

日本海における流動特性の検討

日本大学生産工学研究科 学生会員 高橋 義也

日本大学生産工学部 正会員 和田 明

1. 目的

冷戦終了以後から世界各地で環境問題が大きく取り上げられるようになった。日本においても数年前のソビエト連邦、ロシア共和国による日本海への核廃物投棄、昨年、今年の原子力発電所の事故、今年初頭のナホトカ号の重油流出事故が日本海及び日本列島沿岸で発生している。これらの環境汚染問題を解決するには汚染海域の流動を十分に把握する必要がある。

日本海は狭く浅い海峡に囲まれた海域であり孤立した海洋である。この孤立した海洋には津軽海流・リマン海流等の大きな海流が存在し海洋循環を形成している。また、平均水深は1350mと大洋並の水深があるにもかかわらず、面積は太平洋の1/100と小さいので数値解析が比較的容易にできる。また、日本海には日本海固有水という日本海独特の水塊が存在している。しかしながら、この水塊の発生源や挙動は十分に把握されていない。日本海には未だ未知の部分が多く存在している。

そこで、本研究においては日本海を対象海域と設定し、日本海の流動特性を数値計算によって検討する。

2. 計算対象領域

計算対象領域は、東経125度から東経146度、北緯30度から北緯52度、水平方向は基本的に1度メッシュ、海峡部では30分メッシュとしている（Fig.1 参照）。鉛直方向には、0mから3500mまでを11層に分割している（Table.1 参照）。

Table.1 層の水深

層番号	層上端	層下端	層番号	層上端	層下端
1	0m	10m	7	1000m	1500m
2	10m	50m	8	1500m	2000m
3	50m	100m	9	2000m	2500m
4	100m	200m	10	2500m	3000m
5	200m	500m	11	3000m	3500m
6	500m	1000m			

3. 計算方法

3-1. ボックスモデル

本研究ではボックスモデルを使用して流動解析を行う。この手法は運動方程式・連続の式を使用せず、流動を求めることができる。この手法は、海域を幾つかのボックスに分割しボックス内に一様な水塊が存在するものと仮定する。その時点の水温・塩分分布を保持するようなボックス間の交換流量を求めるものである。ボックスモデルに使用する基本方程式は次に示す3つの保存方程式である（Fig.2 参照）。

$$\sum_{i \neq j} W_{ji} \rho_j - \sum_{i \neq j} W_{ij} \rho_i + R_i \rho_r + P_i - E_i = 0 \cdots (\text{Eq.1})$$

$$\sum_{i \neq j} W_{ji} \rho_j S_j - \sum_{i \neq j} W_{ij} \rho_i S_i + R_i \rho_r (S_r - S_i) = 0 \cdots (\text{Eq.2})$$

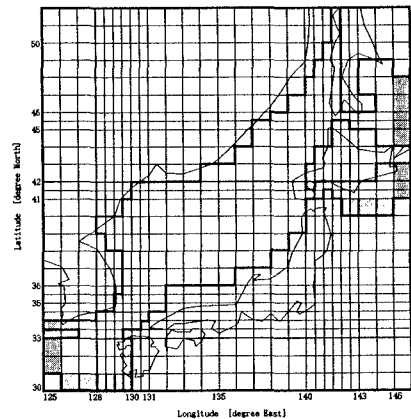


Fig.1 計算対象領域

$$\sum_{i \neq j} W_{ji} \rho_j T_j C - \sum_{i \neq j} W_{ij} \rho_i T_i C + H_i = 0 \cdots (Eq.3)$$

これらの連立方程式を解くことによってボックス間の交換流量を求めることができるが、方程式の数と未知数である交換流量の数が一致しないため連立方程式で解くことができない。また、未知数が交換流量という物理的な量であるため負となることがないので一般逆行列法で解くことができない。そこで、次式のように誤差を最小にするような未知数を求める方法、非負条件付誤差最小化問題として解を得る。

$$\varepsilon = \sum \left\{ \alpha_i \left((Eq.1) \text{ の左辺} \right)^2 + \beta_i \left((Eq.2) \text{ の左辺} \right)^2 + \gamma_i \left((Eq.3) \text{ の左辺} \right)^2 \right\} \cdots (Eq.4)$$

3-2. 粒子追跡計算

流動解析は各ボックスの各面に対する交換流量を求めることができるが、三次元的に可視化することが困難である。そこで、この交換流量の結果を用いて日本海に粒子を投入し、日本海の流れ等の挙動を把握しやすくする（Fig.3 参照）。

流動解析による交換流量は、各ボックスの各面中央から垂直に定義されている。ボックス内の流速を求めるには、X・Y・Z方向それぞれにおいて線形補間を行う。

4. 結果及び結論

Fig.4 より、対馬海流は対馬海峡より流入し日本海を北上している。リマン海流は北緯 42～45 度の大陸沿いに南下している。また、結氷作用の影響と考えられる僅かな流れが間宮海峡方面へ北上している。

Fig.5 より、対馬海流は冬季と比べると勢力が弱く見える。これは気象の影響により表層の水温・塩分分布の勾配が緩やかになったためと考えられる。対馬海流の影響は、津軽海峡以北に強い北上流として現れている。また、間宮海峡方面から日本海に僅かに流入する海水が存在している。

以上より、日本海は対馬海流の影響範囲の南東部とリマン海流の影響範囲の北西部に分割される。南北には北緯 40 度付近、東西には東経 134 度付近で分けられる。対馬海流は冬季に勢力は弱く日本海南部にのみ影響を与える。しかし、夏季に勢力が増加し宗谷海峡まで影響を与え、リマン海流を覆うまでになる。また、リマン海流は日本海深層へ続き日本海固有水を形成していると考えられている。

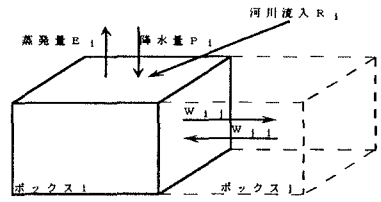


Fig.2 ボックスモデル概要

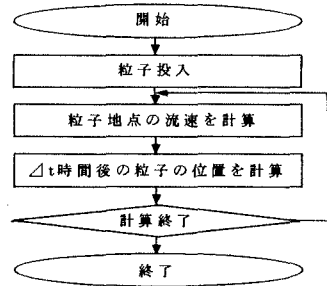


Fig.3 粒子追跡流れ図

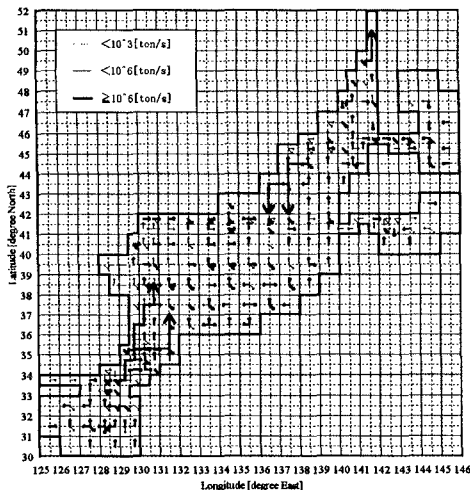


Fig.4 流動解析（冬季・第1層）

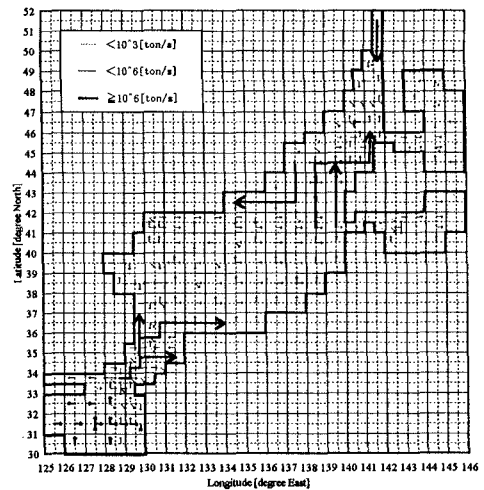


Fig.5 流動解析（夏季・第1層）