平成 20 年度 日仏海洋学会学術研究発表会プログラム

期日: 平成 20 年 6 月 28 日

場所: 日仏会館 501 会議室 (東京都渋谷区恵比寿 3-9-25 Tel. 03-5421-7641)

午前 (10:00-11:00) 座長 堀本奈穂

1. 環境サンプルからの微生物同定に関する簡易手法の検討

○奥村 裕·黒川忠英·坂見知子·斉藤憲治((独)水研セ·東北水研)· 鈴木敏之((独)水研セ·中央水研)·神山孝史((独)水研セ·瀬戸内水研)

- 2. Occurrence of Pseudo-nitzschia species in San Pedro Bay, Philippines

 oLeni G. Yap-Dejeto (Univ. Philippines), T. Omura and Y. Fukuyo (Univ. Tokyo)
- 3. 断続照射光の波長の違いがハプト藻 Isochrysis galbana の増殖と脂肪酸組成へ与える効果 °矢後貴英・吉岡美和・荒川久幸・吉江由美子・森永 勤(海洋大)

(11:00-12:20) 座長 長島秀樹

4. Adelie Depression における乱流混合と二重拡散対流の定量評価

°平野大輔·北出裕二郎(海洋大)

5. 東京湾の海況変動特性に関する研究

°岩沢知毅·北出裕二郎·根本雅生·川村有二(海洋大)

6. 東京湾湾口部における半日周期内部潮汐の強化について

北出裕二郎(海洋大)

7. 相模湾における半日周期内部潮汐の散乱

°川村有二·北出裕二郎·根本雅生·松山優治(海洋大)

午後 (14:00-15:00) 座長 北出裕二郎

8. Argoフロートデータを用いた南大洋における密度比の分布の研究

°根本萌由·根本雅生·吉田次郎(海洋大)

9. 太平洋における混合過程に果たす二重拡散対流の役割

°嶋田啓資·吉田次郎(海洋大)

10. 発電所の CO₂ 削減量を想定した CO₂ 海洋隔離による濃度予測

°中村倫明·和田 明(日大総合科学)·長谷川一幸((財)海生研)

環境サンプルからの微生物同定に関する簡易手法の検討

裕、黒川 忠英、坂見 知子、斉藤憲治((独)水研セ・東北水研) 奥村 鈴木敏之((独)水研セ・中央水研)、神山孝史((独)水研セ・瀬戸内水研)

はじめに

近年、船舶のバラスト水や、水産生物の移 動により、バラスト水中や生物に付着した微 生物が他地域へ移動し、生物多様性を攪乱す ることが問題となっている。天然環境中の微 生物は9割以上が培養困難とされるため、その群集解析は、培養を用いず、微生物の遺伝 子を環境から直接取り出し解析するメタゲノ ム解析により行われることが多い。メタゲノ ム解析では、PCR(ポリメラーゼ連鎖反応)法 による微生物遺伝子の増幅が重要となるが、 環境サンプル中には腐植酸や、植物色素、タ ンパク、多糖類など、PCR を阻害する夾雑物が多く含まれるため、煩雑な精製処理をくり返し行わなければならない場合が多く、ボト

ルネックとなることが多い。 また、植物プランクトン群集の解析では、 顕微鏡による同定は熟練と時間を要するため、 分類群に固有な植物色素の組成や濃度を HPLC(高速液体クロマトグラフィー)により 分析し、解析ソフトにより分類群ごとに群集 組成を把握する方法が一般的に行われる。し かし、ソフトのインストールや使用方法など もかならずしも簡単ではなく、色素分析後の 解析が問題となることが多い。

そこで今回、底泥、海水試料から煩雑な精製処理を繰り返さずに PCR を行う方法につい て、陸上土壌の分析法を参考に、PCR 反応の 阻害を中和する試薬であるアンプダイレクト を用いた PCR 法について検討を行った。また HPLC による色素分析の結果は、環境汚染物 質の発生起源を推定する際に利用する CMB (ケミカル・マス・バランス)法を用いた解析 方法について検討を行ったので報告する。

実験方法

底泥は2008年4月25日に松島湾櫃ヶ浦(ひ つぎがうら)干潟より、海水は5月 12 日に東 北区水産研究所地先の松島湾、および 2007 年 5月に石巻湾より採取した。

底泥は、アンプダイレクトを用いた陸上土 壌の分析法を参考に、底泥 500mg に溶解液 (Tris・HCl pH8.0 20mM, EDTA 5mM, SDS 0.3%, Proteinase K 200 μ g/ml) 1ml を加えボルテックス後、55 $\mathbb C$ 1 時間、95 $\mathbb C$ 5 分加熱し、 10000g、10 分遠心後、上清を希釈し PCR の 鋳型とした。

海水は 500ml ずつ 5 回、目合い 0.45 μ m のセルロースメンブランフィルターでろ過し、 各フィルターについてそれぞれ以下の処理を 行った。1)溶解液 1ml を加えボルテックス後、 55 ℃ 1 時間、95 ℃ 5 分加熱、フィルター除去 後、10000g × 10 分遠心、上清を数段階に希 釈し鋳型とした。この処理に加え 2)ガラスビ ーズでボルテックスを行った。3)イソプロパ ノール沈殿を行った。4)フェノールクロロフォルム抽出(抽出の際はフィルターを除去せ ず)、イソプロパノール沈殿を行った。5)フィ ルターを除去して4)の処理を行った。

PCR で使用したプライマーは、1)バクテリアや葉緑体の 16SrRNA をコードする遺伝子を 増幅できる既知のプライマー(F357; CCT ACG GGA GGC AGC AG と、R907; CCG TCA ATT CMT TTG AGT TT)、2)プライマー設計ソフ トの primer3 により得た真核生物の 18SrRNA をコードする遺伝子を増幅できるプライマ (FM664; CYG CGG TAA TTC CAG CTC & RM1540; TTY CTT TAA GTT TCA GCC TTG C)、3)植物プランクトンの PsbA(葉緑体の光 化学系 D1 タンパクの反応中心をコードする) 遺伝子を増幅できるプライマー(PsbAF745; TTC GGT CAA GAA GAA GAG ACT TA & PsbAR1010;TTC GTG CAT TAC TTC CAT ACC)の 3 ペアとした。

PCR の反応条件は 95 ℃ 10 分→(94 ℃ 30 秒 → 55 $^{\circ}$ C 1 分→ 72 $^{\circ}$ C 1分) (40 サイクル) → 72 $^{\circ}$ C 7 分とした。PCR は反応液にアンプダイレクトを使用した場合と使用しない場合で行い、 PCR 産物は電気泳動によりバンドの有無を確 認した。

また、植物プランクトン色素を基にした群 集組成の解析は、CMB 法を用いて以下の手順 で行った。1) 既知の分析方法に従い海水試料 から HPLC を用いた色素分析を行い、色素に とに濃度を測定した。2)得られた色素濃度値 をエクセルアドインソフトの CMB8.2J(フリーソフト)に代入した。3) 文献データを基に、 分類群ごとの色素組成を CMB8.2J に代入し た。4) CMB8.2J 上でマクロを実行した。

結果と考察

底泥試料からの PCR は、反応液にアンプダ イレクトを用いた場合、どの DNA 断片も良 好な増幅が確認された。一方、反応液にアン プダイレクトを用いない通常の PCR では DNA 断片の増幅が確認されなかった。同様に、 海水試料についても、精製の有無にかかわらず、アンプダイレクトを反応液に用いた場合、 どの DNA 断片も良好な増幅が確認された。 精製処理をせずに種々の試料からアンプダイ レクトを用いた PCR の実施例が報告されてい るが、今回、底泥や海水試料からも精製処理なしに PCR が可能であることがわかり、ハイスループットな解析を行う際に有効と考えら れた。

CMB による解析の結果、各色素濃度(実測 値)と計算による推定濃度は統計的にもよく一 致していた (χ^2 =0.62, R^2 ,=0.99, percent mass values= 101.6%)。また、CMB 法によ り得られた海水中の群集組成は珪藻(65%)>プ ラシノ藻(11%)>クリプト藻(8%)>ハプト藻 (6%)>ペラゴ藻(5%)>渦鞭毛藻(5%)と推定さ れ、過去の知見との比較からも妥当と推察された。以上より、CMB 法を用いても色素によるプランクトン群集組成の推定が可能と考え られた。

Occurrence of Pseudo-nitzschia species in San Pedro Bay, Leyte, Philippines

Leni G. YAP-DEJETO^{1&2}, Takuo OMURA¹ and Yasuwo FUKUYO¹

- 1, Asian Natural Environmental Science Center, The University of Tokyo, Yayoi 1-1-1, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8657,
 Japan
- Division of Natural Sciences and Mathematics, University of the Philippines in the Visayas Tacloban College Tacloban City, Leyte, 6500 Philippines

Key words: Pseudo-nitzschia, San Pedro Bay, species identification

1. Introduction

The genus Pseudo-nitzschia has 31 member species. At present 11 species of this genus are known to produce domoic acid (DA). DA is an algal toxin that causes amnesic shellfish poisoning (ASP). Critical identification of each species in this genus requires transmission electron microscope. This technical criteria is reason why ecological studies Pseudo-nitzschia at the species level remain wanting. Counting the species under TEM is logistically impossible while viewing the cells under LM cannot provide for identification. This pilot study aims therefore to LM initial identification quantification of *Pseudo-nitzschia* species. Not only will this aid species ecological studies of the genus, this will also be useful for early detection of probable toxic Pseudo-nitzschia species so that decisions for issuance of warning for proper food security can be made ahead of time.

Studies on this genus are numerous particularly in Europe and North America. In contrast studies of *Pseudo-nitzschia* in Southeast Asia remain scant. The second purpose of this study thus addresses this gap of knowledge.

San Pedro Bay is found in the middle and eastern part of the Philippine Islands in between the so-called "twin islands" of Leyte and Samar. It is composed of a smaller Cancabatoc Bay, and the very narrow San Juanico Straits. San Pedro

Bay eventually leads to the Pacific Ocean.

2. Materials and Method

Field surveys in San Pedro Bay were conducted from December 2006 to May 2008 (Fig. 1). Samples were taken twice a month using Van Dorn sampler. Based on Pseudo-nitzschia cells' shape, lengths and widths, six identification -groups were established as follows: ①AUS-group (composed of 15 species), ②GAL-group (6 species), ③MICRO-group (2 species), @CAC -group (9 species), ⑤AME -group (3 species) and ⑥ SUBC -group (1 species). Species of Pseudo-nitzschia were counted using grouped and these identification-groups. All counted cells were picked up and placed in centrifuge tubes corresponding to the groups made. The cells in the tubes were then washed with distilled water, and cleaned using KMNO4, H2SO4 and Oxalic Acid. The cells were washed several times with distilled water again before these were mounted and observed under the transmission electron microscope. Thus it was insured that the all cells counted, grouped and observed under TEM were the same cells.

3. Results and Discussion

Results of the sampling from December 2006 to May 2008 showed that *Pseudo-nitzschia* was present in San Pedro Bay the whole year round. The highest cell density (50,000 cells/L) of *Pseudo-nitzschia* species was spotted in February 2007. More diverse species of the genus tended to appear during the wet season while higher cell densities are likely to occur during the dry season (Fig.2).

In the six identification-groups made, five groups were found in San Pedro Bay. These were : ①AUS-group (about 8,700 cells picked MICRO-group (22,000 cells) ③ up) 2 cells), CAC-group (87,000 4 AM-group (40,000cells) ⑤ SUBC-group (5,900 cells). Result of TEM observations showed that for the MICRO-group, the identification-group was exact. All cells in the tube for this group were identified under the TEM as P. micropora. However for the CAC-group, three different species were found under the TEM. These were P. pseudodelicatissima, P. caciantha and P. pungens. P. pungens should have been picked up and placed in the AUS-group and not in the CAC-group. This discrepancy was because P. pungens in San Pedro Bay appeared very thin than its temperate counterparts and was mistaken to be straight shaped (CAC-group) instead of spindle shaped (AUS-group). The identification -groups will then be fine-tuned to answer this discrepancy. TEM observations for AUS-group, AME-group and SUBC-group are still undergoing.

Thus far there are five species of Pseudo-nitzschia in the bay. These are P. pungens, P. pseudodelicatissima, P. brasiliana (identified from culture strains), P. caciantha and P. micropora. The presence of probable DA producing species, P. pseudodelicatissima is a signal that ASP could occur in the area and thus monitoring should be done especially since aquaculture cages are present here.

Based from the preliminary results made, the identification-groupings are acceptable. Aside from *P. pungens* that was found in the CAC-group, the other species identified using the groupings under the light microscope matched with the species that belonged in the groups made when these were viewed and confirmed under the TEM. The identification-groupings will be tried in other biomes such as in the temperate and Antarctic areas so that these can be tested on other *Pseudo-nitzschia* species as well.



Fig.1 Sampling Site

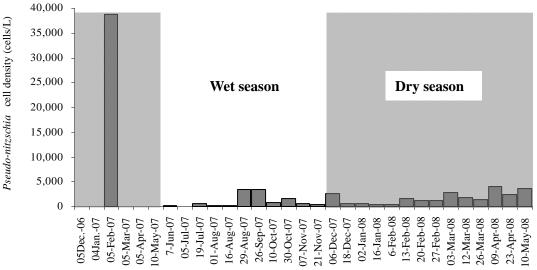


Fig. 2 Cell densities of *Pseudo-nitzschia* during December 2006 to May 2008 in San Pedro Bay, Philippines.

断続照射光の波長の違いがハプト藻 *Isochrysis galbana* の増殖と脂肪酸組成へ与える効果 ○矢後 貴英・吉岡 美和・荒川 久幸・吉江 由美子・森永 勤 東京海洋大学

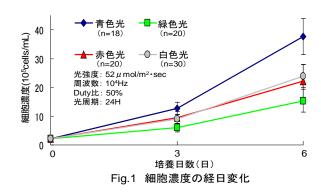
キーワード: 断続光、波長、飼料用微細藻類、細胞濃度、脂肪酸組成

ハプト藻 Isochrysis galbana 1.はじめに は餌料用微細藻類として二枚貝類の種苗生産 に利用されている。餌料用微細藻類の生産技 術では、大量に増殖させ、かつ脂質量ならび に高度不飽和脂肪酸の割合を増大させること が求められている。福井(2005)は、明/暗周期 50 μ s/50 μ s(周波数 10⁴Hz、Duty 比 50%)の 断続光照射が、定常光照射よりも細胞の増殖 を促すことを報告した。一方、脂肪酸に関し ては、光強度の相違により脂肪酸組成への影 響を言及した研究が多く見られる。しかし、 照射光の波長の相違による影響を検討した研 究例はほとんどない。そこで本研究は、餌料 用微細藻類の増殖速度と含有脂質を増加させ、 高度不飽和脂肪酸の割合を高めることを目的 とし、Isochrysis galbana に波長の異なる断 続光を照射し、細胞数および脂肪酸組成に与 える効果を調べた。

2.方法 実験は 2007 年 4 月から 2008 年 5 月にかけて東京海洋大学暗室で行った。実験 装置はインキュベータ内に LED パネル(CCS Inc.)、容積 500ml の培養容器、スターラーを配置した。 試料はハプト藻 Isochrysis galbana を使用し、初期細胞濃度を 2.0×10^5 cells/ml になるよう F/2 培地で適宜希釈した。 LED パネルの照射光の色(ピーク波長)は白(460、560nm)、青(470nm)、緑(525nm) および赤(670nm)である。光強度は培養容器の水面で 52μ mol・m $^{-2}$ ・ s^{-1} に制御した。断続光の周波数、Duty 比はそれぞれ 10^4 Hz、50%とした。全ての照射条件において 1 日当

たりの総照射光量子量は同一(4.5mol・m⁻²)になるよう設定した。培養期間は6日間とし、0、3、6日目に細胞数の計測および6日目に脂質の定量ならびに脂肪酸組成の分析を行った。

3.結果 細胞数は培養日数の経過と共に増加した。実験 6 日目における青色光の細胞濃度は最も高く、最も低かった緑色光と比較すると約2.5倍であった(Fig.1)。脂肪酸組成は、16:0、16:1n-7 および 20:5n-3 の割合が高かった。しかし照射光の波長の相違による影響は見られなかった(Fig.2)。



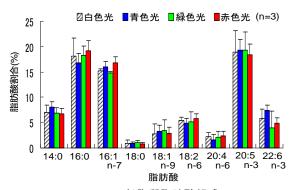


Fig.2 総脂質脂肪酸組成

Adelie Depression における乱流混合と二重拡散対流の定量評価

○平野大輔、北出裕二郎

(東京海洋大学大学院 海洋科学技術研究科)

キーワード: 南極底層水、乱流混合、二重拡散対流、Adelie Depression

1.はじめに

南極底層水(AABW: Antarctic Bottom Water)は、 南極大陸周辺の特定の海域で、大気による海面冷 却や海氷形成における brine rejection 等を通じて 形成される(Gordon and Tchernia, 1972; Williams et al., 2008)。形成された AABW は隣接する海盆に 流入し、その後全球深層海洋へと広がっていく。 AABW の形成及びその循環は、熱の全球南北再 分配に影響を及ぼすことから、地球規模の気候変 動の重要な要素である(Orsi et al., 2002; Jacobs, 2004)。その AABW の形成海域として、Weddell Sea、Ross Sea、Adelie Land Coast が知られている。 Adelie Land Coast で形成される AABW は、ALBW (Adelie Land Bottom Water)と呼ばれ、Adelie Land 沖の 142°~147°E に位置する Adelie Depression の Shelf Water が起源であると考えられている (Fukamachi et al., 2000; Williams et al., 2008). Williams et al. (2008)は、Adelie Depression におけ る長期間の係留観測から、低温・高塩な Shelf Water の流量を見積もることにより、ALBW の生成 量を 0.4~2.0Sv (1Sv=10⁶m³s⁻¹)と推定した。しかし ながら、ALBW 形成に関わる混合過程については 検討しておらず、ALBW の生成量及びその形成過 程を定量的に解明したとは言い難い。そこで、 ALBW の生成量を混合過程(乱流・二重拡散対流) の定量評価から推定する第一歩として、Adelie Depression 近傍における乱流及び二重拡散対流に よる混合強度を評価し、この海域における混合過 程の定量的特徴について検討した。

2.観測

2008 年 1 月 26 日から 2 月 20 日にかけて、東京海洋大学研究練習船海鷹丸により、南大洋インド洋セクターに位置する Adelie Land 沖において、CTD 観測及び LADCP(Lowered Acoustic Doppler Current Profiler) 観測を実施した(Fig.1)。本観測は、日本・オーストラリア・フランスの共同研究であるCEAMARK (Collaborative East Antarctic Marine Census)プロジェクトの一部として実施されたものである。観測に用いた CTD は Sea-Bird 社のSBE911plus であり、水温、電気伝導度の精度はそれぞれ 0.001°C、0.0003S/m(塩分に換算して0.002PSU)である。流向流速は RDI 社の LADCPを用いて測定し、インバース法により変換したデータを解析に使用した。

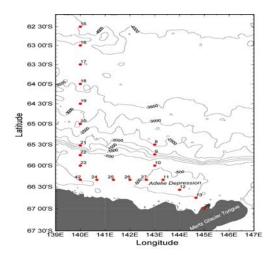


Fig.1 観測海域の海底地形及び CTD、LADCP 観測点、等深線の単位は m.

3.結果

3.1.水塊分布の特徴

表層には低温・低塩の AASW (Antarctic Surface Water; □□<27.6, -1.84<□<2.0, S>34.0)、底層には AABW(□₂>37.16, -1.7<□<0.0, 34.65<S<34.72)、その中間の密度帯には高温・高塩の MCDW (Modified Circumpolar Deep Water; □□>27.6, □₂<37.16, □<1.8, S<34.7)が分布していた。また、低温・高塩の SW (Shelf Water; □₂>37.16, □<-1.7, S<34.72)は Adelie Depression 内にのみ分布しており、他の測点には分布していなかった。

3.2.流速場の特徴

LADCP 観測で得られた流向流速データを用い て流速場の特徴を調べた。最大流速は、Adelie Sill に位置する Sta.24 の海底近傍において約 40cm/s の西向きの流れが観測された。また、 Adelie Depression では、Sta.11 を中心として南向き の depression への inflow が、Sta.25 を中心として北 向きの depression からの outflow が存在し、時計 回りの循環の存在を示していた(Fig.2)。この循環 のパターンは、係留観測の結果から Williams et al. (2008)が、モデルの結果から Marsland et al. (2004) が示したものと一致していた。さらに、depression へ の inflow 領域では、MCDW の貫入を示唆する水 温極大層が存在していたのに対し、outflow 領域に は存在していなかった。このことから、depression 内 における MCDW の分布と上記の循環パターンが 密接に関わっていると考えられた。

3.3.混合過程の定量評価

Adelie Depression における混合過程を定量的に評価するために、乱流拡散係数 K_v と二重拡散対流による熱と塩分の拡散係数を評価した。一般的に、 K_v の推定は乱流プロファイラーを用いた乱流観測によってなされる。より簡便な手法として、CTD 観測から得られる密度記録より密度逆転を抽出し、密度逆転の鉛直スケールである Thorpe スケール(Thorpe, 1977)と鉛直渦の代表スケールであ

る Ozmidov スケール(Ozmidov, 1965)との関係を用いて K_V を推定する手法が提案されている (Dillon, 1982)。本研究では、この手法を用いて 100dbar 平均の K_V を評価した。その結果、Adelie Depression、陸棚上、大陸斜面域において、 K_V が大きな値を示す層では $K_V \sim O(10^4) \sim O(10^2)$ (m^2s^{-1})であった。海底近傍や大陸斜面域において、 K_V が大きな値を示す層が多く分布していたことから、境界混合の存在が示唆された。

二重拡散対流による熱と塩分の拡散係数の評価は、Diffusive 型対流に対しては Kelly (1990)、Finger 型対流に対しては Schmitt (1981)に示されたパラメタリゼーションを用いた。Adelie Depressionや陸棚上では、二重拡散対流が活発である層(75<|Tu|<90)はほとんど分布しておらず、二重拡散対流と比較すると乱流混合が卓越していると考えられた。一方、大陸斜面域の 500dbar 以浅ではDiffusive 型が、500dbar 以深では Finger 型対流が活発である層が多数分布していた。大陸斜面域では境界混合が示唆されたものの、AABW が大陸斜面に沿って沈み込む過程において、二重拡散対流が重要な役割を果たす可能性が考えられた。

今後の課題としては、乱流や二重拡散対流による混合に伴う熱塩フラックスを推定し、種々の水塊 形成をより定量的に評価する必要があると考えられた。

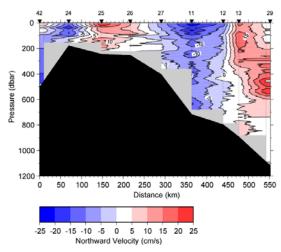


Fig.2 Adelie Depression における南北流速の鉛直断面図(赤:北向き、青:南向き).

東京湾の海況変動特性に関する研究

キーワード:東京湾,モニタリング観測,海水交換,熱収支

〇岩沢知毅, 北出裕二郎, 根本雅生, 川村有二 (東京海洋大学大学院 海洋科学技術研究科)

1. はじめに

東京海洋大学海洋科学部海洋物理学研究室では、東京湾内湾から相模湾全域の海況を精度良く予報することを目指し、広範囲での海況モニタリングとデータ同化・予報モデルの開発を進めている。現在は、千葉県富津岬南沖、東京海洋大学水圏科学フィールド教育研究センター館山ステーションでモニタリングを実施している。

東京湾は、約6kmと狭い湾口部を介して外洋域と接続している、閉鎖性の強い湾である。千葉県富津岬以北(湾奥部)では平均水深 15m と浅いが、神奈川県観音崎以南(湾口部)では水深が 500m 以上と急激に深くなる(Fig.1)。湾内には、エスチュアリー循環や吹送流、黒潮流路の変動に伴って生じる外洋系暖水の流入など様々な物理過程が混在している。そのため、これらの物理過程が東京湾の海水交換へ及ぼす影響を明らかにすることは、漁業、海洋開発、さらには海洋環境保全において非常に重要である。

本研究では、東京湾の湾奥部を Stas.1~5、湾口部を Stas.6~10 とした。湾内における CTD 縦断観測と富津・館山に設置したモニタリングシステム(Aqua e monitor)の 記録から、水塊構造の変化とその特徴について調べた。

2. 観測と解析

2007 年 5 月~2008 年 2 月にかけて計 9 回、東京海洋 大学練習船「青鷹丸」にて CTD(OCTPUS)による東京湾 の縦断観測を行った。観測点は、湾奥部から湾口部に かけて、観音崎付近を中心に計 10 測点設定した。

解析には、CTD 縦断観測で得られた水温・塩分・密度などのデータについて鉛直断面及び、T-S ダイアグラムを作成し、東京湾内の水塊分布・季節変動特性を捉えた。また、2007 年 5 月~2008 年 2 月に、東京湾湾口部の 2 測点に設置したモニタリングシステムで得られた水温・塩分のデータ、東京・千葉・館山での気象庁アメダス観測データ、海上保安庁が観音崎、伊豆大島で観測した風向・風速データ、海洋速報(海上保安庁海洋情報部)による 200m 深水温水平分布図、神奈川県水産技術センターが公表している人工衛星 NOAA 海面水温分布図、関東・東海海域漁海況速報を用いて、季節変動の細かな特徴を調べた。

モニタリング観測データと CTD のデータの比較を行った結果、富津、館山での値は、それぞれ St.6, St.10 のCTD のものとほぼ同じ値であることを示した。したがって、

モニタリング観測データはある程度の空間的代表性を持つことが分かった。

3. CTD 縦断観測に見られた特徴

Fig.2 に示した CTD 縦断観測で得たデータを用いて作成した鉛直断面図から、冬季(2007年10~2008年2月)において、水温の低下と塩分の上昇が見られた。10月には表層水温が急激に下がり、混合層の発達により、20~40mにかけて水温が約21°Cで一様となった。湾奥底層部には高塩分水は見られず、低塩分水が見られた。12月には、湾奥部を中心に表層水温の方が底層水温に比べて低くなる水温逆転が見られ、Sta.10で水温・塩分の勾配が弱まっていた。2月は湾奥部で約7°C、約33.0PSUと低温・低塩分化が進み、湾口部を中心にSta.6付近まで水温・塩分・密度は鉛直に一様となり、熱塩フロントの形成が確認された。

4. 東京湾の海況変動特性

CTD 縦断観測結果で見られた湾内水の季節変化について、より詳細な変動を捉えるために、冬季(2007 年12月~2008 年2月)のモニタリング観測データを調べた(Fig.3)。その結果、以下の期間で特徴的な水温・塩分の変化が見られた。

(1)では、両観測点で水温低下が見られた後、富津の み水温上昇が見られ、風による変化が考えられた。(2), (5)では、館山のみ水温と塩分の上昇、富津では単調な 水温低下が見られ、館山は外洋系水の波及、富津は海 面冷却による変化が考えられた。(3)と(4)では、両観測 点で水温、塩分上昇が見られ、外洋系暖水の波及によ る変化が考えられた。ここでは、(2)と(5)で見られた富津 の海面冷却による変化について述べる。

Fig.4 に富津における 2007 年 12 月~2008 年 2 月の 熱収支を示したところ、正味の熱収支はほぼ負の値であった。海面が大気から熱を受け取る場合を正としているので、期間を通して海面から大気へ熱を放出していると考えられる。(2)と(5)での正味の平均熱収支は、(2)で約 $-70~W/m^2$ 、(5)で約 $-100~W/m^2$ となった。これらを温度換算すると、(2)で約 1° C、(5)で約 3° Cとなり、富津のモニタリング観測の変化とほぼ一致した。したがって、(2)、(5)では海面冷却による変化と考えられた。また、(5)での富津の急激な水温上昇は、湾口部付近に 16° Cの等温線が広がっていたため、外洋系暖水の波及による変化と考えられた。

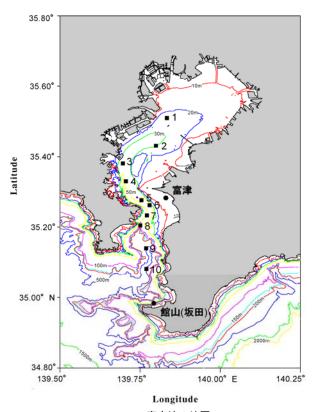


Fig.1. 東京湾の地図 黒丸点:モニタリング観測点(上:富津岬南沖,下:館山ステーション) 黒四角点:CTD 縦断観測点(湾奥部から Sta.1~10 と設定した)

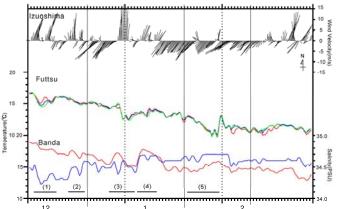


Fig.3. 2007 年 12 月~2008 年 2 月の水温・塩分・風の時系列 (線は CTD 観測日。上: 伊豆大島の風, 中: 富津岬南沖の水温, 下: 館山の水温・塩分)

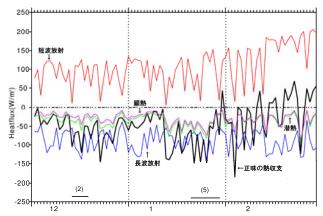


Fig.4. 2007年12月~2008年2月の富津における熱収支

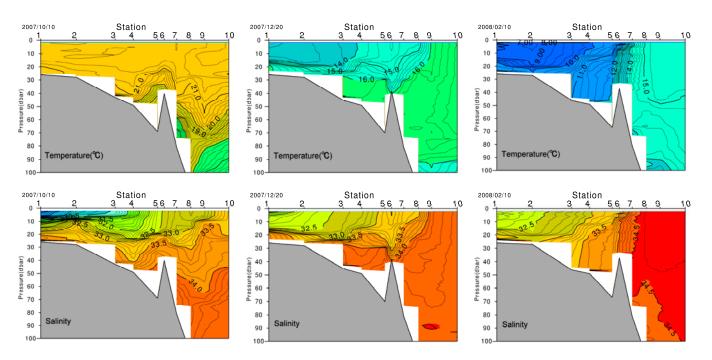


Fig.2. 東京湾 CTD 縦断観測によって得られた鉛直断面 (上:水温, 下:塩分) (左:2007 年 10 月, 中:2007 年 12 月, 右:2008 年 2 月)

東京湾湾口部における半日周期内部潮汐の強化について

北出裕二郎 (東京海洋大学)

キーワード:東京湾、半日周期内部潮汐、共振機構、沿岸捕捉波

1. はじめに

東京湾湾口から相模湾にかけての海域では、夏季から秋季に内部潮汐が卓越して見られる。これまでの研究(北出ら,1993; Kitade and Matsuyama, 1997)から、相模湾の内部潮汐の発生域は伊豆海嶺北部や房総半島南端部などであり、そこで発生した内部潮汐が相模湾へと到達し、反射・干渉することが示されている。干渉の結果、湾内には内部潮汐の鉛直変位や流速振幅が大きくなるところが形成される。このような空間的な振幅の変化に加えて、相模湾内での内部潮汐の流速振幅が大潮小潮の周期とは無関係にある期間急激に大きくなることがある。これまでに観測された例では、内部潮汐の増幅は急潮あるいはそれに類する昇温時に認められている(北出ら,2003)。

近年、東京湾湾口東部の富山町沖で水温・流速の準リアルタイムモニタリング観測を実施した際、2006年9月上旬に10~40m深の水温が全体的に上昇した時に、潮汐流が約2倍の40cm/sに増幅する現象が認められた(図1)。40cm/sという流速は定置網の網おこしが困難な流速であり、富山町の定置網漁においては、2週間近くの休業を強いられた。本研究では、この観測例をもとに条件を設定し、半日周期内部潮汐の強化機構について数値実験により調べた。

2. モデルと条件

モデルは3次元レベルモデルであるが、順圧モードと傾圧モードを異なるタイムステップで計算するように改良したモデル(ここではハイブリッドモデルと呼ぶ)である。計算領域は相模湾を中心とした東西に300km、南北に200kmの海域であり、この海域を1km四方の正方格子に分割した。本研究ではモデルの開境界から外部潮汐を与え、モデル海域内の海底地形により内部潮汐を発生させて、その発生伝播を調べると共

に、内部潮汐が増幅する機構を調べた。それぞれの境 界の近くの検潮所における値を参考にして、開境界から与える外部潮汐の振幅と位相を与えた。

本研究では、大潮小潮と関係なく半日周期内部潮汐が増幅する機構を調べるため、開境界からは M2 分潮の外部潮汐を与え、成層条件や風などの条件を変えた実験を行った。成層条件として、2006 年 7 月と 8 月の典型的なプロファイルを与えたものをそれぞれケース①と②、9 月上旬の暖水の波及時のものをケース③とした。さらに、急潮と関連して増幅する観測例もあることから、8 月の成層条件を用いて沿岸捕捉波による内部潮汐の増幅効果を調べた実験ケース④を実施した。

3. 結果と考察

表1にモニター点での流速振幅の増幅率を示す。ケース②、ケース③と成層が強くなると、東京湾湾口域富山町沖での潮流振幅は大きくなることが分かった。この増幅には、成層が強くなったことにより、より多くのエネルギーが内部潮汐に移項しやすい効果と東京湾湾口部での固有振動との共振により増幅する効果があると考えられた。一方、房総半島東海域だけに北風を吹かせ、対象海域に沿岸捕捉波を波及させたケース④の場合にも、潮汐周期で強い流れが生じることが分かった。この流れの強化は、沿岸捕捉波による流れと内部潮汐による潮流の重ねあわせで流速が速くなる効果と暖水波及により成層が強められる効果により増幅すると考えられた。

表 1 東京湾湾口部のモニター点における半日周期潮流の振幅増幅率(7月の流速振幅 9cm/s を基準とした)

ケース	②8月	③9月	④8 月&CTW
振幅増幅率	1.1倍	1.9倍	1.4倍

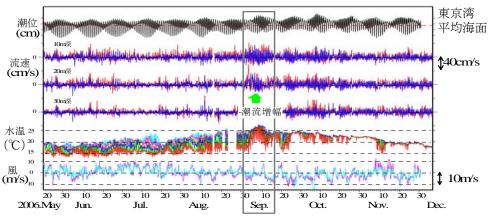


図 1 東京湾湾口部 (富山町沖)で観測 された流速、水温の 時系列と東京湾平均 潮位、大島の風の時 系列図 (藤井,2007 より)

相模湾における半日周期内部潮汐の散乱

川村有二(東京海洋大・海洋科学)・北出裕二郎(東京海洋大・海洋科学)

・根本雅生(東京海洋大・海洋科学)・松山優治(東京海洋大・海洋科学)

キーワード:内部潮汐・反射・散乱・相模湾

1. はじめに

沿岸域で卓越する物理現象の一つである内部潮汐は、外部潮汐に比べ伝播速度 が非常に遅く、強い流速シアを持つことから、比較的短い距離で砕波・減衰する。 特に、海底地形の急変する海域では、海底地形との相互作用、すなわち、反射・ 散乱により、そのエネルギーが急激に減衰することが予想され、海水交換等への 寄与を定量的に明らかにする必要がある。

日本太平洋側に位置する相模弯では、夏季に顕著な内部潮汐が観測される。 Tony (2005)は2003年夏季に相模弯北部の城ヶ島沖の水深急変部で水温・流速の 係留観測を実施した。その結果、鉛直第1モード的な鉛直構造を持つ半日周期内 部潮汐が卓越していたが、水深が急変している海底上から鉛直スケールの小さい 散乱波の発生の可能性が示唆された。散乱波は鉛直シアが強いために減衰しやす く、鉛直混合に大きな寄与を及ぼしていると考えられる。

本研究では、さらに、2007年の夏季に係留観測ならびにTurboMapによる乱流の観測を実施し、湾内の内部潮汐の反射・散乱過程について調べた。

2. 観測

2007年の9月11日から11月30日までの約2ヶ月間城ヶ島沖のSta. MでADCP を用いた係留観測を実施した(図 1)。観測点付近は海底地形が急変している。 ADCP は、海底(水深約250m)から5mに設置し、2m間隔で50層にわたり30分ごとに流速を計測した。また、6月17日、7月8日、10月9日の3回にわたりTurboMapによる断面観測を実施し、傾斜の大きな半日周期内部潮汐の反射・散乱の海水混合への寄与について調べた。

2. 観測結果

係留観測中、風などによる数日周期の変動も認められたものの、半日周期の 潮汐変動が卓越していた。本研究では半日周期内部潮汐に注目し、その鉛直構造 を詳しく調べた。半日周期成分の流速のエネルギー密度は、150m 深付近で極大 となっており、また、位相は鉛直上方に向かい遅れていた。これらの構造は内部 波エネルギーの斜め下方伝播を示している。この構造は鉛直スケールが小さく、 発生域から短い距離で減衰するため、係留観測点付近で生じたものと考えられる。

TurboMap 観測により得られたε 及び鉛直拡散係数 Kv の分布を示す。鉛直拡散 係数の高い場所は、測点により大きく異なり、水深が急変する海底上からのばし た半日周期内部潮汐の特性曲線にのって分布していることが分かる。つまり、水 深急変部で半日周期内部潮汐が散乱をおこし、発生した散乱波エネルギーが特性 曲線に沿って伝播し、海水混合を引き起こしたと考えられる。講演時には、他の 月の結果についても示す予定である。

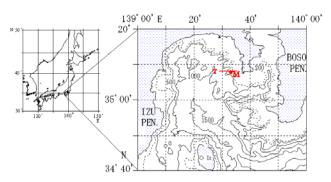
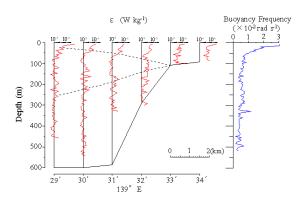


図1. 相模湾の海底地形及び係留観測点. 等深線の数字の単位はm.



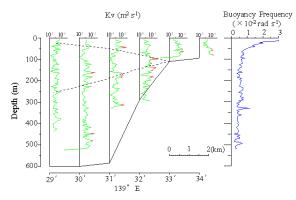


図2. Turbollap 観測により得られたエネルギー逸散率 ε 、鉛直渦拡散係数 Kv 及び浮力振動数の鉛直分布. 点線は水深急変部からの半日周期内部朝汐の特性曲線の分布を示す

Argo フロートデータを用いた南大洋における密度比の分布の研究

○根本萌由·吉田次郎·嶋田啓資·根本雅生 (東京海洋大学大学院 海洋科学技術研究科)

キーワード:二重拡散対流、Turner angle、Argo フロート

1.はじめに

南大洋は全球スケールの水塊の形成・変質が起こる海域である。水塊の形成・変質には、種々の混合過程が寄与すると考えられている。南大洋では、その形成・変質において二重拡散対流が重要な役割を担っていることが期待されるが、観測が困難なこともあり、詳細には不明な点が多く残っている。

これまでの南大洋における二重拡散対流に関する研究は Levitus 等の平滑化された気候値データや、WOCE データセット等の Snap shot 的なデータを用いて行われており、時間変動は十分に理解されていない。

そこで本研究では、南大洋に展開されている Argo フロートにより得られた水温・塩分データ から、密度比及び Turner angle を求め、二重拡散対流の activity の季節変動の特徴を調べた。また、推進力を持たずに 3~4 年間を海流に依存して漂流する Argo フロートの特性を利用して、フロートの長期追跡も試みた。

2.データ

本研究において、水塊間の二重拡散対流のactivity のマッピングには、2002 年 3 月から2007 年 4 月までの間に南緯 40 度から南極大陸に到る海域に存在した Argo フロートから得られたデータを使用した。各データは、表層から2000m までの水温・塩分のデータと、そのプロファイルの得られた年月日、緯度経度から成っている。

まず、Argo フロートから得られた水温・塩分のデータを 3 次の Spline 補間により 1db ごとに内挿し、次に国際海水状態方程式により密度(σ_{θ})を計算した。求められた値を用いて、二重拡散対流の activity の指標となる密度比及び Turner angle(Tu)を計算した。

また、Argo フロートの追跡のために、南緯 50 度以南の海域で概ね 1 年以上を漂流した Argo フロートを抽出した。各フロートに対し、水温、塩分、 σ σ Tu のそれぞれの時間変化を調べた。

3.結果

本研究では、二重拡散対流の activity の季節変動を調べるため、まず海盆間の比較を行った。その結果、それぞれの海盆での季節変動はあまりないが、海盆ごとに密度比の分布に特徴があることがわかった(図 1)。さらに、水塊間での二重拡散対流について調べたところ、季節変動があるのは 温度躍層上部であることがわかった。 activity の季節変動はあまりなく、年間を通して finger 型対流の傾向が見られるのは、AAIW と SAMW の境界と、CDW と AABW の境界であった。大西洋セクターのみ、NADW と AAIW の境界に年間を通して diffusive 型対流の傾向が見られた(図 2)。

フロートの軌跡を調べたところ、殆どが東西方向の移動をしていることがわかった。多くのフロートが東向きの流れを捉えていたが、南極大陸沿岸(南緯70度付近)では、西向きの流れを捉えていたものもあった。南北方向の移動をしたものは、南米大陸などの岸沿いや海底の浅い海域の海流に乗って漂流したり、一時渦を通過する以外には見られなかった。

東西方向の移動をしたフロートからは、フロートごとにどのような水塊を通過したのかを調べた。また、同一の水塊に乗ったまま漂流したと思われるフロートに関しては、その水塊中での各特性の時間変化を述べた(図 3)。

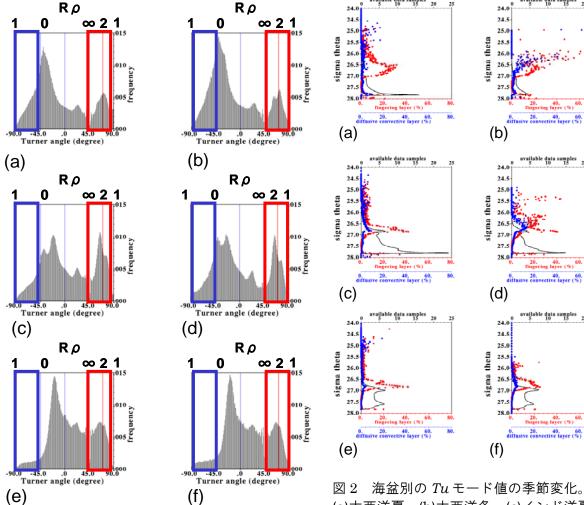
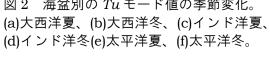


図 1 海盆別の *Tu* ヒストグラムの季節変化。 (a)大西洋夏、(b)大西洋冬、(c)インド洋夏、 (d)インド洋冬(e)太平洋夏、(f)太平洋冬。



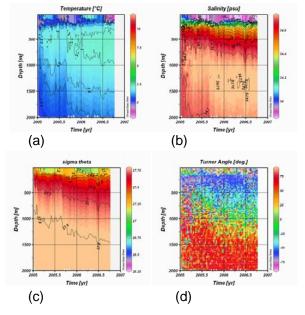


図 3 フロート ID1900481 の経時変化の図。(a) 水温、(b)塩分、(c) $\sigma_{\theta_{\infty}}$ (d) Tu_{σ}

北太平洋における混合過程に果たす二重拡散対流の役割

〇嶋田啓資・吉田次郎

キーワード: 二重拡散対流・ R_o ・ R_L ・Argo float

1. はじめに

二重拡散対流とは、重力的に安定でありながら、 上層が高温・高塩分、或いは低温・低塩分の様に 海水の密度を決定する水温、塩分のどちらか一方 による重力的に不安定なポテンシャルが場に内 在しているときに生起する鉛直対流である。

海洋において、二重拡散対流を直接捉えるためにはコストのかかる微細構造観測を要し、広大な海洋全域における実態を把握することは困難である。過去の研究により、この対流の海洋中における存在は認められるようになったものの、鉛直フラックス、或いは拡散係数など具体的な効果は十分に理解されておらず、現在の海洋循環モデルなどでは考慮されていないのが現状である。

一方、WOCE(世界海洋循環実験)に よる全球海洋の網羅的観測の実施、或 いはArgo floatの展開によって、二重拡散対流の可 能性、及び活発度の指標となる密度比

 $R_{\rho}=(\alpha\,\partial\theta/\partial z)/(\beta\,\partial S/\partial z)$ の空間分布が得られるようになった。これらによると北太平洋の主温度 躍層における R_{ρ} は 3.6 にモードをもち、広大な領域で上層が高温・高塩分であるときに生起する salt finger 型の二重拡散対流(以降 salt finger)の存在が示唆されている。特に東部亜熱帯モード水形成域では R_{ρ} は 1 に近い値をとっており、salt finger が非常に活発に生起していることが期待される(SHIMADA et al, 2007)。

また、ISELIN (1939)は subduction を通じて冬季の表層混合層の水温、塩分の南北構造が主温度躍層の水温、塩分の鉛直構造に反映されることを指摘している。つまり、冬季の表層混合層における南北方向の密度比 $R_L=\alpha\Delta T/\beta\Delta S$ ($\Delta T,\Delta S$ はそれぞれ水温、塩分の南北方向の差)は、主温度躍層における R_ρ 、さらには salt finger の活発度の決定要因となっていることが期待される。しかし、 R_L の空間分布は十分に研究されておらず、北太平洋で卓越する 3.6 という R_ρ の成因は説明されていないことも、主温度躍層における salt finger の役割を不明瞭に留める要因となっている。

本研究では、近年展開された Argo float によって 北太平洋において網羅的に得られた CTD データを 用いて、冬季の R_L の空間分布と主温度躍層における R_ρ の時間変化との対応を調べることにより、主温度躍層における R_ρ の成因を明らかにし、salt finger の果たす役割を調べた。

2. データ・解析方法

Coriolis Data Centre よりダウンロードした 2003 年 1 月から 2007 年 4 月の Argo float によって得られた CTD データを線形内挿補間により、1db 間隔のデータとした。水温、塩分の鉛直勾配は 3db の最小二乗法、 α 、 β (それぞれ熱膨張係数、塩分収縮係数) は国際海洋状態方程式(UNESCO, 1981)よりそれぞれ求め、 R_{ρ} を算出した。

 R_L は次の方法により算出した。表層混合層深度を各プロファイルの上層 $20{
m db}$ の $\sigma_{ heta}$ の平均値から $0.1\,\sigma_{ heta}$ 増加する深度とし、表層混合層の水温、塩分には見積もった表層混合層深度以浅の平均値を採用した。緯度経度 2° のグリッド毎に表層混合層水温、塩分の平均値を求めた(同年、同月のプロファイルのみを使用)。そして、隣接するグリッドより水温、塩分の差 ΔT_L 、 ΔS_L を求め R_L を算出した。

3. 結果

Subduction の起こる範囲をおよそ網羅する冬季 の表層混合層水温が 7~19℃ の範囲にある海域に おけるR, は、東部亜熱帯モード水形成域では1に 近い値を、その他の海域では 3 以上の値をそれぞ れ示しており、SHIMADA et al (2007)によるWOCE データセットから得られている R。の空間分布 によく対応していた。また、 R_L と R_o との対応は R_o の断面時系列において冬季の表層混合層のボトム 付近にて確認された。さらに、東部亜熱帯モード水 形成域では ZHANG et al. (1998)などが提唱するパラ メタリゼーションを用いて見積もった塩分の時間変 化が、Argo float によって得られた現場の塩分の時 間変化を非常に良く再現していた。以上の結果から 主温度躍層における R_o は冬季の R_L によって決定 され、 R_L が 1 に近い値を示す東部亜熱帯モード水 形成域では salt finger が塩分の鉛直輸送に重要な 役割を果たしていると考えられた。

発電所の CO。削減量を想定した CO。海洋隔離による濃度予測

○中村 倫明¹,和田 明¹,長谷川一幸²

1日本大学大学院総合科学研究科,2(財)海洋生物環境研究所

キーワード: 二酸化炭素(CO2),メッシュ細分化,pH値,数値シミュレーション

1. はじめに

近年、地球環境問題の中でも地球温暖化は、全地球規模で関心が高まっている問題である。我が国では、温暖化の主原因と考えられている CO_2 の削減を定めた京都議定書の第一約束期間内 (2008-2012) の削減目標達成は困難な情勢である 1 . 一方、削減目標を達成するために、工場や発電所など大規模排出源から排出される CO_2 を回収・貯留することにより大気へ放出させない技術 $(CCS; Carbon Dioxide Capture and Storage) の検討が各国で行われている。その基本構想の1つとして海洋中層へ <math>CO_2$ を放出し希釈させる中層希釈放流方式による海洋貯留が考えられている。

著者ら 2 のこれまでの研究では、日本近海に 2 CO $_{2}$ を投入した場合、水平解像度(水平方向 2 X 2)が粗く 2 CO $_{2}$ 濃度が平均化されてしまい、海洋生物等への影響評価行うには不十分であった。そこで、本研究では水平方向解像度を 1 10(0. 2 X 2)とすることで 2 CO $_{2}$ 濃度予測の精度向上化を図り、主要な 2 CO $_{2}$ 発生源の中で 2 CO $_{2}$ の分離・回収技術が進んでいる発電所の 2 CO $_{2}$ 削減量を想定した 2 CO $_{2}$ 海洋隔離による濃度予測及び 2 PH の予測を行った。

2. 解析モデルの概要

2.1 海洋大循環モデル

本研究で使用した流動モデルは、Wada et al³、長谷川ら⁴⁾が展開してきたモデルを改良した。計算対象範囲(太平洋全域;110E~70W,60N~74S,Cgrid)全てを細分化させると計算負荷が大きいことから、投入海域近傍の解像度の細分化を行った。細分化の範囲は投入地点(東経132度,北緯22度)を中心に経度127~139度,緯度17~25度とし、水平方向の2度メッシュ(粗メッシュ)を基に0.2度メッシュ(密メッシュ)を導入するネスティング手法を用いた。また鉛直方向の計算メッシュは既往の11層から16層へと層を増やした可変メッシュ区切りとした。密メッシュ系においては、粗メッシュ系からの情報として、境界流速を補間してセットし、運動量を伝達させた。次に密メッシュから粗メッシュへの情報伝達は、流量保存

則が厳密になるように、圧力ポアソン方程式を密メッシュおよび粗メッシュの自由度を同時に連立させて解いた。 圧力ポアソン方程式の解き方は、構造メッシュ上の不完全コレスキー分解付き共役残差法を用いた。海洋の流速成分はPrimitiveな方程式系を使用した。また、基礎方程式の座標系は水平方向に球面座標を用いた。ポテンシャル水温の保存式、塩分の保存式には、Sarmiento and Bryan⁵⁾にならい、計算値と観測値を同化させる項を導入するモデルを採用した。

2.2 002の挙動予測の計算モデル

流動モデルと同じ格子系を基に CO_2 放出点近傍を細分化させたモデルを構築した.モデルでは大気と海洋の CO_2 分圧差から交換量を算出 61 し $Tans^{71}$ らのガス交換係数を乗じることにより大気・海洋間の CO_2 収支を考慮し、Breger 81 らの基礎生産量から生物活動による炭素の鉛直移送(生物ポンプ)を考慮した数値モデルを構築した.以下に解析に使用した計算式を示す.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \overrightarrow{u} \cdot \nabla C = K_H \nabla^2 C + K_V \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - F_{OCEAN-AIR}(\lambda, \phi) + F_{inj}(\lambda, \phi, z) - F_{bio}(\lambda, \phi, z)$$
(1)

ここで、C:全炭酸濃度 (μ mol/kg)、t:時間(s)、 \vec{u} :流速 (m/s)、 ∇ :球面座標の水平ナブラ演算子、 ∇^2 :球面座標の水平ラプラシアン、 K_H :水平方向拡散係数 (1×10³m²/s)、 K_V :鉛直方向拡散係数 (1×10°4m²/s)、 $F_{OCEN-AIR}$:大気・海洋間の CO_2 収支 (μ mol/kg)、 F_{inj} : CO_2 投入量 (μ mol/kg)、 F_{bio} :生物ポンプ (μ mol/kg)、 λ :緯度、 ϕ :経度である. 拡散方程式の離散化には有限体積法を用いている.

3. 使用データ

使用した水温・塩分データは JODC 所蔵の 1906~1988 年にわたる約80年間のデータを用いた. 風速のデータは, NASA の Goddard Space Flight Center (GSFC) から提供さ れた太平洋全域の 1988年~1998年までの6時間毎のデ ータを使用した. 全炭酸濃度,全アルカリ度は Chen ら ⁹⁾の式から算出した値を用いた.

4. 002の挙動予測の計算結果と考察

 CO_2 投入量は COP3 で定められた基準値に対し、2003 年の年間超過量である 0.052Gt/yr を基準とし、大規模 CO_2 発生源の中で分離・回収技術が進み、また立地条件から海上輸送が行いやすい発電所に着目し、電力事業の CO_2 排出量は約 1/3 であることから 0.0173Gt/yr を投入量と仮定した。このときの CO_2 濃度は 12307.8174 μ mol/kg (負荷量/投入地点での格子体積) である.投入地点は地球環境産業技術研究機構のフェーズ 2 計画で検討された東経 132 度、北緯 22 度で、10 年間連続投入した場合の CO_2 の挙動をみた.また投入層は生物への影響を回避するため、有光層と海底付近の深層への投入を避け、既往 20 モデルの第 7 層 $(800\sim1500\text{m})$ と同じ深さに相当する第 10 層 $(1250\sim1500\text{m})$ とした.

投入開始から 10 年後の CO_2 濃度計算結果と pH 結果を図-1,図-2 に示した. 計算結果から,投入地点の最高濃度は約 $2380\,\mu$ mol/kg であり 10 年間で約 $150\,\mu$ mol/kg の上昇であった. メッシュ細分化前のモデルでは濃度上昇が $60\,\mu$ mol/kg であり 20 濃度に差異があった. また図-1より $80\,\mu$ mol/kg 以上の濃度上昇は投入地点から数十 km の範囲であることが確認された.

図-2 より、pH は CO_2 濃度分布と同様の分布をし、水平 方向解像度 $0.2^{\circ} \times 0.2^{\circ}$ で発電所からの排出量を投入した場合の最も低い pH は約 7.5 であった.

生物種によって CO_2 影響には差異があるものの,カイアシ類に対する CO_2 暴露試験結果 $^{10)}$ では,pH7.4 ではコントロール区と比べて産卵率に有意差がなかったとされている.このことから, CO_2 影響は本計算から得られたpH7.5 の領域の内側が問題になると考えられる.

参考文献

- 小池勲夫,2006;地球温暖化はどこまで解明されたか,丸善株式会社,pp 277.
- 2) 中村倫明,和田明,長谷川一幸,落合実:日本近海での CO₂ 海洋 隔離における濃度予測及び生物影響,水工学論文集,Vol. 51,pp. 1475-1480,2007.
- Wada, A. and Nagoya, S.: Pacific ocean flow simulation using the data assimilation system, Flow Modeling and Turbulence Measurements VI, pp. 631-637, 1996.

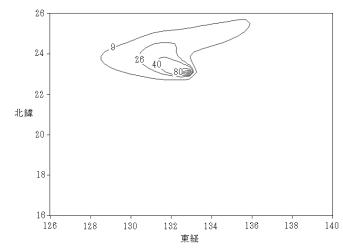


図-1 投入地点近傍の第 10 層における CO_2 の広がり (μ mol/kg)

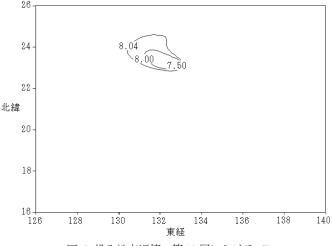


図-2 投入地点近傍の第10層におけるpH

- K. Hasegawa, A. Wada, R. Nishimura, K. Takano: Calculations of the concentration of radionuclides (Cs-137, Sr-90,Pu-239/240) in The Pacific Ocean, Journal of Hydroscience and Hydraulic Engineering, Vol. 20, No. 2, pp. 277-237, November, 2002.
- Sarmiento, J. L., and Bryan, K.: An ocean transport model for the North Atlantic, J. Geophys. Res., No. 87, pp. 394-408, 1982.
- 6) 山本晋,村山昌平,後藤浩一:大気・海洋間の CO₂交換,月間海洋, Vol. 26, No. 6, pp. 335-341,1994
- Tans, P. P., I. Y. Fung and T. Takahashi: Observational constrains on the global Atmospheric CO₂ budget, Science, Vol. 247, pp. 1431-1438,1990.
- Berger, W. H.: Ocean Productivity and Paleoproductivity -An Overview Productivity of the Ocean, pp. 429-455, 1989.
- 9) Chen, Chen-Tung, A. and Pytkowicz, R. M.: On the total CO₂-titration alkalinity, Nature, No. 281, pp. 362-365, 1979.
- H. Kurihara, Y. Shirayama: Effects of raised CO₂ concentration on the egg production rate and early development of two marine copepods, Marine Pollution Bulletin, Vol. 49, pp. 161-169,2004