国内の任意水系を対象にした化学物質リスク評価のための 産総研—水系暴露解析モデル (AIST-SHANEL) Ver.3.0

石川 百合子^{1),*} 川口 智哉²⁾ 東野 晴行¹⁾

AIST-SHANEL Ver.3.0 for Chemical Exposure Assessment of Any River System in Japan

Yuriko ISHIKAWA^{1),*}, Tomoya KAWAGUCHI²⁾ and Haruyuki HIGASHINO¹⁾

¹⁾ The Research Institute of Science for Safety and Sustainability, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Onogawa 16-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8569, Japan

²⁾ Nihon Suido Consultant Co., Ltd., 22-1 Nishi-Shinjuku 6-Chome, Shinjuku-ku, Tokyo 163-1122, Japan

Abstract

The model for exposure assessment of chemical substances, “AIST-SHANEL” ver.3.0, has been available released since October 2015. In this version, river basin data was updated from 2005 to 2011 and a new model for estimating chemical concentrations of any river basin in Japan was added. The model includes 109 class A river systems as well as class B river systems, as well as flow routings of any river basin based on a 250 m grid resolution. The model enables the assessment of the upper area of a river basin at an assessment point designated by the user and yields estimates of the daily concentrations in the area. The calculation results can be displayed on Google Earth and ArcGIS Desktop maps. Unsteady analysis of the model will also be useful for the assessment of the impacts of water quality accidents involving the leakage of chemical substances into river systems. In this study, we showed that the model can be applied to exposure assessments not only under normal conditions but also those of accidents. In the case of accidents, the resilience assessment yields estimates of the degree of recovery of the river water quality deteriorated by chemical leakage.

Keywords: Simulation model; Chemical substance; Exposure assessment; River system; Unsteady analysis

1. はじめに

化学物質の生態リスクに関連する化審法改正等の法規制の動向を背景として、化学物質による生態系への影響が注目され、環境中において暴露濃度を把握する必要がある。近年では、東日本大震災のような地震等の自然災害や産業事故が原因となって化学物質が流出するなど、化学物質の漏洩事故等（以下、水質事故）による環境への影響も社会的な注目を集めている。自治体では、公共用水域での水質事故を想定した計画的かつ効率的な復旧対応策を検討しておくことが求められる。また、企業の社会的責任（CSR：Corporate Social Responsibility）活動における事業継続計画（BCP：Business Continuity Plan）策定やレスポンシブル・ケア（RC：Responsible Care）の取り組みにおいても、水質事故に伴うリスクを予め把握しておく必要がある。このため、全国任意の水系を対象とした事故等により排出された化学物質の暴露評価モデルの必要性は高いものと考えられる。

国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下、産総研）では、これまで、化学物質の日常的な排出による河川流域を対象とした化学物質の暴露評価のための産総研—水系暴露解析モデル（AIST-SHANEL）¹⁾を構築し、流域データの更新や機能拡張に伴うアップデートを行ってきた。2012年にリリースしたAIST-SHANEL Ver.2.5では全国109の一級水系を対象とした3次メッシュ毎の月単位の化学物質の河川水濃度等を推定することが可能²⁾となったこともあり、日本石鹼洗剤工業会等で界面活性剤の生態リスク評価にAIST-SHANELが利用^{3~5)}されてきた。しかしながら、AIST-SHANEL Ver.2.5は一級水系のみを対象としていること、月単位の濃度推定では水質事故等の暴露評価ができないこと、人口、土地利用および下水道（普及率、下水処理場）等のデータが2005年から更新されておらず、現在の状況に合っていないこと等の課題があった。

本稿では、これらの課題解決への対応を図り新たにリリースしたAIST-SHANEL Ver.3.0^{6, 7)}の機能を紹介し、Ver.2.5での解析よりも現状に近く、時間的・空間的に詳

1) 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 〒305-8569 茨城県つくば市小野川 16-1

2) 株式会社日水コン環境・資源部 〒163-1122 東京都新宿区西新宿 6-22-1 新宿スクエアタワー

* 連絡先：y-ishikawa@aist.go.jp

細な解析が可能となったことを示した。本モデル適用の際に必要なキャリブレーションについて述べるとともに、鶴見川水系を対象として観測値との比較検討を行った。また、人為災害による化学物質の漏洩事故を想定した暴露評価のケーススタディーを通して、本モデルの有用性を示した。

2. AIST-SHANEL Ver.3.0 の内容

2.1 モデルの構成

AIST-SHANEL Ver.3.0 は、Fig. 1 に示すように、河川流域属性データを 2005 年から 2011 年へと更新した 3 次メッシュ一級水系版と 250 m メッシュ全国水系版の 2 つのモデルから構成されている。3 次メッシュ一級水系版は、Ver.2.5 と同様、全国 109 の一級水系を対象として 3 次メッシュ（約 1 km 格子）毎に月平均の気象要素を与えたときの化学物質の河川水濃度を解析する月別定常解析モデル²⁾ (Fig. 1 の a)) である。250 m メッシュ全国水系版は、空間解像度を 250 m メッシュとしたうえで、対象領域を沖縄県を除く国内の全ての水系へと拡張して

いる。流れ解析は気象要素をティーセン法により 250 m メッシュに割り当て、日単位での非定常解析を前提とする。化学物質動態解析は流れ解析と同じ日別の非定常解析モデル (Fig. 1 の b))、平常時を想定した最下流地点における低水流量条件下での定常解析モデル (Fig. 1 の c)) の何れかを選択可能にしたモデルである。

3 次メッシュ一級水系版の a) 月別定常解析モデルは一級水系を対象として、全 109 水系または水系別にリスク評価を行う場合に適している。250 m メッシュ全国水系版は任意の比較的小規模な水系での解析に有用である。流域面積の絶対的な上限はないものの、都道府県および市町村が管理する一級河川の指定区間、二級河川ならびに準用河川の流域面積が 200 km² 未満の中小河川⁸⁾ を想定している。b) 日別の非定常解析モデルは出水や事故等に伴う濃度変動を把握する場合、c) 低水流量条件下での定常解析モデルは短時間で平常時の濃度分布を推定したい場合に有用である。暴露評価に際し、捉えたい濃度は月単位なのか日単位なのかを決定したうえで、評価する対象領域や対象物質の物性を考慮し、a), b), c) の 3 つの適用方法の何れかを選択する必要がある。

2.2 250 m メッシュ全国水系版の構築

ここでは、AIST-SHANEL Ver.3.0 の 250 m メッシュ全国水系版の機能を説明する。

2.2.1 250 m メッシュ落水線に基づく水系の抽出

一級水系だけでなく二級水系を含めた国内の任意水系における落水線は、(国研) 国立環境研究所の Web サイトで公開されている世界流域データベース (Global Drainage Basin Database: GDBD)^{9, 10)} を利用した。GDBD は 1 メッシュ 250 m 格子 (0.0625 km²) の 8 方向の落水線を基礎単位とし、対象範囲に沖縄県を含まないものの、北方四島を含む日本全域をカバーする 4,132×9,380 のマトリックス・データである。その座標は日本域の地理座標 (経度, 緯度) をランベルト正積方位図法でメートル単位に変換した値である。著者らは GDBD のデータから独立した木構造を持つ落水線を抽出し、メッシュ座標を逆ランベルト正積方位図法で JGD2000 (B, L) に変換した。座標系 JGD2000 (B, L) とは、日本測地系 2000 の緯度経度 (座標系) のことで世界測地系と同じ座標系である。本研究で落水線の抽出および座標系の変換を行った結果、31,789 の GDBD に基づく独立した落水線 (以下、GDBD 水系) を得た。また、国土数値情報の河川データ (全国都道府県別の XML 形式のデータ)¹¹⁾ にある流路、河川端点 (ノード) を用いて、このデータに記載されている河川名称のうち沖縄県を除いたほぼ全てを GDBD 水系と対応させることができた。Table 1 に示すように、31,789 の全 GDBD 水系のうち、2,570 水系が一級水系あるいは二級水系に特定された。

Fig. 2 は GDBD 水系の妥当性を検証するため、一級水系に特定された水系を対象に GDBD 水系の流域面積と公称値¹²⁾ とを比較したものである。同図には 3 次メッシュ一級水系版の各水系の流域面積の公称値との比較も示している。GDBD 水系では佐賀県の六角川水系、鹿児島県の肝属川水系の 2 つが特定されなかったものの、Fig. 2 に示すように GDBD 水系および 3 次メッシュ一級水系版の流域面積は大凡で公称値に整合しており、GDBD の 250 m 落水線を利用することの妥当性が検証できた。

Fig. 1 AIST-SHANEL Ver.3.0 の構成

Table 1 GDBD の 250 m 落水線に基づく水系の抽出結果

メッシュ数	流域面積 (km ²)	GDBD水系		一級、二級水系に特定されたGDBD水系	
		頻度	構成比	頻度	構成比
～1	～0.0625	0	0.0%	0	0.0%
1～10	0.0625～0.625	20604	64.8%	0	0.0%
10～100	0.625～6.25	8677	27.3%	468	18.2%
100～1000	6.25～62.5	2001	6.3%	1611	62.7%
1000～10000	62.5～625	400	1.3%	385	15.0%
10000～100000	625～6250	99	0.3%	98	3.8%
100000～	6250～	8	0.0%	8	0.3%
合計		31789	100%	2570	100%

Fig. 2 一級水系に特定された GDBD 水系の流域面積と公称値との比較

2.2.2 日単位の非定常解析モデル

3次メッシュ一級水系版では、一級水系単位の制約下における解析であり計算負荷が大きいため、月別定常解析を採用している。しかしながら、地震等の自然災害や人為災害に伴う化学物質の漏洩事故時の評価や、河川水から底泥への移行が顕著で出水時に流出しやすい吸着性の高い物質では精度よく評価できないことが考えられる。このため、250 m メッシュ全国水系版は日別の非定常解析モデルを基本とした。非定常解析の空間格子幅 dx は 125 m、時間ステップ幅 dt は熱収支解析で 1 日、流れ解析で 150 秒、濃度解析で 75 秒として出力は 1 日毎とした。排出量データに関しては、点源排出量は緯度経度から対応する 250 m メッシュへ入力し、非点源排出量は既往文献²⁾と同様の方法で 3 次メッシュに割り振った後、各 3 次メッシュに含まれる 250 m メッシュに均等に配分した。

2.2.3 任意領域の流域データの抽出機能

250 m メッシュ全国水系版では、抽出された 31,789 の GDBD 水系について、各水系の最上流から最下流までの流域全体を解析する方法のほか、ユーザーが指定する河川上の評価地点を含む上流域、すなわち、任意領域を切り取り解析する方法を用意した。ユーザーは指定する評価地点が予めどの水系に属するか認識していることが少ないため、その評価地点を含む上流域のみが検討対象と考えられる。このため、評価地点の世界測地系の緯度経度を入力すれば、モデルにて評価地点を含む上流域の流域データを抽出できるようにした。これにより、ユーザーは評価地点が位置する水系に係る知識を持たなくても、データ作成から暴露評価までを容易に処理できる。

Fig. 3 鶴見川水系を対象とした Google Earth による最下流地点の低水流量日の流量分布の表示例

2.2.4 フリーの地図ソフトを用いた推定結果の表示機能

対象水系が一級水系だけでなく二級水系にも拡張されることから、ユーザーにとって知識のない水系を扱うことも想定される。このため、解析の際に対象水系の位置が把握できるように、解析結果を kml ファイルで出力して、フリーソフトである GoogleEarth や ArcGIS Desktop Explorer を用いて地図上に表示できるようにした。例えば、Fig. 3 は鶴見川水系を対象とした最下流地点の低水流量日の流量分布を示したものである。

2.2.5 低水流量条件下の定常解析機能

250 m メッシュ全国水系版は日別の非定常解析モデルを基本とするものの、計算負荷を軽減すべく平常時を想定した定常解析の機能も搭載した。本モデルでは、対象年の 1 月 1 日から 12 月 31 日までの 365 日間を対象として解析する。非定常解析による河川流量を推定した後、対象領域の最下流地点において対象年の低水流量が生ずる日の流況を設定し、化学物質動態解析モデルは定常排出の条件下で濃度が定常状態に達するまでの日数分析解析する。解析に際して指定する日数は、直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩 (LAS) を対象とした場合 10 日間をデフォルトとしているが、変更は可能である。これにより、評価地点を最下流端とする化学物質濃度の面的分布を速やかに把握できる。

2.3 河川流域属性データの更新

AIST-SHANEL は解析に必要な河川流域属性データとして、土地利用、人口、工業統計、下水道データ（自治体毎の下水道普及率、下水処理場の位置、処理水量）を備えており、Table 2 に示すように、2005 年を基準としたデータ (Ver.2.5) から 2011 年を基準としたデータ (Ver.3.0) へ更新した。これに伴い、地先排水量、全部で 2,157 箇所（単独処理場 1,976 箇所、流域処理場 181 箇所）の下水排水量を更新した。今回のデータ更新による

Table 2 河川流域属性データソースの一覧

項目	データソース	対象年	
		Ver.3.0	Ver.2.5
標高	国土数値情報 標高・傾斜度3次メッシュデータ	2011	1997
土地利用	国土数値情報 土地利用3次メッシュデータ	2006	1989
人口	平成22年地域メッシュ統計	2010	2005
産業中分類別工業出荷額	平成20年工業統計メッシュデータ ^{注)}	2008	2003
自治体コード	総務省データ	2011	2007
下水処理場	下水道統計(平成23年度版)	2011	2005
気象官署毎の気象データ	気象庁データ	2011	2005

注)平成20年工業統計メッシュデータに対して、産総研で独自に秘匿箇所を推定するなど処理したデータ

Fig. 4 河川流量の経時変化に関する推定値と観測値の比較（鶴見川・亀の子橋）

主な変化は全国の下水道処理人口普及率の増加に伴うものである。前回と比べ地先排水量の合計は0.7倍、下水排水量は1.2倍となっており、より現状に近い下水道の普及状況を反映させている。気象データはデフォルトで2011年のデータとしているが任意に設定できる。

3. 250 m メッシュ全国水系版の検証

ここでは、新たに追加した250 mメッシュ全国水系版に関して、対象物質には代表的な界面活性剤の1つであるLASを選び、解析モデルを検証した。前述の通り、対象年は2011年としている。年間365日を通した日単位の非定常解析を実施する場合、特に流れ解析で流域の土壌水分量など初期条件の影響を受けやすい。これを回避するため、解析期間は前年の最後4か月間122日を計算安定のための助走期間として含め、延べ487日間とした。

3.1 流れ解析モデルの検証

AIST-SHANELの流れ解析モデルのキャリブレーションに関わるパラメータとして、土壌A層での透水係数、空隙率、土壌B～D層での水平方向の流出係数、鉛直方向の浸透係数が挙げられる。本稿では、これらのパラメータは3次メッシュ一級水系版の全国一級水系の最下流地点での検証²⁾と同じ値を採用し、一級水系で235 km²の流域面積を持つ鶴見川水系を対象に流れ解析モデルを検証した。その他の水系への適用に際して、解析モデルのキャリブレーションおよび妥当性の検証は必須である。

Fig. 4は鶴見川の中流に位置する亀の子橋における流量の推定値と観測値¹³⁾とを比較したものである。推定値と観測値は出水時のピークや晴天時の河川流量のレベル

Fig. 5 河川流量の推定値と観測値の散布図（鶴見川・亀の子橋）。Factor 1は推定値と観測値が等しいこと、Factor 2は推定値と観測値との比率が1/2～2であることを示す。

が概ね一致していた。また、Fig. 5は推定値と観測値の関係を示したものである。ここで、観測値に対する推定値の比率が1/2～2（Factor 2と表す）の範囲にあれば妥当と判断する。この結果では、流れ解析モデルは河川流量の変化を遅延なく捉えており、観測値に対する推定値の比率は年間365日のうち92%がFactor 2に収まっていたことから概ね妥当と判断した。

3.2 化学物質動態解析モデルの検証

本節では、まず、化学物質動態解析モデルについて留意すべき点を述べ、次に、LASを対象とした250 mメッ

シユ全国水系版の検証を観測値が得られた地点で行う。モデルに入力したLASの排出量は2011年のPRTRデータ¹⁴⁾、物性値は既往の論文²⁾で示したものである（Table 3, 4）。

AIST-SHANELでは、流域内に仮想水路を想定し、下

Table 3 モデルに入力した2011年のLASの排出量

	公共用水域への排出量	下水道への移動量
届出	15	29
届出外：すそ切り以下	67	127.3*
届出外：非対象業種・家庭	10,412	33,005

*PRTRデータの業種別届出排出量・移動量から推計

Table 4 モデルに入力したLASの物性値²⁾

入力項目	値	単位
蒸気圧	3.05×10^{-13}	Pa
分子量	342.4	g mol^{-1}
水溶解度	2.5×10^5	g m^{-3}
有機炭素水分配係数	2500	L kg^{-1}
河川水中半減期	0.75	day
河川底泥中半減期	22	day
土壌中半減期	14	day
下水処理除去率	0.99	—

水処理場を経由しない排出物質が流域内水路から河川へ流出する負荷量を推定している¹⁵⁾。流域内水路は、溶存態と懸濁態の分配平衡、微生物分解による生分解、点源排水による流達過程と堆積掃流過程をモデル化したものである。堆積掃流過程における流域内水路からの流出負荷量は、堆積負荷量に流出量と掃流係数を乗じて求めている。掃流係数は、流出量の変動をもたらし流れ場や物質の堆積のしやすさに応じて設定する。

Fig. 6は、2.1節で述べた3次メッシュー級水系版の月別定常解析モデル（Fig. 1のa）、250 mメッシュ全国水系版の日別非定常解析モデル（Fig. 1のb）、低水流量条件下での定常解析モデル（Fig. 1のc）による鶴見川・亀の子橋における河川流量と河川水LAS濃度の推定結果を示したものである。250 mメッシュ全国水系版のb) 日別非定常解析による低水流量発生日の推定値（ 3.39 mg m^{-3} ）とc) 低水流量条件下の定常解析の値（ 3.36 mg m^{-3} ）は概ね一致し、正しく定常解が得られていることが確認できる。しかし、250 mメッシュ全国水系版の非定常解析の結果は、3次メッシュー級水系版の月別定常解析の推定値よりも低い。これは3次メッシュー級水系版の流れ解析モデルは月別定常解析、250 mメッシュ全国水系版では日別の非定常解析と設定される流れ場が異なっているにも関わらず、流域内水路の掃流係数は何れも3次メッシュー級水系版のLASを対象とした検証²⁾で適用した 0.01 m^{-1} を設定したためである。本モデルに

Fig. 6 解析モデルの違いによる河川流量と河川水LAS濃度の比較（鶴見川・亀の子橋）

関して、平常時における河川水濃度の精度は評価しているものの、河川底泥からの掃流の影響を受ける出水時の濃度の妥当性は評価できていない。出水時の精度向上には、掃流係数以外にも限界摩擦速度や懸濁物質の再浮上速度定数等¹⁾をキャリブレーションする必要がある。しかし、現時点ではこれらに関する情報が得られないため、ここでは解析モデルに設定される流れ場に応じて掃流係数のみをキャリブレーションした。

Fig. 7 と Fig. 8 は LAS の河川水濃度の観測値が得られた多摩川の田園調布堰と荒川の治水橋において、250 m メッシュ全国水系版の非定常解析の推定値と観測値^{16, 17)}とを比較したものである。掃流係数はキャリブレーションを行い、掃流係数のオーダーを $0.01 \text{ m}^{-1} \sim 100 \text{ m}^{-1}$ を定義域とし、観測値との比較検討により 30 m^{-1} に決定した。河川水濃度は河川流量や水温による希釈効果や生分解性に応じて変動し、推定値のオーダーや経時変化の傾向が観測値に一致していることから、解析モデルは上述のとおり出水時の精度評価は十分ではないものの、概ね妥当であると判断した。河川底泥濃度に関しては観測値が得られることは殆どなく、現在のところ検証はできていないが、観測値が蓄積されれば検証を進める予定である。

また、吸着性の高い、すなわち有機炭素・水分係数

($K_{oc} (\text{L kg}^{-1})$) が大きい物質は流域内水路に堆積し、出水時に流出しやすい特徴がある。これより、解析モデルに設定される流れ場だけでなく K_{oc} に応じて掃流係数をキャリブレーションする必要があると考えられる。 K_{oc} に応じた AIST-SHANEL の掃流係数のキャリブレーションに関しては研究報告¹⁵⁾が出されているが、今後これらの情報が蓄積されればさらなる精度向上が見込まれる。本モデルを適用する際には、入力情報として掃流係数の値も記載する必要がある。

4. 水質事故を想定した暴露評価のケーススタディ

250 m メッシュ全国水系版では、水質事故による非定常性が卓越した事象を想定した場合の河川流域における時間的・空間的な影響を推定できる。事故の発生地点から下流域の河川水や河川底泥の濃度を推定することにより、影響範囲や期間を予測し、平常時の状態に回復するまでの期間を評価できる。具体的には、水質事故の発生日、任意メッシュ（最大 20 メッシュの設定が可能）に事故時の排出量を設定して非定常解析する。ここでは、Fig. 9 に示すように、対象水系における上流地点での水質事故を想定し、そこで化学物質の貯蔵量の全量が流出すると仮定した。Fig. 9 に示す番号は鶴見川の上流域に位置する事故発生地点を 1 とし、下流域の最下流地点を 24 と

Fig. 7 河川水 LAS 濃度の経時変化に関する推定値と観測値の比較（多摩川・田園調布堰）

Fig. 8 河川水 LAS 濃度の経時変化に関する推定値と観測値の比較（荒川・治水橋）

Fig. 9 鶴見川水系を対象とした水質事故の発生日点（□）と評価地点（○）の位置図

して、本川に沿って上流から下流に向かって昇順に番号を付したものである。この番号は Fig. 10 および Fig. 11 の横軸に対応している。化学物質として Table 4 の物性を持つ LAS を仮定し、貯蔵量は平常時の排出量の 2 週間分¹⁸⁾ とし、事故発生日に 59.98 kg の排出量を設定した。

ここでは水質事故として次の 3 つのシナリオを設定し、水質事故による影響を受ける範囲や平常時の状態に回復する期間を予測した。

- ケース 0：水質事故を想定しない場合
- ケース 1：水質事故が 2011 年 1 月 1 日の冬期に発生した場合
- ケース 2：水質事故が 2011 年 6 月 1 日の夏期に発生した場合

Fig. 10 および Fig. 11 は、水質事故の発生日とした 2011 年 1 月 1 日と 6 月 1 日の事故発生日点から最下流地点までの 5 メッシュ毎（Fig. 9 に示す □ のメッシュ）の河川水濃度および河川底泥（液相、固相）濃度の縦断分

Fig. 10 ケース 1：水質事故の発生日点から最下流地点までの河川水濃度の縦断変化

Fig. 11 ケース 2：水質事故の発生地点から最下流地点までの河川水濃度の縦断変化

布を示したものである。水質事故の発生地点での濃度差に関して、ケース 1 の河川水濃度は事故発生地点で平常時の約 9.1 倍、ケース 2 は約 7.4 倍と推定された。水質事故発生地点から下流方向に河川水濃度が 10% 以上増加する範囲は、ケース 1 では地点 1～地点 15、ケース 2 では地点 1～20 となっており、ケース 2 はケース 1 よりも 5 地点にわたり影響範囲が広がっているものと推定された。この理由として、鶴見川水系では夏期は流量が多いことから、事故発生地点からより下流方向に移流拡散効果が表れたことが考えられる。

Fig. 12 は水質事故発生地点における年間の河川水濃度と河川底泥（液相、固相）濃度の経時変化を示したものである。河川水濃度が平常時の濃度に回復するまでの期間は、冬期は 9 日、夏期は 4 日と夏期より冬期が長く推定された。さらに、希釈と分解それぞれの河川水中の LAS 濃度に与える低減効果を考察するため、河川流量および水温の推定結果と LAS の分解速度から、希釈ならびに分解による濃度低減率を独立に試算した。流量が少なく水温の低い冬期は元の濃度に対して希釈では 90%、分

解では 54% 低減し、希釈は分解の 2 倍の低減効果が推定された。流量が多く水温も高い夏期は希釈により 37%、分解により 29% 濃度が低減し、希釈は分解と同程度の低減効果が示唆された。河川底泥濃度においても同様の傾向が推定されたが、その期間は河川水濃度の期間よりも長い。これは、河川底泥中の LAS の半減期が河川水よりも長いこと、出水時に物質が河川底泥から河川水へと移動するため、出水がなければ河川底泥に残存したままになることが要因と考えられる。

以上から、河川の流量が少なく水温が低い時期の水質事故は影響範囲が広がりにくいものの、平常時の濃度に回復するまでの期間は長い一方、流量が多く水温が高い時期では影響範囲が広がるものの、平常時の濃度に回復するまでの期間は短いことが示唆された。本モデルが河川流域の平常時を対象とした化学物質の暴露評価だけでなく、非定常解析機能を追加したことにより水質事故時等の予測や検証にも適用可能となったことを示した。

Fig. 12 水質事故発生地点における濃度の経時変化

5. おわりに

2015年10月に、河川流域における化学物質のリスク評価のための産総研－水系暴露解析モデル（AIST-SHANEL）Ver.3.0を公開した。Ver.3.0は全国109の一級水系を対象に、3次メッシュかつ月単位の河川における流量や濃度を推定するVer.2.5と同じ仕様とし、河川流域属性データを2005年から2011年に更新した3次メッシュ一級水系版と、今回新規に開発した一級水系だけでなく二級水系を含む国内の任意水系を暴露評価できる250 mメッシュ全国水系版の2つから構成されている。本稿では、250 mメッシュ全国水系版の概要と適用事例を紹介した。

250 mメッシュ全国水系版は、GDBDを利用して全部で31,789水系を抽出し、このうち2,570水系を一級水系あるいは二級水系に特定した。Ver.2.5のように一級水系毎の制約条件下の解析とせず、評価地点を任意に指定し、これを含む上流域の流域データを切り取りかつ解析する機能を追加した。計算時間の短縮化を目的として、最下流地点での低水流量日の流れ場における濃度推定する機能も備えた。解析結果はフリーソフトのGoogle Earthや

ArcGIS Desktopを用いて、地図上に表示できるようにした。さらに、水質事故を想定した暴露評価をねらい、非定常解析機能を追加した。水系や物質により掃流係数等のパラメータのキャリブレーションや検証の必要性を指摘したが、今後、本モデルの適用事例を増やし、モデルの改良および精度向上に努めていくことが必要と考えられる。我が国では、東日本大震災の被害経験からレジリエンスが災害時の政策指針として注目され、内閣官房にて国土強靱化（ナショナル・レジリエンス）の取組み¹⁹⁾が進められている。本モデルが事故発生時の影響の大きさだけでなく、こうした事故時から平常時に回復するまでのレジリエンスの評価にも利用できることを示した。今後、水質事故の実態把握のため、一級水系だけでなくそれ以外の水系も含めた暴露評価は必要であり、自治体、業界を含めた関係機関において本モデルの更なる活用が期待される。

（原稿受付 2016年12月27日）

（原稿受理 2017年6月2日）

参考文献

- 1) 石川百合子, 東海明宏, 2006. 河川流域における化学物質リス

- ク評価のための産総研－水系暴露解析モデルの開発. 水環境学会誌 29(12), 797-807.
- 2) 石川百合子, 川口智哉, 東野晴行, 2012. 産総研－水系暴露解析モデル (AIST-SHANEL) による日本全国の1級水系を対象とした化学物質濃度の推定. 水環境学会誌 35(4), 65-72.
 - 3) 山本昭子, 西山直宏, 吉田浩介, 山根雅之, 石川百合子, 三浦千明, 2010. 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩 (LAS) の水圏生態リスク評価. 水環境学会誌 33(1), 1-10.
 - 4) 日本石鹼洗剤工業会, 2010. アミノキシドのヒト健康影響と環境影響に関するリスク評価結果について. URL. http://jsda.org/w/01_katud/jsda/jsda_AO_20100531.pdf (2016年12月時点).
 - 5) 日本石鹼洗剤工業会, 2011. ポリオキシエチレンアルキルエーテル硫酸塩 (AES) のヒト健康影響と環境影響に関するリスク評価結果について. URL. http://jsda.org/w/01_katud/jsda/jsda_AES_201112.pdf (2016年12月時点).
 - 6) 産業技術総合研究所安全科学研究部門, 2015. 産総研－水系暴露解析モデル AIST-SHANEL Ver.3.0. URL. <https://shanel.aist-riss.jp/> (2016年12月時点).
 - 7) 産業技術総合研究所, 2015. 研究成果: 化学物質の漏洩事故に対応した大気モデルと河川モデルを公開. URL. http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2015/pr20151019/pr20151019.html (2016年12月時点).
 - 8) 中小河川計画検討会, 1999. 中小河川計画の手引き (案) ～洪水防御計画を中心として～. URL. <http://www.jice.or.jp/cms/kokudo/pdf/tech/material/pla-boo-1-01.pdf> (2017年3月時点).
 - 9) 国立環境研究所地球環境研究センター, 2016. 世界流域データベース (Global Drainage Basin Database: GDBD). URL. http://www.cger.nies.go.jp/db/gdbd/gdbd_index_j.html (2016年12月時点).
 - 10) Masutomi, Y., Inui, Y., Takahashi, K., Matsuoka, Y., 2009. Development of highly accurate global polygonal drainage basin data. Hydrological Processes 23, 572-584.
 - 11) 国土交通省国土政策局国土情報課, 2016. 国土数値情報 河川データ. URL. <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/jpgis/datalist/KsjTmplt-W05.html> (2016年12月時点).
 - 12) 日本地理学会「水環境の地理学」研究グループ, 2016. 河川流域の水環境データベース一級河川リスト. URL. <http://www.i-hosei.ac.jp/~koderu/db/river/list01.htm> (2016年12月時点).
 - 13) 日本河川協会, 2015. 平成23年 流量年表.
 - 14) 環境省, 2017. PRTR インフォメーション広場. URL. <http://www.env.go.jp/chemi/prtr/risk0.html> (2017年3月時点).
 - 15) 産業技術総合研究所安全科学研究部門, 2014. 界面活性剤を対象とした産総研－水系暴露解析モデル (AIST-SHANEL) による河川水濃度の推定精度向上に関する研究. URL. <https://shanel.aist-riss.jp/wp-content/uploads/sites/96/2015/08/140328SHANELReport.pdf> (2016年12月時点).
 - 16) 日本石鹼洗剤工業会, 2011. 環境年報 Vol.36(2011年度版).
 - 17) 日本石鹼洗剤工業会, 2012. 環境年報 Vol.37(2012年度版).
 - 18) 藤木修, 中山修一, 中井博貴, 2009. 地震による河川水質汚染の影響評価について. 学会誌「EICA」14(2/3), 28-36.
 - 19) 内閣官房, 2016. 国土強靱化. URL. http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/ (2016年12月時点).

[論 文 要 旨]

2015年10月に国立研究開発法人産業技術総合研究所が公開した河川流域の化学物質リスク評価のための産総研－水系暴露解析モデル (AIST-SHANEL) Ver.3.0では, 流域属性データが2005年から2011年に更新されるとともに, 一級水系だけでなく二級水系を含む国内の任意水系を250 mメッシュの空間解像度で暴露評価するモデルが追加された。このモデルはVer.2.5のように一級水系毎の制約条件下の解析とせず, 評価地点を任意に指定し, これを含む上流域の流域データを切り取りかつ解析する機能が追加されている。解析結果はフリーの地図ソフトのGoogle EarthやArcGIS Desktopを用いて, 地図上に表示できる。国内の任意水系を対象にした水質事故等による暴露評価や対策検討のための非定常解析機能を追加したことにより, 事故時から平常時に回復するまでのレジリエンスの評価にも利用できる。

キーワード: シミュレーションモデル; 化学物質; 暴露評価; 任意水系; 非定常解析