# 密度可変固体トレーサを用いた流向流速計の開発
## 2．プロトタイプの室内性能検証試験


| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 鹿島建設㈱ | 正会員 | ○田中　真弓 | 鹿島建設㈱ | 正会員 | 戸井田　克 |
| 鹿島建設㈱ | 正会員 | 岩野　圭太 | ㈱東　芝 | 非会員 | 長井　敏 |
| ㈱東　芝 | 非会員 | 鈴木　健彦 | ㈱東　芝 | 非会員 | 佐藤　光吉 |
| 岡山大学 | 正会員 | 西垣　誠 | 東海大学 | 非会員 | 大江　俊昭 |


### １．はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分を行う際には，地盤中地下水の流れによって核種が生物圏に運ばれる可能性があるため，事前に地下水流動状況を正確に把握しておく必要がある。筆者らは，地盤中地下水の流れの実データ取得に資するため，極低流速地下水の３次元流向流速を計測可能な機器を開発中であり，計測装置（プロトタイプ）の詳細設計・試作を行った。今回，本装置の計測性能を確認するため室内検証試験を実施したので，その結果について報告する。なお，本研究は（財）エネルギー総合工学研究所の「平成 16 年度革新的実用原子力技術開発公募事業」の成果の一部である。

### ２．プロトタイプの性能検証室内試験

開発中の３次元流向・流速計測装置では，$10^{-10}$～$10^{-5}$m/s の流速範囲を計測目標としている。そこで，製作したプロトタイプを用いて，計測下限の $10^{-10}$m/s，及び，計測上限の $10^{-5}$m/s 程度の流速計測性能を大気圧環境下の室内レベルで確認した。具体的には，固体トレーサの移動状況を超音波センサとともに CCD カメラを用いて 2 方向から計測・撮影し，データ解析を行って各固体トレーサの移動量・流速を算出した。なお，CCD カメラの観察結果は，超音波センサで得られた結果を評価するために使用した。また，計測範囲内の中央に超音波速度を校正するための不動基準ターゲットを設け，このターゲット先端を計測結果表示軸の原点とした。

#### ２.１　計測下限性能検証試験

恒温室内に試験装置(図１参照)を設置し，10℃，7℃の低温状態で高粘性のシリコンオイル内に固体トレーサを多数混入させ，沈降する固体トレーサの移動状況を開発中の流向・流速計のプロトタイプセンサを用いて計測した。ストークスの法則式を用いて予測した本試験状況下での沈降トレーサの終末速度は $10^{-10}$～$10^{-9}$m/s のオーダーである。

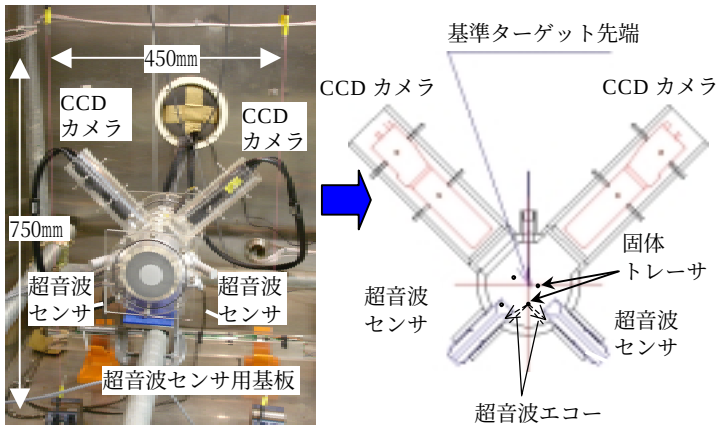


図１　計測下限性能検証試験状況

図 2 には，超音波センサと CCD カメラで得られた 5 分間のトレーサ挙動計測結果の比較，超音波センサによる計測下限側の性能把握を目的として恒温室温度７℃の条件下で，CCD カメラの光源を消して 10 分間隔で 4 回計測した際のトレーサ移動速度，及び，結果表示軸を示す。なお，図中の矢印は流れの方向を表す。超音波センサと CCD カメラの結果を比較すると，装置の取り付け精度に起因する絶対位置の誤差はあるものの，両者の相対移動軌跡は比較的よく一致していることが分かる。また，トレーサ移動速度は Vu（XYZ 軸合成流速）で $5\times10^{-8}$m/s 程度，比較的計測精度の高い Vx-z（XZ 軸合成流速）で $10^{-9}$m/s オーダー後半のトレーサ移動速度が計測されている。

以上の結果から，超音波センサの計測精度は充分信頼できるものであり，超音波センサによる本開発での計

キーワード　放射性廃棄物，地層処分，流向流速計測装置，固体トレーサ，超音波センサ
連絡先　〒182-0036　東京都調布市飛田給 2-19-1　鹿島建設（株）　技術研究所　ＴＥＬ0424-89-7081

測下限に設定している $10^{-10}$m/s オーダーの流速を計測することは可能と考えられる。なお，超音波センサと CCD カメラの移動距離検出精度は, CCD カメラが XYZ 軸方向に±15μm, 超音波センサが X, Z 軸で±5μm, Y 軸で±40μm であった。

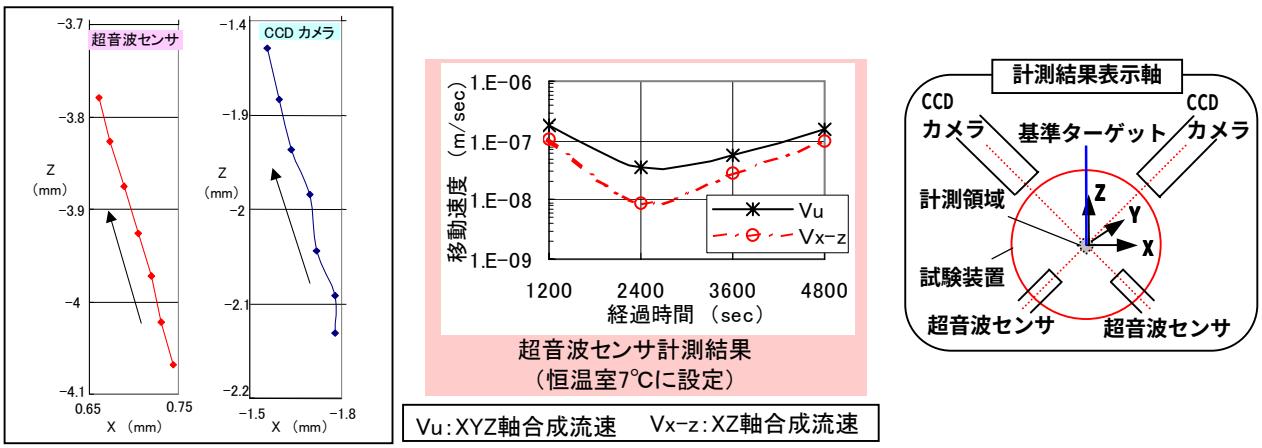


図 2　計測下限性能検証試験におけるトレーサの移動軌跡，移動速度，及び，計測結果表示軸

## 2.2　計測上限性能検証試験

水槽を用いた試験装置（図 3 参照）にプロトタイプを設置し，流向・流速が既知の条件下の水中に固体トレーサを複数投入し計測を行った。下流側の排出水量から算出した流速は約 $9\times10^{-6}$～$10^{-5}$m/s，水槽内のトレーサ挙動をデジタルビデオカメラで観察した結果から推定した流速は約 $6\times10^{-5}$～$10^{-4}$m/s であった。

図 4 には, 10 分間隔で 4 回計測した際の超音波センサと CCD カメラの計測結果から算出したトレーサの移動速度と結果表示軸を示した。XYZ 軸合成流速である Vu は，超音波センサで $5.40\times10^{-5}$m/s，CCD カメラでは $5.25\times10^{-5}$m/s であり，両者はほぼ一致していると判断される。また, 超音波センサ, 及び, CCD カメラで捉えたトレーサ移動軌跡は，計測下限性能検証試験と同様, 装置の取り付け精度に起因する絶対位置の誤差はあるものの, 両者の相対移動軌跡に関しては比較的よく一致していた。

以上の結果から，本開発で設定している計測上限（$10^{-5}$m/s）においても，超音波センサの計測精度は充分信頼できるものであり，$10^{-5}$m/s オーダーの流速を超音波センサによって計測可能と考えられる。

## 3．おわりに

以上のように, 室内試験で大気圧下のプロトタイプの計測性能を確認した。しかしながら，原位置においては, 複雑な自然現象が計測に影響を与えると考えられるため, 原位置での適用性確認が必須であり, 今後, 原位置性能検証試験の実施を予定している。

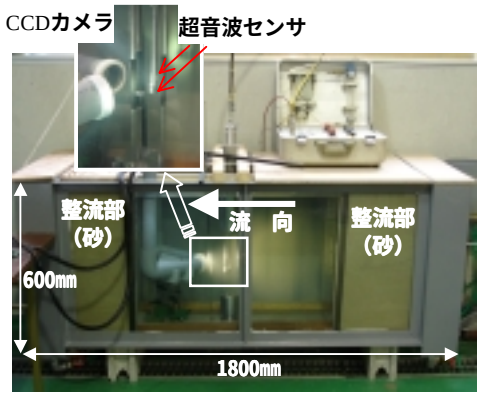


図 3　計測上限性能検証試験状況

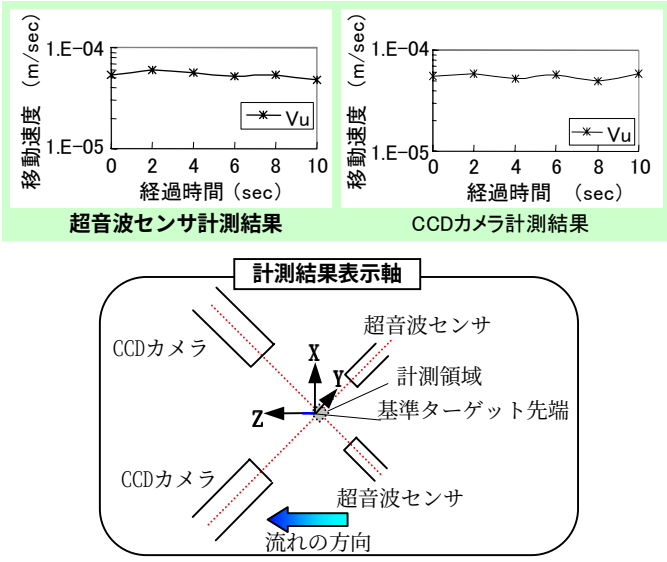


図4　計測上限性能検証試験におけるトレーサの移動速度と計測結果表示軸