

マーシャル諸島共和国マジュロ環礁における淡水レンズ地下水中のフロン類、
六フッ化硫黄ならびに主要イオン組成の分布
CFCs, SF₆ and major ion composition of groundwater in a freshwater lens,
Majuro Atoll, Republic of the Marshall Islands

○吉本周平*・石田聡*・小林勤**・幸田和久**・土原健雄*・白旗克志*

YOSHIMOTO Shuhei, ISHIDA Satoshi, KOBAYASHI Tsutomu, KODA Kazuhisa,
TSUCHIHARA Takeo, and SHIRAHATA Katsushi

1. はじめに

離島では地形上の制約により水資源に限られることから、極端な気象現象に伴う降水量の減少に対して脆弱である。表層地質が炭酸塩堆積物からなる小島嶼では、しばしば帯水層中で海水に浮かんで存在する淡水（淡水レンズ）が存在し、貴重な水源となっている。これらは、過剰揚水による塩水侵入や地上での人間活動による水質汚染に対して脆弱であり、対策のためには淡水の賦存状況だけでなく地下水流動の状況も把握する必要がある。本研究では、太平洋の環礁島を対象に、地下水中に溶存する微量ガスと主要イオンを指標として、淡水レンズ中の地下水流動状況を検討した。

2. 研究方法

マーシャル諸島共和国マジュロ環礁の西端にあるローラ地区を調査対象とした。地区は島状で、南北約 4 km、東西約 1 km、海拔標高は最大で約 4 m である。地層は上位から完新世の炭酸塩堆積物と更新世の炭酸塩岩からなる。完新世の堆積物層は、よく淘汰された有孔虫砂からなる上位層と、シルトを含み透水性が比較的低い下位層に区分される (Anthony et al., 1989)。

ローラ地区では電気伝導度 200 mS m⁻¹ 未満の淡水が上位層中にレンズ状に存在しているが、過去の過剰揚水によるとみられるアップコーニングが依然として中央部に残っている (石田ら, 2010)。

調査は 2011–2013 年の 10 月に実施し、米国地質調査所 (USGS) が設置した打ち込み鋼管の観測孔 (深さ約 2–18 m) と浅井戸 (住民用および水道水源) で採水した。六フッ化硫黄 (SF₆) およびフロン類 (CFCs) の溶存濃度については、観測孔からチューブポンプを用いて大気に触れないように採取したサンプルを持ち帰り、浅井・辻村 (2010) の方法に従って分析した。主要イオン濃度は、イオンクロマトグラフ法 (東亜ディーケーケー製 ICA-2000 ; HCO₃⁻のみ滴定法) で測定した。

3. 結果と考察

ローラ地区中央部における地下水試料中の SF₆ 濃度の断面分布 (図 1) によると、深度方向だけでなく周縁部ほど濃度が低く、相対的に涵養年代の古い地下水であることを示している。この傾向は、例えば砂質帯水層であるドイツの島の事例 (Röper et al., 2012) とは類似しているが、石灰岩帯水層である多良間島では周縁部ほど涵養年代が新しく (吉本ら, 2016) 本事例と傾向が異なる。

過去の大気中の SF₆ 濃度との比較によって涵養年代の推定が可能であり、北米大気を参照すればみかけの滞留時間は最大で約 24 年である (図 2)。SF₆ と CFCs の大小関係は整合的だが、二成分混合線を外れて CFCs が低く (図 3)、CFCs の分解や大気中濃度の差異などの影響が考えられる。

観測孔の試料には、Mg/Ca 当量比が海水との混合線よりも大きいものがみられ (図 4)、SF₆ 濃度が低い古い地下水で Mg/Ca 比が大きい傾向がある (図 5)。Mg/Ca 比が大きいことから、帯水層の炭酸塩鉱物と地下水との長期の接触に伴う陽イオン交換が示唆される。このことは、SF₆ から推定される涵養年代が古いことと整合的である。

* 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

** 国立研究開発法人国際農林水産業研究センター Japan International Research Center for Agricultural Sciences
キーワード：地下水、年代推定、炭酸塩帯水層、離島、水資源

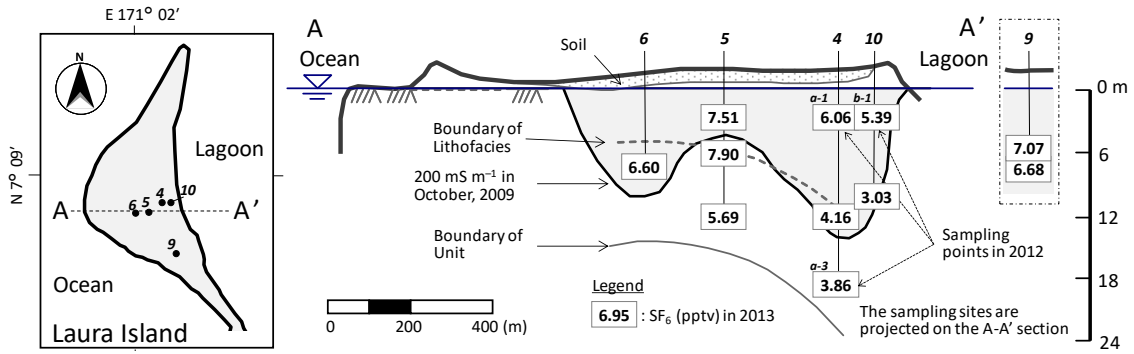


図 1 : ローラ地区の中央部東西断面における地下水試料中の六フッ化硫黄 (SF₆) 濃度の分布
Cross-sectional distribution of SF₆ concentration of the groundwater samples in the central part of Laura Island

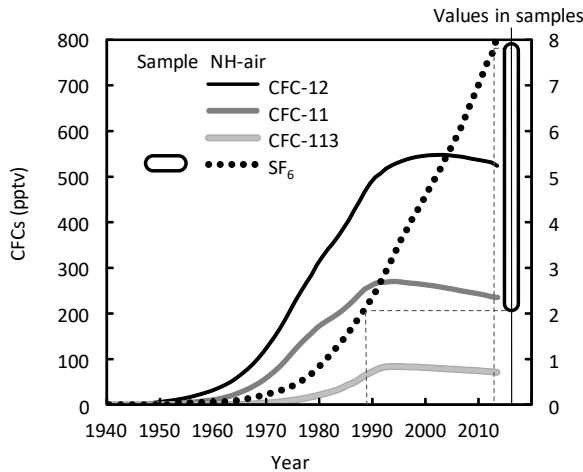


図 2 : 試料中の SF₆ 濃度と北米大気中濃度の比較
SF₆ in the samples comparing with those in the NA air

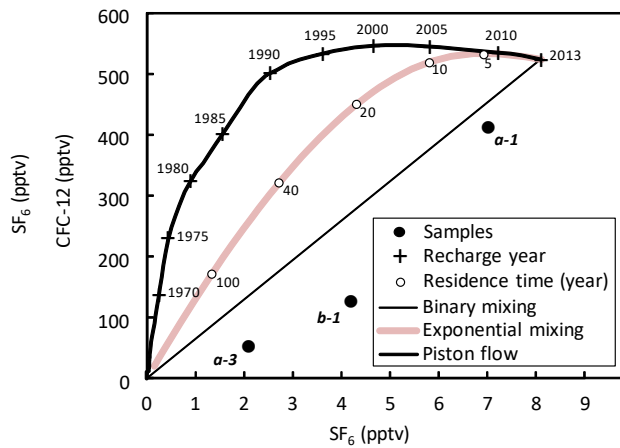


図 3 : 試料中の SF₆, CFC-12 濃度と混合モデルとの対比
SF₆ and CFC-12 in the sample comparing with mixing models

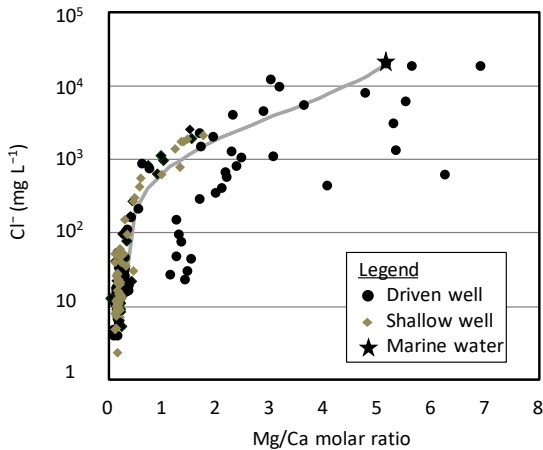


図 4 : 試料中の Mg/Ca 当量比と Cl⁻濃度の関係
Relationship between Mg/Ca molar ratio and Cl⁻ concentration

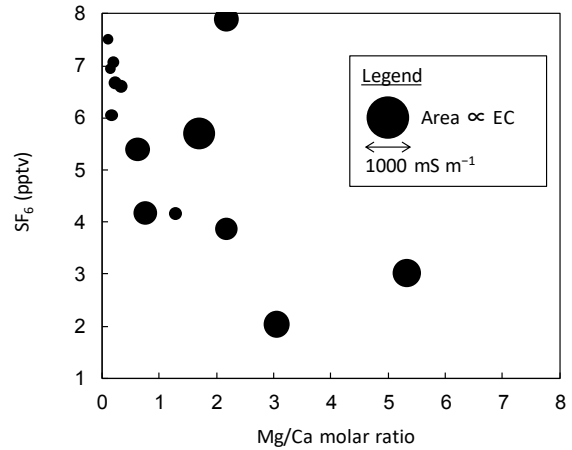


図 5 : 試料中の Mg/Ca 当量比と SF₆ 濃度, EC の関係
Relationship between Mg/Ca ratio, SF₆ concentration and EC

4. おわりに

淡水レンズ中の地下水流動を理解するためには、今後、他の水質指標や水理学的なモデル計算を含めて多角的に検討していくことが必要である。

謝辞 本研究は国際農林水産業研究センターとの共同研究の成果である。本研究の一部は科学研究費補助金（助成番号 21580303, 24580362, 24780238）の支援を受けた。また、国際農林水産業研究センターおよびマーシャル諸島共和国環境保全局の各位から協力を受けた。記して感謝申し上げる。

引用文献 1) Anthony et al. (1989) : *Geol. Soc. Am. Bull.*, **101**, 1066–1075, 2) 石田ら (2010) : 地盤工学会誌, **58**(5), 22–25, 3) 浅井・辻村 (2010) : 日本水文科学会誌, **39**(3), 67–78, 4) Röper et al. (2012) : *J. Hydrol.*, **454–555**, 173–186, 5) 吉本ら (2016) : 農業農村工学会論文集, **302**, I_159–I_174