

NEWS LETTER

2015年3月

Vol. 2

$$\begin{aligned} \nabla \cdot \left(\frac{Kk_{rw}R_s}{\mu_w B_w} \nabla \Psi_{cw} \right) + \nabla \cdot \left(D_s \nabla \frac{R_s}{\alpha_{cw}} \right) - q_{cs} \\ = \frac{\partial}{\partial t} \left(\phi \frac{S_w R_s}{B_w} \right) \end{aligned}$$

$$\nabla \cdot \left(\rho_w \frac{Kk_{rw}}{\mu_w} \nabla \Psi_w \right) + m_{wv} - q_w = \frac{\partial(\rho_w \phi S_w)}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \left(\rho_g \frac{Kk_{rg}}{\mu_g} \nabla \Psi_g \right) - q_g = \frac{\partial(\rho_g \phi S_g)}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \left(\rho_g \frac{Kk_{rg}R_{wv}}{\mu_g} \nabla \Psi_g \right) + \nabla \cdot D_{wv} \nabla(\rho_g R_{wv}) - m_{wv} - q_g R_{wv} = \frac{\partial(\rho_g \phi S_g R_{wv})}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \left(\rho_w \frac{Kk_{rw}H_w}{\mu_w} \nabla \Psi_w \right) + \nabla \cdot \lambda_w (\nabla T_w) + (m_{wv} - q_w)H_w + E_{wg} + E_{ws} + cF_w$$

$$= \frac{\partial(\rho_w \phi S_w U_w)}{\partial t}$$

$$\begin{aligned} \nabla \cdot \left(\rho_g \frac{Kk_{rg}(H_g + R_{wv}H_{wv})}{\mu_g} \nabla \Psi_g \right) + \nabla \cdot D_{wv} H_{wv} \nabla(\rho_g R_{wv}) + \nabla \cdot \lambda_g (\nabla T_g) - q_g H_g \\ - (m_{wv} + q_g R_{wv})H_{wv} - E_{wg} + E_{gs} + cF_g \end{aligned}$$

$$= \frac{\partial[\rho_g \phi S_g (U_g + U_{wv} R_{wv})]}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \lambda_s (\nabla T_s) - E_{gs} - E_{ws} + cF_s = \frac{\partial}{\partial t} [\rho_s (1 - \phi) U_s]$$



COI-S* プロジェクトリーダー

株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所
サテライトプロジェクトリーダー

所 真理雄

本 COI-S も発足より 3 年目に入ります。その間、研究開発プロジェクトの持続的な社会発展への貢献がますます強く叫ばれるようになってきました。我々は当初より地球規模での持続的な「水・人間環境」の構築を通して社会の継続的な発展に貢献することを目的として研究を続けており、まさに時代の要請にあい俟ったプロジェクトであると自負しております。これまでのそれぞれ研究者の知見をベースに、これまで 2 年間の成果と今後の方向性を皆様とともに共有することを目的とし、「水」と「我々の生活」の関連を一般の方々にも読みやすい本として出版することといたしました。出版までもうしばらくかかりますが、是非ご期待いただきたく存じます。引き続き本 COI-S へのご支援を心よりお願い申し上げます。

*「革新的イノベーション創出プログラム (COI STREAM)」に採択された信州大学を中核拠点とする「世界の豊かな生活環境と地球規模の持続可能性に貢献するアクア・イノベーション拠点」のサテライト拠点 (COI-S) です。



COI-S 研究リーダー

独立行政法人海洋研究開発機構
地球情報基盤センター長

高橋 桂子

平成 27 年度が始まりますと、本プロジェクトは 3 年度目となり第一フェイズの最終年度にあたります。26 年度は、これまで 1 年半をかけて開発してきた水の 3 次元大循環モデルがほぼ出来上がり、27 年度はさらに 1 年をかけて、この世界初のモデルによる新たな仮説の検証をしていきます。若手会のみなさんの活動も順調に進められており、今後の展開がさらに楽しみになってきました。本プロジェクトは、水とともに人がどうあればよいのか、という根源的な問いかけを科学の力によってさらに理解を深めようという挑戦的な取り組みです。この挑戦に、一步一步楔を打てるような研究開発のステップを重ねていきたいと考えています。27 年度は、新しいシリーズ講演会の企画も進めています。異なる分野間の議論をますます活発にしていきたいと考えています。

COI-S 若手会 ①

港北水再生センター見学会報告

2014 年 12 月 16 日に横浜市環境創造局港北水再生センターを訪れました。ここでは、横浜北部の 50 万人の生活で生じる 1 日あたり約 22 万 m³ の汚水を高級・高度処理によって浄化し、鶴見川に還流しています。

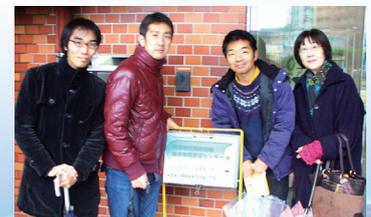
春に訪れた浄水場と同様に、浄化に微生物を活用している点に改めて興味を覚えました。処理は、①沈砂池→②最初沈殿池→③反応タンク→④最終沈殿池→⑤消毒設備と進みますが、反応タンクの活性汚泥中の微生物群により、前段階で除去しきれなかった有機物系の汚れなどが食分解されます。主役は数 μm の細菌類や菌類ですが、それらを食べる原生動物 (数百 μm)、さらに大きな後生動物 (数 mm) が共棲しており、食物連鎖が形成されています。広大な人工施設にあって、その根源的な仕組みがミニチュアとは言え自然・生態系の働きに依存しているのを見るのはなかなか感慨深いものがあります。

一方、大量の処理を実現するために、この自然の働きを増幅する仕組みが導入されていま

ソニーコンピュータサイエンス研究所
リサーチャー 佐々木 貴宏

す。例えば、微生物が活発に働くように、機械で酸素を吹き込んだり、活性汚泥を攪拌したり、温度を適切に管理したりします。中間処理物を施設内で移送する大規模なポンプシステムもあります。そしてこれらを稼働させるのに電力が必要になります。日本の上下水道系の運用に要する電力は 1 年あたりおよそ 140 億 kW、総利用量の 2% 弱にあたると言われていています。他の文明的な要素の例に洩れず、現代の水システムもその大部分が化石燃料由来のエネルギーの大量消費に依存しています。見学した集中管理室内でも各所への配電具合を監視するパネルの存在が目立ち、電力確保の重要性が見て取れました。

汚水処理場ということで「匂い」を覚悟していましたが、冬期ということもあり、若干の硫黄臭はしたものの不快感はありませんでした。「水大循環を追う」というコンセプトの下、COI-S 若手会では上流から下流までの現場の「匂い」を自ら感じて回るという活動を行っています。今後、上流の水源やダム施設に加え、水処理の際に生じる汚泥を処理する施設の見学なども交え、水に限らずその周辺事項に関する見聞も広めていきたいと考えています。

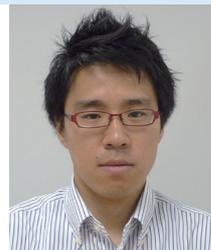


特別寄稿

我々が暮らす地域の水の流れを
見える化する流域モデリング技術

株式会社地図環境テクノロジー 技術開発部

主任 田原 康博



近年のコンピュータの飛躍的な性能向上によって、降水が地上に降り注ぎ、河川水や地下水として海まで流下する大きな水の流れを、コンピュータシミュレーションによって捉えることができるようになってきている。流域モデリングとは、我々が暮らす地域における水やその他の様々な物質、熱（エネルギー）の輸送過程を分断すること無く一体的に捉えようとするアプローチである。流域モデリングでは、コンピュータ内に形を歪ませたサイコロ状の多数のセルを用いて、もう一つの仮想的な世界を実験用の模型として創り上げる。この模型のことを我々はモデルと呼んでいる。弊社では、水平方向を約1km幅で数千万個程度のセルを用いてコンピュータ内に日本列島を創り上げ、全国の水の流れを解析することに成功している。

流域モデリングを行う上での基本的な姿勢は、利用可能な情報をできるだけそのままモデルへ組み込み、条件設定などに主観的な要素を可能な限り持ち込まず、普遍法則や物理法則に従って自然の流体やエネルギーの流れを取扱うことである。これは、流体やエネルギーの振る舞いが非常に複雑であるため、時に人間の理解を超えた挙動を示すと考えられるからである。さらに、水に関連する問題は、時間・空間スケールが多様で、その多くは相互に影響を及ぼし合っているため、主観的な要素を取り除いた客観的なアプローチが有用であると考えられる。

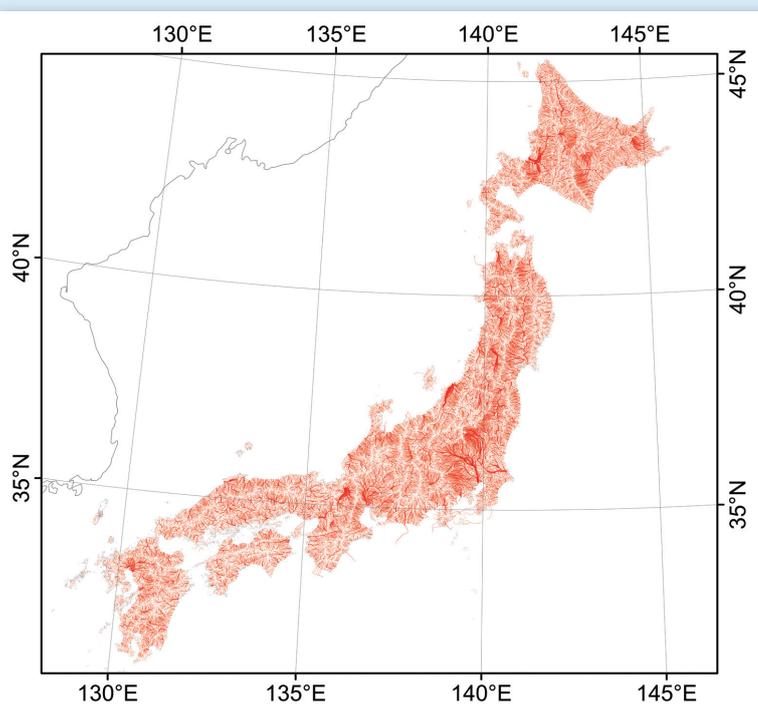
モデルを創り上げる過程で、初期の状態を模型内にどのように創るのか、モデルが実際に再現できているかをどのように検証するのか、という2つの重要なプロセスを経る必要がある。

まず、シミュレーションを行うに当たり、その初期状態を模型内にどのように創るのかについて示す。ある時期を再現する場合や、将来を予測するときの初期条件は、過去から現在に至る長期の時間変動を経て形成された一時点を示すに過ぎない。この状態を再現するために、遠い過去の時点に関係付けた仮の設定から出発し、現在の状態へ近づいていく長期計算を行う。例えば、かつて海底下にあった陸域が隆起し天水に曝されてゆくシナリオをイメージし、地下地層中を水で飽和させた状態から解析を始める。この場合、地形発達や地層堆積の長期間の過程を遡ることが必要となるが、それらを正しく知ることは困難なため、現況が再現できる範囲でシナリオの簡略化を行う。以下の図は、この長期計算によって得られた、地表面に降った雨が地表水、地下水となっ

て海まで流下していく3次元的な流動経路を平面内に投影表示したものである。

次に、この手続きから得られた結果が、どの程度、実際に再現できているかを検証しなければならない。しかし、例えば、地下水の流れが、どの程度実際と近いかを検証することは、地下水が見えないため容易ではない。そこで、モデルの検証では、フィールドで実測されるより多くのデータ、つまり、河川の流量や水位、地下水位、濃度（例えば、塩分、栄養塩、同位体など）、温度等と比較することで、これらの全てを矛盾なく説明可能なモデルであることを客観的に示していく。シミュレーション結果（実験結果）と実測値に違いが認められる場合は、実際とモデルの相違点を分析し、それをモデルへ反映させて十分な精度が得られるまで実験を繰り返すことで、モデルを洗練させていく。

従来は一部の機関のみで主に研究用として利用されていたモデリング技術であるが、最近では、我々の暮らしに利用するケースも現れてきている。例えば、自治体がその地域の水資源（水収支）を管理するための監視ツールとして利用したり、飲料用水メーカが所有する工場の水源かん養エリアをモデルの結果から推定する等の試みがなされている。今後は、我々が暮らす地域の水の流れを見える化する流域モデリングを通じて、新たな知識を獲得・発見し、そこに暮らす人々の気付きや行動に貢献できる情報基盤の構築に挑戦してゆきたい。



COI-S 若手会 ②

都市型流域の紹介



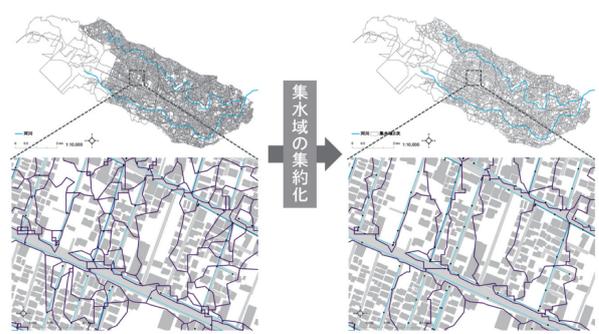
中央大学研究開発機構 助教

大和 広明

一般的に流域とは、水が高い場所から低い場所へ流れる性質を利用して、自然地形に沿ってある河川に水が流れ込む範囲のことをいいます。そのため、流域ごとに降る雨を考慮して堤防やダム の築造といった河川改修を行い、洪水対策を行ってきました。しかし、都市においては流域ごとの河川改修だけでは、「都市型水害」を軽減することは難しくなってきました。そこで、都市型水害を軽減するために「都市型流域」を考えていきたいと思 います。

都市型流域とは、都市の下水管渠網とマンホールに着目して都市特有の流域を人工的に想定したものであります。都市化の進展とともに森林、農地や裸地といった、降った雨が地中に浸透する面が、建物やアスファルト面に置き換わった結果、都市に降った雨は地中に浸透する量が減り、地表面を流れる量が増加してきました。そこで、都市では地表面を流出する雨をマンホールや側溝で集水し、下水管渠網で排水する雨水処理システムの整備を進めてきました。その点に着目して、流出水がマンホールに流れ込む範囲を GIS ソフトウェアを使用して特定し、マンホール集水域を作成しました。次に、河川次数の概念を下水道システムに応用し、マンホール集水域を統合することで、都市型流域を作成します。

こうして作成された都市型の集水域は、一般の河川の流域に比べて水を集めてくる範囲が非常に狭いことが特徴であります。雨水が浸透できる面やより多くの雨水を浸透させることができる都市の中の緑地データを都市型流域ごとに集計し、雨水を浸透させにくい流域を特定することや、都市型の集中豪雨による内水氾濫のシミュレーション結果の解析に応用することができるため、都市型水害の対策を考えていくには適しています。



神田川上流域の都市型流域の作成方法

活動状況

● 平成 26 年度

- ・ 4月18日：水大循環研究会 (JAMSTEC 東京事務所)
- ・ 5月 1日：若手会・朝霞浄水場見学会 (東京都)
- ・ 5月 9日：水大循環研究会 (JAMSTEC 東京事務所)
- ・ 6月12日：水大循環研究会 (JAMSTEC 東京事務所)
- ・ 6月20日：H26 年度第1回若手会
- ・ 7月 1日：H26 年度第1回全体会議
- ・ 7月11日：水大循環研究会 (JAMSTEC 東京事務所)
- ・ 7月 8日：平成26年度第2回若手会
- ・ 7月 9日：ビジョナリーチーム拠点訪問 (信州大学)
- ・ 8月25日：水大循環研究会 (JAMSTEC 東京事務所)
- ・ 9月4～6日：研究合宿 (長野県佐久市)
- ・ 9月24日：水大循環研究会 (JAMSTEC 東京事務所)

- ・ 9月25日：プロジェクト推進会議 (信州大学)
- ・ 12月16日：若手会・横浜市環境創造局下水道施設部港北水再生センター (横浜市)
- ・ 2月 4日：COI 第2回シンポジウム (信州大学)
- ・ 3月 2日：COI 拠点面談 (JST)

● 平成 27 年度活動予定

- ・ 5月：COIS 執行部会
- ・ 9月：研究合宿

*平成27年度から「レクチャーシリーズ」を年4回程度開催する予定です。詳細は本COI-SのHP (<http://www.jamstec.go.jp/ceist/j/project/coi-s/>) でもご案内いたしますので、是非ご参加ください。



独立行政法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC)

地球情報基盤センター (CEIST)

〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町 3173 番 25

独立行政法人海洋研究開発機構 横浜研究所

<http://www.jamstec.go.jp/>

■ 参画機関

- ・ 株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所
- ・ 国立大学法人東京大学
- ・ 学校法人中央大学
- ・ 独立行政法人宇宙航空研究開発機構