

電動駆動タイマー式開閉弁を有する地下水採水装置とその原位置採水方法

Groundwater Sampler with Electrical-Timer Shut-Off Valve and Its In-Situ Sampling Methodology

吉岡正光 (よしおか まさみつ)

サンコーコンサルタント(株) 調査事業部

越谷賢 (こしがい まさる)

サンコーコンサルタント(株) 調査事業部

丸井敦尚 (まるい あつなお)

(国研) 産業技術総合研究所 総括研究主幹

萩原育夫 (はぎわら いくお)

サンコーコンサルタント(株) 調査事業部長

海老博 (えび ひろし)

(有)秋栄製作所

1. はじめに

地下空間の開発においては、安全性や経済性を確保するため、可能な限り地下の地質情報を把握しなければならない。地下に賦存する地下水やガスの性状は重要な地質情報の一つであり、場合によっては地下開発の進展を左右するものとなる。例えば、トンネルや下水道の施工中に地下に賦存する可燃性ガスによって爆発事故が発生した事例が報告され、可燃性ガスに対するリスク管理が求められている¹⁾。

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。実情に即した地下水やガスの性状の把握には、ボーリング孔などから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。そのため、これまでに原位置の物理化学状態を保持して試料を採取する採水装置がいくつか開発されてきた(例えば2)~4)。

ただし、小型の装置の場合には①降下時に容器が開放状態にあることから対象以外の地下水・ガスが混入すること、②必要十分な試料を確保することが困難となる可能性があることなどの課題が挙げられる。また、これら小型装置の課題を解決するために開発された従来の装置は対象深度において容器を開放・閉鎖する機構を有するものの、大規模で複雑な構成・操作が必要となるため、①採水に要するコストが増加すること、②適用可能な孔径が限定されることなどの課題が考えられた。

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地下水採水装置を開発した。この採水装置は、小型で簡単な機構にも関わらず、バルブの開閉機構を有し、確実に原位置の物理化学状態を保持した試料を採取できるものである。ここでは開発した地下水採水装置の概要・採水方法と深度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する。

2. 開発した採水装置

2.1 採水装置の概要

開発した採水装置の概要を図-1と写真-1に示す。

開発した採水装置は、複数個を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からなり、耐食性を考慮してステンレス合金を用いて作成したものである。採水装置の最大外径は30.8 mm、全長はバルブユニットと採水容器1個を連結した編成の場合で約3.2 mである。

バルブユニットは、開閉弁を側面に設けており、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、各バルブユニットに対して、閉鎖状態から開放、開放状態から閉鎖の作動時間を設定することができ、基盤には開閉弁が開放又は閉鎖した時刻を記録する機能がプログラムされている。この機能は、採水装置の回収後にバルブの開閉時刻と作業プロセスとの対比を行うことで、目的とする採水深度において適切に採水が行われたことを確認できるなど、採取した試料の品質の担保に有用なものである。

採水容器は、1個あたりの容積が約500 mlであり、必要な試料量に応じて複数個を連結することで、必要最小限の作業で十分な量の試料を採水できるものである。また、採水容器の上下には、バルブユニットとは別に手動で開閉が可能なバルブを有しており、採水容器とバルブユニットを切り離しても採水容器の密閉性が保たれる構造となっている。

2.2 採水方法

開発した採水装置による採水方法・手順を図-2に示す。本装置を用いた採水作業は以下の手順で行う。

- 【1】開閉弁の開放・閉鎖時刻をバルブユニット内部のタイマーに設定
- 【2】採水容器の上下位にバルブユニットを接続後、対象深度まで採水装置をウィンチによって降下
- 【3】下位バルブユニットの開閉弁を開放
- 【4】上位バルブユニットの開閉弁を開放
- 【5】下位バルブユニットの開閉弁を閉鎖
- 【6】上位バルブユニットの開閉弁を閉鎖
- 【7】採水装置をウィンチによって地上に回収
- 【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の切離し

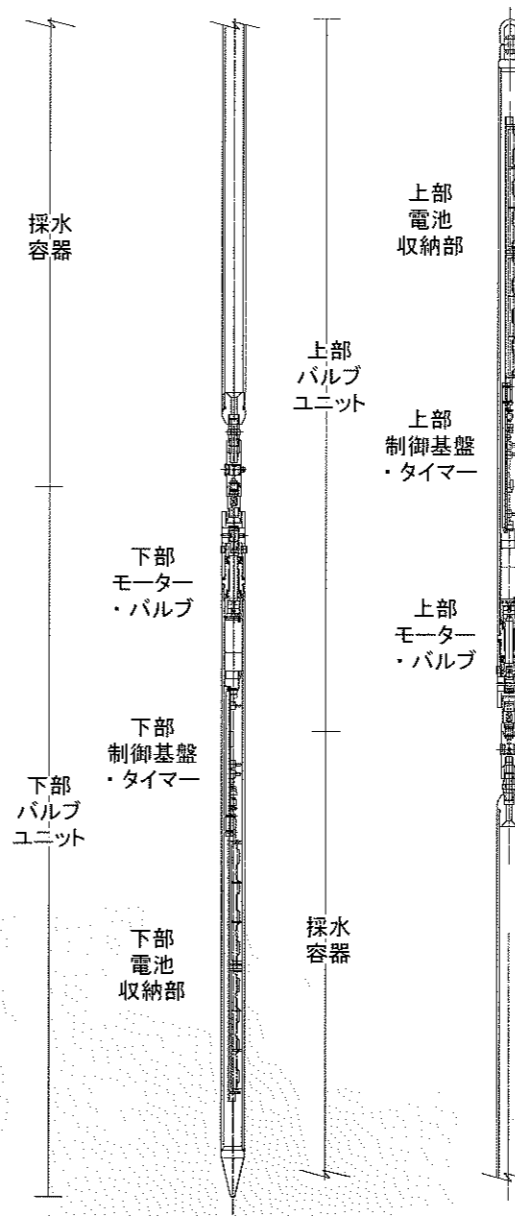


図-1 開発した採水装置の概要

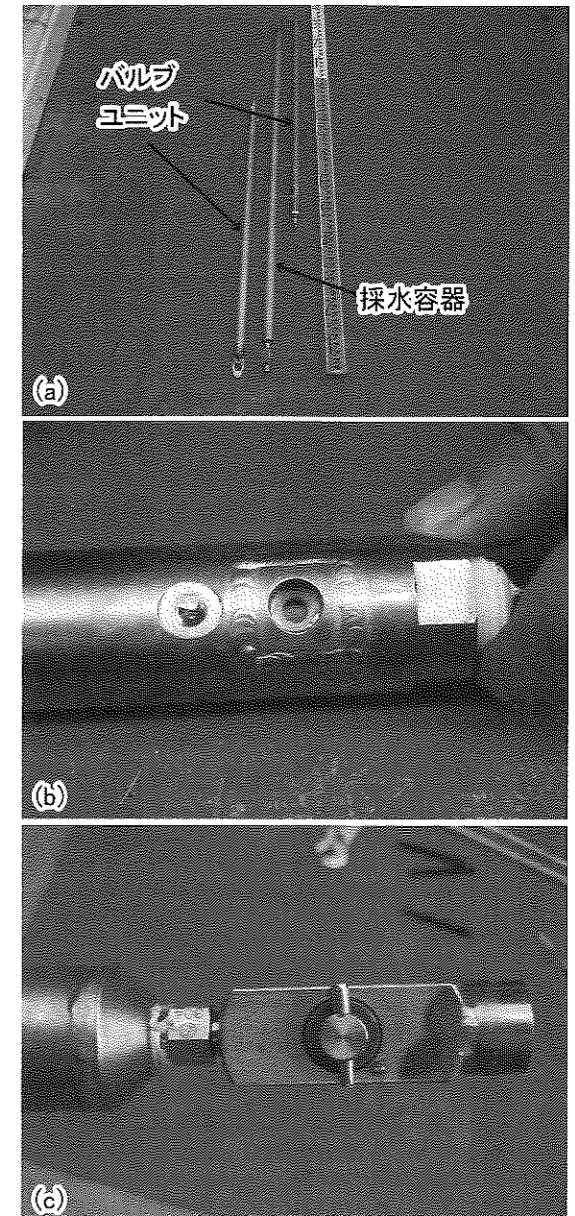


写真-1 開発した採水装置の全景(a)、バルブユニットの開閉弁(b)、採水容器のバルブ(c)

【10】バルブユニット内部のタイマーの作動時刻・作動状況を確認

開発した採水装置は、昇降時には開閉弁が閉鎖した状態であるため、対象とする深度以外の流体が採水容器の内部に混入することはない。また、特徴の一つとして、採水容器の上下位に独立したバルブユニットを配置することが挙げられる。この機構を有することで上下位のバルブユニットの開閉弁を別々に時間差で開放することが可能となるため、採水容器の内外の比重・圧力差によって、降下以前の採水容器の内部に残存した気体などの流体を採水容器外に排除し、対象深度の試料を採水容器の内部に満たして採取することができる。そして、本装置による採水作業は、地上のウィンチを除く制御装置などの資機材を必要としないため、作業などに要するコストの低減につながる。

3. 大深度孔における採水装置の適用事例

3.1 採水の概要

採水作業を実施した試験孔の概要を図-3に、作業状況を写真-2に示す。試験孔は深度1203 mであり、フルホールセメントで周囲が固着された複数段の鋼製ケーシングパイプが挿入されている。試験区間はジェットパーフォレーションによって計7深度に1 m長のスクリーン区間が設けられている⁵⁾。

採水装置による採水の対象箇所は、スクリーン区間のうち深度943 mとした。当該深度では、採水装置による採水の前にダブルパッカー・揚水ポンプを用いた約7日間の連続揚水が行われていた。揚水においては、完了時に掘削水の影響のほとんどない地下水が揚水されることが、掘削水に添加した蛍光染料の濃度と地化学パラメータ(pH、電気伝導度、酸化還元電位、溶存酸素濃度、温度)の経時変化から確認されている。