

CMIP5にもとづく瀬戸内海のダウンスケーリング計算による鉛直水温分布構造の将来変化 Impact assessment of the Seto-Inland Sea Water Profile Based on CMIP5 Model Ensemble

森 信人¹; 今井 優樹^{2*}; 二宮 順一³; 安田 誠宏¹; 間瀬 肇¹
MORI, Nobuhito¹; IMAI, Yuki^{2*}; NINOMIYA, Junichi³; YASUDA, Tomohiro¹; MASE, Hajime¹

¹ 京都大学防災研究所, ² 京都大学大学院工学研究科, ³ 金沢大学理工研究域
¹Kyoto University, Disaster Prevention Research Instit, ²Kyoto University Graduate School of Engineering, ³Kanazawa University, Science and Technology

1. 研究目的

近年、地球温暖化の海岸・海洋への将来変化予測及びその影響評価が進められている。2013年9月にはIPCC WGIによる第5次報告書(IPCC-AR5 WGI: 以下AR5と略記)が発表され、気候変動の予測について大きな進歩が見られた。一方、海岸・海洋については、全球または総観規模での影響評価が多く、日本やこれ以下のスケールにおける影響については、AR5と一貫性を保った評価はなされていない。そこで、本研究ではAR5で用いられたCoupled Model Intercomparison Project Phase 5(CMIP5)を対象に、全球及び日本を含む領域スケールにおける海面近傍の環境場の解析を実施した。得られた西日本周辺環境場の将来変化を外力として、領域海洋モデル(ROMS)を用いて瀬戸内海の長期積分を行い、瀬戸内海の環境場について将来予測を行った。

2. CMIP5の解析

CMIP5の解析は、現在気候(historical)と将来気候の温暖化シナリオRepresentative Concentration Pathway 4.5W/m²(RCP4.5)とRCP8.5について行い、対象期間は今世紀末、対象領域は全球や西日本(東経125~136度、北緯27~35度)を含む10海域とした。

SSTの空間分布の月平均変化から、全ての海域で顕著な昇温傾向が見られた。特に、太平洋北西部や太平洋の赤道付近では、将来気候で4度以上の昇温があった。西日本におけるSSTの月平均変化より、月平均変化の最大は6月の3.5度で、最小は1月の2.8度であった。これは全球年平均の将来変化の2.7度よりも大きく、西日本におけるSSTの将来変化は比較的大きいといえる。一方、各変数の年平均将来変化について、SSTの昇温は前報の様に全球よりも西日本の方が顕著であった。雲量に関して、全球ではほとんど将来変化が見られないのに対し、西日本では減少傾向にあった。短波放射については、全球において減少傾向にあるのに対し、西日本では増加傾向にあった。

3. 瀬戸内海における鉛直水温分布構造の将来変化予測

2093年(将来気候)を対象として、ROMSを用いた瀬戸内海の将来計算を行い、2004年(現在気候)の同様の計算結果(田中ら, 2013)と比較した。地形データは東西約4.5度×南北約2.5度(414×185)の水平格子解像度1kmである。側方条件については、JCOPE2(2004年)をベースとし、MIROC5の鉛直水温分布構造の将来変化とCMIP5のSST将来変化を考慮した。気象条件については気象庁メソ数値予報GPVデータ(2004年)を用いた。将来気候のデータは地上10m風速、降雨量、気温、海面更正気圧、雲量、短波放射をCMIP5の解析結果より作成し、1時間毎に与えた。

将来気候における瀬戸内海の最も大きな変化は熱環境であり、SSTの昇温傾向は夏季の方が大きく表れ、1.6度前後の昇温が見られた。さらに、太平洋側の比較的水深の浅い海域(例えば紀淡海峡沖)と、瀬戸内海中央に位置する比較的水深の浅い海域(例えば燧灘)の鉛直水温分布の将来変化を比較した。紀淡海峡沖と燧灘の8月における鉛直水温分布は、SSTの昇温傾向と同様に、鉛直水温分布においても紀淡海峡沖と燧灘共に全層に渡って昇温傾向が見られた。一方、水深の深い紀淡海峡沖より水深の浅い燧灘では、表層付近において気温上昇に従った強い昇温傾向が表れていた。

4. 結論

IPCC-AR5でまとめられた、CMIP5データの解析をすることにより、全球及び日本周辺における月平均気候値の将来変化を求めた。SSTについては、どの海域でも1~4度程度の昇温が見られ、海域によって昇温の程度が大きく異なる。特に、西日本では年平均で3度程度の昇温が見られ、全球平均の2.7度よりも大きい。また、短波放射の将来変化は、全球平均では減少しているのに対し、西日本では増加する。さらに、雲量の将来変化については、全球平均ではほぼ0であるのに対し、西日本では有意な減少(約5%)傾向があることがわかった。短波放射については、全球において減少傾向にあるのに対し、西日本においては増加傾向であった。

CMIP5の解析結果を境界条件に用いた瀬戸内海のダウンスケール計算では、境界条件である西日本の年平均将来変化が+3.0度であるのに対し、瀬戸内海の年平均では約+1.6度の変化が予想される。また、鉛直水温分布の表層付近においては、水深の浅い燧灘では、水深の深い紀淡海峡沖より夏季に昇温傾向が強く見られた。総じて、SSTにおける夏季の昇温特性と、鉛直水温分布における瀬戸内海中央部の水深の浅い燧灘などの海域での、表層付近での夏季の比較的大きな昇温傾向を明らかにした。

AHW26-01

会場:301A

時間:5月27日 09:00-09:15

キーワード: 瀬戸内海, 鉛直水温分布, ROMS, CMIP5, 雲量, 短波放射

Keywords: the Seto-Inland Sea, water profile, ROMS, CMIP5, cloud fraction, short wave radiation

ゆざわジオパークにみられる強アルカリ性湧水の起源の検討 Study on origin of high- pH spring in Yuzawa Geopark, Akita

林 武司^{1*}; 林 信太郎¹; 安原 正也²; 高橋 浩²; 森川 徳敏²; 浅井 和由³
HAYASHI, Takeshi^{1*}; HAYASHI, Shintaro¹; YASUHARA, Masaya²; TAKAHASHI, Hiroshi²;
MORIKAWA, Noritoshi²; ASAI, Kazuyoshi³

¹ 秋田大学教育文化学部, ² 独立行政法人産業技術総合研究所, ³ 株式会社 地球科学研究所
¹Faculty of Education and Human Studies, Akita Univ., ²GSJ, AIST, ³Geo-science Laboratory

ゆざわジオパークは秋田県の南東部に位置し、栗駒山の山腹から横手盆地までの湯沢市の全域がジオパーク地域となっている。ゆざわジオパークは地熱地帯や多様な泉質の温泉やがあることで知られるが、大量の降雪によって涵養される湧水が各地にあることでも知られ、中でも力水は環境省の名水百選に選出されている。これらの湧水の中で、湯沢市市街地の近傍に位置する標高 300~500m 程度の丘陵地に、pH9 以上の強アルカリ性湧水が存在する。これまで、この強アルカリ性湧水について学術的な研究はほとんど行われておらず、湧水の起源や水質形成機構については明らかでない。本研究では、これらの点を明らかにすることを目的として調査を行っている。発表では、2014年9月ならびに11月に実施した調査の結果から、主要溶存成分や環境同位体の性状に基づいて起源を検討した結果を報告する。

現地調査の結果、湧水は第三紀中新世の粘土層中の節理から湧出していることが確認され、湧出口周辺の節理に沿って calcite とと思われる白色の沈殿物が見られた。湧水の pH は 9.7~9.9 を示した。EC は 460~480 μ S/cm であり、水質組成は Na-HCO₃ 型を呈した。湧水の $\delta^{18}\text{O} \cdot \delta\text{D}$ は、 δ ダイアグラムでは d=20 の天水線の近傍に位置しており、降水を起源とすると考えられたが、同じ丘陵を涵養域とする周辺の湧水と比較して、軽い同位体比を示した。栗駒山の山腹の高標高域から横手盆地の低標高域にかけて分布する湧水の $\delta^{18}\text{O} \cdot \delta\text{D}$ を把握して同位体比-涵養標高の関係を整理し、強アルカリ性湧水の涵養標高を検討した。この結果、涵養標高は 400m 以上と推定された。しかし、この値は地形上の涵養域の最高標高よりも高い。この結果から、強アルカリ性湧水湧水が、より高標高域で涵養された地下水が広域的な地下水流動によって流出している可能性や、地下での滞留時間が長い可能性が示唆された。

キーワード: 強アルカリ性湧水, マルチトレーサー, 環境同位体, ゆざわジオパーク
Keywords: high-pH spring, multi tracer, environmental isotopes, Yuzawa geopark

御嶽山噴火(140927)後の周辺河川への影響と変化に関する速報 A prompt report on influence and change on the river of around Mt.Ontake after eruption (140927)

浅見 和希^{1*}; 小寺 浩二²
 ASAMI, Kazuki^{1*}; KODERA, Koji²

¹ 法政大学 文学部 地理学科, ² 法政大学 文学部 地理学教室
¹ Undergraduate student, Hosei University, ² Department of Geography, Hosei University

1. はじめに 長野県と岐阜県の境に位置する御嶽山が、2014年9月27日午前11時53分頃に水蒸気爆発により噴火した。これに伴い、御嶽山は噴火警戒レベル3となり入山規制が敷かれ、噴火口から半径4km以内は立ち入れない状況となっている。戦後最悪の被害を出したといわれる今回の噴火では、発生した火山噴出物が山頂付近の湖沼や周辺河川に入り込んでいるため、当然水環境への影響が考えられる。そこで、噴火による水環境の変化を確かめるために、当研究室では御嶽山周辺の河川の継続調査を開始した。

2. 調査方法 調査は2014年10月8日に開始し、以降毎月1回月末に実施している。現地調査項目はAT, WT, pH, RpH, EC等である。また、一部の地点ではALECを用いて鉛直方向の水質測定を実施した。さらに採水してサンプルを持ち帰り、研究室にてTOC, 主要溶存成分の分析を行っている。

3. 結果と考察 河川の様子を見ると、御嶽山の噴火口南側の濁川と濁川合流後の王滝川で火山噴出物が流入し河水が白濁している様子が観察できた。pHの測定結果から、御嶽山周辺河川は全体的に7.0前後の値となっているが、白濁している地点では3.5前後の値と強酸性を示していた。また、ECの値も全体的には200 μ S/cmを下回っているが、白濁している地点では値が大きく、噴火直後の濁川では1700 μ S/cmという値が観測されている。

御嶽山の東側の河川では、白濁した様子がなく、pHの値も7.0前後で噴火の影響が感じられないが、一部河川でECの値が若干大きい。また、御岳ロープウェイ付近にある信長橋では、pHが4.5前後の値で、ECの値も比較的大きいことから、御嶽山の東側も特に山頂近くで噴火の影響が表れていることがわかった。

白濁した王滝川の河水はダム湖である御岳湖に流れ込んでいる。噴火直後の10月8日の段階では、御岳湖の表面の水はpH, ECともに御嶽山周辺河川全体と大きな違いはなく、この御岳湖より下流の地点でも水質の違いは見られなかったが、10月31日になると、御岳湖表面の水のpHの低下とECの上昇が確認され、御岳湖下流の地点でも同様の変化が見られた。10月8日の段階では、流入した火山噴出物は御岳湖の湖底に堆積するだけであったが、ここから10月31日までの間に御岳湖内で湖水の循環が起り、湖底の火山噴出物の影響が湖水全体に表れ、そうした水がダムから放流されて下流の水にも変化が表れたことが伺える。

4. おわりに 噴火による御嶽山周辺河川の水質への影響と変化が明らかとなった。今後も調査を継続するとともに、可能な限り源流域や御嶽山頂の火口湖についても調査し、さらに噴火の影響を検討していく。

キーワード: 御嶽山, 噴火, 火山噴出物, 御岳湖, 物質循環

Keywords: Mt.Ontake, eruption, volcanic product, Ontake Lake, matter cycle

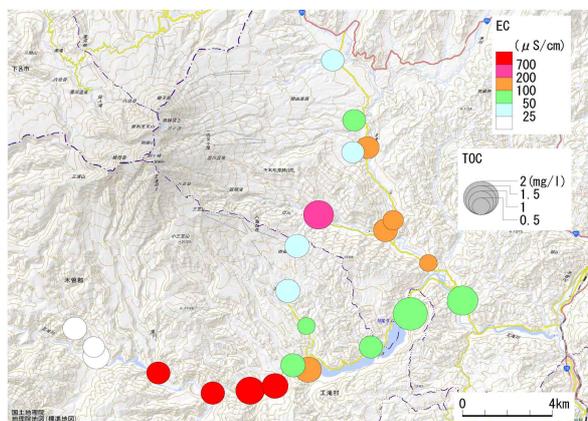


figure1 Distribution of EC and TOC

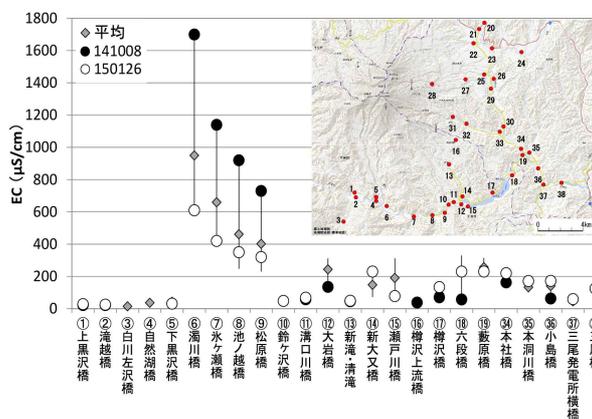


figure2 Drifting of EC(Outaki river)

森林流域における化学物質の流出機構：観測とモデリング Loading Processes of Chemical Matters in a Forested River Catchment : Observations and Modeling

宮本 拓人^{1*}; 知北 和久²; Hossain Md Motaleb¹; 阪田 義隆²; 落合 泰大¹
MIYAMOTO, Takuto^{1*}; CHIKITA, Kazuhisa²; HOSSAIN, Md motaleb¹; SAKATA, Yoshitaka²;
OCHIAI, Yasuhiro¹

¹ 北海道大学大学院理学院, ² 北海道大学大学院理学研究院

¹Graduate school of science Hokkaido university, ²Faculty of Science, Hokkaido University

河川水は生活に欠かせない貴重な水資源の一つであり、また、輸送速度が速いため、湖沼や地球の水収支に大きな影響を与える。特に河川における化学物質の流出は河川の生態系に関係し、湖沼の富栄養化の原因にもなる。本研究では2013年における北海道の森林流域である生花苗（おいかまない）川流域（流域面積 62.47 km²）を対象とした。本流域における土地利用は 88.3 % が森林、10.6 % が農用地である。地質は主に新第三紀中新世の泥岩・砂岩であり、半分以上が純海成層の生花苗層となっている。今回は河川水の水質分析から化学物質の濃度を求め、河川の流量、電気伝導度（EC）、流域の気象情報の時系列データを得た。特に淡水に対する EC モニタリング技術は新しく、研究報告は多くない。今回は河川水の EC と化学物質の濃度の相関関係から化学物質濃度及び化学物質負荷量の時系列データを得た。この時系列データに対しタンクモデルを適用し、河川への流出経路解析を行った。これによって森林流域における化学物質の流出機構を議論する。

本研究では特に EC に影響の大きいと思われる Mg²⁺, Ca²⁺, Na⁺, SO₄²⁻, HCO₃⁻ について注目した。結果としてはタンクモデル解析の結果、2013 年は全体的に基底流出が 68.3 % と卓越していることが分かった。また、イベント時には表面流出が卓越した。HCO₃⁻ の解析より、土壌水の地下への涵養が起りやすいことが示唆された。また、高出水時には河川による溶脱が大きく、河道侵食による効果が現れていることが示唆された。SO₄²⁻ の解析より、地下浅部の風化帯での黄鉄鉱の酸化が示唆された。また細菌による有機物の腐食化や上流域での基岩の風化が起っている可能性が示唆された。Ca²⁺, Na⁺, Mg²⁺ の解析より、土壌中では H⁺ とのイオン交換がよく起こることが示唆された。黄鉄鉱の酸化による硫酸の生成が流域上部や地下の風化帯で起っていることが示唆された。

キーワード: 森林流域, 化学物質, タンクモデル, L-Q 式

Keywords: forested river basin, chemical matter, Tank-model, L-Q equation

ベトナムドンナイ川流域上流部における土地被覆変化及び河川流況変化の検討 Evaluation of Land cover change and Flow regime change in upper area of Dong Nai river basin, Vietnam

Truong Nguyen Cung Que^{1*}; 近藤 昭彦²
TRUONG, Nguyen cung que^{1*}; KONDOH, Akihiko²

¹ 千葉大学大学院 理学研究科, ² 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

¹ Chiba university, Graduate school of Science, ² Chiba university, Center for Environmental Remote Sensing

ベトナムは気候変動によって最も深刻な影響を受ける国の一つだと評価されている。すなわち 1m 海面が上昇すると、人口の約 10~12 % が直接影響を受ける可能性があり、経済的損失が GDP の 10 % にのぼると予測されている (Dasgupta *et al.*, 2007)。また雨季における降水量の増加と海面上昇が組み合わさると、沿岸デルタ地域の 40,000km²、メコンデルタ下流部の 20,000km² が洪水になるという予測もある (Eastham *et al.*, 2008)。気候変動に適応した水資源の安定的確保はベトナムにおける重要な課題となっている (Schmidt-Thome *et al.*, 2015)。

ベトナム南部に位置するドンナイ川はメコン川と並び、南部の主要な水資源を供給している。メコン川は気候変動による水資源の変動、メコンデルタ上流部のカスケード型水力発電所システムやダム建設などによる下流の河川流量や土砂輸送に対する潜在的な影響に関する論争が続いているが、ドンナイ川流域はベトナムが独自にコントロールできる水資源の供給源であるため、気候変動及び人間活動による水文レジームの変化及びそれへの適応策について検討することはベトナムにおける喫緊の課題になっている。

ベトナムでは人間活動として森林面積の減少も非常に大きな問題である。すなわち 2002 年から 2009 年までの間に毎年 620 km² の森林を損失し、250 km² の森林を他の土地利用形態に変換した (ベトナム森林保護局, 2010)。森林減少の主な理由は、持続不可能なロギング又は農耕地開発と伐採である (Hoang M.H. *et al.*, 2010)。森林植生が消失すると流出量はほとんどの場合で増加し、逆に森林植生の成長の伴って流出量は減少することが多い (真板, 鈴木, 2008)。

森林植生の変化が流出量への影響を解析する方法は流況曲線を用いる方法が一つである。本研究ではドンナイ川流域における土地被覆変化及び河川流況変化の検討を目的とする。

ドンナイ川流域内の 3 地点の 1989 年から 2009 年の河川流量データを利用し、河川流況の変動を分析した。衛星データはアメリカ地質調査所 (USGS) で公開されている Landsat の 2014 年 3 月 8 日、2005 年 1 月 13 日、2 時点の画像を利用した。リモートセンシング画像解析ソフト ENVI を用い、密林・疎林・多年生植物・農耕地・裸地・水部の 5 つの主要な土地被覆を分解した。

ドンナイ川の流域面積は 14,713.5km² であり、画像解析から得られた 2005 年における主な土地被覆は、密林 35 %、疎林 26%、年生植物 24 % であった。2005 年から 2014 年にかけて、密林・疎林から多年生植物・農耕地への変化が多かった。また一部の疎林は密林になっていた。特に大部分の裸地 (7%) は疎林・多年生植物・農耕地に転換されていた。その他の土地被覆の面積率は密林 33 %、疎林 16%、年生植物 39 % となった。森林破壊が深刻に発生したと考えられる。

Tri An 地点の流況は流域出口におけるダムの流入量として、平水流量・低水流量・渇水流量の全ての流量はやや増えたが、豊水流量が減少傾向があった。森林破壊の影響を受けた Ta Lai 地点の流況は、豊水流量・平水流量がやや増加したが、低水流量・渇水流量の変化傾向は認められなかった。Da Nhim 地点の流況は流域上流部のダムの流入量として、豊水流量・平水流量・低水流量・渇水流量の全ては増加傾向があった。

中野 (1971) や玉井ら (2004) などより、植生量減少によって流況曲線は全体に増加することが明らかとなったが、流況曲線変化の原因は植生変化だけではなく、降水量の大小に変動する。1993 年から 2009 年まで間における Tri An 地点の降水量は約 5 %、Ta Lai と Da Nhim 地点の降水量は約 10 % を増加した。Tri An 地点は Ta Lai と Da Nhim 地点より降水量の増加が少ないため Tri An 地点における豊水流量が減少した原因の一つだと考えられる。

キーワード: ドンナイ川流域, 河川流況, 土地被覆変化

Keywords: Dong Nai river basin, Flow regime, Land cover change

会津盆地の深井戸における地下水温度分布の特徴 Characteristics of groundwater temperature distribution of deep wells in Aizu basin

金子 翔平^{1*}; 柴崎 直明²; 内田 洋平³
KANEKO, Shohei^{1*}; SHIBASAKI, Naoaki²; UCHIDA, Youhei³

¹ 福島大学大学院共生システム理工学研究科, ² 福島大学共生システム理工学類, ³ (独) 産業技術総合研究所
¹Graduate School of SSS, Fukushima University, ²Faculty of SSS, Fukushima University, ³National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

福島大学柴崎研究室では、産総研地中熱チームと共同研究「会津地域における第四紀地質構造解析および水理構造解析」の一環として、会津盆地における地下水流動および地下温度構造の解析を行っている。日本で地中熱システムの普及を考える場合、対象地域の地下水流動を考慮することにより、効率の良いシステム設計が可能になると言われている。

そこで本研究では観測井における地下水位および地下水温度の連続観測を行い、冬期に散水式の消雪用井戸の水温を測定した。いくつかの消雪用井戸では、水質の測定を行った。深井戸において深度2 m 毎に水温の測定を行った。また、自噴井における地下水温度・水質の測定を行った。

地下水位はいくつかの浅井戸および深井戸において冬期になると低下する傾向がみられる。これは、消雪用井戸の稼働によって地下水位が低下するためであると考えられる。

消雪用井戸は深度が150~200 m 程度のもが多く、ストレーナが多層に入っているため、複数の帯水層から取水していると考えられる。消雪用井戸の水温は会津盆地の東側で高い傾向が見られた。この傾向は、金子ほか(2014)が作成した同一深度における温度コンターでもみられている。

会津盆地の縁ではいくつか自噴している消雪用井戸があり、付近の消雪用井戸と比べても温度が高い傾向がある。これは地下水流動に上向きの流れが生じているためと考えられる。一般的には、下流域である盆地中央西部付近で地下の温度が高くなると考えられるが、会津盆地ではその傾向と異なっている。

また、自噴していない消雪用井戸においても、水温が高い地点が盆地の東側でみられた。これらの地点では、第四系の層厚が薄く、第三系からも取水している可能性がある。

今後はイオンクロマトグラフィーを用いて水質組成を明らかにする予定である。

花崗岩からなる山地流域における地表水—地下水循環系のモデル化 Modeling of Surface Water and Groundwater Cycle System in a Mountainous Catchment Underlain by Granite

渡邊 泰人^{1*}; 辻村 真貴²; 池田 浩一¹; 矢野 伸二郎³; 安部 豊³; 松本 雄大³
WATANABE, Yasuto^{1*}; TSUJIMURA, Maki²; IKEDA, Koichi¹; YANO, Shinjiro³; ABE, Yutaka³;
MATSUMOTO, Takehiro³

¹ 筑波大学大学院生命環境科学研究科, ² 筑波大学生命環境系, ³ サントリーグローバルイノベーションセンター株式会社
水科学研究所

¹Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ²Faculty of Life and Environmental Sciences,
University of Tsukuba, ³Institute for Water Science, SUNTORY Global Innovation Center LTD

山地流域は水資源の涵養域として大きな役割を果たしており、山地流域の地下水流動を把握する研究が行われてきた。しかし、地形勾配が急な花崗岩山地流域における研究は多くは行われておらず、特に数値シミュレーションを用いて地下水流動を把握した研究は少ないのが現状である。そこで本研究では、数値シミュレーションにより地形勾配が急な花崗岩山地における地下水流動を再現することを目的とした。

本研究は、花崗岩からなる山地流域の一つである、山梨県神宮川の源流域を対象とした。この流域は、最大比高が約 1400 m であり、非常に急勾配な流域である。数値シミュレーションは、三次元の地表水—地下水流動を解析できる GETFLOWS を用いて行った。同地域では、これまでにフロン類等のトレーサーを用いた研究により、地下水の滞留時間や涵養標高が推定されており、それらの再現を試みた。

透水係数に相当する絶対浸透率を変化させ、地下水流動系の再現を試みた。その結果、地下水位や地下水の流線などの地下水流動系は絶対浸透率によって大きく変化することが示された。また、流域北部の湧水においては、フロン類トレーサーにより、一部の湧水の滞留時間は他の湧水の滞留時間より長いことが示されているが、数値シミュレーションによる滞留時間も同様の傾向を示した。また、涵養標高に関しても、一部の湧水を除き、妥当な値を示した。

キーワード: 地下水, シミュレーション, GETFLOWS, 滞留時間, 涵養標高

Keywords: groundwater, simulation, GETFLOWS, residence time, recharge altitude

中国白洋淀流域における富栄養化要因の空間解析 Spatial analytic reasons of eutrophication in Baiyangdian Basin, China

黄琳^{1*}; 沈彦俊²; 近藤昭彦¹
HUANG, Lin^{1*}; SHEN, Yanjun²; KONDOH, Akihiko¹

¹ 千葉大学, ² 中国科学院遺伝与発育生物学研究所
¹Chiba University, ²Center for Agricultural Resources Research

白洋淀は豊かな自然に恵まれていることから「華北の玉」と呼ばれており、周辺地域の生活用水や産業用水の水源となっている。さらに洪水の抑止、水質浄化、生物多様性の保全などの生態系サービス機能を有していると考えられる。しかし、現在では白洋淀の水質汚染と水不足は深刻な社会問題となっており、生態系サービス機能は劣化している。

一方、中国の経済発展に伴い白洋淀上流域の郷鎮企業が増えている。同時に白洋淀周辺地域の人口も増加し、宅地開発も進行している。また、従来からの畑作も重要な地域の産業となっている。これに伴い、白洋淀流域における水資源の需要量は年々増加している。乾燥地域である白洋淀では、近年降水量が減少していること、また上流域におけるダム建設によって地表水がせき止められたため、白洋淀の水の貯留量も減り、何度も枯渇を経験している。

本研究の研究地域は中国河北省に位置する閉鎖性水域である白洋淀とその流域である。白洋淀は上流の太行山地に発する9本の河川水を集めて、最終的に渤海湾に流れこむ。沼沢地域には約3700本のクリークが掘削され、河道で連結される146個の大きさの湖沼群が形成されている。総面積は366平方キロメートルであり、湖沼群中の島と湖畔には、36の村がある。流域の気候は温帯大陸性モンスーン気候に属し、冬季は寒く乾燥し、夏季は暑く雨も多い。年平均降水量は563.9mmであり、年可能蒸発散量(蒸発パンによる計測)は1369mmである。年降水量の80%が6~9月にかけて降り、降雨量の過多によって白洋淀の水量も大きく変化する。

白洋淀は自然の湿地であり、湿地は多様な機能、すなわち生態系サービス機能を有している。そのため、適切な保全が必要とされているが、湿地の水資源は農業や地域の産業に有効利用し、生産の向上に貢献することも重要である。本研究では生態系サービスの保全に資することを目標として、衛星データによる白洋淀の湿原の植生の変動と水面積の変化を明らかにし、また、水質項目の現地観測を行い、白洋淀の水域、湿原植生の現状との関係を明らかにすることを目的とする。

1980年頃と2000年頃の中国1kmメッシュ土地利用データによると、白洋淀流域の宅地及び工業用地は増加し、耕地は山地域と中流で増加の傾向にあるが、平野域では減少している。耕地の減少域は宅地及び工業用地の増加域に対応している。

また、時系列衛星リモートセンシングデータを用いて、1989年から2001年の白洋淀の水域と湿原植生の変化を解析した。その結果、白洋淀の水面積と湿原の植生は経年的に減少傾向にあり、減少分は埋立による宅地開発と畑地開発によることが明らかとなった。特に、白洋淀の上流域で減少面積が大きかった。また、白洋淀に当初存在した大面積の水域は、小さな水域に分断されたことも明らかとなった。

現地採水調査により明らかにされた全窒素、全リン、硝酸性窒素などの濃度分布では白洋淀の入り口が排水口より高いことが明らかとなった。2010年4月、6月、9月と2011年9月の水質分布を比較すると、9月の各濃度は4月、6月より低くなっていた。また、透視度は入り口の透視度が中央と排水口より低かった。このような水質項目の濃度分布および季節変化は白洋淀の上流からの物質負荷、湖内における湿原植生の浄化機能、降水量の季節分布によって説明可能である。

白洋淀は都市に近接した閉鎖性水域であり、閉鎖性水域の水問題は世界共通の課題となっている。日本においても大都市に近接する閉鎖性水域の汚染は解決すべき重要な課題であり、水質汚濁防止法や湖沼水質保全特別措置法により水質の改善に努めているところである。今後は世界各地の閉鎖性水域との比較水文学的研究を推進することにより、地球環境問題としての湖沼の水環境問題を捉えていく予定である。

キーワード: 生態系サービス, 水質汚染, 水域, 湿原植生

Keywords: Ecosystem services, Water pollution, Water area, Wetland vegetation

Hydrological Environment of Surface Water and Groundwater in Ninh Thuan Region, South-east Coast, Vietnam Hydrological Environment of Surface Water and Groundwater in Ninh Thuan Region, South-east Coast, Vietnam

LE, Anh Hoang^{1*}; TSUJIMURA, Maki¹; NGUYEN, Huyen t.t.²; PHAN, Tuyen N.²
LE, Anh Hoang^{1*}; TSUJIMURA, Maki¹; NGUYEN, Huyen t.t.²; PHAN, Tuyen N.²

¹Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Ten-noudai, Tsukuba, ²Institute of Energy, 6 Ton That Tung, Khuong Thuong ward, Dong Da district, Hanoi, Vietnam

¹Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Ten-noudai, Tsukuba, ²Institute of Energy, 6 Ton That Tung, Khuong Thuong ward, Dong Da district, Hanoi, Vietnam

The Government of Vietnam is planning to construct two nuclear power plants in Ninh Thuan province, a coastal region of Vietnam with semi-arid climate conditions. This research aims to investigate the hydrological environment of surface water and groundwater in the planned site of Ninh Thuan 2 in order to obtain basic information for the construction of the plant. Inorganic solute ion concentrations and stable isotopes of oxygen and hydrogen in surface water, groundwater and seawater were analyzed to understand their chemical characteristics and hydrological process. The results demonstrate that water resources in this region are limited and groundwater is considered to be a main water source. The groundwater flows in Holocene and Pleistocene aquifers, with the depths of 10 m and 16-21 m, respectively and the dominant flow is from southwest to northeast, corresponding to the river flow direction in this area. There seems to be an interaction of surface water and groundwater in this region. Streams and wells near the shoreline are affected by brackish water with high Na-Cl concentration. Groundwater in the Holocene aquifer shows a chemical characteristic of Ca-SO₄ and Ca-HCO₃ type, whereas Na-HCO₃ water type is dominant in the Pleistocene aquifer. The water chemistry is being influenced by freshwater - brackish water mixing, weathering processes and human activities. The nitrate concentration of groundwater in the Holocene aquifer is higher than that in the Pleistocene aquifer, and much higher than WHO drinking water standards. This means that water in this region is affected by agricultural production activities. Therefore, the project developer should have a careful consideration when consuming water in this region for Ninh Thuan 2 nuclear power plant project.

キーワード: nuclear power plant, environmental impact assessment, water resources

Keywords: nuclear power plant, environmental impact assessment, water resources

富士山北麓地域の深部掘削温泉の起源と水質形成機構 The origin and formation mechanism of the water quality of deep hot springs from the northern foothills of Mt. Fuji

谷口無我^{1*}; 村松容一²; 千葉仁³; 奥村文章⁴

YAGUCHI, Muga^{1*}; MURAMATSU, Yoichi²; CHIBA, Hitoshi³; OKUMURA, Fumiaki⁴

¹ 東大新領域, ² 東理大理工, ³ 岡山大理, ⁴ 石油資源開発(株)技術研究所

¹Gra. Shc., The Univ. Tokyo, ²Fac. Sci. and Tech., Tokyo Univ. Sci., ³Fac. Sci., Okayama Univ., ⁴Japex R.C.

近年、富士山北麓地域には深度 1,500m に達するような温泉井が複数開発されているが、それらの深井戸から揚水される温泉水の成因は必ずしも明らかにされていない。泉源の保護や新規開発には、温泉水の起源や水質形成機構を明らかにすることが不可欠である。本研究では、当該地域の深部掘削泉を主な対象に、主要化学成分および水素・酸素・硫黄安定同位体 (δD , $\delta^{18}O$, $\delta^{34}S$) 分析を実施し、温泉水の起源および水質形成機構に関する水-鉱物相互作用を考察した。

検討の結果、対象とした温泉水は天水と当該地域の基盤岩であるグリーンタフ層の間隙に取り残された化石海水との混合によって形成され、その混合割合は天水に卓越することが明らかとなった。温泉水の水質形成には、石膏・硬石膏（以下、石膏）の溶解、斜長石の風化、方解石の沈殿などが関与し、主要溶存成分の濃度が規制されていると考えられた。また、富士山麓の火山噴出物の分布域ではかんらん石の風化作用が水質形成に影響していると考えられ、当該地域には Mg^{2+} の溶存割合が高い温泉水・湧水が認められた。温泉水が溶存する SO_4^{2-} の $\delta^{34}S$ 値は+8.2~+20.7 ‰と幅広く、御坂山地および丹沢山地周辺で重く、富士山麓で低かったことから、御坂・丹沢両山地の重い $\delta^{34}S$ 値の SO_4^{2-} には基盤岩のグリーンタフに生じた石膏の溶解が関与し、富士山麓の軽い $\delta^{34}S$ 値の SO_4^{2-} には過去の富士山活動期の火山ガスに由来する石膏の溶解が関与すると考えられた。

キーワード: 富士山北麓, 深部掘削温泉, 水質, 水-鉱物相互作用, 安定同位体比

Keywords: northern foothills of Mt. Fuji, deep hot spring, water quality, water-rock interaction, stable isotope ratio

Historical Rainfall, Runoff and Flood of Wadi Siham Basin, Yemen Historical Rainfall, Runoff and Flood of Wadi Siham Basin, Yemen

AL WARD, Majed ahmed² ; ISMAIL, Wan ruslan^{1*}

AL WARD, Majed ahmed² ; ISMAIL, Wan ruslan^{1*}

¹Geography Department, Tamar University, Dhamar, Yemen, ²Geography Section, School of Humanities, Universiti Sains Malaysia, 11800 Pulau Pinang

¹Geography Department, Tamar University, Dhamar, Yemen, ²Geography Section, School of Humanities, Universiti Sains Malaysia, 11800 Pulau Pinang

Wadi Siham Basin (WSB) is one of the most important agricultural areas, and one of the seven largest wadis in the western region of the Republic of Yemen. This study aims to evaluate the quantity and spatial and temporal variation of rainfall and runoff. The rainfall (1979-2008) as well as runoff and floods (1990-2009) data were collected and treated statistically in order to evaluate the rainfall and runoff trends. The areal catchment rainfall was estimated by using the Thiessen polygon method, while the recurrence interval and probability analysis were carried out using the Hazen method. The Mann-Kendall and Sen's slope analyses results showed that the Wallan and Al-Amir stations produced significant negative values (-4.72 and -6.11 mm/year respectively). However, the rainfall trend in Dhamar had a significant positive value of 50.20 mm/year. The average annual rainfall in WSB was 346.39 mm/year. The total amount of rainfall was 1711.26 Mm³. The mean annual water runoff was 82.92 Mm³. A total of 570 events of flood occurred with a total volume of 53.10 Mm³. The total water runoff was 4.85% of total rain precipitated on WSB indicating that the total amount of water loss was 95.15% varied between evapotranspiration and infiltration. In conclusion, the study results suggested the need for an urgent and sustainable water resource management in WSB.

キーワード: Rainfall, Runoff, Flood, Mann Kendal Test, Wadi Siham, Yemen

Keywords: Rainfall, Runoff, Flood, Mann Kendal Test, Wadi Siham, Yemen

屋久島森林生態系への水銀沈着の特徴

The characteristics of mercury deposition on to forest ecosystem observed in Yakushima Island

吉田 明史^{1*}; 永淵 修²; 横田 久里子⁴; 中澤 暦³; 尾坂 兼一²; 手塚 賢至⁵; 手塚 田津子⁵; 北瀬 浩之¹

YOSHIDA, Akifumi^{1*}; NAGAFUCHI, Osamu²; YOKOTA, Kuriko⁴; NAKAZAWA, Koyomi³; OSAKA, Ken'ichi²; TETUKA, Kenshi⁵; TETUKA, Tatuko⁵; KITABUCHI, Hiroyuki¹

¹ 滋賀県立大学大学院環境科学研究科, ² 滋賀県立大学環境科学部, ³ 滋賀県立大学 環境科学部, ⁴ 豊橋技術科学大学建築・都市システム学系, ⁵ 屋久島学ソサエティ

¹Environmental Science Graduate school, University of Shiga Prefecture, ²University of Shiga Prefecture, ³Division of Environmental Science, University of Shiga prefecture, ⁴Toyohashi University of Technology, ⁵Society of Yakushimaology

Mercury (Hg) is a global pollutant that affects human and ecosystem health. Atmospheric Hg can be removed from the atmosphere by wet or dry deposition. Many studies suggest that the interactions between atmospheric Hg and the forest canopy may be a key process influencing Hg input to forested watersheds. These studies are mainly conducted in Europe, however, only a few studies were reported in Asian monsoonal area. The characteristics of the seasonal variation of a precipitation is different between Asian monsoonal area and Europe region, i.e., there is a rainy season (June-July) and typhoon season (July-September) in Asian monsoonal area. It has been reported that the most of atmospheric mercury is supplied as a wet deposition. Therefore, it is important to evaluate the characteristics of Hg atmospheric deposition in Asian monsoonal area. Yakushima island has more than 8,000 mm of annual precipitation. Therefore, it is suitable site to evaluate the mercury dynamics in the forest ecosystem.

Study sites are located at a height of 200 m and 1600 m above sea level of the broad-leaved evergreen forest in the western area of Yakushima Island, respectively. In 200 m experimental site, the experiment was conducted at a 100 m x 100 m experimental site around the observation tower. We installed automatic rain samplers which can collect rain water every 10 mm precipitation, bulk deposit samplers (within canopy and without canopy) and groundwater collecting devise, respectively. In addition, we sampled stream water which flow down near the observation tower. In 1600 m experimental site, we installed automatic rain samplers. These experiments are conducted during 2011-2014 sampling campaign and each samples are collected once a month basis. Hg, major ions, and DOC were analyzed. From these result we will discuss the characteristics of Hg deposition in Yakushima Island.

キーワード: 屋久島, 水銀, 森林生態系, 水銀沈着, 雨

Keywords: Yakusima, mercury, forest ecosystem, Asia monsoon, precipitation

高透水性多孔質媒体中の水・熱輸送モデルに関する考察
Study on a numerical model for fluid flow and heat transport through permeable porous media

吉岡 真弓^{1*}
YOSHIOKA, Mayumi^{1*}

¹ (独) 産業技術総合研究所

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Interaction between the atmosphere, the surface and the subsurface is one of the most important keys in understanding, managing and utilizing the water environment. Recently, technologies for estimating the shallow subsurface thermal environment adequately are required along with the popularization of the ground-coupled heat pump system and the heating and cooling system by direct use of groundwater. A numerical simulation model for being able to estimate processes of fluid flow and thermal transport in unsaturated and high permeable porous media is required in order to develop the technique of shallow geothermal energy utilization.

In this study, the one-dimensional infiltration experiments using a cylinder column and improving the numerical simulation model were carried out. In the experiment, highly permeable porous media 3 and 5 millimeters in diameter were used. The flow velocity and the temperature changes in the column were measured. The experimental results were represented by the numerical model.

As the results, the high-velocity flow in the permeable porous media was simulated by the model using multi-phases system. In addition, in the model the temperature of soil, liquid (water) and air were able to be simulated individually and the calculated results were agreement with the experimental results.

関東平野中央部および小浜平野における地中熱ポテンシャル評価と比較 Potential map of Borehole Heat Exchanger system for the central part of Kanto Plain and the Obama Plain

濱元 栄起^{1*}; 八戸 昭一¹; 白石英孝¹; 石山 高¹; 宮越 昭暢²; 宮下 雄次³; 田原 大輔⁴
HAMAMOTO, Hideki^{1*}; HACHINOHE, Shoichi¹; SHIRAIISHI, Hidetaka¹; ISHIYAMA, Takashi¹;
MIYAKOSHI, Akinobu²; MIYASHITA, Yuji³; TAHARA, Daisuke⁴

¹ 埼玉県環境科学国際センター, ² 産業技術総合研究所, ³ 神奈川県温泉地学研究所, ⁴ 福井県立大学
¹Center for Environmental Science in Saitama, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ³Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture, ⁴Fukui Prefectural University

地中熱利用システムは、経済的にも環境的に優しい技術であり、これまでヨーロッパや北アメリカで広く使われてきた。しかしながら日本国内では、まだ導入が進んでいない状況にある。この理由のひとつとして、日本はヨーロッパや北アメリカに比べて複雑な地形や地質構造であることが挙げられる。このような複雑な構造では地下の熱物性や温度構造が地域ごとに異なるため、地中熱利用システムの効率も地域差が生じる原因となる。このような場合、システムの適切な導入を図るためには、熱交換井の本数や深さなどを事前に把握することが重要で、熱の利用可能量を数値計算や熱応答試験で評価することが有効である。数値シミュレーションを行うにあたっては、地質構造や地下水特性、地下温度が事前情報として必要である。しかしながら地中熱の設計を目的とした基礎情報の整備は進んでおらず今後の整備が望まれている。特に地下温度情報は少なく、本研究では、研究対象地域において地下温度調査を実施した。

本発表では、研究対象地域で測定したデータを用いて数値シミュレーションを行った結果を示すとともに、本研究で新たに開発した地中熱ポテンシャルマップの作成手法を用いて典型的な日本の平野部に適用した事例を示す。本研究の対象地域は関東平野中央部（埼玉地域）と小浜平野（福井県）である。このうち関東平野は人口は4000万人以上であり都市化が進んでいる。一方小浜平野は、日本海に面し、人口密度は関東平野に比べると少ない。このように社会条件が異なる地域で地中熱ポテンシャルを評価し比較することは社会科学や経済学の面からも重要な基礎情報となる。本研究では、関東平野中央部におけるポテンシャル評価を行うために23地点で、小浜平野では4地点で地下温度調査を行った。小浜平野においてはこの4地点のボーリングコア試料を用いて熱伝導率の測定を行った。本発表では、これらの地域の地下熱環境の違いや地中熱利用システムの効率の違いについて示す。

さらに地下温度や地下水流動が地中熱利用システムに与える影響を調べるため、局所モデルによる数値シミュレーションを行った。この結果、地下温度が5℃上昇すると、効率が約20%向上し、地下水流動の速さが、0m/yearから15m/year速くなる場合、効率は約30%向上することを明らかにした。地中熱ポテンシャルを考える場合このように地下温度や地下水流動の影響も大きいことに留意しなければならない。さらに地下温度に関しては、特に関東平野で最近100年間の地表面温度上昇によって、地下温暖化が進んでいることがわかってきた。このような地下温暖化によって地中熱利用システムの効率に影響があるのかどうかを数値シミュレーションしたところ、暖房時の効率が向上することがわかった。

キーワード: 地中熱, 地下水, 関東平野, 小浜平野

Keywords: Borehole Heat Exchanger system, groundwater, Kanto Plain, Obama Plain

広域における地中熱ポテンシャル評価のための地下水流動系の解析 Analysis of groundwater flow system for potential assessment of ground-source heat pump system in regional scale

シュレスタ ガウラブ^{1*}; 内田 洋平¹; 吉岡 真弓¹
SHRESTHA, Gaurav^{1*}; UCHIDA, Youhei¹; YOSHIOKA, Mayumi¹

¹ (独) 産業技術総合研究所

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Ground-source heat pump system is an energy efficient and environment friendly technology that utilizes natural heat stored in a subsurface of shallow depth up to about 100m. It is used for space-heating, space-cooling, hot water supply and snow-melting purposes. Development rate of GSHP system is gradually increasing in Japan. However, the pace is still lacking behind America and European countries because of higher initial cost resulted by oversized design of ground heat exchangers (GHE) and lack of information on its advantages. To promote the development of GSHP system, evaluation of suitable locations for its installation is essential.

Regarding geology, Quaternary System usually exists in the shallow subsurface which mainly consists of sand and gravel. In this Quaternary System, groundwater is actively flowing. For this reason, hydrological and geological information are necessary because they largely influence the subsurface temperature distribution, and consequently affects heat exchange rate of GHE as well as overall operation of GSHP system.

In this study, groundwater flow system of the Tsugaru Plain in Aomori Prefecture was comprehended in order to assess the potentiality of GSHP system. A regional scale 3D groundwater flow & heat transport model was developed for this purpose. Horizontal dimensions of the model were 64km in east-west and 78km in north-south direction. In the model, layers 1 & 4 belonged to Quaternary System, layers 5 & 7 to Neogene and layers 8 & 12 to Paleogene. Saturated steady state simulation of groundwater flow and heat transport was conducted with this model. In Tsugaru Plain, hydrological field data such as groundwater level could not be measured as groundwater observation wells were not sufficient. Therefore, the analysis model was verified by comparing the computed hydraulic heads and water table with past studies and literature values. Additionally, computed results were validated by inspecting the path of simulated groundwater flow at natural springs, confirming if groundwater was flowing in upward direction.

Based on the simulation results of the analysis model, distribution maps of groundwater flow velocity, water table depth from subsurface and subsurface temperature were prepared using geographic information system (GIS). Groundwater flow velocity was found higher at peripheral areas. It can be due to higher hydraulic gradient near the mountainous areas. At areas with higher groundwater flow velocity, improved heat exchange rates of GHEs can be expected because of advection effect. Water table depth from surface was found to be shallow in most of the areas of the plain, which indicates the sustainable operation of GSHP system from the view point of groundwater availability and saturation of geological layers. Aomori Prefecture (2011) and Machida and Yasukawa (2008) showed similar results of water table. Subsurface temperature computed from heat transport simulation was found higher at the central area of plain, which is thought to be due to the heat transfer by groundwater advection. For space-heating with GSHP system, the central area can be suitable from temperature perspective. In this way, the comprehension of regional scale groundwater flow system accompanied with subsurface temperature distribution can provide useful information to assess suitable locations for the installation of GSHP system.

References:

Aomori Prefecture (2011) Survey report on potential use of ground-coupled heat pump system and hot spring temperature in Aomori Prefecture. Aomori, Japan, 210 pp (in Japanese).

Machida, I., Yasukawa, K. (2008) Regional groundwater survey for the use of GSHP system in Aomori Prefecture. Vision for the promotion of GSHP system in Aomori Prefecture, Aomori, Japan, pp. 91-126 (in Japanese).

Keywords: ground-source heat pump system, groundwater flow, heat transport, potential assessment