

省力的な採水法による 六フッ化硫黄を指標とした地下水の年代測定



井戸用採水器を用い採水時間を短縮した六フッ化硫黄を指標とした地下水の年代推定法です。ポンプを使用しないため調査機材が簡素化・軽量化され、採水時間の短縮に加え、調査者の作業労力軽減、調査能率の向上に有効です。

-
- はじめに
 - 井戸用採水器を用いた採水法
 - 大気との接触の影響
 - 従来法との比較
 - 準備する調査用具
 - より効率的な調査のために
 - 気泡混入を抑えるために
 - 参考文献
-

はじめに

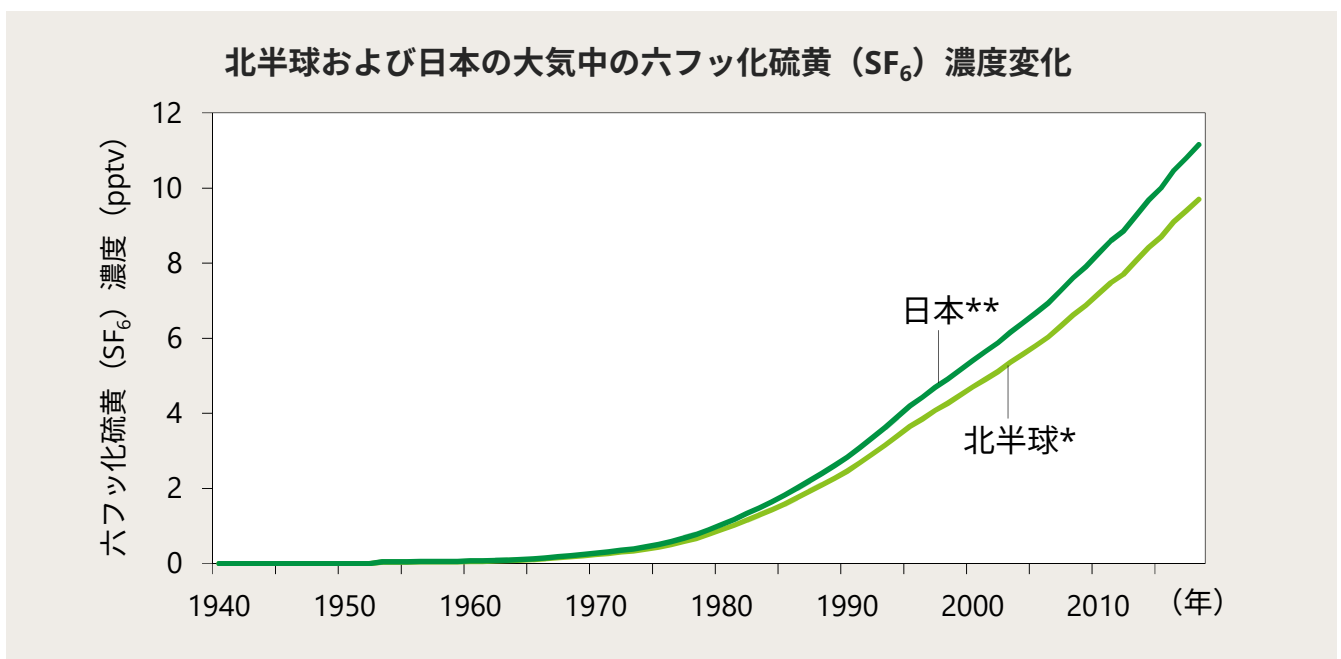
地下水の流れや賦存状況を正確に知るには、地下水がどこで涵養され、どこを流れて湧き出すかといった「場所」の情報だけでなく、いつ涵養され、どれぐらいの時間をかけて流れてきたかといった「時間」の情報も重要です。

日本の国土の70%以上を占める山地や丘陵地、浅層地下水の利用が多い農業地域では、比較的滞留時間の短い地下水が流れています。そのような場合、年代推定には**六フッ化硫黄 (SF₆)** が有効です。

SF₆を用いた地下水年代推定は、大気中のSF₆濃度が1970年代から単調増加している（現在よりも過去の大気中のSF₆濃度が低い）という特徴（下図）を利用します。つまり、**過去に涵養された地下水に取り込まれた当時のSF₆の濃度と大気中濃度の履歴を比較**することで、その地下水がいつ涵養されたのか、その滞留時間の長さを推定することができます。

大気中のSF₆濃度履歴を利用するため、採水時に大気から試料水へのSF₆の溶解が生じないように、ポンプ等を用いて大気と試料水を触れさせない採水方法が一般的です。しかし、そうした制約による時間と労力を削減できれば、調査の効率が向上します。

ここでは、井戸用採水器を用いることにより**採水時間の短縮、調査機材の簡素化・軽量化**が可能な地下水の年代推定法を紹介します。この方法で、効率的な調査の実施、調査者の作業労力軽減が期待できます。



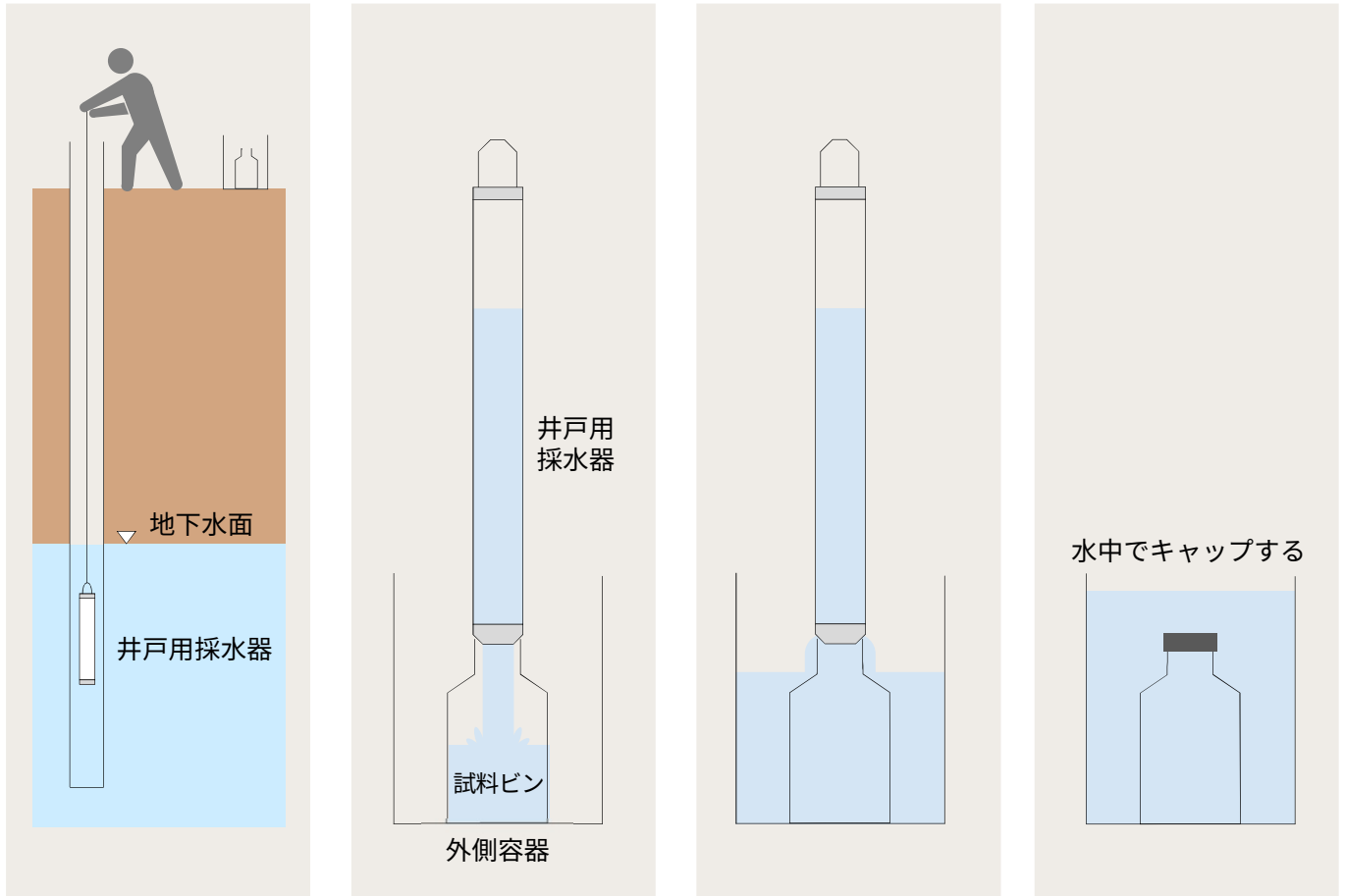
* 北半球：米国海洋大気庁（NOAA）を中心とした複数の研究機関によって求められた北半球の平均値

**日 本：都市域から離れた中部山岳地方の大気濃度を北半球平均値の1.15倍として算出（浅井ら、2017）

※ 地下水の年代推定調査を実施する際には、調査地で採取した大気中の六フッ化硫黄濃度を測定することで北半球平均値からの超過率を求め、調査地の大気濃度を補正する必要があります。

井戸用採水器を用いた採水法

一般的な井戸用採水器を用いて地下水を採取する方法です。井戸や観測孔の径に合わせて採水器を選択し、以下の手順で採水を行います。



① 採水

目盛り付き採水ロープで井戸用採水器を下ろし、地下水を採取します。

② 注水

外側容器（ステンレスバケツ等）内に置いた試料ビンへ、採取した地下水を注水します。

③ 採水&注水

採水・注水を繰り返し、試料ビンから地下水をあふれさせ、外側容器を満たします。

④ フタ取付

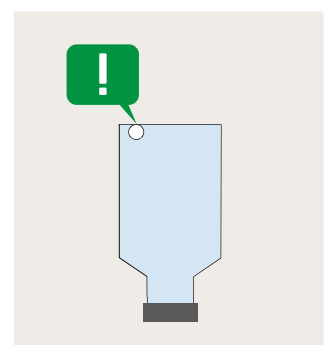
気泡が試料ビン中やフタの内側に残らないように注意し、水中で試料ビンにフタをします。

⑤ 気泡の有無の確認

試料採取後、フタをしっかりと締め、試料ビン内に気泡が入っていないことを確認します。気泡が残っている場合は、採水をやり直します。

試料ビン中に気泡が残ると・・・

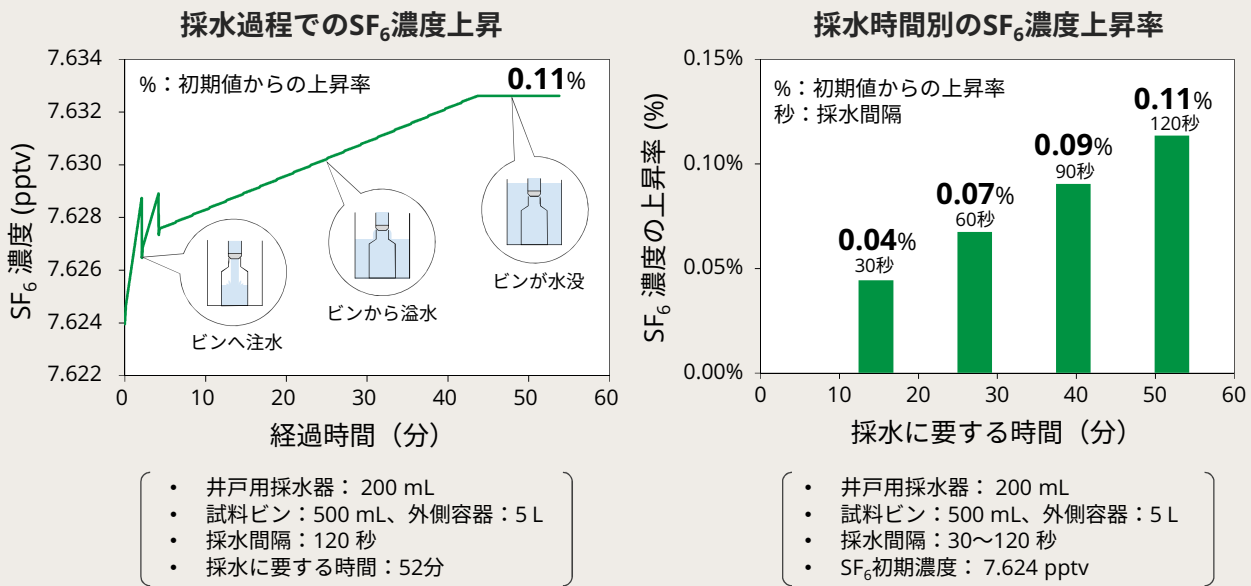
分析までの保管中に、気泡中の六フッ化硫黄が試料水に溶解してしまうため、試料水の六フッ化硫黄濃度が過大に測定されてしまいます。



大気との接触の影響

井戸用採水器では、構造上、地下水試料が大気に接触します。しかし、大気（気相）から地下水試料（液相）への六フッ化硫黄（SF₆）の溶解過程のモデル計算（下図）によれば、採水過程で地下水試料が大気に接触した場合でも試料中のSF₆濃度上昇は1%未満であり、SF₆の分析誤差3%の範囲内です。（本資料中の地下水中のSF₆濃度は空気中の濃度に換算した値を示しています。）

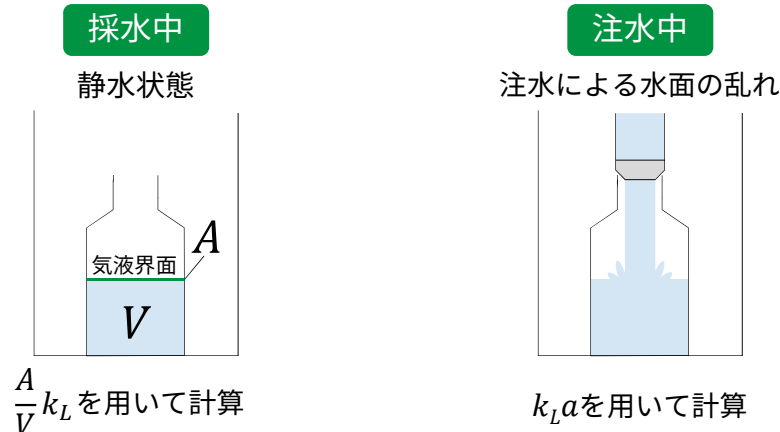
井戸用採水器による採水過程で大気と接触した地下水のSF₆濃度上昇



(参考) 気相から液相へのガス吸収を表す式

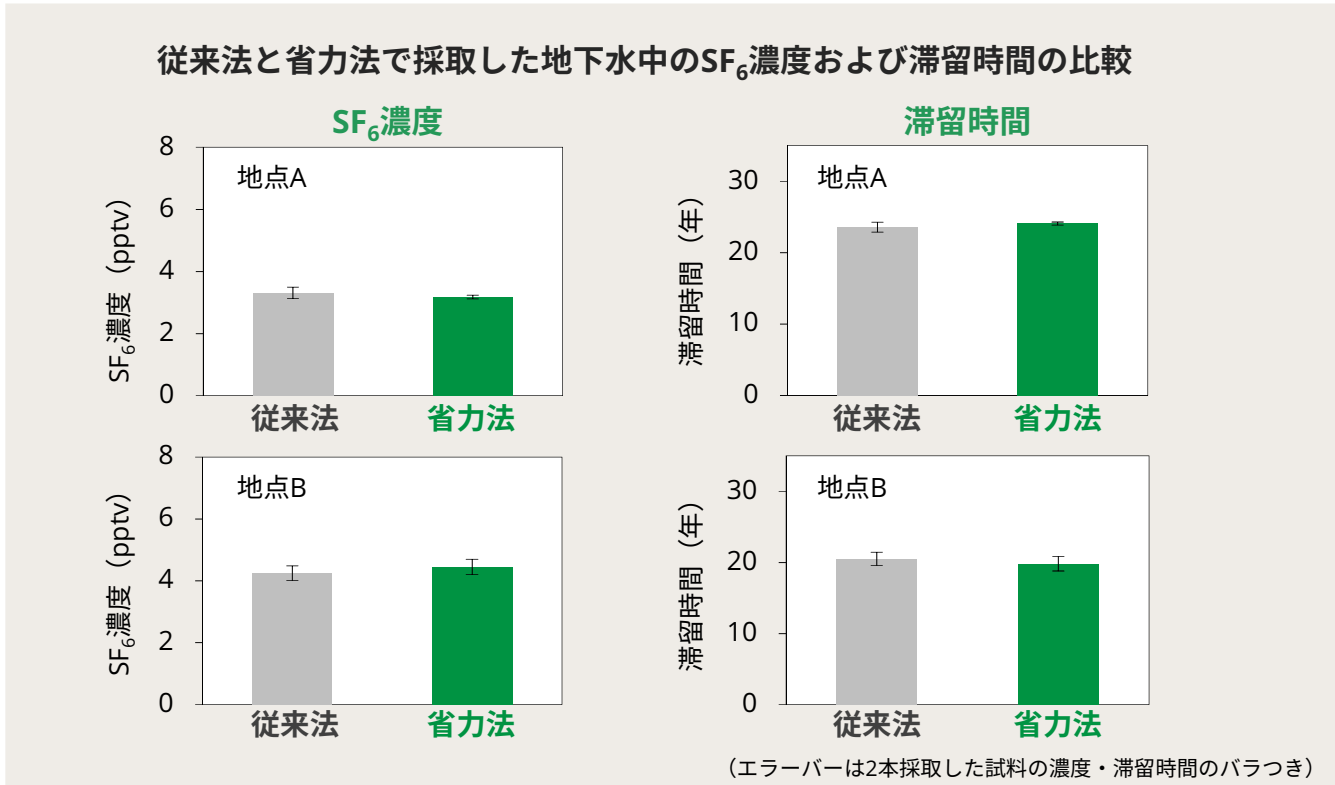
$$\frac{dc}{dt} = \frac{A}{V} k_L (c^{eq} - c) = k_L a (c^{eq} - c)$$

Vは液相の体積、Aは液相と気相の界面の面積、c、c^{eq}はそれぞれ液相でのガス濃度、気相と平衡となる液相のガス濃度、k_Lは液相物質移動係数、aは液相の体積に対する気液界面の面積の比 (A/V) である。気液界面が乱れてaを求めることが困難な場合、k_Laを一つの変数として液側物質移動容量係数で表現する。詳細は土原ら (2018) を参照のこと。

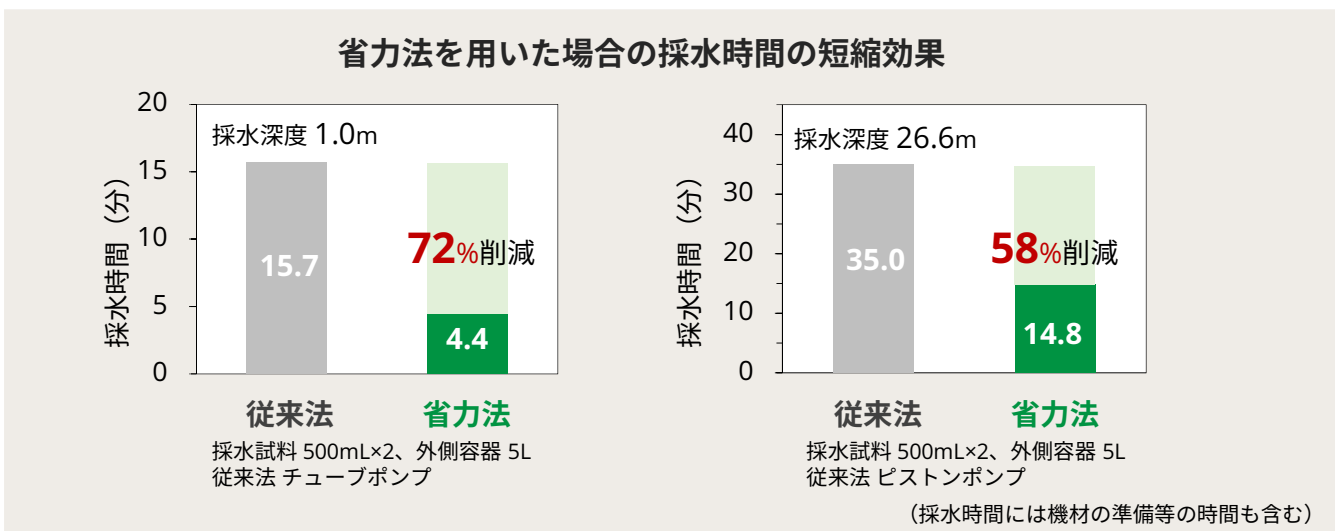


従来法との比較

大気と接触させずに採取する採水法（従来法）と井戸用採水器を用いた採水法（省力法）で得られた結果には差がなく、SF₆を用いた地下水の年代推定に省力法を適用できることがわかります。



従来法と省力法のSF₆濃度の差は両者の平均値に対して約2%であり、この差は見かけの滞留時間で0.5年程度です。省力法の採水過程で試料水が大気へ接触したとしても、**大気中のSF₆の試料水への溶解の影響は極めて小さい**といえます。



機材や採水深度にもよりますが、省力法を用いることで機材の準備を含めた**採水に要する時間を短縮できます**。また、省力法では、ポンプの揚程に伴う採水深度の制限がなくなるだけでなく、重い機材を自動車で運搬する必要がなくなるため、調査者の作業労力軽減や調査能率の向上も図れます。

準備する調査用具

井戸用採水器、目盛り付き採水ロープ、2組のガラスビン（500 mL）およびパッキン付き穴あきキャップ、ステンレスバケツ（5 L）を使用します。



井戸用採水器



採水ロープ



試料ビン・キャップ



ステンレスバケツ

容量 5 L

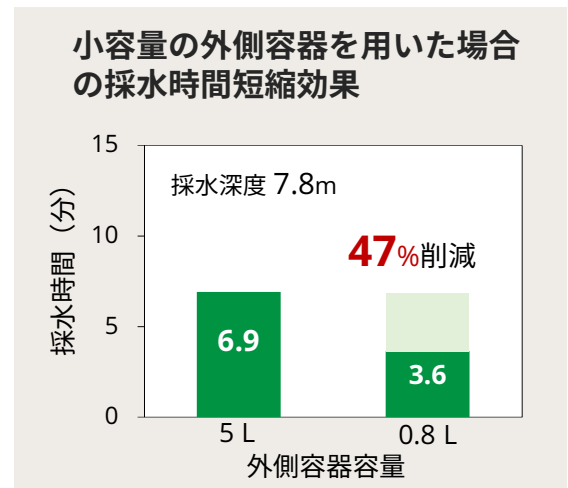
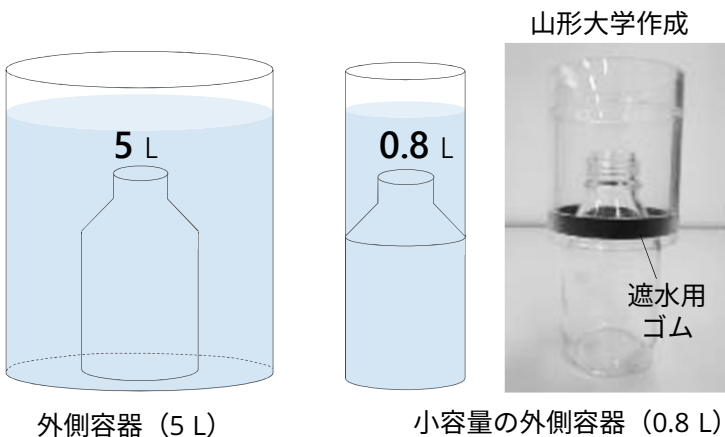
外側容器

本資料の測定に使用した採水用具および試料ビン

井戸用採水器	IS-200, 400（東京硝子器械）（200, 400 mL）
試料ビン	ねじ口ビン（DURAN）（500 mL）
キャップ	穴あきキャップGL-45用およびパッキン
外側容器	ラボペール（ステンレス製）（5 L）

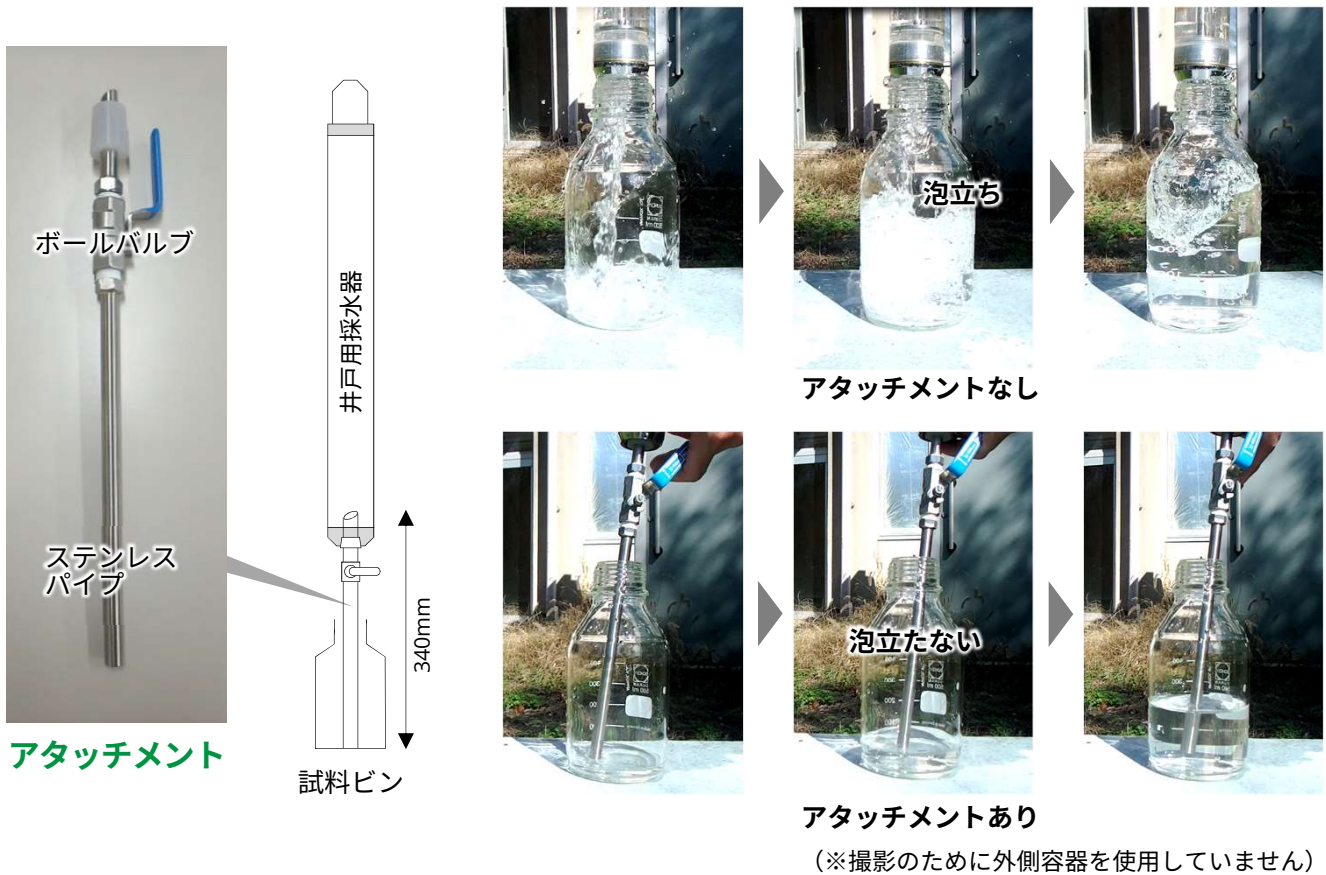
より効率的な調査のために

水中で試料ビンにキャップするために使用する外側容器の容量を小さくすることで、採取する地下水の容量を減らし、採水に必要な時間をさらに短縮することが可能です。



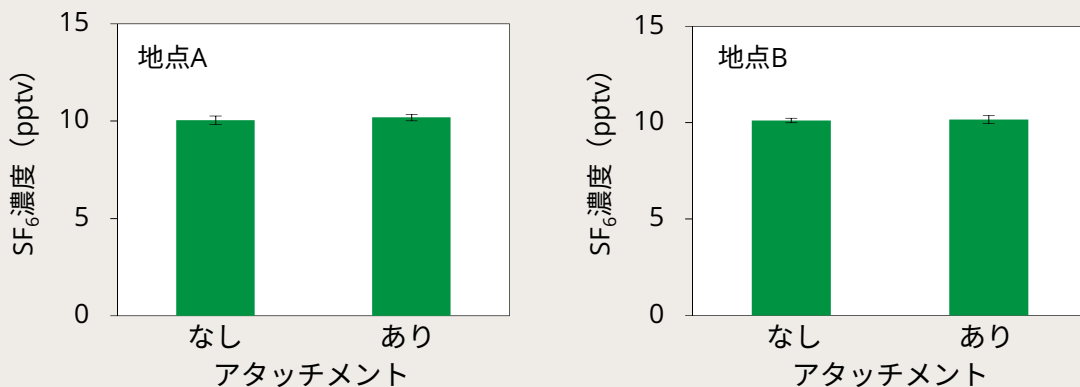
気泡混入を抑えるために

井戸用採水器から試料ビンへ注水する際、試料水が泡立ち、気泡が試料ビン内壁に残存する場合があります。下図のようなステンレスパイプで作成したアタッチメントを井戸用採水器の注水口に接続することで、試料水をゆっくりと試料ビン内へ注げるようになるため、気泡の発生を抑えることができます。



ただし、アタッチメントを使用する場合、試料ビンへゆっくりと注水するため、採水にかかる時間は増加します。アタッチメントを使用しなくても、採水時に試料ビン内に気泡が残らないよう十分に注意するのであれば、使用した場合と同じ結果が得られます。

井戸用採水器用のアタッチメント有無による地下水中のSF₆濃度の違い



(エラーバーは2本採取した試料の濃度のバラつき)

引用文献

土原健雄、奥山武彦、石田 聡、白旗克志（2018）：採水方法が地下水の六フッ化硫黄濃度・地下水年代推定に及ぼす影響、地下水学会誌、60(1)、pp.41-52.

浅井和由、辻村真貴、茂木勝郎（2017）：日本の都市域周辺における大気SF₆濃度の分布－SF₆地下水年代推定への影響－、地下水学会誌、59(4)、pp.345-354.

本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「極端現象の増加に係る農業水資源、土地資源及び森林の脆弱性の影響評価」、JSPS 科研費25892030の支援を受けて実施されました。また、本資料で示した小容量の外側容器は山形大学農学部・奥山教授に製作いただきました。ここに記して感謝の意を表します。

2019年

「省力的な採水法による六フッ化硫黄を指標とした地下水の年代測定」

執筆者 土原健雄、吉本周平、白旗克志、石田 聡、中里裕臣

発行者 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

本資料は、「私的使用」または「引用」など著作権法上認められた場合を除き、無断で転載、複製、販売などの利用はできません。本資料に関するお問い合わせは、以下の連絡先をお願いします。

◎問い合わせ先

農研機構HP／お問合せ／農研機構本部メールフォームでのお問合せ（技術についてのお問い合わせ）

URL：<https://pursue.dc.affrc.go.jp/form/fm/naro001/tech>

お問合せの際には「お問合せ内容」に問い合わせ内容を記載の上、以下を追記してください。

研究成果名：「省力的な採水法による六フッ化硫黄を指標とした地下水の年代測定」技術資料

研究担当者：農村工学研究部門 土原 健雄