

東北大学大学院 学生員 ○福士大介
東北大学大学院 正 員 風間 聡
東北大学大学院 フェロー 沢本正樹

1. はじめに

水温は湾内環境を支配する一要因であり、特に閉鎖性の高い湾では熱の動きを知ることが重要である。本研究は、短周期で定期的にデータが得られ、空間分布を知ることが可能な人工衛星NOAA/AVHRRのデータを用いて海面温度の推定を行い、モデル計算により閉鎖性の高い湾内の熱収支を解明しようというものである。

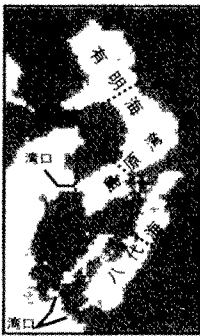


図-1 研究対象領域

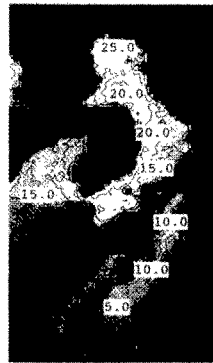


図-2 海面フラックスの年平均値(W/m²)

2. データセット

本研究では以下において、海面温度の観測値としてNOAA/AVHRRのデータよりMCSST式を用いて推定した水温を使用した。なお、画像の得られない日に関してはFourier解析による補間値を用いている。また、研究対象領域周辺の気象データは気象庁佐賀観測点における日平均値、潮位は建設省観測の大浦港における実測潮位、河川流量は建設省の流量年報の値を使用した。

3. 熱収支

3.1. 海面フラックスの算定

海面フラックスには短波放射 H_s 、長波放射 H_b 、顕熱 H_h 、潜熱 H_e が考えられる。それぞれの算定に際して、 H_s には観測全天日射量、 H_b 、 H_h 、 H_e にはバルク法を用いた。なお、気象データには気象庁の気象年報による佐賀市における観測値を使用した。

図-2に各海面フラックスの合計値 H_f の年平均を示す。海面フラックスは年間では熱供給の方向にあり、

湾奥ほど熱の吸収が大きくなっている。このことから対象海域では、海面フラックスから得た熱が湾内の水平方向の移流、拡散により湾外へと輸送されている熱構造にあると考えられる。また、有明海、島原湾に比して、八代海では熱吸収が若干小さくなっていることも確認できる。

3.2. 湾内熱収支の計算

以上のデータを用いて、図-1に破線で示すように有明海、島原湾を湾奥(area1)、湾央(area2)、湾口(area3)の3領域に、八代海を湾奥(area4)、湾口(area5)の2領域に分け、単純化したモデルにより各領域を出入りする熱量、および水温の推定を行った。

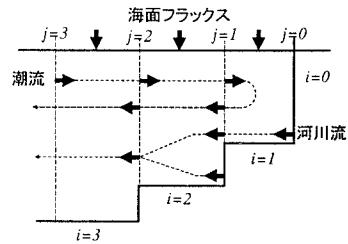


図-3 熱収支モデル

領域を出入りする熱としては水平境界面である海面を出入りする前述の海面フラックスのほかに、鉛直境界面を出入りする熱量として潮流による交換熱、河川からの流入熱を考えた。図-3に示すような鉛直境界面 j を時間 Δt 間に通過する熱量は、湾奥方向を正として次式で示される。

$$Q_{tdj} = \begin{cases} \rho_{si} C_{psi} T_{si} dt_d \sum_{n=1}^i A_i & (dt_d < 0) \\ \rho_{si} C_{ps(i+1)} T_{s(i+1)} dt_d \sum_{n=1}^i A_i & (dt_d \geq 0) \end{cases} \quad (1)$$

$$Q_{rj} = -\rho_{si} C_{psi} T_{si} \Delta t \sum_{n=0}^j q_n \quad (2)$$

ここで、 Q_{td} 、 Q_r はそれぞれ潮流、河川流による通過熱量、 ρ_s 、 C_{ps} 、 T_s はそれぞれ海水の密度、定圧比熱、水温、 A は領域の面積、 dt_d は Δt 間の潮位差、 q は河川流量である。よって、海域 i における Δt 間の熱交

換量 ΔQ は次式で示される.

$$\Delta Q_i = \Delta Q_{fi} + \Delta Q_{tdi} + \Delta Q_{ri} \quad (3)$$

$$\Delta Q_{fi} = A_i H_f \Delta t \quad (4)$$

$$\Delta Q_{tdi} = Q_{tdi} - Q_{td(j+1)} \quad (5)$$

$$\Delta Q_{ri} = Q_{rj} - Q_{r(j+1)} \quad (6)$$

したがって, Δt 後の領域 i の持つ熱量 $Q_{i(t+\Delta t)}$, 水温 $T_{si(t+\Delta t)}$ は,

$$Q_{i(t+\Delta t)} = Q_{it} + \Delta Q_i \quad (7)$$

$$T_{si(t+\Delta t)} = Q_{i(t+\Delta t)} / (\rho_{si} C_{pi} V_i) \quad (8)$$

と計算される. ただし, V は領域の体積である. 計算に際して水温の初期条件及び河口, 湾口の境界条件としてNOAA/AVHRR 観測値を利用した. 満潮と干潮の間を上記の Δt とし, 1996年8月1日から1997年7月31日の一年間について, 毎日の熱移動量, 水温変動の計算を行った. なお, 計算に用いた各領域の諸量は表-1に示す通りである.

表-1 計算に用いた各領域の諸量

	面積 (m ²)	水深 (m)	塩分 (%)
area1	6.23×10 ⁸	10.0	0.300
area2	5.38×10 ⁸	20.0	0.330
area3	2.67×10 ⁸	30.0	0.350
area4	2.23×10 ⁸	10.0	0.300
area5	4.56×10 ⁸	30.0	0.330
外洋	---	---	0.350

4. 結果及び考察

図-4に水温の計算結果を示す. area1の最低水温が下がりきらず, 3から4℃の誤差が見られるが, 他の領域の計算結果はその最低水温や傾き等, よく再現されていると考えられる. 図-5に計算期間の海面フラックス及び交換熱の総和を示す. 有明海, 島原湾のarea1,2,3, 八代海のarea4,5ともに海面から熱を吸収, 潮流によって外洋へと運ばれる構造となっている. また, 湾奥ほど海面フラックス, 河川流の影響が強く, それぞれがバランスを保っているが, 湾口部はほぼ潮流の交換熱に支配されていることがわかる.

参考文献

- 1) 中野渡新一; JAIDASによる東京湾水の熱環境解析, 東北大学修士論文, 1996.
- 2) 新井正他; 水温論, 共立出版社, 1974.
- 3) 近藤純正; 水環境の気象学, 朝倉書店, 1994.
- 4) 塚本秀史他; NOAA/AVHRRによる瀬戸内海の海面水温の季節変動, 海の研究, Vol.6, No.5, 279-292, 1997.

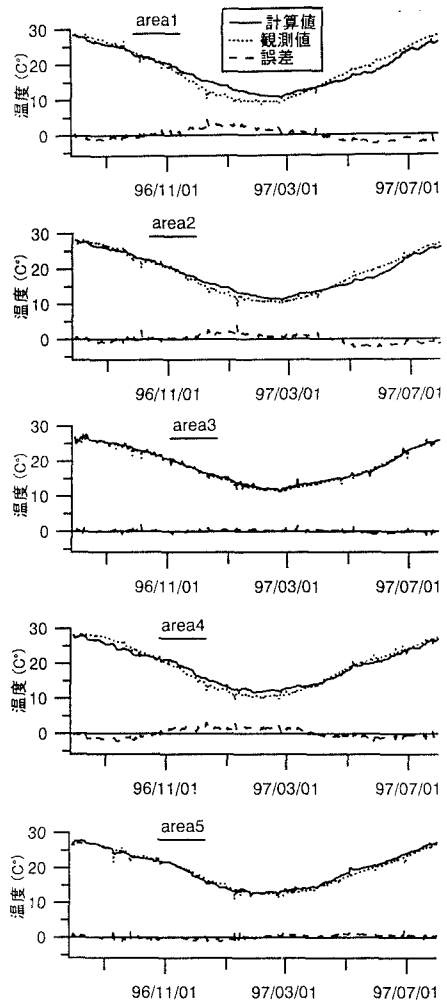


図-4 各計算領域の水温計算結果

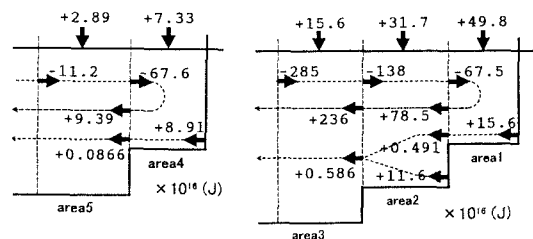


図-5 各領域間の熱移動の収支