

II - 102

東京湾奥部海域における成層現象の分析

東京都立大学大学院工学研究科 正会員 安川浩
 東京都立大学大学院工学研究科 潘偉然
 東京都立大学大学院工学研究科 正会員 宇井正和
 東京都立大学大学院工学研究科 正会員 新谷哲也

1. はじめに

東京湾奥部海域では、水勢が弱く海水の交換性に乏しく、夏季、海面で太陽の加熱により成層が発達し低水温・高塩分の水体が下層に停滞している。このような成層現象のため、酸素の供給が停滞し、貧酸素水塊が東京湾奥部の下層に存在している。成層状態の形成と解消に関しては、この水域の熱収支、潮汐、河川水の流入、風の作用などが重要な役割を演じている、本報では、東京湾奥部の成層状況とその変動を把握するために、1993年の観測データを利用して成層の分析を行うものである。

2. 方法と考察

東京湾奥部において、観測点 *Sta.1* (35°37'17"N, 139°59'20"E) の上・下層の密度と溶存酸素の変化は図1と2で示される。図からわかるように、成層状態は3月の末から、10月のはじめまで存在している。密度成層のために、上下層の水交換と鉛直方向の拡散が弱められて、上層から酸素の補給が減り、一方、下層における活発な有機残骸物質の分解により、溶存酸素が消費され、貧酸素水塊が夏の間常に東京湾の奥部海域の底層を占めている。*Sta.1* において、貧酸素水塊 ($DO < 2\text{mg/l}$) は三ヶ月間存在し続けている。

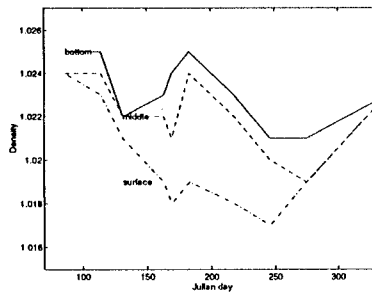


図1 東京湾奥部 *Sta.1* の密度変化

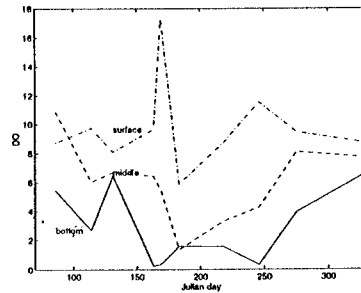


図2 東京湾奥部 *Sta.1* の DO 変化

成層の安定性を示す指標の一つは *Brunt - Väisälä* 周波数 N であり、*Brunt - Väisälä* 周波数 N は次式で表される。ここに、 g は重力加速度、 ρ は密度である。

$$N = \frac{g}{\rho} \left[\frac{\partial \rho}{\partial z} \right]^{1/2} \dots \dots \dots (1)$$

Sta.1 における *Brunt - Väisälä* 周波数 N の分布変化は図3で示されるように、3月末には密度勾配最大の層の位置は水表面から5～6mであり、5月～7月の間にはこの層の位置はだんだん表層に近づき、その後また5mの所に戻る。9月以降、密度勾配最大の層は10mまで沈降し、10月ごろに成層が解消された。

成層状態によるポテンシャルエネルギーの増加 ϕ は次式で表される。

$$\phi = \frac{1}{H} \sum_{n=1}^M (\bar{\rho} - \rho_n) g z_n \Delta z_n \dots \dots \dots (2)$$

$$\bar{\rho} = \frac{1}{H} \sum_{n=1}^M \rho_n \Delta z_n \dots \dots \dots (3)$$

キーワード 密度成層、風

〒193-03 東京都八王子市南大沢1丁目1番地 Tel. (0426)77-1111, Fax. (0426)77-2772

ここに、 H は水深、 $\bar{\rho}$ は鉛直平均密度である。現地での塩分と温度観測データから得られたポテンシャルエネルギーの増加 ϕ の時間変化は図4で示される。図4から見ると、Sta.1においては、成層状態が4月から9月の下旬まで続き、6月下旬に最大になる。Sta.2(35°33'07"N, 139°54'36"E)においては、ポテンシャルエネルギーの増加 ϕ の時間変化はSta.1と似た季節変動の傾向を示している。この観測点では、水深がSta.1より深くまた海岸と離れるから、Sta.1より水の混合は起こり難く、成層時ポテンシャルエネルギーの増加 ϕ が大きい。

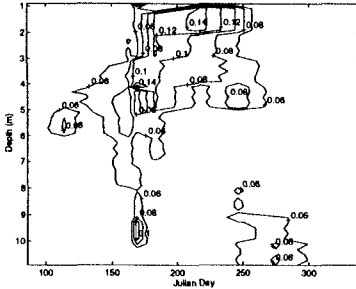


図3 Nの分布変化 (Sta.1)

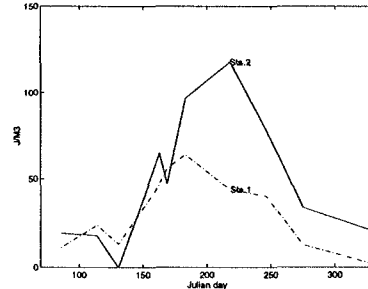


図4 ϕ の時間変化

エネルギーの収支から見ると、海域で単位水柱のポテンシャルエネルギーの時間変化は次の式で表すことができる。

$$-\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \eta \frac{1}{H} (\tau_s U_s) + \eta \frac{1}{H} (\tau_b U_b) - \frac{\alpha g Q}{c} = \eta \frac{1}{H} (\rho_a \frac{f}{2} \delta W_a^3) + \eta \frac{1}{H} (\rho_a \epsilon \kappa \bar{U}^3) - \frac{\alpha g Q}{c} \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 W_a は風速、 $\bar{U}$ は潮流の振幅、 $f/2$ と κ は海面と底面の抵抗係数、 η は乱れのエネルギーからポテンシャルエネルギーへの変換係数、 δ と ϵ は定数、 ρ と ρ_a は水と空気の密度、 Q は海面熱収支、 α 熱膨張係数、 c は比熱を表す。(4)式のエネルギー収支式と図示されたポテンシャルエネルギーの増加 ϕ の対応関係から見ると、東京湾奥部では最大潮流振幅は6~10cm/sec以下であるから、潮流の影響は小さい。海面熱収支の影響は成層の長時間変化に強い影響を与えるが、もし夏期に強い風が存在して、成層状態を短時間で解消させることが可能かどうかを調べる時には、 Q の変化を無視して、単純に風の作用を考えればよいであろう。表1は風速、作用時間と成層解消の関係を示したもので、もし風速7m/secの風が連続作用すれば、完全混合状態になるのは、Sta.1においては4.48日で、Sta.2においては12.7日である。この結果から、Sta.1の周りの海域では、夏期の成層は比較的短時間で解消することができ、Sta.2の近くの海域では成層の解消はSta.1より難しいということがわかる。

	5 m/sec	6 m/sec	7 m/sec
Sta.1	12.3	7.12	4.48
Sta.2	34.8	20.18	12.7

表1 風の作用時間と成層解消の関係 (day)

3. まとめ

東京湾奥部海域で夏期の成層状態及びポテンシャルエネルギーと風のエネルギーのバランス関係を検討した。この海域では、3月の末から、9月の末まで密度成層が存在している。湾頂近くのSta.1では、3月末に密度勾配最大の層の位置が水面から5~6mで、5月~7月の間にはこの層の位置はだんだん表層に近づき、その後、また5mの所に戻る。9月以降、密度勾配最大の層は10mまで沈降し、10月ごろに成層が解消される。エネルギー収支式による計算結果から、もし夏期に強い風が存在すれば、Sta.1の近くの海域では、成層状態の比較的短時間内の解消が可能であることがわかった。

参考文献

- 1) P Skyum et.al Advection-induced oxygen variability in the North Sea-Baltic Sea transition, *Hydrobiologia*, Vol., pp281:65-77,1994