

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、研究計画の初年度として、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、それぞれの研究項目を軌道に乗せることに重点を置いて研究活動を進めた。沖グループでは、流域水質シミュレータのチューニング及び再現実験に着手した。I131が減衰した後に代表的となるセシウムは土壌表面に吸着されやすいことが知られており、土砂流出量とセシウム流出との間には密接な関連があるのではないかと考えられ、ダムや堰などの重要構造物付近では土砂とともに ^{137}Cs が蓄積されることも懸念される(Laughran et al., 1987)。その為、土砂動態モデル(Mouri et al., 2011)について、構造物付近における計算手法の改良を行ったうえで、検証の為にデータを入手可能な小滝川堰堤を対象として、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。また、 ^{137}Cs 等は堆積物とともに浮遊砂中の有機物等にも吸着されやすいということが知られており、物質循環モデル(Mouri et al., 2010)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・沈降過程及び植物による自然浄化の効果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、検証の為にデータを入手可能な逆川を対象として、人間活動や土地利用変化による物質循環状態の時空間的変動の影響を解析した。その結果、土地利用のみを考慮した場合と比較して、人間活動と土地利用の両者を考慮した場合に精度が30%程度向上することを確認した(Mouri et al., 2012)。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、研究対象地域である手賀沼にそそぐ大堀川を対象として検証を行う。

芳村グループ:

メソスケールトレーサーモデルの構築に必要な情報や技術等を論文や学会、講演会等で収集した。そのうえで、水平解像度10kmのIsoRSM(Yoshimura et al., 2010)を用いて、福島第一原子力発電所からの ^{137}Cs の放出のシミュレーションを行った。IsoRSMは、湿性沈着過程が導入されたトレーサー物質の大気中輸送計算モデルである。計算領域は東経132.7度から151.5度、北緯28.3度から46.7度であり、外力として与える放射性物質の総放出量(2011/3/12から3/25)については、2011年に日本政府が発表した値(15PBq)に近い16.5PBqを用いた。これらの値については、Chino et al. (2011)やStohl et al. (2011)による推定値(それぞれ13PBq, 35PBq)などもあり、2012年4月現在も究明中である。計算結果によると、計算領域内の陸地と海洋にそ

それぞれ 0.3PBq と 2.7PBq の降下が算出された。Yasunari et al. (2011)による同様な試算では、それぞれ 1.0PBq と 4.6PBq であった。これらの違いは、モデルそのもの及び放出量や計算領域等の実験設定の違いに起因しており、現時点での比較はあまり意味がない。しかしながら IsoRSM には、比較的短距離の輸送に支配的である乾性沈着過程が考慮されていないため、 ^{137}Cs がより遠方に運ばれる傾向があることには留意する必要がある。そのほか、放射性物質を含むプルームが関東地方を通過したとされる 2011 年 3 月 14 日から 15 日や、東葛地域に汚染をもたらした 2011 年 3 月 20 日から 21 日の現象が、定性的ではあるが、IsoRSM で再現できることを確認した。

村上グループ：

東京都民への飲食物由来の放射性ヨウ素¹⁾および放射性セシウムの曝露量を算出した。放射性セシウムと放射性ヨウ素の合計実効線量は、成人で 18 μSv 、幼児で 42 μSv 、乳児で 48 μSv であった。飲食物由来の放射性ヨウ素の発がんリスクは、 $3 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-5}$ 、放射性セシウムの発がんリスクは、 3×10^{-6} であった。これらは、環境中のディーゼル車排出粒子や自然放射性カリウム40を1年間曝露することで生じる生涯発がんリスクよりも低く、ベンゼンよりも高いレベルであった。また、放射性ヨウ素およびセシウムの致死性発がんリスクは、日本における交通事故による年間死者数(10万人中4.5人)よりも1けた以上小さかった。今後は、本手法を福島等の他の地域へ拡張する予定である。なお、本成果は、2012年3月12日にプレス発表を行った。

沖グループ、芳村グループ、末木グループと連携しながら、より高レベルでの放射性物質動態に関する知見を得るため、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。発生源解析のために、都市・農地・森林の地域に応じたマーカー物質を整理した。その中で、市街地由来のマーカー物質としてベンゾチアゾール類の適用性を評価したところ、道路排水中に特異的に含まれ、市街地排水の水溶性マーカーとして有用であることが明らかとなった。今後は、堆積物、浮遊砂、流域内の市街地塵埃、田、畑等の試料を対象に、各種マーカー物質の測定を行うことで起源解析や流出モデルの検証を実施する。

末木グループ：

福島県、茨城県、栃木県東部、千葉県北西部にかけての約100箇所から表層土壌の試料を採取しガンマ線測定を行なった。この地域における福島第1原発事故で放出された放射性同位体ヨウ素-131、テルル-129m、セシウム-134、セシウム-136、セシウム-137の汚染分布図を作成した。なお本成果は PNAS に発表した⁴⁾。

今までに集めた土壌試料を用いて既に壊変してしまったヨウ素-131の内部被曝影響を再評価できると考えられる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うと共にストロンチウム-90の分析も化学処理をして定量することを進める。

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、より高レベルでの放射性物質

動態に関する知見を得るため、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、ストロンチウム-90の分析を行い起源解析のための基礎データを提出していく。

§3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

● 論文詳細情報

1. Murakami, M. and T. Oki (in press) Estimation of thyroid doses and health risks resulting from the intake of radioactive iodine in foods and drinking water by the citizens of Tokyo after the Fukushima nuclear accident, *Chemosphere*, Doi:10.1016/j.chemosphere.2012.02.028.
2. Yoshimura, K., C. Frankenberg, J. Lee, M. Kanamitsu, J. Worden, T. Röckmann (2011) Comparison of an isotopic AGCM with new quasi global satellite measurements of water vapor isotopologues, *J. Geophys. Res.*, 116, D19118, doi:10.1029/2011JD016035.
3. 新田友子, 芳村圭, 高田久美子, 大石龍太, 鼎信次郎, 沖大幹, 陸面モデルにおけるサブグリッドスケールの積雪被覆率と積雪深の変化の表現, 土木学会論文集 B1(水工学), 第 68 巻 4 号, ppI_325-I_335, 2012.
4. Kinoshita, N. K. Sueki, K. Sasaa, J. Kitagawa, S. Ikarashi, T. Nishimura, Y.-S. Wong, Y. Satou, K. Handa, T. Takahashi, M. Sato, T. Yamagata (2011) Assessment of individual radionuclide distributions from the Fukushima nuclear accident covering central-east Japan, *PNAS*, 108(49), 19526-19529, Doi: 10.1073/pnas.1111724108.
5. Mouri, G., S. Shinoda, and T. Oki, (in press) Assessing environmental improvement options from a water quality perspective for an urban-rural catchment. *Environmental Modelling & Software*, 32, 16-26. Doi:10.1016/j.envsoft.2011.1.018.