

実海域におけるエアリフトポンプ揚水特性実験

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} 矢木橋清智^{*3}

1. はじめに

近年、海洋深層水は低温・富栄養・清浄というその特性から、水産養殖、健康食品、医療、工業冷却水など、多方面の分野で大きく注目され、その利用が検討されている。しかしながら、海洋深層水を安価かつ安定に揚水する為の決定的な技術は確立されておらず、渦巻き式ポンプを用いて揚水が行われているのが現状である。今後ますます増加する各方面からの需要に対応するために、早期の新しい海洋深層水揚水技術の確立が望まれている。著者らは海洋深層水揚水技術として、その単純な機構、保守の容易さ、揚水時に深層水中の溶存酸素量を増加させることができる利点等から、エアリフトポンプに注目している。そして、その適用性を検討するため、過去に室内規模のエアリフトポンプ揚水特性基礎実験および数値解析を行い、エアリフトポンプの揚水特性の把握を行ってきた [1]-[3]。そして、ここでは実海域において新たに実施したエアリフトポンプ揚水特性実験結果について報告を行う。

2. 実海域揚水実験

実海域揚水実験は三重県度会郡南勢町五ヶ所湾の湾口沖合約 1.5km、水深約 40m の海域に設置されている海洋科学技術センターの沖合浮体式波力発電システム“マイティーホエール”上にて行った。実験装置の概略図を図 1 に示す。エアリフト揚水管には日本各地の深層水揚水施設で導入実績のある鉄線鍍装ポリエチレン管を用いた。揚水管の長さは 30m、内径は 150mm であり、管出口部に硬質塩化ビニル管を設置して揚水した海水を受水槽へと導いた。そして、ビニル管の高さは可変構造とし、揚程を 2.95m から 4.95m の間で変化させ、その影響を調べた。送気には定格出力 7.5kW のエアコンプレッサを使用し、空気注入位置（水深 8m、18m、28m）と送気量を変化させて行った。また、揚水量は受水槽で気液分離した後、電磁流量計及び全幅せきで測定を行った。さらに、揚水管の出口部にはボイド計を設置し、管内のボイド率を測定した。

3. 数値解析

過去の研究[1] - [3]と同様、代表的な気液二相流解析モデルである二流体モデルを用いて 1 次元数値解析を行った。二流体モデルは気相と液相に対してそれぞれ質量、運動量、エネルギーの保存式を立てて解析を行うモデルであるが、ここでは揚水管内部で温度変化はないものとし、エネルギー保存式は用いなかった。そして、数値解析は空気の注入位置、管径、送気量などの条件を揚水実験と同様の値にして計算を行った。

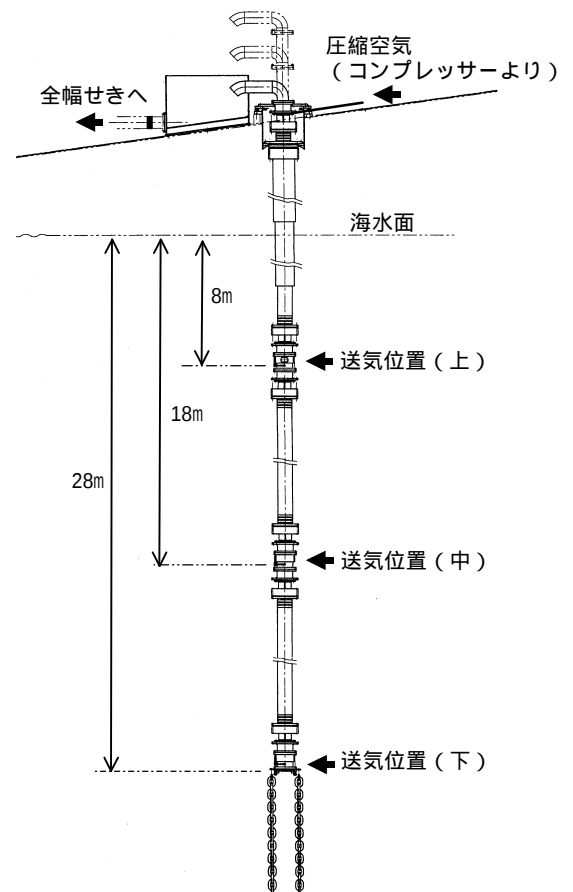


図 1 実海域揚水実験装置概略図

キーワード：海洋深層水，エアリフトポンプ，気液二相流

*1 千葉県我孫子市我孫子 1646	TEL 0471-82-1181	FAX 0471-84-7142
*2 神奈川県横須賀市夏島町 2-15	TEL 0468-66-3811	FAX 0468-66-5746
*3 千葉県市原市八幡海岸通 6	TEL 0436-42-1716	FAX 0436-42-9359

4. 実験および数値解析結果

送気量と揚水量の関係について図 2(a) - (c) に示す．それぞれ，揚程 2.95m，3.95m，4.95m の場合の実験および数値解析結果である．図より数値解析結果と測定値が比較的良く一致していることがわかる．また，水深 16m の水槽で実施した過去の研究[1]では，送気量の少ない条件で解析値が実験値より大きい値を示す傾向があったが，本実験結果ではそのような傾向はなかった．これは淡水中と海水中とでは，物性の違いから管内の気泡の形状・分布が異なっていることに起因するものであろう．エアリフトポンプは上昇気泡による駆動力で揚水を行うため，その性能は管内での気泡の流動様式，形状・分布に大きく依存する．送気量の少ない条件では，上昇する気泡の管断面半径方向の運動，いわゆるらせん状運動・ジグザグ運動が顕著になるため，揚水の駆動力が減少する．

しかし，数値解析では管断面単位体積内で気泡を平均的に取り扱い，管断面半径方向の運動は考慮していない．過去の研究では，以上の理由から送気量の少ない条件では実験値と解析値が異なってくると結論づけた．ところが，海水中では淡水中と比較して個々の気泡径が極めて小さく，また，球形に近い．そのため，送気量の少ない条件でも，気泡の上昇経路はほぼ垂直に近いと推測される．このように上昇する気泡の挙動が数値解析の条件に近づいたため，両結果が比較的良く一致したものと考えられる．

次に，揚水管出口部における断面半径方向平均ボイド率分布測定結果を図 3 に，また，管中央部平均ボイド率測定結果および数値解析によるボイド率を図 4 に示す．これらは，送気水深 28m，揚程 2.95m の条件での測定・解析結果である．図 3 より，この条件では管内で気泡は中央部に集まって上昇しており，気泡分布はいわゆるコアピーク型の分布をとっていることがわかる．また，図 4 より，ボイド率の数値解析値はピーク値である管中央部での実測結果よりもやや小さく，測定した断面半径方向のボイド率の平均値よりは大きい値をとる傾向があることが確認された．

5. おわりに

実海域におけるエアリフトポンプの揚水特性は，過去に淡水を用いて静水中で実施した室内実験結果とは，管内の気泡の分布・形状の違いから，多少異なった傾向を示すのではないかと予測していた．しかし，送気量の少ない条件で違いがあるものの，大きくは異ならず，また，開発した数値解析コードで海水中でのエアリフトポンプの揚水特性を把握できることを確認した．今後は数値解析により，フィールドの特性を考慮し，効率よく揚水を行うことのできるエアリフトポンプ揚水システム提案し，実機の最適設計に資する予定である．

参考文献

- [1] 山本・田中ほか (1998): 圧縮空気を利用した深層水汲み上げ技術に関する研究，土木学会第 53 回年講概要集第 2 部，pp.630-631．
- [2] 山本・田中ほか (1999): 深層水揚水を目的としたエアリフトポンプの揚水特性に関する研究，土木学会第 54 回年講概要集第 2 部，pp.174-175．
- [3] 山本・田中ほか (1999): エアリフトポンプによる深層水揚水模擬実験，第 3 回海洋深層水利用研究会全国集会講演要旨集，pp.14-15．

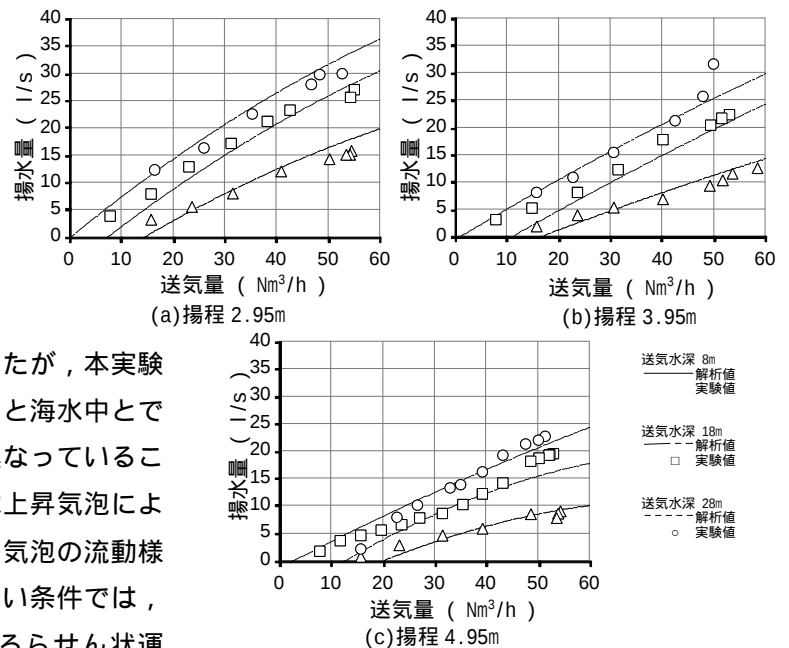


図 2 送気量と揚水量の関係

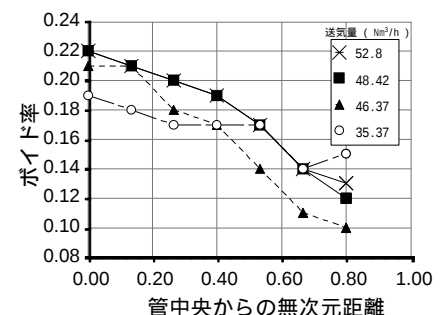


図 3 管断面半径方向ボイド率分布

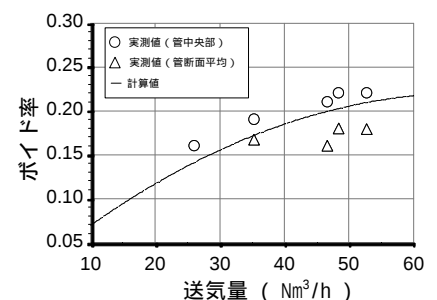


図 4 送気量とボイド率の関係