

海域に放流される重密度排水の拡散挙動に関する数値シミュレーション

その1 放流された重密度排水の再取水に関する検討

| | | |
|----------|-----|--------|
| 東京ガス株式会社 | 正会員 | ○小西絵里子 |
| 東京ガス株式会社 | 正会員 | 川村 佳則 |
| 清水建設株式会社 | 正会員 | 長谷部雅伸 |
| 清水建設株式会社 | 正会員 | 大山 巧 |

1. 目的

海水を工業用途の熱媒体として利用する各種生産施設では、取水温度が想定された基準内にあることが操業効率を確保する上での重要な課題である。取水温度の変動は環境条件の他にも、放流水が十分に希釈されないまま再度取水されることでも発生する可能性があるため、放流水の水温や流量、取放水設備の配置などを計画する際には事前に十分な検討が必要となる。本報では、海域に放流される重密度排水を対象とした数値シミュレーションを行い、実際の海底地形や流れ場を想定した場合に放流水の再取水がどの程度生じるのかについて検討する。また、次報¹⁾では海域の流れの強さによる重密度排水の拡散形態の変化について論じ、放流水の再取水が発生する原因を明らかにする。

2. 検討概要

(1) 数値モデルの概要

本検討では静水圧近似を適用しない3次元流体解析モデルを用いる。支配方程式は連続式、N-S方程式、乱流方程式($k-\epsilon$ 乱流モデル)、熱の移流拡散方程式および海水密度の状態方程式によって構成される。支配方程式の離散化には有限体積法を適用し、流速と圧力の連成解法にはSIMPLE法を採用した。なお本解析モデルは、重密度排水問題への適用に関する検証を水理模型実験との比較によって行なっている²⁾。

(2) 放流先海域と取放水設備の概要

検討対象となる海域の海図と深浅測量データを元に、解析領域を図-2のように作成した。放水口は3系統が隣接する形で護岸に設けられており、いずれもがカーテンウォールによる底層放流形式で開口部はD.L.-4.0m~-1.5mの範囲である。取水設備は2系統で、放水口からおよそ220m~240m離れた位置にある。いずれも標準型鉛直取水管を用いた深層取水形式であり、D.L.-6.0m~-4.9mにおいて海水を取水する。対象海域は、岸壁から約100mまでの範囲は最大1/5の斜面となっており、沖合は水深がほぼ15mで一定の平坦な海底形状となっている。計算領域の格子分割には非構造格子を用い、取放水設備の形状や周辺地形の詳細な起伏の再現に留意した。水平方向の格子間隔 Δx は0.5~20mであり、鉛直方向は10層に分割した($\Delta z=0.2\sim 1.5m$)。

(3) 境界条件の設定

放水口は流速と水温(放流水温)について規定値を与える流入境界とし、取水口では流速のみを規定する流出境界とする。海底面および岸壁は不透過境界であり、粗度係数によってせん断摩擦を与えた。計算領域外の海域と接続する鉛直面では圧力を一定とする開境界条件を課し、水温については一定値(環境水温)を与えた。また、本検討では潮汐による海面の上下動は考慮せず、位置が固定された不透過壁面とした。

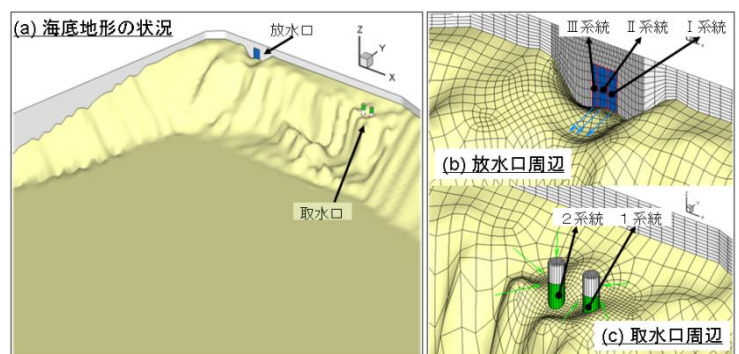


図-1 計算領域の作成状況

キーワード 重密度排水, 三次元流体解析, 密度流, 拡散

連絡先 〒105-8527 東京都港区海岸 1-5-20 東京ガス株式会社 TEL 03-5400-7580

3. 検討ケースの設定

表-1 に各検討ケースの計算条件をまとめた。環境条件としては冬期を想定し、放流水は3つの放水口からそれぞれ異なる流量、密度で放流されるものと想定した。また、本検討で想定した海域では、通常は定常成分がほとんど無いが、天候によっては放流された重密度排水を取水口の方へと輸送するような南東～南南東の流れが発生する場合がある。過去に行った当該海域での長期流況観測では、流速計設置位置(図-2中に記載)で南東寄りの流れが66時間継続した例があり、この期間の流速の最大値と平均値はそれぞれ2.2cm/s, 1.2cm/sであった。そこでCase-2, 3ではこれらに対応する異なる強さの流れを考慮した。ただし、解析領域に定常的な流れ場を与えることは一般に困難であるため、本論では強風による吹送流を模擬的に再現させることにする。具体的には、北西の風4.8m/s, 8.0m/sに相当するせん断応力を海面に与えることで、規定の流速で取水口から放水口へと向かう流れを再現した(図-2)。

4. 解析結果

取水される海水の密度の時間変化を図-3に示す。Case-1では取水密度の変化はわずかであり、重密度排水の放流による影響は見られなかった。これに対し海域の流れを考慮したCase-2, 3では放水開始から2時間経過した時点で取水密度が増加し、その後もなだらかな上昇が継続するなど再取水が発生している様子が確認できる。定常状態でのCase-1~3の取水密度はそれぞれ元の海水密度よりも0.01kg/m³, 0.04 kg/m³および0.06 kg/m³だけ高くなっており、最も強い流れを想定したCase-3において顕著な再取水が発生する結果となった。

5. まとめ

実際の海域を想定した重密度排水の拡散予測を行い、放流水による取水密度への影響について検討を行った。その結果、流れの無い海域では取水される海水が放流水の影響を受けることはほとんど無いが、放水口から取水口へと向かう流れが存在する場合には再取水が発生する可能性が高くなり、流れが強いほど取水密度が高くなることが確認された。

参考文献 1) 高月ら(2001), 海洋深層水の適正放水方式の検討, 海岸工学論文集 vol.48, pp.1346-1350, 2) 長谷部ら(2010), 海域に放流される重密度排水の拡散挙動に関する数値シミュレーション(その2), 第56回土木学会大会年次学術講演会講演概要集(投稿中)

表-1 検討ケース一覧

| 検討ケース | 環境水の密度[σ _t] | 観測位置での流速値[cm/s] | 放流水の密度[σ _t] | | | 排水量[m ³ /h] | | |
|-------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-------|-------|------------------------|-------|-------|
| | | | I系統 | II系統 | III系統 | I系統 | II系統 | III系統 |
| Case1 | 24.48 | なし | 24.92 | 24.92 | 24.78 | 13210 | 13210 | 9600 |
| Case2 | | 1.2 | | | | | | |
| Case3 | | 2.2 | | | | | | |

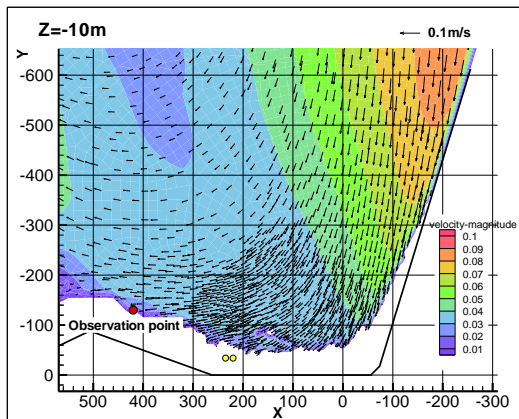


図-2 初期流速分布 (Case-2)

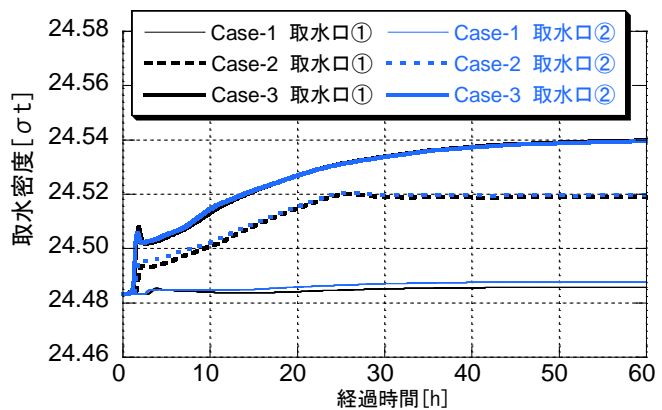


図-3 取水口での密度の時間変化