

# 平成 28 年度廣川研究助成事業報告 (1)

## 沿岸域地下水に係る調査・研究手法の 動向調査及び情報収集

小野昌彦<sup>1)</sup>

### 1. はじめに

島嶼からなる日本では、大都市の多くが沿岸域に位置している。このような沿岸域の地下に賦存する地下水は、都市の経済発展を支える重要な資源として活用されてきた。その一方で、地下水の揚水量が増加し、降水によりもたらされる涵養量を超えた状態(過剰揚水)となったことで、地盤沈下や塩水化といった地下環境問題が沿岸域において発生した。近年では、高レベル放射性廃棄物の地層処分や二酸化炭素の地中貯留といった地下空間を利用する事業においても、沿岸域やその場に存在する地下水が重要な要素の1つとして考えられている。

このように沿岸域の地下水は、水資源の有効利用、適切な地下水管理、あるいは地下環境の評価において重要な役割を担うもので、その実態を把握するために数多くの調査・研究がなされてきた。一方で、科学的知見は蓄積されつつあるものの、未だ日本国内における沿岸域地下水の一般性を見出すには至っていないことから、今後もさらなる調査・研究が必要である。そこで筆者は、沿岸域地下水に係る最新の調査・研究手法の動向調査と、地下水情報の整備・管理・発信に焦点を当てた情報収集のため

に、American Geophysical Union 2016 Fall Meeting (以下、AGU とする)への参加と、U. S. Geological Survey, San Diego (以下、USGS とする)及び Scripps Institution of Oceanography (以下、Scripps とする)への訪問を行った。本稿ではその成果について報告する。

### 2. AGU

AGU では自身の研究成果をポスターで発表した後、会場にて最新の調査・研究手法の動向調査を行った(写真1)。ポスター発表では、富士山から駿河湾沿岸域に至る地下水流動系の解明と希ガス類を用いた地下水年代評価の結果を発表し、海外の研究者と議論した(写真2)。駿河湾沿岸域における地下水質が、鉛直方向に急激な変化を示し、その上で希ガス年代が塩淡境界面において最も古く、下位で若くなるという結果は、非常に興味深いというコメントを頂いた。

地下水に係る最新の調査・研究については、希ガス類に基づく地下水年代測定手法の開発あるいは高度化といった内容が多く見られた。中でも特筆すべきはクリプトン(Kr)を用いた地下水年代評価手法の開発である(Mueller *et al.*,



写真1 AGU のポスター会場の様子

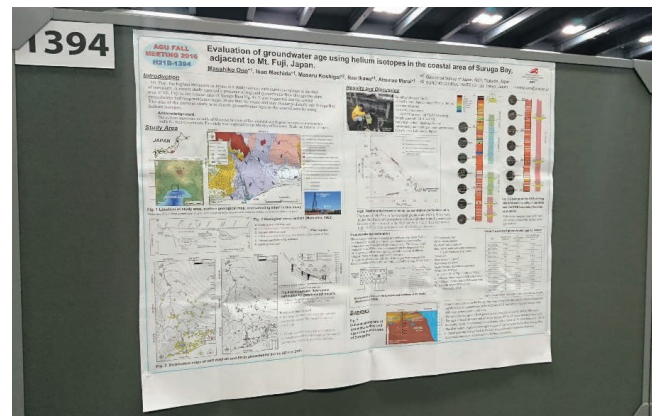


写真2 AGU における筆者のポスター

1) 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

キーワード：廣川研究助成事業、沿岸域、地下水、動向調査、情報収集

2016). Krは希ガス類の一種であり、地下水年代トレーサーの1つとして知られていた。しかし、地下水中に存在する量が微量であることから、分析に必要なKr量を集めるためには $10\text{ m}^3$ 程度の多量の地下水試料が必要となるため、現場での適用事例が限られていた。Muellerらの発表は $^{85}\text{Kr}$ (半減期約11年)と $^{81}\text{Kr}$ (半減期約23万年)に着目したもので、機器の分析精度を向上させて少量の地下水試料( $0.1\text{ m}^3$ 以下)であってもKrを定量できるシステムを構築していた。また、その分析手法を用いてイスラエルの帯水層における地下水年代評価を行っており、今後もその適用事例を増やすことを目指していた。 $^{85}\text{Kr}$ で評価できる年代は数年~数十年であり、日本で主に利用されている浅部の地下水が流域内を流動する時間スケールと一致することから、流域内での地下水管理を考える上で有効な年代トレーサーといえる。また $^{81}\text{Kr}$ により評価できる地下水年代の幅は、地層処分で重要視される十万年程度の時間スケールと一致しており、従来の古い地下水年代を評価するトレーサー( $^{36}\text{Cl}$ や $\text{He}$ )とも併用できるため、今まで以上に信頼性の高い地下水年代測定と長期安定性評価に繋がることが期待される。現時点において $^{85}\text{Kr}$ を用いた研究は、日本国内でも事例が蓄積されつつある(例えばKagabu *et al.*, 2017)が、 $^{81}\text{Kr}$ を用いた研究については目立った事例がないことから、更なる情報収集と適用可能性の検討が必要である。

### 3. USGS

USGSではWesley R. Danskin博士を訪ねた。同氏は水文地質学者であり、サンディエゴにおける沿岸域の地質構造、地下水流動、水収支を解明するための研究を行っている。写真3はUSGSが行っている掘削調査の様子、写真4は掘削調査後に設置された観測井の内部を撮影したものである。Danskin博士は掘削調査によって地質の状況を明らかにした後に、地下水位や水質等をモニタリングするための観測井の設置を行っている。今回見学した観測井では、1地点につき4つの異なる深度の水圧、水質等を測定しており、場所によっては深度600mにもおよぶ深部地下水のモニタリング体制が整っていた。このような観測井が、サンディエゴの沿岸域だけで12地点設けられており、観測の概要はUSGSのWEBサイトで紹介されている(USGS, San Diego Hydrogeology)また、地下水データの一部は、USGSのデータベースであるNational Water Information System(USGS, 2001)を介して発信されている。産総研が刊行している水文環境図に関しても、将来的なWEB配

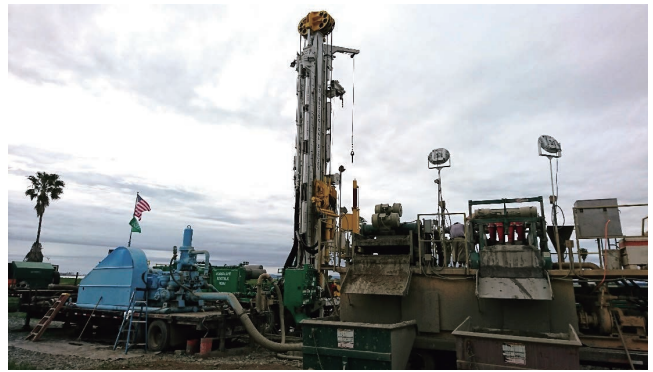


写真3 USGSが行っている掘削調査の様子



写真4 USGSの観測井の様子

信や数年ごとのデータ更新なども視野に入れていることから、このような地下水の観測体制やWEBデータベースへのフィードバックの形は大いに参考となる。

さらに今回の訪問で、Danskin博士が沿岸域における地下水湧出現象に着目していたことが分かった。特に、筆者が研究テーマのひとつとして取り組んでいる $^{222}\text{Rn}$ (ラドン)トレーサーを用いた海底湧水の調査手法に興味を示していた。現時点では $^{222}\text{Rn}$ を用いた予備調査を始めたばかりとのことであったが、今後本格的な調査を進める段階では、我々の海底湧出地下水の調査手法の適用など、将来的な共同研究への発展も模索できそうである。

### 4. Scripps

今回のサンディエゴ滞在中に、幸いにもDanskin博士と同行する形でScrippsを訪問する機会を得た。同研究所では海洋物理探査を専門とするSteve Constable博士の研究グループを訪ねた。Constable博士からは、海洋電磁探査によるガスハイドレート及び海底地下水の検出などの研究について紹介を受け、その後に各種の調査機器を見学した(写真5)。また、筆者が駿河湾沿岸域で行っている海





写真5 Scrippsの海洋物理探査用機器

底湧水の研究を紹介した後に、駿河湾のような急斜面の海底面で且つ漁業が盛んな地域を対象とした淡水地下水の探査はどのような手法が適当であるかについて助言を得た。研究室を訪問した後は、同時期に Scripps で開催されていた Seafloor Electromagnetic Methods Consortium (SEMC) にも参加する機会を得て、最新の海洋物理探査研究について情報を収集した。

## 5. おわりに

本助成事業で得られた情報は、日本国内における沿岸域地下水研究をより発展させることが出来るものであった。前述のように、Kr を用いた地下水年代評価の手法は、流域における水資源管理や地層処分事業における長期安定性評価に係る重要なツールとなり得るものであり、今後も継続して情報収集を続けていく必要がある。海洋物理探査手法についても、沿岸域海底下に存在する地下水を面的に調査する上で必要となるため、引き続き情報収集を行う。さらに、USGS が沿岸域を対象に行っている調査・研究の実施体制や、現地地下水情報を WEB で発信する仕組みについては、今後の水文環境図の整備や地下水情報の発信方法を考える上で参考にしたいと考えている。最後に、本助成事業で得られたコネクションを大切に、今後の自身の研究活動を発展させていきたいと思う。

**謝辞：**Danskin 博士には、訪問前から現地滞在期間中にあらゆる面で大変お世話になった。また、Constable 博士には貴重な時間を割いて頂き、有益な助言を頂いた。地圏資源環境研究部門の井川怜欧主任研究員には、USGS 訪問に

際して Danskin 博士を紹介してくださり、訪問に際して多くのアドバイスを頂いた。以上の皆様に厚く御礼申し上げます。また今回の訪問は平成 28 年度廣川研究助成を受けて実施することができました。本助成事業に関係する皆様に深く御礼申し上げます。

## 文 献

- Kagabu, M., Matsunaga, M., Ide, K., Momoshima, N. and Shimada, J. (2017) Groundwater age determination using  $^{85}\text{Kr}$  and multiple age tracers ( $\text{SF}_6$ , CFCs, and  $^3\text{H}$ ) to elucidate regional groundwater flow systems. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, **12**, 165–180.
- Mueller, P., Bailey, K., Bishof, M., O'Connor, T. P. and Zappala, J. C. (2016) Tracing young and old groundwater using Atom Trap Trace Analysis. *American Geophysical Union 2016 Fall meeting abstract*, H21B-1402.
- USGS San Diego Hydrogeology, <https://ca.water.usgs.gov/sandiego/> (2017 年 6 月 29 日確認)
- USGS (2001) National Water Information System, <https://waterdata.usgs.gov/nwis> (2017 年 6 月 29 日確認)

ONO Masahiko(2017) Report of the Hirokawa Research Fund in the 2016 fiscal year: trend survey and collecting information of current methods for investigation and research of coastal groundwater.

(受付：2017 年 7 月 4 日)