

II-315

圧縮空気を利用した深層水汲み上げ技術に関する研究

電力中央研究所 正員 山本亮介^{*1} 正員 田中伸和^{*1}海洋科学技術センター 鷲尾幸久^{*2} 正員 大澤弘敬^{*2}古河電気工業株式会社 石井健一^{*3}

1. はじめに

深層海水は、低温で豊富な栄養分を含む清浄な海洋資源であり、魚介類の養殖をはじめ健康食品など、その用途は未利用資源として各方面で注目されている。そして現在、深層海水の利用において、安価で安定に揚水する技術の開発が課題となっている。海洋科学技術センターでは、波エネルギーを効率よく経済的に電力などに変換することができる波力発電装置“マイティホエール”のプロトタイプを三重県南勢町五ヶ所湾沖に建設中である。クリーンで再生可能であり、また分散型エネルギーとして、波エネルギーの利用技術の開発は各方面から期待されている。そしてマイティホエールでは発電したエネルギーを貯蔵するシステムも設置する予定で、エネルギー貯蔵の方法として圧縮空気貯蔵を行う予定であり、この圧縮空気とエアリフトポンプを用いて深層海水の揚水も検討している。本研究では、深層海水揚水技術として、エアリフトポンプに注目し、その基本的特性の把握を行うと共に、実機への適用性を検討する。そのために室内規模のエアリフトポンプ揚水特性試験を行い、また、数値解析を行い各結果の比較検討を行った。

2. 揚水特性実験

図1に試験装置の概略図を示す。試験装置は幅 2000mm 奥行き 2000mm 高さ 4200mm の水槽内に設置した揚水管(長さ 3050mm 内径 50mm, 150mm), エアコンプレッサ(7.5kW), 送気量を計測するための質量流量計, 電磁流量計, 超音波流量計からなる。試験は水槽の水位と管出口面の高さを一致させ、二種類の径の揚水管に対して、それぞれ空気注入位置(上部(A), 中部(B), 下部(C))と送気量を変化させて行った。そして揚水管の入り口流量と出口の中心位置における平均ボイド率の計測を行った。なお、今回は揚水管上端を水槽液面と一致させ、吐き出し高さが0の場合についてのみ実験を行った。

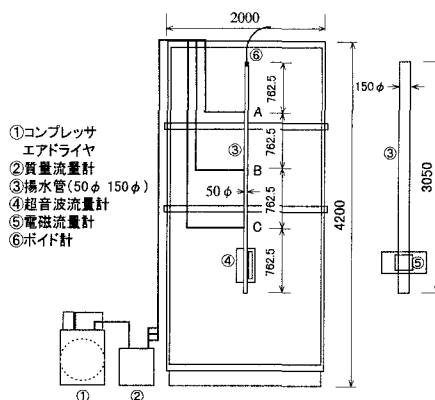


図1 揚水特性試験装置概略図

3. 数値解析

二相流解析で用いられる二流体モデルを用いて、1次元数値解析を行った。一般的に二流体モデルでは、基礎方程式として、気相と液相に対して質量、運動量、エネルギーの保存式を立てるが、解析では管路内での温度変化は無視できると仮定して、エネルギー保存式は用いないものとした。また、エアリフトポンプ管内気液二相流の流動様式は気泡流であると仮定し、構成方程式も気泡流のものをを用いた。解析は空気の注入位置、管径、送気量などの実験条件を揚水特性試験と同様にして計算を行った。

4. 結果

揚水管径 50mm の場合の揚水特性試験と数値解析結果の比較を図 2 に示す。入口流量については、ほぼ実験

キーワード: 深層海水, エアリフトポンプ

*1 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL0471-82-1181 FAX0471-84-7142

*2 神奈川県横須賀市夏島町 2-15 TEL0468-66-3811 FAX0468-66-5746

*3 千葉県市原市八幡海岸通 6 TEL0436-42-1716 FAX0436-42-9359

結果と数値解析結果は一致しているが、送気量が少ない場合、実験結果と解析結果に差があり、計算値が実験値より大きい傾向がある。これは送気量が少ない場合、つまり管内のボイド率が小さい場合は、気泡は自由に管内断面方向にも動くため、気泡による鉛直方向への駆動力が減少する。そのため入口流量も減少するが、数値解析では二流体モデルを使った1次元解析であり、気泡の断面方向の動きは考慮しておらず、実験結果と差異が出てきたものであろう。出口ボイド率については上部から送気するほど実験結果と解析結果に差異があり、計算値が実験値より大きい傾向がある。実験では管壁面一カ所より空気注入を行っているため、気泡がやや偏流して上昇している。気泡が偏流した状態から管内一様に上昇するまでには、ある程度の管長が必要であり、上部から空気注入した条件(A)では、偏流したまま出口に達している。気泡群と壁面との摩擦が増大することにより、エアリフトポンプの駆動力が減少し、揚水量も減少する。数値解析は管断面に一様に気泡が存在しているものと仮定しているため、結果に差があると思われる。次に揚水管径 150mm の場合の結果の比較を図 3 に示す。全体的に入口流量の計算結果と解析結果には差異がある。これは、送気量を多くしても管径が大きいため、ボイド率は小さく、管径 50mm の場合同様、数値計算では気泡の管断面方向への運動を考慮していない影響が出たためであろう。また、空気注入位置が上部にあるほど、実験結果と解析結果の差異は大きくなる。これも前述の偏流の影響が大きいと思われる。出口ボイド率については、管径 50mm, 150mm ともに実験結果、解析結果ともにほぼ一致している。ただし、実験ではボイド計を管出口中央部の一点でしか計測していないため、管径に対して気泡が少ない時、または極端に多い場合は、ボイド計による測定誤差があると思われる。なお、管径 150mm の条件では実験装置の制限から 20Nm³/h 以上の送気を行うことができなかった。そのため、ボイド率が大きい場合について数値解析結果と比較を行うことはできなかったが、図3(a)より、送気量を多くしていくと数値解析結果と実験結果は一致してくることが予想される。

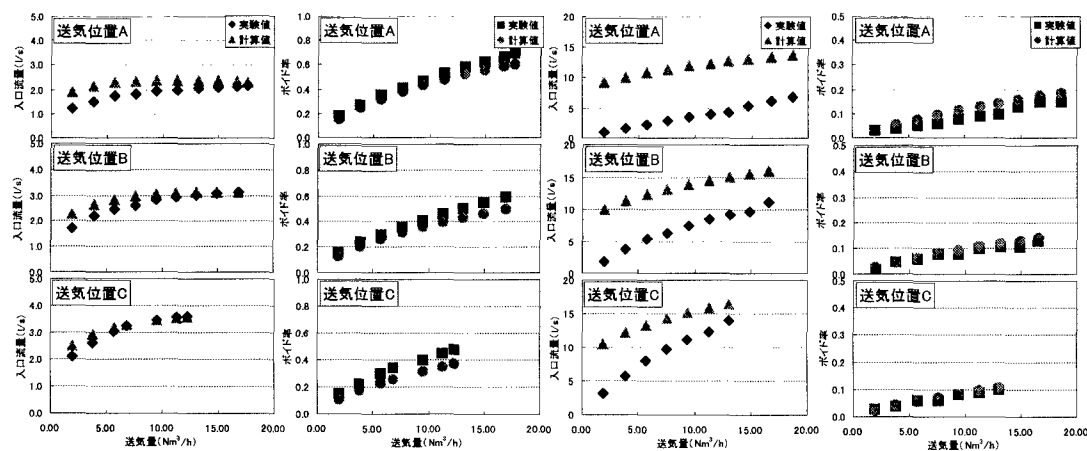


図2 送気量と(a)入口流量、(b)ボイド率(管径 50mm)

図3 送気量と(a)入口流量、(b)ボイド率(管径 150mm)

5. おわりに

エアリフトポンプの深層海水揚水への適用性の検討を目的として、室内規模の揚水特性実験と数値解析を行った。揚水特性実験結果と数値解析結果を比較したところ、揚水管内のボイド率が比較的大きい条件の場合では、両者は一致するものの、ボイド率が小さい場合ではその結果に差異が出ることがわかった。今後は実規模のエアリフトポンプの揚水特性を数値解析すると共に、マイティーホエール上に設置予定のエアリフトポンプを用いて現地実験を行う予定である。

参考文献

山本・田中・大川(1996):エアリフト式ポンプによる深層水揚水の数値解析, 土木学会第51回年次学術講演会概要集第2部, pp.526-527.