

人工海底マウンド整備から見た 北海道苫小牧沖の海洋構造について

THE MARINE STRUCTURE OFF TOMAKOMAI HOKKAIDO
WHICH SAW FROM DEVELOPING ARTIFICIAL MARINE RIDGE.

武田康孝¹・津川康治²・峰 寛明³・山下和則⁴・藤井淳夫⁵
Yasutaka TAKEDA, Yasuharu TSUGAWA, Hiroaki MINE, Kazunori YAMASHITA,
and Atsuo FUJII

¹水修 株式会社エコニクス 環境事業部 (〒004-0015 札幌市厚別区下野幌テクノパーク1-2-14)

²北海道電力株式会社 火力部 (〒060-8677 札幌市中央区大通東1-2)

³株式会社エコニクス 環境事業部 (〒004-0015 札幌市厚別区下野幌テクノパーク1-2-14)

⁴株式会社エコニクス 環境技術研究所 (〒004-0015 札幌市厚別区下野幌テクノパーク1-2-14)

⁵正会員 株式会社エコニクス 環境事業部 (〒004-0015 札幌市厚別区下野幌テクノパーク1-2-14)

In this paper, marine structure off Tomakomai Hokkaido is reported. This area is planed for developing artificial marine ridge. Analyzing the marine structure gives necessary information to examine the possibility of this project. Main results are as follows.

1) Bottom water mass flows faintly but no stasis is seen. 2) Bottom water mass contains comparatively high nutrients to upper water mass. 3) Stratification is seen in autumn, when upper water lacks nutrients and primary production comes down in this area. 4) Period of low primary production period and of thin nutrients are almost correspondent. 5) This observation suggests the possibility of primary production improvement by upwelling current with artificial marine ridge.

Key Words : *marine structure, artificial marine ridge*

1. はじめに

人工海底マウンド（以下，「海底 M」とする）は，水深数十～150m の海底に自然石やコンクリートブロックなどを用いて人工的にマウンドを造成する海洋開発事業であり，近年，生物生産に対する効果やその可能性について注目されている漁場造成手法の一つである（図-1）．1995～2000 年度に長崎県で実施された実証試験においては，海底 M の湧昇効果などにより基礎生産が向上し，以前より生産性の高い漁場が創造されたという結果が報告されており¹⁾，海底 M は，沿岸漁業資源への増大効果が大きいことが既に実証されている．しかしながら，海底 M の設置によって沿岸資源の増大を図るには，気候や海洋環境（物理学的・生物学的），漁業形態などを考慮する必要がある，特に地域性を十分に検討し，科学的な効果を検証する必要がある．

一方，北海道は噴火湾を除き大きな内湾は無く，外洋性の強い開放的な湾や海岸線を有しているため，岬や島周辺，海谷および海峡などの海域以外での沿岸漁場の形成が少ない．このように単調な大陸棚以

浅の海域において，大規模な海底 M 造成は漁業資源増大効果が高い解決策である可能性がある．漁業収入が水産資源の減少によって現在低迷傾向である北海道において，この海底 M 整備の可能性について見出すことができれば，基幹産業である水産業の発展や地域産業の活性化につながる事が大いに期待される．しかし，海底 M 整備の事例が少ないことに加えて，北海道においては，大水深の海洋環境に関する知見が少ないのが現状である．

本研究は，北海道苫小牧沖の太平洋沿岸において，



図-1 人工海底マウンドのイメージ

海底 M 整備の可能性について検討するに当たっての基礎資料を得ることを目的とし、現地調査よりこの海域の海洋構造を明らかにした。本報告は、調査結果から得られた知見をまとめたものである。

2. 現地調査

(1) 調査時期と調査地点

調査は 2006 年 4～5 月（春季）と 9～10 月（秋季）に、北海道苫小牧沖の水深 50～200m の地点において実施した（図-2）。当該海域の海底地形は、水深 100m 未満は比較的なだらかな海底勾配となっているが、水深 100～200m の等深線は密になっており、特に 120～200m は海底勾配が 1:10 未満と急峻になっている。

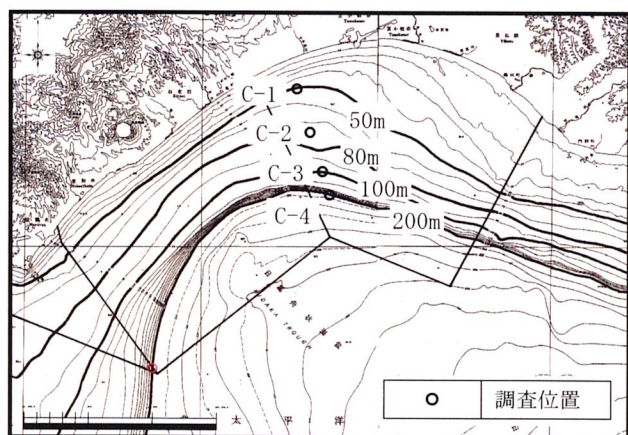


図-2 調査海域

(2) 調査方法

当該海域の流況は、小型メモリー流速計（アレック電子社製 COMPACT-EM 型）を係留（観測層：海面下 10m 層（上層）と海底上 5m 層（下層）の 2 層）して 30 昼夜の連続観測を実施した。

水質のうち水温および塩分は、メモリーSTD（アレック電子社製 AST1000-PK 型）を使用して 1m ごとの鉛直観測を実施した。また、栄養塩類は、バンドーン型採水器を使用して表層、海面下 10m 層、海面下 20m 層、海面下 50m 層、それ以深はその地点の水深に従って 50m 層ごとおよび海底上 5m 層において採水して分析に供した。

植物プランクトンは、バンドーン型採水器を使用して、海面下 5m（上層）、海面下 30m（中層）および海底上 10m 層（下層）の 3 層より採水し、植物プランクトンの種の査定および個体数の計数に供した。また、クロロフィル a は水質調査の栄養塩類と同様の方法で実施した。なお、植物プランクトンは秋季のみの実施である。

(3) 流況

30 昼夜の連続観測における流向・流速頻度分布より、春季の上層は北西～西、下層は南西～西と西向きの成分が卓越した。一方、秋季では上層は北東～東の流れが卓越したが、下層は西南西～北東の広い流向成分が観測された（図-3）。

また、30 昼夜の連続観測における流れの統計値より、上層および下層ともに期間中には 30cm/s を超える流れ（最大流速）を観測した。スカラー平均流速は、上層で 13～14cm/s、下層で 10～11.5cm/s であり、ベクトル平均流速は、春季の上層で 9.6cm/s 程度の流速を示したが、下層および秋季では 4cm/s 程度であった（表-1）。

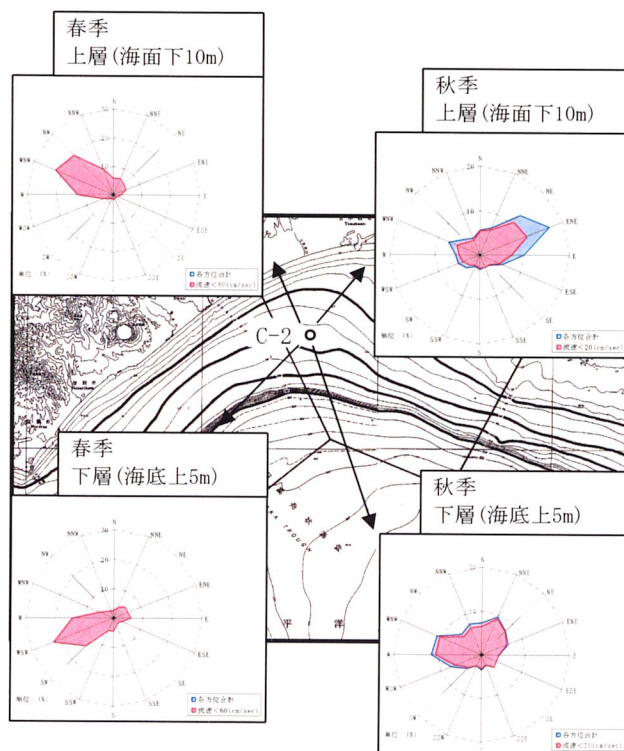


図-3 流向・流速出現頻度分布

表-1 流れの統計値

時季	観測層	観測期間中の最大流速		スカラー 平均流速 (cm/s)	ベクトル平均流速		流れの 安定度※
		流向(°)	流速 (cm/s)		流向(°)	流速 (cm/s)	
春季	上層	293.6	40.0	14.06	310.3	9.63	68.5%
	下層	234.1	31.7	10.32	249.8	4.46	43.3%
秋季	上層	235.1	44.2	13.30	49.9	4.10	30.8%
	下層	348.8	36.2	11.55	319.1	3.82	33.1%

※流れの安定度は(ベクトル平均流速/スカラー平均流速)×100%により算出

これらの結果より、下層においても水塊が滞留する状況は確認されず、微流速ながらも流動する状態であると言える。

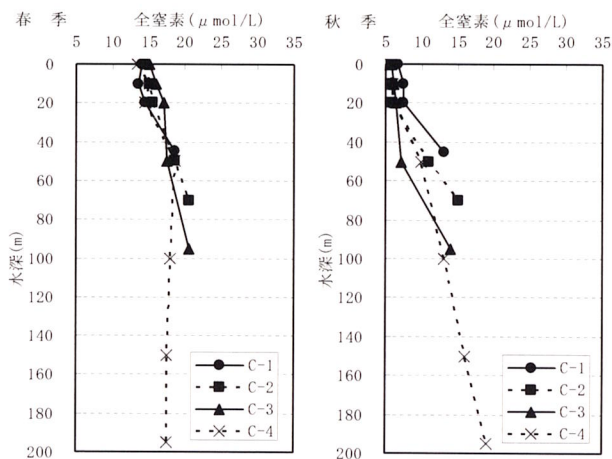
(4) 水質（栄養塩類濃度）

栄養塩類のうち全窒素(T-N)の鉛直分布より、下層では春季および秋季ともに $15 \sim 20 \mu\text{mol}$ の T-N 濃度であるのに対して上層では春季では $15 \mu\text{mol}$ 程度、秋季では $6 \sim 7 \mu\text{mol}$ 程度の T-N 濃度となっており、季節によって大きな濃度差が認められた (図-4)。

傾向としては春季および秋季ともに表層よりも下層の方が T-N 濃度が高い傾向が認められたが、秋季では特に表層から海面下 20m 層までと海面下 40m 層以深との濃度差が大きく、下層では表層の約 2~3 倍程度の濃度となっていた。

この海域に隣接する噴火湾においては、海洋構造の季節変化、特に水塊の交替に伴い²⁾、○冬季には栄養塩は高濃度で存在し、しかも、鉛直的のほぼ均一である、○春季には上層の栄養塩濃度は減少し始め、秋季まで栄養塩の枯渇状態が続くことが報告されている³⁾。

これらの結果より、秋季においては上層の T-N 濃度がかなり低く、海域の栄養塩類が枯渇する状態であると言える。



※各季調査2回の平均

図-4 栄養塩類(T-N)の鉛直分布

(5) 水質（水温・塩分）

St. C-2 における水温、塩分の鉛直分布より、春季の水温は上層および下層ともに 3°C 程度とほぼ一様であるが、秋季の水温は上層では $15 \sim 19^\circ\text{C}$ であるのに対して、下層では $9 \sim 12^\circ\text{C}$ 程度となっており、上層と底層との水温較差が認められた。一方、塩分は所々の水深層で変動し、塩分濃度に若干の違いはあるものの、海面から海底まで春季および秋季ともに緩やかに上昇する傾向が認められた (図-5)。

特に秋季では水温では海面から-30m までは一定で、それ以深では海底まで緩やかに下降しており、この水深帯に躍層形成されているものと思われる。

このことは、水温と塩分から密度を推算した結果からも、春季では概ね鉛直的に一様な水塊構造であったが、秋季では上層と下層の密度差が大きくなる傾向が認められたことより明らかである (図-6)。

これらの結果より、秋季では概ね水深 30m を境とする上層と下層の2層における成層構造の状態であると言える。

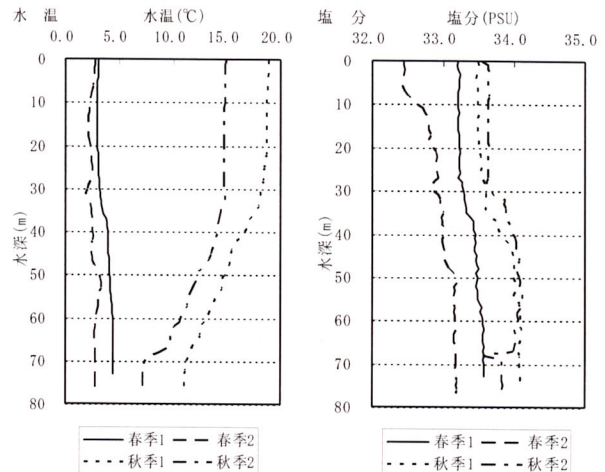


図-5 水温および塩分の鉛直分布

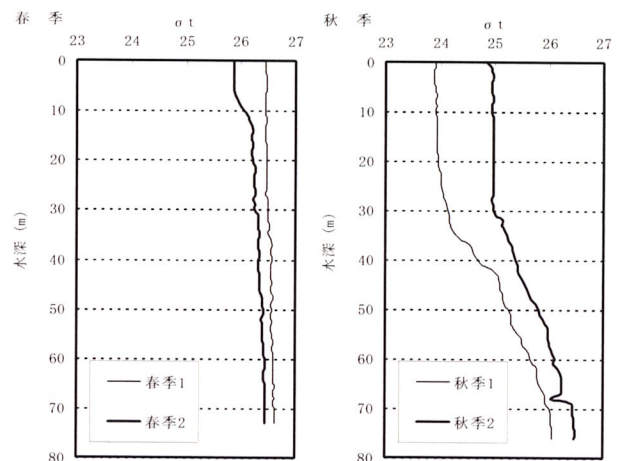


図-6 密度の鉛直分布

(6) 植物プランクトンおよびクロロフィル a

植物プランクトンの出現状況から、秋季の現存量は $10^3 \sim 10^4$ のオーダーであった。また、主な出現種はいずれも本道および国内の沿岸や内湾で普通に出現する種であった (表-2)。

クロロフィル a 濃度の鉛直分布 (図-7) より、春季では $1 \sim 8 \mu\text{g/L}$ の範囲で変動しており、上層では最大で $6 \sim 8 \mu\text{g/L}$ の濃度となっているが、秋季では概ね $1 \mu\text{g/L}$ 未満で変動している。それぞれの季節では春季および秋季ともに上層では下層より濃度が高い傾向が認められたが、秋季は低い水準内で変動している。また、水面付近を除くと、海面下 10~20m 付近でクロロフィル濃度は最大となり、それ以

調査方法：バンドン型採水器による採水

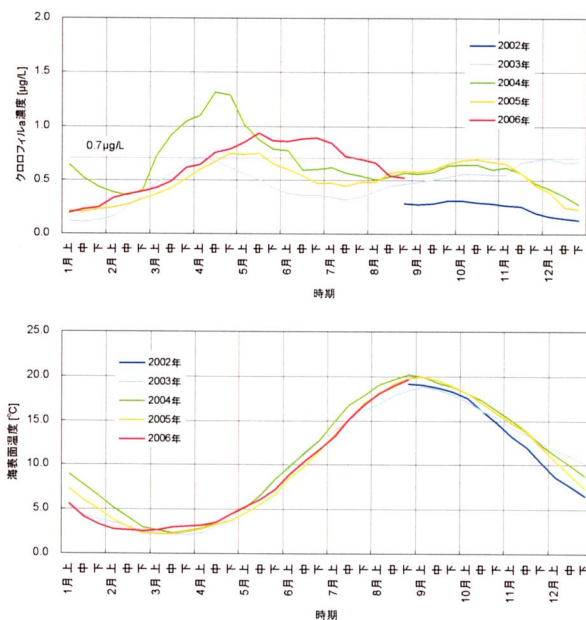
注：1. ()内の数値は、総出現個数に対する組成比率(%)を示す。

- 378 -

かけて下降し、植物プランクトンブルームと判断できる傾向を概ね示した（図-9）。この植物プランクトンブルーム発生時期のクロロフィル a 濃度のピークはいずれの年も $0.7 \mu\text{g/L}$ 以上であった。ただし、この基準値は河川水などの陸域から流入する栄養塩供給の影響が比較的小さい海域に限って適用できる。また、沿岸域においては年間を通じて沖合域よりクロロフィル a 濃度が高い傾向を示した。

海表面温度の季節変動は、3 月に通年で最も低い 2°C 程度に達し、4 月から上昇、8～9 月にかけて通年で最も高い 20°C 前後に到達した後、9 月から下降する傾向を示した。

これらの結果より、植物プランクトンの指標となるクロロフィル a は秋季においては春季と比べて、また、沖合域においては沿岸域と比べて、基礎生産量が低い状態であると言える。



※陸域近傍の格子を除外して求めた旬平均を移動平均した。

図-9 クロロフィル a 濃度および水温の季節変動

4. おわりに

海底M整備の主な効果として、以下に示す効果が考えられる。

- 湧昇効果（栄養塩類供給効果）
- 魚類などの蠕集効果（魚礁効果）
- 岩礁性生態系効果

このうち湧昇効果に着目した場合、その効果を期待すべき最低限必要な環境条件としては、

○湧昇流を引き起こすための海水流動が下層において存在すること

○上層と比較して豊富な栄養塩類を含んだ海水が下層において存在すること

が挙げられる。また、上層で栄養塩類濃度が制限して基礎生産が抑制されている時期であるとその効果は特に期待できる。

現地調査より本海域の海洋環境は、下層においても微流速ながらも流動する結果が得られた。また、海洋構造が成層する時期、秋季においては下層においては栄養塩類の豊富な海水が存在するものの、上層で栄養塩類が不足しており、沿岸に比べて生産量が低い結果が得られた。

本研究の結論として、この苫小牧沖の海洋構造をもとに湧昇効果に着目した場合、この秋季において湧昇流を発生させて下層の栄養塩類を上層に供給させることができれば、海域の基礎生産も向上する可能性が示唆された。

しかしながら、現状では効果の可能性を見出しただけであり、湧昇効果の定量的な評価に関する検討は行っていない。今後は湧昇効果の定量的な評価に向けて、海底Mの諸条件から数値シミュレーションによる湧昇効果の解析を行う必要がある。また、海底M整備の可能性については、この湧昇効果のほかに前述で挙げた魚類などの蠕集効果、岩礁性生態系効果などを含めた総合的な検討を行う必要がある。

謝辞：本研究を進めるに当たって貴重なご意見とご討議を頂いた石炭灰利用人工海底マウンド研究会の委員各位に心より感謝の意を表する。また、現地調査について多大な協力を頂いた苫小牧漁業協同組合佐竹博英専務理事を始めとする関係諸氏に感謝する。

参考文献

- 1) 鈴木達雄：石炭灰を活用した海洋における食糧増産，土木学会誌，89（12），p.80，2004.
- 2) 大谷清隆：噴火湾の水塊交替，沿岸海洋研究ノート，17（1），pp.50-59，2004.
- 3) 日本海洋学会沿岸海洋研究部会編：日本全国沿岸海洋誌，第3章 噴火湾，東海大学出版会，pp.89-136，1985.
- 4) 宇宙航空研究開発機構地球観測センター：MODIS プロダクト(2002/8～2006/8)，リモート・センシング技術センター。