

水資源と水環境に関する研究

Researches on Water resources and environments

Water is the most abundant substance on earth, the principal constituent of all living things, and a major force constantly shaping the surface of the earth. It is also a key factor in air-conditioning the earth for human existence and in influencing the progress of civilization.

Changes in the distribution, circulation, or temperature of the earth's waters can have far-reaching effects; the ice ages, for instance, were a manifestation of such effects. Changes may be caused by human activities, in particular, since the latter half of 20th century. People cultivate the soil, irrigate crops, fertilize land, clear forests, pump groundwater, build dams, dump wastes into rivers and lakes, and do many other constructive or destructive things that affect the circulation and quality of water in nature. Besides, an expanding population and a rapidly growing economy especially in Asia and Africa are hindering sustainability on the globe.

Our studies and challenges have been focused on solving the world water issuers by understanding water circulation, along with the following subjects: (1) Long-term heat, vapor and carbon dioxide fluxes observation for impact assessment on the interaction between land and atmosphere under the changing climate and the land use change; (2) Numerical study on water pollution in the inundation areas of the Mekong River; (3) Understanding requirements for sustainability of community-based program; (4) Mechanism of slope failure and wood debris by torrential rains; (5) Numerical study on Tsunami Propagation into a River; (6) Impact assessment of climate change on complex disaster (flood inundation, land slide, high tide, and coastal erosion); and (7) Value-based co-creation of technology and life style for a society based on a virtuous materials cycle.

研究概要

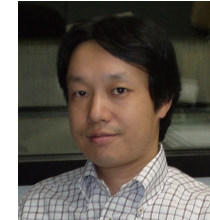
水の循環は、自然現象として時間的・空間的に偏在しており、また人間活動によって変化する。地球・地域・流域スケールの水循環の変化は、水資源賦存量の変化による水需給バランスの不均衡による水不足や水域汚染と水生生態系の悪化、渇水や豪雨など水災害ポテンシャルの増大につながる。水資源システム学分野では、この水の循環を理解して、世界の水問題を解決することを目指している。

当該分野は、主に日本国内や東南アジアを対象に、水循環や水資源を研究する水環境システム学研究室、都市水環境やバイオエネルギーを研究する環境保全工学研究室の二研究室で構成されている。さらに、本研究科、医学系研究科、農学研究科、国際文化研究科と連携した、ヒューマンセキュリティ連携国際教育プログラムの representative coordinator を 2014 年より務め、2015 年 3 月には第 3 回国連防災世界会議にて一般公開シンポジウムを開催するなど、従来の専門を越えた学際的な知と複合的な視点を備えた教育研究に取り組んでいる。なお、本プログラムはこれまでに日本を含めた世界 25 カ国から 93 名の学生を受け入れ、ヒューマン・インセキュリティの実態の解明と人々を中心に据えた問題解決をめざす新しい国際社会のあり方の実現に、知的側面から貢献してきたことが評価され、2015 年 3 月に総長教育賞を受賞した。

それ以外にも、仙台二華中学校・高等学校で取り組まれているスーパーグローバルハイスクールプロジェクトにおける調査・研究活動を通じた教育による国際社会で活躍できる人材育成を指導・支援しており、2016 年 5 月に土木学会東北支部長賞を受賞した。



准教授 小森 大輔
Associate Professor
Daisuke Komori



教授 風間 聡
Professor (協力教員)
So Kazama



教授 李玉友
Professor (協力教員)
Yu-You Li

2. メコン河氾濫原における地表水中ヒ素濃度推定モデルの構築

自然由来の地下水ヒ素汚染は、上水道普及率が低い地域では地下水が生活用水として使用されるため世界各地で問題となっており、慢性ヒ素中毒患者数はアジアの国々を中心とし、さらに中南米も含め 5,000 万人以上と推定される (WHO, 2013)。そのため地下水中ヒ素に関する研究は数多くされているが、地表水に関しての研究は少ない。例えばカンボジアはまだ上下水道普及率が低く、生活用水として使用されたヒ素を含む地下水は下水処理されず地表や河川に排水され、地下水由来のヒ素が地表に蓄積することや、河川に流出することが推察される。さらに、毎年雨期に発生するメコン河の氾濫によって地表に蓄積した地下水由来のヒ素が溶出し、氾濫とともに広域に拡散する可能性が考えられる。稲作や魚の生息も氾濫水 (地表水) を利用しているため、主食であるコメやの摂取は地下水の飲用と並ぶ曝露源となりうる。このように、ライフスタイルと地表水が密接な関わりを持つ地域においては、地表水中ヒ素に関する理解を深化することは重要である。

そこで、水理計算に基づく地表水中ヒ素濃度推定モデルを構築した。数値シミュレーションで 1 年間の地表水中ヒ素の推定濃度の時空間的変化を相対的に比較したところ、雨季では洪水氾濫とともにヒ素が拡散し、雨季後の乾季では洪水氾濫前よりも地表水中ヒ素濃度が増加することが示唆された (佐藤および小森, 2017; Fig.1)。毎年起きる洪水氾濫によって、カンボジアでは地表水中ヒ素濃度が今後増加することが懸念された。

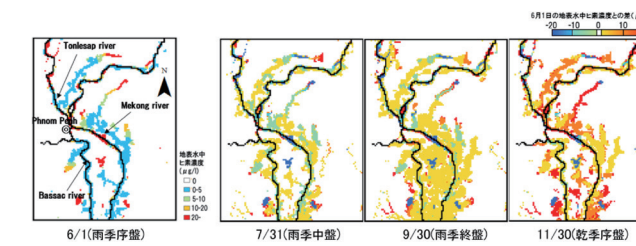


Fig.1 Differences of arsenic concentrations in surface water estimated by numerical model from actual arsenic concentration in June 1st, 2015.

3. 地域密着型バイオエネルギープログラムの持続可能性の検討

Community bases bioenergy (地域密着型バイオエネルギー) は、持続可能なエネルギーへのアクセス、気候変動への対処、そして貧困の撲滅、という点で、持続可能な開発目標 (SDGs) に資する重要な取り組みの一つである。既往研究や世界の Community bases bioenergy プログラムにおける課題をレビューし、それぞれの地域や文化により課題は異なるものの、生活の豊かさがプログラムへの参加率を高める共通の指標となり得ることを抽出した。そこで、エンゲル係数 (ECF; 家計の消費支出に占める飲食費の割合) がその指標となりえると考え、東ジャ

ワ州バンカンラン県における林産物によるバイオエネルギー利用プロジェクトを対象に、その実行可能性と効果を検討した。

対象プロジェクトの聞き取り調査より、ECF とプログラムへの参加意思の相関が確かめられ、ECF がプログラムへの参加率を高める指標となり得ることが確認された。そこで、ECF と参加率の関係をベースとしたモデルを構築し、①住民へのインセンティブ付加とプログラム参加による副収入による住民の ECF の改善、②プログラムによる温暖化ガス (CO2) 削減効果、③プログラム運営に伴う費用便益の 3 指標より、プログラムの最適な効果を検討した。そして、②はどの条件下でもほぼ一定であることがわかり、①と③からインセンティブ付加を検討できると結論付けた。

4. 豪雨における流木発生メカニズムの解明

2016 年 8 月末に観測史上はじめて東北地方に上陸した台風 10 号は、多くの市町村に流木による洪水氾濫被害をもたらした (Photo.2)。河川における流木は、枯死、風倒、河岸侵食、斜面崩壊、土石流及び森林施業といった生物的・物理的・人為的要因が複合的に作用し発生し、有機物や土砂を貯留する他、魚類や底生生物の河川内生息場所となり種多様性に貢献する。一方で、流下過程における橋脚や堤防などの損傷、堰止めによる洪水氾濫被害が生じている。

そこで、流木が発生する要因の 1 つである斜面崩壊と流木流出量に良い相関が見られるのではないかと考え、日本全国 1103 か所のダムにおいて記録された流木流出量のデータを用いて流木発生メカニズムの解析を行った。流木流出量には森林面積と斜面崩壊の主要因である 5 年確率日降水量が関係することを明らかにした。



Photo.2 Wood debris at Iwate prefecture by Tohoku Heavy Rainfall Disaster in August 2016.

これら以外にも、⑤タイ国・チャオプラヤ川流域管理にかかる研究、⑥津波が河川環境・海岸堤防に及ぼす影響評価、⑦複合災害 (洪水氾濫、土砂災害、高潮、沿岸侵食) の日本全国における気候変動リスクの推定、⑧ (インドネシア・バンドン市を対象として) 持続可能社会実現のための物質循環型社会に向けた技術と暮らしの価値観の共創、⑨下水処理場における温室効果ガス発生と最適な浄化機能の解析、⑩嫌気性消火槽にかかる排水処理と微生物群集動態の解明などに取り組んでいる。また、⑤に関して 2011 年チャオプラヤ洪水の実態を解析した Komori et al. (2012) が 2016 年 9 月に水文・水資源学会より Most Downloaded Article 賞を受賞した。

特筆すべき業績

International Post-Graduate Program in Human Security, which Assoc. Prof. Daisuke KOMORI is one of responsible coordinators, was awarded the Presidential Prize for Educational Excellence in FY2014 from Tohoku University. Super Global High-school program by Sendai Nika High-school, which Prof. So KAZAMA and Assoc. Prof. Daisuke KOMORI are join as one of core supervisors, was awarded the Presidential Prize in FY2016 from Tohoku branch of Japan Society of Civil Engineering. Komori et al. (2012) was continuously awarded "Most Downloaded Article" in FY2015 and FY2016 from Japan Society of Hydrology and Water resources.

2016 年度の研究成果

1. 気候変動・土地利用変化が水循環変動に与える影響評価

大気と陸面間の熱、水、二酸化炭素の交換量 (フラックス) を監視するためのフラックス観測は、Monin-Obukhov 相似則 (=均一地表面上にて乱流状態にある風速や気温の各種統計量は摩擦応力や顕熱フラックスを用いてすべて同じように表されるという相似則; Monin and Obukhov, 1954) を基に飛躍的な発展を遂げている。近年、地球気候変化による陸上生態系への影響の懸念から、生物圏と大気圏の相互作用に関する研究が盛んにおこなわれるようになり、現在は世界中の 700 カ所以上の耕作地や森林など、種類の植生上でのフラックス観測サイトから乱流データが集められ、例えば、全球における炭素ストックの時空間変動の定量化などの研究が推進されている。

一方、野外において観測対象は常に植物生理的かつ物理的に不均一な地表面であり、不均一地表面がフラックス観測に及ぼす影響 (δ) は明らかにされていない。そこで、不均一地表面上での δ を明らかにすることに取り組んでいる (Photo.1)。2016 年度は、タイ北部ターク県にて、均一地表面であるキャッサバ畑および不均一地表面である森林を対象に設置されたフラックス観測サイトにおいて、観測されたフラックスの δ の評価を行った。また、乱流物理モデルを構築し、均一地表面と擬似不均一地表面におけるフラックスの δ を解析し、不均一地表面では δ が大きくなると結論付けた。



Photo.1 Constructing the tower flux observation system in Thailand (JST News, 2012)