

愛媛県西条平野における地下構造と地下水流動 Underground structure and groundwater flow in Saijo plain

越智 亮太^{1*}; 田中 和広²; 鈴木 浩一³; 徳増 実⁴

RYOTA, Ochi^{1*}; TANAKA, Kazuhiro²; SUZUKI, Koichi³; TOKUMASU, Minoru⁴

¹ 山口大学, ² 山口大学, ³ 電力中央研究所, ⁴ 西条市役所

¹Yamaguchi University, ²Yamaguchi University, ³Central Research Institute of Electric Power Industry, ⁴Saijyo City Hall

愛媛県西条市に広がる西条平野には、数多くの自噴井戸が分布しており、生活、工業、農業用水として利用されている。そのため、豊富な地下水資源を確保し保全していく必要がある。そこで、本研究では、西条平野の地下構造と地下水流動について調査を行い、地下構造と地下水流動について議論することを目的とした。

本調査地域には、後期白亜紀和泉層群と完新統が分布している。地下の比抵抗分布を明らかにするために、CSA-MT法による地下構造の比抵抗調査を行った。その結果、調査地域の南部において完新統と和泉層群の境界である岡村断層を確認した。また、北部において約6000年前に噴出した鬼界アカホヤ火山灰(K-Ah)を変位させる西条北断層を新たに認定した。さらに、低比抵抗を示す古海水の上部に高比抵抗を示す淡水が分布していると考えられる。

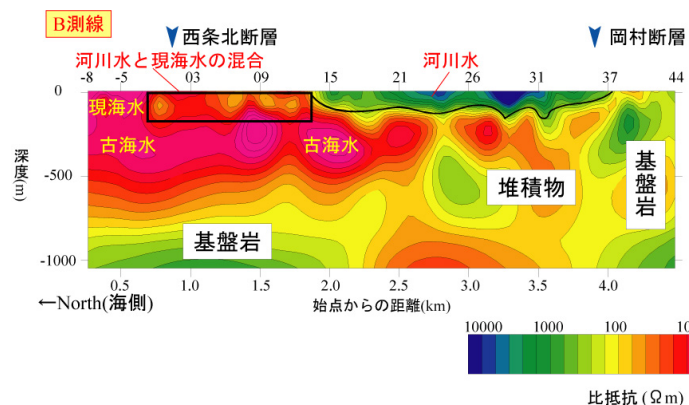
これらの結果より被圧地下水の形成メカニズムについて、次のように考察を行った。

被圧構造は、調査地域の地形、地質構造が形成されていく過程で形成したものであると考えられる。現在の西条平野は、第四紀の海水準変動の影響を受け、長い期間海域であり、地下には海水が浸入していたものと考えられる。有史以降、平野は干拓によって形成された。それに伴い、淡水が古海水の上部に浸入しはじめ、淡水と古海水との境界が形成された。淡水と塩水の密度は異なるため、古海水によって淡水の流動が妨げられ、海岸部へ向かう地下水流動が生じる。この地下水は、不透水層によって加圧され、破碎幅2mほどの不透水性を示す断層破碎帯によってさらに加圧され、海岸域に分布する古海水域が淡水の流れを制限することによって被圧地下水となったものと考えられる。

以上のことより、“うちぬき”と呼ばれる被圧地下水が形成されたものと考えられる。

キーワード: 自噴井, CSA-MT法, 地下水流動, 地下構造

Keywords: flowing wells, CSA-MT method, groundwater flow, underground structure



(図. 1) 加茂川での比抵抗断面図.

電磁探査を用いた隠岐島前・中ノ島における塩水・淡水分布の検討 The subsurface distribution of saltwater and freshwater in the Nakano-shima island, by electromagnetic exploration

草野 由貴子^{1*}; 鈴木 浩一²; 徳永 朋祥¹

KUSANO, Yukiko^{1*}; SUZUKI, Koichi²; TOKUNAGA, Tomochika¹

¹ 東京大学, ² 電力中央研究所

¹The University of Tokyo, ²CRIEPI

近年の研究からは、沿岸域の地下深部や海底下において、最終氷期に涵養された淡水地下水が存在していることが明らかにされてきている。その説明の一つとして、難透水性の地層が存在することにより、淡水から塩水への置換に遅れが生じるためであるとする考えが提唱されている (e.g. Groen et al., 2000)。このことは、沿岸域の地下水の塩水淡水分布の理解のためには、海水準変動の影響を考慮に入れる不可欠であるといえる。

本研究の対象地域である隠岐島前・中ノ島は大陸棚上の島嶼であるため、最終氷期から現在までの海水準変動に伴い、地下深部の塩水・淡水分布は海水準変動の影響を受けていると推測される。中ノ島の温泉井掘削時の報告書によると、深度 320m まで掘削したに揚水された地下水の Cl 濃度は海水の約 20%程度を示す一方で、温泉井の掘削完了後（スクリーン深度 560~866m）から揚水される温泉水の Cl 濃度は海水の約 5%程度であり、温泉水の同位体組成、年代指標、溶存成分の結果から、現在よりも寒冷な気候下で涵養された地下水であることが示唆されている (Kusano et al., in press)。これらの結果から、少なくとも深度 320m より浅い部分には塩濃度の高い地下水、より深い部分には寒冷な気候下で涵養された塩濃度の低い地下水が存在していることが示唆される。そこで、本研究では、中ノ島における塩水淡水分布とその形成要因を明らかにすることを目的とし、CSAMT 法を用いた電磁探査を行った。CSAMT 法では、人工的に送信した電磁波により地盤に誘導された地電流を計測することで深度約 1km までの比抵抗を求めることが出来る（物理探査学会, 1998）。今回の発表では、電磁探査により得られた比抵抗分布から推測された中ノ島の塩水淡水分布と地質構造に関する検討結果について述べる。

電磁探査の計測地点は、中ノ島の温泉井掘削地点を東西方向に横切る約 2.5km の測線沿いに、約 100m 間隔で設置した。計測により得られた見かけ比抵抗は、解析コード (Uchida and Ogawa, 1993) を用いて 2 次元逆解析を行い、深度約 1km までの比抵抗分布を求めた。また、電磁探査で得られる地下の比抵抗構造を解釈するために、中ノ島から採取された岩石試料を塩濃度の異なる溶液で飽和させて比抵抗の測定を行った。

測線において計測された比抵抗の 2 次元逆解析を行った結果、深度約 100~200m に東西方向に広がる低比抵抗帯がみられた。その下部の約 200~500 m 程度には高比抵抗帯存在し、それよりも深部には低比抵抗帯が分布していた。深さ 100~200m および 500m 以深の比抵抗は、中ノ島から得られた堆積岩、火山岩が塩濃度の高い水で飽和された際の比抵抗の値とほぼ整合していた。この結果は、温泉井の掘削時に 320m より浅い部分から塩濃度の高い地下水が揚水され、温泉井掘削完了後に揚水された地下水の塩濃度が低かった結果とも矛盾していない。上述のように隠岐島前は大陸棚上に位置する島嶼であるため、海水準変動に伴う陸域面積の変化によって淡水・塩水の分布が影響を受けてきたことが推測される。仮に、深度 100~200m の低比抵抗帯が塩濃度の高い地下水、200~500m 程度の高比抵抗帯が塩濃度の低い地下水の存在を示しているとすれば、今回の計測結果は、最終氷期の海水準が低い時期に地下深部まで淡水地下水が浸透し、その後の海進によって深度 100~200m に塩水が侵入しているが、それより深い部分の淡水は塩水に置換されずに残っていることを示唆しているのかもしれない。今後は、比抵抗分布と地質構造、地下水の化学分析の結果を併せて検討することで、地下の塩水・淡水分布について適切な解釈を進める必要があり、その検討を行う予定である。

引用文献

物理探査学会, 1998. 物理探査ハンドブック, 手法編. 301-326.

Groen, J. et al., 2000. J. Hydrol. 234, 1-20.

Kusano et al., in press, J. Hydrol.

Uchida and Ogawa, 1993. Geological Survey of Japan Open-File Report, 205.

AHW27-02

会場:424

時間:5月1日 09:15-09:30

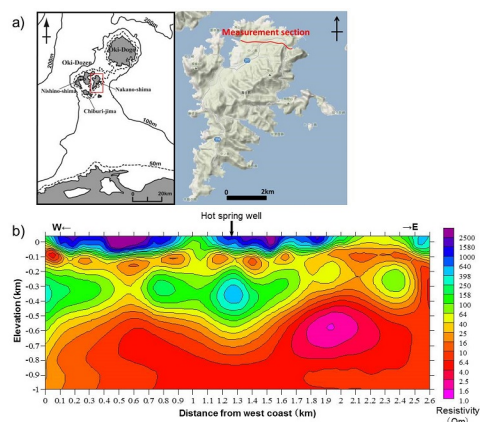


Fig. a) Location of measurement section of CSAMT survey and b) resistivity profile analyzed by 2D inversion of the CSAMT survey in the island.

間欠沸騰泉の動力学モデルを用いた地下の各情報の推定方法 The method of an estimation of underground parameters of a geyser induced by boiling using the dynamical model

鏡 裕行^{1*}

KAGAMI, Hiroyuki^{1*}

¹ 名古屋短期大学

¹ Nagoya College

We have proposed a static model, a dynamical model and a modified dynamical model of a geyser induced by gas inflow based on observation and model experiments of it and have also proposed a combined model combining above two models. And numerical simulations of the modified dynamical model or the combined model reappear spouting dynamics of a geyser induced by gas inflow and it becomes possible that parameters (volume of the underground space, depth of spouting hole and so on) under a geyser are estimated through comparison between results of numerical simulation and those of observation. Moreover we proposed a dynamical model which assumed more than two underground gas supply sources by extension of above-mentioned usual dynamical model. As a result, irregular spouting dynamics of a geyser induced by gas inflow could also be reappeared by the modified model. As a result, spouting mechanism of all kinds of geysers induced by gas inflow has been clarified.

However, in general, geysers are classified into two types dependent on inducer. That is, one is a geyser induced by inflow of gas and the other is a geyser induced by boiling. The latter is more popular and many ones exist all over the world. Though qualitative spouting models of a geyser induced by boiling have been proposed, its dynamics has not been discussed sufficiently. Therefore, then we derived a dynamical model of a geyser induced by boiling applying the above-mentioned dynamical model of a geyser induced by inflow of gas. Then we tried to estimate time derivation of spouting rate of a geyser induced by boiling through numerical simulations. Using the model we can estimate underground parameters of a geyser induced by boiling by comparison of results of numerical simulation of the model and those of observation of a geyser induced by boiling.

In this presentation, after we review above-mentioned models of a geyser induced by gas inflow and one induced by boiling in outline, we explain the method of an estimation of underground parameters of a geyser induced by boiling using the dynamical model.

猪苗代湖における近年の湖水のアルカリ化について: 生物生産が湖の炭素循環に与える影響の考察

Rapid alkalization in Lake Inawashiro: implications for future changes in the carbonate system of terrestrial waters

真中 卓也^{1*}; 牛江 裕行¹; 荒岡 大輔¹; 稲村 明彦²; 鈴木 淳²; 川幡 穂高¹

MANAKA, Takuya^{1*}; USHIE, Hiroyuki¹; ARAOKA, Daisuke¹; INAMURA, Akihiko²; SUZUKI, Atsushi²; KAWAHATA, Hodaka¹

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 産業技術総合研究所

¹Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

The global carbon cycle, one of the important biogeochemical cycles controlling the surface environment of the Earth, has been greatly affected by human activity. Anthropogenic nutrient loading from urban sewage and agricultural runoff has caused eutrophication of aquatic systems. The impact of this eutrophication and consequent photosynthetic activity on CO₂ exchange between freshwater systems and the atmosphere is unclear. In this study, we focused on how nutrient loading to lakes affects their carbonate system. Here, we report results of surveys of lakes in Japan at different stages of eutrophication. Alkalization due to photosynthetic activity and decreases in PCO₂ had occurred in eutrophic lakes (e.g., Lake Kasumigaura), whereas in an acidotrophic lake (Lake Inawashiro) that was impacted by volcanic hot springs, nutrient loading was changing the pH and carbon cycling. When the influence of volcanic activity was stronger in the past in Lake Inawashiro, precipitation of volcanic-derived iron and aluminum had removed nutrients by co-precipitation. During the last three decades, volcanic activity has weakened and the lake water has become alkalized. We inferred that this rapid alkalization did not result just from the reduction in acid inputs but was also strongly affected by increased photosynthetic activity during this period. Human activities affect many lakes in the world. These lakes may play an important part in the global carbon cycle through their influence on CO₂ exchange between freshwater and the atmosphere. Biogeochemical changes and processes in these systems have important implications for future changes in aquatic carbonate systems on land.

キーワード: 炭素循環, 湖, アルカリ化, 栄養塩, PCO₂

Keywords: the global carbon cycle, lake, alkalization, nutrient, PCO₂

九頭竜川水系における懸濁態有機物の炭素同位体比の変動 Variation of $\delta^{13}\text{C}$ carbon isotope signatures of particulate organic matter in the Kuzuryu River system in Japan

長尾 誠也^{1*}; 金森 正樹²; 荒巻 能史³; 落合 伸也¹; 山本 政儀¹
NAGAO, Seiya^{1*}; KANAMORI, Masaki²; ARAMAKI, Takahumi³; OCHIAI, Shinya¹; YAMAMOTO, Masayoshi¹

¹ 金沢大学環日本海域環境研究センター, ² 金沢大学大学院自然科学研究科, ³ 国立環境研究所

¹ LLRL, INET, Kanazawa University, ² Grad. School of NST, Kanazawa University, ³ National Institute for Environmental Studies

炭素安定同位体比と放射性炭素は、有機物のバルクの特徴とともに時間軸を組み込むことが可能であり、有機物の有効なトレーサーとして利用することができる。本研究では、流域環境が異なる河川における粒子態有機物の移行挙動を炭素同位体比を用いて検討した。

九頭竜川水系は福井県に位置し、146の支流から構成されている。本研究では、九頭竜川本流と主要な支流の日野川を調査地域に設定し、下流域の1地点で2010年に4回、河川水約120Lを流心から採取した。連続遠心機を用いて河川水から懸濁粒子を分離し、凍結乾燥した後にメノウ乳鉢で粉砕して粉末試料とした。有機物のC-14/C-12の測定は、1M塩酸で炭酸塩の除去を行った試料について、日本原子力研究開発機構青森研究開発センターむつ事務所の加速器質量分析計により行った。測定した値は $\delta^{14}\text{C} = ((\text{pMC}/100) - 1) \times 1000$ として表した。また、C-13/C-12の測定は、質量分析計により行い、 $\delta^{13}\text{C}$ 値として表した。河川懸濁粒子と沿岸域堆積物の有機炭素含量、全窒素含量は元素分析計により測定した。

河川懸濁粒子有機物の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、九頭竜川で-26.3‰から-24.0‰、日野川では-27.0‰から-26.1‰であった。一方、 $\delta^{14}\text{C}$ 値は九頭竜川で-168‰から-87‰、日野川で-209‰から-143‰であり、九頭竜川の方が見かけ上、新しい有機物で構成されていることが明らかとなった。また、C/N比の平均値は、九頭竜川で 9.1 ± 1.1 、日野川で 8.2 ± 1.1 と、炭素同位体比と同様に九頭竜川と日野川で違いが認められた。これらの懸濁粒子の有機物の特徴の違いを検討した結果、流域の特徴と流量が関係する可能性が示唆された。

キーワード: 粒子態有機炭素, 炭素同位体, 河川水, 移行挙動, 流量

Keywords: POC, carbon isotopes, river waters, migration, water discharge

山地源流域におけるマルチ・トレーサー手法による湧水・地下水・河川水の滞留時間の推定

Age dating of spring water, groundwater and stream water in mountainous watersheds using multi-tracer approach

池田 隼人^{1*}; 辻村 真貴²; 勝山 正則³; 長野 龍平⁴

IKEDA, Hayato^{1*}; TSUJIMURA, Maki²; KATSUYAMA, Masanori³; NAGANO, Ryuhei⁴

¹ 筑波大学生命環境学群地球学類, ² 筑波大学生命環境系, ³ 京都大学学祭融合教育研究推進センター グローバル生存学連携大学院ユニット, ⁴ 京都大学大学院農学研究科

¹College of Geoscience, School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ²Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ³Inter-Graduate School Unit for Sustainable Development and Survivable, Kyoto University,

⁴Graduate School of Agriculture, Kyoto University

源流域における渓流水等の平均滞留時間を求めることは基本的に重要であるが、用いるトレーサーの種類により、推定される滞留時間の値に差が生じることが指摘されている。しかしながら、複数のトレーサーを適用し、求められる滞留時間を水文プロセス等の視点から比較検討した研究は従来少ない。

そこで本研究では、山地源流域においてマルチ・トレーサー法により滞留時間を推定し、空間分布を明らかにすること、また水文特性と滞留時間変動との関係性を明らかにすることを目的とした。滋賀県南部に位置する桐生水文試験地において、2013年6月、8月、10月の計3回、現地調査、及び採水を行い、一般水質、SiO₂、溶存フロン濃度、水素・酸素安定同位体の分析を行った。次に水中のフロン濃度と大気中の北半球平均フロン濃度を用いて平均滞留時間の推定を行った。また本流域において2008年から2012年まで毎月測定されている、降水と渓流水、地下水の安定同位体比を用いて、それらの季節変化から平均滞留時間を推定した。

安定同位体により推定された河川水、地下水の平均滞留時間は約2.8から4.4年と推定された。またフロン濃度を用いた方法では湧水、地下水の滞留時間は、涵養温度を各試料の水温とした場合に1.5から8.5年、及び15から23年と得られた。また滞留時間との関係性が示唆されるNa⁺濃度と滞留時間の関係から、大気中フロン濃度の減少過程で得られる、短い滞留時間である可能性が高いことが示された。

それぞれの手法により得られた結果を総合的に検討した結果、本流域の湧水、地下水、河川水の滞留時間は約1.5から8.5年であると推測された。この結果は、従来、安定同位体によって得られたそれと整合的であるが、フロンによる推定値は、より大きな時空間変動を示した。これは異なる滞留時間、及び流動経路からなる水の混合過程により引き起こされていることが推測される。50年程度の時間情報を有するフロンは、こうした現象をよりの確に再現しているものと示唆される。

キーワード: マルチ・トレーサー法, 平均滞留時間, 安定同位体, フロン類

Keywords: multi-tracer approach, mean residence time, stable isotope, chlorofluorocarbons

ベトナム・ハノイ市郊外における地下水の起源と地下水涵養機構の検討 Sources and recharge process of groundwater in sub-urban area of Hanoi city, Viet Nam

林 武司^{1*}; 黒田 啓介²; An Do Thuan²; 滝沢 智²; Nga Tran Thi Viet³

HAYASHI, Takeshi^{1*}; KURODA, Keisuke²; AN, Do thuan²; TAKIZAWA, Satoshi²; NGA, Tran thi viet³

¹ 秋田大学教育文化学部, ² 東京大学大学院都市工学研究科, ³ Hanoi University of Civil Engineering

¹ Faculty of Education and Human Studies, Akita university, ² School of Engineering, the University of Tokyo, ³ Hanoi University of Civil Engineering

ベトナムの首都であるハノイ市では、都市化に伴って水資源の需要が急増している。しかし、ハノイ市の主要な水源の1つである地下水には、自然由来のヒ素が高濃度に含まれることがある。一方、近年では、もう1つの主要な水源である紅河の水量の減少が指摘されている。このため、量・質ともに安定した水源の確保が喫緊の課題となっている。特に郊外では、地下水が主要な水源であり、開発の進行に伴って揚水量が増加している。これにより、上部帯水層中の地下水位が大きく低下し、旧来の井戸が枯れる地域も現れている。また、開発に伴う造成によって、小河川・湖沼等の自然水域や水田が減少している。このように、地表・地下ともに水環境が大きく変化し続けているが、水循環機構については不明な点が多い。しかし地下水を持続的に利用するためには、地下水の涵養・流動機構を明らかにすることが重要である。我々は、開発が進行している郊外の複数の集落において、地下水の起源や涵養機構等を明らかにすることを目的として、地表水・地下水の水質・同位体組成の定期的な観測や地下水年代の検討、地下水位のモニタリングなどを実施している。

我々のこれまでの調査により、紅河より離れた地域では、“蒸発の影響を受けた水”が主要な地下水涵養源の1つであることが明らかとなっている。上部帯水層（不圧帯水層）の地下水位モニタリングならびに地下水の地球化学性状の定期観測の結果、地下水位ならびに地下水の酸素・水素安定同位体比は、降水量の雨季・乾季の変動に応じて変動した。ただし、降水量、地下水位、酸素・水素同位体比の季節的な変動には、それぞれ1~2カ月程度の時間差が認められた。これらの差は、地表からの水の浸透時間を反映していると考えられた。一方、地下水中のCFCs・SF₆濃度から、見かけの地下水滞留時間として数十年程度の滞留時間を有することが示された。発表では、これらの結果に基づく地下水の起源や涵養機構の検討結果について報告する。

キーワード: ハノイ市, 地下水涵養機構, 地下水位変動, 同位体, 地下水年代

Keywords: Hanoi city, groundwater recharge process, fluctuation of groundwater level, isotopes, groundwater age

ベトナムドンナイ川流域上部における気候変動の検討 Long-term trends of climate variability in upper Dong Nai river basin in 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 生命・地球科学専攻, ² 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

¹Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Chiba University, ²Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

IPCC よると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 10 % GDP にのぼると予測されている。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、沿岸域の低地に深刻な影響を与える可能性がある。それは沿岸デルタ地域の 40,000km²、メコンデルタの 90 % が洪水になるという予測もある。高原地域では気温がより顕著に上昇すると予測される。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。ドンナイ川流域は東南部の高原から発し、ベトナム南部の主要電源ダムである TriAn 貯水池発電所を経て、下流でメコンデルタ下流の支川と合流した後、東海まで流れていく。

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、気候変動による水文レジームの変化及びそれへの適応について検討することが必要だと考えられる。本研究ではドンナイ川流域における気候変動による流出量と気象データの長期変化を検出することを目的とする。

対象流域のドンナイ川流域の水文情報として、ベトナム国立水文気象予測センター (NCHMF: National Center for Hydro-Meteorological Forecasting); 各地方の天然資源環境省 (DONRE: Department of Natural Resources and Environment); TriAn 水力発電所管理所の最近の 20 年間 (1992 年から 2011 年まで) 観測データを経験的モード分解 (EMD; empirical mode decomposition) より降雨・気温・パン蒸発・流域出口の流出量の長期変化を検出した。複数の周波数成分を持つ信号を狭帯域の信号に分解する手法である EMD は、時間-周波数解析手法として最近非線形および非定常な性質の時系列データを分析するために設計され開発されている。この狭帯域の信号は固有モード関数 (IMF; Intrinsic mode function) と呼ばれる。

対象流域内における最近の 20 年間の降雨量・気温がわずかに増加する傾向にありが逆にパン蒸発・流域出口の流出量がやや低下する傾向にある結果が出た。メコンデルタ河委員会や世界銀行のベトナムの気候変動について研究結果と同じように降雨量と気温の増加傾向を検出できた。また流域出口の流出量の低下傾向の原因としては流域内の土地被覆・土地利用の変化が原因の一つだと考えられるが、それについて別の研究を行う。

キーワード: ドンナイ川流域, 気候変動, 経験的モード分解, EMD

Keywords: Dong Nai river basin, climate variability, empirical mode decomposition, EMD

モンゴルでの近年の気候・植生変動からみた遊牧の持続可能性に関する一考察 A consideration of sustainable grazing over Mongolia, as point of view of recent climate change and vegetation responses

川上 聖¹; 樋口 篤志^{2*}

KAWAKAMI, Satoshi¹; HIGUCHI, Atsushi^{2*}

¹ 日本 HP, ² 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

¹ HP Japan, ² CEReS Chiba University

ユーラシア大陸東部の内陸に位置するモンゴル国は、国土の約8割が草地であり、遊牧牧畜が伝統的に営まれてきた。近年の市場経済体制への移行や冬の寒雪害である“ゾド”が頻発したことにより、同国の基幹産業である牧畜は著しい変化を見せている。本研究ではモンゴルにおける気候変動と植生利用という観点から、遊牧の持続可能性について考察を行った。

1979年から2012年の冬季にかけて、JRA-25及びJCDASの日平均地表面気温を解析した結果、極端な低温発生が近年増加していたことが明らかとなった。これは東アジアに強い寒波をもたらすメカニズムと関連し、起点である北極付近のバレンツ海の家氷減少による大気循環の変動が要因である。

2009年冬季の寒波は家畜頭数の全国的な減少をもたらした。多くの地域で放牧圧減少による植生回復が見られた。2009年から2012年にかけてMODISより得られたNDVI (Normalized Difference Vegetation Index) とGRVI (Green-Red ratio Vegetation Index) から、短期的な植生回復の過程、植生状態の解析を行った。植生回復の早い領域が地形と対応し、現地観測による植生データと整合性もみられた。これはバイオマスのみでは判断できない、2つの植生指数の組み合わせによるものであり、モンゴル草原域において植生状態の把握が可能であることが示された。

キーワード: モンゴル, 放牧, 極端低温現象, NDVI, GRVI

Keywords: Mongolia, grazing, extreme cold events, NDVI, GRVI

高層湿原の冬期水環境に対する積雪の影響評価ー霧多布、サロベツ、尾瀬における
PALSAR/ALOS データ解析ー
Effect of snow depth on hydrology of highland marshes - Analysis of PALSAR/ALOS
data at Kiritappu, Sarobetsu and Oze -

五十嵐 雅俊¹; 久田 泰広¹; 出村 裕英¹; 小川 佳子^{1*}; 祖父江 真一¹
IGARASHI, Masatoshi¹; HISADA, Yasuhiro¹; DEMURA, Hirohide¹; OGAWA, Yoshiko^{1*}; SOBUE, Shinichi¹

¹ 会津大学, ² リモートセンシング・技術センター

¹Univ. of Aizu, ²RESTEC

積雪地域の高層湿原は、冬季の立ち入りが困難であることから、水環境の年間を通したモニタリングはほとんどなされていない。これまで、我々は年平均2 mを超える積雪がある尾瀬湿原に注目し、Lバンド合成開口レーダーの一種であるALOS(だいち)搭載PALSARのデータプロダクトを解析した結果、厚い積雪層を透過した下部に広く水が浸潤した領域が存在する可能性が示された。融雪期よりも厳寒期の方が浸潤度合いが大きいことから、この水体の起源は融雪によるものではなく積雪による荷重で泥炭層から絞り出された水と結論づけるに至った。今回は、新たに、北海道の代表的な高層湿原である、霧多布、サロベツ、について、同様の解析を試み、尾瀬との比較を行った。また、浸潤度合いに対する積雪量と泥炭層厚の影響について定量的な議論を行ない、評価した。

キーワード: 高層湿原, 水環境, PALSAR, リモートセンシング, 積雪, 泥炭

Keywords: highland marsh, hydrology, PALSAR, remote sensing, snow, peat

ユニバーサルモデルによる水文時空間データのモデル化 Modeling of hydrological temporal-spatial data by a universal model

葛葉 泰久^{1*}; 荒木 大輔¹; 齋藤 華子²; 五味 千絵子³; 千田 眞喜子⁴
KUZUHA, Yasuhisa^{1*}; ARAKI, Daisuke¹; SAITOH, Hanako²; GOMI, Chieko³; SENDA, Makiko⁴

¹ 三重大学大学院生物資源学研究科, ² 三重大学生物資源学部, ³ 愛知県, ⁴ 京都光華女子大学・大阪成蹊大学・大阪成蹊短期大学

¹Graduate School of Bioresources, Mie University, ²Faculty of Bioresources, Mie University, ³Aichi Prefectural Government, ⁴Kyoto Koka Women's University / Osaka Seikei University / Osaka Seikei College

多くの地球科学的データがフラクタルモデルでモデル化できることが多くの研究結果で示されている。本研究では、モノフラクタルモデルのうち、Bm (ブラウン運動), fBm (非整数ブラウン運動), fLm (非整数 Lévy 運動), それにフラクタルモデルではないが e-model (Gomi and Kuzuha, 2013) の適用可否について検討した。Bm, fBm, fLm の構成法として、スペクトル法 (Lavallée, 2008 など) がある。場がフラクタルである場合、データをフーリエ変換すると、角振動数 (または波数) とパワースペクトルは、log-log-linear な関係となる。スペクトル法は、ホワイトノイズ (Gauss ホワイトノイズ, Lévy ノイズなど) を発生させ、log-log-linear なフィルタを通すことによってモンテカルロシミュレーション的なデータを作成する。多くの地球科学データはフラクタル的ではあるが、例えば、Gomi and Kuzuha (2013) によれば、日降水量時系列は、角振動数とパワースペクトルの関係が指数関数的になり、指数関数で表したフィルタを用いることでデータを再現できた (e-model)。本研究では、このように、log-log-linear なフィルタ (すなわちフラクタルな場合) 以外のフィルタを用いる場合も含め、このようなスペクトル法で表すモデルをユニバーサルモデルと考え、それで時空間的な水文学的データがモデル化が可能かどうかを確認した。その結果、解析雨量を用いた 1 時間降水量の時系列、空間的な降水量の場が、fBm や fLm でモデル化できることが分かった。さらに、量的データだけではなく、河川水中のイオン濃度の時系列や、水道水中の硝酸態窒素の時系列も、fLm で表現可能であることが分かった。

Gomi, C. and Y. Kuzuha (2013), Simulation of a Daily Precipitation Time Series Using a Stochastic Model with Filtering, Open Journal of Modern Hydrology, DOI: 10.4236/ojmh.2013.34025

Lavallée, D. (2008), On the Random Nature of Earthquake Sources and Ground Motions: A United Theory, Advances in Geophysics, Vol. 50, 2008, pp. 427-461.

キーワード: フラクタル, 水文時空間データ, フィルタリング, ユニバーサルモデル, e-model

Keywords: fractal, hydrological temporal-spatial data, filtering, universal model, e-model

チュニジア北東沿岸部の貯水ダム下流域における浅層地下水の水質形成特性 Characteristics on groundwater salinization in a downstream area of dam reservoir, a coastal region of NorthEast Tunisia

内田 千智^{1*}; 河内 敦²; 辻村 真貴²; 柴山 直之¹; Ziadi Amira³; Tarhouni Jamira³

UCHIDA, Chisato^{1*}; KAWACHI, Atsushi²; TSUJIMURA, Maki²; SHIBAYAMA, Naoyuki¹; ZIADI, Amira³; TARHOUNI, Jamira³

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 National Institute of Agronomy in Tunisia

¹ Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ² Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ³ National Institute of Agronomy in Tunisia

主に乾燥・半乾燥地域の沿岸域で生じている地下水位低下に伴う浅層地下水の塩水化に対して、ダム貯水池が周辺地域の地下水環境に与える影響を空間的に把握することを目的として、現地調査と水質分析結果を基に対象地域の水質形成プロセスを検討し、その形成特性を地域別に記述することを試みた。対象地域は、北アフリカのチュニジア北東部 Korba 帯水層上に位置し、ダム貯水池 (Lebna ダム) が存在する Lebna 下流域とそれに隣接する Chiba 下流域からなる地域で、2013 年 6 月に計 72 地点で調査し、66 地点で水試料を得た。

まず、各調査地点で計測した地下水位データを基に対象地域の地下断面図を作成し、地下水流動方向を調べた。次に、無機溶存イオン濃度と酸素・水素安定同位体比を分析し、水質組成の空間分布を明示するとともに、 Cl^- を海水起源と仮定して物質収支式より求めた各地点の海水の混合割合を基に、上流端地下水と海水が単純混合したと仮定した場合の地下水の溶存イオン濃度と酸素安定同位体比を推定し、それと分析値の偏差を求め、その空間特性を調べた。加えて、地下水と鉱物間の溶存イオンの化学平衡理論を基に飽和指数を求め、考えられる水質形成過程を抽出した。さらに、溶存イオン濃度と酸素・水素安定同位体比を用いてクラスター分析と主成分分析を行い、地下水質組成の空間特性とそれを決める水質パラメータを調べた。

その結果、現地調査より Lebna ダム下流域の地下水位は海水面よりも高く、Chiba 流域の地下水位は海水面よりも最大 10 m も低いことが分かった。物質収支式によって求めた海水割合、及び酸素・水素安定同位体比結果より、各調査地点は (i) 海水割合の高い地点、(ii) 海水割合と同位体比が低い地点、(iii) 海水割合は低い同位体比が高い地点の 3 グループに分類できた。一方、クラスター分析より各調査地点を 5 つのクラスターに大別することができ、その要因として主成分分析より、(a) 海水の混合率、(b) 海水と粘土鉱物の接触による逆イオン交換反応の有無、(c) Lebna ダム貯水池からの涵養の有無の 3 つの事象が関与しているものと考えられた。また、その 3 つの事象 a, b, c と、上述の海水割合と酸素・水素安定同位体比から分類された 3 グループ i, ii, iii, 及び地下水位から、対象地域を水質形成特性の異なる 3 つの地域 A, B, C に分類することができた。

地下水位が海水面よりも高い Lebna ダム下流域の酸素・水素安定同位体比が高く、海水割合の低い地域 A では、Lebna ダム水の直接浸透、もしくはダム水を用いた地表水灌漑農業による地表水浸透によって、地下水位が高く維持され、地下水の塩水化が抑制されていると考えられた。また、地下水位が 0 m ~ -4 m 程度で海水割合が高く、各溶存イオン濃度の高い海岸近くの地域 B では、塩水侵入の影響で Na^+ , Cl^- 濃度が高いことに加えて、粘土鉱物との逆イオン交換反応によって生じる高い Ca^{2+} 濃度によってその地下水が特徴づけられている可能性が示唆された。最後に、地下水位が -4 m 以下で Chiba 流域の内陸側に位置する地域 C では、地域 A からの地下水と、Chiba 流域のさらに上流側からの降水起源の地下水、及び Ca^{2+} 濃度の高い地域 B の地下水が流入していると考えられ、それらが混合してその地下水質を形成しているものと考えられた。

キーワード: 塩水侵入, ダム水の涵養効果, 無機溶存イオン濃度, 酸素・水素安定同位体比, 物質収支式, 多変量解析

Keywords: seawater intrusion, dam reservoir, dissolved inorganic ions, stable hydrogen and oxygen isotopic compositions, mass balance, multivariable analyses

甲府盆地西方の糸魚川―静岡構造線周辺に賦存する地下水の地球化学的特徴 Geochemical features of groundwaters around the southern Itoigawa-Shizuoka tectonic line, western Kofu Basin

谷口 無我^{1*}; 村松 容一²; 千葉 仁³; 奥村 文章⁴; 山室 真澄¹

YAGUCHI, Muga^{1*}; MURAMATSU, Yoichi²; CHIBA, Hitoshi³; OKUMURA, Fumiaki⁴; YAMAMURO, Masumi¹

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

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

1. 目的

日本列島の非火山地域では掘削による温泉開発が盛んに行われているが、これらの非火山性の温泉水は成因が不明のものが多い。太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界付近に位置する甲府盆地周辺には、深度 1000m を超えるような深部掘削による温泉井が多数存在する。これらの中には海水と同程度かそれ以上の塩分を持つ流体が存在するが、その水や溶存成分の起源は明らかにされていない。本研究は、甲府盆地西方の糸魚川―静岡構造線および中央構造線周辺に賦存する高塩分流体の水質および安定同位体の特徴に基づき、地質鉱物学的視点に立って、当該流体の起源および水質形成メカニズムを考察することを目的とした。

2. 方法

温泉水(掘削深度 0~1500m)を中心に、地下水を全 25 か所から採水した。採水現場ではカスタニー ACT pH メータ(HORIBA D-24)を使用して水温、電気伝導度、pH を測定するとともに聞き取り調査を実施し、掘削井戸構造図などのデータを得た。主要陽陰イオンの分析にはイオンクロマトグラフ法(SHIMADZU LC-VP)、SiO₂ はモリブデン黄法(SHIMADZU UV-1650PC)、Fe は原子吸光法(SHIMADZU AA-6200)、HCO₃⁻ 濃度は容量法による pH4.8 アルカリ度から算出した(HACH AL-DT)。水素、酸素、硫黄の安定同位体比(δ D, δ ¹⁸O, δ ³⁴S) 分析には、安定同位体比質量分析計(GV Instruments Isoprime-EA)を使用した。

3. 結果と考察

試料水の温度は最大 48.8 °C、pH は 6.4~9.7 の範囲であり、泉質は Ca-HCO₃ 型、Ca-Mg-HCO₃ 型、Na-Ca-HCO₃ 型、Na-HCO₃ 型、Ca-SO₄ 型、Na-Cl-HCO₃ 型、Na-Cl 型と多様な水質を示した。これらの中で最も支配的な水質は Na-Cl 型であり、Cl 濃度は最大約 23000 mg/L だった。

試料水の Na と Cl 濃度の関係は降水-海水混合線に沿って分布したことから、当該地域の地下水は大局的に降水端成分および海水端成分との混合によって形成されたと考えられる。低塩分の試料水の δ D と δ ¹⁸O の関係は天水線に沿って分布しており降水起源が支持される一方、海水と同程度あるいはそれ以上の塩分濃度の試料水の δ D と δ ¹⁸O はいずれも現海水に比較して低い。このような高塩分の試料水は、Mg/Cl および SO₄/Cl 当量比が現海水の当量比に比べて著しく小さく、一方で Ca/Cl 等量比は現海水の当量比よりも高いことから、当該海水端成分は海底玄武岩の変質および海底堆積物中の火山性物質の Mg-ス멕タイト化の影響を受けて変質した海水であると推察される。当該地域に卓越する Na-Cl 型の地下水は、このような高塩分の流体が糸魚川―静岡構造線などの深部に達する断層に沿って流動する過程で、降水起源の低塩分の地下水と混合して形成されたと推定される。

キーワード: 糸魚川―静岡構造線, 深部流体, 水質, 成因

Keywords: Itoigawa-Shizuoka tectonic line, deep fluid, water quality, formation mechanism

鳥取砂丘内湧水(オアシス)の起源に関する研究

A Study on the Origin of a Spring in Tottori Sand Dunes using various geophysical and hydrological methods

塩崎 一郎^{1*}; 河合 隆行²; 野口 竜也¹; 齊藤 忠臣³

SHIOZAKI, Ichiro^{1*}; KAWAI, Takayuki²; NOGUCHI, Tatsuya¹; SAITO, Tadaomi³

¹ 鳥取大学大学院工学研究科, ² 新潟大学 災害・復興科学研究所, ³ 鳥取大学農学部

¹Graduate School of Engineering, Tottori University, ²Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University, ³Faculty of Agriculture, Tottori University

鳥取砂丘の起伏の象徴である馬の背, その南側の凹地に季節によりその姿を変化させるオアシスがある. このオアシスはいつもみられるわけではなく, 夏季には消滅する. また, オアシス凹地へは絶え間なく地表を流れて注がれる流入水が存在しているが, オアシスが存在していないときには, 流入水は尻無川となっている. はたして, このオアシスが如何なるメカニズムで発生・消滅しているのだろうか. すなわち, この流入水はどこからきて, どこへ流出するのだろうか. このオアシス湧水に関する問いかけは, 古くからの学術的関心であり, 例えば, 砂丘に降った雨水が地下水となり, 一部が泉となって地表に再び表れるという考え方(赤木, 1991), 保水性の良くない砂丘砂に浸透した雨水が, 水を通さない基盤岩の不透水層や透水性の悪い火山灰層の付近に地下水として貯留し, これが湧水となるという考え方(財団法人自然美化管理財団, 1995), 近年では, オアシスの形成と砂丘南側に位置する多鯨ヶ池の水位変化の関連性を調べた研究(星見, 2009)などの知見が既に提出されている.

一方で, 学術的に高い価値を有している鳥取砂丘の自然環境は, その自然状態を保全・維持しつつ後世に継承されることが強く望まれているため, 砂丘内の自然環境に人為的な影響が生じないように厳しく管理されており, 井戸などの人工物の設置や大型測器による地下水位探査が事実上不可能である. このような理由から, 現在に至るまで十分な調査が成されておらず, オアシスの発生・消滅メカニズムを定量的に解明する目的で行われた研究はなく, まだ結論は出ていない.

本研究はこの問いに答える目的のために, すなわち, 砂丘内湧水(オアシス)の起源を探るために鳥取砂丘の地下構造と地下水大循環に関する研究を実施した. すなわち, 様々な非破壊的な物理探査法を用いて砂丘の地下構造を推定し, 地下水の存在形態や流動様式, 砂丘の基盤構造などに関する基礎データを得ると共に, 水文学的な手法も用いてオアシス湧水の起源ならびに定量的な消長メカニズムの解明を試みた. ここで用いた具体的な方法論は後節に譲るが, 概略として, 前者の地下構造推定のためには, 電気比抵抗映像法, 1m 深地温探査法, 自然電位法, 微動探査法, 重力探査法を適用し, 後者のために, オアシス水に関する水位連続観測ならびに蒸発量解析, オアシス域およびその周辺域の地下水位調査, 降水ならびにオアシス湧水と多鯨ヶ池の採水データの安定同位体比解析を導入した. なお, 前者の用途においては観測地点の位置や砂丘域全体の地形を把握するためにデファレンシャル法を用いた GPS 測量を行い, 後者の用途ではオアシス水域およびその周辺の微地形把握のためのトータルステーションを用いた測量を実施した.

その結果, 鳥取砂丘の地下構造と砂丘内湧水(オアシス)の起源に関して, 次に示すようなひとつの結論を得た. 「雨水が砂丘砂に浸透し, 地下水となる. その一部は火山灰層を主体とする帯水層に導かれ(宙水として)オアシス湧水へ注がれる. オアシス湧水は馬の背の地下を超えて海へ注がれる. オアシス湧水と多鯨ヶ池の水には同時刻的・直接的関連はみられない. また, 鳥取砂丘(観光砂丘)全域の大局的な地下水分布は地下構造解析から推定された基盤形状の起伏と関連がみられる.」本研究によりこれらのことが砂丘の地下構造や水位変化, 同位体変化などの定量的な観測値から検証されたことに意義があると考えられる. ここではこのような研究の基礎となる学術的背景と調査の概要, 複数の調査結果とその解釈, そして, 全体を統括したまとめを報告する.

なお, 本稿で報告されるデータは主に平成 21 年度・平成 23 年度に交付を受けた鳥取県環境学術研究振興事業「鳥取砂丘の地下構造と地下水大循環に関する研究—砂丘内湧水(オアシス)の起源を探る—」の一環として取り組まれた種々の研究により取得されたものであることを明記する.

キーワード: 鳥取砂丘, 地下水, 物理探査法

Keywords: Tottori sand dunes, underground water, geophysical exploration methods