

# 外洋型人工海底(おおちゃんマリン1号)を 定点とした海洋観測について(1) —船越湾におけるクロロフィルの日々変動—

古島 靖夫\*<sup>1</sup> 岡本 峰雄\*<sup>1</sup>  
洪 性完\*<sup>2</sup> 井上 貴史\*<sup>3</sup>

養殖漁業等にいまだ利用されていない海中空間の利用・拡大を目指し、岩手県と海洋科学技術センターによって、外洋型人工海底「おおちゃんマリン1号」が岩手県の船越湾に設置された。船越湾では、ワカメ・アワビ・ウニ等の養殖漁業が中心に行われているが、生産量は最盛期の5分の1に落ち込んでいる。原因として、磯焼けや護岸工事等に伴う藻類(藻場)の減少などが考えられているが、明確な結論は得られていない。人工海底を観測定点として、船越湾の環境収容力を把握することを主目的とし、これに必要な水温・塩分及びクロロフィル等の基礎データの日々観測を1996年7月から10月まで行った。その結果、人工海底付近のクロロフィル濃度は、約0.5~2.0 $\mu\text{g}/\ell$ と観測され、他の内湾に比べると低い値であった。また、高濃度のクロロフィル分布は、水温・塩分躍層が顕著に発達しているとき、水深20m付近に形成されることが分かった。

キーワード：船越湾，人工海底，クロロフィル，水温・塩分躍層

## Oceanographic Observation at the Submersible Artificial Sea Floor "Ohchan Marine No.1" (1) —Chlorophyll Variation in the Funakoshi Bay—

Yasuo FURUSHIMA\*<sup>4</sup> Mineo OKAMOTO\*<sup>4</sup>  
Seong Wan HONG\*<sup>5</sup> Takashi INOUE\*<sup>6</sup>

A submersible artificial sea floor "Ohchan Marine No.1" was established in 1996 in the Funakoshi Bay located at the Iwate prefecture coastal region. In this Bay, aquaculture is done actively, such as wakame seaweed, abalone and sea urchin. Recently, however, fishery production decreased a 1/5 compared to that in the best time. Though isoyake and decreases

- 
- \*1 海域開発・利用研究部第4研究グループ
  - \*2 鹿児島大学水産学部
  - \*3 東京大学海洋研究所
  - \*4 Coastal Research Department
  - \*5 Kagoshima University
  - \*6 Ocean Research Institute University of Tokyo

in algae (underwater forest) with shore protecting works, etc. are considered as causes, a clear conclusion has not yet been established.

To grasp the environmental carrying capacity of Funakoshi Bay, water temperature, salinity and chlorophyll were measured at the submersible artificial sea floor. The observation was carried out during July-October, 1996.

As a result, the chlorophyll concentration near the submersible artificial sea floor was in the range from 0.5 to 2.0  $\mu\text{g}/\text{l}$ , and it was low compared to other inner bays. It was shown that high chlorophyll concentration layers were formed near the 20m water depth during the period that thermocline and halocline were developed remarkably.

**Key Words :** Funakoshi Bay, artificial sea floor, chlorophyll, thermocline, halocline

## 1 はじめに

わが国沿岸の水深100m以浅の海域は約16万 $\text{km}^2$ あり、陸地面積のほぼ4割に相当する。その中で、養殖漁業等は、50m以浅のごく限られた静穏水域で営まれている。外洋型人工海底（以下、人工海底）は、養殖漁業等にいままで利用されていない海中空間（換言すれば、利用が困難とされていた海中空間）の利用・拡大を目指し、岩手県と海洋科学技術センターによってリアス式内湾の一つである船越湾（水深約40m）に設置された<sup>1)</sup>。この外洋型人工海底の設置以前に、岩手県の綾里湾内に内湾型人工海底（マリンあや1号<sup>2-3)</sup>）が設置され、アワビの生残率や成長率などの面からアワビ増産に効果的な施設であるとの評価を受けている。また、魚類の養殖施設としても有効である<sup>4-5)</sup>。

外洋型人工海底が設置された船越湾は、三陸沿岸のほぼ中央に位置する。三陸沖合は、世界三大漁場の一つと言われるほどの好漁場であり、沿岸でもサケ・マスを中心にした漁業が盛んに行われている。一方、養殖漁業は、ワカメ・アワビ・ウニ等を中心に行われているものの、アワビやウニの生産量は最盛期の5分の1に落ち込んでいる。この原因として、磯焼けや護岸工事等に伴う藻類（藻場）の減少などが考えられているが、明確な結論は得られていない。

本研究では、人工海底をモニタリングステーションとして、船越湾の環境収容力（船越湾の養殖場としての能力）はどの程度あるのかという点に着目し、藻類養殖漁場で生産量を決定する主要因について検討することを目的とした。しかしながら、船越湾における海洋観測データは希薄なため、平成8年度は主に、環境収容力を評価するために必要と考えられる基礎データの取得に重点を置き、施設及びその周辺海域における水温・塩分・流れ

及び栄養塩類等の計測を行った。

本稿では、1997年7月から10月まで人工海底を定点として行った日々の水温・塩分・クロロフィルの観測結果について報告する。

## 2 観測及び解析方法

### 2.1 海洋観測

図1のSt. Oh（人工海底（写真1））において、クロロテック（アレック社製観測機器）を用い、水温・塩分・クロロフィル及び濁度の計測を1日1回鉛直的に行った。日々観測は、以下に示す期間に行った。

7月：7月15日～7月31日

8月：8月1日～8月31日

9月：9月25日～10月1日

10月：10月15日～10月29日

クロロテックによる観測と同時に、クロロフィルのキャリブレーションを行うため、北原式採水器を用い鉛直的に7層（0, 5, 10, 15, 20, 30, 40m）採水を行った。採水は、海域が穏やかな日にランダムに行った。

さらに、沖合水（親潮系水・津軽暖水など）の影響を検討するため、船越湾沖合のSig. 01（図1）にメモリー式水温計を設置し連続観測を行った。Sig. 01付近は、水深が約70mで、水温計は、1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 50mの10層に取り付け10分ごとに記録した。観測は、1996年8月より開始し現在も計測中である。

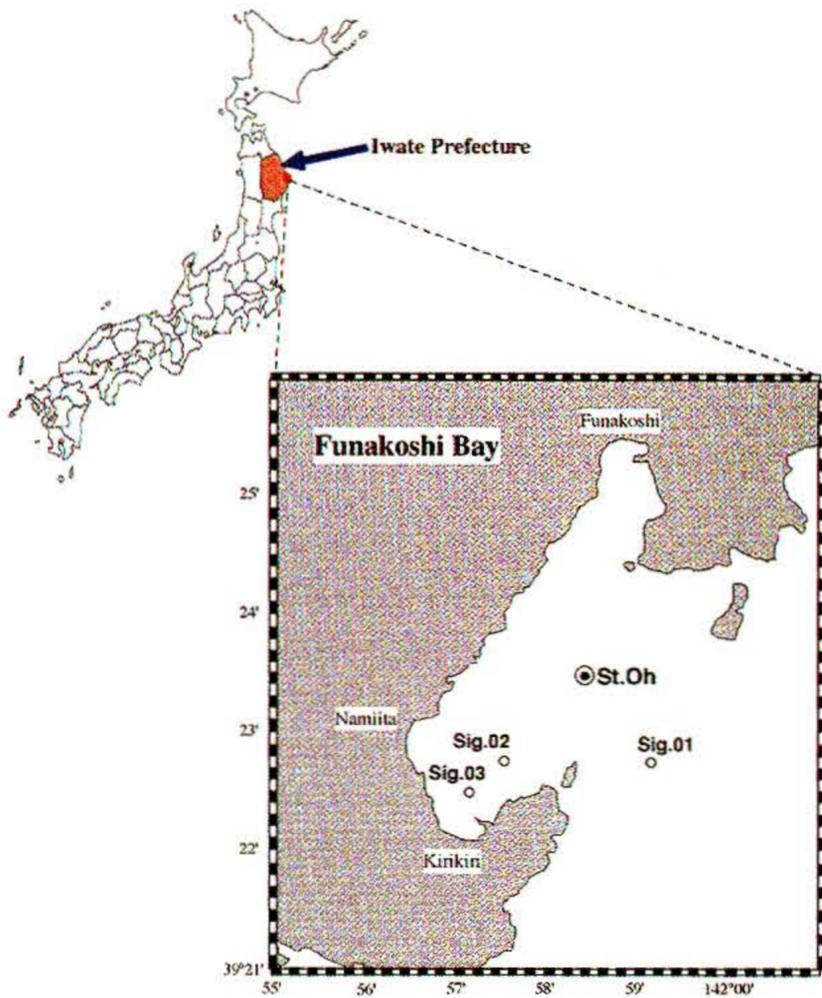


図1 船越湾における観測点  
Fig.1 Schematic view of Funakoshi Bay and observation points.

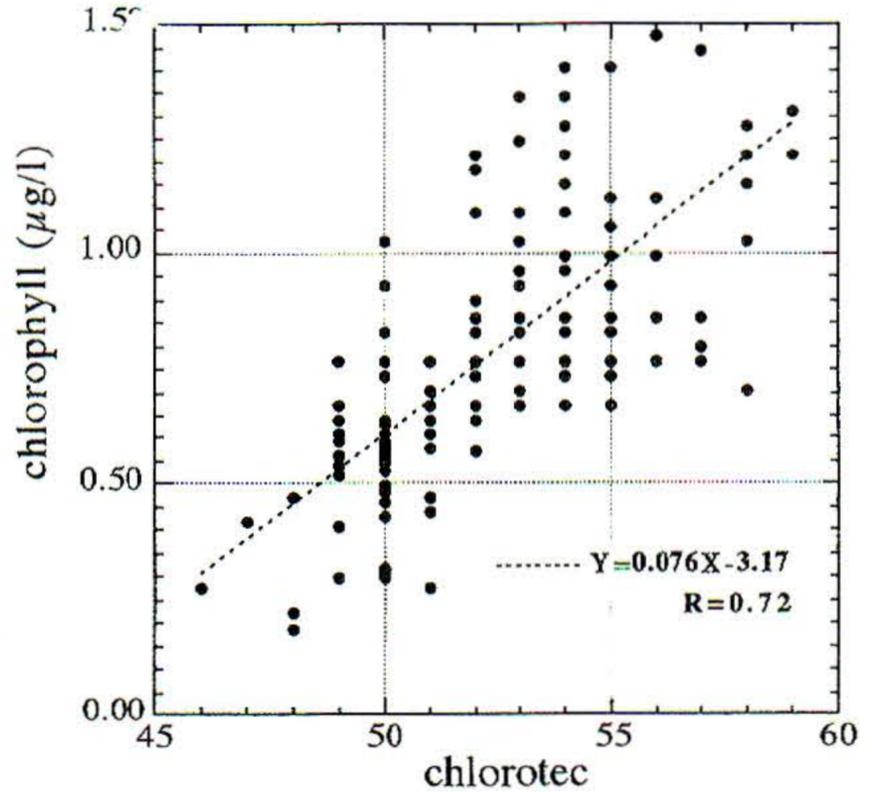


図2 分析により得られたクロロフィル濃度とクロロテックにより得られた値との関係  
Fig.2 Relation between chlorophyll-a concentration and relative value at St. Oh.

## 2.2 クロロフィルのキャリブレーション

クロロテックによって得られたクロロフィル値は、相対値として記録されるため、実際のクロロフィル濃度を測定した実測値に変換する必要がある。図2は、分析により得られたクロロフィル濃度（実測値）とクロロテックによって得られた相対値との関係を示したものである。相関係数は約0.7で、回帰式は次式のとおりである。

$$Y=0.0756X-3.169 \quad (1)$$

ここで、Yはクロロフィルの実測値でXはクロロテックにより得られたクロロフィルの相対値である。得られたデータは、(1)式を用いて実測値に変換し解析を行った。

## 3 観測結果

### 3.1 7月後半の海洋観測

図3(a)~図3(c)に、1996年7月15日~7月31日のSt. Ohにおける水温・塩分及びクロロフィルの変動を示した。7月15日~18日に、低温・高塩分の水が水深20m以深に分布し、20m層付近に $1.5\mu\text{g}/\ell$ 以上のクロロフィルの高濃度の分布が見られた。その後、湾内は成層が弱まり低塩分化され、クロロフィルの濃度も上層から下層までほぼ同レベルの濃度になった。7月20日以降から低温・高塩分水の分布が顕著に見られ(図3(a), (b)), 10m層付近に $1.0\mu\text{g}/\ell$ 以上のクロロフィルの分布が観測された(図3(c))。7月27日以降、成層状態がやや弱まりクロロフィルの濃度は上層から下層に至るまでほぼ同



写真1 外洋型人工海底「おおちゃんマリン1号」  
Photo 1 Submersible artificial sea floor "Ohchan Marine No.1" Observation was conducted in the red circle.

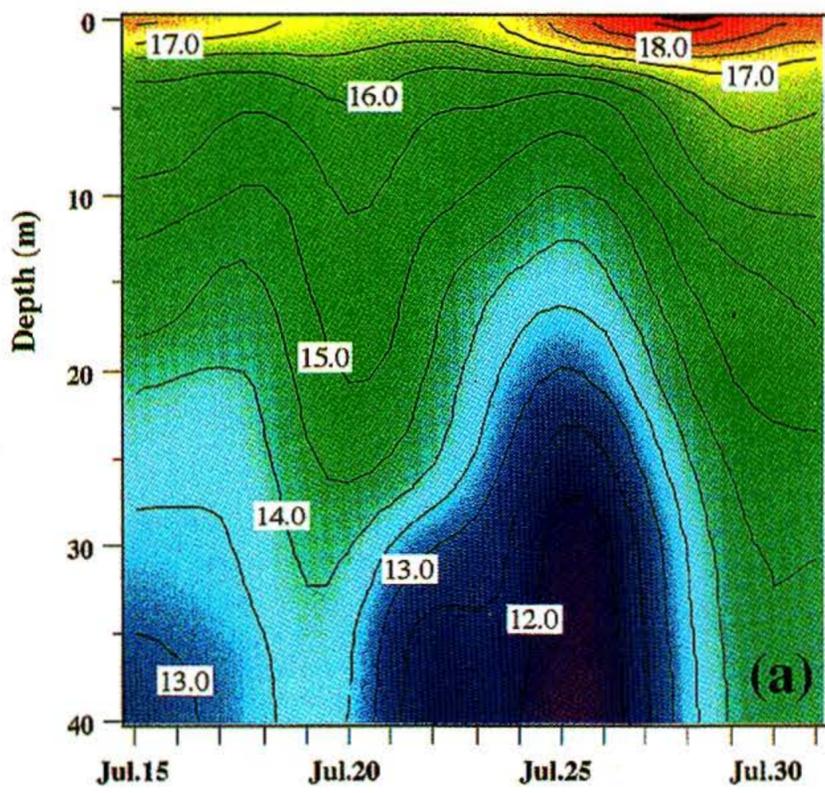


図 3(a) 1996年 7 月 15 日～31 日までの St. Oh における水温変動  
 Fig. 3(a) Time series of water temperature at St. Oh during Jul. 15-Jul. 31.

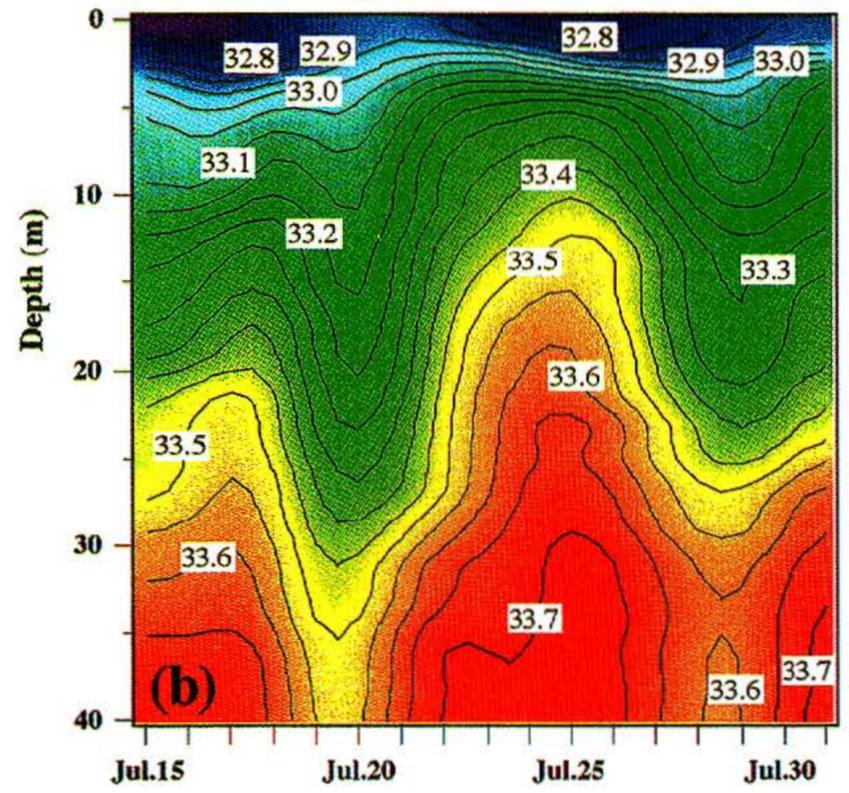


図 3(b) 1996年 7 月 15 日～31 日までの St. Oh における塩分変動  
 Fig. 3(b) Same as previous figure except for salinity.

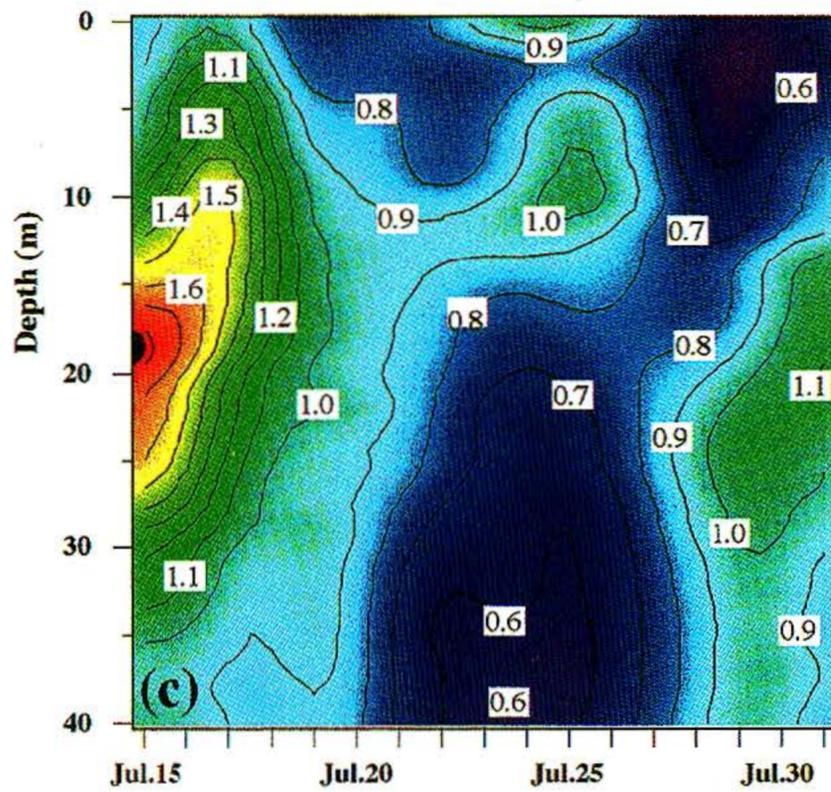


図 3(c) 1996年 7 月 15 日～31 日までの St. Oh におけるクロロフィル変動  
 Fig. 3(c) Same as previous figure except for chlorophyll.

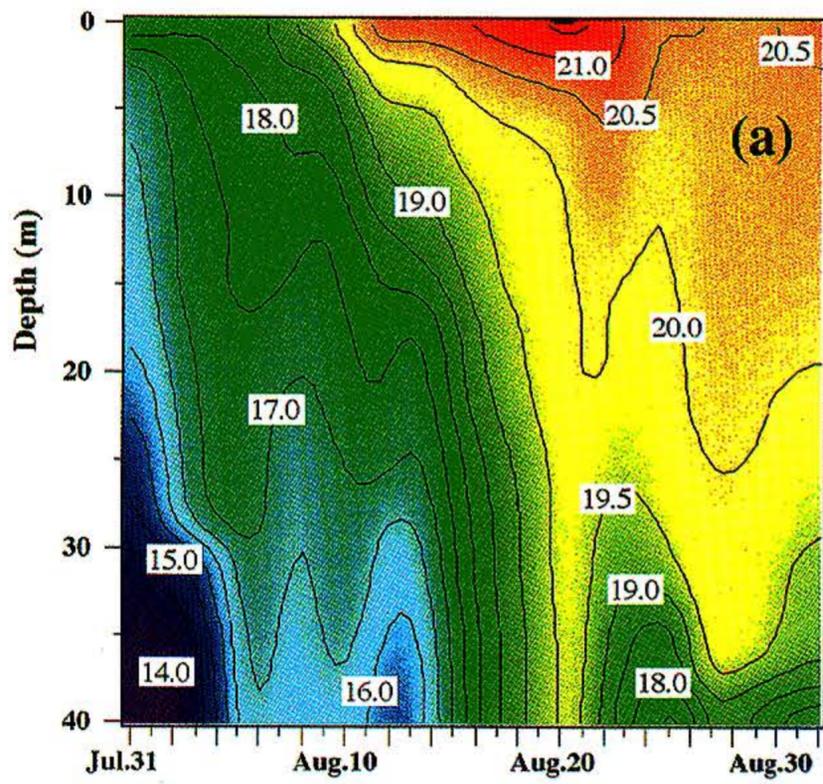


図 4(a) 1996年 8 月 1 日～31 日までの St. Oh における水温変動  
 Fig. 4(a) Time series of water temperature at St. Oh during Aug. 1-Aug. 31.

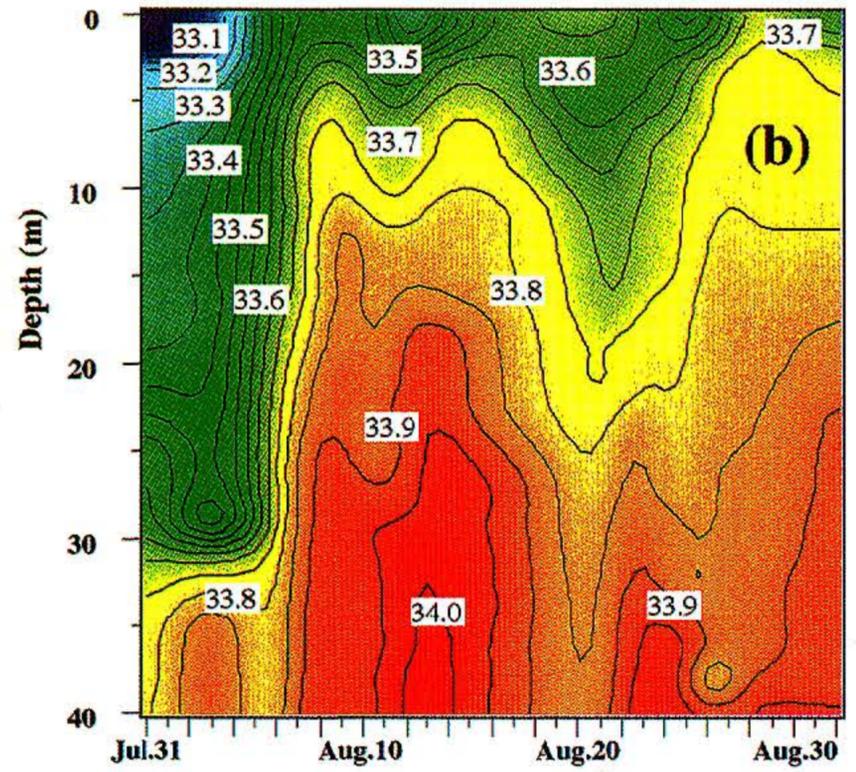


図 4(b) 1996年 8 月 1 日～31 日までの St. Oh における塩分変動  
 Fig. 4(b) Same as previous figure except for salinity.

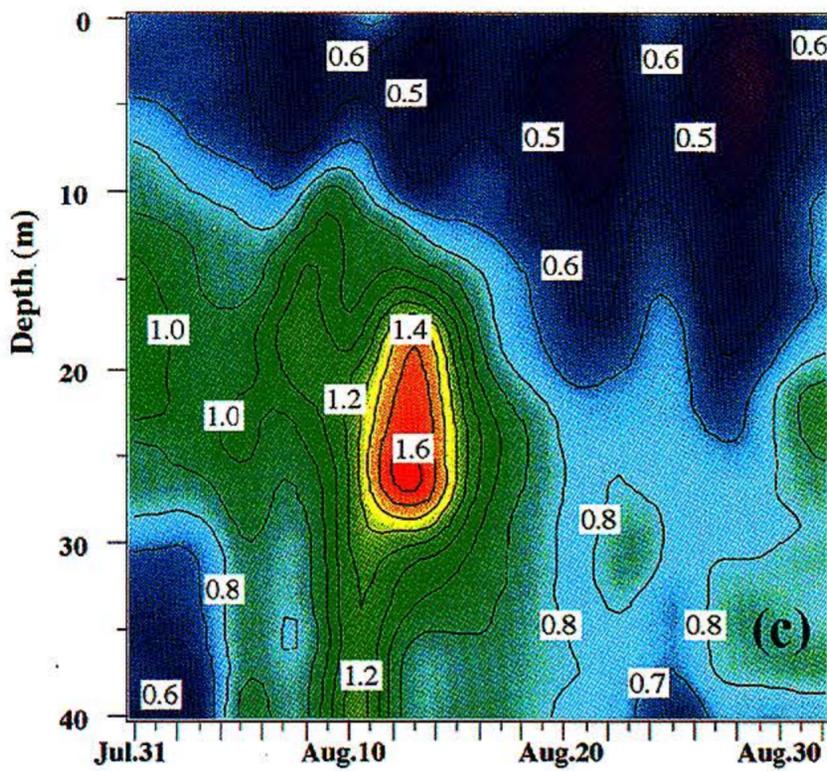


図 4(c) 1996年 8 月 1 日～31 日までの St. Oh におけるクロロフィル変動  
 Fig. 4(c) Same as previous figure except for chlorophyll.

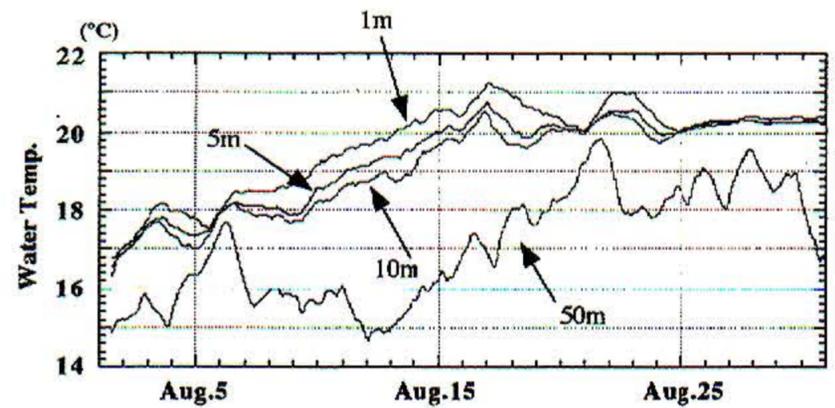


図 5 Sig. 01 における水温変動 (8 月 1 日～31 日)  
 Fig. 5 Time series of water temperature at Sig. 01.

レベルになったが、7月29日以降、成層状態が強まり、 $1.0 \mu\text{g}/\ell$ 以上のクロロフィルの分布が20m層付近に形成された。以上のことから、7月後半の人工海底付近の海域は、約1週間程度の周期で成層状態と混合状態を繰り返し、成層が発達しているとき、クロロフィルの高濃度の分布が約20m層付近に形成され、成層が弱まるとその濃度分布は上層から下層までほぼ均一になることが分かった。また、クロロフィル濃度の最大値は約 $2.0 \mu\text{g}/\ell$ で、相模湾沿岸域のクロロフィル濃度<sup>6)</sup>などに比べるとやや小さな値を示した。

### 3.2 8月の海洋観測

図4(a)~図4(c)に、1996年8月1日~8月31日のSt. Ohにおける水温・塩分及びクロロフィルの変動を示した。8月上中旬に水温・塩分躍層が発達し、8月下旬はその成層状態が弱まっている(図4(a), (b))。8月上旬に $1.0 \mu\text{g}/\ell$ 以上のクロロフィルの分布が20m層付近に見られる(図4(c))。8月6日以降クロロフィルの高濃度の分布は20m以深に拡がり、8月13日頃 $1.6 \mu\text{g}/\ell$ 以上の高濃度の分布が25m層付近に見られる。成層が弱まった8月下旬には、クロロフィルの高濃度の分布は20m以深に見られるものの、濃度レベルは $0.8 \mu\text{g}/\ell$ 程度と8月13日頃の $1.6 \mu\text{g}/\ell$ に比べ約半分に減少している。図5は、Sig. 01における同期間の1m, 5m, 10m, 50mの水温変動を示したものである。10分ごとに記録されたデータに25時間の移動平均を施し図に示した。 $1.6 \mu\text{g}/\ell$ 以上のクロロフィルの高濃度分布が見られた8月13日の沖合の水温変動を見ると、沖合の表層と下層で水温勾配が大きいことが分かる。その後、下層(50m)水温は上昇し水温勾配が弱められている。以上のことから、クロロフィルの高濃度の分布は、水深20mから30m付近に形成され、その形成には、湾内のみならず沖合の成層状態の強さの影響も受けることが推察された。

### 3.3 9月及び10月後半の海洋観測

図6(a)~図6(c)に、1996年9月19日~10月1日のSt. Ohにおける水温・塩分及びクロロフィルの変動を示した。また、図7(a)~図7(c)に、1996年10月15日~10月29日のSt. Ohにおける水温・塩分及びクロロフィルの変動を示した。

9月後半の湾内は、8月に比べると成層状態が弱まっているもの夏季成層状態が続いている(図6(a), (b))。 $0.8 \mu\text{g}/\ell$ 以上の高濃度のクロロフィルの分布は、9月19日頃と9月28日頃に水深20m付近に形成された。前者は、

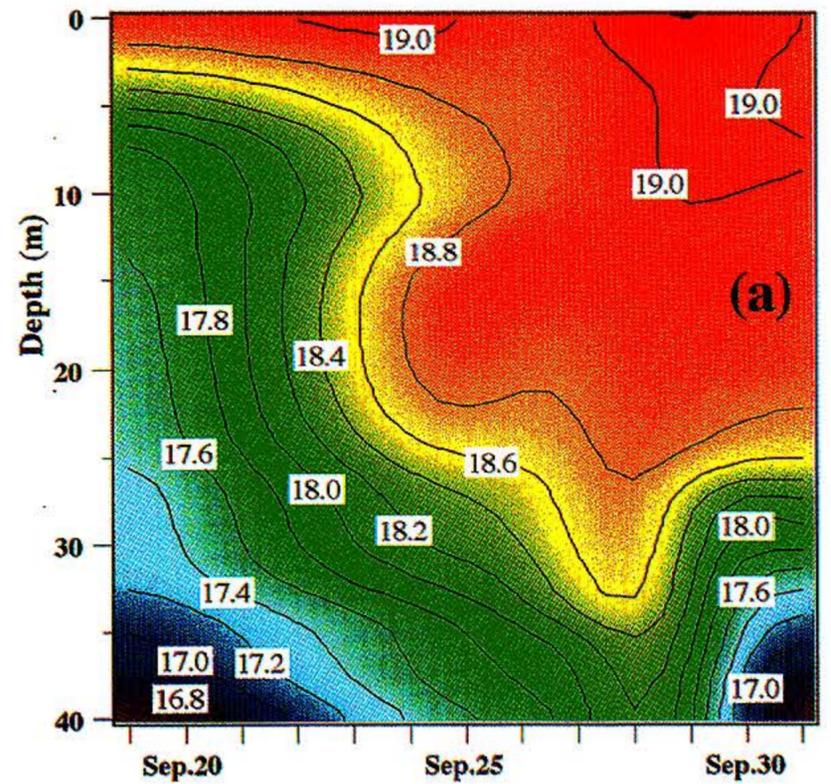


図6(a) 1996年9月19日~10月1日までのSt. Ohにおける水温変動

Fig. 6(a) Time series of water temperature at St. Oh during Sep. 19-Oct. 1.

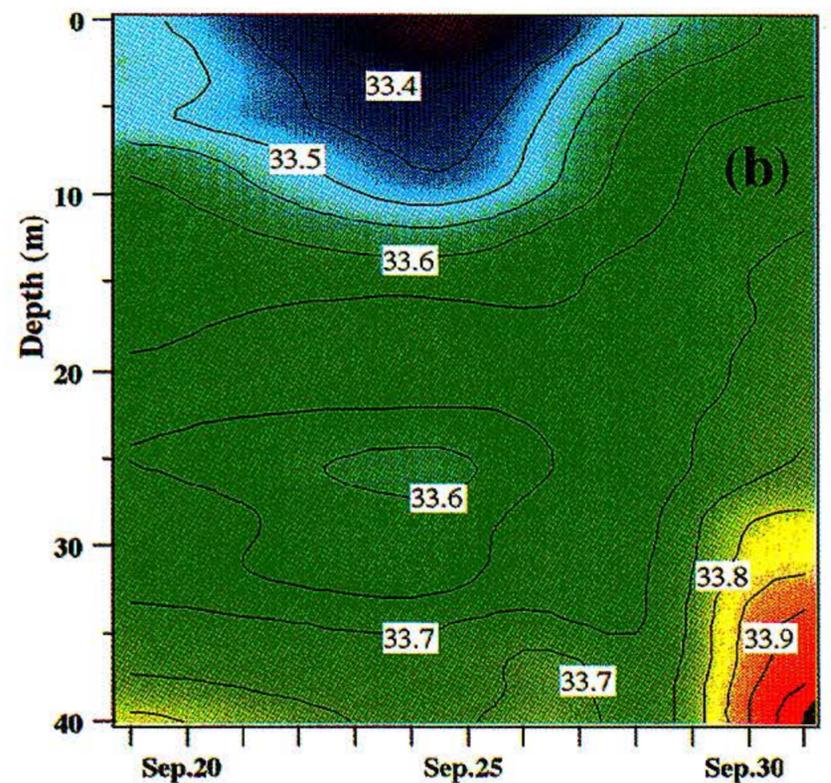


図6(b) 1996年9月19日~10月1日までのSt. Ohにおける塩分変動

Fig. 6(b) Same as previous figure except for salinity.

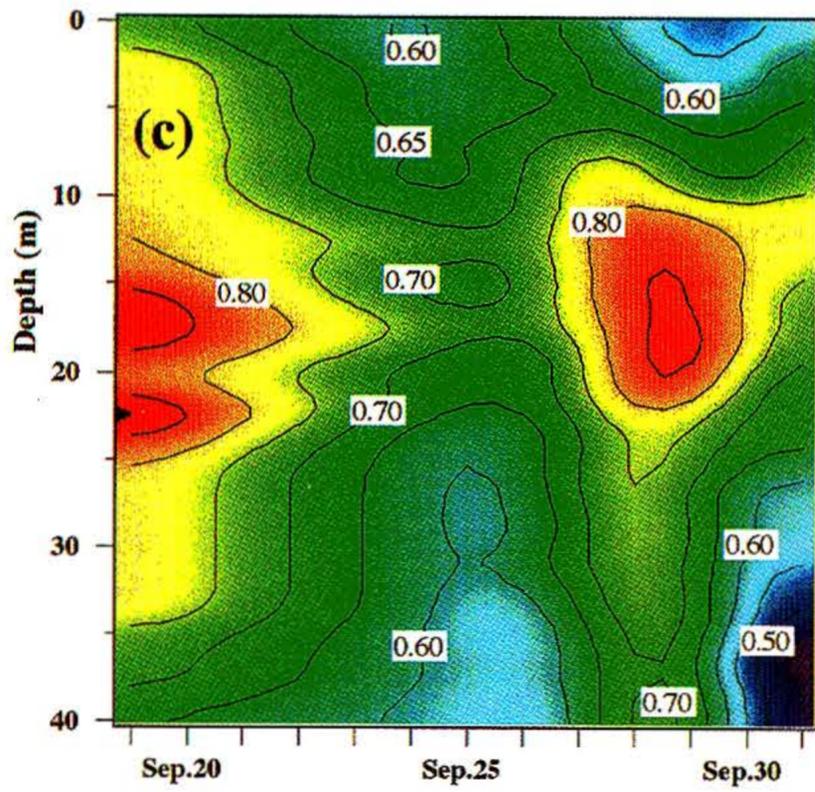


図 6(c) 1996年9月19日~10月1日までのSt. Ohにおけるクロロフィル変動  
 Fig. 6(c) Same as previous figure except for chlorophyll.

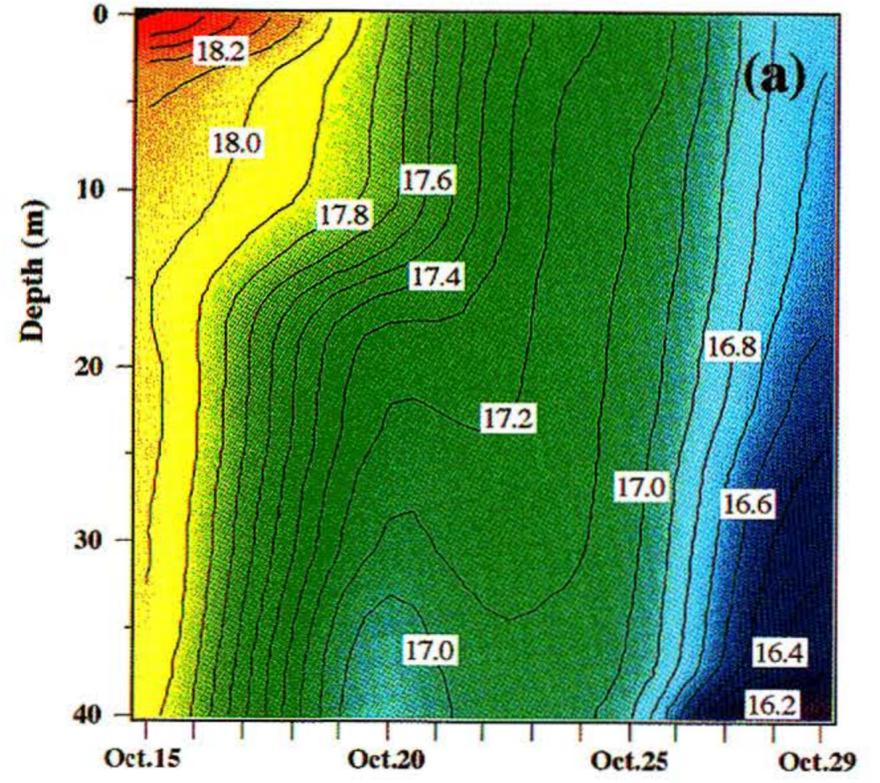


図 7(a) 1996年10月15日~10月29日までのSt. Ohにおける水温変動  
 Fig. 7(a) Time series of water temperature at St. Oh during Oct. 15-Oct. 29.

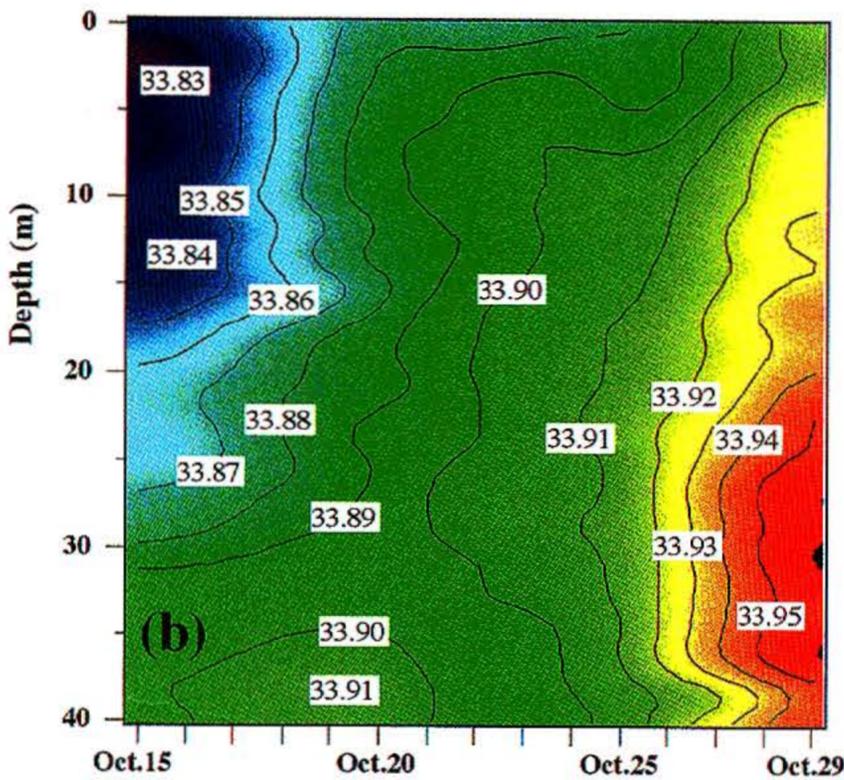


図 7(b) 1996年10月15日~10月29日までのSt. Ohにおける塩分変動  
 Fig. 7(b) Same as previous figure except for salinity.

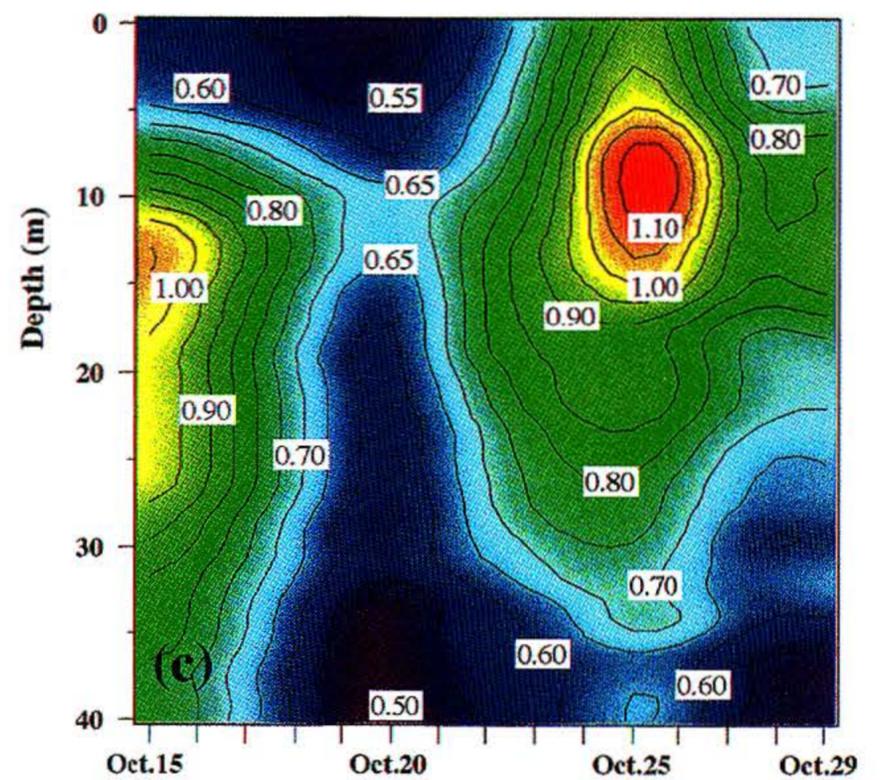


図 7(c) 1996年10月15日~10月29日までのSt. Ohにおけるクロロフィル変動  
 Fig. 7(c) Same as previous figure except for chlorophyll.

湾内が弱い成層状態のときに形成されている。一方、後者は湾内に新たな弱い成層状態が発生する初期段階に形成されている。

10月後半の水温・塩分の分布(図7(a), (b))をみると、10月15日~20日頃まで弱い成層が発達している。同時に、水深15m付近に $1.0\mu\text{g}/\ell$ 以上のクロロフィルの分布が見られる(図7(c))。10月20日以降、湾内は混合状態になっている(図7(a), (b))。しかしながら、 $0.7\mu\text{g}/\ell$ 以上のクロロフィルの分布が、表層から35m付近に見られ、クロロフィル濃度の最大( $1.0\mu\text{g}/\ell$ 以上)は10月25日頃、水深10m付近に形成されている。10月30日頃にやや成層状態が見られるものの、10月に見られたクロロフィルの分布は、7月・8月・9月とは異なっていた。このピークは、7月や8月に見られたクロロフィルの高濃度分布の水深よりもやや浅いところに形成されており、分布は、水温・塩分躍層の形成初期段階に見られている。プランクトンは、体サイズが小さいほど栄養塩を速やかに吸収することができるので、このピークを形成した植物プランクトン群集は、7月や8月に見られた群集に比べて、体サイズが小型であったのではないかと考えられる。

#### 4 おわりに

本稿では、人工海底を定点として行った日々観測から得られた基礎データ結果の一部を紹介した。いまだ、施設付近の海域における栄養塩類などの計測・データ解析の途中段階であるが、今後の船越湾の環境収容力を評価していくため、下記の項目について検討を行う予定である。

- ① クロロフィル・栄養塩類及びプランクトンの分布
- ② 基礎生産量の見積(クロロフィル及び硝酸塩から推測)環境収容力を検討するための重要な量的指標
- ③ 沖合水の変化に伴う湾内の循環及び海水交換過程(物質収支)の把握—ボックスモデルの構築(開放型内湾のボックスモデル<sup>7)</sup>)
- ④ 船越湾の生態系モデルの構築—生態系モデルに有効なデータの取得  
(船越湾に隣接する大槌湾における春季の植物プラ

ンクトンのブルーミングに関する3次元モデルはすでに構築されている<sup>8)</sup>)

- ⑤ 藻類漁場である船越湾の環境(管理)保全に対する考え方—人工海底の有効性

#### 謝辞

最後に、昨年7月以降、船越湾における海洋観測にご協力いただいた、岩手県庁、岩手県水産技術センター、大槌町漁業協同組合の方々に感謝する。また、観測時にご協力いただいた京丸船長田中京徳氏に感謝の意を表す。

#### 参考文献

- 1) 岡本峰雄：外洋型人工海底「おおちゃんマリン1号」完成。JAMSTEC, 8, 3, 21-26. (1996)
- 2) 富田慎一・岡本峰雄・和泉正憲・高津尚之：潜降浮上型人工海底「マリンあや1号」の開発。第11回海洋工学シンポジウム, 417-424. (1992)
- 3) 富田慎一・岡本峰雄・佐藤公助・木下栄八：潜降浮上型人工海底の実用化研究—II 施設の製作と運用について。JAMSTECR, 28, 69-85. (1992)
- 4) 岡本峰雄・長濱 修・高津尚之：係留型鋼製海洋構造物「マリンあや1号」の耐久性の追跡について。第12回海洋工学シンポジウム, 171-178. (1994)
- 5) 岡本峰雄・和泉正憲・遠藤良雄：潜降浮上型人工海底の実用化研究—I 人工海底の開発について。JAMSTECR, 28, 57-68. (1992)
- 6) 山田佳昭・岩田静夫：相模湾の最近の海洋環境の変化傾向。水産海洋研究, 56, 3, 323-327. (1992)
- 7) 古島靖夫：相模湾奥部の循環流・海水交換・水質の変動とそれらに対する黒潮変動の影響。東京大学博士論文, 38-47. (1996)
- 8) Kawamiya M. · M. J. Kishi · M.D.K.Ahmed and T.Sugimoto : Causes and consequences of spring phytoplankton blooms in Otsuchi Bay, Japan. Continental Shelf Res., 16, 13, 1683-1698.

(原稿受理：1997年5月30日)