短期開門調査時における諫早湾調整池の水温の変化予測に関する研究

長崎大学工学部　学生会員　○越智達也　正会員　西田　渉　学生会員　織部孝広
長崎大学工学部　フェロー　野口正人　長崎大学工学部　正会員　鈴木誠二

１．はじめに

諫早湾調整池及びその周辺水域では、水質の変化機構を解明し、効果的な水管理手法を構築するために、各種の調査が現在も続けられている。著者らも、これまでに現地観測や数値モデルの開発をとおして、調整池内の水質変化の評価を試みてきた。本研究では、とくに短期開門調査期間における調整池内の水温の動態を明らかにすることを目的とし､数値シミュレーションモデルの作成とその現地への適用を行うことにした。

２．数値モデルの概要

後述のとおり、本研究では短期開門調査期間の水温の鉛直分布を評価することから、計算手法として３次元レベルモデルを用いている。基礎方程式は、連続方程式、運動方程式、水温の収支式である。さらに、別途実施した計算結果から、同期間中には、塩化物イオン濃度の鉛直分布が顕著であったことから、塩化物イオンに関する収支式も加えている。以下に中間層における水温の方程式を示す。

$$\frac{\partial Th}{\partial t}+\frac{\partial(T\cdot uh)}{\partial x}+\frac{\partial(T\cdot vh)}{\partial y}+Tw\big|_{l-1}-Tw\big|_{l}=\frac{\partial}{\partial x}(K_x h\frac{\partial T}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(K_y h\frac{\partial T}{\partial y})+K_z\frac{\partial T}{\partial z}\bigg|_{l-1}-K_z\frac{\partial T}{\partial z}\bigg|_{l}+(source) \quad (1)$$

ここに、T：水温、u, v, w：x, y, z軸方向の流速、h：中間層の層厚、K_x, K_y, K_z：x, y, z 軸方向の拡散係数、である。水表面における熱収支に関しては、以下の式を使って評価している。

短波放射：　$Hs=(1-\alpha)H_{so}$　(2)

大気からの長波放射：　$H_{La}=\varepsilon\sigma(T_{air}+273)^4(A+0.031e_{air}{}^{0.5})$　(3)

水面からの長波放射：　$H_{LW}=\varepsilon\sigma(T+273)^4$　(4)

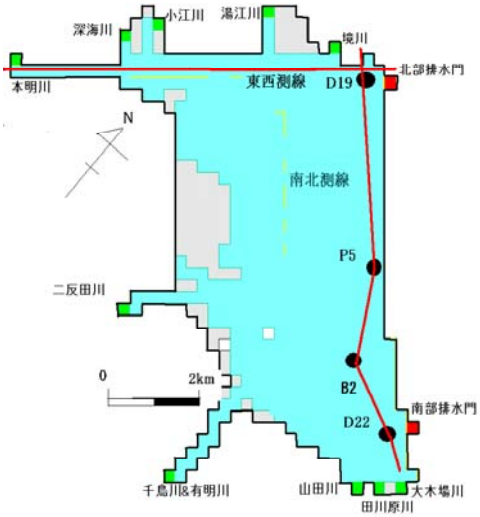
顕熱：　$H_T=c_1 f(U_W)(T-T_{air})$　(5)

潜熱：　$H_E=f(U_W)(e-e_{air})$　(6)

ここに、α：アルベド、H_{so}：全天日射量、ε：放射率、σ：Stefan-Boltzmann定数、T_{air}：気温、e_{air}：大気の蒸気圧、c_1:ボーエン比、U_W:風速、である。なお､短波放射に関しては､全層に対して鉛直方向にLambert-Beer則に従うものとして評価されている。数値シミュレーションにあたり、各方程式は陽形式の差分法を使って離散化している。

計算対象領域を示すと**図－１**のとおりである。この領域の差分間隔は水平方向に $dx=dy=200$m であり、鉛直方向には表層をT.P.-1.5m以浅とした上で、それ以深を $dz=0.25$m の厚さで分割した。計算時間間隔は、$dt=2.0$sec とした。

短期開門調査は、2002(平成14)年４月24日～5月20日にかけて行われているが、今回の計算では、その内、開門調査開始から６日間を対象期間とすることにした。調整池の水温および塩化物イオン濃度の初期値は、開門調査開始時点の観測値を与えており[1)]、北部排水門と南部排水門からの排水量と海水導水量については、各実績報告値[2)]から算出した流量および流速を時系列データとして与えている。日射量等の気象条件に関する値については、気象庁による長崎市内の観測所の報告値とし、日射量、気温を正弦波分布(日没後の日射量は零)するものとし



図－１　計算対象領域

て評価した。

３．計算結果と考察

ここで、計算から求められた流速ベクトルと水温の鉛直分布を示すと、**図－２**、**図－３**のとおりである。なお、この図は**図－１**に示した南北測線および、東西測線における断面図であり、それぞれ平成 14 年 4 月 29 日に実施された海水導入後に相当する。

調整池内では二箇所の排水門から海水が導水されたことで、調整池内の全域で流れが発生することが分かる。また、図示された時点では、既に排水門は閉じられているものの、水温の分布を考慮すると、導水された水の先端付近は、水底付近を比較的速い流速でさらに調整池の内部に進むように移動していることが示されている。一方で、表層付近では、こうした流れを補うような流れが発生しており、結果的に各断面において、鉛直方向の循環流が発生している。ここで、水温の分布を見ると、表層付近では、短波放射等による熱の供給によって初期の水温(18.4℃)から 2.5℃程度上昇する。一方で、中層から底層にかけては、短波放射があるものの、導水された海水の水温に強く影響を受けた状態になっている。その結果として、表層と低層では 2～4℃程度の水温差を生じている。

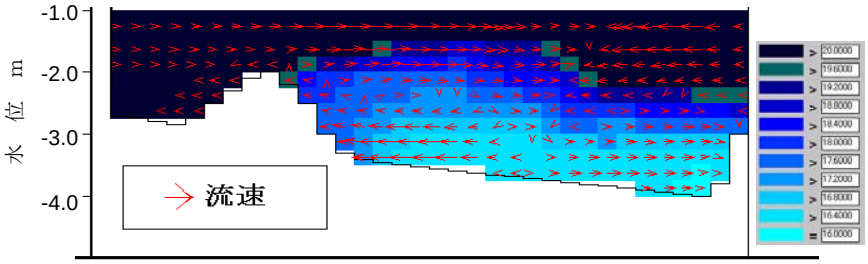


図-2　東西測線の流速ベクトルと水温分布

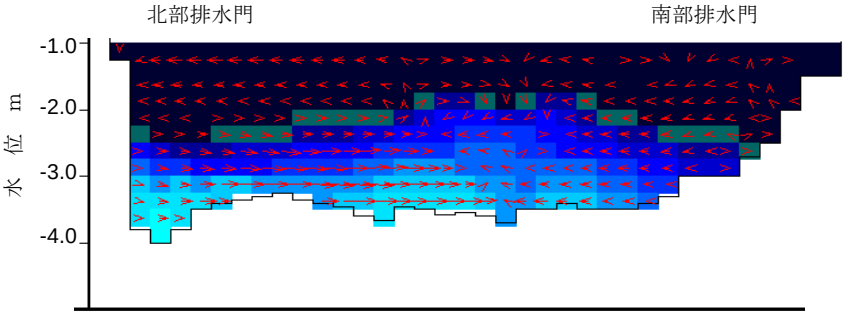
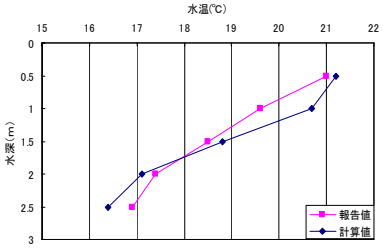
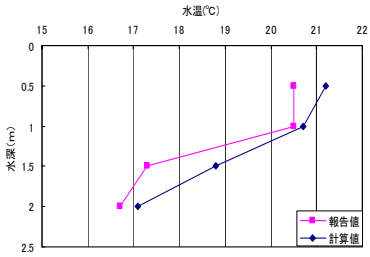


図-3　南北測線の速度ベクトルと水温分布

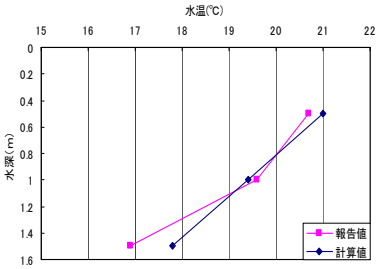
ここで、**図－１**に示された４地点(D19、P5、B2、D22)における報告値との比較結果を示すと、**図-4～図－７**のとおりである。これらの図から、いずれの地点においても水深が深くなるにつれて水温が低くなる傾向を再現できている。ただし、計算値の方が報告値に比べて 0.5℃程度高くなる傾向が見られる。こうした差を発生される要因は幾つか挙げられるが、気象に関する境界条件やモデル内のパラメータの設定値等に起因したものと考えられる。



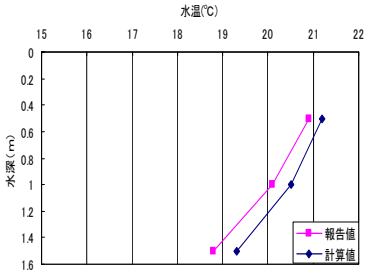
図－４　D19 地点の水温



図－５　P5 地点の水温



図－６　B2 地点の水温



図－７　D22 地点の水温

４．おわりに

短期開門調査期間の諫早湾調整池内の水温変化について、数値モデルを作成・現地へ適用し、報告値との比較を行なった。以上から、水温の変化過程を概ね再現することができたと考えている。今後は、より精度の良い結果が得られるよう、明らかになった課題に取り組んでいきたい。

参考文献)

1）九州農政局：“短期開門調査報告書”，pp.1-pp.75，2003.　2）同：“ホームページ資料”，2006.　3）気象庁：“気象月報”，４月－５月報告，2002.