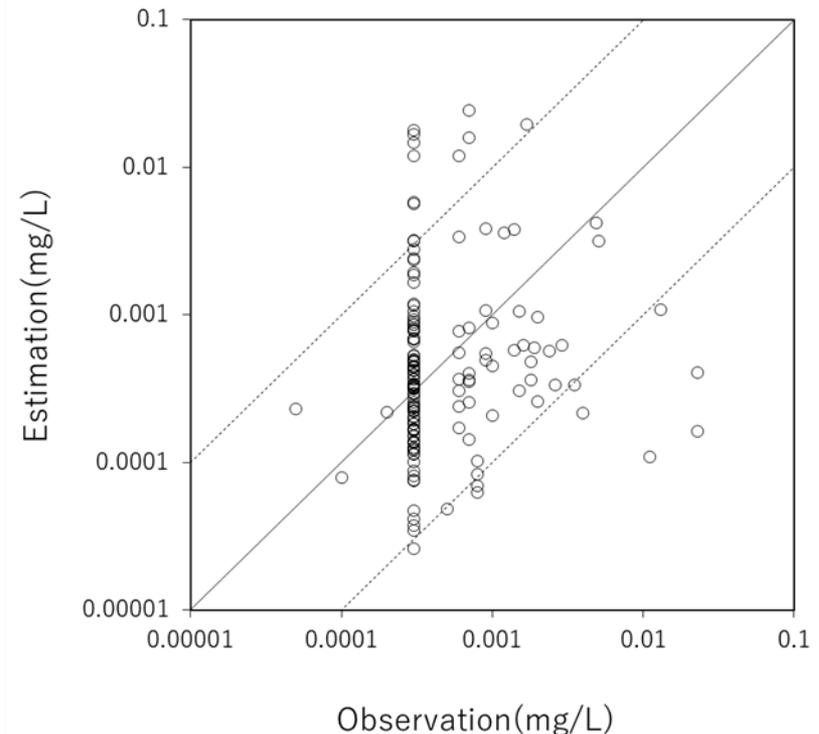
推定値と観測値の比率は月単位で70%以上が1/3~3倍 (factor3) の範囲内、  
年平均でfactor2の範囲内 ⇒ 推定精度は妥当と判断

# 「250mメッシュ全国水系版」の推定精度

多摩川水系における2015年の  
日単位の河川流量



多摩川水系における2015年の  
日単位の河川水中LAS濃度



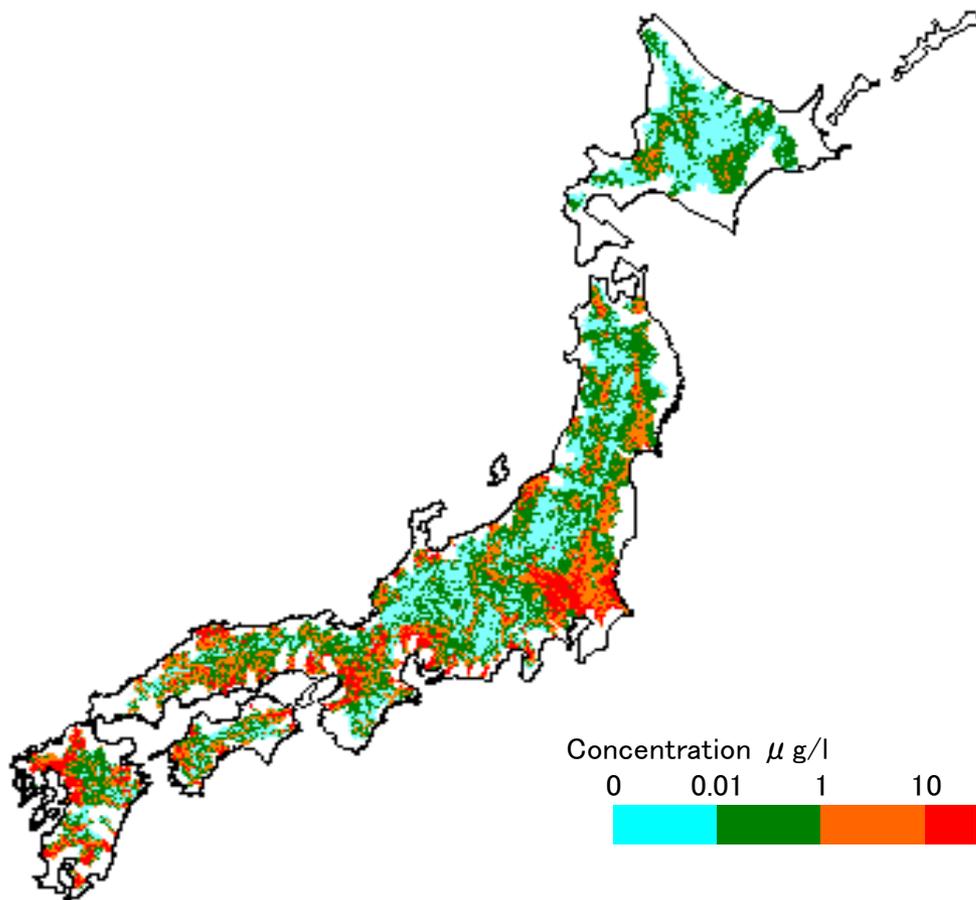
日単位の推定値と観測値の比率は河川流量の95%以上、河川水中濃度の85%以上が1/10～10倍 (factor 10) の範囲内 ⇒ 推定精度は妥当と判断

# AIST-SHANEL Ver.3.0の活用

	活用場面	課題
3次メッシュ 一級水系版	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全国109の一級水系を対象とした化学物質暴露評価（一括計算が可能）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・二級水系など小規模河川の濃度推定はできない</li> </ul>
250mメッシュ 全国水系版	<ul style="list-style-type: none"> <li>・二級水系など小規模の河川を対象とした水系毎の化学物質暴露評価</li> <li>・災害や水質事故を想定した化学物質暴露評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流域面積に応じた計算時間とファイル容量が必要</li> <li>・全国水系の一括計算は困難</li> </ul>

# 「3次メッシュ一級水系版」の活用例

- ◆ 生活排水中の界面活性剤LASを対象とした全国規模の生態リスク評価



予測環境濃度 (PEC)  
2005年のLAS濃度の95パーセンタイル値  
**4.2  $\mu\text{g/L}$**

予測無影響濃度 (PNEC)  
**270  $\mu\text{g/L}$**   
(HERA, 2013)



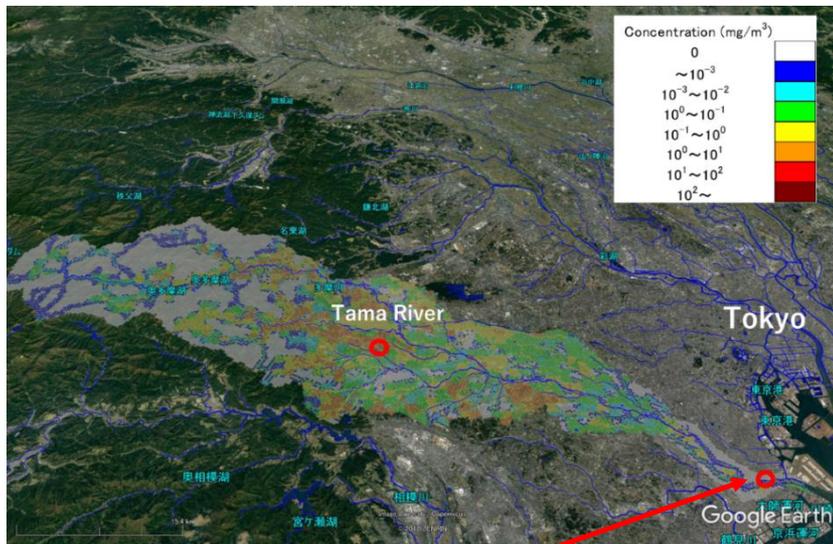
ハザード比(HQ) < 1  
⇒ リスクの懸念低い

# 「250mメッシュ全国水系版」の活用例

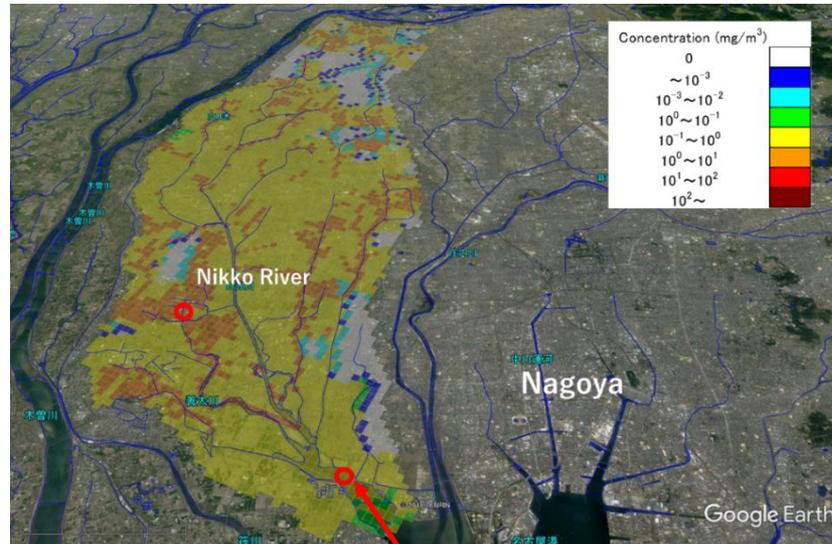
## ◆ 流域特性の異なる水系でのLASの詳細な暴露評価

下水道普及率の高い多摩川水系

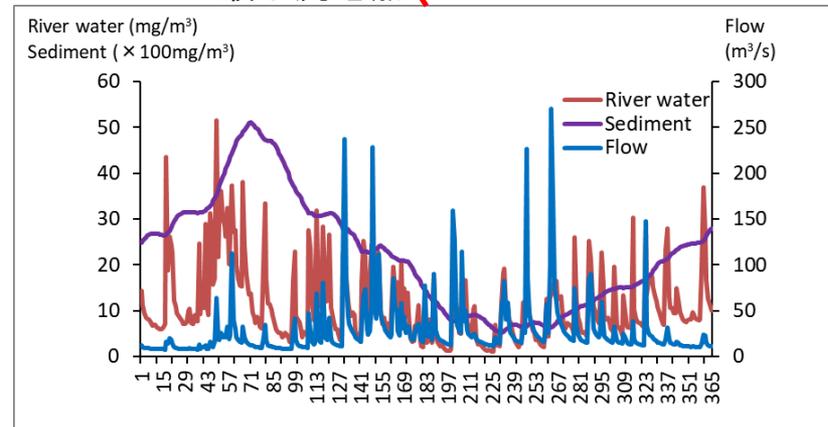
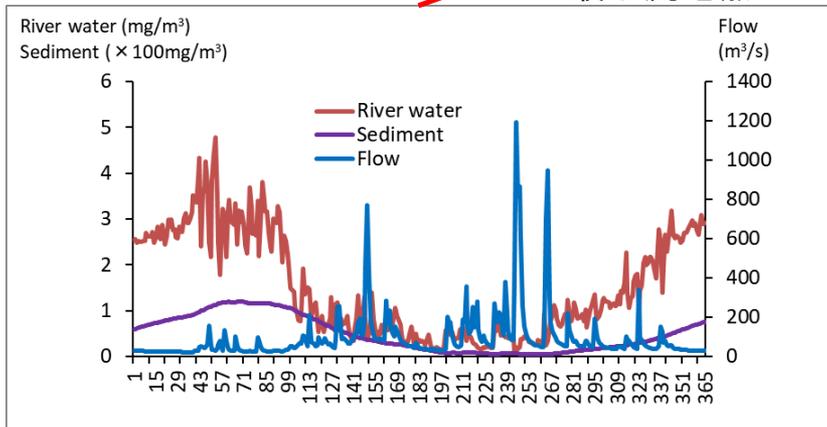
下水道普及率の低い日光川水系



最下流地点



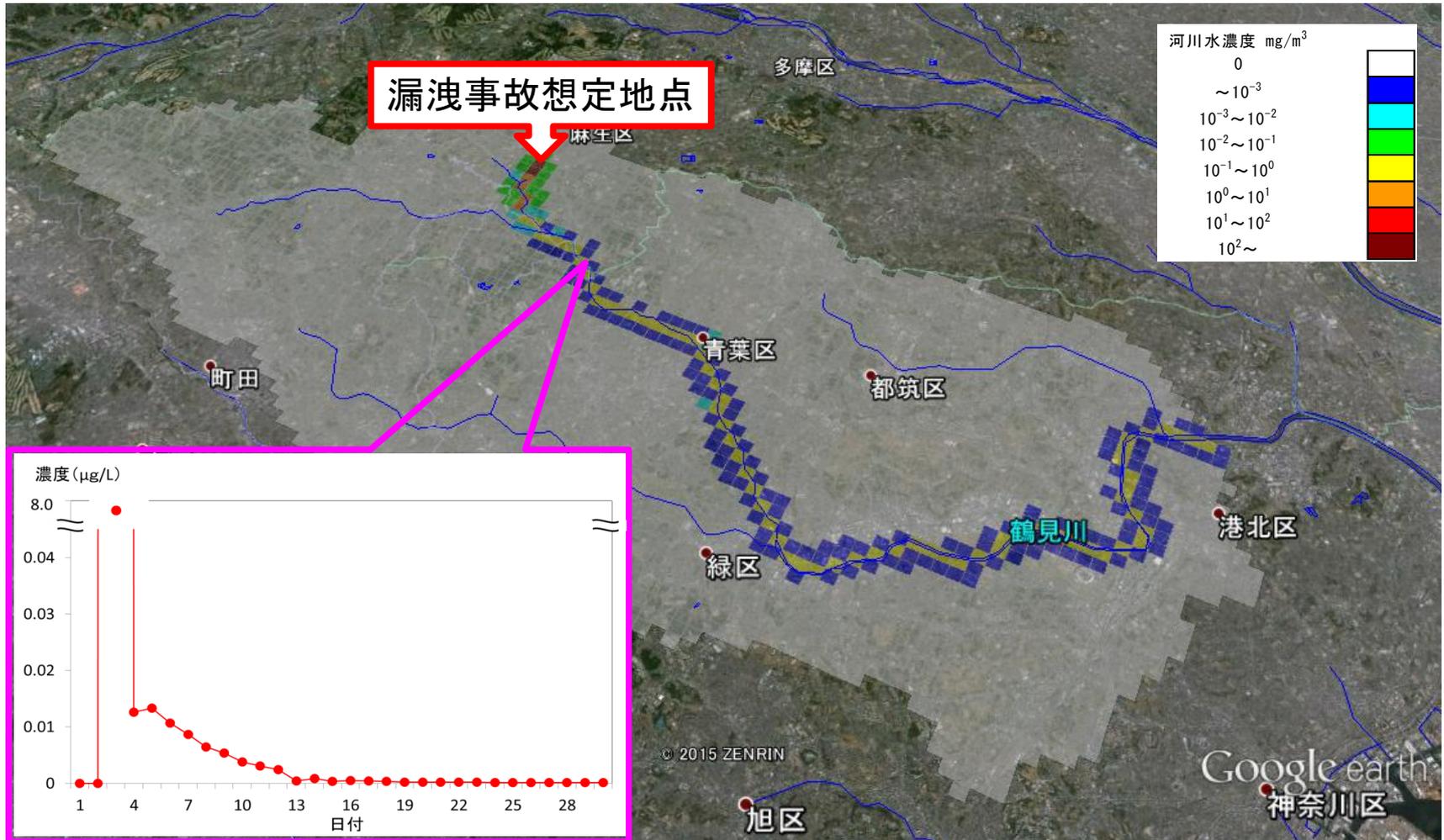
最下流地点



下水処理水の寄与が大きい水系では希釈や生分解による濃度変動が顕著

# 「250mメッシュ全国水系版」の活用例

## ◆ 化学物質の漏洩事故を想定したときの暴露評価



水質事故による化学物質濃度の影響範囲や期間を事前に予測

## 3. モデルの課題と今後の展開

### 主な課題

- ✓ より多くの河川流域や化学物質を対象とした検証
- ✓ 河川底泥濃度の検証
- ✓ 集中豪雨時の濃度予測
- ✓ 化学反応を伴う物質の濃度予測

# 今後の展開

- ▶ 災害・事故時の化学物質の拡散予測
- ▶ 集中豪雨時の化学物質の暴露評価
- ▶ 海外（特にアジア諸国）の河川流域への適用
- ▶ 河川底泥を対象とした化学物質の暴露評価

# おわりに

**AIST-SHANEL Ver.3.0**は、  
 国立研究開発法人  
 産業技術総合研究所  
 安全科学研究部門の  
 ソフトウェアのWebサイト  
<https://shanel.aist-riss.jp/>  
 で公開しています。  
 ご覧いただければ幸いです。

産総研-水系暴露解析モデル AIST-SHANEL Ver.3.0 (著作権登録管理番号 H27PRO-1871)

## AIST-SHANEL

Standardized Hydrology-based Assessment tool for chemical Exposure Load

TOP

- 共同研究等に関するご案内
- はじめに
- 機能概略図
- 動作環境
- 適用事例
- 入手方法
- 使用上のお願い
- 旧バージョン
- お問い合わせ

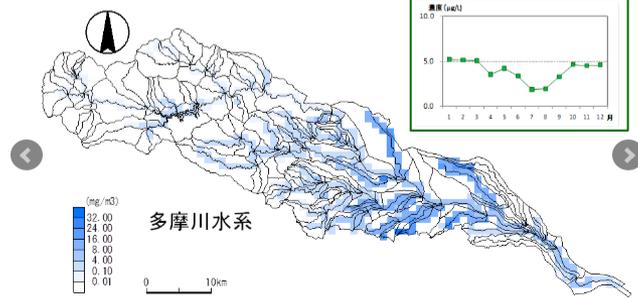
産総研-水系暴露解析モデル (national institute of Advanced Industrial Science and Technology- Standardized Hydrology-based Assessment tool for chemical Exposure Load: 通称 AIST-SHANEL)とは、国立研究開発法人産業技術総合研究所 (AIST) が開発した、日本における河川流域の化学物質の暴露評価と対策評価のためのモデルであり、以下の機能を備えています。



- 河川流量の推定
- 化学物質の排出量推計
- 化学物質の河川水中濃度の推定

AIST-SHANEL Ver.3.0に関する共同研究、コンサルティング等のご相談も承っております。  
[詳しくはこちらをご覧ください。](#)

**AIST-SHANEL Ver.3.0 【3次メッシュー級水系版】**




高濃度が懸念される地域や時期を推定できます