

P47. 大深度・原位置の物理化学状態の採取に対応した 電動駆動タイマー式地下水採水装置の開発

A Novel System with Electrical-Timer Valve for In-Situ Sampling and Physicochemical Assessment of Deep Groundwater

○吉岡正光 (サンコーコンサルタント株式会社), 丸井敦尚, 井川怜欧, 町田功 (産業技術総合研究所)
越谷賢, 萩原育夫 (サンコーコンサルタント株式会社), 海老博 (有限会社 秋栄製作所)

○Masamitsu Yoshioka (Suncoh Consultants Co., Ltd.), Atsunao Marui, Reo Ikawa, Isao Machida (GSJ, AIST)
Masaru Koshigai, Ikuo Hagiwara (Suncoh Consultants Co., Ltd.), Hiroshi Ebi (Shuei-Factory Co., Ltd.)

1. はじめに

地下に賦存する地下水や溶存ガスの性状は物理化学条件によって変化する。そのため、実情に即した地下水や溶存ガスの性状の把握には、ボーリング孔等から可能な限り原位置の物理化学状態を保持した試料を採取する必要がある。これまでに大深度・原位置の物理化学状態を保持した試料を採取する採水装置がいくつか開発されてきた¹⁾²⁾。ただし、対象以外の地下水・溶存ガスの混入、大規模・複雑な構成・操作、十分な試料量を確保するにはコストが増加する等の課題が挙げられた。そこで、我々は連結可能な採水容器とその上下位に接続される電動駆動のタイマー式開閉弁を有するバルブユニットから構成される採水装置を開発した(特許出願中)。本報では開発した地下水採水装置の概要と、深度 500m を超える大深度ボーリング孔における適用事例を紹介する。

2. 採水装置の概要

採水装置は、手動の開閉弁を有し複数連結することが可能な採水容器 (514cc) と、採水容器の上下位に接続する電動駆動のタイマー式開閉弁を有するバルブユニットで構成される(図-1)。バルブユニットは、制御信号を伝送するためのケーブル等を用いずに、それぞれが独立して稼動する。試料を取り込む採水孔は、バルブユニットの側面に設けられており、バルブユニットの軸方向に対して水平方向に回転する構造である。バルブユニットのタイマーは開放と閉鎖の各作動時間

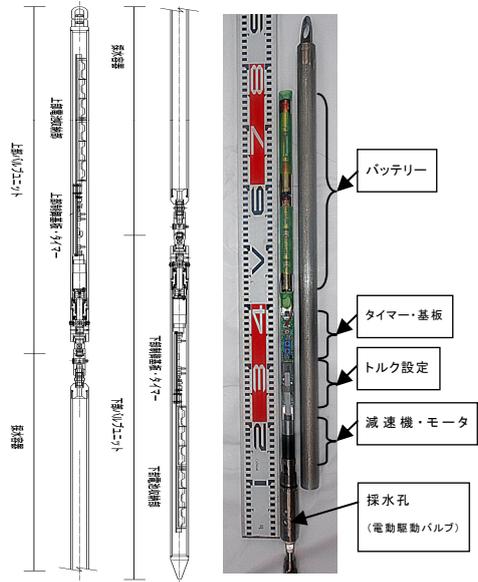


図-1 装置の概要(左)とバルブユニット(右)

を設定できる。基板にはバルブの開閉した時間を記録する機能がプログラムされており、作業プロセスとバルブの時刻歴から採水の品質を担保する仕組みである。

3. 採水手順

本報による採水手順を図-2 および以下に示す。採水装置の操作は採水容器の手動開閉弁とバルブユニットのタイマーの設定のみで、装置の昇降に専用ウィンチ等を必要としない。また、上下位のバルブユニットは時間差をつけて作動させ、採水容器内の空気を排除しつつ、容器内に試料を採取する手順とした。

- 【1】バルブユニットの開放・閉鎖時刻を設定
- 【2】採水容器の上下位に閉鎖したバルブユニットを接続後、対象深度まで採水装置を降下
- 【3】下位バルブユニット開放
- 【4】上位バルブユニット開放
- 【5】下位バルブユニット閉鎖
- 【6】上位バルブユニット閉鎖
- 【7】採水装置を地上に回収
- 【8】地上にて採水容器上下端のバルブを閉鎖
- 【9】採水容器と上下位のバルブユニットを切り離す
- 【10】バルブユニットの作動時刻・作動状況を確認

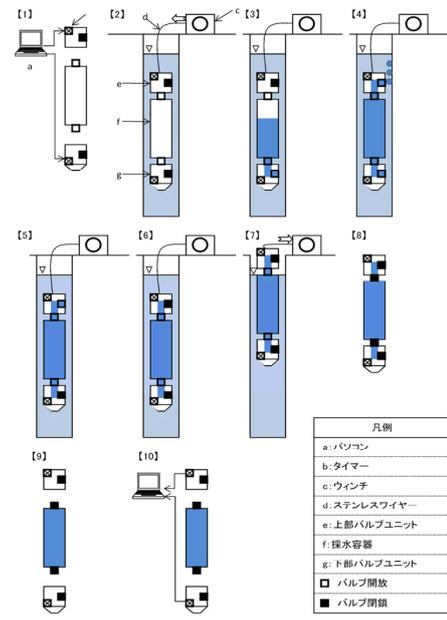


図-2 採水手順の概念図

4. 大深度ボーリング孔における採水装置の適用例

(1) 試験孔の概要および採水状況

試験孔は、深度 1,203m であり、ジェットパーフォーレーションによって計 7 深度に 1m 長のスクリーン区間が設けられている³⁾ (図-3)。採水は、それらのうち深度 943m で実施した。当該深度では、事前にダブルパッカー・揚水ポンプを用いた約 7 日間の連続揚水を行っており、掘削水の影響の少ない地下水が揚水されることを、掘削水に添加した蛍光染料の濃度と地下水の地化学パラメータの経時変化から確認した。

採水装置は、採水容器を 3 つ連結し、その上位と下位にバルブユニットを接続した編成とした。バルブユニットのタイマーは、作動開始 30 分後に開放し、作動開始 40 分後に閉鎖するとともに、下位バルブユニットの作動 25 秒後に上位バルブユニットが作動するように設定した。採水装置を深度 943m に設置するのに要した時間は、バルブユニットのタイマー設定・組立および採水容器への接続などの降下準備に 7 分、深度 943m までの降下に 17 分の計 24 分であった。

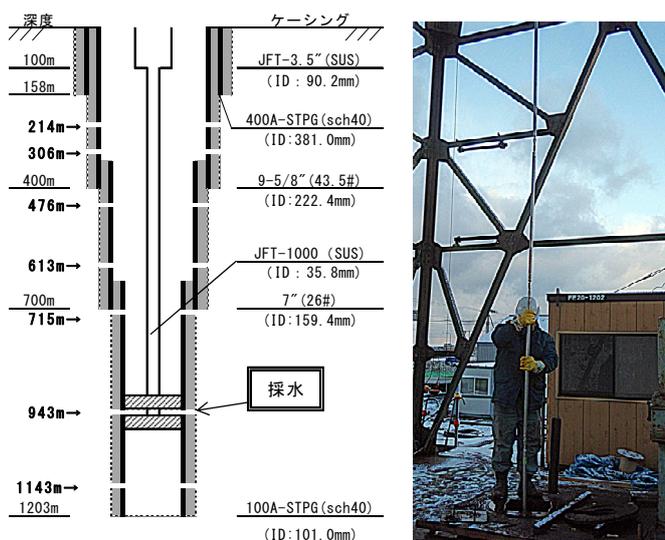


図-3 試験孔の概要および採水状況

(2) 採水装置および揚水ポンプによる溶存ガス組成の比較

採水装置および揚水ポンプによる試料中の溶存ガスの比較を表-1に示す。両者の溶存ガス組成は異なり、採水装置による試料では CH₄ が 23.6% 大きく、CO₂ が 20.4%、N₂ が 3.2%、O₂ が 0.05% 小さな値を示した。分析値は、空気の組成とは大きく異なっており、空気等が混入せずに採水装置によって採水対象の地下水が確実に採取できたと考えられる。

なお、採水装置と揚水ポンプによる溶存ガス組成の差異は、揚水ポンプのキャピテーションによって O₂ が上昇したこと、連続揚水の終了から採水装置による採水までに資機材の回収等で約 7 時間を要し試験孔内の溶存ガスが飽和したことなどの要因が推測される。

表-1 溶存ガスの分析結果

溶存ガス組成	943m	
	連続揚水	地下水採水装置
CH ₄ (%)	70.86	94.48
CO ₂ (%)	22.46	2.06
N ₂ (%)	5.86	2.68
O ₂ (%)	0.82	0.77

5. まとめ

対象以外の地下水・溶存ガスの混入を防ぎ、簡便な構成・操作で十分な試料量を確保しつつ、大深度・原位置の物理化学状態を保持したままの地下水試料を採取するため、手動の開閉弁を有し複数連結することが可能な採水容器と、採水容器の上下位に接続する電動駆動のタイマー式開閉弁を有するバルブユニットで構成される新たな採水装置を開発した。

開発した採水装置を大深度ボーリング孔の深度 943m において適用した結果、必要最小限の作業量で、対象以外の地下水・溶存ガスが混入せずに採水対象の試料を確実に採取できた。

本報の採水後に実施した深度 1,000m 以深における動作テストでは、バルブユニットの動作不良が認められた。これは、バルブ内外の差圧によって回転トルクが不足したためと考えられ、バルブユニットの必要回転トルクの低減措置を講じるとともに、高トルクモーターへの改良を行っている。

謝辞

本報告は、経済産業省資源エネルギー庁からの委託研究「沿岸域塩淡境界・断層評価技術高度化開発」の研究成果の一部である。本研究を行うにあたり、幌延町と日本原子力研究開発機構幌延深地層研究ユニットの関係各位にお世話になった。ガス組成の分析では、幌延地圏環境研究所の玉村修司氏にお世話になった。ここに記して謝意を表します。

文献

- 1) 中央開発株式会社 (2006) : 特開 2006-188857 号 地下水採水装置および地下水採水方法
- 2) 一般財団法人電力中央研究所 (2010) : 特開 2010-048021 号 地下水採水装置
- 3) 丸井敦尚・光畑裕司・町田 功・井川怜欧・横田俊之・上田 匠・越谷 賢・伊藤成輝・小原直樹・楠瀬勤一郎・古宇田亮一・吉澤拓也・西崎聖史・樽沢春菜・小野昌彦・森山哲郎 (2013) : 沿岸域塩淡境界・断層評価技術高度化開発平成 24 年度成果報告書, 521p, 産業技術総合研究所。