

海洋深層水研究

DEEP OCEAN WATER RESEARCH

第 16 回全国大会(伊豆大島大会)
特集号

第 13 卷第 2 号
2012 年 11 月

海洋深層水利用学会
Deep Ocean Water Applications Society

海洋深層水研究

第13巻第2号(2012)目次

Deep Ocean Water Research Vol.13 No.2 Contents

目 次

第16回 海洋深層水利用学会全国大会 2012 伊豆大島大会 講演論文	68-99
東京都大島町広告	100-103

CONTENTS

Proceedings in 16th Annual Meeting in IZU-OSHIMA of TOKYO Metropolitan 68-99

Advertisement of Oshima-cho, Tokyo 100-103

第16回海洋深層水利用学会全国大会



海洋深層水

2012 伊豆大島大会

講演要旨集

主催：海洋深層水利用学会

後援：文部科学省・水産庁・東京大学大学院新領域創成科学研究科
東京都大島支庁・東京都大島町

第16回 海洋深層水利用学会 全国大会

海洋深層水2012伊豆大島大会

プログラム

11月8日(木)

I オープニング

- 9:00 — 9:05 開会挨拶 海洋深層水利用学会会長
高橋 正征(東京大学名誉教授・高知大学名誉教授)
- 9:05 — 9:10 実行委員長挨拶 海洋深層水2012伊豆大島大会実行委員長
川島 理史(東京都大島町 町長)
- 9:10 — 9:15 来賓祝辞
高本 賢司(東京都大島支庁 支庁長)
- 9:15 — 9:30 休憩

II 一般講演1 〈海洋・水質関連／生物・水産関連〉

68(1)

座長 池田 知司(株式会社 環境総合テクノス)

- 9:30 — 9:45 1. Triple Iによる海洋肥沃化装置の評価 69(2)
○大塚耕司(大阪府立大学)
- 9:45 — 10:00 2. アンフィジニウム属渦鞭毛藻の大量培養と培地成分分析 70(3)
○池部慶太(高知県海洋深層水研究所)
矢野雄也・隅田隆・川北浩久(高知県工業技術センター)
西坂太樹・熊谷慶子・津田正史(高知大学)
- 10:00 — 10:15 3. 海洋深層水を用いた連続循環式フォトバイオリアクターの開発 71(4)
○渡辺敬之(株式会社ゼネシス)
佐藤徹(東京大学大学院新領域創成科学研究科)
- 10:15 — 10:30 4. 海洋深層水を用いたナンノクロロプシスの培養 72(5)
楊琇瑩・○郭詠琪・陳文析(台湾 工業技術研究院)
- 10:30 — 10:45 5. 海洋深層水がタコクラゲ・サカサクラゲの成長・生残に及ぼす影響 73(6)
○石井晴人・白石准・中井咲恵(東京海洋大学)
山田勝久・野村道康(DHC)
- 10:45 — 11:00 6. 低pH海洋深層水を用いた小型無節サンゴモの培養 74(7)
松枝千紗・○藤田大介(東京海洋大学)
- 11:00 — 11:15 7. 伊豆赤沢海洋深層水からの有用微生物の探索 75(8)
○柴田雄次(東京海洋大学大学院)・山田勝久(株式会社DHC)
今田千秋・寺原猛・小林武志(東京海洋大学大学院)

III 一般講演2 〈農業・畜産関連〉

76(9)

座長 白石 學(社団法人マリノフォーラム21)

- 11:15 — 11:30 8. 伊豆赤沢海洋深層水を用いた野菜プラントでの水耕栽培 77(10)
○岡本良子・原知子・有賀みずえ・山田勝久(株式会社ディーエイチシー)
今田千秋・小林武志・寺原 猛(東京海洋大学・院)

11:30 — 11:45 9. 富山県入善町深層水のかけ流しによるスラグ系施肥材の効果実証実験 70(11)
○小杉知佳（新日鐵(株)）・熊谷敬之（富山県入善町漁協）
小林美樹・藤田大介（東京海洋大学）

11:45 — 13:00 昼食

VI 特別シンポジウム：深海利用研究の最前線 80(13)

13:00 — 13:05 趣旨説明・司会

大内一之（東京大学大学院新領域創成科学研究科・特任研究員）

13:05 — 13:35 S1. 深海底の水温上昇—地球温暖化との関連— 81(14)

河野 健（海洋研究開発機構・海洋環境変動研究プログラムディレクター）

13:35 — 14:05 S2. 黒潮と島が作る流れ 83(16)

早稲田卓爾（東京大学大学院新領域創成科学研究科・准教授）

14:05 — 14:35 S3. 海洋温度差発電プロジェクトの動向 84(17)

實原定幸（株式会社ゼネシス・代表取締役社長）

14:35 — 14:45 休憩

14:45 — 15:15 S4. 海洋深層への熱入力による海域肥沃化に関する基礎的検討 85(18)

多部田茂（東京大学大学院新領域創成科学研究科・准教授）

佐藤慎一・尾崎雅彦

15:15 — 15:45 S5. CO2海域貯留技術の環境影響評価について 87(20)

佐藤徹（東京大学大学院新領域創成科学研究科・教授）

15:45 — 16:15 S6. 住民主体による離島潜在資源を活用した振興策提案について 88(21)

和田良太（東京大学大学院新領域創成科学研究科・学生）

木戸浦悠介・早稲田卓爾

16:15 — 16:25 休憩

16:25 — 17:00 質疑の部

司会： 大内 一之/応答者：講演者各位

V 懇親会

18:00 — (21:00) 「元町船客待合所」

11月9日(金)

VI 一般講演3 〈健康・医療関連〉

90(23)

座長 津嶋 貴弘(高知県海洋深層水研究所)

- 8:30 — 8:45 10. 海洋深層水体験施設における長期・継続的な運動浴による健康関連QOLの改善
○新村哲夫・田中朋子・金木潤(富山県衛生研究所) 91(24)
小林俊哉(富山大学地域連携)
立瀬剛志(富山大学大学院医学薬学研究部保健医学)
山腰高子・松永憲治・清水忠道(同・皮膚科学)
立浪勝(富山大学芸術文化)、升方章人(WAVE滑川)
鏡森定信(富山産業保健推進センター)
- 8:45 — 9:00 11. 海洋深層水による胃腸保健機能に関する動物臨床実験 92(25)
○黄秉益(台湾石材・資源センター)・楊智欽(台湾大学付属病院)
鄭劍廷(台湾師範大学/台湾大学医学部)
- 9:00 — 9:15 12. 海洋深層水および深層水由来の淡水のトリハロメタン生成能 93(26)
○岩崎誠二(三重県企業庁)
- 9:15 — 9:30 13. 海洋深層水飲料有する腫瘍細胞増殖抑制効果の解明 94(27)
○端口佳宏・中川光司・池上良成(赤穂化成株式会社)、
竹内啓晃・杉浦哲朗(高知大学 医学部)
- 9:30 — 9:45 休憩

VII 一般講演4 〈利活用システム関連他〉

96(29)

座長 新村 哲夫(富山県衛生研究所)

- 9:45 — 10:00 14. 伊豆赤沢海洋深層水より分離した海洋酵母の経時寿命に関する研究 97(30)
○野村道康・山田勝久(株式会社ディーエイチシー)
今田千秋・小林武志・寺原猛(東京海洋大学大学院)
- 10:00 — 10:15 15. 伊豆大島海洋深層水を利用した海水淡水化の連続運転 98(31)
○池上康之・浦田和也・岩崎君夫・永江壽光(佐賀大学)
大内一之(東京大学)
- 10:15 — 10:30 16. 台湾国際交流シンポジウムにおける深層水利用の国際的課題と台湾の状況 99(32)
長野章((社)全日本漁港建設協会)・石川浩希(北日本港湾コンサルタント(株))
河合孝治(クマシロシステム設計(株))
坂本和佳・○山内繁樹(㈱エコニクス)
鳴海日出人・若林隆司(㈱アルファ水工コンサルタンツ)

VIII 閉会挨拶

10:30 — 10:40 海洋深層水利用学会副会長 深見 公雄(国立大学法人高知大学 理事)

10:40 — 11:00 昼食配布

〈参考〉東海汽船運行表

	大島	竹芝	熱海
竹芝行き	11:15	13:00	
	14:40	16:25	
熱海行き	16:00		16:45

※予約センター TEL 03-5472-9999 (事前に、出港時間を確認の事)

■ 見学会

11:00 — 14:00

11:00 ~	開発総合センター 発
11:30 ~ 12:00	三原山山頂（車内昼食）
12:40 ~ 13:10	泉津港深層水取水施設
14:00	東京行きジェットホイル乗船場所（高速ジェット船）

一般講演 1

〈海洋・水質関連／生物・水産関連〉

座長 池田 知司
(株式会社 環境総合テクノス)

1. Triple I による海洋肥沃化装置の評価

○大塚 耕司 (大阪府立大学)

【目的】 海洋における食糧増産技術の一つとして、密度流拡散技術を応用した海洋肥沃化装置が提案されており、マリノフォーラム21によって、相模湾で実海域実験が行われた。この研究は、効率のよい水産動物性たんぱく質生産技術の開発が目的であると同時に、海洋深層水という再生可能資源を用いた持続可能な食糧生産技術の開発も目的としていることから、この技術が社会的に受け入れられるか否かの判断には、持続可能性の観点からの評価が必要である。日本船舶海洋工学会 IMPACT 研究委員会は、上記のような持続可能性の観点から、環境面と経済面の両方を同時に評価できる包括的環境影響評価指標 Inclusive Impact Index (Triple I) を開発しており、ここでは、Triple I による海洋肥沃化装置の持続可能性評価を行うことを目的とした。

【評価対象】 評価対象とした海洋肥沃化装置は、表1に示すような、実海域実験機「拓海」と、将来実用化することを想定して試設計された「実用機」である。なお、「拓海」は動力源がディーゼル発電であるのに対し、「実用機」では海洋温度差発電 (OTEC) を想定している。

表1 拓海および実用機の主要目

	拓海	実用機
浮体高さ (m)	32.0	52.0
浮体幅 (m)	16.8	40.0
ライザーパイプ長さ (m)	175	800
ライザーパイプ直径 (m)	1.0	3.2
深層水取水量 (m ³ /d)	0.1×10 ⁶	1.0×10 ⁶
深層水取水深度 (m)	200	850
表層水取水量 (m ³ /d)	0.2×10 ⁶	2.0×10 ⁶
表層水取水深度 (m)	5	5

【評価方法】 日本船舶海洋工学会 IMPACT 研究委員会は、包括的環境影響評価指標 Triple I について、簡易型の指標や正規化した指標などいくつかの指標を提案している。ここでは、次式で示される簡易型正規化指標である Triple I light star (III_{light}^*) による評価を試みた。

$$III_{light}^* = \frac{EF + \gamma C}{BC + \gamma B}$$

ここで、 EF : 肥沃化装置の建造や運用ならびに漁獲に伴う CO_2 排出などを表すエコロジカル・フットプリント、 C : 海洋肥沃化装置の建造や運用ならびに漁獲に伴うコスト、 BC : 海洋肥沃化による魚類生産を表すバイオキャパシティー、 B : 漁獲

に伴う利益 (ベネフィット)、 γ : 経済価値 (\$、¥ など) を環境価値 (gha) に変換する換算係数である。ただし、漁獲によるコスト (C) とベネフィット (B) は燃料価格や漁獲効率、流通段階での需給バランスなど不安定な要素が大きいことから、便宜上 $C = B$ (プラス・マイナス・ゼロ) と仮定した。また、 γ については、日本の EF と GDP の比 (EF_{JP} / GDP_{JP}) を用いることとした。

【評価結果】 図1に評価結果を示す。拓海は稼動年数が20年でも1を超えており、持続可能ではないと評価され、実用機は4年以上で1を下回り、持続可能であると評価されている。この理由を考えるために、表2に、稼動年数を20年としたときの拓海および実用機の EF の内訳を示す。この表から、ディーゼル発電を用いている拓海は運用管理が突出しており、逆に OTEC を用いる実用機の運用管理がほぼゼロとなっていることが確認できる。しかしながら、実用機は漁獲の EF が非常に大きい。これは、大量に生産された魚を獲る段階で、漁船の運用による CO_2 排出が大幅に増加したことが原因であり、より EF 値の小さい海洋肥沃化を実現するためには、漁獲段階での燃料消費を抑える必要があることを示している。

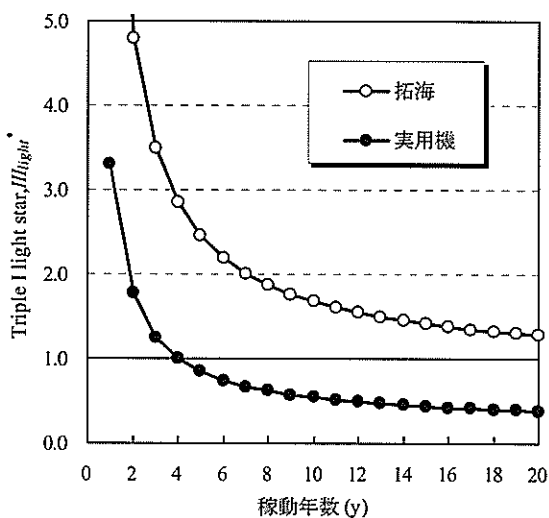


図1 拓海および実用機の Triple I light star

表2 稼動年数を20年とした場合の拓海および実用機の EF の内訳 (単位は gha)

	拓海	実用機
素材生産	16	240
建造・設置および廃棄	7	105
肥沃化装置の運用管理	96	4
漁獲	14	1,141

2. アンフィジニウム属渦鞭毛藻の大量培養と培地成分分析

○池部慶太（高知県海洋深層水研究所）矢野雄也・隅田隆・川北浩久（高知県工業技術センター）
西坂太樹・熊谷慶子・津田正史（高知大学）

【目的】

海洋産アンフィジニウム属 (*Amphidinium*) 渦鞭毛藻から得られるマクロリド化合物は、新しいタイプの抗がん剤リード化合物として期待されている。平成 21 年 (2009 年) 11 月より 200L 規模の培養を開始し、平成 23 年 (2011 年) 7 月に 4t 規模 (1t×4 基) の培養に成功した。この規模は、渦鞭毛藻の培養において世界最大である。現在、抗腫瘍性を示す新規化合物を見つけ出し、機能解明に取り組んでいる。

本研究では、アンフィジニウム属渦鞭毛藻を大量培養した際に、細胞数の計数と温度測定を行うとともに培地成分を分析し、得られた結果から渦鞭毛藻の安定的かつ効率的な培養条件を探ることを目的とした。

【方法】

培養

PES 添加深層水培地を使用した。20L→200L→1t の順で、アルテミア水槽を使用して攪拌培養を行った。深層水は 0.01nm の中空糸 UF 膜 (CP20-1010-B、東レ製) でろ過した。

水温測定

データロガー (Tidbit v2、HOB0 製) を使用した。

細胞数の計数

4~20 μ L の培養液を抜き取り、液中の細胞数を計数し、その数値を基に全数を算出した。

培地成分分析

栄養塩分析

使用装置：AutoAnalyzer II、ブラン・ルーベ製
分析方法：NO₂…スルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミンによる吸光光度法、NO₃+NO₂…カドミウム・銅カラム還元法 (+スルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミン による吸光光度法)、PO₄…モリブデン青吸光光度法、NH₄…インドフェノール法、SiO₂…モリブデン青吸光光度法。

その他金属元素の分析

使用装置：Vista Pro、SEIKO 製

分析方法：ICP (高周波誘導結合プラズマ発光分析)

【結果と考察】

培養日数と最終細胞数

200L 培養においては、平均培養日数 16.1 日で、平均細胞数約 81.9 億個、最高細胞数約 116.5 億個、最低細胞数約 36.0 億個であった。1t 培養においては、平均培養日数 18.1 日で、平均細胞数約 267.3 億個、最高細胞数約 407.5 億個、最低細胞数約 125.0 億個であった。

最終細胞数と温度・培養日数の関係

200L 培養と 1t 培養における細胞数と温度の関係を見ると、細胞数のピークが 25℃付近にあるようであった。200L 培養と 1t 培養における細胞数と培養日数の関係は、培養日数が長くなるにつれて細胞数が多くなる傾向があった。温度は 25℃付近、培養日数は特に 200L 培養においては長い方が最終細胞数が増加するものと考えられた。

培地成分の推移

NO₃ は減少傾向を示した。NO₂ は増加傾向を示す、もしくは低く推移した。NH₄ は低く推移する、もしくはは一時的に増加してから減少した。PO₄ も減少傾向を示した。SiO₂ も減少傾向を示した。Fe、Mn、Zn も減少傾向を示した。

まとめ

25℃付近で培養した時に、最も効率良く増殖するようである。培養日数が長い方 (約 2 週間<約 3 週間) が、細胞数が増える傾向がある。NO₂ と NH₄ 以外の測定項目は、減少傾向を示した。

今後の課題

培養温度を 25℃付近に安定させる方法を検討するとともに、培地の濃度や培養日数を調節することで、収量増加を目指したい。

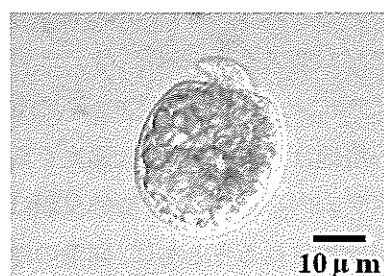


写真 アンフィジニウム属渦鞭毛藻

3. 海洋深層水を用いた連続循環式フオートバイオリアクターの開発

渡辺 敬之（株式会社ゼネシス）・佐藤 徹（東京大学大学院新領域創成科学研究科）

【目的】 海洋深層水は、その清浄性や低温性などの特徴から、海洋温度差発電、海水の淡水化、冷房、養殖等、様々な用途が研究され、産業化されている分野もある。その一方で、くみあげコストに見合う効率的な利用方法について未だ模索しているところもあり、経済性が合わない等の理由で利用率が下がっているところもある。そこで、海洋深層水の効果的な利用方法の一つとして、海洋深層水を用いた微細藻類の培養について検討した。微細藻類の培養には一般的に光合成のための光源と CO_2 を効率よく供給するフオートバイオリアクターが用いられ、人工海水に必要な栄養塩を添加したものが培地として用いられている。この培地の代わりに海洋深層水を利用すれば、低コストで有用な微細藻類を生産できるが、海洋深層水は栄養塩を豊富に含むとはいえ、従来から高密度培養に用いられている培地に比べれば、その栄養塩濃度ははるかに小さい。この問題を克服するには、従来のフオートバイオリアクターのようなパッチ式の培養システムではなく、培地（海洋深層水）を連続的に供給し、微細藻類を連続的に収穫する培養システムにしなければならない。今回は、上記のようなシステムの一例として、連続循環式チューブ型フオートバイオリアクターを設計・製作し、伊豆大島海洋深層水取水施設にて海洋深層水を連続的に取水し実験を行った。

【方法】 システムは、図1に示したように、受光部（ヘアピン型アクリルパイプ）、エアリフトコラム、エアポンプおよび接続部からなる。微細藻類を含む培地は、受光部にて太陽光を浴びながらこのシステム内を循環する。微細藻類は連続的に一定量が収穫されるとともに、同量の海洋深層水が補給されることで、藻類は常に増殖しながらもシステム内の藻類密度は一定に保たれる。海洋深層水の補給量については、システム設計シミュレ

ーターを開発し、最適量を $1.6\text{m}^3/\text{h}$ と算出した。

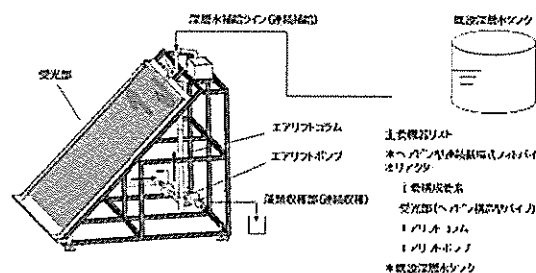


図1 システム概略図

実験では、微細藻類としてドナリエラを用いた。本実験では、深層水の供給を人により行ったため、約1時間毎に培地を 1.6m^3 抜き、深層水を 1.6m^3 注入することとした。連続収穫運転は日中の8時間のみとし、それ以外（夜間）は循環運転のみとした。系内の培地保有量は40リットルであり、1時間ごとに 1.6m^3 を収穫（系外に排出）し、同量の海洋深層水を供給するため、約3日で系内の培地が入れ替わることになる。収穫した藻類は、顕微鏡により細胞密度（個数）を測定し重量換算した。系内の藻類の密度は、実験開始時から目標の $17.6\text{g}/\text{m}^3$ に設定し、実験期間中は密度の変化を観察した。

【結果】 実験開始から20時間後まで系内の微細藻類密度はほぼ安定していた。66時間後以降、藻類密度は上昇し、 $25\text{g}/\text{m}^3$ 程度である程度安定した。系内の培地が完全に入れ替わった後（78時間後以降）も系内の微細藻類密度は保たれ、連続運転実験は一定の成功を収めた。

【課題】 系内の微細藻類密度は想定よりもやや高くなったが、その理由の一つに増殖率が想定よりも高かったことが考えられる。今回の実験結果を分析し、設計シミュレーターの改善に努めていきたい。

4. 海洋深層水を用いたナンノクロロプシスの培養

楊 琇瑩・郭 詠琪・陳 文祈（台湾 工業技術研究院）

【目的】 台湾東部の沿岸は、狭い大陸棚と海域特性のために、世界でも有数の海洋深層水開発の潜在力を秘めた場所である。海洋深層水は新興水資源であるが、新しい科学技術の応用により従来の技術を強化することで付加価値を高めれば、海水の淡水化、水産物養殖、食品加工、サプリメント食品の生産、バイオマスエネルギーへの応用など、多くの分野への応用が可能である。ここでは、海洋深層水によるナンノクロロプシス (*Nannochloropsis* sp.) 培養について検討し、その結果を受けての海洋深層水の特定目的への応用および海藻養殖産業の市場開拓についての参考資料を提供する。

【方法】 海洋深層水によるナンノクロロプシス培養実験を行い、藻類生長速度 (OD690 および細胞数)、中性脂肪細胞数の変化を観察することで、海洋深層水によるナンノクロロプシス培養の実現性を探った。1000 mL のフラスコにおける 300 mL の培養実験であり、純化後のナンノクロロプシスを実験種とし、培養水としての海洋深層水および表層海水に窒素 (NaNO_3) とリン (KH_2PO_4) を加えて栄養塩とし、24 時間ごとにサンプリングして吸光度 (OD690) を計測し、顕微鏡で細胞数を観察した。培養水が異なる場合における油脂の蓄積状況を調べるため、上述の培養実験における藻類を Nile red で染色し、蛍光顕微鏡で観察した。

【結果及び考察】 実験の結果、海洋深層水、表層海水ともに、OD690 および細胞数は 24 時

間経過時に著しい細胞の生長が見られるが、その後はあまり増えず、120 時間経過時には、海洋深層水の OD690 と表層海水の OD690 の間で大差なく、細胞数もまた同様であった。後続の 96 時間は海水を入れ換え（窒素、リンは添加しない）、いわゆる“飢餓状態での実験”を行い、海水中の天然成分が藻類の生長に与える影響を観察した。結果は、海水入れ換え後、両者の OD690 はあまり変わらず、細胞数も大差なかった。以上の実験結果から、海洋深層水を用いて培養したナンノクロロプシスの生長能力は、表層海水を用いたときと較べて大差ないことが判明した。油脂蓄積状況を観察した結果、海洋深層水および表層海水で 120 時間培養された藻類の培養液を入れ換え後（窒素、リンなどの栄養塩は添加しない）、海洋深層水培養で中性脂肪を含有する藻類の細胞数は、表層海水培養のそれよりも顕著に多いことがわかった。

したがって、海洋深層水にはナンノクロロプシスの中性脂肪生成の能力を促進する作用があり、これはバイオマスエネルギー源とするのに有利な材料となることがわかった。海洋深層水の生物促進能力を利用し、新興の水資源として藻類養殖に応用することは、国内における藻類の生産能力の向上につながる。藻類養殖関連産業は将来大きな発展の余地を有しており、海洋深層水の応用と結びつけることでビジネスチャンスが拡大するものと思われる。

5. 海洋深層水がタコクラゲ・サカサクラゲの成長・生残に及ぼす影響

○石井 晴人・白石 准・中井 咲恵（東京海洋大学）・山田 勝久・野村 道康（DHC）

タコクラゲ (*Mastigias papua*)・サカサクラゲ (*Cassiopea ornata*) は刺胞動物門、鉢虫綱、根口クラゲ目に属する代表的な観賞用クラゲである。これらは、ともに体内に褐虫藻を共生させており、その褐虫藻の行う光合成によって有機物を得ていることが知られている。そのため、これらのクラゲを栄養塩の豊富な海水で飼育することは、その成長・生残にとって有効であると考えられる。一方、海洋深層水は清浄でありながら、栄養塩を豊富に含む海水として知られている。そのため、光合成を行う生物の飼育に有効であると考えられ、実際に、水産有用藻類の培養において海洋深層水が有効であることが明らかにされている。このことから、同じ藻類である褐虫藻にも海洋深層水が有効である可能性が高く、褐虫藻を共生させているクラゲ類の飼育にも有効である可能性が高いと考えられる。日本国内では、海洋深層水を使用しての共生藻をもつクラゲ類の飼育実験はなされていない。そこで本研究では、海洋深層水を使用してタコクラゲ・サカサクラゲを飼育し、表層水飼育下の個体と比較することで、海洋深層水が共生藻をもつクラゲの成長や生残にどのような影響を与えるのかを実験的に明らかにし、海洋深層水の有効性を検証することを目的とした。

【材料と方法】 タコクラゲ・サカサクラゲは、鹿児島市与次郎長水路にて採集した。これらのクラゲを伊東市にある伊豆赤沢海洋深層水水産研究所まで搬送し、飼育実験を行った。クラゲは、海洋深層水および表層水で飼育し、傘径を定期的に測定した。使用した海洋深層水は、伊東市赤沢沖の水

深 800 m から汲み上げた海水、表層水は同市赤沢港の防波堤よりバケツで汲んだ海水を目合い 0.5 μ m で濾過したものである。クラゲ類の湿重量は、傘径との関係式から計算した。また、海洋深層水が共生している褐虫藻の個体数へ影響を与えているかを検証するため、飼育実験終了後に、個体内の褐虫藻密度を血球計数盤と倒立顕微鏡により計測した。

【結果と考察】 タコクラゲの生残率は、海洋深層水で飼育したものが 100%、深層水と外洋水の混合水で飼育したものが 91.7%、表層水で飼育したものが 50%であり、タコクラゲの生残には海洋深層水が好適であることが明らかとなった。一方、成長に関しても、比成長速度において海洋深層水の方が、表層水より高い値を示した。これらのことから、海洋深層水を用いることによって、タコクラゲの飼育では、安定的な生残と成長が期待できると推測された。

一方、サカサクラゲでも、生残率、比成長速度ともに表層水と比較して海洋深層水のほうが高く、海洋深層水はサカサクラゲの飼育に有効であることが明らかとなった。

褐虫藻の密度に関しては、タコクラゲでは測定部位に関わらず、海水の違いによる有意な差は認められなかった。サカサクラゲでは、その色彩が褐虫藻密度と大きく関係していることが明らかとなった。ただ、褐虫藻密度測定に供した個体数がどちらのクラゲ類においても少ないため、今後さらに同様の実験を行い検証する必要があると考えられた。

6. 低 pH 海洋深層水を用いた小型無節サンゴモの培養

松枝千紗・[○]藤田大介（東京海洋大学）

無節サンゴモ（紅色植物門，サンゴモ目）には数百種が含まれ，世界中に広く分布し，海藻では世界の海で最も深くまで生える。この仲間は石灰化して体内に炭酸カルシウム（ CaCO_3 ）の骨格を形成し，二酸化炭素（ CO_2 ）のリザーバーとなるが，海洋の酸性化による成長・生残への影響が懸念されている。著者らの研究室では，採集や培養の容易な植物着生性の小型無節サンゴモがサンゴモ類の教材生物やモデル生物として活用できると考え，知見の収集を行っている。渡辺・藤田（2009）は，館山市沿岸のアマモに着生するモカサ属の小型無節サンゴモを用い，身近な天然酸性海水である海洋深層水（富山県入善で取水後，汲み置き）で培養を試みたところ，従来の培養液と比べて良好な生長が得られることを明らかにした。しかし，取水後間もない海洋深層水で培養すると，藻体に異常を来たすことが確かめられたので，本研究では，海洋深層水をベースとして，このモカサ属無節サンゴモがどの程度の低 pH に耐えられるのかを確認する実験を行った。

【材料と方法】 モカサ属 1 種は，千葉県館山市沖ノ島北側で着生基質のアマモごと採取し，果孢子・四分孢子を区別せずに孢子をスライドグラスに着生させ，15℃に設定したインキュベーターで，長日条件（14 時間明期：10 時間暗期），光強度 $60 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ で培養した。培養液には富山県入善町海洋深層水（水深 367m から取水，暗所で汲み置き保存）を使用し，週に 2~3 回換水した。pH 段階別の培養は，汲み置きの深層水（pH8.2）のほか，熱帯魚水槽用の CO_2 ボンベを使用して，pH7.9，7.6，7.3，7.0，6.7 の 5 段階の酸性化深層水を作成し，合

計 6 段階で実施した。培養方法・条件は上記の通りで，培養 42 日目の藻体を用いて 5 日間培養した。明瞭に影響が現れたのは pH7.6 であったので，pH7.9~7.6 の範囲で pH を 0.05 ずつ下げ，同様の培養実験を繰り返した。この酸性化処理では pH を長期間一定に維持できないため，水換えは 1~2 日おきに行った。

【結果】 pH の異なる培養液を使用して培養を行ったところ，pH7.6 以下で藻体が顕著に白化し，組織の変性が起こった。pH7.6 の培養液では藻体の約 44% が影響を受け，pH7.3 以下の培養液では，ほぼすべての藻体が影響を受けた。影響を受けた部分の細胞は，細胞壁の崩壊が生じ，通常の細胞より丸みを帯びていた。また，pH7.9 から 0.05 ずつ pH を下げたところ，pH7.75 で藻体の縁辺に影響が見られた。pH7.7 まで低下すると，藻体の中央部に pH7.6 の場合と同じように変質した部分が見られた。

この実験後，通常の汲み置き深層水（pH8.2）で約 2 週間培養を続けたところ，pH6.7 で培養を行い全体に影響を受けていた藻体の縁辺部に，外見上正常な細胞がつくられ面積を広げているのが確認できた。しかし，変質した部分には変化が見られなかった。

本研究の結果から，無節サンゴモの培養に海洋深層水を用いる場合は汲み置きによって pH を 7.8 以上まで上げてから培養することが望ましいと考えられた。培養に用いた小型無節サンゴモは藻体が大型の基層細胞と小型の表層細胞だけで構成され，多細胞層から成る大型種と比べて酸性化の影響を直接検鏡し観察するのに適していることがわかった。

7. 伊豆赤沢海洋深層水からの有用微生物の探索

○柴田 雄次（東京海洋大学大学院）・山田 勝久（株式会社 DHC）

今田 千秋・寺原 猛・小林 武志（東京海洋大学大学院）

1. 目的

海洋深層水（DSW）は水深 200m 以深の海水であり、低温で高水圧といった特異な環境にある。これは応用微生物学的見地からも大変魅力的な対象と思われるが、DSW 中の微生物に関する知見は乏しいのが現状である。そこで、本研究では伊豆赤沢の DSW 中から微生物の分離を試み、その中から産業利用上有用な微生物を探索することを目的とした。

2. 方法

DSW から微生物を分離するにあたり、DSW 中の懸濁物除去に用いられているバッグ状フィルター（BF）に着目した。使用済みの BF を毎月（2010/11～2012/3）入手し、無菌的にこの一部（2×2cm）を切り取り滅菌 DSW 中で懸濁した後、得られた懸濁液を 6 種類の分離培地に塗抹して、それぞれ 4～27℃で培養を行った。この培養液の有用性を検討するために、培養上清について、生化学レベル（一次スクリーニング）および培養細胞レベル（二次スクリーニング）で評価を行った。一次スクリーニングではチロシナーゼインヒビター（TI）活性と DPPH 法による抗酸化活性を調べ、また、二次スクリーニングでは B16 細胞（マウスメラノーマ由来）及び NB1RGB 細胞（ヒト正常皮膚由来）を用いて美白作用と抗酸化活性を調べた。

3. 結果

6 種類の分離培地を用いて、培養温度 4～27℃の分離条件で BF から合計 1,019 株の微生物を分離した。これらの微生物の培養上清

について、一次スクリーニングを行った結果、131 株に活性が認められた。なお、これらの活性株は 4～20℃という低温環境における培養条件から得られたものであった（表 1）。一次スクリーニングによる活性株のうち、62 株を先行して二次スクリーニングを行った結果、6 株に美白作用、17 株に抗酸化活性が確認された。また、抗酸化活性を示した株の多くはポジティブコントロールとして用いたアスコルビン酸よりも高い活性が見られた。これら 23 株のうち、10 株について先行して 16S rRNA 遺伝子解析を行ったところ、*Formosa* 属（1 株）、*Streptomyces* 属（1 株）、*Rhodococcus* 属（1 株）、*Pseudoalteromonas* 属（1 株）、*Shewanella* 属（3 株）および *Vibrio* 属（3 株）と同定された。

伊豆赤沢海洋深層水の BF から分離した 1,019 株の微生物のうち、これまで 23 株が有用株として期待されている。今後は一次スクリーニングで活性が認められた残りの株について活性を調べると共に、有望株の諸性状を明らかにし、有効物質の単離・精製を行う予定である。

表 1. 培養温度毎の分離株と活性株

培養温度 (℃)	分離株	TI活性	抗酸化活性
4	149	10 (7%)	15 (10%)
15	300	28 (9%)	26 (9%)
20	299	15 (5%)	35 (12%)
27	271	0 (0%)	2 (0.7%)
合計	1019	53 (7%)	78 (8%)

() 内は分離株に占める活性株の割合

一般講演 2

〈農業・畜産関連〉

座長 白石 學

(社団法人マリノフォーラム 2 1)

8. 伊豆赤沢海洋深層水を用いた野菜プラントでの水耕栽培

○岡本良子・原知子・有賀みずえ・山田勝久（株式会社ディーエイチシー）

今田千秋・小林武志・寺原 猛（東京海洋大学・院）

【目的】

水不足が懸念される現在、日本における年間使用量の大部分を占める農業用水の確保は急務であると考えられる。古来日本では海水や海藻を麦やサツマイモ等の栽培に利用しており、表面海水よりも優れた資質を有する海洋深層水にはさらなる有効利用が期待されている。

我々はこれまで、伊豆赤沢海洋深層水（以下DSW）が野菜の発芽から幼芽の段階までに与える影響を調査し、DSWの生長促進効果ならびにそれが緑化初期のクロロフィル含量の増加に起因する可能性を確認した。そこで本研究では、幼芽より先の生長段階に与えるDSWの影響を調査することを目的とし、完全閉鎖型の野菜プラントを導入し、水耕栽培試験を開始した。

【方法】

①品種間におけるDSWの影響

12科29品種の野菜の種子を用い、電気伝導度(EC)が1.5dS/mとなるように肥料(大塚A処方)を添加した後、7%DSW(v/v)添加区と無添加区の計2試験区に分けて約2ヶ月間栽培試験を行った。栽培条件は明期(22℃, 12.5時間)及び暗期(18℃, 11.5時間)を設定した。栽培期間中は目視での観察を行い、収穫後は食味試験と重量及び硝酸態窒素含量を測定した。

②DSWと肥料添加濃度

DSW中には豊富なミネラルが存在することから、DSWの添加が肥料濃度の低減を導く可能性について調査することを目的とした。①で7%DSW(v/v)添加での栽培が可能と確認された品種の中から京水菜、小松菜、リーフレタス、ホウレンソウの計4品種を用い、ECが0、0.5、1.5、2.0dS/mとなるよう上述の肥料を添加した4つの試験区を設定し、すべての試験区に①よりさらにDSW添加濃度を上げた10%

DSW(v/v)を添加した。なお、その他の条件は①と同様とし、約1ヶ月間栽培を行った。収穫後は作物の大きさと重量を測定するとともに、Mg、Ca、Na及び硝酸態窒素含量を測定した。

③DSW添加量

作物栽培におけるDSW添加濃度の上限を調査するために、ECが1.0dS/mとなるよう前述の肥料を添加した後、DSWを10、20、30、40%(v/v)添加した計4試験区で約1ヶ月間、②で用いたものと同じ4品種の作物を栽培し、収穫物は②と同様に測定を行った。

【結果】

品種間におけるDSWの影響を確認したところ、ハツカ大根やチンゲン菜のようにDSW添加により良質な作物が栽培可能な品種がある一方、シソやモロヘイヤのように生長阻害が表れる品種も確認された。同じ科の植物でも品種によって生長に差異が見られた。DSW添加による肥料濃度低減の可能性については、4品種すべてにおいて長さの面でEC1.5と2.0dS/mの間に大きな差は見られず、0.5dS/mでは他の試験区に比べ生長が劣った。しかしながら、肥料添加濃度が少ないほど作物中のMg含量は増加し、硝酸態窒素濃度は減少傾向にあることから、10%DSW添加においてEC1.0～1.5dS/mの間に最適肥料濃度が存在すると推察された。最後に、肥料濃度が1.0dS/mにおけるDSW添加上限濃度の検討では、10%よりも20%DSW試験区の方が葉色の良い野菜が栽培できたものの、30%DSW試験区では顕著な生長抑制が確認された。また、DSW添加濃度に比例して硝酸態窒素含量の減少傾向が確認できた。今後、生長のみならず、成分面においてもよりDSW添加効果の高い栽培条件を得るためにさらなる検討を加えたいと考えている。

9. 富山県入善町深層水のかけ流しによるスラグ系施肥材の効果実証実験

○小杉知佳（新日鐵住金(株)）・熊谷敬之（富山県入善町漁協）・小林美樹・藤田大介（東京海洋大学）

【目的】 日本の沿岸各地で藻場の衰退・消失すなわち磯焼け域の拡大が問題となっている。主原因である海水温の上昇や植食動物による食圧の増加の他に、海水中の鉄濃度の低下も懸念される。これは、河川を通じた腐植酸鉄（腐植酸と鉄との錯体）の供給量が減少したという説である。新日鐵住金(株)では、これに着目し、鉄分を多く含有する製鋼スラグと、腐植酸（キレート）を含む人工腐植土とを混合した鉄分供給材（以下、スラグ系施肥材）を開発し、大規模な実海域実験やラボスケールの培養実験によって、効果の実証を進めている。その一方で、施肥による水質の変化や藻類への影響を包括的に調査するため、鉄濃度が極めて低い深層水を活用した大型水槽実験にも取り組んできた。昨年度は、止水条件下での施肥による水質の変化と、それに伴うコンブ配偶体および微細藻類の増殖に対する効果について、本学会にて報告した。今回の発表では、生長量の大きい葉長 10cm 以上のマコンブの孢子体を用い、より実海域の環境に近い「かけ流し」条件で行った実験結果について報告する。

【方法】 本実験では、富山県入善町にある深層水あわび蓄養施設にて、深層水を一定量(10L/hr)かけ流すことができる水槽設備を使用した（図 1）。実験区の 2 次受けタンクにはスラグ系施肥材を定期的に追加し、施肥材からの溶出成分が安定的に 2 基の実験水槽に供給されるようにした。

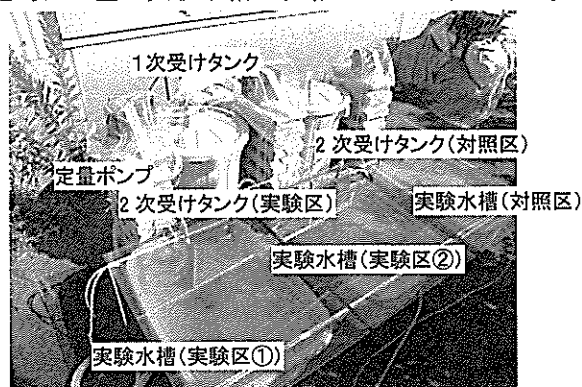


図 1 水槽設備一式

対照区の 2 次受けタンクには何も加えず、液送ポンプによって 1 基の実験水槽に液送した。各水槽の水質の変化を調査するために定期的に採水を行い、pH、無機態窒素、リン酸態リン、ケイ酸態ケイ素および全鉄を分析した。また、水槽中で増殖した微細藻類量を把握するため、採水と同じタイミングでクロロフィル量を測定した。また、コンブ孢子体への効果を検証するため、各実験水槽に葉長 10~35cm のマコンブ孢子体を 5 個体ずつ設置した。実験終了後に葉長および葉厚を測定するとともに、クロロフィル量を簡易的に測定できる葉緑素計（SPAD-502Plus）を用いて各孢子体の色彩の程度を比較した。

【結果】 実験期間中、実験区の 2 次受けタンクでは、スラグ系施肥材からの溶出によって、鉄をはじめとした栄養成分の濃度は高い値を維持した。実験終了後には 2 基の実験水槽ともに、孢子体は枯死することなく、葉長が 3~6 倍にまで生長した。実験期間中の生長量は、葉長は対照区とほぼ等しかったが、葉厚は実験区①および②ともに対照区よりも厚くなった。孢子体の色彩は、生長点付近および中央部ともに対照区<実験区となり、両区の差は生長点付近でより顕著であった（表 1）。生長点付近は中央部よりも細胞分裂が盛んであるため、施肥の効果が表れやすいものと考えられた。

微細藻類の増殖量は、付着性および浮遊性ともに実験水槽間に大きな差は見られなかった。この結果は、昨年度実施した止水での実験とは異なったが、流水によって微細藻類が流されたことによると考えられた。

表 1 コンブ孢子体の SPAD 値

	生長点付近	中央部
対照区	4.0 (±0.7)	6.4 (±1.3)
実験区	7.5 (±1.0)	9.0 (±0.8)

特別シンポジウム

司会 大内 一之

(東京大学大学院新領域創成科学研究科・特任研究員)

S 1. 深海底の水温上昇—地球温暖化との関連—

○河野 健 (海洋研究開発機構/東大・院・新領域)

【はじめに】 地球は北半球南半球ともおよそ緯度 40 度を境にして、赤道寄りではいつも温められ、極寄りでは常に冷やされている。そのため極付近では、海水が冷却・凍結し、低温、高塩分で高密度の海水が形成され、海洋深層に沈み込む。沈みこんだ海水は海中を移動し、周囲の海水との混合や海底の地熱によって軽くなり再び湧き上がってくる。こうして出来る循環を熱塩循環という。この循環は、低緯度で海水が得た熱を高緯度地域で大気へと放出する。つまり、低緯度と高緯度の南北の熱の偏りを戻す機能を持つ大きな対流である。これは、全海洋に広がり、海面から海底にまで至る大規模なもので、深層に達するため、この部分を称して深層循環とも呼ばれる。太平洋においては、南極周辺で冷やされた海水は、重くなって沈み込み、海底を北上する。その後、地熱や直上の海水との鉛直混合によって変質し水温も上昇して軽くなり、太平洋の中層・深層を戻ってくる。そして南極周辺の海面で熱を大気に放出し(再び冷やされ)重くなって沈み込む。この循環がいわば暖房器具のクーラントのような役割を果たして大気を加熱している。従ってこの循環が弱化すれば、熱を運ぶ能力が低下することとなり、南極周辺海域における熱放出が減少することとなる。例えば南極周辺では、1 秒当たり約 5,000 万トンの海水が沈み込んでいると考えられていて、これは数ペタワットの熱放出(大気を暖める)に相当する。深層循環の変化は我々の生活圏の気温を決定する主要な要因の一つである。

【方法】 1990 年代には、世界中の海洋において大陸間を縦・横断する測線を網目状に設定し、海面から海底までの詳細な海洋観測を実施するという国際共同研究(WOCE)が実施された。そして、近年では、CLIVARの一環としてWOCEの観測線を同じ精度で再び

観測する研究(GO-SHIP)が実施されている。本研究では、WOCE 期間中の海洋観測結果と、GO-SHIP 再観測結果を比較し、南極周辺で生成される周極深層水(CDW)の変化について調べた。

【太平洋】 CDW はニュージーランドの東側から南太平洋に流入し、西岸を北上し、その後サモア深海水路を抜け北太平洋に流入し、ウェーク島深海通路を抜け、日付変更線の西をさらに北上すると考えられている(図1、紫の線)。図中(WHP-P1、P2、P3、P6、P10、P14)の各測線で、最近の水温観測結果から過去の水温観測結果を引いた結果、CDWの経路と交差する全ての点において、底層の水温が上層していることが解った(図1中、丸で囲まれた部分)。そしてこれらの水温上昇は、いちばん底層にある冷たい海水が占める面積が減り、それを補うようにその上の比較的暖かい海水の占める面積が増えることによって生じていることが解った。数値モデル研究によれば、南極アデリーコースト沖における深層水の生成量が減ると、その影響が約 50 年で CDW の経路に沿った深層水温上昇となることが示唆された。

【全球】 入手可能な全球における観測結果を集め、観測線によって区切られたボックスを設定し、そのボックス内で 1000m 毎に貯まった熱量を全球で計算した。図2は、深度 4000m から 5000m までの間にこの約 10 年間に貯まった熱量を示す。変化率で W/m^2 で示した。赤(青)は貯熱量増加・水温上昇(貯熱量減少・水温降下)を示す。全大洋において深層の水温が上昇していることが解る。特に南極周辺では顕著である。この貯熱量増加の分布は、南極周辺で生成される深層水の分布ともよく一致しており、太平洋で見られたプロセス、すなわち南極周辺で生成される深層水の量が減っている可能性を示唆している。

【まとめ】 この 20 年間に実施された精密な海洋観測結果を解析した結果、全球において深層に水温上昇がみられることが解った。太平洋においては海洋底を北上する深層水の経路に沿って昇温がみられ、これは南極周辺での深層水の生成量の減少に起因する可能性が示唆された。入手可能な全球における観測結果を用いて解析した所、深層の貯熱量増加（水

温上昇）は南極周辺で大きく、全大洋の広範囲にわたって見られることがわかった。貯熱量増加の水平分布は、南極周辺で生成される深層水の水平分布とよく似ており、南極周辺全域での深層水形成量減少を示唆している。これは、海洋から大気への熱放出の減少を意味しており、長期的な気候変化へ影響する可能性もある。

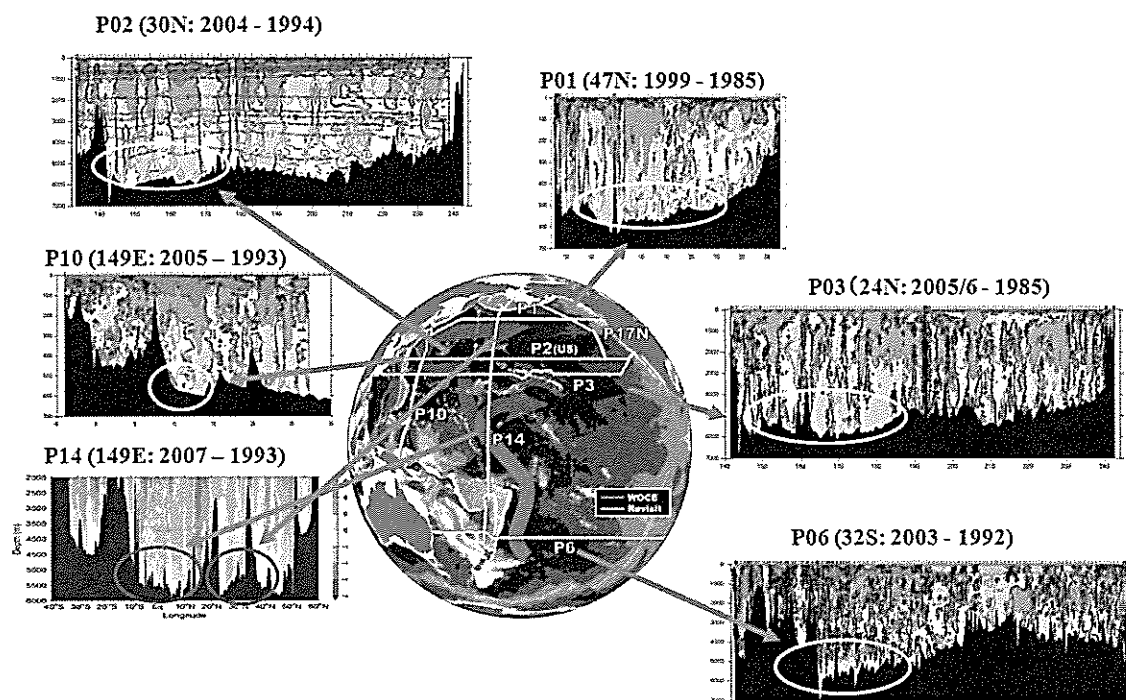


図 1. CDW の経路（紫）と観測線（黄色線）との交点における底層水温上昇（コンター中、丸で囲んだ部分。赤が昇温を示す。）

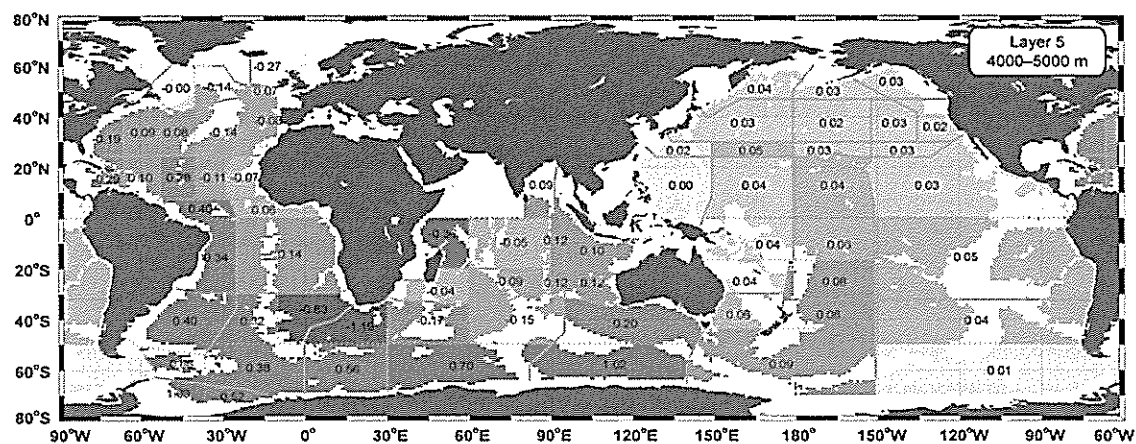


図 2. 世界の大洋の深度 4000-5000m の間に貯まった熱量。全大洋で昇温（貯熱量増加）がみられ、南極周辺海域で特に顕著にみられることがわかる。この分布は、南極周辺で生成される深層水の分布と良く一致している。

S 2. 黒潮と島の作る流れ

○早稲田卓爾・小平翼（東京大学大学院新領域創成科学研究科）

【緒言】 偏西風と貿易風により駆動される太平洋亜熱帯表層の循環は、フィリピン沖で分岐し、北に向かう流れを黒潮、南に向かう流れをミンダナオ海流と呼ぶ。黒潮は、台湾の東を通過し、琉球列島西から大きく東に流路を変え、トカラ海峡を通過し、日本南岸を房総沖まで流れる。四国沖から、伊豆海嶺八丈島と三宅島の間までの流れは、10年に一度ほど定在的に大きく湾曲し、大蛇行流路を取ることが知られている。一方、平均的には日本南岸に沿って直進する流れも、数カ月程度の時間スケールで常に流路が変動しており、伊豆海嶺上は伊豆大島から八丈島まで、150 km 程南北に流軸の位置が変わる。そして、数百メートル水深まで強い流れが存在する、深い流れである。黒潮と陸に挟まれた遠州灘沖の冷水渦、そして、四国海盆の再循環が時に強まり、時に弱まり、深い黒潮の流路を変動させる。その変動に伴う水の量は膨大である。

【渦の作る流れ】 四国海盆の再循環は、高気圧性の暖水渦であり、その強弱は東から伝搬する低気圧性の冷水渦、高気圧性の暖水渦の影響で変動する。このような中規模渦は、直径が数百キロメートルもあり、規模の大きさから、流れは海面と躍層の勾配を伴う地衡流となっている。低気圧性の渦には湧昇が伴い、逆に高気圧性の渦には沈降が伴う。このような冷水渦は黒潮続流の北でも発生することが分かっており、大きく湾曲した黒潮続流が切離し冷水渦となる。こうした冷水渦は長く存在し（数カ月）、湧昇流を伴うため、深層の水を表層に運ぶことで、豊かな漁場を形成する。

【島の影響】 黒潮は、およそ水深 4000 m の四国海盆から、500-1000 m 水深の伊豆海嶺を乗り越えて、水深 6000 m の太平洋に流れ出る。かつては、最も水深の深い海域に流路が限定されると考えられていたが（八丈—三宅ゲート）、実際は浅い海域も頻繁に通過することが分かっている。その際に、上層の流れが加速し、5 ノット前後の強い流れが島にぶつかる。そうした強い流れと島との相互作用により、後流には回転方向の異なる島の大きさ（直径 10 km）程度の渦が交互に放出される（小平 2010）。この、海洋カルマン渦は、衛星合成開口レーダー画像に現れ、生物生産と関係が有ることが示唆される（Isoguchi et al. 2009）。このような、サブメソスケール現象は、地球の自転の効果が必ずしも重要ではないが、渦の生成に伴い、湧昇が起これと思われる。

【三宅島の観測例】 2010 年 8 月-9 月に、4 日間三宅島周辺海域にて、ADCP による流速計測を行った（Kodaira et al. 2011）。黒潮流路は三宅島から御蔵島近海を通過しており、大水深では 3 ノットの流速が、三宅島西の浅海域では、5 ノットまで加速した。これは、夏場の季節躍層（水深 20-30 m 程度）と海底地形の影響で、上層部が加速されたことが一つの要因と考えられる。また、島後方には、流れの淀む海域があり、CTD 計測から、冷水が湧きあがっていることが分かった。同時期に取得した衛星画像からは、島の上流側に躍層が大きく沈降する孤立波の特徴がみられた。このような、内部波とそれに伴う碎波によって、深層と表層の水が混合すると思われる。

S 3. 海洋温度差発電プロジェクトの動向

○實原 定幸（株式会社ゼネシス）

海洋温度差発電（OTEC）は、海洋の表面を太陽が温めることで蓄えられた膨大な熱量と冷たい深層水との温度差を利用したもので、海と太陽がある限り利用可能な再生可能エネルギーである。

OTEC 開発の歴史は古く、今から 120 年以上前の 1881 年に始まる。その後、1973 年の第一次エネルギーショックをきっかけにして、石油の代替エネルギー候補として日本と米国で本格的な研究が行われ、OTEC は実現可能な発電技術であることが実証された。しかし、建設に多大な費用を要し、商業利用は難しいと考えられてきた。

それが今になって、再び世界から熱い注目を集めている。その理由は、①関連技術の成熟、②深層水の複合利用の進展、③社会情勢の変化、である。特に、③については、先の東日本大震災から再生可能エネルギーの普及拡大が強く求められ、OTEC はポテンシャルの大きさと安定性からその一翼を期待されている。

現在の開発動向

現在の開発動向をみるに、技術的にリードしている日本を、米国が猛追し、フランスが続き、実証プラント建設の先陣争いをしている状況にある。

米国ではロッキード・マーチン社が、直径約 4 メートルの大口径の深層水取水管の開発、そして、海洋温度差発電の心臓部である熱交換器の実験設備も建設し、積極的な活動を展開している。

一方、日本では、2010 年 7 月に刊行された「NEDO 再生可能エネルギー技術白書」で、2015 年までに 1,000kW の実証、2020 年までに～10,000kW 級の商用プラントの運用開始と国内導入の推進が目標として掲げられている。

沖縄県の OTEC 実証事業

本年度、沖縄県が久米島で、1,000kW 級実証プ

ラント実現のために、まずは小型装置による年間を通じた安定運転と、将来の大型化、商用化に向けた実証事業に着手した。実施場所は沖縄県海洋深層水研究所（久米島町）で、当社も発電ユニットの製造・組立を担当している。

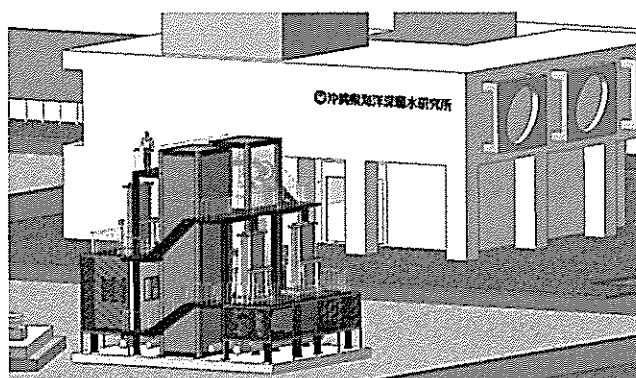


図 1. 沖縄県 OTEC 実証装置イメージ（沖縄県提供）

タヒチでの OTEC プロジェクト

フランス領ポリネシアのタヒチにおいては、8,000kW 規模の OTEC 商用プラントを計画中で、実施に向けた FS 事業を主にフランス国政府、及びフランス領ポリネシア政府の補助金にて、当社が主体となり 2010 年に約 1 年を掛けて実施した。プラントは洋上浮体式で、良好な FS 結果から現在はプロジェクト実施のための体制づくりを進めている。

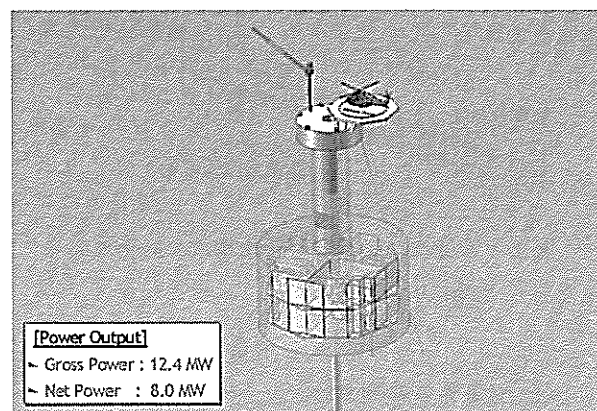


図 2. タヒチ洋上浮体 OTEC イメージ

S 4. 海洋深層への熱入力による海域肥沃化に関する基礎的検討

多部田 茂、佐藤 慎一、尾崎 雅彦（東京大学）

【目的】 海の深層に設置した熱交換器と発電所の復水器間で冷却用媒体を閉鎖的に循環させ、取排水無く深層の冷熱を蒸気冷却に利用する新たな発電所冷却水システムが提案されている¹⁾ (図1)。海洋深層は表層に比べて低温であるため、その冷熱を利用することで発電出力の向上が期待される。このシステムでは、温排水が無いため海洋表層への環境影響は大幅に緩和されることが期待されるが、一方で深層へ持ち込まれる熱の影響が課題である。一般に海洋深層水は、表層水に比べて窒素やリン等の栄養塩を豊富に含んでいる。栄養塩は植物プランクトンの増殖を促すため、発電所の排熱を冷却する代わりに温められた海洋深層水が浮力で湧昇して有光層に栄養塩を供給することによって、海域肥沃化の効果が顕れる可能性がある。本研究では、成層と流れのある場における熱入力による湧昇及び海域肥沃化について、水理模型実験と数値シミュレーションによって検討を行った。

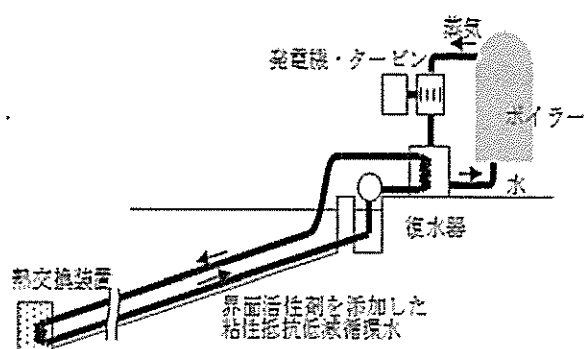


図1：取排水の無い発電所冷却水システムの概略¹⁾

【方法】 水理模型実験には、佐賀大学海洋エネルギー研究センターの成層回流水槽を使用した。長

さ10m(観測部4.4m)、幅1.0m、水深1.2mの成層回流水槽下部に、水中ヒーターを設置し、その直上にチューブからインクで色づけした液体を流すことで、熱入力による流体の挙動を可視化した。数値計算には、MEC-NEST²⁾を使用した。熱源の近傍では、湧昇効果を正確に計算するために、静水圧近似を用いない Full-3D 計算を行ない、それ以外の部分では計算時間がより短い静水圧近似の計算を行った。また、肥沃化効果を検討するために、栄養塩(NO_3 , NH_4 , SiOH_4)、有機物(PON, DON)、植物プランクトン(PS, PL)、動物プランクトン(ZS, ZL, ZP)を考慮した低次生態系モデル³⁾を結合した(図2)。

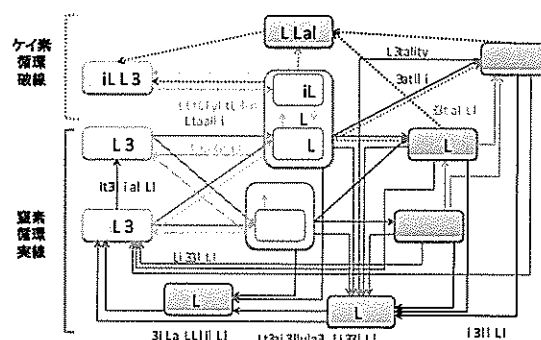


図2：肥沃化効果検討のための生態系モデル

【結果】 まず、計算の検証のために実験の再現計算を行ない、熱入力、温度成層、一様流速による湧昇高さへの影響が概ね再現できることを確認した。次に、実海域スケールのシミュレーションを行ない、発電出力、温度成層勾配、水平一様流速に対して湧昇高さがどのように変化するかを検討した(図3)。これらの結果を無次元数で整理したところ、

$$H^* = 0.21 \cdot W^{0.43} Ri^{-0.084}$$

の関係があることが示された。ここで、

$$H^* = \frac{h}{H} \quad W = \frac{Q_t}{UG_T} \quad Ri = \left(\frac{NH}{U} \right)^2$$

(h :湧昇高さ、 H :水深、 Q_t :単位時間あたり熱入力、 U :水平流速、 G_T :温度成層勾配、 N :Brunt-Väisälä周波数)である。さらに物理-生態系結合モデルによるシミュレーションを行い、湧昇による肥沃化効果について検討した。図4に示した例では、底層への熱入力によって、低温・高栄養塩濃度の底層水が深度100m程度まで湧昇し、それに伴って植物プランクトンが増加している領域が現れている。

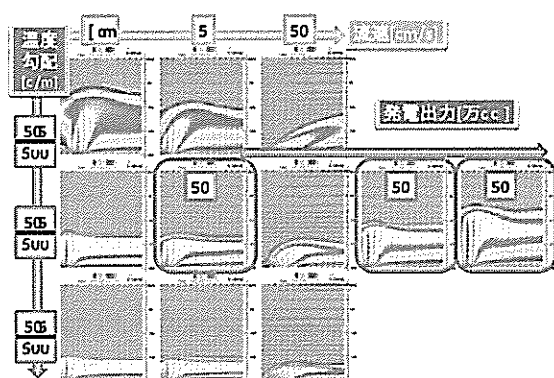
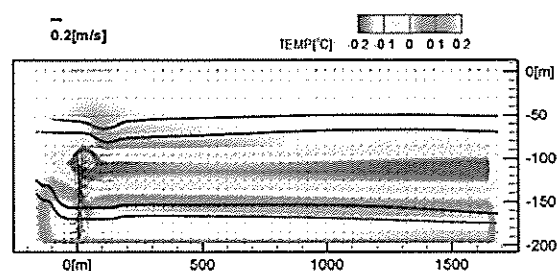


図3：実海域スケールでの計算結果（鉛直断面の水温分布）

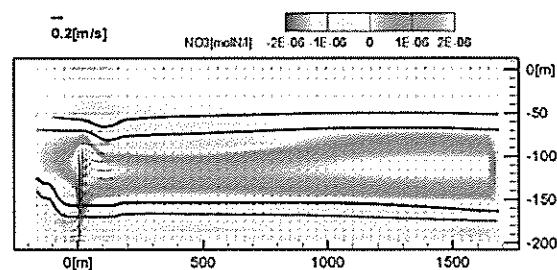
【謝辞】実験に際して便宜を図っていただいた今井康貴氏（佐賀大）に感謝する。また本研究の一部は科学研究費補助金（課題番号 20360389, 22360364）の助成を受けて実施された。

【参考文献】

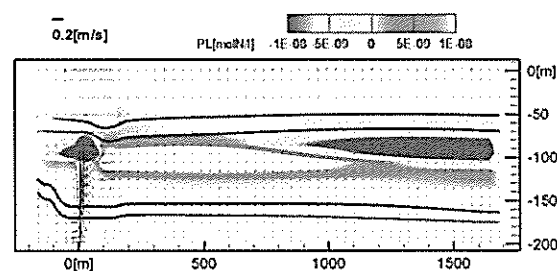
- 1) 尾崎雅彦, 大内一之(2011):取排水の無い発電所冷却システムに関する基礎研究 第一報;全体構想および発電効率への影響、日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第12号, pp. 359-362.
- 2) S. Tabeta, et. al. (2005): Numerical



(a) Temperature



(b) Nitrate



(c) Large Phytoplankton

図4：物理-生態系結合モデルによるシミュレーション例（熱入力による(a)水温、(b)硝酸塩、(c)大型植物プランクトンの増減の鉛直断面分布）

Simulation of Tidal Current in the Coastal Region with an Artificial Seabed Mound for Upwelling, Proc. 24th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering.

3) M. Shiokari, S. Tabeta(2012): A fundamental study on the effect of ocean fertilization by deep sea water, Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering, 15(3), 198-207.

S 5. CO₂ 海域貯留技術の環境影響評価について

○佐藤 徹（東京大学海洋技術環境学専攻）

【はじめに】IPCC 第 4 次評価報告書¹⁾に CO₂ の分離・回収と貯留技術 (CCS) は CO₂ の有効な削減技術であることが明記された。昨今では CO₂ の「超」大量削減技術としてそのメリットが認識されつつある。CCS の S は、現時点で大きく分けて 3 つに分類される。海洋中層に CO₂ を溶解する海洋隔離と、深海底に海水より密度の大きな液体 CO₂ を Lake 状に貯蔵する深海底貯留、そして現在我が国を含む世界各国で推進が計画されている地中貯留である。そこで本稿では、海域を利用した CCS 技術およびその環境影響評価技術についてまとめる。

【環境影響評価】一般に海洋における大規模開発にとって二つの大きなハードルになると言われるのが初期コストと環境リスクである。特に後者は地域の社会的受容性に大きく関連し、ビジネス化のボトルネックとなるケースが少なくない。海域地中貯留のサイトは水深が浅いことから沿岸に近い。このことはパイプライン輸送にとってもコスト的に有利となる。一方で、地域社会の受容性の問題が背後にあるため、サイト選定は簡単ではない。CCS 実現のネックの一つは環境リスクの懸念に基づく社会的受容性であると言える。

各種 CCS の環境リスクには性格的に大きな差異がある。海洋隔離の主なリスクは酸性化した海水の海洋生物への影響である。注入地点での CO₂ 濃度が最も高く、それ以降は拡散により薄まるため、注入点近傍の濃度を生物影響濃度以下に制御することができれば、リスクはあっても管理は容易と言える。深海底貯留の場合は、深海底に貯留された CO₂ Lake 内では生物は絶滅する他、ハイドレート膜を通しての CO₂ の溶解があるため、周辺の生物影響がリスクとなる。一方、地中貯留の

リスクは地震などの天災や事故などによる CO₂ の漏洩であり、リスク自体は 0 に近いが、漏洩場所や時期、漏洩量の予測は難しく、リスク管理という観点では簡単ではない。

新たな技術を社会に普及していくにあたって社会的受容性の問題が付随することは CCS に限ったことではない。遺伝子組換え技術や原子力技術の導入の際にも社会的受容性が重要な課題となり、様々な研究が行われてきた²⁾。今後大規模な展開が予想される海洋再生可能エネルギーも同様であろう。このような大規模開発の社会的受容性獲得のためには、その第一ステップとして環境影響評価は不可欠となる。

【おわりに】海域地中貯留の場合、日本での実現のためには、地域社会の受容性獲得が困難であるならば、海岸からある程度の距離をおいた海域を考えた方が有利であるかもしれない。従って、水深数 100 m 以上の深度を有する海洋下の地質構造内部での貯留が新たに着目される。

福島第一原子力発電所の事故を受け、国内のみならず海外においてもエネルギーの中長期利用に関する議論が活発に行われつつある今、火力発電所の位置づけに付随して、CO₂ 削減技術としての CCS についても議論の俎上に上げることは不可欠であると思われる。そのためにはまず CCS を広く認知させることが重要となる³⁾。

参考文献

- [1] IPCC: 4th Assessment Report, IPCC, 2007.
- [2] 上城功紘, 佐藤 徹: 日本船舶海洋工学会論文集 4, pp. 9-19, 2007.
- [3] 網川響吾, 平林紳一郎, 佐藤 徹: 海洋政策学会誌 1, pp. 15-28, 2011.

S 6. 住民主体による離島潜在資源を活用した振興策提案について

○和田良太・木戸浦悠介・早稲田卓爾（東大院・新領域海洋技術環境学専攻）

【背景】伊豆大島は、他の離島同様に、人口減、高齢化、財政状況の悪化などの進行が問題となっている。離島での産業振興では、物流コスト高が大きな負担となる一方で、離島固有の観光資源や深層水など海洋資源などの魅力を持ち、地域活性化の潜在力は高いと考えられる。

平成22年度東京大学工学部3年生のプロジェクト演習にて、伊豆大島でヒアリング、アンケート調査を実施し、離島振興が進まない理由を考察した。その結果、住民の問題意識は高く、新しい事業への期待は高いという事が明らかとなった一方で、新規取組みを起こす際のリスクテイクや新たな発想を持つ若い世代が、大学進学や就業で島外に出てしまい、島内は既存事業に従事している住民しかいないという構造的な問題がある事もわかった。一方で、島外部において立案される離島振興策は、住民の問題意識を正しく捉えられない事や、住民が主体でない事から推進力、継続力を欠き、失敗している事例がある。

【目的】離島振興策においては、島の持つ高い潜在力を、住民の主体的な取組みによって実現していく事が重要である。私たちは主体的な取組みを促す上で、島外から「きっかけ」を作ることが有効な施策になると考えた。住民の問題意識を共有し議論する「場の創出」、そして具体

的な離島活性化策を提案するための「知的な刺激」を島外部の役割を果たす事が有効であるという仮説を立て、実フィールドにおいてその実証調査に取り組んだ。

【手法と結果】伊豆大島をフィールドとして、島の若者である伊豆大島の有志高校生と大学院生による、3ヶ月間のグループワークを実施した。高校生たちが持つ島への思いを言葉にする「場の創出」、またその思いを具体的な行動に移す為の「知的な刺激」をキーワードに、大学院生を主体にグループワークを実践した。大学生・院生（有志7名：和田良太、木戸浦悠介ほか）らが事前にフィールド調査で伊豆大島を感じ、高校生と近い視点から会話した事が、触媒としての機能を更に高めたと考えられる。先ず大島の「悩み」、「魅力」、「10年後」をグループワーク形式で議論した。その議論から大島高校では観光をテーマとして、島の魅力を住んでいる高校生たちの目線から切り取った島内パンフレットとPRポスターを作成した。また大島海洋国際高校では大島の魅力である海洋深層水を活かした特産品の創出をテーマとして、島にとって当たり前となっている既存商品の魅力をフレッシュな視点から見直したPR広告と、大島特有の深層水資源を活用した「島ぶとー」という新商品アイデアの島内産業化プランを提案した。深層水を利用した

「島ぶとー」は、植松勝蔵氏が育成に成功した海ぶどうの種類であり、高付加価値商品として物流コスト高を克服できる商品として着目した。両者は伊豆大島に於いて開催されたシンポジウムにてポスター発表（図参照）を行った。

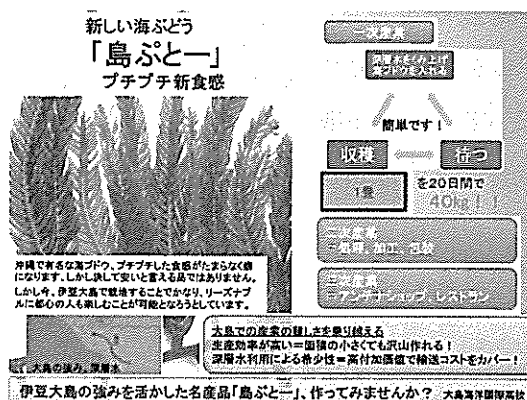
【考察と課題】高校生たちが語る島の未来は「大島らしさ」を前提にしており、「大島に良い所はたくさんある」、「帰ってきたい島にしたい」、「より良い大島への期待」や「島の未来を諦めるような大人の発言をやめてほしい」という高校生の熱い言葉は、伊豆大島の町長や観光協会長、そして住民に対して大きな刺激を与えている。私たちは、安易な外部立案の限界を痛感した。また同時に高校生が離島振興における住民の主体性のエンジンとして機能する事を確認し、高校生に対して「きっかけ」を与える手法が機能する事例を示す事が出来た。

高校生たちが島に対する関心、熱意を発信し続けてもらう場を継続するために、私たちの活動を教育プログラムとして昇華させる事を目指している。また高校生たちの新しい発想による提案を具体的に実現していくためには、次に社会との関わりを深めていく必要がある。これには地元住民の方々との協力を図る仕組みを考え、新たな「きっかけ」の創出方法が必要である。

離島における海洋深層水の利用においては、その技術的側面だけではなく、利用者となる地元住民の主体的な事業者とし

ての取組みを促していく必要がある。私たちはこれらの伊豆大島におけるフィールド調査を通して、住民主体の離島振興策の策定プロセスについて提言する事を目指している。

【謝辞】本活動は東京大学海洋アライアンスにより、日本財団の助成を受けています。日本財団に深く感謝申し上げます。



図：平成 23 年度深層水シンポジウムにおける高校生発表ポスター

一般講演 3

〈健康・医療関連〉

座長 津嶋 貴弘
(高知県海洋深層水研究所)

10. 海洋深層水体験施設における長期・継続的な運動浴による健康関連QOLの改善

○新村哲夫・田中朋子・金木 潤（富山県衛生研究所）小林俊哉（富山大学地域連携）立瀬剛志（富山大学大学院医学薬学研究部保健医学）山腰高子・松永憲治・清水忠道（同・皮膚科学）立浪 勝（富山大学芸術文化）升方章人（WAVE 滑川）鏡森定信（富山産業保健推進センター）

【目的】長期・継続的な海洋深層水を用いた運動浴のメタボリック症候群対策への利用の検討を行い、肥満者において、腹囲の減少、下肢筋力の増加等の効果があることを昨年の本学会で報告した。今回はメタボリック症候群対策とともに皮膚状態への効果について調査し、健康関連 QOL との関連について検討した。

【対象および方法】中高年女性（年齢 40～69 歳）で、腹囲がメタボリック症候群のスクリーニング基準（90cm）以上、または BMI が 25 以上の肥満者 40 名と、基準未満の非肥満者 20 名を募集し、調査対象とした。深層水体験施設「タラソピア」で、3 ヶ月間、週 1 回以上、深層水中で歩行浴を主とした運動浴を行った。深層水浴期間の開始時と終了時に、身体測定、血圧測定、血液生化学的検査、尿検査、体力測定、皮膚状態に関する調査および健康関連 QOL 測定のための SF-36v2™ によるアンケート調査を行った。本研究は、富山県衛生研究所倫理審査委員会の承認を受けて実施した。

【結果および考察】終了時の調査に参加した肥満者 34 名、非肥満者 18 名（合計 52 名、受診率 87%）について検討した。3 ヶ月間の深層水浴回数は、平均 29 回であった。

深層水浴期間前後の身体状況の変化をみると、前回と同様に、肥満者および非肥満者において、体重、体脂肪率および腹囲のいずれもが有意に減少し、非肥満者に比べ肥満者の腹囲変化（減少）が有意であった。また、肥満者と非肥満者のいずれにおいても、下肢筋力および血中の HDL-コレステロールが有意に増加し、HbA1c の有意な減少がみられた。

深層水浴期間後の皮膚状態については、アンケート調査では、52 名中 28 名から「しっとりした」「かさかさしなくなった」など改善傾向を示唆す

る回答があったが、前腕および腹部の水分蒸散量は増加し、角質水分量は減少し、pH が上昇するなど、客観的指標は主観的感想とは乖離する結果であった。今後、季節的な影響を考慮した調査を継続する予定である。

深層水浴期間前後の QOL スコアを比較すると、非肥満者では、身体的健康の尺度の GH（全体的健康感）と精神的健康の VT（活力）のみが上昇したが、肥満者では、身体的健康の尺度である PF（身体機能）、BP（体の痛み）、GH および精神的健康の VT、MH（心の健康）が上昇し、サマリースコアである PCS（身体的側面）と MCS（精神的側面）も上昇した。開始時に、肥満者は非肥満者に比べて BP、GH、PCS、MCS が有意に低かったが、終了時には差はみられなくなり、低スコアであった肥満者が非肥満者のレベルとなった。肥満者について、腹囲の改善者（3cm 以上の減少者、19 名）と非改善者（3cm 未満の減少者、15 名）に分けて比較すると、非改善者では GH、VT および MCS の上昇がみられたが、改善者ではそれに加えて PF、BP および PCS が上昇し、GH の変化に有意の違いがみられた。腹囲の減少など、肥満の改善者において、多くの健康尺度でスコアの改善がみられた。皮膚状態と QOL スコアの関係をみると、アンケートで皮膚状態が良くなったと回答した者は、BP、GH の健康尺度および PCS と MCS の QOL サマリースコアが上昇していた。

【まとめ】深層水体験施設における長期・継続的な運動浴が、肥満や生化学的検査の指標を改善し、メタボリック症候群対策に有効であることが示唆された。深層水浴期間の前後の比較で QOL スコアが上昇した。低スコアであった肥満者の改善が特徴的であり、肥満の改善と QOL スコアの改善との関連が示唆された。

1 1. 海洋深層水による胃腸保健機能に関する動物臨床実験

○黄 秉益(台湾石材・資源センター)・楊 智欽(台湾大学付属病院)

鄭 劍廷(台湾師範大学/台湾大学医学部)

【背景と目的】

海洋深層水はマグネシウム、カルシウムなどの成分を多く含んでいる貴重な水資源である。近年、海洋深層水は食品加工、農業、保健食品や化粧品などに幅広く利用されている。一方で、医学分野での利用は様々な研究が行われているものの、科学的な証明が不足していて、特に胃腸機能に関するものは皆無といっても過言ではない。動物が炎症を起こす際、白血球生産の活性化に過酸化水素(H_2O_2)と次亜塩素酸($HOCl$)が深く関係するが、本研究では、これらの作用に対する海洋深層水の効果について調べた。同時に、海洋深層水の摂取による腸管内の酸化還元電位、pH、血流、温度、酸素分圧の変化を測定し、粘膜細胞の mRNA 細胞実験を行った。さらに、十二指腸が酢酸によって潰瘍を誘発した際に、マグネシウムを多く含む海洋深層水(600 ppm と 1,200 ppm)の摂取による影響を調べた。

【材料と方法】

過酸化水素と次亜塩素酸の反応は高感度化学発光法を用いて測定した。腸管内の酸化還元電位、pH、血流、温度と酸素分圧はウィスター・ラット(Wistar rat)に麻酔を施して、測定した。十二指腸潰瘍は酢酸によって誘発した。

【結果】

試験管内において、海洋深層水は、水道水、市販ミネラルウォーター、純水に比べて、過酸化水素と次亜塩素酸濃度を低減でき、抗酸化また抗炎症の効果が期待された。動物臨床実験の結果、水道水または海洋深層水を摂取したグループでは摂取していないグループに比べて、腸管内の血流、温度と酸素分圧が増加した。海洋深層水を摂取したグループでは水道水に比べて、腸管内の *Bax* と *Bad* 細胞の死亡率が低く、酸化または老化作用が低減した可能性が示された。さらに、海洋深層水を摂取したグループでは酢酸による潰瘍の面積と浸潤白血球の数が他のグループに比べて有意に少なく、海洋深層水は酸性物質による腸管への刺激を緩和することが証明された。

【考察】

海洋深層水に含まれている成分は過酸素水素と次亜塩素酸の影響を軽減し、その摂取により腸管内の血流、酸素分圧を高め、さらに細胞の死亡による老化から腸管を保護することが可能である。このような効果は腸管において酸性物質の刺激による潰瘍の影響を低減することができる。以上のことから、海洋深層水の摂取は、胃腸の酸化、炎症および老化を予防する機能があると推察できる。

1 2. 海洋深層水および深層水由来の淡水のトリハロメタン生成能

○岩崎誠二* (三重県企業庁)

1. はじめに

海洋深層水（以下、深層水）の利用用途の一つに、淡水（飲用水）の製造がある。淡水の原水としての深層水は、①清澄、低温で、水質が安定している ②原水の枯渇（渇水）がないことおよび原水の水利権が存在しない ③放射能汚染を受けにくい（高橋 2011）等、陸水にない特性が多数ある。現時点では、立地、コストなどの問題から、深層水由来の淡水を、都市部の大規模な上水道水として供給することは困難と考えられる。しかしながら、先に述べた利点も含め、たとえば非常時の淡水確保という観点では、注目すべき水源である。従って、今後は、上記有用性から、小規模な水道事業であれば、水道水源として活用される可能性も考えられる。深層水淡水化施設における淡水の分水では給水末端における消毒は義務付けられていない。一方、水道事業として、水道管を通じ、水道水を各家庭に供給する場合は、塩素による消毒が必要となる。水道法では、家庭の給水末端においても遊離残留塩素が 0.1 mg/L 以上であることが規定されている。この塩素処理に伴って、消毒副生成物と呼ばれる様々な化学物質が生成してしまうことが、水道事業では問題となっている。

以上のことから、本研究では、代表的な消毒副生成物であるトリハロメタンを取り上げ、深層水由来の淡水における生成能を測定して、深層水由来の淡水の飲用水としての評価を試みた。また、深層水のトリハロメタン生成能も併せて測定した結果、若干の知見を得たので報告する。

2. 材料および方法

(1) 材料 深層水原水および淡水は、三重県尾鷲市の深層水取水施設アクアステーションおよび日本海側の 2 箇所の取水施設で採取した。表層水は、尾鷲市同施設前（賀田湾内）で採取した。また、三重県内の水道水源の河川水 3 検体を対照とした。

(2) トリハロメタン生成能試験方法

溶存酸素測定用のフランビン（102 ml）に、深層水等を満たし、一度密栓をして栓を取り、次亜塩素酸ナトリウム溶液を加え、再び栓をして、ビンを数回逆さまに振り、試薬をかくはんした。本検体を、20℃で 24 時間静置したのち、10 wt%のアスコルビン酸ナトリウムを 2、3 滴加えて次亜塩素酸ナトリウムを消去した。なお、遊離塩素の値は 1~2 mg/L の範囲となるように試薬を加えた。上記試料のトリハロメタン（クロロホ

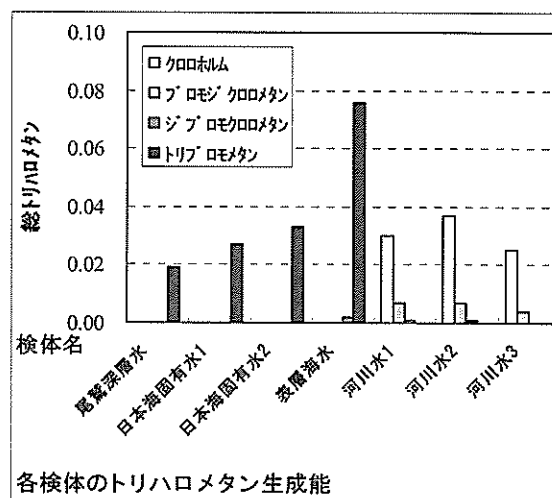
ルム、ブロモジクロロメタン、ジブロモクロロメタン、ブロモホルム）を GC/MS ヘッドスペース法で測定した。

3. 結果および考察

尾鷲ほか 2 件の淡水では、いずれもトリハロメタンはほとんど生成されなかった。トリハロメタン生成の要因は、物質面では塩素、臭素イオンおよび有機物であるが、RO 膜では臭素イオンおよび有機物が除去されたため、トリハロメタンがほとんど生成されなかったと考えられる。

海洋深層水から生成されたトリハロメタンは、大部分がブロモホルムであり、いずれも 0.02~0.03 mg/L であった。一方表層水では、ブロモホルムが 0.08 mg/L 近く生成しており、ジブロモクロロメタンもわずかに生成していた。海水の臭素イオンは、表層水、深層水共にほぼ 70 mg/L である。有機物量は、表層水が 2 mg/L、深層水は日本海が尾鷲よりやや低かったが、両者とも 1.0 mg/L 未満の低い値であった。トリハロメタン生成能は、有機物量のほか、種類にも依存する（伊藤、越後 2008）。図の生成能の差異が、両海水に含まれる有機物の質の差異（濱、和田 2012）に起因するのなら、逆にトリハロメタン生成能から有機物の存在状況の把握が可能である。

参考文献



高橋正征（2011）原発事故の放射性物質による海洋深層水汚染の可能性。海洋深層水研究，12 27-34。

伊藤貞彦・越後信哉（2008）水の消毒副生成物，技報堂出版（株）。

濱健夫・和田茂樹（2012）海洋溶存態有機物の生産と難分解過程。水環境学会誌，34（5）134-138。

*現三重県保健環境研究所

13. 海洋深層水飲料有する 腫瘍細胞増殖抑制効果の解明

○端口佳宏・中川光司・池上良成(赤穂化成株式会社)、
竹内啓晃・杉浦哲朗(高知大学 医学部)

【目的】

これまで本学会にて、海洋深層水より調製した高ミネラル水が循環器系疾患の改善や胃内感染ピロリ菌に対する抗菌作用など人への安全性とその有効性を報告した。さらに、培養細胞および動物実験で腫瘍細胞の増殖を抑制することを見出し、その増殖抑制機序解明を目的に解析を行っている。今回は、高ミネラル水による腫瘍細胞増殖抑制効果に関与している蛋白同定とその解析経過を報告する。

【方法】

高知県室戸沖より採水した海洋深層水より、5種類の高ミネラルバランスに調製した高ミネラル水(マグネシウム/カルシウム(mg/L)、A: 100/200、B: 150/150、C: 200/70、D: 240/0、E: 0/350)およびコントロールに精製水をサンプルとして使用し、ヌードマウス(雄、4週齢)に2週間自由摂取後に腫瘍細胞(ヒト胃ガン由来細胞: 以下 MKN-45 または、ヒト子宮ガン由来細胞: 以下 Hela)を後頸部皮下に 1×10^7 cells 移植した。腫瘍細胞移植後もサンプルの自由摂取を継続させ、移植2週間後に腫瘍と血清を採取した。腫瘍は超音波破碎後、採取した各血清と抗マウス IgG 抗体を用いてウェスタンブロットを実施し、コントロール群と高ミネラル水摂取群間で抗体反応プロファイルと比較解析した。1次スクリーニング(2次元電気泳動)で両群間に差を認めた箇

所からゲル抽出した成分を、LC-MS/MS に供し腫瘍細胞増殖抑制効果に関与する可能性のある75種類の候補遺伝子・蛋白を得た。2次スクリーニングは、mRNA からそれら全ての候補遺伝子と His 融合 plasmid を分子生物学的手法にて作成し、融合蛋白は大腸菌で発現後、1次スクリーニング同様に各血清との抗体プロファイリングを実施して各候補蛋白の検証を行った。

【結果・考察】コントロール群と比較して高ミネラル水摂取群の腫瘍サイズは、MKN-45 と Hela の両腫瘍細胞共に小さく、海洋深層水から調製した高ミネラル水の腫瘍細胞に対する増殖抑制効果が確認された。

プロファイル比較 高ミネラル水摂取群の腫瘍では、MKN-45 は 50kDa 付近に、Hela は 50kDa と 30kDa 付近にコントロール群では認められないバンドを認めた。

LC-MS/MS MKN-45 は 44 種類、Hela は 31 種類(計 75 種類)の高ミネラル水の飲用による腫瘍細胞増殖抑制に関わる候補蛋白が得られた。クローニング後の2次スクリーニング解析の結果、MKN-45 は 9 種類、Hela は 5 種類までに候補蛋白を絞り込むことができた。これらの蛋白が高ミネラル水の腫瘍増殖抑制効果に関与する可能性が示唆された。

現在、各候補蛋白を腫瘍細胞に導入し、細胞増殖に及ぼす影響について解析している。

一般講演 4

〈利活用システム関連他〉

座長 新村 哲夫
(富山県衛生研究所)

1 4. 伊豆赤沢海洋深層水より分離した海洋酵母の経時寿命に関する研究

○野村道康・山田勝久（株式会社ディーエイチシー）
今田千秋・小林武志・寺原 猛（東京海洋大学・院）

1 目的

海洋深層水は、一般に生菌数が非常に少ないことが知られているが、これまでの分子生物学的手法を用いた研究から、伊豆赤沢海洋深層水中には直上の表面海水中とは異なる特異な微生物群集の存在が確認され、有用微生物の分離源として期待されている。

我々はこれまで伊豆赤沢海洋深層水中から酵母を 85 株（16 属 23 種）分離しており、その内 3 株が産業上最も利用されている *Saccharomyces cerevisiae* であることを確認している。本研究ではこれら分離された 3 株の *S. cerevisiae*（以下、分離株）について諸性状を明らかにするために、ヒトの寿命に関する研究のモデルとして注目されている酵母の経時寿命を調べた。なお、経時寿命とは細胞が増殖し、分裂を停止した定常期以降に生存する期間のことであり、この経時寿命の延長により酵母の酸化ストレスへの耐性能が上昇することが報告されている。そこで本研究では分離株の過酸化水素耐性について調査を行うことにした。

2 方法

①酵母の経時寿命

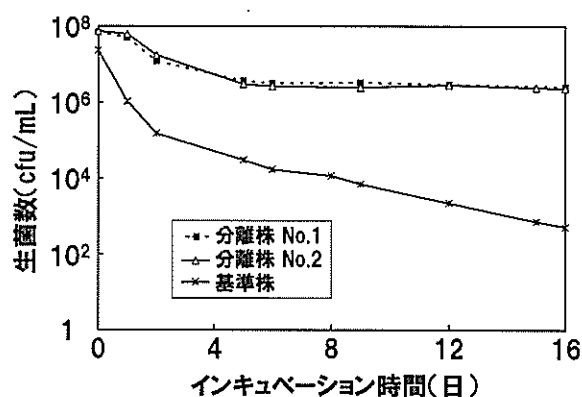
分離株および基準株を YPD 液体培地に植菌し、各株が定常期に達するまで 27℃で最大 50 時間培養した。酵母の増殖は 660 nm における濁度が一定に達した時点を選定し、この定常期に達した各株の培養液は、培養液をそのまま用いる「培養液試験区」並びに、培地成分を同量のリン酸緩衝液に置換した「リン酸緩衝液試験区」に分け、さらに 27℃で培養を行った後、各株の生菌数をコロニーカウントにより計数した。

②酵母の過酸化水素耐性

分離株および基準株を YPD 液体培地で 2 日間培養し、これらの菌体を滅菌精製水で洗浄した後、回収した。回収した各菌体に 100~1,000mM の過酸化水素を添加し、30℃で 1 時間インキュベーションを行った。インキュベーション後、各株を滅菌生理食塩水に懸濁し、これらの懸濁液を YPD 寒天培地に一定量接種し、27℃で培養を行った。培養後、目視で酵母の増殖を確認し、各株の過酸化水素耐性能を調べた。

3 結果及び考察

分離株および基準株の経時寿命を調べた結果、両試験区とも分離株は基準株に比べて死滅速度が遅く、長い経時寿命を有していることがわかった。また、いずれの分離株も基準株より高い過酸化水素耐性を有していた。経時寿命延長に関与する遺伝子の発現により過酸化水素（酸化ストレス）耐性が向上することが知られていることから、分離株の経時寿命の長さには経時寿命延長に関与する遺伝子が基準株に比べ強く発現している可能性が示唆された。また、各分離株の酸化ストレス耐性が高かったことから、アンチエイジングを目的とした機能性食品や化粧品などへの応用も可能と考えられた。



リン酸緩衝液試験区における各酵母の生存数

15. 伊豆大島海洋深層水を利用した海水淡水化の連続運転

○池上康之・浦田和也・岩崎君夫・永江壽光(佐賀大学)

大内一之(東京大学)

はじめに

インド、東南アジア及び南太平洋の島嶼国などにおいては、電力不足とともに問題になっているのが水問題である。これらを解決するために、海洋温度差発電(OTEC)を用いて電気と同時に真水を取り出すことが期待されている。OTECでは、電気エネルギーを取り出した後の熱源を利用するため、発電との複合利用を行った場合には、淡水化のコストが大幅に削減できるというメリットがある。インドでは、佐賀大学と共同で開発したスプレースラッシュ蒸発式海水淡水化を行い、日量100tクラスの実用機がインド国内で数か所稼働し、7年以上飲料水などに供給されて、水問題とともに健康問題含めて改善が図られている。

本報では、東京大学伊豆大島海洋深層水取水施設において我が国で初めて行った、表層水と深層水を約1年間連続的に通水した海水淡水化実験について報告する。

実験装置及び実験方法

図1に実験装置のフロー線図を示す。実験を行う際には、まず、真空ポンプで系内の圧力を下げる。深層水は、凝縮器と補助凝縮器に送られ熱交換器を冷却する。表層の温海水はフラッシュチャンバーに入り、低気圧により低温で蒸発する。ここでは、塩分などの不純物は蒸発しきれなかった海水とともに排出され、水蒸気だけが発生する。水蒸気は凝縮器に送られ、深層水と熱交換し冷やされてほとんどが液体になり、さらに、ここで凝縮しきれなかった水蒸気は補助凝縮器で完全に凝縮した後、清水タンクに貯溜する。

実験結果

実験期間は、2011年9月16日～2012年8月23日である。図2に表層水と深層水の温度変化を示した。表層水は、季節の影響が大きく、夏季に高温になり、冬季に低温となった。最大値26.6℃、最小値14.3℃、平均水温19.7℃であった。深層水は本来、年間を通じて低水温で安定しているが、本実験では、深層水が貯水タンクに滞留した時には気温の影響を受け、水温は大きく変動した。最小値は12.0℃であった。表層水と深層水の温度差の最大値は2012年7

月の10.6℃であった。さらに、表層水の温度が低い冬季(1～3月期)においても約2℃の温度差があった。

実験期間中の表層水の平均流量は、0.6L/min、深層水の平均流量は5.6L/min、淡水化された清水の積算増水量は975Lであった。このことから、今回の実験装置では日量約2.9Lの清水を得ることができた。

まとめ

東京大学伊豆大島海洋深層水を用いてスプレースラッシュ蒸発式海水淡水化実験を行い、我が国で初めて年間を通じて温度差エネルギーによる淡水化が可能であることが示された。

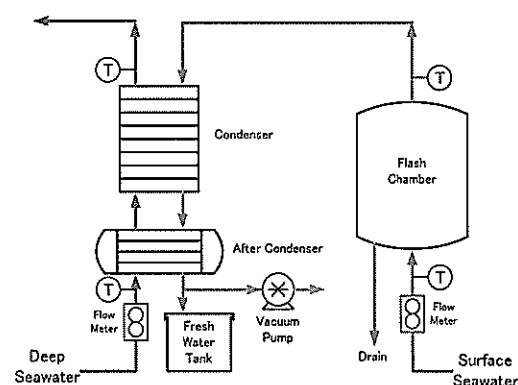


図1 実験装置のフロー線図

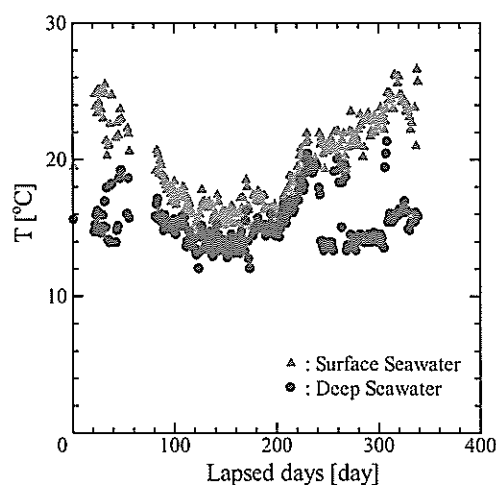


図2 海水温度の経時変化

16. 台湾国際交流シンポジウムにおける深層水利用の国際的課題と台湾の状況

長野章（社）全日本漁港建設協会）・石川浩希（北日本港湾コンサルタント㈱）

河合孝治（クマシロシステム設計㈱）・坂本和佳・〇山内繁樹（㈱エコニクス）

鳴海日出人・若林隆司（㈱アルファ水工コンサルタンツ）

1 はじめに

2012年9月14日、台湾台北市において台湾の財団法人石材・資源産業研究センター主催の2012深層海水産業交流国際シンポジウムが開催された。本報告では参加した著者らの発表と台湾・アメリカ（ハワイ）、韓国とでの深層水の利用状況や考え方、さらに翌15日に視察した花蓮県の深層水3社を紹介する。

2 参加国の深層水利用状況

1) 日本（例北海道）

北海道の岩内町、八雲町（熊石）、羅臼町の利用状況が報告された。各地区とも自治体により建設され水産利用が中心で多くが清浄性や低温に注目した漁獲物の衛生管理や鮮度化保持の観点で利用されていること、化粧品や食品にも利用され商品開発もされているが量的に少なく企業利用が虚弱であることが説明された。しかし、一方で消費者の再購入意識の比率は高く商品開発による可能性が示された。

2) 台湾

台湾では2005年から海洋深層水のプロジェクトがスタートし、花蓮県には民間企業3社が立地し、取水パイプ3本が整備され、商品を出荷している。国立の研究施設も台東県に2カ所に設置され水産試験所の分野と、石材・資源産業研究センターの多様な応用技術開発の分野を担っている。海洋深層水の水産利用もあるが出荷はなく、食品製造業による健康に注目した高硬度水が主力で、サービス業、製菓業を含め既存の産業に組み込まれている。深層水取水可能な台湾東部の産業発展としても期待があり観光と結びつけた健康、文化体験などにストーリー性のある知識供給が重要としている。今後の海洋深層水の発展は商品化などに際しての科学的な説明が欠かせない。

2) アメリカ（ハワイ）

アメリカではエネルギーを目的として深層水を採取したが水産養殖の研究試験にも取り組んでいる。水産養殖への応用は4年前と比較して進んで

いない。水産養殖への利用は利益が高くなく、この進展がハワイでの課題である。深層水利用は温度差発電や日常品製造、水産養殖、観光など複合的利用が必要である。ハワイの自然エネルギー実験当局者はハワイでの経済影響を1ドルの投資に対し42.8ドルとしている。

3) 韓国

韓国の海洋深層水事業は許可制である。2008年の第1号の許可以来を受け現在民間では建設中を含め6社が許可を受けている。その他研究機関が1件、ウルルン県による1件である。ウルルン県では漁業者に無料提供し、漁獲物洗浄に利用している。商品はボトルウォーターの種類が多く、その他商品では塩、化粧品、キムチがある。注目の利用は低温を利用した水産物保管である。事業初期(2009年)に、「海洋深層水のミネラル効果は、普通の塩の効果と同じ、海洋深層水製品は一種の詐欺だ」とマスメディアで報道され国民に悪いイメージを与えた後遺症が残っている。利用効果の科学的根拠が十分に解明されていないことが原因である。

3 花蓮県3社視察

花蓮県で深層海水を取水する3社はミネラルウォーターの製造と中国への輸出を主力としているが、其々に特徴を持って利用している。視察各社を以下に示す。詳細は口頭発表によらたい。

深層水資源（股）公司（光隆グループ）、
東潤水資源生技股份有限公司、
台湾海洋深層水股份有限公司

4 おわりに

各国とも深層水に期待を持ちながら十分な応用・利用が確立していないのが現状であるが、台湾の応用技術への意欲は大きい。共通課題は機能の科学的証明とエネルギーから水産にいたる多段階利用と大規模化であり、日本(北海道)の課題は産業化である。限りある資源の中で、唯一、無限循環資源といえる海洋深層水への可能性に期待したい。

*****MEMO*****

伊豆大島
観光特派員
制度

伊豆大島 観光特派員

登録申請 受付中!!

友から友へ、伊豆大島から
日本全国へ・世界への
観光客誘致ネットワークづくり

伊豆大島観光特派員制度…近年続いている観光客減少を打開するため、島外の方に伊豆大島観光特派員に登録していただき、観光客誘致ネットワークづくり・伊豆大島観光再生を目的として作られた制度です。

観光特派員になると、とってもオ・ト・ク

トクテン 1 東海汽船の料金が **10～20%OFF!!**

トクテン 2 島内公共施設が **50%OFF!!**

トクテン 3 歓迎協力店の各種サービス

土産物店、観光タクシー、レンタカー、レンタサイクル、その他

島外の方なら、どなたでも

①氏名 ②住所 ③電話番号
を明記して登録完了!

登録は、大島町観光商工課窓口へ!

FAX・メール・郵送で申込書をお送りください。
※申込書は、大島町役場観光商工課で配布しています。

※登録される方は18歳以上をお願いします。

※世帯代表の方お一人又はグループの代表お一人様の登録でも割引対象となります。

(但し、割引サービスを受ける場合「東海汽船割引乗船券申込書」・「お客様(誘致客)紹介カード」の提示が必要です。)

登録証明書は、本人へ無料で発行!

登録後、証明書・必要書類・その他資料をお届けします!

[受付窓口]

大島町観光商工課

〒100-0101 東京都大島町元町1丁目1番14号

Tel 04992-2-1446 Fax 04992-2-1371

Mail kankou@town.oshima.tokyo.jp

10月

■ 為朝の神事

開催日 10/13 (土)
開催時間 / 11:00~
開催場所 / 鎮西八郎源為朝の館跡 (赤門)
● オータムフェア
オープニングセレモニー同時開催



■ はや椿フェスタ開催!!

期間 / 10月初旬~
場所 / 椿花ガーデン・リス村
入園料 / 大人 800円
こども 400円
お問い合わせ / 椿花ガーデン・リス村 04992-2-2543 (水曜・木曜休園)



椿花ガーデン・リス村では、10月から早咲きの椿がきれいな花をつけはじめます。大島在住の陶芸家の作品の展示販売を行います。

■ 第59回 都民の大島磯釣大会

開催日時 / 10/21 (日) 対象魚 / 石物の部・ブダイの部・メジナの部・他魚の部
6:00~12:30 検量時間 / 12:30~13:00
エントリー / 大人 2,000円 検量・表彰場所 / 当日出帆港
小学生 1,000円 現地参加のお申し込み /
(社)大島観光協会 04992-2-2177



11月

■ 第8回 オペラ「椿姫」コンサート

日時 / 11月10日(土) 18:30~21:00
場所 / 開発総合センター2階 大集会室
お問い合わせ / 椿椿 04992-2-5091

■ いせえび漁業体験

日時 11月17日(土) 場所 岡田漁港
15:00~16:00 内容 事前説明、投網、揚網、いせえび外し、試食(味噌汁)
11月18日(日) 参加費 1,000円(保険料等)
6:30~8:00 申込 10月15日~10月31日(平日9:00~17:00)
お問い合わせ 大島町役場 産業課 ☎04992-2-1445

■ いせえびまつり

日時 11月中の日曜 場所 当日の出帆港
(4、11、18、25日) 内容 いせえびの味噌汁の提供
14:00~16:00 (500食・毎回提供数) 無くなり次第終了
お問い合わせ 大島町役場 産業課 ☎04992-2-1445



■ 第2回 C級グルメ選手権

Challenge Country Communication

日時 11月23日(金)
場所 開発総合センター 公共駐車場多目的広場(雨天時は開発総合センター内)(予定)
説明 大島の食材を使ったグルメ選手権です。新しいメニューに挑戦する「チャレンジ」と田舎らしいメニューの「カントリー」に人と親しむイベント「コミュニケーション」の3つの「C」に加え、大島の「シー」(海のもの)を合わせた Sea 級グルメでもあります。B級よりも気負わず楽しめるグルメを、ご堪能下さい。



■ ジオパーク展

日時 11月3日~2月3日までの 内容 ジオパークや伊豆大島と火山についての解説
土・日・祝(予定) バーチャルツアー
9:30~15:00 (スライドショー)による
場所 三原山頂口 特設会場 三原山の見所の紹介など



12月

■ 大島町産業祭

日時 12月1日(土) 場所 開発総合センター・公共駐車場多目的広場2階
10:30~14:00 小雨強風時 同広場1階
内容 大島の秋の農作物・花などの他に、大島の美味しいもの(島ごはん・島おやつ)も販売予定です!

お問合せ 東京島しょ農業協同組合
伊豆大島支店 ☎04992-2-3506



■ 伊豆大島マラソン

日時 12月8日(土)
コース フルマラソン(42.195キロ)
10キロ/5キロ
お問い合わせ 大島町役場観光商工課
☎04992-2-1446



■ 体験コーナー

1. 花びらぞめ 期間中の土日祝日 出帆港で開催
2. 椿の一刀彫り 藤井工房 04992-2-1628 (木曜休館)
3. 大島民芸体験 大島ふるさと体験館 04992-2-3991

期間

10/13(土)~12/8(土)

楽しさいっぱい! 秋の大島を満喫してください。

伊豆大島オータムフェア

主催: 大島オータムフェア実行委員会
(社)大島観光協会
後援: 東京都・大島町・大島町商工会

(社)大島観光協会

〒100-0101 東京都大島町元町 1-3-3

TEL. 04992-2-2177

FAX. 04992-2-1933

[ホームページアドレス]

http://www.izu-oshima.or.jp

三原山頂地区 (三原山頂口エリア)

ジオパーク展

日時 1/27 (日)、2/2 (土)、2/3 (日) 2/9 (土) ~ 3月24 (日) の毎日
9:30~15:00

場所 三原山頂口 特設会場

内容 ジオパークや伊豆大島と火山についての解説バーチャルツアー
(スライドショー) による三原山の見所の紹介など

椿の花による「おもてなし」

椿展 日程「未定」・観光ポスター展「詳細未定」

元町港地区

オープニングセレモニー 江戸みこしとあんこパレード

1/27 (日)

●大島町役場周辺

●午前中(詳細時間未定)

椿まつりの盛況と伊豆大島の観光発展を祈念してオープニング
セレモニーを行います。鏡開きと郷土芸能を披露します。

椿の花びら染め体験教室

●出帆港待合所 ●土・日・祝 10:00~16:00

ハンカチやスカーフを椿の花びらで美しく染める体験教室を行います。

椿の森再生披露

再生された椿の森を散策しながら椿の花をご覧いただけます。
(入場無料)

●毎日開催

椿まつり 写真コンクール(都知事杯)

●元町港船客待合所

ミス大島、ミス椿の女王撮影会の作品をはじめ、椿まつりの風景や美しい椿、
大島の風景に関する作品を募集、前年度入賞作品の展示を毎日行っています。

●特定日開催

夜まつり

2月10日~3月24日の(金)(土)(日)

●元町港船客待合所 ●19:30~21:00

スーパードアーズのダンスパフォーマンス・
御神火太鼓の披露や大島特産品・地酒などが
味わえます。

大島公園地区

椿プラザ

1月27日(日)~3月24日(日)
●9:00~15:30

●椿まつりメイン会場
【アトラクションステージ】

「大島民謡」や、「あんこの手踊り」など伊豆大島の郷土芸能をお楽しみください。

あんこ衣装の無料貸し出し

●9:00~15:00

来島記念に衣装を着てあんこさんに変身!
あんこさんになった気分でご園内見学や撮影をしてみませんか。

屋台

メイン会場には数々の屋台が出店します。

●特定日開催

椿の女王コンテスト

2/3 (日)

●大島公園 椿プラザ ●10:00~
(雨天の場合開催場所の変更があります。)

伊豆大島の伝統衣装を着て、あんこ娘に
なったコンテスト参加者の中から可愛い
「椿の女王」を選出します。

椿の女王ミス大島撮影会

●撮影場所、同日開催

伊豆大島 椿まつり

第58回



椿のスタンプラリー

●抽選会場 / 当日の出帆港船客待合所内
●抽選時間 / 船舶の始発~最終船出帆時

島内に美しく咲く椿の中をのんびりと散策しながらスタンプ
ラリーに参加しませんか。椿の名所や観光施設で3ヶ所以上
スタンプを押した方に抽選で素敵な商品が当たります。

スタンプ 押印場所	1 三原山頂口(レストハウス)	2 三原山温泉(大島温泉ホテル)	3 波浮港見晴台	4 椿プラザ(大島公園)	5 椿資料館(大島公園)	6 ばれらめーる	7 郷土資料館	8 椿花ガーデン・リス村	9 大島ふるさと体験館	10 夜まつり会場
--------------	-----------------	------------------	----------	--------------	--------------	----------	---------	--------------	-------------	-----------



高速ジェット船

所要時間(最短期間)	
東京⇨大島	105分
久里浜⇨大島	60分
館山⇨大島	55分
熱海⇨大島	45分
下田⇨大島	55分
伊東⇨大島	35分

お問い合わせ先

(注: 内容は一部変更となる
場合があります。)

●(社)大島観光協会

TEL.04992-2-2177

●東海汽船(株)予約センター

TEL.03-5472-9999

江戸みこしと あんこパレード

1/27 (日)

こんなうれしい サービスも

椿まつり期間中の
日曜・祝日

迫力ある江戸みこしと、伝統の衣装に身を包んだあんこさんのパレード
に加え、スーパードアーズが新しい衣装とダンスでパレードを楽しく、
華やかに盛り上げます。
総勢2000名によるパレードは活気に溢れ、見ごたえ満点!

●会場 / 大島町役場~市街地~大島観光協会前

あんこさんの歓迎迎 (当日の出帆港)

船の入港時にはあんこさんの歓迎のお出迎えと、
大型船出帆時には色とりどりのテープで皆様
に感謝の気持ちを込めて、お見送りいたします。
(雨天強風時中止)



この他にも
イベント
盛りだくさん!



主催 (社)大島観光協会 共催 大島町 後援 東京都・他

海洋深層水利用学会

■役員

会長	高 橋 正 征	東京大学名誉教授、高知大学名誉教授
副会長	深 見 公 雄	高知大学
理事	明 田 定 満	独立行政法人水産総合研究センター
	池 上 康 之	佐賀大学
	井 関 和 夫	広島大学
	今 田 千 秋	東京海洋大学
	大 内 一 之	東京大学
	大 塚 耕 司	大阪府立大学
	尾 高 義 夫	大成建設株式会社
	佐 藤 建 明	(富山県)富山県農林水産総合技術センター
	清 水 勝 公	清水建設株式会社
	白 石 學	一般社団法人マリノフォーラム21
	津 嶋 貴 弘	(高知県)高知県海洋深層水研究所
	藤 田 大 介	東京海洋大学
	山 本 隆 司	(沖縄県)沖縄県海洋深層水研究所

■研究発表企画委員会

委員長	清 水 勝 公	清水建設株式会社
副委員長	大 内 一 之	東京大学
	池 田 知 司	株式会社環境総合テクノス
	白 石 學	一般社団法人マリノフォーラム21
	鈴 木 秀 和	東京海洋大学
	藤 田 大 介	東京海洋大学
	吉 川 昌 之	(静岡県)静岡県水産技術研究所
実行委員長	川 島 理 史	東京都大島町
	佐 藤 徹	東京大学
	多 部 田 茂	東京大学
	野 村 昌 宏	東京都大島町
	原 田 浩	東京都大島町
	早 稲 田 卓 爾	東京大学

海洋深層水研究 Vol. 13 No. 2

印 刷 2012年10月31日 印刷所 青葉工芸株式会社

発 行 2012年10月31日 〒103-0025 東京都中央区日本橋
茅場町2-7-10第三長岡ビル1F
Tel. 03-5643-0015
Fax. 03-5643-0125

発行所 海洋深層水利用学会

〒599-8531 大阪府堺市中区学園町1-1
大阪府立大学中百舌鳥キャンパス内 海洋深層水利用学会
E-mail: info@dowas.net

