

湾内の温水拡散に関する一計算

東北工業大学 学生会員 ○渡邊 真樹
東北工業大学 岡山 恵典
東北工業大学 正 会 員 新井 信一

1. はじめに

環境保全の立場から湾内の海水を監視することが多いが、これを活かすためには、取得されるデータを解釈するツールが必要となる。そのツールのひとつとして湾内水の挙動シミュレーションを上げることができる。そこで、湾内の温水拡散の検討に使用できる数値シミュレーターを作ることとした。最終的には3次元で実施する必要があるものの、ここではその前段階として2次元を取り扱う。

2. 計算方法

流体挙動解析のため、連続方程式、運動方程式、エネルギー(温度)方程式を連立させ、カーテシアン座標系でスタガード格子を採用する。プログラムを作成するに当たり香月ら¹⁾を参考とした。計算領域の四方を東西南北で表現するが、領域の東、西、北側の境界は、境界の外側での流速がその内側での流速と等しいとした開境界とする。海岸線などの物体を置く場合はその境界で、法線方向の速度がゼロ、及び温度は断熱とする。以下、距離、速度、温度は原則として全て無次元化量で表現される。なお、プログラムを作成後、文献 1) の検証問題のほとんどと計算結果が一致することを確認した。

3. 計算方法の検討

(1) 湾の境界 まず、湾奥中央点から放流する場合を考え、図1に示すように計算領域の1/2が3方向を陸に囲まれてた湾で、その前方1/2は外洋の一部である場合を計算してみたところ、西の開境界から不自然な流入が発生した。改善を試みたがうまくいかなかったので、図2に示すように、放流の流れ方向を西から東とするため湾を90度回転させた上で、湾前方の一方向のみが外洋に接するように設定した。ここに例示したのは、湾奥から放水を開始して時間進行させた時の状況であり、乱流拡散はまだ考慮されておらず、 $Re=10^4$ である。噴流先端はまだ湾内にあり、ほぼまっすぐに放流されて行く様子が見られる。途中から、ハイブリッド差分を中心差分に切り替えると図3に見るように渦の影響が現れ、流れは乱れ始める。このような湾モデルでは、計算は正常に進行していると思われる。

(2) 乱流モデル 計算手法構築中であるためまだ最適な乱流モデルの選定ができる段階ではないが、試しに混合距離モデルを用いてみた。そのときに、混合距離を噴流中心軸からの距離とした。結果の図示は省略するが、図2、図3の流れにあまり変化が起きなかった。そのため、今回の以下の計算には乱流モデルを入れずに実施することとした。

4. 実測値との比較

計算精度の保証はないものの、温水拡散の定性的挙動が計算で把握されるかどうか調べるため、実測データのある海域との比較計算を実施した。

女川湾内にある大貝崎と早崎に囲まれる区間を計算対象領域とし、図4あるいは図6に示すように海岸線を近似した。また、図示した実測値²⁾は、 $x=2$ 、 $y=9$ から 60m^3 と $x=5$ 、 $y=10$ から 40m^3 の流量で約26度の温水を約20度の湾内に放流しているもので、水面下5mでの温度分布である。海底からの放流のため底部の低温水を連行し放流点付近で既に20.8度まで水温が低下する。そしてわずかの温度差で20度の周囲海水へ拡散している。

一方、計算の温度の拡散状況を図5に示す。21度で放流され20度までの等温線が示されている。また、この時の流況計算結果を図6に示す。実測も計算も図の右方向へゆっくりと温度拡散していく様子を示しており、両者とも同じ傾向を示しているといえる。

5. おわりに

湾内の温水拡散のシミュレーションを試みた。開境界の取り扱いや乱流の評価法など、なお改善していかねばならない点はあるが、湾内の拡散の巨視的な挙動は捉えられそうであることがわかった。

参考文献

- 1) 香月正司、中山 顕：熱流動の数値シミュレーション—基礎からプログラムまで—、森北出版 (1994)
- 2) 女川原子力発電所 環境放射能及び温排水調査結果 (平成 19 年度)、宮城県 (2007)

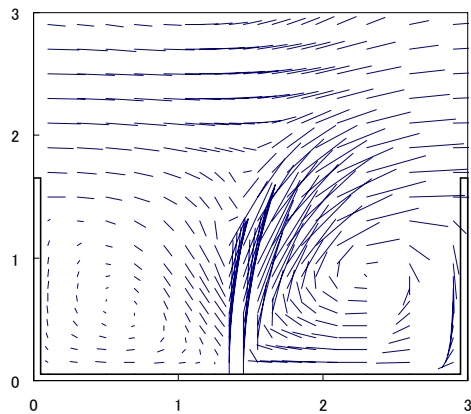


図 1 前方 1/2 が外洋・開境界(定常計算、 $Re=10^4$)

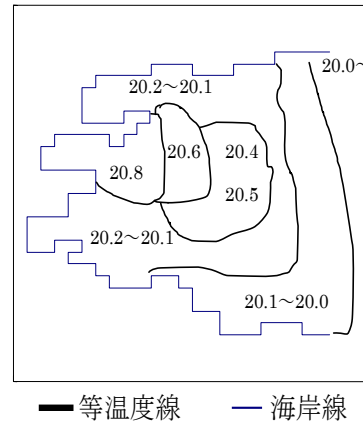


図 4 湾の温度実測値の例

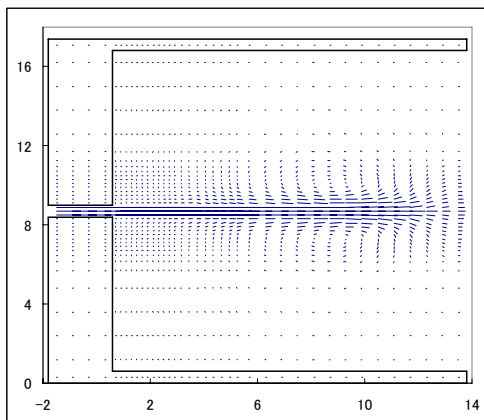


図 2 前方一辺のみが外洋・開境界
(非定常計算、ハイブリッド差分、 $Re=10^4$)

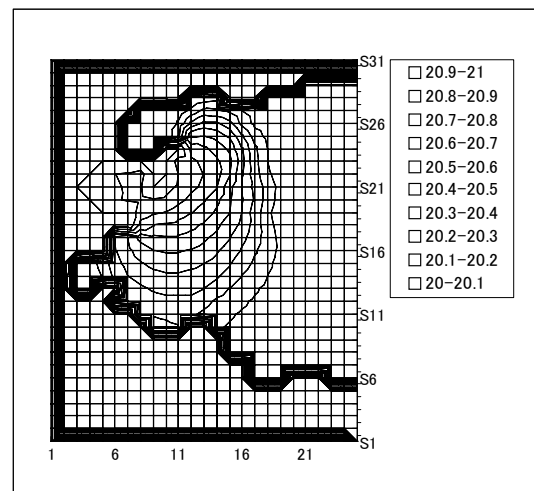


図 5 湾の温度計算値の例
(非定常計算、ハイブリッド差分、 $Re=10^6$)

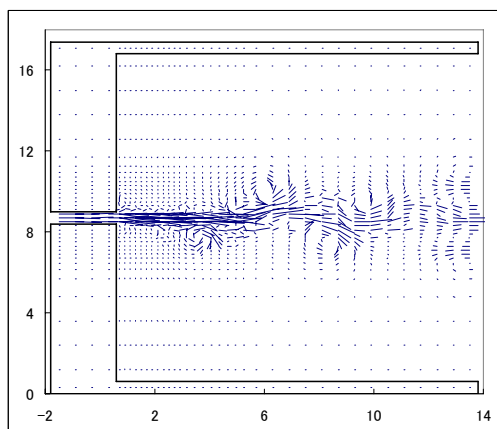


図 3 前方一辺のみが外洋・開境界
(非定常計算、途中から中心差分、 $Re=10^4$)

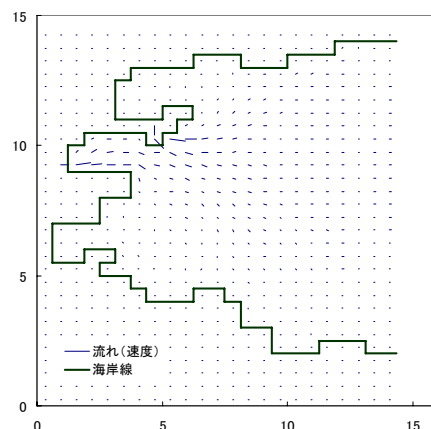


図 6 湾の流速計算値の例
(非定常計算、ハイブリッド差分、 $Re=10^6$)