

沖大幹

東京大学生産技術研究所・教授

安全で持続可能な水利用のための放射性物質移流拡散シミュレータの開発

## §1. 研究実施体制

### (1) 沖グループ

- ① 研究代表者: 沖 大幹 (東京大学生産技術研究所、教授)
- ② 研究項目
  - ・統括
  - ・流域水質シミュレータの開発

### (2) 芳村グループ

- ① 主たる共同研究者: 芳村 圭 (東京大学大気海洋研究所、准教授)
- ② 研究項目
  - ・メソスケールトレーサーモデルの開発

### (3) 村上グループ

- ③ 主たる共同研究者: 村上 道夫 (東京大学総括プロジェクト機構、特任講師)
- ④ 研究項目
  - ・発生源解析および曝露量評価

### (4) 末木グループ

- ① 主たる共同研究者: 末木 啓介 (筑波大学数理物質系、准教授)
- ② 研究項目
  - ・環境分析

## § 2. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(3-1)に対応する)

沖グループ:

本年度は、研究計画の2年目として、6回の研究集会、現地調査及びインターネット等を活用して、芳村グループ、村上グループ、末木グループと緊密に連携をとりながら、前年度に設定された研究項目について研究活動を進めた。沖グループでは、引き続き流域水質シミュレータのチューニング及び再現実験を行い、検証の為のデータを入手可能な姫川を対象として、土砂収支、堆砂形状及び粒度分布等を数値計算によって解析し、論文発表を行った。その結果、ダムや構造物付近の河床形状が観測値と良く一致すること、また、ダムの土砂収支に着目した解析では、ダムへの堆積土砂量についても観測値と良く一致することを確認した。更に、従来線形性を示すとされていた土砂移動量の時間的変化についても、一定の限界を超えると非線形性を示すことも見出し、その原因を河床でのアーマコートの形成と破壊現象に関連付けて考察した(Mouri et al., 2013a)<sup>9)</sup>。また、<sup>137</sup>Cs 等は堆積物とともに浮遊砂にも吸着されやすいということが知られており、微細粒子に着目した土砂動態モデルによる知見が生かせると考えられる。その為、河動での堆積・沈降過程を取り込むことにより実現象を表現できるように改良を行ったうえで、検証の為のデータを入手可能な大堀川を対象として、混合砂礫モデルを構築した。今後は、芳村グループ、村上グループ、末木グループと緊密に連携を取りながら、流域水質シミュレータに放射性物質の力学過程を取り込み、大堀川および草木ダム等を対象として検証を行う。

芳村グループ:

IsoRSMによる放射性物質移流拡散計算の不確実性を要因ごとに定量化するため、解像度・計算領域の広さ・側方境界条件(大気場フォーシングデータ)・初期条件・湿性沈着・乾性沈着・拡散過程等について、様々に条件を変えて感度実験を行った。その結果、安定した計算には十分な領域サイズ(1500km程度)が必要であり、そのような領域では解像度はあまり影響しないことがわかった。また、湿性沈着速度を変化させることによる影響は、乾性沈着速度を変化させるよりも大きいことが判明した。この結果は、佐谷ら(2013)<sup>4)</sup>として論文にまとめ、水工学論文集に採択された。並行して、放射性物質移流計算の精度をより向上させるため、セミラグランジアン輸送スキームの導入を試みた。初期的な実験の結果、物質の輸送計算の精度は大幅に向上したことが確認された。こちらの結果は、2012年11月にカリフォルニアで行われたRSMワークショップ及び2012年3月に濟州島で行われたGRIMSワークショップにて発表した。今後、長期間の計算やさらなる検証を進めていく。最後に、降水として沈着した後の河川水への流出過程をモデル化するため、任意の領域モデルの格子にあった河川流下方向作成スキームを開発した。

村上グループ:

本年度は、主に、大堀川における放射性セシウム<sup>137</sup>Csの長期観測を行った。末木グループと連携しな

がら、大堀川の河川水のサンプリングを長期的に実施することで、SS 中の放射性セシウム濃度が減少傾向にあること、雨天時において放射性セシウム濃度は特徴的に高いことを明らかにした。また、市街地の道路塵埃や雨天時排水中の放射性セシウムを測定することで、事故後1年半経過後においても放射性セシウムが市街地の道路塵埃に沈着しており、雨天時に徐々に流出することが分かった。さらに、疎水性有機物質をトレーサーとして起源解析を行うことで、大堀川の流出した放射性セシウムの大半は道路塵埃等の市街地の地表面堆積物に由来することを示した。これらの結果は、沖グループの流出モデルの作成における重要な知見となった。このほかにも、河口域における堆積物の調査を行い、放射性セシウムが感潮域付近に堆積し、海域への移行は限定的であることを明らかにした。また、蓬萊ダムにおける放射性セシウムの起源解析用の各種トレーサー物質の分析を行い、起源解析用のデータセットをそろえた。蓬萊ダムにおける起源解析の結果と大堀川における解析を比較することで、放射性セシウムの流出挙動に関する有用な知見が得られるものと期待される。さらに、昨年度実施した東京都民への飲食物由来の放射性ヨウ素および放射性セシウムの曝露量評価を拡張し、曝露量のばらつきの評価手法を確立した上、福島県と大阪を対象にしたデータセットをそろえた。本年度の活動によって、重要な結果が多数蓄積されており、論文投稿する準備が整った。

末木グループ：

2011年4-5月までに集めた土壌試料で既に壊変してしまったヨウ素-131の測定結果が得られている福島県内の試料に対して長半減期同位体ヨウ素-129の測定を加速器質量分析法で行ってきた。半減期が短く十分なデータが得られていないヨウ素-131と長寿命でいつでも観測が可能なヨウ素-129の福島原発事故由来の放出比を求めて、今後はヨウ素-129の分析からすでに無くなっているヨウ素-131の量の推定を可能にし、内部被ばく算定の基礎資料とする。原発から60km程度離れた地域までの試料から原子数比を求めることができ、2012年10月の日本放射化学会年会、2012年3月のAMSシンポジウム、日本原子力会年会にて発表した。

また、沖グループ、芳村グループ、村上グループと連携しながら、放射性物質の発生源解析や流出モデルを検討するための対象サイトとして、蓬萊ダム流域および大堀川を選定した。河川水、泥中および周辺土壌のセシウム-134、137およびヨウ素-129の分析を行い起源解析のための基礎データを出した。大堀川については昭和橋の定点観測と上流から下流へ流域観測も行なった。定点観測及び流域観測で得られた河川水中の溶存態の中に含まれるセシウム-137濃度がそのとき得られる浮遊砂中のセシウム-137濃度と非常によく関係があること、また溶存態中のヨウ素-129濃度とセシウム-137濃度とが無関係ではない結果を得た。2012年3月のAMSシンポジウムで発表した。

### §3. 成果発表等

#### (3-1) 原著論文発表

##### ● 論文詳細情報

1. Liu, Z., G.J. Bowen, J.M. Welker, and K. Yoshimura (2012) Winter precipitation isotope ( $\delta^{18}\text{O}$ ) slopes of the contiguous USA and their relationship to the Pacific/North American (PNA) pattern, *Climate Dynamics*, 39. (DOI:10.1007/s00382-012-1548-0)
2. Ishizaki, Y., K. Yoshimura, S. Kanae, M. Kimoto, N. Kurita, and T. Oki (2012) Interannual variability of  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  in precipitation over the Asian monsoon region, *J. Geophys. Res.*, 117, D16308. (DOI:10.1029/2011JD015890)
3. Okazaki, A. P.J.-F. Yeh, K. Yoshimura, M. Watanabe, M. Kimoto, T. Oki (2012) Changes in flood risk under global warming estimated using MIROC5 and the discharge probability index, *J. Meteorol. Soc. Japan*, 90, 509-524. (DOI:10.2151/jmsj.2012-405)
4. 佐谷茜・芳村圭・沖大幹 (2013) IsoRSM を用いた放射性物質移流シミュレーション及び不確実性の分析、土木学会論文集 B1(水工学)、69、1765-1770.
5. 新田友子・芳村圭・J.D. Annan・J.C. Hargreaves4・鼎信次郎・沖大幹 (2013) アンサンブル実験による全球陸域積雪シミュレーションの不確実性評価、土木学会論文集 B1(水工学)、69、439-444.
6. 芳村圭・三好建正・金光正郎 (2013) アンサンブルカルマンフィルタを用いた水同位体比データ同化に向けた理想化実験、土木学会論文集 B1(水工学)、69、1795-1800.
7. Mouri, G., Shinoda, S., Oki, T. (2012). Assessing environmental improvement options from a water quality perspective for an urban-rural catchment. *Environmental Modelling & Software*, 32C, 16-26.
8. Mouri, G., Shinoda, S., Golosov, V., Shiiba, M., Hori, H., Kanae, S., Takizawa, S., Oki, T. (2012) Ecological and hydrological responses to climate change in an urban - forested catchment, Nagara River basin, Japan. *Urban Climate*, 1C, 40-54.
9. Mouri, G., Golosov, V., Chalov, S., Vladimir, B., Shiiba, M., Hori, T., Shinoda, S., Oki, T. (2013) Assessing the effects of consecutive sediment-control dams using a numerical hydraulic experiment modelling river-bed variation. *CATENA*, 104C, 174-185.
10. Mouri, G., Minoshima, D., Golosov, V., Chalov, S., Seto, S., Yoshimura, K., Nakamura, S., Oki, T. (2013) Probability assessment of flood and sediment disasters in Japan using the Total Runoff-Integrating Pathways model. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 3C, 31-43.

11. Mouri, G., Golosov, V., Chalov, S., Takizawa, S., Oguma, K., Yoshimura, K., Shiiba, M., Hori, T., Oki, T. (2013) Assessment of potential suspended sediment yield in Japan in the 21st century with reference to the general circulation model climate change scenarios. *Global and Planetary Change*, 102C, 1-9.
12. Yoshimura, K. and M. Kanamitsu (2013) Incremental correction for the dynamical downscaling of ensemble mean atmospheric fields, *Mon. Wea. Rev.* (in press.)
13. Mouri, G., Takizawa, S., Fukushi, K., Oki, T. (2013) Estimation of the effects of chemically-enhanced treatment of urban sewage system based on life-cycle management. *Sustainable Cities and Society*, DOI: 10.1016/j.scs.2013.02.003. (in press)
14. Koibuchi, Y. (2013) Tracing Fine-Grained Sediment Transportation Around Tokyo Bay Using Cesium-134 and Cesium-137 Originated From Fukushima Daiichi Power Plant, *Coastal Processes*, in press.