

# 平成 29 年度廣川研究助成事業報告 (2)

## 沿岸域における超長期の塩水-淡水混合過程 に関する国際共同研究打ち合わせ

戸崎裕貴<sup>1)</sup>

### 1. はじめに

平成 29 年度廣川研究助成事業により、2017 年 10 月 23 日から 27 日まで、オーストラリア南オーストラリア州アデレードにある Flinders 大学を訪問しました。滞在期間中、共同研究に向けた打ち合わせ等を行いましたので、その概要について報告いたします。

### 2. 訪問の背景・目的

放射性廃棄物の埋設処分(中深度処分や地層処分)では、必要とされる安全評価期間は 10 万年以上に及び、このような超長期にわたる地下水流動の評価が求められます。特に沿岸域においては、約 10 万年周期の海水準変動に伴って、地下水流動系が大きく変化すると考えられます。従って、海水準変動の影響を考慮した地下水流動系の評価・モデル化が課題の 1 つとなっています(塚本ほか, 2017)。

これまでに筆者らは、花崗岩沿岸域である広島湾周辺地域の深層地下水について調査を行い、最大で約 6 km 内陸の深度 1,800 m 程度まで Cl 濃度の高い地下水(塩水)が分布していることを報告しました(Tosaki *et al.*, 2017)。放射性塩素同位体(<sup>36</sup>Cl)を用いた結果、これらは 4 万年以下の年代をもつ比較的若い塩水であることが明らかとなり、完新世海進期以降に当時の海水が亀裂を介して侵入したものと解釈しました(Tosaki *et al.*, 2017; 塚本ほか, 2017)。現在確認されるこのような塩水の分布は、氷期(海退期)の天水による塩水の洗い出しと間氷期(海進期)の海水侵入によって形成されたものと考えられますが、具体的なプロセスの解明が課題となっています。

そこで、沿岸域の地下水研究が盛んな機関の 1 つである Flinders 大学を訪問し、同位体水文学的手法と水理学的手法の両方の側面から、沿岸域における超長期の塩水と淡水の移動・混合過程に対して新たなアプローチを探れないかと考えました。



写真 1 Flinders 大学構内の様子。

1) 産総研 地質調査総合センター活断層・火山研究部門

キーワード：廣川研究助成事業、沿岸域、地下水流動、塩水、淡水

### 3. 訪問の内容

アデレードは、西側の St. Vincent 湾と東側の Mt. Lofty 山脈に挟まれ、海岸から丘陵部にかけて広がる海岸平野に位置する都市です。Flinders 大学は市の中心部から車で 20–30 分程度の郊外に立地しており、都市部や沿岸部を見渡すことのできる自然豊かな丘の上に広大なキャンパスが広がっています(写真 1)。訪問した 10 月後半の気候は、日本の初夏のような陽気で日中は 25°C を超える日もありましたが、朝晩は 10°C 以下となり 1 日の気温差が大きく感じました。

初日の 23 日には、まず今回の訪問を受け入れていただいた Andrew Love 准教授の研究室を訪ねました。Love 准教授は、これまでに大鑽井盆地など大規模な帯水層における数十万年オーダーの地下水年代測定を実施しているほか (Love *et al.*, 2000)、オーストラリア南部沿岸の地下水流動系と海水準変動との関係 (Love *et al.*, 1994) などの課題にも取り組んでいます。筆者は、筑波大学在籍時に Love 准教授との共同研究に参加したことがありますが、それ以降に筆者が公表した論文の概要や、産総研において現在取り組んでいる研究内容について紹介しました。また、この日は Adrian Werner 教授の研究グループのセミナーを聴講する機会もありました。Werner 教授は、主に水資源管理の観点から塩水侵入プロセスなどを含む沿岸域の地下水研究に取り組んでいます (Werner *et al.*, 2013)。Werner 教授は不在でしたが、海岸の湧水、海底地下水湧出、塩水侵入など、沿岸域での水や物質の動態をテーマとしている学生が多く、アデレード近郊の沿岸部がそのフィールドとしても恵まれている印象を持ちました。

24 日には、Adrian Costar 氏 (Senior Hydrogeologist at the Department of Environment, Water and Natural Resources, Government of South Australia) を交えて、Love 准教授らと進めている州政府の研究プロジェクトについてのミーティングに参加する機会がありました。このプロジェクトは、州北部の APY Lands と呼ばれる先住民居住地域における地下水資源の調査に関するものでしたが、地下水涵養が非常に少ない乾燥地における地下水流動系の把握について、シミュレーション・採水調査の両面からの議論がありました。訪問の主目的のテーマとは別になりますが、乾燥地における涵養域・流出域の把握に関して、筆者も若い地下水の年代トレーサーの面から手法の提案を行い、個別テーマとしての共同研究の実施可能性について検討しました。

25 日には、Love 准教授と Costar 氏の案内で、アデレード地域の地下水の主要な涵養域となっている Mt. Lofty 山脈や、地下水の流出域である海岸部の湧水を見学しました。沿岸部では、地名に spring と付く場所が周囲よりも湿地性で植生が集中している様子や、塩分濃度の低い水が海岸で湧出している様子が確認できました。また、移動中には河川をいくつか目にしましたが、恒常河川はほとんどないということでした。

26 日には、臨時のセミナーの機会を設けていただきました(写真 2)。ここでは、広島平野沿岸域と上北平野における地下水の同位体水文学的データを紹介し、気候変動に伴う海水準変動を踏まえた地下水流動系変化の解釈について説明しました。広島平野沿岸域の事例 (Tosaki *et al.*, 2017) では、比較的若い塩水の指標として  $^{36}\text{Cl}$  を用いていますが、一般的な利用法(古い地下水の年代測定)と



写真 2 セミナー会場の様子。(写真提供：Fiona Adamson 氏)



写真3 大学内に設置されている National Centre for Groundwater Research and Training の前にて。  
(左から Love 准教授, 筆者, Adrian Costar 氏, Yueqing Xie 博士) (写真提供: Fiona Adamson 氏)

は異なることもあり、原理や前提条件に関する質問が主体でした。セミナー後には Werner 教授と議論する機会があり、長期間の地下水流動のモデリングには、地形の変遷を適切に組み込む必要があり非常に難しいとのコメントがありました。一方で、過去に遡る同位体的手法と、現在や将来のスナップショットを見ることのできる水理学的手法は併せて行うべきとの指摘もあり、シミュレーションが専門のポスドクの方とも必要となるデータの入手可能性などについて話しました。また、上北平野の事例では、非常に古い塩水が残留しているものと解釈していますが、Love 准教授からは別の年代トレーサーの適用について提案があり、共同研究としての実現可能性も含めて議論しました。

最終日の 27 日には、水文学関係の輪読会に参加する機会がありました。不飽和帯の水移動に関する土壌物理学的な内容でしたが、学生だけでなく教員や名誉教授の先生も含めて全員が理解できるまで議論していたのが印象的でした。また、前日のセミナーでの発表内容について学生やポスドクの方と補足的な議論を行ったほか、以前に Love 准教授らと実施した共同研究の論文執筆状況についても打ち合わせを行いました。

#### 4. おわりに

今回の訪問では、多くの研究者と議論する機会が得られ(写真 3, 写真 4)、沿岸域の地下水に限らず幅広く今後の



写真4 見学に出た沿岸部にて。(左から筆者, Love 准教授)

研究の可能性を探ることができました。また、将来的な在外研究の受け入れ可能性についても、Love 准教授から前向きな返事とアドバイスをいただきました。今後の研究活動を進める中で、今回の訪問で得たつながりやアイデアを活かしていきたいと思います。

**謝辞:** 今回の訪問では、事前の相談から滞在期間中のスケジュールリングまで、Andrew Love 准教授に大変お世話になりました。また、今回の地質調査総合センターの廣川研究助成事業により実現することができました。関係者の皆様に御礼申し上げます。

## 文 献

- Love, A.J., Herczeg, A.L., Leaney, F.W., Stadter, M.F., Dighton, J.C. and Armstrong, D. (1994) Groundwater residence time and palaeohydrology in the Otway Basin, South Australia:  $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$  and  $^{14}\text{C}$  data. *J. Hydrol.*, **153**, 157–187.
- Love, A.J., Herczeg, A.L., Sampson, L., Cresswell, R.G. and Fifield, L.K. (2000) Sources of chloride and implications for  $^{36}\text{Cl}$  dating of old groundwater, southwestern Great Artesian Basin, Australia. *Water Resour. Res.*, **36**, 1561–1574.
- Tosaki, Y., Morikawa, N., Kazahaya, K., Tsukamoto, H., Togo, Y.S., Sato, T., Takahashi, H.A., Takahashi, M. and Inamura, A. (2017) Deep incursion of seawater into the Hiroshima Granites during the Holocene transgression: Evidence from  $^{36}\text{Cl}$  age of saline groundwater in the Hiroshima area, Japan. *Geochem. J.*, **51**, 263–275.
- 塚本 齊・伊藤一誠・森川徳敏・風早康平・戸崎裕貴・竹田幹郎 (2017) 放射性廃棄物の埋設処分に係る安全規制支援研究—地層処分と中深度処分—. 日本水文科学会誌, **47**, 163–169.
- Werner, A.D., Bakker, M., Post, V.E.A., Vandenbohede, A., Lu, C., Ataie-Ashtiani, B., Simmons, C.T. and Barry, D.A. (2013) Seawater intrusion processes, investigation and management: Recent advances and future challenges. *Adv. Water Resour.*, **51**, 3–26.
- 
- TOSAKI Yuki (2018) Report of the Hirokawa Research Fund in the 2017 fiscal year: a visit for future collaborative research on the long-term mixing processes between saline and fresh waters in coastal aquifers.
- 

(受付：2018年7月4日)