

図-2 開発した採水装置による採水手順

採水装置は、採水容器を3つ連結して、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、採水装置の降下から30分後に開放し、開放から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。タイマーの設定後に採水装置をワイヤーに連結して、ウィンチによって対象深度まで揚水管（最小内径35.8 mm）の内部を降下させた。

3.2 採水の結果

採水装置を深度943 m 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・組立及び採水容器への接続などの降下準備に10分、深度943 m までの降下に20分の計30分であった。また、装置の回収に要した時間は15分であった。回収された採水装置の開閉弁は閉鎖状態にあり、採水前後の採水容器の重量の測定結果から、採水容器は地下水で充満された状態であることが確

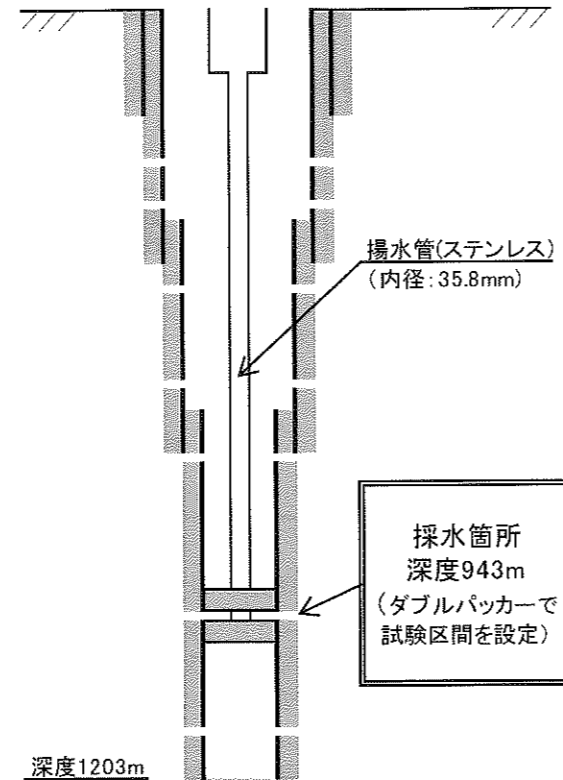


図-3 試験孔の概要

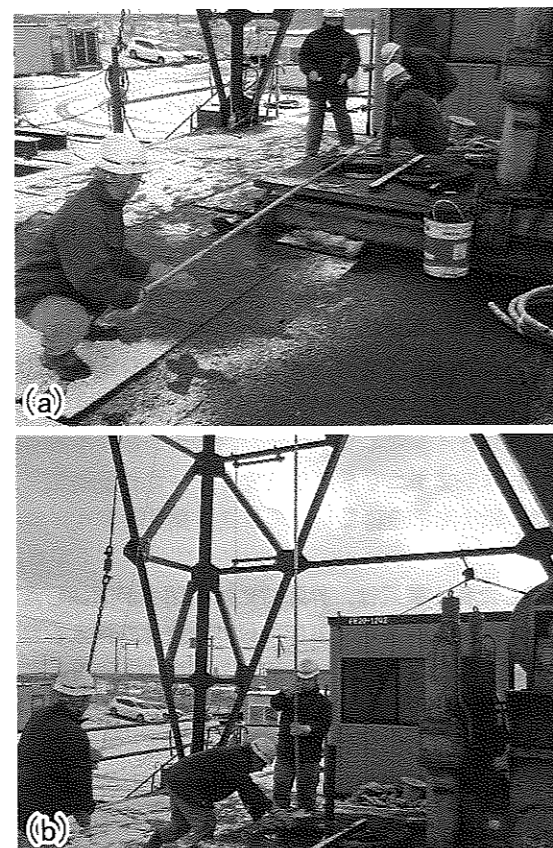


写真-2 開発した採水装置の組立(a), 挿入状況(b)

認された。

採水装置によって原位置で採取した試料（以下、原位置採取試料）と揚水ポンプで連続揚水して孔口で採取した試料（以下、孔口採取試料）のガスの組成を地球大気

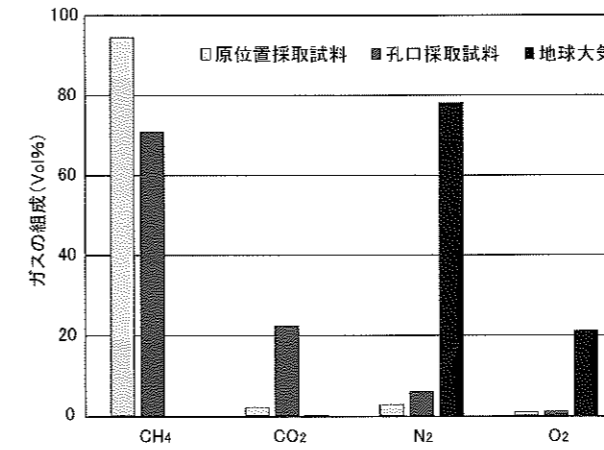


図-4 採取したガスと地球大気との比較

表-1 採取したガスの組成
(地球大気の組成は国立天文台⁶⁾による)

| | ガスの組成 (Vol%) | | | |
|---------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| | CH ₄ | CO ₂ | N ₂ | O ₂ |
| 原位置採取試料 | 94.48 | 2.06 | 2.68 | 0.77 |
| 孔口採取試料 | 70.86 | 22.46 | 5.86 | 0.82 |
| 地球大気 | — | 0.038 | 78 | 21 |

の組成とともに図-4、表-1に示す。原位置採取試料と孔口採取試料のガス組成は、両者ともにCH₄が大部分を占めた。また、原位置採取試料は、孔口採取試料と比較してCH₄が20%程度大きく、CO₂が20%程度、N₂が3%程度、O₂がわずかに小さな値を示した。

原位置採取試料と孔口採取試料の分析値の差異は、①採取箇所の物理化学条件が異なること、②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・撤去などで時間を要し試験孔内の条件が変化したこと、③孔口採取試料は溶存ガスを対象としたものであり遊離ガスと溶存ガスの組成が異なる^{例えは7)}こと、④採水容器からガスを抜き取る際に遊離ガスが優先的に排出された可能性があることなどの要因が推測される。

ただし、両者のガス組成は、地球大気の組成と大きく異なるものであった。そのため、採取した試料には大気などの混入がなく、採水装置によって対象箇所の地下水・ガス試料が確実に採取できたものと判断される。また、採水容器の内部に残存する気体などが採取した試料に混入する可能性はいくつか指摘されており、既存の採水装置においては採水容器の内部に不活性ガスを充填させるなどの処置が採られていた⁴⁾。開発した採水装置では上下のバルブユニットを時間差で作動させる採水方法を採用することで、不活性ガスなどを用いなくとも、採水容器の内部の気体を排除できることが確認された。

4. おわりに

本稿では開発した地下水採水装置・採水方法の概要と深度500 m を超える大深度ボーリング孔における適用事例を報告した。開発した採水装置とこれを用いた採水方法の特徴は次のとおりまとめられる。

- ①採水容器とそ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からなる。
 - ②開閉弁の制御信号などを伝送する資機材を必要とせず、採水装置と簡易な昇降機のみで採水を実施できる。
 - ③大深度、小さな孔径のボーリング孔などにおいても適用できる。
 - ④採水容器の交換や採水容器の連結も容易であるため、必要最小限の作業量で十分な量の試料を採取できる。
 - ⑤上下位の開閉弁を時間差で閉鎖できるため、容器内部の気体を排除し、原位置の試料を確実に採取できる。
- なお、同一の試験孔における深度1000 m 以深の作動試験では、バルブユニットの動作不良が認められた。今後は、採水装置の耐圧性能の向上や高温条件での適用性を検討していく予定である。

最後に、本稿は、経済産業省資源エネルギー庁からの委託研究「沿岸域塩淡水境界・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地層研究ユニットの関係各位にお世話になった。試料の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。

参考文献

- 1) 関東東北産業保安監督部：自然環境に由来する可燃性天然ガスの潜在的リスクについて、入手先〈<http://www.safety-kanto.meti.go.jp/kouzan/hoanjoho01.html>〉(参照2015.6.14)。
- 2) 後藤和幸・長谷川琢磨・中田弘太郎：小口径井戸に対応する被圧不活性採水器の開発、日本地下水学会2008年秋季講演会講演要旨, pp. 122~125, 2008。
- 3) 國丸貴則・平田洋一・小川 賢：原位置地下水の物理化学パラメータモニタリング装置および封圧採水の結果について、日本地下水学会2005年秋季講演会講演要旨, pp. 118~121, 2005。
- 4) 中央開発局：地下水採水装置および地下水採水方法、特開2006-188857号, 2006。
- 5) 丸井敦尚・光畑裕司・町田 功・井川怜欣・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：沿岸域塩淡水境界・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, 2013。
- 6) 国立天文台編：理科年表平成27年(机上版), 丸善出版, 1092p, 2014。
- 7) 須藤能光：日本における油田・ガス田塩水の地球化学的研究, 石油技術会誌, Vol. 32, No. 5, pp. 30~40, 1967。(原稿受理 2015.9.8)