

ISSN 1345-8477

# 海洋深層水研究

DEEP OCEAN WATER RESEARCH

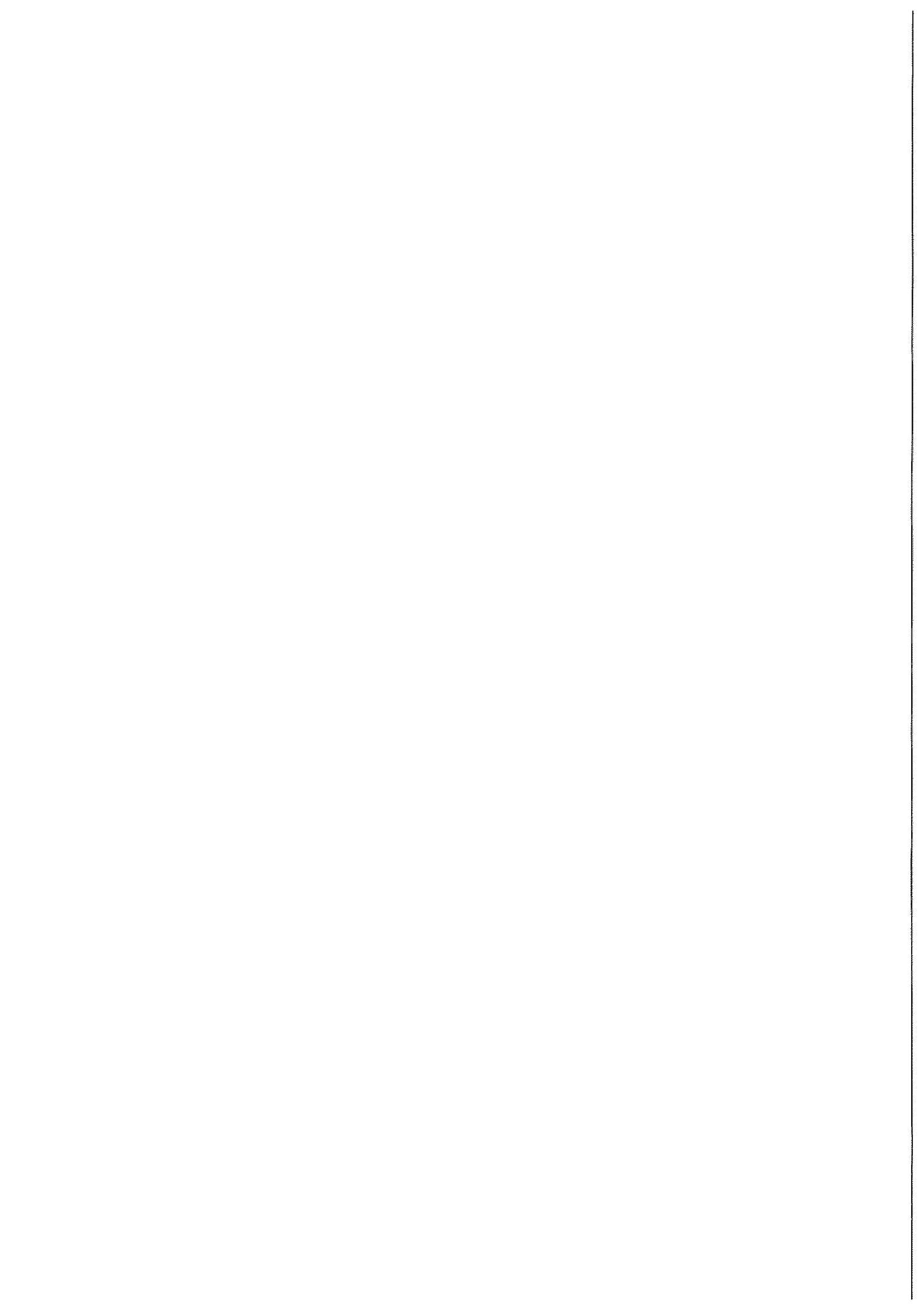
第15回全国大会（伊豆大会）  
講演要旨



第12卷第2号  
2011年10月

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





# 海洋深層水研究

## 第12卷第2号(2011)目次

Deep Ocean Water Research Vol.12 No.2 Contents

---

### 目 次

---

第15回 海洋深層水利用学会全国大会 2011 伊豆大会 講演論文	1-99
協賛企業広告	100-106

## CONTENTS

---

Proceedings in 15th Annual Meeting in IZU of SHIZUOKA Prefecture 1-99

Advertisement 100-106

# 第15回海洋深層水利用学会全国大会



# 海洋深層水 2011 伊豆大会

～海洋深層水と生きる、新しい日本へ～

## 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・静岡県

協賛：伊東市  
伊東商工会議所  
伊東市漁業協同組合  
JA あいら伊豆  
伊豆海洋深層水利活用組合  
駿河湾深層水利用者協議会  
明王物産株式会社  
株式会社エル・エスコレーション  
日清オイリオグループ株式会社  
株式会社ディーエイチシー

**第15回 海洋深層水利用学会 全国大会**  
**海洋深層水2011伊豆大会～海洋深層水と生きる、新しい日本へ～**  
**プログラム**

11月17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2011伊豆大会実行委員長  
 山田 勝久(㈱ディーエイチシー海洋深層水研究所 所長)
- 9:10 — 9:15 来賓祝辞  
 佃 弘巳(伊東市 市長)
- 9:15 — 9:20 来賓祝辞  
 日向 彰(静岡県経済産業部水産業局 局長)
- 9:20 — 9:30 休憩

**II 一般講演1 〈海洋・水質関連〉**

45 (1)

座長 津久井 文夫(静岡県水産技術研究所)

- 9:30 — 9:40 1. 海洋深層水を原水とした飲用水の塩素要求量による水質評価 46 (2)  
 ○岩崎誠二(三重県企業庁)、加藤進(三重大学)  
 栗冠真紀子・栗冠和郎(三重大学大学院)
- 9:40 — 9:50 2. 韓国鬱陵島周辺の海洋深層水の特性 47 (3)  
 ○金庸桓・李鎔賢・全得山・金衝坤(韓国慶北海洋  
 バイオ産業研究院)、魚再善(韓国京東大学)
- 9:50 — 10:00 3. マリンスノーと海洋深層水の特性・その利用 48 (4)  
 ○井関和夫(広島大学)
- 10:00 — 10:05 質疑
- 10:05 — 10:10 休憩

**III 一般講演2 〈生物・水産関連1〉**

49 (5)

座長 川嶋 尚正(静岡県水産技術研究所)

- 10:10 — 10:20 4. マナマコの初期発生期における生物学的零度 50 (6)  
 ○小澤豊・吉川康夫(静岡県水産技術研究所)
- 10:20 — 10:30 5. 日本沿岸における海洋深層水中の微生物群集構造解析 51 (7)  
 ○山口貴大・山田勝久・今田千秋・小林武志  
 ・寺原猛(東京海洋大学大学院)
- 10:30 — 10:40 6. 駿河湾深層水より得た珪藻類の冷暗環境下における生存可否 52 (8)  
 ○山岡未季・鈴木秀和(東京海洋大学)、松浦玲子(静岡県  
 経済産業部)、小澤豊(静岡県水産技術研究所)、  
 南雲保(日本歯科大学)、田中次郎(東京海洋大学)
- 10:40 — 10:50 7. 海洋深層水の機能性を利用したベニズワイの鮮度維持 53 (9)  
 ○魚再善(韓国京東大学)、南景琇(韓国東国大学)  
 金庸桓・全得山(韓国慶北海洋バイオ産業研究院)
- 10:50 — 11:00 8. 海洋深層水排水を利用したアワビ生産に及ぼす栄養塩  
 と溶存酸素の影響 54 (10)  
 ○蜂谷潤・平岡雅規・岡村慶・八田万有美(高知大学)

11:00	—	11:10	9. 水温の異なる駿河湾深層水で飼育したアマゴの成長と生残および成熟 ○野田浩之(静岡県水産技術研究所)、岡本一利(静岡県水産資源課)、岡田裕史(静岡県水産振興課)	55 (11)
11:10	—	11:20	10. 海洋深層水混合条件におけるクロメ生長実験とモデルによる予測 ○松井敦・大塚耕司・中谷直樹(大阪府立大学)	56 (12)
11:20	—	11:30	11. 海洋深層水を利用した寒海性コンブ類の栽培 ○松村航(富山県農林水産総合技術センター水産研究所) 加藤肇一(富山県農林水産総合技術センター食品研究所)	57 (13)
11:30	—	11:40	質疑	
11:40	—	11:50	休憩	
IV 一般講演3 〈農業・畜産関連〉				59 (15)
座長 兼島 盛吉(沖縄県海洋深層水研究所)				
11:50	—	12:00	12. 富山県入善町海洋深層水を用いたスラグ系施肥材の効果実証実験 ○植木知佳(新日鉄株)、熊谷敬之(富山県入善町漁協) 藤田大介(東京海洋大学)	60 (16)
12:00	—	12:10	13. 伊豆赤沢海洋深層水の植物生育促進作用 ○岡本良子・有賀みずえ・山田勝久(株ディーエイチシー) 今田千秋・小林武志・寺原 猛(東京海洋大学大学院)	61 (17)
12:10	—	12:15	質疑	
12:15	—	13:15	昼食	
V 特別講演				63 (19)
13:15	—	13:40	S0-1. 台湾における海洋深層水の資源利用の現状 高橋 正征 (台湾国立中山大学海洋科学学院アジア・太平洋海洋研究センター)	64-65 (20-21)
13:40	—	13:45	質疑	
13:50	—	14:15	S0-2. 地球最高の資源：海とともに生きるひと 木村 美恵子 (タケダライフサイエンス・リサーチセンター) /(財)ルイ・パストゥール医学研究センター)	66-67 (22-23)
14:15	—	14:20	質疑	
14:20	—	14:30	休憩	
VI 特別シンポジウム				69 (25)
14:30	—	14:35	趣旨説明 山田 勝久(株ディーエイチシー海洋深層水研究所 所長)	
1. 海洋深層水と生きる海の主役たち				
14:40	—	15:10	S1-1. 海洋深層水からの有用微生物の宝探し 今田 千秋(東京海洋大学大学院 教授)	70-73 (26-29)
15:15	—	15:45	S1-2. たのもしい基礎生産者—珪藻— 鈴木 秀和(東京海洋大学海洋科学部海洋環境学科 助教)	74-75 (30-31)
15:50	—	16:20	S1-3. 深海に生息するベントスの生活史—棘皮動物を中心に— 若林 香織・田中 祐志(東京海洋大学海洋科学部)	76 (32)
16:20	—	16:30	休憩	



2. 海洋深層水と生きる、新しい日本へ

- 16:30 — 17:00 S2-1. 水産増養殖分野への可能性—アカザエビの養殖— 77-79 (33-35)  
 吉川 昌之(静岡県水産技術研究所深層水科 科長)
- 17:05 — 17:35 S2-2. ヒトにとって水らしい水、海洋深層水 80-81 (36-37)  
 山田 勝久  
 (㈱ディーエイチシー海洋深層水研究所 所長/東京海洋大学)
- 17:35 — 17:45 休憩
- 17:45 — 18:15 質疑の部  
 司会: 山田 所長/応答者: 講演者各位  
 主テーマ: 海洋深層水とともに生きる、新しい日本

VII 懇親会

- 18:30 — (21:00) 「ホテル暖香園」

11月18日(金)

VIII 一般講演4 〈健康・医療関連〉

83 (39)

- 座長 松村 航 (富山県農林水産総合技術センター水産研究所)
- 9:00 — 9:10 14. 海洋深層水より調製した高ミネラル水による 84 (40)  
 腫瘍細胞増殖抑制効果の関与蛋白絞り込み  
 ○端口佳宏・中川光司・池上良成(赤穂化成㈱)、  
 竹内啓晃・杉浦哲朗(高知大学医学部)
- 9:10 — 9:20 15. 駿河湾深層水の魚油に対する抗酸化効果 85 (41)  
 ○二村和視・平塚聖一(静岡県水産技術研究所)
- 9:20 — 9:30 16. 海洋深層水由来の機能性飲料水による非アルコール性脂肪肝 86 (42)  
 の改善効果  
 張元衍(台湾中山医学大学)、陳億乘(台湾大学)  
 ○黄秉益・李士哇(台湾石材・資源産業研究発展センター)
- 9:30 — 9:40 17. 植物由来乳酸菌PPAK800の海洋深層水を用いた培養と機能性評価 87 (43)  
 ○多田祐也・王琦・八木洋宇・西原雅夫・杉正人(NPO法人  
 遺伝子栄養学研究所)、山田勝久(㈱ディーエイチシー)
- 9:40 — 9:50 18. 伊豆赤沢海洋深層水より分離した酵母の諸性状と有効利用 88 (44)  
 ○野村道康・有賀みずえ・山田勝久(㈱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)  
 入澤友啓・内野昌孝・高野克己(東京農業大学)
- 9:50 — 10:00 19. 海洋深層ミネラル水パウダーの用途開発について 89 (45)  
 ○森田悠・谷本浩一(明王物産㈱)
- 10:00 — 10:10 20. 長期・継続的な海洋深層水運動浴によるメタボリック 90 (46)  
 症候群対策の試み  
 ○新村哲夫・田中朋子・金木潤(富山県衛生研究所)  
 升方章人(WAVE滑川)、鏡森定信・立瀬剛志・関根道和  
 (富山大学大学院)
- 10:10 — 10:20 質疑
- 10:20 — 10:30 休憩

Ⅹ 一般講演 5	〈利活用システム関連他〉	91 (47)
座長	津嶋 貴弘 (高知県海洋深層水研究所)	
10:30	— 10:40 21. 無菌化米飯工場における海洋深層水利用	92 (48)
	○田澤直人(㈱日立プラントテクノロジー)、村井義孝(㈱ウーケ)	
10:40	— 10:50 22. 食肉調理水としての伊豆赤沢海洋深層水の有効性	93 (49)
	○有賀みずえ・原知子・山田勝久(㈱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)	
10:50	— 11:00 23. 海洋深層水パウダーの機能性について	94 (50)
	○櫻庭清香(㈱ティーエスアイ)	
	山田勝久・今田千秋・小林武志・寺原猛(東京海洋大学大学院)	
11:00	— 11:10 24. 離島のインフラとしての海洋深層水多角利用型洋上発電所の概念設計	95 (51)
	○大内一之(東京大学大学院)、實原定幸・渡辺敬之(㈱ゼネシス)	
11:10	— 11:20 25. アンモニア/水を用いた海洋温度差発電における伝熱面積の影響に関する実験的研究	96 (52)
	池上康之(佐賀大学)、森崎敬史・○古川崇之・岸川泰大(佐賀大学大学院)	
11:20	— 11:30 26. A Strategic Approach To Deep Sea Water Industrial Complex Formation At Uljin, Republic of Korea	97 (53)
	○Deuk-San Jeon・Yong-Hwan Kim・Choong-Gon Kim(Gyeongbuk Institute For Marine Bioindustry, Republic of Korea)	
	Uh-Je Sun(Kyungdong University, Republic of Korea)	
11:30	— 11:40 27. 海洋温度差発電の商用化における50MW級のプラント用ライザーの概念設計	98 (54)
	○Dong-ho Jung・Ho-saeng Lee・Seung-won Lee・Hyeon-ju Kim Deok-soo Moon(韓国海洋研究院海洋深層水研究センター)	
11:40	— 11:50 28. 海洋深層水を利用した発電システムの研究—対馬海域の場合—	99 (55)
	中岡勉・西田哲也・大原順一・植田貴宏・○吉村英行(水産大学校)	
	浦田和也・池上康之(佐賀大学)	
11:50	— 12:00 質疑	

## X 閉会挨拶

12:00 — 12:10 海洋深層水利用学会副会長 松里 壽彦  
(独立行政法人水産総合研究センター理事長)

12:10 — 13:10 昼食

## ■ 見学会

13:10 — 17:10

13:10 ~ 伊東商工会議所大ホール 発

14:00 ~ 15:30 伊豆赤沢海洋深層水研究棟  
赤沢海洋深層水展示館  
伊豆赤沢海洋深層水取水施設

15:30 ~ 16:30 赤沢温泉内自由見学

16:30 ~ 17:10 JR伊東駅 (チャーターバス)

JR伊豆高原駅 (㈱DHCシャトルバス: 毎時2便)

一般講演 1

〈海洋・水質関連〉

座長 津久井 文夫  
(静岡県水産技術研究所)

## 1. 海洋深層水を原水とした飲用水の塩素要求量による水質評価

○岩崎誠二（三重県企業庁）、加藤進（三重大学伊賀研究拠点）、  
粟冠真紀子、粟冠和郎（三重大学大学院生物資源学研究所）

### 1. 緒論

深層水の利用用途に、淡水化、脱塩化による飲用水の製造がある。深層水は、清澄、低温等の特性から、飲用水の原水として、陸水と比較して優れている点が多数あると考えられる。

そこで本研究では、飲用水の品質評価指標の一つである塩素要求量を用いて、深層水原水、深層水由来の飲用水等各種処理水及び表層水（以下、深層水等という）の水質評価を行った。

### 2. 材料及び方法

#### (1) 材料

深層水原水及び各種処理水は、三重県尾鷲市の深層水取水施設アクアステーション及び日本海側の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。

#### (2) 塩素要求量試験方法

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、有効塩素量を約100 mg/Lに希釈した次亜塩素酸ナトリウム溶液適量（1～3 ml）を正確に加え、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4時間静置したのち、有効塩素量(C)を測定した。別に蒸留水を用いて同処理を行い、かくはん直後の有効塩素量(C<sub>0</sub>)を測定、C<sub>0</sub>-Cを、当該検体の塩素要求量とした。なお、有効塩素量は、ポケット残留塩素濃度計58700-00（HACH社製）にて測定した。また、発色試薬は、ラピッドDPD試薬（関東化学(株)製）を使用した。

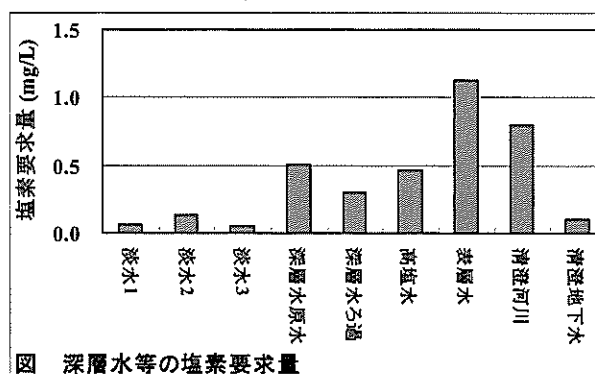
### 3. 結果

#### (1) 塩素要求量とは

塩素要求量とは、ある水試料に塩素を加えたとき、当該水試料によって分解、消費された塩素量である。この指標は、主に水道技術で使用されている。水道水の水処理では、①処理設備での藻類生育防止 ②鉄マンガンの酸化除去 ③給水末端（蛇口）の水を、遊離残留塩素を0.1 mg/L以上に保持する義務（水道法）の3点から、各工程で次亜塩素酸ナトリウムを加えている。それゆえ、塩素要求量が高い水は、加えた塩素を消費してしまうので、水処理上好ましくない。塩素要求物質で代表的なものは、アンモニア性窒素、その他還元性の有機物、金属等である。清澄な河川水では塩素要求量は0.5～1 mg/L程度、清澄な地下水では0.1 mg/Lを下回ることもある。

#### (2) 深層水等の塩素要求量

深層水等の塩素要求量の測定結果は図のとおりである。淡水1、2は日本海側の施設、淡水3は、尾鷲市の施設由来である。各施設とも0.1 mg/L前後の低い値であった。一般に、深層水の淡水化は、膜ろ過処理、RO膜処理の順で行われる。図から、塩素要求量は膜ろ過（原水→ろ過水）で4割、RO膜（ろ過水→淡水）で5割が除去されている。また、ろ過水のRO膜処理では、淡水と濃縮水に分離されるが、両者の塩素要求量の和は、ろ過水の値に等しい。深層水の塩素要求量は、膜ろ過処理で減少した微細な粒子状の有機物等が考えられる。表層水の塩素要求量は、深層水より高く、プランクトン、陸水由来の有機物等が考えられる。



#### (3) 水道原水としての深層水の有用性

深層水から製造した淡水の塩素要求量は、水質の良好な地下水並みであった。すなわち、深層水由来の淡水を水道水として供給する場合、塩素消毒が少量でも長時間保持できることを示しており、これは水道水として優れた性質である。また、深層水は清澄、低温、安定という特徴があり、これらも水道原水としては好ましい。他方、立地が限られること及びホウ素が高いなどの問題があり、経費も従前の水道技術と比較、検討が必要である。ただし、ホウ素の問題は、OTECによる淡水化では問題ないと考えられる。深層水の取水は、遠浅の海岸では困難であり、取水設備は、海岸に山間部が迫っている地形が多い。このような地域では、災害時に道路、水道等が寸断される恐れが高い。三重県でも、今年度の台風12号、平成16年の台風21号等は、深層水取水施設の周辺地域において大きな被害を与えている。従って、深層水の淡水化は、深層水取水地域における非常時の飲用水供給という意義も有している。

## 2. 韓国鬱陵島周辺の海洋深層水の特性

○金庸桓・李鎔賢・全得山・金衝坤(韓国慶北海洋バイオ産業研究院 研究開発部)  
魚再善(韓国京東大学 海洋深層水学科)

### 1. はじめに

最近では、気候変化によって、水資源の不足や環境汚染問題などが起こり、飲料水や食料及びエネルギーの問題も解決しなければならない。それが人類の生存と繁栄にとって、重要な要素の一つである。

海洋深層水は、海洋汚染問題や資源枯渇問題を誘発しない環境親和的な再生循環資源として、海洋新産業の創出にも期待されている。また、資源の枯渇と環境汚染の深化が加速化しており、豊富な代替資源であり、資源利用によって環境問題を誘発しない清浄資源である海洋深層水を、新しい海洋資源の一つとして、その開発と利用について体系的な研究開発が必要である。

今回、韓国慶北道付近の海域において、溶存有機物、無機物、放射能等の分布特性を調査した結果を報告する。本研究は、海洋深層水資源の開発利用により、国民の健康な生活と海洋深層水関連産業の育成を目的としている。また、その一環として、日本の福島原子力発電所の爆発事故による、韓国鬱陵島海洋深層水の水質への影響も調べた。

### 2. 実験方法

調査は2010年3月から2011年8月までの間に実施し、調査海域は、鬱陵島海洋深層水の取水海域である、水深418m TH (37° 30' 20" N, 130° 46' 51" E)、水深720m JD (37° 29' 32" N, 130° 57' 24" E)、水深1,500m HP (37° 35' 20" N, 130° 49' 45" E)の3箇所である。海洋深層水の採水には採水器(Niskin 又は Goflow)を用いた。海洋深層水の現場測定にはCTD(IDRONAUT, Ocean Seven 316 plus)を用い、水温, pH, Turbidity, 塩分, DOなどを現場測定した。栄養塩の分析には、自動分析装置(Bran-Lubbe ACCS V)を用い、NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, SiO<sub>2</sub>-Siを分析した。また、大腸菌の計数もおこなった。微量金属の測定にはICP(Varian 720ES)を用い、主要元素のNa, Mg, Ca, Kと有害物質のCd, Pb, Cu, Hg等を分析した。放射能汚染物質については、Caesium(Cs-137), Strontium(Sr-90), Tritium(3H)を測定した。

### 3. 結果

鬱陵島海洋深層水の水質特性を、TH, JD, HPの海域別にみると、水温はそれぞれ、0.821℃, 0.513℃, 0.189℃で、塩分濃度は34.1(psu), 34.1(psu), 34.3(psu)であり、変化は小さかった。

水素イオン濃度はそれぞれの海域で7.79, 7.77, 7.77であり、Na濃度は10,818 mg/L, 10,868 mg/L, 10,769mg/Lであり、Mg濃度は1,310 mg/L, 1,292 mg/L, 1,274mg/Lであり、Ca濃度は423 mg/L, 419 mg/L, 425mg/Lであり、K濃度は385mg/L, 380mg/L, 386mg/Lであり、各海洋深層水別、一定の成分比を示した。大腸菌は不検出であった。

栄養塩濃度は、硝酸態窒素ではそれぞれ、0.192 mg/L, 0.135 mg/L, 0.139mg/Lであり、リン酸態リンでは0.039 mg/L, 0.022 mg/L, 0.026mg/Lであり、珪酸態珪素では0.901 mg/L, 0.548 mg/L, 0.878mg/Lであった。

有害物質であるCd, Pb, Cu, Hg等は、ほとんど検出されなかった。TH, HP, JDの各海域で、Cuは0.1mg/L以下、Pbは0.005mg/L以下であった。

放射能物質は3HがMDA値以下であり、<sup>137</sup>CsはHPで、2.13mBq/Lであり、<sup>90</sup>Srはそれぞれの地点で0.71 Bq/L, 0.86 Bq/L, 0.73Bq/Lであり、全てが基準値以下を示した。



### 3. マリンスノーと海洋深層水の特異性・その利用

○井関和夫（広島大学生物圏科学研究科）

#### はじめに

東日本大震災と原発事故は、資源利用と環境問題について再考する機会となり、資源枯渇の心配がなく環境問題が極めて少ない海洋深層が注目されている。また、陸水と較べて海洋深層水の安全性の高さも期待され、海洋深層水の利用拡大に向け、その特性、循環機構などをより詳細に検討するきっかけともなっている。ここでは、海洋深層水の資源特性である富栄養性と海域肥沃化、さらに安全性をマリンスノーの視点（特に、生物ポンプ）から検討を試みる。

#### マリンスノーの命名

マリンスノーとは、海水中の粒状懸濁物を表わす語句であるが、その命名は1951年に伊豆伊東沖の初島近くにおける潜水探測機「くろしお号」の初潜水で、観測窓から海水中に無数の粒子が乱舞するのを見て、“海にも雪があるね！”と中谷宇吉郎博士が言ったことが発端となっている。

#### マリンスノーの生産・沈降・分解

一般に、深層水が形成される北部北大西洋、南極ウエッデル海などの高緯度海域を除くと、通常では外洋域において表層水が深層へ直接に輸送されることはない。このため、溶存物質は表層に長期間に亘り滞留・循環し（この間に拡散希釈）、深層に輸送されないように思われがちである。しかし、マリンスノーは粒子であるため重力沈降する。しかも、植物プランクトンは光合成により溶存態無機炭酸・窒素などを細胞内に取り込み有機物を合成し、その大部分は動物プランクトンに捕食され糞粒として海水中に放出される。植物プランクトンの沈降速度は数 m/day 程度であるが、糞粒は1000m/dayを上回るものまであり、マリンスノーの沈降速度は少なくとも3桁以上の変動幅を持つ。仮に、ある物質が植物プランクトンに取り込まれ、或いは吸着して、そのままの状態に沈降すると、4000mの海底に到達するには4-11年の歳月を要し、この間の海流による移動を考えると、沈降を開始した付近の深層にまで輸送される可能性はない。しかし、糞粒は数日間程度で数十 km 内の4000mの海底に達することは可能である。このことは、既に1960年代に、オレゴン沖の水深200mと2800mに生息する海底生物に短半減期の放射性核種が検出され、粒子の沈降速度として計算上220-370m/dayが得られた事実からも推定される。

地球規模で見れば、海洋深層水に含まれる栄養塩の多くは北部北太平洋などで沈降した時に含まれる有機物の分解産物であるが、海洋大循環の途上、表層からの沈降粒子中の有機物の分解産物が加わるため、北太平洋の1000-2000m付近の栄養塩濃度は、北大西洋と較べて2倍ほど高くなっている。人工的に深層水を揚水して海域肥沃化を行う場合、高緯度域での深層水形成量と栄養塩の再生量以下のレベルで使用すべきであるが、現状の使用量では全く問題ない。

講演では、相模湾における海域肥沃化装置「拓海」による海域肥沃化実験の結果も参考にして、溶存・粒状物質の挙動、肥沃化の問題点、及び深層水の安全性について検討を行う。

一般講演 2

〈生物・水産関連〉

座長 川嶋 尚正  
(静岡県水産技術研究所)

#### 4. マナマコの初期発生期における生物学的零度

○小澤豊・吉川康夫（静岡県水産技術研究所）

【目的】 静岡県水産技術研究所では、駿河湾深層水（以下深層水）の低温性を利用して効率よくマナマコ（アカナマコ）*Apostichopus japonicus*を生産する技術の開発研究を平成23年度から開始した。マナマコの種苗生産及び増殖に関する研究は全国の各機関で行われており、その手法は確立しつつあるが、種苗生産の基礎的知見となる発生学的研究の報告は限られている。今回マナマコの種苗生産を始めるにあたり、得られた受精卵を用い、発生初期のステージを使って生物学的零度を求めた。

【方法】 焼津漁港内で採捕したマナマコ6個体を、水温が18℃以上にならないように表層水と深層水を混合して調温した水槽で蓄養した後、放卵・放精誘発ホルモン剤（クビフリン（Cubifrin）製剤液）を注射し、放卵及び放精を促した。放卵及び放精後速やかに授精を行い受精卵を得た。受精卵を収容する水温区は、マナマコの産卵水温範囲内とされる、20℃、18℃及び13℃とし、各水温区で受精から第一卵割及び第二卵割までの所要時間を計測した。

【結果】 20℃、18℃及び13℃の水温区で第一卵割までに要した時間は、それぞれ120分、135分及び240分、第二卵割までに要した時間は、それぞれ180分、180分及び345分であった。

受精から各卵割までの所要時間（ $t$ ）と、水温（ $T$ ）の関係式は、第一卵割、第二卵割それぞれ  $1/t=0.0006T-0.0035$  ( $R^2=0.996$ ) 及び  $1/t=0.0004T-0.0021$  ( $R^2=0.926$ ) の近似式で示され（図1）、これら近似式から求められる生物学的零度は、第一卵割で5.8℃、第二卵割で5.25℃となり、平均で5.5℃となった。

第一卵割及び第二卵割の生物学的零度を用いて、卵割に要した時間及び水温から算出された有効積算温度は、第一卵割まで約28℃・h、第二卵割まで約42℃・hであった。

今回明らかとなったマナマコの生物学的零度は静岡県下田市白浜地先で採集されたトコブシの生物学的零度の12.3℃よりも低いことから、マナマコは低水温により適応した種であることがわかった。また、今回明らかにした有効積算温度から、発生状況を予測することができ、種苗生産のよりの確な作業管理が期待される。

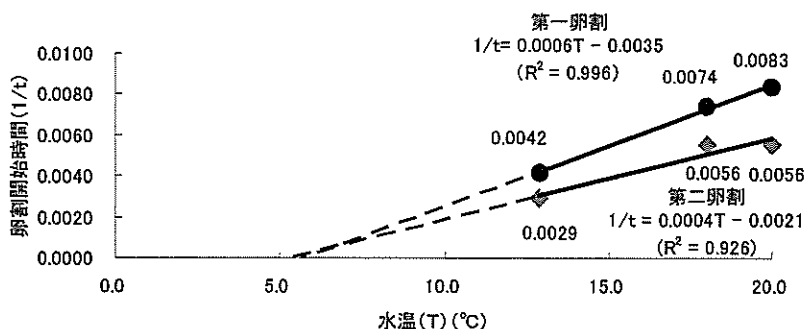


図1 受精から第一及び第二卵割までの所要時間と水温の関係

## 5. 日本沿岸における海洋深層水中の微生物群集構造解析

○山口 貴大・山田 勝久・今田 千秋・小林 武志・寺原 猛(東京海洋大学・大学院)

【目的】海洋深層水(以下、DSW と称す)は今日、日常生活に幅広く利用されつつある重要な地球の資源である。これまでの微生物研究は主に陸上微生物を対象としたものが多く、海洋環境、特に DSW における微生物の生態およびその利用に関する研究例は極めて少ないのが現状である。そこで本研究では日本沿岸の DSW 中の微生物の中で特に一般従属栄養細菌に焦点をあてて、その群集構造について取水海域およびその水深における季節変動を PCR-DGGE 法により解析することを目的とした。

【方法】本研究に対して理解と協力が得られた①羅臼、②岩内湾沖、③佐渡ヶ島、④伊豆大島、⑤伊豆赤沢、⑥焼津、⑦室戸ならびに⑧久米島の計 8ヶ所の DSW 取水施設(図 1)から 2010 年の夏、秋、冬および 2011 年の春に分与された表層海水(以下、SSW と称す)ならびに DSW を試料として用いた。それぞれの試料を孔径 3.0 $\mu\text{m}$  フィルターにて濾過し、その濾液を更に孔径 0.2 $\mu\text{m}$  のフィルターで濾過した。それぞれのフィルターに集菌された微生物(3.0 $\mu\text{m}$ : Attached Bacteria 以下、A と称すおよび 0.2 $\mu\text{m}$ : Free-living Bacteria 以下、F と称す)から DNA を抽出し、一般従属栄養細菌のユニバーサルプライマー(GC341F-907R)を用いて PCR 増幅を行った後 DGGE に供し、その結果を多次元尺度構成法(MDS)にて解析した。

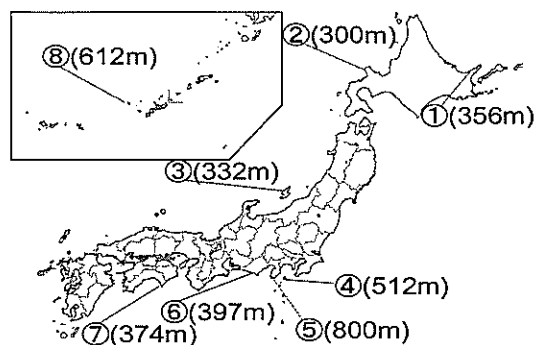


図 1 DSW 取水施設

( )内は水深を示す

【結果および考察】PCR-DGGE 法および MDS 解析により全国 8ヶ所の取水設備の SSW および DSW 中の微生物 DNA を解析した。まず SSW における F の群集構造を解析した結果、各海域において、夏季から秋季にかけて一時的に群集構造の均一化傾向が認められることを除き、概ね季節変動することがわかった。この群集構造の均一化傾向は、SSW において水温の上昇に伴って F 中の特定の種が占有することにより、その多様性が減少することに起因するものと推察された。また DSW における F の群集構造を解析した結果、SSW とは異なり海域および季節により群集構造が変化することがわかった。このことより、DSW 中の微生物は SSW の直接的な影響を受けにくいものと推察された。

一方、A の群集構造を解析した結果、海域、水深および季節により群集構造が変化することが明らかになった。しかし、同時に海域、水深、季節によらず共通したバンドも確認された。このことから、各海域の SSW および DSW には季節を通して同一種の微生物が存在することが示唆された。

各海域において SSW および DSW 中の A に共通のバンドが確認されたことから、DSW 中の微生物は SSW から沈降してきたものと推測される。この SSW から DSW への微生物のキャリアの一つとしてデトリタスが考えられる。A の群集構造に取水地による相違があまり見られなかったことから、A はある特定のキャリア上に付着している可能性が考えられる。

上述のように DSW 中には多様性に富んだ微生物群集の存在が示唆されたことから、DSW は今後産業利用上有用な微生物の分離源としても益々期待されると思われる。

## 6. 駿河湾深層水より得た珪藻類の冷暗環境下における生存可否

○山岡未季・鈴木秀和(東京海洋大学)・松浦玲子(静岡県経済産業部水産局水産振興課)

・小澤豊(静岡県水産技術研究所深層水科)・南雲保(日本歯科大学)・田中次郎(東京海洋大学)

### 【目的】

本邦各地の取水施設では、海洋深層水を用いた産業利用を目的とした研究が行われている。しかし、珪藻に関しては、*Rhaphoneis crinigera*の単離(松浦ら2009)や、取水施設内の水槽壁面に付着したものの形態学的観察(鈴木ら2005など)のみであり、これらの研究では出現した種の本来の生育の場や存在様式には言及されていない。そこで本研究では、深層水を模した冷暗環境下において珪藻の生存可否を明らかにすることを目的とした。

### 【材料・方法】

静岡県焼津の駿河湾深層水水産利用施設にて水深397mから2010年12月21日、2011年3月4日、4月22日、5月31日に海洋深層水を採水し、以下の3つの観察・実験に用いた。

#### ① 珪藻の生細胞の確認と種同定

採水した深層水を膜フィルター及びガラス繊維ろ紙で一定量ろ過した。生細胞の有無の確認はろ紙をそのまま光学顕微鏡(LM)で観察して行った。種同定は、定法(長田・南雲1995)に準拠してろ紙上から珪藻細胞を剥離、有機物除去・洗浄した試料を用いて、LMと走査型電子顕微鏡で観察して行った。

#### ② 深層水のみでの培養実験

採水した深層水40mLをそのままプラスチック容器に入れ、18℃、明暗周期14L:10D下で14日間培養した。このうち十分な増殖が観察された3分類群を冷暗環境下での培養実験に用いた。

#### ③ 冷暗環境下での培養実験

増殖した細胞を3個のプラスチック容器に分け、すべてをアルミホイルで包み、10℃下に25日間置いた。葉緑体をもつ細胞を生き続けている細胞とし、3日毎にその数を計測した。

### 【結果】

#### ① 珪藻の生細胞の確認と種同定

生細胞と処理細胞の観察の結果、観察された分類群の属名を以下に示す。( )内は未同定種を含めた種数を表す。

生細胞の観察から:*Chaetoceros*, *Navicula*, *Odontella*, *Skeletonema*, *Thalassiosira*。  
処理細胞の観察から:*Chaetoceros* (3)、およびその休眠孢子(2)、*Cylindrotheca* (1)、*Nitzschia* (4)、*Pseudo-nitzschia* (1)、*Skeletonema* (2)、*Thalassionema* (1)、*Thalassiosira* (3)、*Rhaphoneis* (1)、未同定属の休眠孢子(2)。

#### ② 深層水のみでの培養実験

深層水をそのまま培養した結果、観察された分類群は*Amphora* (2)、*Asterionellaopsis* (1)、*Chaetoceros* (3)、*Ditylum* (1)、*Eucampia* (1)、*Helicotheca* (1)、*Lauderia* (1)、*Leptocylindrus* (1)、*Navicula* (1)、*Nitzschia* (6)、*Odontella* (1)、*Skeletonema* (3)、*Thalassiosira* (1)、*Pseudo-nitzschia* (1)、および2未同定種であった。

#### ③ 冷暗環境下での培養実験

②で観察された分類群の内、*Nitzschia* sp., *Skeletonema* sp. *Pseudo-nitzschia pungens*が特に増殖したため、本実験に用いた。前2種は実験期間中、細胞数が一定で変化がみられなかったが、*P. pungens*は3日目に激減した後、一定になった。



## 7. 海洋深層水の機能性を利用したベニズワイの鮮度維持

○魚再善（韓国 京東大学 海洋深層水学科）、南景琇（韓国 東国大学 医学科）

金庸桓・全得山（韓国 慶北海洋バイオ産業研究院 研究開発部）

### 1. はじめに

甲殻類のベニズワイは、東海沿岸、日本沿岸、太平洋沿岸、シベリア沿岸などで主に水揚げされ、主にズワイガニよりも深い場所（700-2,000m）に生息するといわれる。足、胴の腹面を含め全体に暗褐色で、加熱すると全体が鮮やかな紅色になる。身が少なめで比較的安く、缶詰の材料にも多く利用される。最近、韓国では、ベニズワイの漁獲量が増え、2005年には21,926トンだったのが2009年には29,993トンとなった。西海、南海では少なく、ほとんどが東海沿岸で漁獲されている。韓国の東海沿岸には、現在6箇所の海洋深層水取水施設が整備され、その中で、東草港、東海港の2カ所では、ロシアや北朝鮮などから輸入される水産物が多く、水産利用に使われることが多い。特に、ベニズワイが多く生産されることから、海洋深層水の低水温性を利用した蓄養が増えつつある。ベニズワイは、人間が必要とする蛋白質やミネラルを多量に含有しており、有用な生理活性物質が新たに明らかになり、最近、好まれている天然食品資源でもある。ところが、ベニズワイは、水分含量が多く、死後に微生物で汚染されやすく、氷に浸して温度を下げることで、腐敗を防止する必要があるが、氷が溶けて水産物の塩分濃度が下がると肉質の変化をもたらし、味と鮮度が低下する。この問題を解決するために、海洋深層水を電気分解して陰極に生成されるpH7-10のアルカリイオン水を含んだ鮮度保持水を使用し、水産物の鮮度の向上のためにいくつかの実験を実施した。

### 2. 方法及び結果

電気分解した海洋深層水からの水産物保持水を製造のために、イオン水生成装置（BTM-102G、Micro acilyzer02）の陽極側と陰極側に海洋深層水を2ℓずつ入れ、室温で電気分解した。電解後、陰極側ではアルカリイオン水（pH8.7）を、陽極側では、酸性イオン水（pH5.4）を製造した後、製氷した。水産物の鮮度を測定するために、6つの発泡スチロール箱に、それぞれ試験区1、対照区1,2,3,4,5から製造された部分の氷を入れた後、試験体のベニズワイを入れて、再度氷を詰めて7日間保存をし、水産物の新鮮さを鮮度測定器（Freshness Checker System）を用いて測定した。そのほか、色度（PS-2D）計、濁度計（A-2100AN）などを用いて水質を測定した。使われた処理水（海洋深層水アルカリイオン水、試験区1）および海洋深層水酸性イオン水（対照区1）、処理したアルカリイオン水（対照区2）、処理した酸性イオン水（対照区3）、海洋深層水原水（対照区4）、水道水（対照区5）を用いた。

鮮度を測定した結果、1日目にはK値はすべての区で同じだったが、3日目には、試験区1と対照区4を除いてすべて急激にK値が増加した。5日目には、試験区1と対照区4のK値で確実に差が出始め、7日目には、試験区1において、他の保持水より大幅に低いK値を示した。

以上の実験結果から、電気分解により得られた海洋深層水の保持水や氷は、水産物の腐敗を抑制することを確認することができた。また、海洋深層水は、容器（または魚函）の濁度の改善に役立つだけでなく、氷の保持時間も従来の氷より約1-2時間長く保たれることがわかった。このことから海洋深層水を利用した水産物の流通期間の延長は、都会などに新鮮な水産物を供給することができるという観点では、流通システムの拡大にもなる。

海洋深層水を利用した水産物の鮮度保持などの高付加価値商品の開発やその他の海洋深層水を活用することができるということでは、今後の成長潜在力が非常に高いと考えられる。

## 8. 海洋深層水排水を利用したアワビ生産に及ぼす栄養塩と溶存酸素の影響

○蜂谷 潤・平岡 雅規・岡村 慶・八田 万有美 (高知大学)

### 1. 目的

室戸市では高知県漁協高岡支所により海洋深層水を利用したスジアオノリの陸上養殖が行われている。現在は、スジアオノリ養殖後の深層水排水は、海へ放流されている。本研究では、その深層水排水を有効かつ効率的に利用したアワビ養殖事業の可能性を検討するため、アワビ生産に及ぼす栄養塩と溶存酸素の影響を調べた。

### 2. 材料及び方法

実験には体重約 10g、殻長 4~4.5cm のエゾアワビ用い、70cm×45cm×250cm の水槽に収容した。注水口と排水口は、それぞれ逆端に設けた。また、水槽内には横 10cm 間隔に上下交互に仕切り板を入れ一定の方向に海水が流れるようにした。アワビは 50 個体ずつ籠に入れ仕切り板の間に差し込み、合計 1000 個体のアワビを収容した。海水温は 16~20℃となるように、深層水排水と表層水を混合し調整した。各水槽への注水量は 3L/min とした。試験期間は 1 カ月とし、試験の開始日と最終日にアワビの重量を計測し増重量を求めた。餌は 2 日毎に与え、その際、残餌や糞を回収し掃除を行った。

まず、溶存酸素の影響を調べるため、水槽を 2 基用意し、プロアにより溶存酸素量を回復させる試験区と、溶存酸素量を回復させない試験区で比較した。餌は両試験区とも人工ペレットとした。200 個体飼育毎に海水を採水し、溶存酸素量を計測した。

次に、栄養塩の影響を調べるため、生海藻 (スジアオノリ) を餌とした試験区と人工ペレットを餌とした試験区を設けた。200

個体飼育毎に海水を採水し、栄養塩濃度を分析した。栄養塩分析項目は、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{NO}_3$ 、 $\text{NH}_4$ 、 $\text{PO}_4$  とした。

### 3. 結果及び考察

溶存酸素量は、注水口から排水口に近づくにつれ低下し、それに伴いアワビ生産量も低下した。5.5 $\mu\text{mol/L}$  以下で摂餌量は減少し始め、4 $\mu\text{mol/L}$  以下になると致死率は 30%以上となった。プロアにより溶存酸素量を回復させると、プロアが無い場合よりもアワビ生産量は高くなったが、酸素飽和状態でも、注水側と排水側で生産量が異なったことから、溶存酸素以外の生長阻害要因が考えられた。

人工ペレットと生海藻の栄養塩蓄積量を比較した結果、特に  $\text{NH}_4$  の蓄積量が大きく異なり、1000 個体飼育後の人工ペレットと生海藻では、それぞれ約 10 $\mu\text{mol/L}$  と 2 $\mu\text{mol/L}$  になった。

また、梅雨時期の試験期間中、アワビの致死個体が大量に出た。降水量との関係を調べた結果、降水量と、アワビ致死個体数に正の相関関係が見られた。

これらの結果から、アワビ養殖には、5.5 $\mu\text{mol/L}$  以上の十分な溶存酸素量下で、栄養塩溶出量の少ない生海藻を餌として用いることで、効率良い生産を行うことができると考えられた。今後は餌用生海藻の効率良い生産方法などを検討していく必要がある。また、降雨による塩分低下がアワビの致死に影響を与えていると予想され、対策を考える必要がある。

## 9. 水温の異なる駿河湾深層水で飼育したアマゴの成長と生残および成熟

○野田浩之（静岡水技研）・岡本一利（静岡県水産資源課）・岡田裕史（静岡県水産振興課）

### 目的

アマゴ *Oncorhynchus masou ishikawae* は、本州では静岡県以南の太平洋および瀬戸内海に注ぐ河川、九州北部の瀬戸内海に注ぐ河川および四国の河川に分布し、その降海型はサツキマスと呼ばれ河川残留型に比べ大型化する。サツキマスは、近年ダム湖や堰堤による河川の分断によって資源が減少している。そこで低水温安定性と清浄性を特長にもつ海洋深層水（以下、深層水とする）を用いたサツキマス養殖の可能性を探った。サケ科魚類の大型魚を生産するには性成熟による死亡や肉質の低下が問題となるため、異なる水温でアマゴを飼育し、成長および生残と成熟状況を調べ、大型魚を生産できる飼育条件を検討した。

### 方法

#### 試験1：9gからの飼育試験

試験に供したアマゴは、2006年10月30日に採卵し、水温10°Cの淡水中で飼育された320尾で、2007年8月9日に静岡県水産技術研究所駿河湾深層水水産利用施設へ搬入した。搬入時の平均体重は9gで、スマルト化した個体はなかった。21日間かけて13°Cに加温した深層水に馴致した。2008年3月に35個体をサンプリングし、2008年9月から2009年4月まで月1回全個体を取り上げて体重測定を行った。

#### 試験2：80gからの飼育試験

供試魚は、淡水中で飼育中の試験1の供試魚と同じ群のアマゴから、2008年3月6日に成長不良魚を選別した192尾で、3月10日から深層水への馴致を開始した。試験開始時の平均体重は80gで、全てスマルト化した個体であった。9日間かけて深層水へ馴致し、馴致開始22日後の生残魚177尾を89尾と88尾に分けてそれぞれ別水槽に収容した。1槽には水温無調整（10°C）の深層水、1槽には水温13°Cに加温した深層水（以下10°C区および13°C区とする）を注水し、10°C区は2009年4月8日、13°C区は2009年11月10日まで飼育した。魚体測定は、月1回総重量と生残尾数を測定し、2009年4月以降は個別に体重を測定した。いずれの試験も、飼育容器には円形FRP水槽（容量5m<sup>3</sup>または10m<sup>3</sup>）を使用した。給餌はアマゴ用配合飼料を、ライトリッツ給餌率表を参考に、週6回1日2～4回に分けて与えた。

### 結果

試験1では2008年3月以降、試験2では2008年5月以降の測定時に胃鼓張症の個体が確認された。そこで平均体重はこれらの個体を除いて算出した。外観からその他の疾病の発症が疑われる個体は無かった。

試験1では2008年3月に平均体重が185gに達したが、生残率は38%に低下した。この間の死亡魚には痩せた個体が多く、深層水飼育移行後に餌付かなかった個体の衰弱死と考えられた。また、原因不明の減耗も多く、共食いの影響も考えられた。2008年10月の平均体重は845g、生残率は12%となったが、その後、成熟による大型魚の死亡により平均体重は減少し、2009年4月の平均体重は703gで生残率は2%であった。

試験2では、両試験区ともに2008年11月から2009年3月にかけて成熟個体が確認されたが、2008年11月までの生残率が10°C区74%、13°C区49%であり、成熟期以前に生残率の差が生じていた。この間の死亡魚は痩せており、餌付き不良個体の衰弱死と考えられた。2009年4月の10°C区と13°C区の平均体重と生残率はそれぞれ809gと44%および1042gと25%であった。13°C区では2009年8月に平均体重が1759gとなったが、その後減少し、2009年11月の平均体重は1665gで生残率は5%であった。飼育期間中の最大個体の体重は2009年10月の2670gであった。

試験1の供試魚に比べて、試験2の供試魚は10°Cの淡水での飼育期間が長く、さらに成長不良魚を選別して用いたため、2008年3月時点の平均体重は試験1の半分以下であった。しかし、2歳魚まで生残する個体が多く、結果的に大型化した。したがって深層水を用いてアマゴの大型魚（1kg以上）を生産するためには1歳までの成長を抑えるか、あるいは成長不良個体を選別して種苗とし、1歳での成熟を回避する必要があると考えられた。胃鼓張症は、斃死率は低いとされ、本試験においても発症個体が通常に摂餌し、成長することが確認された。しかし、著しい胃の拡張から発症個体の商品価値は消失すると考えられ、同症を発症させない飼育方法の検討が必要である。さらに、試験2に供したスマルト化した種苗においても、深層水飼育後に餌付かない個体が生じたことから、馴致方法にも課題を残した。

## 10. 海洋深層水混合条件におけるクロメ生長実験とモデルによる予測

○松井 敦・大塚 耕司・中谷 直樹 (大阪府立大学)

### 1. 研究目的

高知県室戸岬周辺海域は、20年以上前から磯焼けの発生・拡大が報告されており、該当海域でアワビ飼料であったカジメ (*Ecklonia cava*) も現在は生育していない。室戸海域における磯焼けの原因は、主に高水温・貧栄養状態による海藻の生長阻害と考えられ、低水温・富栄養である海洋深層水を利用することでカジメ藻場を修復できる可能性が示唆されている<sup>1)</sup>。

本研究では、カジメの近縁種であるクロメ (*Ecklonia kurome*) を用いて、海洋深層水混合条件の生長量を比較する実験を行うと共に、その結果を基に海藻の生長を表現する数値モデルを構築することで、クロメの生長量予測を行った。

### 2. 実験方法

実験は高知県海洋深層水研究所にて行い、実験水槽には、室戸表層水と深層水の混合割合を3段階(表100%, 表75%+深25%, 表50%+深50%, それぞれ水槽①, ②, ③とする)に変化させて注水し、室戸海域の約25km北に位置する野根漁港で採集したクロメ(全長15~22cm, 湿重量6.1~9.3 g-wet)を3株ずつ投入した。また、CTセンサー(MDS-CT, ALEC)と量子計(MDS-Mk V/L, ALEC)を設置することで水温、塩分、光量の計測と、採水による化学分析によって、無機態窒素(DIN)、リン酸態リン(DIP)のモニタリングを定期的に行った。

### 3. 実験結果

実験中のクロメ湿重量の推移を図1に示す。2006年9月から2007年2月にかけては、すべての株に対して特徴的な変化は見られない。これはこの期間の光量設定が低かったことが原因であると考えられる。しかし、2月以降は水槽間で生長の様子に大きな違いが見られ、特に表層水100%の水槽①では、3月を境に葉面積が減少し、最終的に消失した。この原因については、水温上昇によって呼吸による代謝量が増えたにも関わらず、栄養塩濃度が低く、光合成による生長量が制限され、減耗の方が大きくなったためと考えられる。

一方、水槽②と③を比較すると、2~5月には、水槽③よりも深層水混合率が低い水槽②で大きな生長率を示し、水槽内の栄養塩が一定濃度以上あれば水槽②の水温条件の方が適していたと推察された。表層水温がさらに上昇した5月以降では、深層水混合率が高い水槽③の方が水温が低く保たれ、栄養塩濃度も高かったためにクロメの生長量が大きくなったと考えられる。

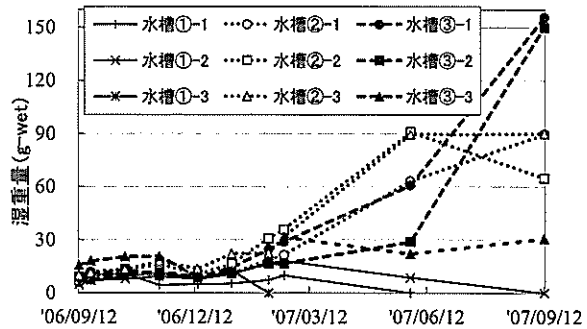


図1 クロメ葉面積変化

### 4. クロメ生長モデル

本研究におけるクロメ生長モデルは、水温、栄養塩、光強度をインプットし、生長速度と枯死速度をアウトプットするモデルである。海藻の現存量増加速度  $V$  ( $\text{g-wet m}^2 \text{ d}^{-1}$ ) は、水温によって決定する相対生長率  $V_T$  ( $\text{d}^{-1}$ ) に、光条件に対する制限係数  $m_l$ 、栄養塩濃度による制限係数  $m_N$ 、および海藻現存量  $B_{SW}$  ( $\text{g-wet m}^2$ ) を掛け合わせることで、次式のように表現した。

$$V = V_T m_l m_N B_{SW} \quad (1)$$

本モデルを用いて、水槽実験時にモニタリングした環境条件を入力することによって、クロメ生長予測を行った結果を図2に示す。

推定結果から、水槽①と水槽③の生長傾向は表現できているが、水槽②の推定結果に少々実験結果と差異が見られる。この原因として、実験中にCTセンサーが一時的に計測不能となった時期があり、モデル計算時に推定値で与えた水温条件が正確でなかったためと考えられる。クロメの生長傾向自体は良好に表現できている。深層水を混合した時の生長促進効果は、本モデルを用いることで推定できた。

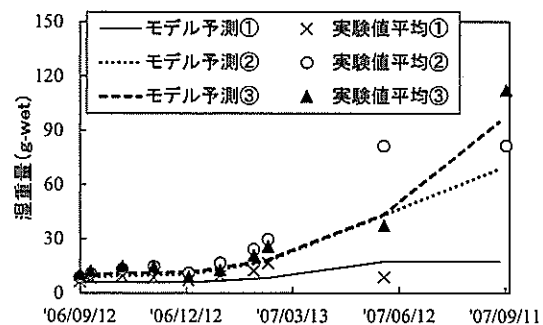


図2 実験結果と推定結果比較

#### 参考文献

- 1) 日本海洋開発産業協会: エネルギー使用合理化海洋資源活用システム開発成果報告書, 2004, pp 811-931

## 1.1. 海洋深層水を利用した寒海性コンブ類の栽培

○松村 航 (富山水研)・加藤肇一 (富山食研)

### 目的

コンブの消費量が多い富山県において、品質の高い寒海性コンブを富山県内で栽培できるということは利点が大きいと思われる。しかしながら、コンブの主産地である北海道に比べ海水温の高い富山湾においては、北海道等で行われている促成栽培の手法では、品質の高いコンブの生産は難しい。

そこで本研究では、北海道産に品質面等で劣らないコンブの養殖技術の開発を目的として、(1) 富山湾海洋深層水 (以下、深層水) を活用して種苗生産から中間育成までを行い、その後、富山湾に移植して栽培する海中栽培法および (2) 深層水をかけ流した陸上栽培法を試みた。また、県産コンブのブランド化を図るとともに県産コンブを使用した商品開発の一助とするため、(3) 栽培コンブの品質評価 (一般成分) を行った。

### 材料と方法

材料には、深層水をかけ流した水槽で培養しているマコンブ、リシリコンブ、オニコンブ、ガゴメコンブの2種3変種 (以下、分類群とする) を用いた。

#### (1) 深層水を活用した海中栽培法の開発

深層水をかけ流した陸上水槽内で、2010年4月にガゴメコンブ、同年9月に他のコンブも含め4分類群を成熟させて種苗生産を行い、上記水槽内で種苗を育成した。それぞれの育成種苗は、海中移植前の数日間表層水をかけ流した水槽内で水温馴致させた。その後、4分類群を、2010年11月30日 (「促成栽培」とする) と12月20日 (「早期促成栽培」とする) に富山湾内のコンブ海中栽培施設に移植し、①分類群別および②移植時期別の生長比較試験を行った。なお、各試験の測定値は、分散分析とTukey-Kramerの多重比較により比較した。

#### (2) 深層水をかけ流した陸上栽培法

上記の海中移植日 (12月20日)、深層水を

水量10t/日でかけ流した陸上水槽 (1t水槽、水温4~13℃) に、海中移植した同種苗藻体のコンブ類4分類群をそれぞれ50藻体ずつ入れて生長試験を行った。

#### (3) 栽培コンブの品質評価

海中栽培コンブおよび陸上栽培コンブの素干し並びに参考とする北海道産コンブ (マコンブ、ガゴメコンブ) の一般成分を以下の方法で分析した。①水分: 105℃常圧加熱、②タンパク: ケルダール法 (タンパク換算係数6.25) ③脂肪: 酸分解法、④炭水化物: 差引法、⑤灰分: 550℃直接灰化

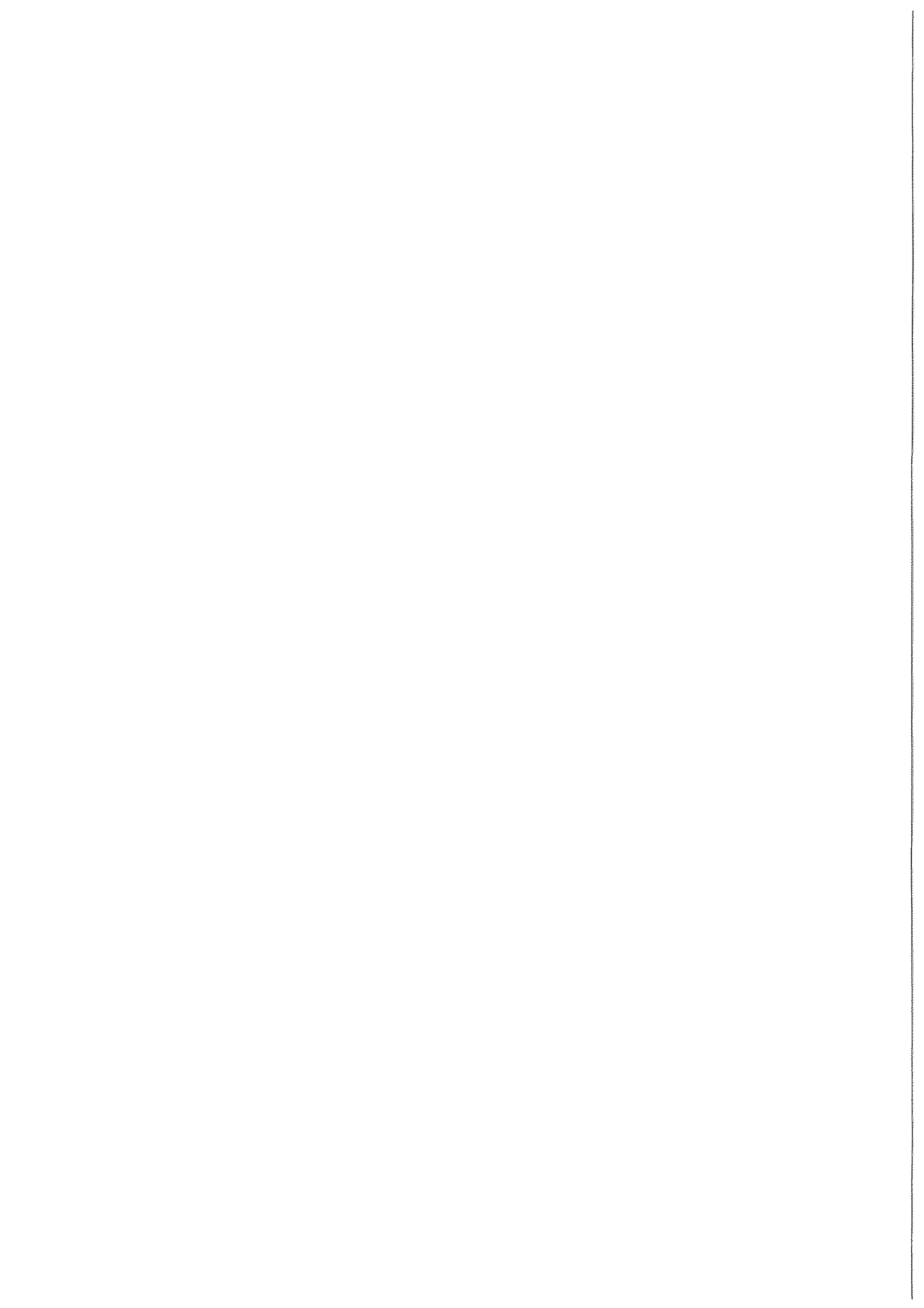
### 結果

(1) 3月14日に測定した促成栽培のガゴメコンブ、マコンブ、リシリコンブおよびオニコンブの平均葉長は、それぞれ36.9cm、91.9cm、71.3cmおよび86.2cmであった。早期促成栽培の平均葉長は、それぞれ60.5cm、185.4cm、206.2cmおよび182.6cmとなり、促成栽培よりも良好な生長が認められた。

(2) 3月18日に測定した陸上栽培のガゴメコンブ、マコンブ、リシリコンブおよびオニコンブの平均葉長は、それぞれ98.2cm、254.8cm、270.9cmおよび248.4cmとなった。条件が違うので厳密な比較とはならないが、海中栽培よりも陸上栽培の方で生長が良い結果が得られた。

(3) タンパク含量に注目すると、海中栽培のマコンブ、リシリコンブおよびオニコンブについては、海中移植直前のタンパク含量が移植後約40日で極端に減少したが、ガゴメコンブでは大きな差はなかった。炭水化物は、タンパク含量と反対に、海中移植後すべての種で増加が認められた。灰分含量には特徴的な傾向は見られなかった。藻体内のタンパク質の含量は、海水中に含まれる硝酸態窒素等の影響を受けているものと推察された。





一般講演 3

〈農業・畜産関連〉

座長 兼島 盛吉

(沖縄県海洋深層水研究所)

## 12. 富山県入善町海洋深層水を用いたスラグ系施肥材の効果実証実験

○植木知佳（新日鉄(株)）・熊谷敬之（富山県入善町漁協）・藤田大介（東京海洋大学）

【目的】 日本の沿岸各地でコンブやホンダワラなどの藻場の衰退・消失すなわち磯焼け域の拡大が問題となっている。主な原因は、海水温の上昇やウニやアイゴ植食動物による食圧の増加などであるが、海水中の鉄濃度の低下も懸念される。これは、土壤中で生成される腐植酸（フルボ酸）と鉄とが錯体化した腐植酸（フルボ酸）鉄の河川を通じた供給量が減少したという仮説である。

新日鉄（株）では、この仮説に着目し、鉄分を多く含有する製鋼スラグ、腐植酸（キレター）を含む人工腐植土を混合した鉄分供給材（以下、スラグ系施肥材）を開発した。スラグ系施肥材の効果は、大規模な実海域実験、ラボスケールの培養実験の結果が報告されている。しかし、施肥による水質の変化やそれに伴う藻類への影響を総括的に調査するためには、大型水槽を用いた培養実験が妥当であり、鉄分供給材としての効果を調べるには、鉄濃度が極めて低い海洋深層水が適していると考え、以下の研究を行った。

【方法】 本研究は、富山県入善町にある海洋深層水あわび畜養施設にて行い、通気によって水流を起こし、海水のかけ流しは行わなかった。

屋内実験：100L アルテミア孵化槽 4 基（A～D）を用いた（表 1）。海水は、週 1～2 回採取し、水質分析を行った（pH、無機態窒素、リン酸態リン、シリカ、鉄、クロロフィル *a*）。

屋外実験：FRP 製 2000L 水槽 2 基（E、F）の

一方にのみスラグ系施肥材 10kg を設置した（E）。この他は屋内実験と同様である。

本研究ではスラグ系施肥材による植物プランクトンの増殖効果のほか、コンブの生育に対する効果を検証するため、B、D、E、F に未成熟のコンブ配偶体を投入した。

表 1. 各水槽の設定（屋内実験）

水槽	A	B	C	D
スラグ系施肥材	10kg	5kg	なし	なし
日照	なし	あり	なし	あり
コンブ配偶体	なし	あり	なし	あり

【結果】 屋内実験：A では実験開始直後から窒素、リン、シリカ、鉄の濃度が上昇し、施肥材からの溶出が確認されたのに対して、B では 14 日目まで緩やかに減少した（図 1）。

B では、A 同様、初期の栄養塩類の溶出が確認されたが、14 日目以降は減少し、それに追従して植物プランクトンが増殖した。また、コンブ配偶体から発芽した胞子体（図 2）の数は B>D となり、施肥材による効果と考えられた。

屋外実験：E では施肥材からの栄養塩類の溶出が確認され、植物プランクトン量は、E は F の約 7 倍（実験 24 日目のピーク時）となった。しかし、コンブ配偶体から発生した胞子体数は、E<F となった。実験期間中の降雪や平均水温が 3.4℃と低水温が、コンブの生育を妨げたと考えられた。

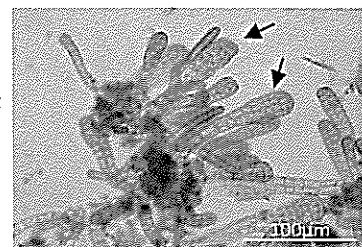
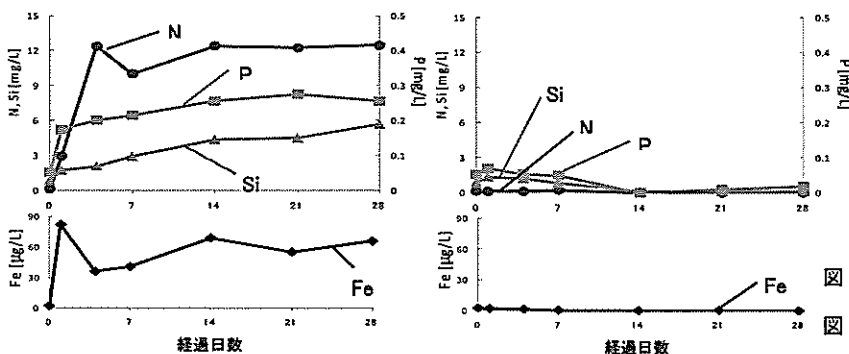


図 1 ← 水槽 A(左)、B(右)の水質変化

図 2 ↑ 水槽 B で発芽したコンブ胞子体(矢印)

### 1 3. 伊豆赤沢海洋深層水の植物生育促進作用

○岡本良子・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】

食を通した美と健康のサポートを目指し、「食」を支える農業分野への海洋深層水利用の可能性についての研究に着手した。海洋深層水を用いた植物栽培を行うにあたり、最も懸念される問題は、海水中の塩分による生育阻害であると考えられる。そこで本研究では、伊豆赤沢海洋深層水（以下 DSW）とその直上の表面海水（以下 SSW）および精製水を用いて、発芽、育成、含有される栄養成分に与える影響を調べるとともに、光合成能について幅広く試験を行い、海洋深層水の農業分野への利用とその有用性について検討することを目的とした。

#### 【材料と方法】

##### ①発芽試験

一般的に食されている野菜5科9品種の植物の種子を用い、DSWを各濃度（0～40%，v/v）になるように精製水で調製した試験水を用いて発芽試験を行なった。各試験水に浸した脱脂綿上に種子を蒔き、根および芽が1mm以上伸長したものを発芽とみなし、発芽率を経日的に観察した。

##### ②生長試験

予め精製水で発芽時期をそろえた種子を用い、精製水、5%SSW、5%DSW、10%DSWを試験水としてスプラウトを育成した。育成したスプラウトについて、重量と全長を測定し、海洋深層水が植物生長に与える影響を評価した。

##### ③栄養成分分析

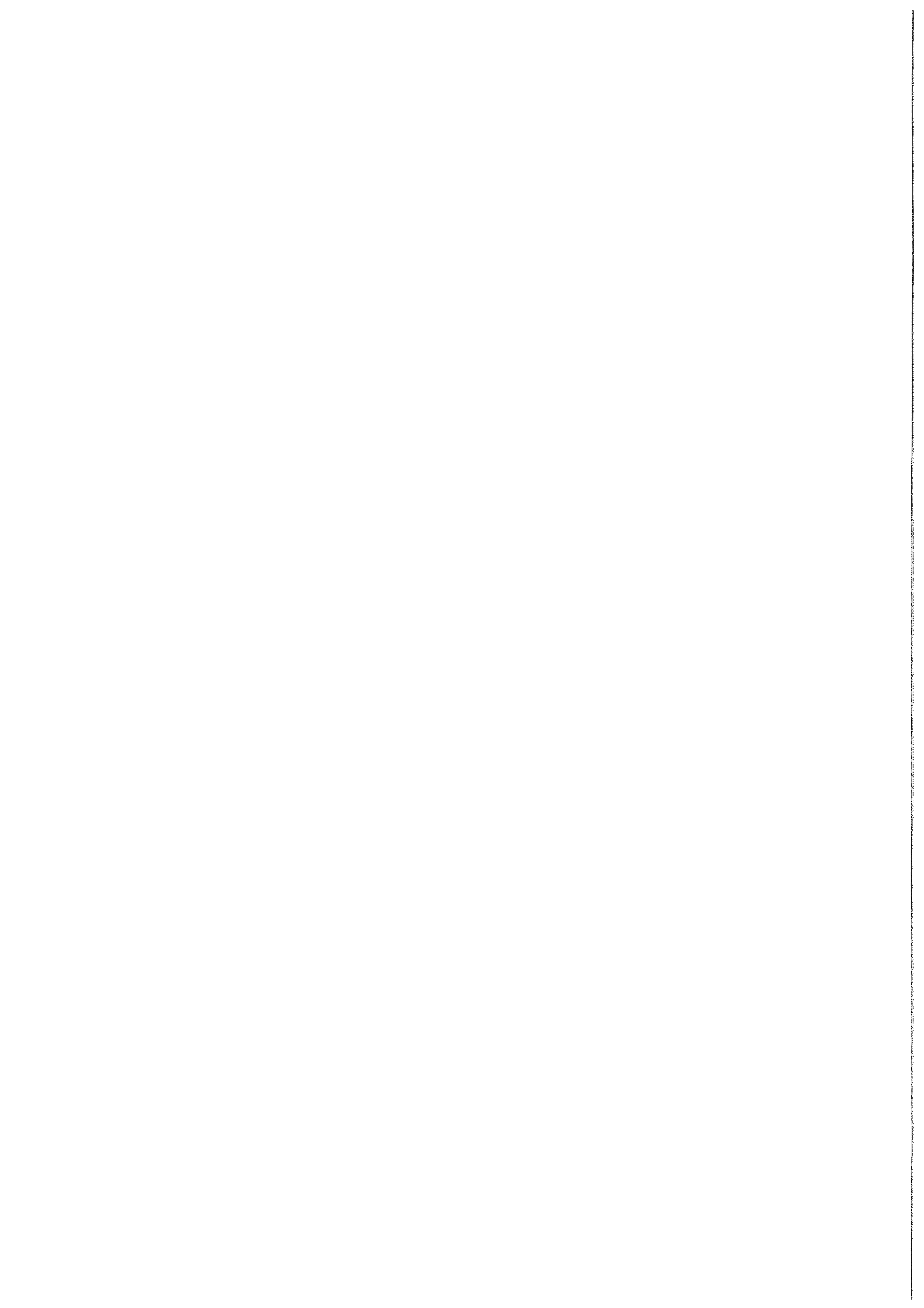
多くの野菜に含まれ、抗酸化能やコラーゲン合成における必須成分であるビタミンC（以下VC）に着目し、ヒドラジン法を用いて、前述の方法で栽培したスプラウト10本中のVC量を測定した。

#### ④光合成能比較

緑化時の生長率を比較するため、各試験水を用いて育成したスプラウトの緑化前後の全長を測定した。また光合成や養分吸収に関与するクロロフィル量や根の伸長についても比較検討した。

#### 【結果】

発芽試験の結果、すべての植物の品種において、10%DSW以下では無添加区と同等の発芽率（約80%）を示し、20%DSWにおいても一部の品種を除き、高い発芽率を示すことが確認された。スプラウト育成試験の結果、20%DSWでは生育阻害が見られたものの、5%および10%DSWでは無添加区に比べ、スプラウトの生育が顕著に促進した。同濃度のSSWを用いた育成試験の結果と比較したところ、全長には差異は見られなかったが、スプラウトの重量に有意差が認められた。このことからDSW添加により、見栄えのしつかりしたスプラウトが栽培できる可能性が示唆された。また、栽培したスプラウト中のVCの含有量を測定したところ、DSW添加で育成したスプラウト中のVC含有量が高いことが確認された。なお、スプラウト栽培を通して、DSW添加により緑化時の生育速度の昂進が確認されたため、今後は本現象のメカニズムの解明を行っていく予定である。さらに、スプラウト栽培以外の植物栽培についても海洋深層水の添加効果を調べるとともに、より付加価値の高い植物の栽培条件について検討を行いたいと考えている。



特別講演

司会 山田 勝久

(株)ディーエイチシー海洋深層水研究所)

## S0-1. 台湾における海洋深層水の資源利用の現状

○高橋 正征

(台湾国立中山大学海洋科学学院アジア・太平洋海洋研究センター)

### 1. はじめに

1970年始めの第一次石油ショックを受け、世界の国々は石油に代わるエネルギー資源の探索を始め、その一つとして深層と表層の温度差を利用した海洋温度差発電 (OTEC) が注目された。台湾は熱帯・亜熱帯に位置し、東海岸が急峻で OTEC に適しているため、1989年の暮れにフィンランド、フランス、フランス領ポリネシア、イタリア、日本、オランダ、スウェーデン、台湾、英国、米国の 50 人以上の関係者の支援を得て、国際海洋温度差発電・海洋深層水協会 (IOA, International OTEC/DOWA Association、当初は OTEC だけで後から DOWA が加わった) の NPO 法人がつけられ、1990年春から 2002年冬まで 13年間にわたって 13巻 (年 4回で合計 52号) の IOA Newsletter が発行され、同時に、しばしば国際会議を開いて事業化のための啓蒙活動が行なわれた。

これとは別に、1990年代後半から日本で盛んになった海洋深層水の多様な利活用に刺激され、台湾での海洋深層水の関心が高まり、台湾政府は 2004年始めに工業技術研究院東京事務所から日本からの専門家派遣を要請し、たまたま私がそれを受けることになった。同年 5月に訪台し、中央と地方の両政府・研究機関・大学・企業の関係者と会って関心を聞いて、提案をまとめ 10月に再訪して説明した。

### 2. 台湾の海洋深層水資源利用の現状

私の提案を参考に、2005-07年にかけて花蓮港から七星潭に至る海岸線に沿った所に、

南側の花蓮港近くには台湾肥料の工場跡地を利用して台湾海洋深層水公司、その北側には光隆生科技公司、さらに北側に東潤水資源公司といった民間企業がそれぞれ 5~10km の間隔を置いて海洋深層水の取水施設と工場や水産生物養殖施設などを建設した。それぞれの会社は、いずれも日本の影響を大きく受け、瓶詰め飲料水、海洋深層水塩、苦汁、化粧水、酒などを生産して国内と一部は中国向けに販売を開始した。東潤ではサケ、マスや海藻類の養殖も始めた。

### 3. 台湾の海洋深層水資源利用の課題

一方、台湾政府は花蓮から 100 数十 km 南の台東県内に国が支援する海洋深層水の取水・研究・事業利用分水施設の建設を決めた。一つは水産試験場の分室として、台東市の海側で、水深約 610m から日量 4,000 トンの海洋深層水を揚水し、重要な水産資源生物の遺伝子資源保存を主な目的にし、その他農業利用など海洋深層水の様々な資源性の利用を目指している。もう一つは水利署の発注で、台東市の南の知本川南側で、水深約 700m から日量 12,000 トンの海洋深層水を揚水し、冷熱エネルギーを始めとした多様な資源性の多段利用を目指している。二つの施設の工事は 2009年に始まり、2011年には完成の予定であったが、いずれも海洋深層水の取水管 (外径 50cm の硬質ポリエチレン管) の敷設で、特に、浅海部でのトンネル (水産試験場) とトレンチ (水利署) の工事が難航している。

## S0-1.Utilization of deep ocean water resources in Taiwan

○Masayuki Takahashi

(Asia-Pacific Ocean Research Center, College of Marine Sciences, Sun Yat-sen University, Taiwan)

### 1. Introduction

Resources of deep ocean water (DOW) was seriously concerned in Taiwan as one of promising ocean energy such as ocean thermal conversion in the late 1980s, and the headquarter of International OTEC/DOWA Association (IOA, NPO organization) was established in 1989 in Taiwan with supports of more than 50 professionals from Finland, France, French Polynesia, Italy, Japan, the Netherlands, Sweden, Taiwan, the United Kingdom, and the United States of America which stimulated greatly by publishing excellent IOA newsletters from 1990 to 2009 as well as meetings.

Taiwan government started to consider possible utilization of various DOW resources which was pushed by public interests stimulated by activities in Japan. I was invited to Taiwan in May 2004 as an advisor by the Industrial Technology Research Institute, and gave a DOW resource utilization plan for Taiwan in October 2004 after discussions with people belonging to the federal and provincial governments, universities, research institute, and industries.

### 2. Current activities of DOW resource utilizations in Taiwan

After my suggestions, three private companies, East Biotch Co. Ltd, Kung Long Biotch Co. Ltd., and Taiwan Yes Deep Ocean Water Co. Ltd.. installed their own

pipes independently along the coast from Hualien Port (south end) to Qixingtan (north end) about 5-10km distance each other in 2005-2007. Each company produces bottled water, salt, minerals, cosmetics and alcohols equally under strong influence by Japanese activities. East Biotch also produces aquaculture products such as trout, salmon and some seaweeds.

### 3. Current problems of DOW resource utilizations in Taiwan

The federal government decided to construct 2 research institutions on DOW research and technology development in Taitung, about just over 100km south of Hualien; one for fisheries and agriculture agency for maintaining genes of important species for fisheries using 4,000tons of DOW per day from ca610m depth and the other for energy utilizations using 12,000tons per day from ca700m. Although construction is scheduled to be completed within 2011 after starting March in 2009, both facilities have faced to difficulties to install the pipes for DOW.



## S0-2. 地球最高の資源：海とともに生きるひと

木村 美恵子

(タケダライフサイエンス・リサーチセンター/(財)ルイ・パストゥール医学研究センター)

### はじめに

20世紀における地球の最大の資源は石油であり、その資源の枯渇、権利や環境問題など多くの社会問題を抱えたまま、新しい世紀を迎えた。21世紀には人類の生存をかけた資源の開発が求められ、原子力がその一端を担ってきている。しかし、今回、ひと・国の存続が問われる原子炉の安全性に余りにも大きな課題が提示された。何れも自然に逆らったヒトの我欲が齎した結果であろう。

今、改めて、大きな犠牲の下に、地球、いや、宇宙の片隅に存在する生命である人間の一時の傲慢を見直す機会が与えられたと考えたい。そして、自然の中の最も豊かな資源として、生命の母：海を見直すことが必須であろう。

### 生命と水

水は生命の全てであり、水の存在が生命の存在を意味する。宇宙の惑星に生命の存在を探索するには、最初に水の有無、そして、海を探す。

我々生きもの、生物体の85%は水である。生体の構成単位である細胞は勿論そのほとんどが水分である。細胞がどれだけ多量の水分を含んでいるかが、若さ、元気さ、生命の証である。赤ちゃんの皮膚はみずみずしく、歳をとると、細胞の水分が減って、細胞は老化する。生命は水と共にあり、水分が十分に有ると言うことが生きていくことである。

### 地球の水

宇宙の中で水がたくさんあるのはこの地球だけ？と言われており、地球上には推計14億km<sup>3</sup>の水があるが、その内、淡水は2.5%、しかも、その大半は極地の氷で、使用できる水は0.01%に過ぎない。少ない地上水が我々自身の手で汚され、21世紀を水不足の時代として迎えた。1人が使用できる水は1950年には16,800m<sup>3</sup>あったが、2000年には6,800m<sup>3</sup>に落ち込み、水の不足は生命維持の危機でもある。この僅か0.01%の水が大気循環の中で汚染し、危機的な状態にある一方、淡水の循環として雨水の貯留機構山林などが人工的自然破壊により破綻し、淡水の供給源ではなく、洪水など災害源にもなっている。

このように、ヒトが利用できる地球上の資源が枯渇

してきている今、地球上の面積では71%を海が占めており、水の量では97.5%は海水である。地球上に多量に存在し、公害による影響も少ない、新しい資源としての「海水：生命の母なる海」の利用がクローズアップされる。

### 生命の母なる海—ひとの羊水としての海水—

では、水だけあればいいのだろうか。水は生命を司る体液の溶媒として存在しており、体液はミネラルをはじめ多くの栄養成分を常に良いバランスで保ち、生命維持の泉となる。

生体を構成する個々の細胞は栄養素の補給によって養われており、それが活性化されて、その個々の細胞が元気であることが我々の身体を健やかにし、そして活発な活動や頭の働きにつながる。これらの栄養素には、3大栄養素のほか、微量の栄養素としてビタミン、ミネラルがあり、体液という溶媒のなかで、常に密接な相互関係をたもって細胞・生体の機能を発揮させている。体液はホメオスタシス機構により常に一定のミネラルバランスを保っている。

生き物である食品は、我々の身体・生体も、未知の栄養素を含む包括的栄養環境を備えており、その栄養の原点・有機物は、植物が土壌から吸い上げる水とミネラル及び太陽光線による光合成に造られる。有機物があつて、始めて、我々動物の生命が育まれる。すべての生命の根源は水、それに含まれるミネラルであることを再確認させられる。地上水のミネラル組成は地域により大きく異なるが、海水のミネラル組成は一定で、約85種類みつけられている。海水中ミネラル濃度分布はヒトの体液(血清)中ミネラルバランスと正の相関関係がみられる。生命の起源は海水からといわれているように、私たち人間の羊水はやはり海水であろう。私たちが産まれる前に母体中で羊水に浮かんで暮らしている。生まれて初めて水の中から出てくる。羊水、他動植物の体液も同様、海水中ミネラルと同バランスである。生命(細胞)の起源は海水にある。海水が濃縮されて体液より濃度が高くなり(今では血清濃度の約4倍)、生き物は海水中では生きにくくなり、鰓ができ、肺ができて、陸に上がったと考えられている。

地上で何かを育てようとするとき多くの肥料が必要であるが、海では窒素あり炭素あり、そして多くのミネラル・微量元素があつて、肥料をあたえなくても、生物は生育できる。海水は命の水・ひとの羊水である。

#### ひとの健康と水

地上では、農業用水、生活用水、工業用水などに河川水、湖水、地下水が用いられているが、これらの水の主成分ミネラル組成は地域・場所により大きく異なることは周知である。地方病といわれている難病は、地域の土質・水が原因であることが明らかにされてきている。その地域で栽培された作物、飲料水の摂取の集積の結果である。例えば、和歌山県の古座川の流域に多発する難病：筋萎縮性側索硬化症は、地域の河川水中ミネラル濃度、特に、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)濃度が非常に低いこと、二次的にB<sub>1</sub>欠乏症を招くこととの因果関係が明らかにされた。また、私は、難病である鉄沈着症はやはり、Mgの摂取不足が主原因で、貧血、臓器への鉄沈着が起こることを明らかにした。

我国の平均寿命は伸び続け世界で最長で、2011年、100歳以上人口は47,756人(男6,162,女41,594)となった。国内の都道府県別平均寿命(順位)をみると、古来、青森県、秋田県など東北地方は短命、長寿一は沖縄県女子で、これらは生活・食習慣、気候風土によると考えられる。他方、大阪・神戸などの寿命悪化が目立つ。この主原因に水道原水の汚染が考慮される。全国水道原水水質の悪さとがんの死亡率は強い正の相関関係を示した。他方、平均寿命上位の地域は水道原水である河川水・地下水中CaとMg濃度が高く、平均寿命の間には正相関の傾向が認められる。特に、静岡、山梨、熊本、大分などミネラル豊富な火山帯地は長寿、古い山系の東北地方も近畿南部は低ミネラル、短寿命である。

#### 海ミネラルMgと健康-重要なミネラルバランス-

河川水や地下水とは異なり海水に多いMgは、300以上の酵素反応を含む生体内反応に重要であり、欠乏すると虚血性心疾患をはじめとする循環器疾患や糖尿病など様々な疾病を引き起こすこと、飲料水中CaとMgの総和とCa/Mg比率が心疾患発症の重要な因子であることが解明されている。また、虚血性心疾患の危険因子として、Mg摂取不足がもたらす血中コレステ

ロールおよび中性脂肪の上昇がある。総じて循環器疾患のリスクファクターとしてNa/Ca(細胞外液ミネラル)/K/Mg(細胞内液ミネラル)比の高値が指標となる。

しかし、MgやCaのみなど単品の補給(栄養補助食品など)は生体内栄養バランスの崩壊を招き、疾病の原因となる。海水は体液と同ミネラルバランスをもち、生体には本当に優しい水である。現時点では、ミネラル栄養と病態の問題の多くは学術的には未知の分野である。

#### 海水(深層水,中層水)の飲料水への利用

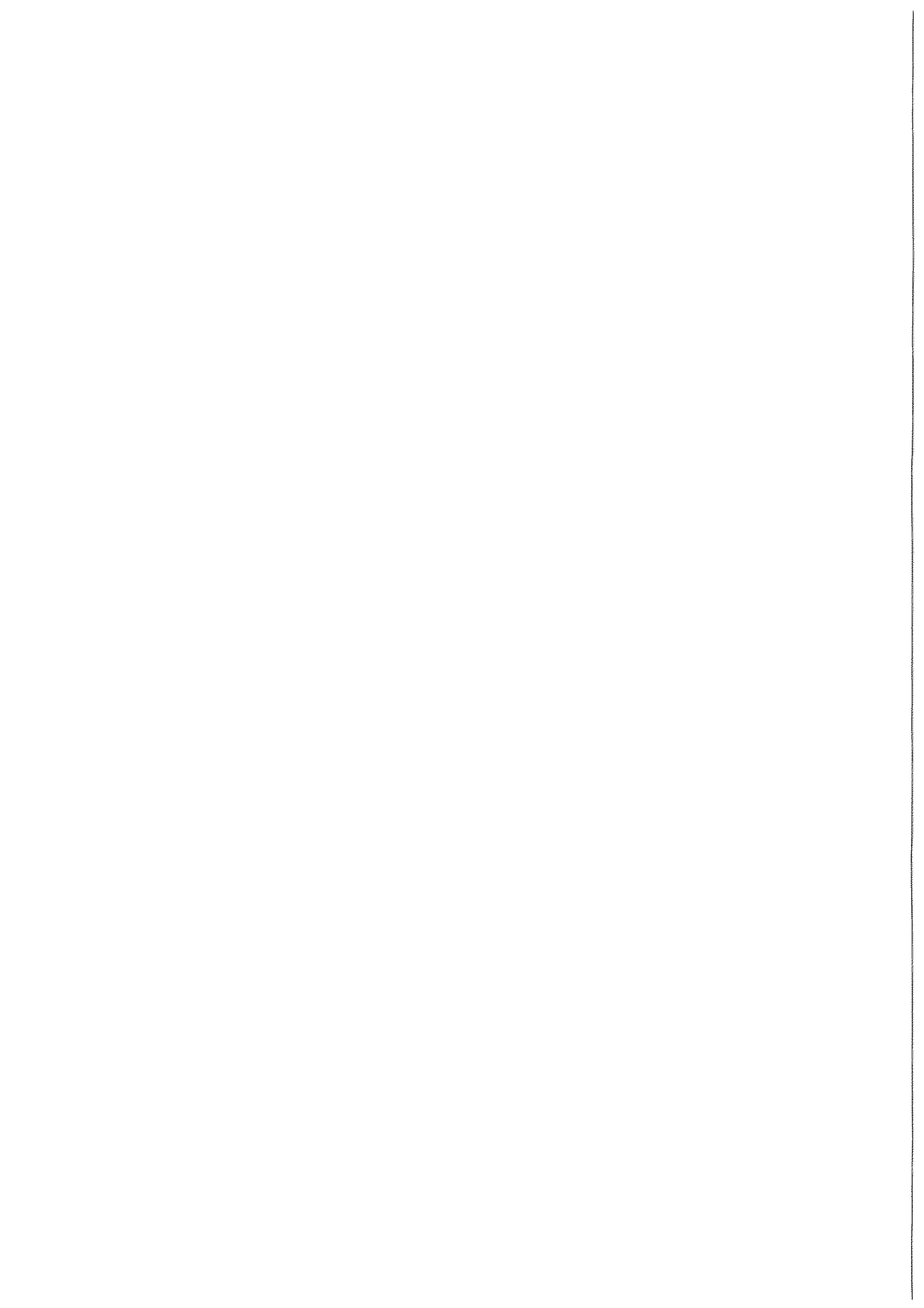
このような観点から、これまで、飲料水や生活用水として、殆ど使用されていない海水を用いることは21世紀における大きな課題である。

畜肉摂取に偏った食生活の欧米化と魚・野菜の摂取不足にともない、日本もMg摂取不足による心疾患を代表とする現代病が急増している。種々の天然水の内、最も多量のMgを含む海水に注目し、海水から塩分のみを除いた飲料水の作成を考案中、1999年出会った清浄かつミネラルリッチな“深層海水”を原料とした飲料水が作成できた。塩分のみを除き、海水のミネラルをそのまま残した特有のミネラルバランスのこの飲料水は世界で初めてのことで、海水は飲めないという常識を覆した。

このような海水中マグネシウムに焦点を当てて作成した海水由来の飲料の給与により、ミネラルバランスを崩すことなく、血中脂質低下、循環器疾患予防および免疫能上昇の効果が確認できた。

#### おわりに

地球の殆ど水である海水は、やはり、資源としての無限の可能性と夢がある。中でも、深層・中層海水は清浄性、栄養豊富など多くの特性を持ち、ひとの生活用水として利用され始めた。深層海水の物理学的特性を生かした工業用水としての利用は本学会でも発表されて来ているように先進している。今、困難極まる日本の現状打開を目的に、この深層海水の化学的特性を生かし、複雑な処理を加えることなく、生活用水、農業用水としての利用研究に具体的で大きな展望が見え始めた。生き物の羊水：海にどっぷり浸かってみようではありませんか。



特別シンポジウム

司会 山田 勝久

(株)ディーエイチシー海洋深層水研究所

## S1-1. 海洋深層水からの有用微生物の宝探し

今田千秋 (東京海洋大学大学院)

## はじめに

1929年に世紀の妙薬「ペニシリン」が陸上由来糸状菌から発見されてから80年以上が経過しているが、既知物質が1万種を超える現在、抗生物質を初めとする新規な有用生理活性物質を放線菌などの陸上微生物の代謝産物に求めるのは極めて困難な状況になってきた。すなわち生産菌から有効物質を取り出してもそのほとんどが過去に報告された物質である。これに対し、海洋環境は地球全表面積の70%以上を占める上に鉛直的にも大きな広がりを持ち、最深部では10,000mを越える深さがあることから、陸上とは異なる多種多様の海洋生物の宝庫である。近年海洋生物の持つ特異な性質に着目し、これを有効に利用しようとするいわゆる「マリンバイオテクノロジー」が盛んに行われるようになってきた。特に四面を海に囲まれ、国土が狭く人口の多いわが国では大変魅力的な分野であるといえるだろう。しかし海洋環境は有用微生物の宝庫と考えられるにもかかわらず、サンプリングが困難なことなどの理由から海洋微生物はこれまであまり研究されておらず、諸産業への応用例も極めて少ない。このような趨勢から、演者らはこれまで海洋環境からの有用微生物探索研究に精力的に従事し、数多くの微生物を発見するとともに実用化に向けた応用研究を展開してきた。本シンポジウムではこれまで海洋環境から分離されてきた有用微生物の特性とその諸産業への応用例をいくつか紹介したい。

## 海洋環境に生息する微生物

## 生理活性物質を生産する海洋細菌

酵素阻害剤の中でも特に有名なプロテアーゼインヒビター(PI)を生産する微生物が海洋環境から分離された。本菌は

*Pseudoalteromonas sagamiensis*と命名された新種の細菌であり、海水存在下においてのみ物質の生産性が認められ、表1に示すように性質の全く異なった二種類の新規なPI(単純ペプチド及び糖蛋白質)を同時に生産する珍しい海洋細菌であった。特にペプチド性PIは陸上生物の生産物には見られない特異な一次構造を有していた。また、糖蛋白質性PIをイワシのすり身に添加して練製品を作成したところ、歯ごたえの良い商品価値の高い試作品が完成した。

また、その他の酵素阻害剤として、殺虫剤としての用途が考えられるキチナーゼインヒビターを生産する海洋細菌も発見された(図1)。

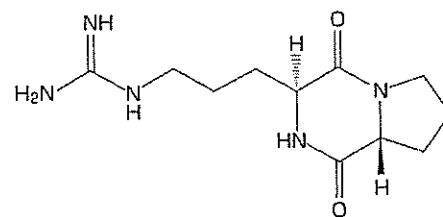
表1 プロテアーゼインヒビター

## マリノスタチン群とモナスタチンの性質

性質	マリノスタチン群 C-1, C-2*	モナスタチン
組成	単純ペプチド	糖タンパク質
分子量	1,418, 1,644	約20,000
pH安定性	4-8	2-12
阻害されるプロテアーゼ	セリンプロテアーゼ (トリプシンを除く)	システインプロテアーゼ (魚病細菌プロテアーゼを含む)

\*C-1: Phe-Ala-Thr-Met-Arg-Tyr-Pro-Ser-Asp-Ser-Asp-Glu

C-2: Gln-Pro-Phe-Ala-Thr-Met-Arg-Tyr-Pro-Ser-Asp-Ser-Asp-Glu

図1 キチナーゼインヒビター CI-4  
の化学構造

1966年、海洋微生物由来初の抗生物質が単離され、ブロモユチリンと命名された。本物質は海水中に比較的多く存在する臭素を分子中に含有するのが特徴で、陸上微生物の生産物に

は見られないユニークな化学構造であった(図2)。なお、その生産菌は *Pseudomonas bromoutilis* の細菌と同定された。

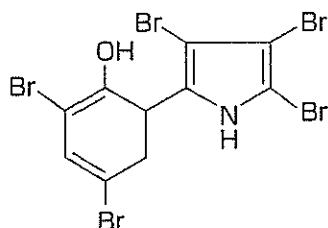


図2 ブロモユチリンの化学構造

また、パラオ共和国の浅海に生息する藻類から分離した海洋細菌はコロミシンと命名された新規抗菌物質を生産した(図3)。本物質は試験したすべてのグラム陰性の海洋細菌の増殖を抑制したが、大腸菌のような非海洋性のグラム陰性菌や海洋及び非海洋性のグラム陽性菌には阻害活性が見られなかった。海洋細菌の90%以上がグラム陰性菌であることから本物質は陸上よりも海洋環境の微生物の増殖を抑制しているものと思われた。

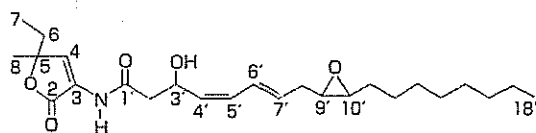


図3 コロミシンの化学構造

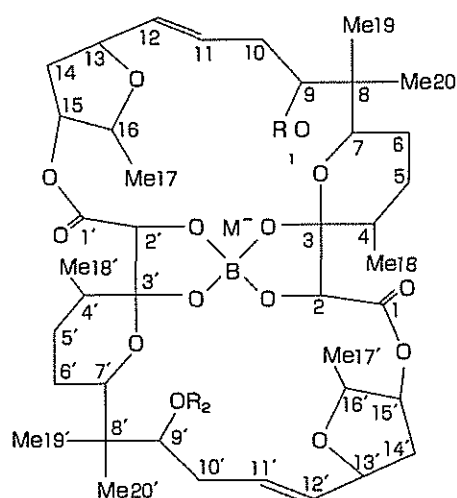
#### 生理活性物質を生産する海洋放線菌

海洋に生息する放線菌のほとんどは塩分要求性が見られないことから、陸上由来の微生物と考えられている。*Streptomyces griseus* はストレプトマイシン(SM)を生産することで有名な放線菌であるが、相模湾の海底堆積物中から分離された同菌は通常の培地ではSMを生産しなかった。そこで、本菌を栄養分の希薄な培地に塩分を添加して培養した結果、SMとは全く化学構造の異なった新規な抗生物質を生産

することが判明した(図4)。本物質はホウ素を中心とする対称型のポリエーテル構造のイオノフォアであり、アプラズモマイシン(Aplasmomycin)と命名された。

また、相模湾の海底堆積物から分離した放線菌(*Chainia* 属)を市販の昆布茶などを添加した海水培地で培養することにより、SS-228Yと命名した新規物質が得られた。

さらに糖尿病やその他の病気の診断に有力なアセチルグルコサミニダーゼやピログルタミールペプチダーゼのインヒビターなどの新規物質も海洋に生息する放線菌から分離された。



Me: CH<sub>3</sub>基(メチル基)  
 I Aplasmomycin R<sub>1</sub>,R<sub>2</sub>=H  
 II Aplasmomycin B R<sub>1</sub>=Ac, R<sub>2</sub>=H  
 III Aplasmomycin C R<sub>1</sub>,R<sub>2</sub>=Ac

図4 アプラズモマイシンの化学構造

#### 生理活性物質を生産する海洋糸状菌

これまで海洋環境からいくつかの糸状菌が分離されているが、活性物質の生産菌に関する報告はあまり多くない。伊豆諸島新島沖の海底堆積物からチロシナーゼインヒビター(TI)を生産する糸状菌が発見された。本菌は28S rDNAの塩基配列による系統解析から、*Trichoderma viride* の近縁種と考えられた。本菌の培養液から有効物質を単離精製し、化学構造解析した結果、図5に示すように5-ヒドロキシ-3-イ

ソシアノ-5-ビニルサイクロペント-2-エノンと一致した。

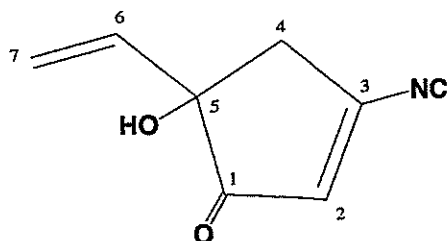


図5 11の化学構造

本物質はヒトのメラノーマ細胞のメラニン化を抑制するのみならず、甲殻類や生鮮食材および赤ワインの鮮度低下に伴う車エビ頭部の黒変や各種生鮮食品の褐変現象を濃度依存的に抑制した。このことから、諸産業への応用の可能性が示唆された。

#### 海洋深層水中に生息する微生物

海洋深層水は清浄であるがゆえに微生物のバイオマスはかなり少なく、表面海水の約千分の一程度である。しかし、これまでの研究から表面海水とは異なる特異な微生物群集の存在が示唆されている。本研究では伊豆赤沢の海洋深層水に着目し、分子生物学的手法を用いた微生物の群集組成解析を行うとともに深層水の懸濁物除去に用いられるバッグ状フィルター (BF) から有用微生物の探索を試みた。

#### 海洋深層水中の微生物の群集組成解析

海洋深層水中の微生物の特性を調べるために、2009年3月より約一年間にわたり、水深800mの海洋深層水とその直上の表面海水を毎月取水したのち、滅菌したメンブランフィルター (0.2 $\mu$ m) を用いて濾過集菌した。集菌した微生物から常法によりDNAを抽出・精製したのち、各種プライマーを用いてPCR増幅を行い、変性剤濃度勾配ゲル電気泳動 (DGGE) 法により、有用微生物として知られている放線菌及び乳酸菌に着目し、それらの群集組成解析を行った。

その結果、図6に見られるように海洋深層水中の放線菌は殆ど季節変化が見られず、DGGEでは数本のDNAバンドが観察されたが、表面海水では季節によって出現するバンドの本数が大きく変動した。一方、図7に示すように深層水中の乳酸菌はあまり大きな季節変動が見られなかったのに対し、表面海水中では季節によって出現するバンドの本数や出現パターンに相違が認められた。また、16S rRNA遺伝子による解析により、海洋深層水には特有の放線菌が分布していることが示唆されたが、乳酸菌については正確なモニタリングができなかったため、今後プライマーの検討が必要と思われた。

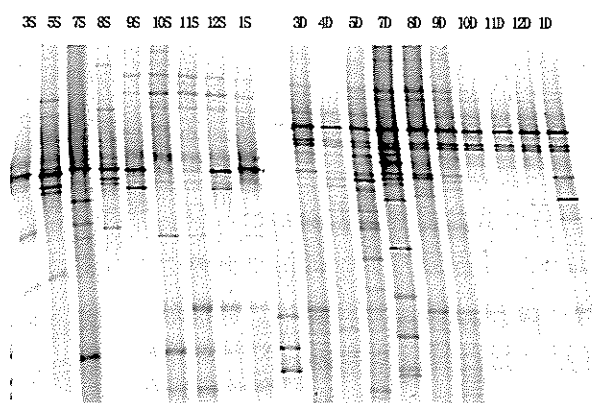


図6 伊豆赤沢における乳酸菌の群集組成の季節変化

注釈) S:表面海水: D:海洋深層水

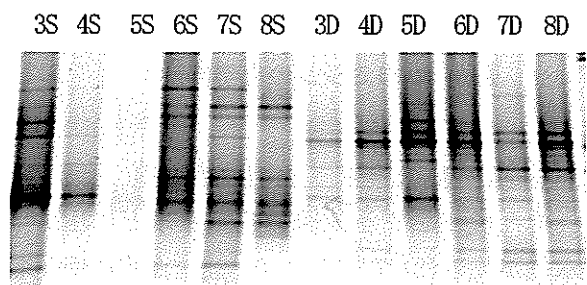


図7 伊豆赤沢における放線菌の群集組成の季節変化

注釈) S:表面海水: D:海洋深層水

### 海洋深層水からの乳酸菌の分離培養

産業利用上有用な乳酸菌を探索するために、海洋深層水の濾過に用いた BF の一部を無菌的に 3cm 角に切断し、滅菌した海洋深層水中で強く攪拌したのち、その懸濁液を選択培地に塗抹し、27℃で静置培養した。培養後、培地上に生じたコロニーを釣菌し乳酸菌であることを確認した後、分類学的諸性状を明らかにするとともに、美容ならびに食品分野への応用に向けて生化学、培養細胞レベルにおける初期的な検討を行った。その結果、BF から合計 39 株の乳酸菌が分離された。そこで、16S rRNA 遺伝子の塩基配列から系統解析を行った結果、39 株は全て陸由来の植物性乳酸菌である *Lactobacillus plantarum* および *Pediococcus pentosaceus* と同定された。しかし、生理・生化学的性状を調べた結果、分離株の方が増殖温度の上限が低かった。これらの菌株は伊豆赤沢の海洋深層水中から初めて分離された乳酸菌であり、現在美容ならびに食品分野への利用を検討中である。

### 結び

新規な、有用性の高い生理活性物質が、今後益々海洋微生物から単離され、諸産業へ応用されることを祈念し、結びの言葉としたい。



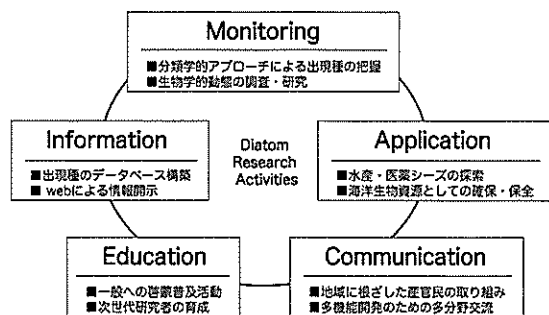
## S1-2. たのもしい基礎生産者—珪藻—

鈴木秀和 (東京海洋大学海洋科学部海洋環境学科)

### 1. はじめに

海洋深層水は低温かつ清浄な海水として多方面に利用されているが、無機栄養塩が多いため、珪藻(diatom)が自然繁茂しやすい。珪藻は有用水産生物の種苗生産を行う際の初期餌料として重要であるが、一方で、培養生物や水槽の汚損の原因ともなり、各地に建設された海洋深層水の利用施設でどのような珪藻が出現し繁茂するかは、珪藻の利用面だけでなく、施設の維持管理からも興味をもたれる。

珪藻は、珪酸質の殻(valve)をもつ複相の単細胞性の真核藻類である。水圏で最も多様に種が分化し、生物量的にも繁栄している。海域・汽水域・淡水域を問わず、水圏生態系の炭素や窒素循環の重要な生産者として欠かせない存在であり、環境保全学的立場からも関心が高まっている。



▲海洋深層水と珪藻研究

### 2. 基本的形態と分類形質

珪藻の細胞外形は千差万別で、円盤状、卵形、棍棒状、楔形など多様であるが、構造の中心が点である中心珪藻(centric diatom)と線である羽状(舟形)珪藻(pinnate diatom)に二大別される。核は細胞の中央付近にあり、球形～楕円形。葉緑体の形は円盤状や板状など多様で、その数も1個から多数、分類群によって異なる。珪藻細胞から原形質を取り除いた殻の部分の被殻(frustule)と呼ぶ。被殻は上下(内外)2枚の殻とその間にある数枚のリング状の殻帯片(band)から構成され

る。珪藻を観察する際の基本は、被殻を正面から見た状態の殻面観(valve view)と側面から見た状態の帯面観(girdle view)である。殻や帯片には様々な微細構造が観察され、その形態学的差異は重要な分類形質となる。主な分類形質は、条線stria (pl. striae)、胞紋areola (pl. areolae)、縦溝raphe(両方の殻に縦溝をもつグループを双縦溝珪藻(biraphid diatom)、片方の殻にのみもつグループを単縦溝珪藻(monoraphid diatom)、縦溝をもたないグループを無縦溝珪藻(araphid diatom)と呼ぶ)、突起process、剛毛seta、殻帯cingulum (pl. cingula)である。

### 3. 生態

珪藻個々の生態は実に多様である。細胞1つで単独生活する種類もあれば、無性的分裂後、そのまま細胞が連なり群体生活する種類もある。生育場所も海洋、河口域、湖沼、河川と海水、汽水、そして淡水域にわたり、湿った土壌や樹皮上の半気生的生活を営む種類もいる。また温泉藻やアイスアルジーとして高温域～低温域、酸性域～アルカリ性域と幅広く多様な環境に生育している。珪藻はその生活様式によって、浮遊生活(planktonic)と底生生活(benthic)に二大別され、さらに後者は固着に近い「恒久的な付着」と「運動性(滑走運動: gliding movement)のある付着」に特徴づけられる。「恒久的な付着」の様式には様々なパターンがあるが、細胞そのものが基質にしっかりと密着する生育形と細胞被殻から出た粘液柄(mucilage stalk)や粘液パッド(mucilage pad)で基物に付着する生育形の2つのカテゴリーに分けることができる。付着珪藻が繁茂すると、基質上には3次元構造の「ミクロの森」が形成され、微小生物の複雑な生態系ができあがる。この森は基質の種数によっていくつかのカテゴリーに分類されている。砂上(epipsammic)、岩や石上(epilithic)、海藻・海草や水生植物上

(epiphytic)、堆積物上(epipellic)および動物の体表上(epizonic)がある。これらの珪藻相研究は古くから行われており、それぞれ特徴的な種組成からなる群落が形成されることが知られているが、基質間の相違の要因や基質生物との特異性・相互関係などは明らかにされていない。

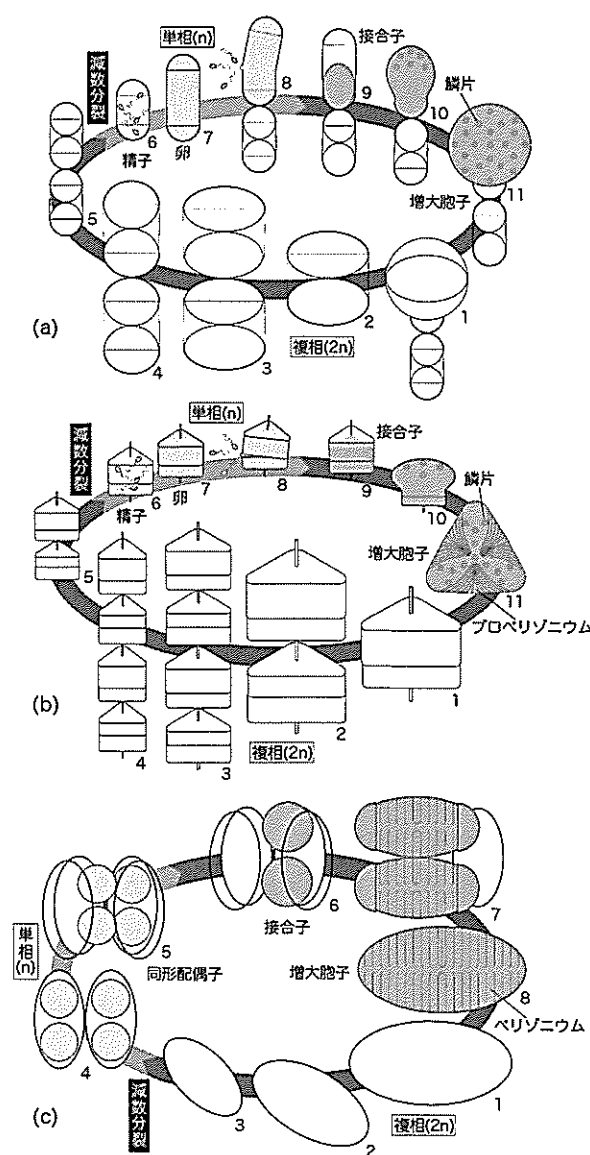
#### 4. 生殖と生活環

珪藻の生活環の大半は無性的二分裂による増殖期間である。分裂でつくられる新しい殻(娘被殻)は、常に「入れ子」細工のように、古い殻(親被殻)の内側につくられるので、分裂をおこなうたびに、その大きさは小さくなっていく。そのまま分裂を繰り返した細胞は、生命維持困難な容積に達すると死に至る。しかし多くの場合、最大時の細胞の長さの1/2-1/3になると環境の変化などが要因で、有性生殖がおこなわれる。珪藻の有性生殖には2通りある。中心珪藻では卵生殖(oogamy)、羽状珪藻では一部のものを除き、ほとんどが同形配偶(isogamy)である。いずれの場合も、配偶子接合の結果、増大胞子(auxospore)と呼ばれる大きな接合子がつくられ、その中に生活環を通して最大となる初生細胞(initial cell)が形成される。増大胞子は粘液質によって被われ、さらにその内側に珪酸質でできた鱗片(scale)やペリゾニアルバンド(perizonial band)と呼ばれる薄層の構造体をもつ種類もある。近年の詳細な電子顕微鏡観察により、羽状珪藻のなかには増大胞子の伸張初期段階で鱗片をもつことが明らかになった。さらにペリゾニウムを包むインキュナブラ(incunabula: ラテン語の産着の意)という薄皮構造体も発見され、増大胞子の構造解明は珪藻の系統を研究する上で、重要なデータを提供している。

#### 5. 分類

近年、珪藻の分類体系はこれまでの現生・化石被殻からの形態学的情報に加えて、分子系統解析による分岐群データ、増大胞子の発生パターンやそれらを包む壁構造、ピレノイドの構造、および精子の微細構造をもとに従来の体系が再構築さ

れた。新体系は珪藻植物門Bacillariophytaの下にコアミケイソウ亜門Coccosinodiscophytinaとクサリケイソウ亜門Bacillariophytinaの新亜門、さらにその下にコアミケイソウ綱Coccosinodiscophyceae、クサリケイソウ綱Bacillariophyceae、そして中間ケイソウ綱Mediophyceaeが設立された。この体系には異論もあるが、従来の中心珪藻と羽状珪藻の二大別から、放射状中心珪藻(a)、二極あるいは多極型中心珪藻(b)、そして羽状珪藻(c)に三大別する考え方が定着しつつある。



▲珪藻の生活環：(a) 放射状中心珪藻，(b) 多極型中心珪藻，(c) 羽状珪藻。

## S1-3. 深海に生息するベントスの生活史 —棘皮動物を中心に—

○若林香織・田中祐志（東京海洋大学海洋科学部）

多くの水生動物の生活史（個体が生まれてから死ぬまでの過程）には、「幼生期」と「成体期」という2つの段階があり、両者は大きさ、形、生息場所、栄養様式、移動能力などが全く異なる。幼生は「変態」と呼ばれる短時間での劇的な形態変化を経て成体に移行する。通常、幼生は成体に比べて小さくかつ脆弱で、大部分は成体に至る前に捕食などより死んでしまう。それゆえ、種の繁栄のためには、死亡率の高い幼生期をいかに上手く（戦略的に）乗りきるかが重要になる。

地球上の動物は35門に分類され、海にはそのうち34門が生息する。これらのうち、貝（軟体動物）、エビやカニ（節足動物）、ヒトデやウニやナマコ（棘皮動物）などのような、成体期を海底上か海底中で過ごすものはベントスと呼ばれ、磯や砂浜から超深海底までのあらゆる海底環境に出現する。浅海性ベントスは一般に季節的な繁殖を行う。その幼生の多くは浮遊生活を営み、微小な餌（植物プランクトンや微小甲殻類など）を食べて成長しながら、流れによって運ばれたり散らばったりする。底生生物である成体は移動能力が限られるので、浮遊幼生期の移動と分散が種の分布範囲の拡張に貢献していると考えられている。一方、卵黄栄養性や匍匐性の幼生を有するベントスも知られている。これらは餌不足や荒波などの影響を受けずに効率的に加入するのに有利である。浅海底は環境の変動が激しいので、必然的に、そこに生息する動物は変動に適応した多様な生活史戦略を有することになる。

では、餌が少なく光、水温、流れなどの環境の変動も僅かである深海底に棲むベントスの生活史戦略は、単純なもので十分なのだろうか。

深海性ベントスは、分類群や生息場所を問わず、卵黄栄養性の幼生に成長する大型卵を季節とは無関係に生産すると考えられてきた。これは、深海

底の環境が昼夜や季節による変動を受けない均一なものであると信じられていたことと、幼生が餌となるプランクトンを求めて能動的に移動することは生活史戦略として現実的ではないと考えられていたことによる。しかし、研究が進めば進むほど、深海性ベントスの生活史は多様であることが分かってきた。例えば、大西洋および太平洋の深海底に棲む14種の棘皮動物のうち5種は季節的な繁殖を示し、プランクトン食性の浮遊幼生期を経過する。これら5種は1月から2月に産卵する。この産卵期は、春季ブルーム期（植物プランクトンが有光層で大繁殖する時期）の数ヶ月前に相当し、餌としてプランクトンを必要とする幼生の生残率が向上するように決められているように思える。日本周辺海域にも、同様の繁殖生態を有する深海性のクモヒトデ（キタクシノハクモヒトデ *Ophiura sarsi sarsi*）が生息する。このクモヒトデは、富山湾において初春から夏に産卵する。これらの深海性棘皮動物は、表層域で生じやがて深海底まで伝わる季節的な変化を感知し、その変化に対応した戦略的生活を営んでいるようである。

深海性ベントスの生活史が多様であることは、深海底の環境が必ずしも均一で平穏なものではないことを示唆する重要な事実である。実際に、近年の海底調査により、深海底にも、表層から沈降するプランクトンやデトリタスがもたらす季節性があることや、局所的ではあるが熱水や冷水を噴出する領域があることなどが明らかになっている。このように、深海底には浅海底に勝るとも劣らない多様な環境が広がっており、深海性のベントスは、浅海性のものと同じようにそれぞれに工夫を凝らして適応的に生活している。このことは、深海が決して単調な生活様式しか許容しない退屈な場所ではなく、生物にとって無限の可能性を秘めた魅力的な場所であることを意味している。

## S2-1. 水産増養殖分野への可能性—アカザエビの養殖—

吉川 昌之（静岡県水産技術研究所）

静岡県水産技術研究所では、高い清浄性と低温安定性を特長に持つ駿河湾深層水を用いることでアカザエビの飼育に成功し、さらに飼育装置と飼育技術を開発することによりその養殖技術を確立した。今回はそれを紹介する。

### 1 抱卵親エビの飼育

- ・ 駿河湾深層水で飼育することにより、成体アカザエビの生残、成長および幼生のふ化に好影響がもたらされた。
- ・ 深層水で抱卵エビを飼育すると、表層水で飼育した場合に比べて2倍の幼生数を確保できる可能性が示された<sup>1)</sup>。
- ・ 成体アカザエビを半年以上飼育する場合においては、水温14℃以下が適していた<sup>1)</sup>。

### 2 幼生期および稚エビ初期の飼育条件

- ・ 駿河湾深層水はアカザエビの幼生ならびに稚エビの生残と成長に好影響をもたらした。
- ・ 生残および成長の結果から、水温14～18℃が飼育適水温と考えられた<sup>1)</sup>。
- ・ 餌料としてアルテミアのノープリウス幼生とクルマエビ用の配合飼料は有効であり、両者を併用することにより稚エビの成長に好影響がもたらされた<sup>1)</sup>。
- ・ 1.5個体/L以下の飼育密度で生残率が高かった<sup>1)</sup>。

### 3 カプセルによる飼育

- ・ 格子でできたカプセルにメガロパ幼生や稚エビを1個体ずつ収容し、そのカプセル多数を水槽と一緒に収容し、そこへ餌料のアルテミアのノープリウス幼生を添加するという方法で飼育した(図1, 2)。その結果、高い飼育密度でも比較的高い生残率を実現でき、メガロパ幼生期および稚エビ初期において大量にかつ簡易的に飼育する方法を見出した<sup>1)</sup>。

### 4 環境向上型飼育装置

- ・ メッシュでできた飼育容器に稚エビを1個体ずつ収容し、それを水槽内に列を成して配置し、容器ごとに注水し、水流により排泄物や残餌を排出する飼育装置を考案した(図3, 4)。この装置により稚エビ期の生残率が向上し、ふ化後800日で甲長40mm以上の個体も確認され、最小商品サイズまで成長させることができた<sup>2, 3)</sup>。

### 5 引出し型飼育装置

- ・ 奥行きのある引出しを縦横数列ずつ配置した構造で、各引出しに注水管、ばっ気用のエア管および排水管を備え、この引出しにアカザエビを1尾ずつ収容して飼育する装置を考案した(図5, 6)。これによれば、従来の生残率を維持しながら飼育スペースを大幅に圧縮し、アカザエビを効率的に飼育できることを示した<sup>3)</sup>。

1) 特許第4734509号

2) 特許出願中：特願2006-215625

3) 特許出願中：特願2008-022194

アカザエビの養殖について技術的には一応のめどがしたが、最小商品サイズの達するまで、速いものでも2年以上かかるという成長の遅さがネックとなる。今後飼育水温や餌料を検討し、より早く育てる技術を開発する必要がある。

一方、エビ籠の漁期である冬に駿河湾で良質な活エビとして漁獲されたアカザエビを、引出し型飼育装置と駿河湾深層水を用いて、通常活エビは入手できない夏まで蓄養し、希少な高級食材として売ることも考えられる。ただし、事前に十分にマーケティング調査を行い、蓄養に要する費用とアカザエビの売価が釣り合うか検討する必要がある。

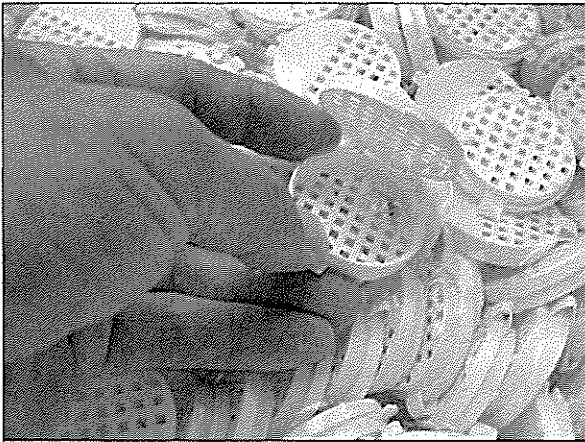


図1 格子でできたカプセルにメガロパ幼生や稚エビを1個体ずつ收容する



図2 幼生や稚エビを收容したカプセル多数を水槽と一緒に收容する

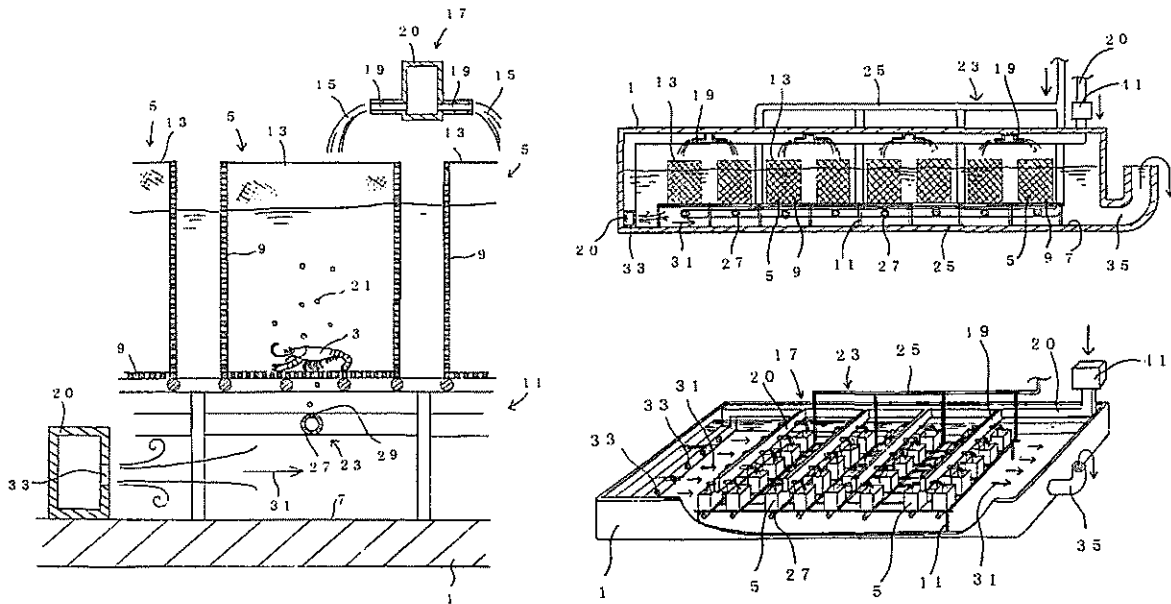


図3 環境向上型飼育装置

左：飼育容器断面図 右上：飼育装置断面図 右下飼育装置全体図

- 1水槽 3甲殻類 5飼育容器 7底面 9メッシュ 11架台 13開口部 15 飼育水
- 17飼育水供給配管 19注水口 20飼育水供給管 21気泡 23空気供給配管 25通気管
- 27散気管 29空気孔 31水流 33注水口 35排出口 41水温調節機

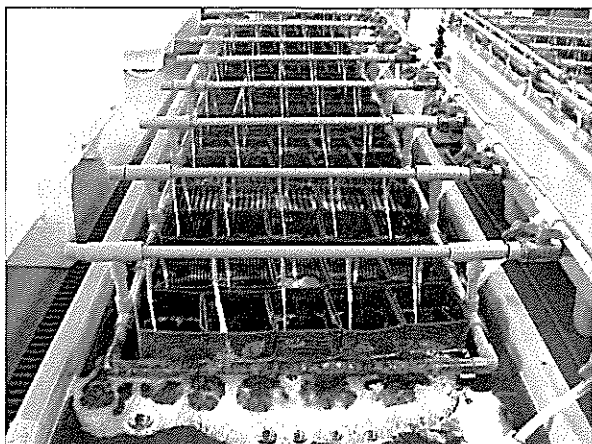


図4 環境向上型飼育装置

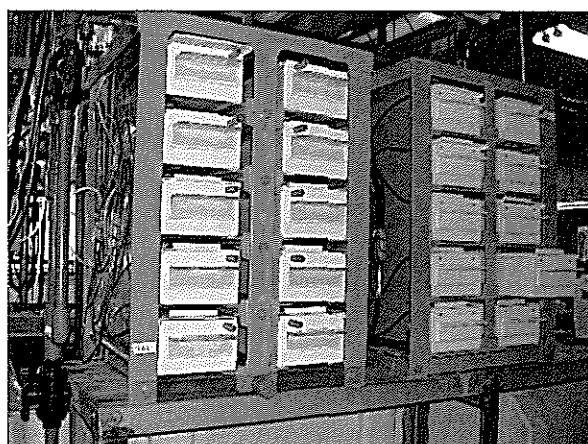


図5 引出し型飼育装置

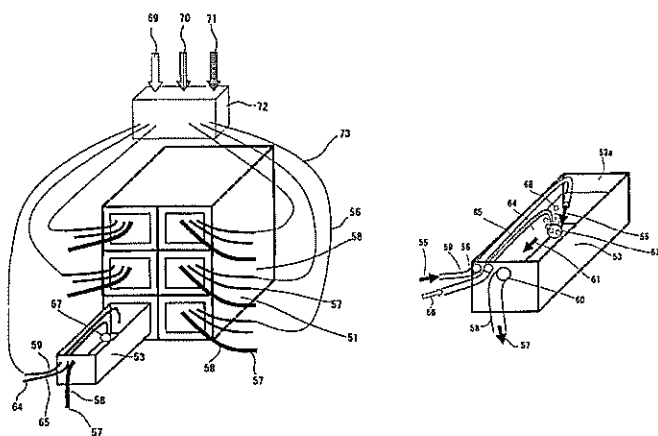


図6 引出し型飼育装置

左 引出し状飼育容器をケースに収めた状態

右 引出し状飼育容器の詳細

51ケース 53飼育容器 53a飼育容器の上端 55注水

56 注水 57排水 58排水管 59注水管 60排水口

61 引出し方向 64通気 65通気管 66空気

67エアストーン 68気泡 69表層水 70深層水

71淡水 72水温調節機 73注水管

## S2-2. ヒトにとって水らしい水、海洋深層水

山田勝久 (株式会社 DHC 海洋深層水研究所 / 東京海洋大学)

### 1. はじめに

今から遡ること約 46 億年前、太陽系の惑星の中で幸運にも水を獲得することができた地球は、その表面積のおよそ 7 割を海洋と呼ばれる水を満々と湛えた惑星となって今日に至っています。この水こそが生命の誕生と進化を成し遂げました。日常私たちが特別な意識もなく触れている水ですが、1. 比熱が高い、2. 比重が大きい、3. 物質に対する溶解性が高い、4. 表面張力が強いなど、生命にとって優れた特性を有しています<sup>1)</sup>。

地球における生命の誕生と進化の場である海洋については、その魅力に満ちた世界に対する飽くなき探求心をもって古来より調査と利用研究が進められてきたことは周知のとおりです。近年では日本各地をはじめ、ハワイ島や韓国、台湾でも海洋深層水が取水されるようになり、海洋（特に深層）の水の利用において定常的な研究が可能となりつつあります。

そこで本シンポジウムでは今回の全国大会のテーマにも掲げられている「海洋深層水と生きる、新しい日本へ」に呼応して、「ヒトにとっての海洋深層水とは？」について述べてみたいと思います。

### 2. 生命と海洋のリズム

海洋には月齢に相関した潮汐という周期が存在します。潮汐は、大潮から中潮を経て再び大潮へと戻る 28 日間の周期を有しています。海洋に棲息する生物の多くは、この潮汐に大きな影響を受けて活動することが知られています。例えばサンゴやある種の魚の産卵行動などです。また今や陸上で過ごすように進化したある種のカニでも、真夏の大潮の夜にだけ一斉に海岸に下って来て産卵行動をとることが知られています。

さて私たちヒトにとっては、海洋のリズムはどのように関係しているのでしょうか？私たちの

身体の中に存在する「28 日」の周期とは？

もうお気づきになられたことでしょうか。今や海洋から隔絶された環境で生きる私たちヒトの身体の中にも、しっかりと海洋のリズムが今も刻まれているのです。そういう意味では、ヒトは生命誕生の場である海洋を身体の中に包み込んで陸上生活に適応して進化したとも言えるでしょう。

### 3. ヒトと海洋の関係

ヒトの身体で刻まれる海洋のリズムの一例として、皮膚のターンオーバー（生まれ変わり）について着目します。皮膚は外界と生体内を区切る生体膜ですが、その構造は外層から表皮と真皮それに皮下組織の三つの組織に大別されます。表皮にはその基底細胞が分裂して上に押し上げられ、やがては最外層の角層から剥離するという表皮ターンオーバーが存在します（図 1 参照）。

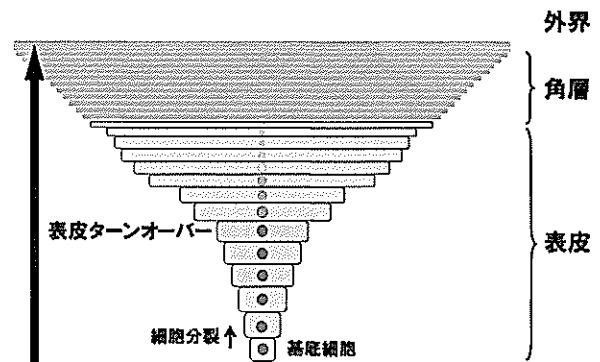


図 1 表皮ターンオーバーの概念図

この表皮ターンオーバーは、刺激や炎症などにより変動することが知られていますが、健康部ではおよそ 28 日の周期を持っています。これはまさに海洋のリズムと同じです。皮膚科学の分野では、この角層の機能に最近関心が集まっています。角層は死んだ細胞で構成されており、古典的な皮膚科学においては全く興味の対象にはなっていませんでした。ところが最近になって、この角層（写真 1 参照）は身体の内側から大切な水を喪失することを防ぎ、また外界から有毒な化学物質を

身体内に侵入することを防ぐという、ヒトが生きるために極めて重要な機能を有していることがわかって来たのです。

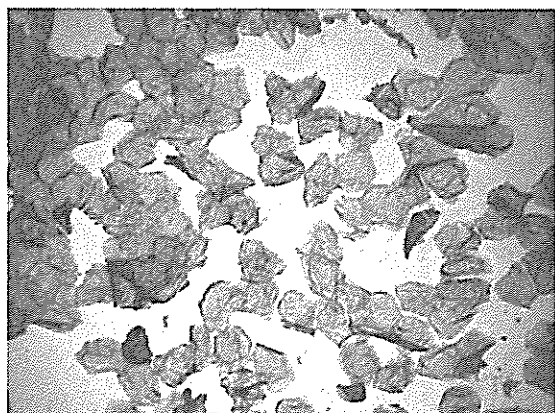


写真1 ヒト表皮角層 (HE 染色)

ヒトの祖先が遠い昔に海洋と決別して、今日陸上生活に適応し得たのもこの角層が有するバリアー能によって海洋をしっかりと身体に封じ込めることができたからなのです。興味深いことに、ヒトの身体内の羊水や血漿の成分組成は海洋のそれに近似していることが知られています<sup>2)</sup>。ヒトの身体には海洋を起源とする生命の水が滲えられ、身体中を駆け巡って、私たちの健康を支えているのです。

#### 4. ヒトにとって海洋深層水とは？

ヒトの身体の隅々まで駆け巡る生命の水。ヒトにとって最も適合性が高い水とは、海洋由来の水であることは想像に難くありません。実際、陸起源の水だけをヒトの細胞に与えると細胞は1時間後にはその活性を失いましたが、海洋深層水の場合は細胞の活性を高く維持しました (図2 参照)。

また海洋深層水は、ヒトの皮膚に対しても特異的な働きを持っている可能性があります。これまでの研究で、海洋深層水が表皮の正常な角層形成過程で重要な意味を持つことが示唆されています<sup>3)</sup>。さらに表皮バリアー機能を人為的に喪失させた皮膚において、海洋深層水の塗擦は、精製水や海洋深層水と同じ濃度に調製した食塩水に比べて、バリアー能の回復が早くなる傾向も示され

ました (図3)。

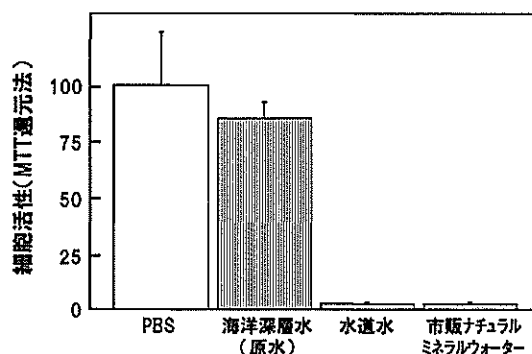


図2 海洋深層水の培養ヒト線維芽細胞の活性におよぼす影響 (1時間後, n =8, bars mean SD)

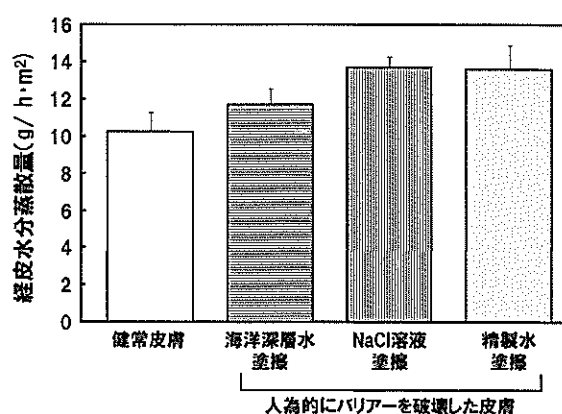


図3 人為的に破壊した表皮バリアー能に対する海洋深層水塗擦による回復効果 (塗擦3日後)

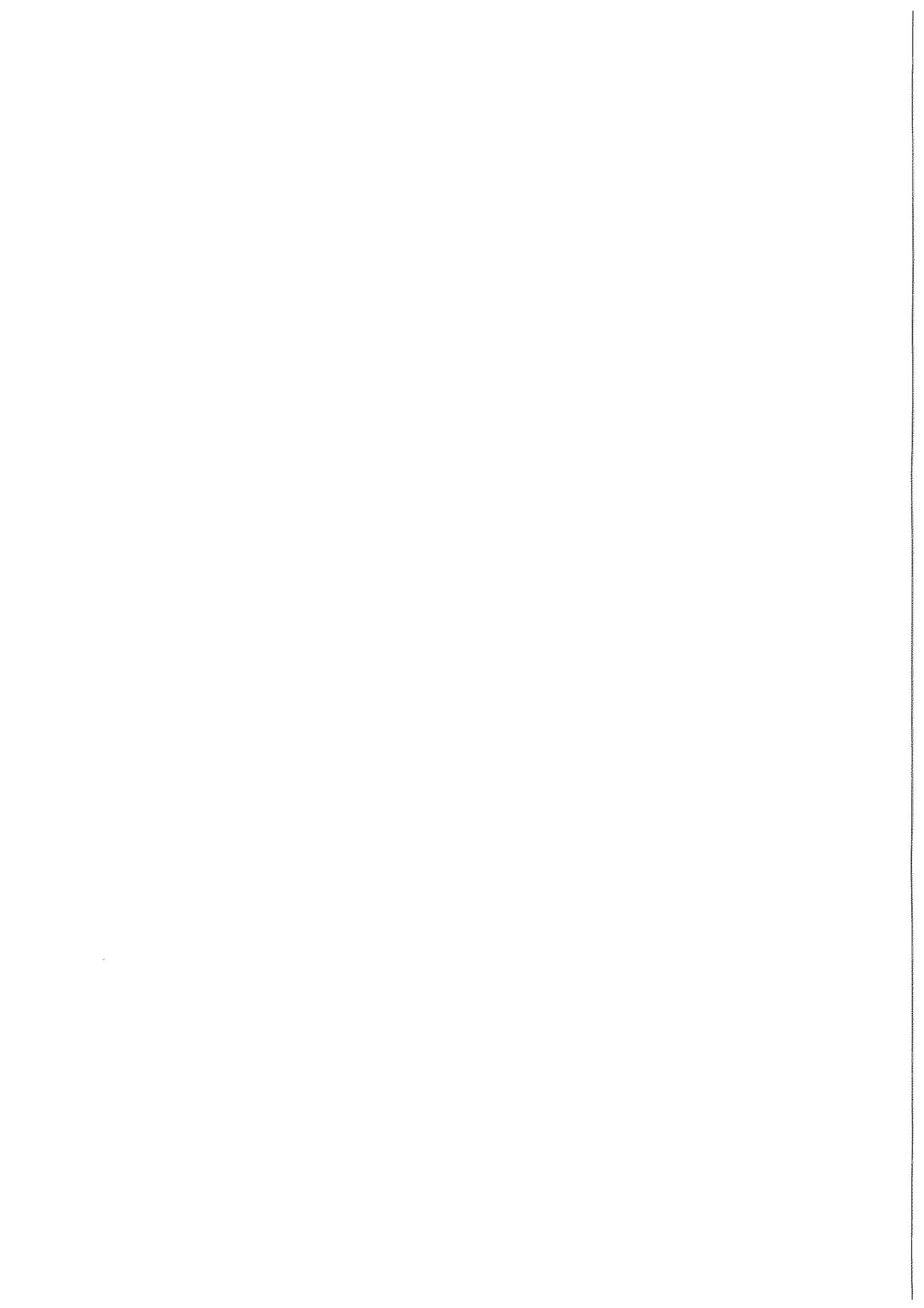
#### 5. おわりに

最後に、「ヒトにとって水らしい水」として今後海洋深層水を捉えて行くにあたり、今年3月11日に発生した東日本大震災の経験は大切にする必要を感じます。今回の「海洋深層水と生きる、新しい日本へ」のテーマに則して、あの時を省みるとともに、明日の海洋深層水を展望してみたいと思います。

#### 6. 参考資料

- 1) 塚本勝巳編, 海と生命, 東海大学出版会
- 2) 木村恵美子, 海のミネラルと健康, 深層海水と健康研究会誌, 1, pp. 44 (2001).
- 3) Ota Y., et. al., *Deep Ocean Water Research*, 3, pp. 15 -19 (2002).





一般講演 4

〈健康・医療関連〉

座長 松村 航

(富山県農林水産総合技術センター水産研究所)

#### 14. 海洋深層水より調製した高ミネラル水による 腫瘍細胞増殖抑制効果の関与蛋白絞り込み

○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】

我々はこれまで本学会で、海洋深層水より調製した高ミネラル水が循環器系の疾患に有用であること、ピロリ菌に対して有用であること、昨年度は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報告した。本研究では、高ミネラル水による腫瘍細胞増殖抑制に関与している蛋白の絞り込みを実施したので報告する。

##### 【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(A~E、表1)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 $1 \times 10^7$  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週間後に腫瘍を摘出した。摘出した腫瘍を用いてウェスタンブロットを実施し、プロファイルをコントロール群と高ミネラル水摂取群で比較解析した。両群間で差を確認できた箇所をゲルを取得し、

LC-MS/MSにてゲルに含まれる腫瘍細胞増殖抑制効果に関与している可能性のある候補蛋白を絞り込んだ。それらの候補蛋白はmRNAからクローニング後、His融合蛋白を作製し、同様にウェスタンブロットにてプロファイルを確認し、腫瘍細胞増殖抑制効果の関与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。絞り込みの結果、MKN-45は現時点では11種類の蛋白が高ミネラル水の腫瘍増殖抑制効果に関与している可能性がある。Helaは現在解析中。

表1. 海洋深層水より調製した高ミネラル水組成

	Mg	Ca	Na	K
高ミネラル水A	100	200	37	35
高ミネラル水B	150	150	56	52
高ミネラル水C	200	70	74	70
高ミネラル水D	240	0	89	83
高ミネラル水E	0	350	3	0

(単位: mg/L)

## 15. 駿河湾深層水の魚油に対する抗酸化効果

○二村和視・平塚聖一（静岡水技研）

<b>【目的】</b>	極を用いて求めた。
駿河湾深層水を水産加工分野で利用する際の知見を得るため、魚油に対する抗酸化効果を調べた。	抗酸化指数 (%) = $100 \times (A-B) / A$
	A: 対照区, B: 試験区
<b>【方法】</b>	<b>【結果】</b>
水試料として駿河湾深層水（原水）、駿河濃水（逆浸透膜により濃縮した海水）、駿河純水（逆浸透膜による脱塩水）、蒸留水、焼津市上水で調整した3.0%NaCl水溶液を用いた。また、対照区として蒸留水で調整した3.0%NaCl水溶液、陽性対照区として0.12%K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 水溶液を用いた。これらの水試料0.5mlと0.1mol/Lリン酸緩衝液（pH7.0）1.0mL、マグロ魚油20mg、99.5%エタノール1.0mLを試験管に取り、密栓後、35℃遮光条件下で18時間保存した。この反応液50μLに、75%エタノール2.35mL、30%チオシアン酸アンモニウム水溶液50μLおよび20mmol/L塩化第一鉄3.5%塩酸溶液50μLを加えて混合し、5分後に505nmにおける吸光度を測定した。これにより得られた値を、下式にあてはめ、抗酸化指数（%）を求めた。また、各水試料の酸化還元電位（mV）を銀-塩化銀電	深層水（原水）および駿河濃水では抗酸化効果が認められ、抗酸化指数はそれぞれ16.1、21.6%であった。一方、駿河純水および蒸留水の抗酸化指数は4.5、1.8%となり、魚油に対する抗酸化効果はみられず、3.0%NaCl水道水溶液は-10.9%となり、脂質酸化を促進した。陽性対照区である0.12%K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 水溶液では、16.7%を示し、脂質酸化を抑制した。一方、酸化還元電位は、深層水（原水）、駿河濃水、蒸留水、駿河純水、3.0%NaCl水道水溶液、3.0%NaCl蒸留水および0.12%K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 水溶液の順に、214、202、341、315、520、328、130mVとなった。すなわち抗酸化指数と酸化還元電位との間には負の相関関係がみられ、深層水原水、駿河濃水および深層水塩の魚油に対する抗酸化作用は、溶液の酸化還元電位の低さによるものと考えられた。

## 16. 海洋深層水由来の機能性飲料水による非アルコール性脂肪肝の改善効果

張 元衍(台湾中山医学大学)、陳 億乘(台湾大学)

○黄 秉益・李 士睦(台湾石材・資源産業研究発展センター)

### 【目的】

発展途上国と先進国では慢性疾患の心血管疾患、糖尿病、がん、骨粗しょう症、肥満、脂肪肝などの治療に多大な医療費用が費やされている。その内の脂肪肝は肝臓によく見られる疾患の一つで、悪化すると、肝臓組織の繊維化や硬化を引き起こし、さらに肝臓がんの主因でもあるといわれている。近年、台湾は国民の健康意識が高まり、健康食品の摂取や運動による慢性疾患の改善の習慣が一般的広まっている。そのために、本研究は海洋深層水のもつ血中脂肪の低減効果に着目し、そのメカニズムを究明することによって、新たな健康食品の素材として提供することを目的とした。昨年、海洋深層水を脱塩し、硫酸イオンをできるだけ除去して、さらに硬度を調整した機能性飲料水をハムスターに与えて、血清中の脂質の減少と脂肪肝症状の改善効果を明らかにした。本年はその結果を踏まえて、血清中の脂質が減少するメカニズムの解明を試みた。

### 【材料と方法】

実験にはウイルスフリーのハムスター(5週齢)を用いた。予め室温が $22 \pm 2$  °Cに調節された飼育室で個別のケージにハムスターを収容し、12時間/12時間の明暗周期で1週間、純水とAIN-93G飼料(アメリカTest Diet社)で予備飼育を行った。その後、ランダムにハムスターを5つのグループに分け、それぞれ(1)標準飼料(LFCD飼料、AIN-93Gに脂肪7%を添加)と純水、(2)高脂肪・コレステロール飼料(HFCD飼料、AIN-93Gに脂肪12%と0.2%のコレス

テロールを添加)と純水、(3)HFCD飼料+DSW500(HFCD飼料と硬度500 mg/Lの脱塩海洋深層水)、(4)HFCD+DSW1000(HFCD飼料と硬度1,000 mg/Lの脱塩海洋深層水)、(5)HFCD+DSW1500(HFCD飼料と硬度1,500 mg/Lの脱塩海洋深層水)で6週間飼育した後、血清中の脂質の濃度(総トリアシルグリセロール(TG)、総コレステロール(TC)、善玉コレステロール(HDL-C)、悪玉コレステロール(LDL-C))、肝臓の脂質成分の含量(TG, TC, HDL-C)、抗酸化力(マロンジアルデヒド(MDA)含量、トロロクス当量抗酸化力(TEAC))や抗酸化酵素の活性(グルタチオンペルオキシダーゼ(GPx)、スーパーオキシドディスムターゼ(SOD)、カタラーゼ(CAT)活性とグルタチオン(GSH)含量)を調べた。

### 【結果と考察】

6週間の飼育後、高脂肪・コレステロール飼料のHFCDグループでは飲料水の種類に関わらず、血清中のTGとTCの濃度に顕著の差はなかったが、海洋深層水を与えたグループで減少の傾向が見られ、また、血清中のLDL-C濃度が減少した。肝臓組織については海洋深層水グループで脂肪成分が著しく減少し( $p < 0.05$ )、さらにTGや脂質の酸化産物であるMDA含量の減少が確認された。一方で、抗酸化酵素のCATとGPxの活性は海洋深層水グループで向上が認められた。以上の結果から、海洋深層水由来の飲料水は肝臓や心臓血管の脂肪の蓄積を防ぎ、過酸化反応を抑えることによって、肝臓疾患の発生を防止する役割があると推察できた。

## 17. 植物由来乳酸菌 PPAK800 の海洋深層水を用いた培養と機能性評価

○多田祐也・玉崎・八木洋宇・西原雅夫・杉正人 (NPO 法人遺伝子栄養学研究所)

山田勝久 (株式会社 DHC 海洋深層水研究所)

### 【目的】

海洋深層水には栄養成分やミネラルがバランスよく含まれており、健康食品として注目が集まっている。北海道産漬物から分離した植物由来乳酸菌 *Pediococcus pentosaceus* (以下 *P. pentosaceus* と略す) が、高い免疫賦活能を有し、且つ、生きたまま腸まで届く事を見出した。今回、栄養成分やミネラルを豊富に含む海洋深層水を乳酸菌培養時の培地成分として添加することにより、より高付加価値の乳酸菌培養が可能であるか検討した。

### 【実験方法】

#### ①海洋深層水を用いた培養条件の検討

乳酸菌培養培地に伊豆赤沢沖の海洋深層水を 0~20% となるよう添加し、pH6.3 に調整後、121℃ ×15 分間高圧蒸気滅菌した。その後、前培養しておいた *P. pentosaceus* を最終濁度が 0.1 となるよう接種し、30℃ ×48 時間培養した。培養液のサンプリングは 12 時間毎に行い、培養液の濁度 (OD660nm) を吸光光度計にて測定した。測定した値から菌体の生育曲線を作成し、菌体の生育速度および菌体収量を比較した。

#### ②Th2 偏向マウスを用いた *in vitro* での免疫評価

Balb/c マウス (♀、6~8 週齢) に、Alum-OVA (Alum:2mg、OVA:100 μg) を腹腔内投与し、脾臓細胞を摘出した。その後、96well plate F に  $5 \times 10^5$  cells/well となるよう播種し、OVA を終濃度 100 μg/ml となるよう添加した。生育の優れた海洋深層水含有培地で培養した *P. pentosaceus* (以下 PPAK800 と呼ぶ) を加熱殺菌後、終濃度 1~0.01 μg/ml となるよう添加し、37℃、5%CO<sub>2</sub> 条件下にて 72 時間静置後、培養上清中の IFN-γ および IL-4 濃度を ELISA で測定した。

### 【結果】

①植物由来乳酸菌 *P. pentosaceus* を、海洋深層水が 0~20% となるよう添加して培養した結果、5% および 10% で、最も早い生育速度を示し。且つ、乾燥菌体収量に関しても最も多くなることが認められた。

②Th2 偏向 Balb/c マウスの脾臓細胞を用いた *in vitro* での免疫評価において、植物由来乳酸菌 PPAK800 は、顕著な IFN-γ 誘導能の増加効果と、IL-4 誘導能の抑制効果が認められた。

### 【考察】

以上の結果より、*P. pentosaceus* を海洋深層水 10% 添加培地で培養する事により、免疫賦活能の優れた乳酸菌を高収率で得る事ができた。海洋深層水には、栄養成分と Na、Mg、K 等のミネラルがバランス良く豊富に含まれており、乳酸菌培養時の有効成分として利用されていたと考えられる。また、*in vitro* での免疫評価において、PPAK800 は免疫バランスを Th2 から Th1 へシフトする事が明らかとなり、アレルギー症状の抑制効果が期待される。

## 18. 伊豆赤沢海洋深層水より分離した酵母の諸性状と有効利用

○野村道康・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）

入澤友啓・内野昌孝・高野克己（東京農業大学）

### 1 目的

海洋深層水は、一般には低温性、清浄性、富栄養性等の特徴を有しており、生菌数が非常に少ないことが知られている。しかしながら、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（DSW）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るに至り、有用微生物の分離源としてDSWの期待は高まりつつある。

この度、DSW中から酵母の分離を試みたところ、産業利用上有用な *S. cerevisiae* を3株分離することに成功した。そこで、本研究では、これらの3株について諸性状を調べるとともに、産業利用に向けた機能性を探索することを目的とした。

### 2 方法

#### A 生理・生化学的諸性状

DSW中より分離した *S. cerevisiae* 3株及び基準株（1株）について諸性状を比較した。

##### ①耐塩性

各株をYPD液体培地で1日間前培養し、それらの培養液を0~20%NaCl含有YPD液体培地に植菌し、27℃で2週間培養した。酵母の増殖量はマイクロプレートリーダーを用いて、660nmにおける濁度で測定した。

##### ②増殖温度

各株をYPD液体培地で1日間前培養し、各培養液をYPD液体培地に植菌し、4~50℃の各温度で2週間培養を行い、増殖量を測定した。

### B 機能性の探索

DSW中より分離した *S. cerevisiae* 3株の有効性を評価するために、各株の酵母エキスを作製し、抗酸化能を評価した。酵母エキスの作製は、200 mLのYPD液体培地で各株を2日間培養後、遠心分離によって菌体を回収し、滅菌生理食塩水で洗浄して培地成分を除去した。さらに、45℃の滅菌蒸留水中に48時間保持し、自己消化させた。この液を孔径0.2 μmのメンブレンフィルターで濾過し、得られた濾液を酵母エキスとした。これら酵母エキスの抗酸化能は、DNAの損傷を指標として、生体に障害を及ぼす活性酸素種に対する防御能で評価した。

### 3 結果

分離株3株及び基準株の耐塩性については、分離株の生育限界NaCl濃度は2株が13%、残りの1株が14%であったのに対し、基準株は5%であり、すべての分離株の耐塩性が顕著に高いことが判明した。また、増殖温度については、すべての分離株は4~43℃で増殖したのに対し、基準株は15~40℃であったことから、これらの分離株は低温環境に適応していることが分かった。これらの結果から、分離菌株は海洋深層水中での生育に適応した諸性状を有することが考えられた。さらに、これら3株から作製した酵母エキスの抗酸化能については、生体中に存在する活性酸素の分子種によるDNAの分断に対する防御作用が認められた。このことから、これらの株が美容ならびに食品分野への利用を期待できると考えられた。

## 19. 海洋深層ミネラル水パウダーの用途開発について

○森田 悠、谷本 浩一（明王物産株式会社）

### 1. はじめに

海洋深層水は水産加工品、製パン、飲料等に幅広く使用されているが、成分が薄く、賞味期限が短い等の理由により、特に加工食品業界ではここ数年新しい利用方法が見つかっていない。そこで、海洋深層水に含まれる有効成分のみを取り出し、まったく新しい使い方ができる素材として開発を進めたものが、海洋深層ミネラル水パウダーである。

### 2. 開発に関して

海洋深層水のミネラル成分を粉末として利用しようとする動きは以前からあったものの、水分を飛ばす濃縮工程での不溶沈殿物の発生、粉末化後の潮解性が問題となっていた。

海洋深層ミネラル水パウダーは、伊豆赤沢で取水された海洋深層水を電気透析装置で脱塩したEDミネラル水を原料としている。この水にアミノ酸の一種であるグリシンを添加することにより、そのキレート作用を利用して、沈殿物が発生しない濃縮を行うことに成功した。（特許出願中）また、エキス調味料製造で得たノウハウから、この濃縮水に賦形剤として還元水飴を加えてスプレードライすると、最も安定した粉末を得られることがわかった。

この製法で得た粉末は、水に溶解しても沈殿が発生せず、また、常温で2年間吸湿することなく保存できることから、幅広い用途で使用することができる。

### 3. 用途、機能性について

#### I：付加価値として

当製品を使用することにより、欄外表示に「海洋深層水使用」を謳うことができ、手軽に付加価値を付けることが可能となる。

#### II：ミネラル補給源として

海洋深層ミネラル水パウダーは深層水由来の

豊富なミネラルを含んでいる。近年、食生活の欧米化に加え、加工食品を摂る機会が増えたことにより、カルシウム、マグネシウムといったミネラルが不足している。当製品はこれらのミネラル補給源として最適であると言える。

#### III：マスキング剤として

海洋深層ミネラル水パウダーは様々な食品の臭い、苦味、エグ味に幅広いマスキング機能を示す。

豆乳においては、0.3%の添加で青臭味の原因物質であるヘキサナールを大幅に抑え（図1）、豆臭さのない飲みやすい豆乳に仕上げることができる。塩蔵たらこにおいても、硫化ジメチル由来の生臭みをマスキングし（図2）、まろやかで臭みのないたらこにすることができる。

以上より、様々な加工食品に品質改良剤として使用されており、その用途は今後も増えていくと思われる。

図1：豆乳への添加による特定成分分析結果

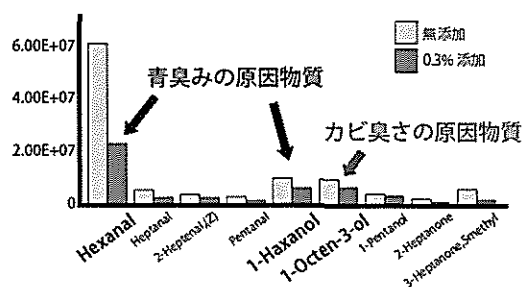
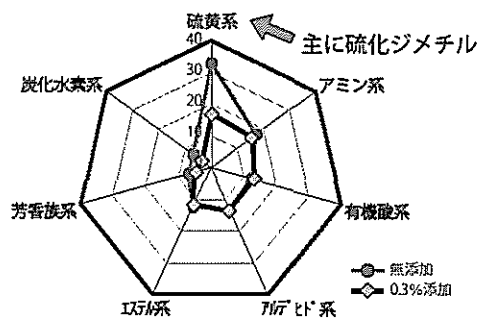


図2：塩蔵たらこへの添加における基準ガスとの臭気寄与





## 20. 長期・継続的な海洋深層水運動浴によるメタボリック症候群対策の試み

○新村哲夫・田中朋子・金木 潤（富山県衛生研究所）、升方章人（WAVE 滑川）

鏡森定信・立瀬剛志・関根道和（富山大学大学院医学薬学研究部保健医学）

【目的】 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ってきた。昨年の本学会で、単回の深層水の歩行浴が水道水の場合よりも深部体温を上昇させ、酸素消費量を多くする傾向がみられたことを報告した。今回は長期・継続的に深層水中で運動浴を行った場合の効果について検討した。

【対象および方法】 メタボリック症候群のスクリーニング基準である腹囲が男性で 85cm 以上、女性で 90cm 以上、または BMI が 25 以上の肥満者で、3 ヶ月間、週 1 回以上、深層水体験施設の深層水中（34℃）で歩行浴を主とした運動浴ができる参加者と、対照群として深層水体験施設の習慣的利用者から参加者を募集し、男 34 名、女 51 名の合計 85 名（平均年齢 54.5 歳、25～77 歳）を対象者とした。3 ヶ月間の運動浴期間の開始前と終了後に、身体測定、血圧測定、血液検査、体力測定、アンケート調査等を行った。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】 対象者 85 名のうち、終了後の調査に参加したのは男性 31 名、女性 43 名（合計 74 名、対象者の 87.1%）であった。メタボリック症候群のスクリーニング基準以上の者を「肥満」群、それ以外を「非肥満」群とし、深層水体験施設の利用習慣がある群（「利用あり」群）と利用習慣のない群（「利用なし」群）とすると、男性は「利用あり（肥満）」5 名と「利用なし（肥満）」26 名の 2 群、女性は「利用あり（非肥満）」6 名、「利用あり（肥満）」6 名、「利用なし（肥満）」29 名の 3 群となった。3 ヶ月間（12 週間）の運動浴回数は各群で平均 23 回～33 回であり、各群間で有意差はみられず、最高は 57 回であった。

測定項目について、開始時と終了後の結果を比較した。男性では、「利用あり（肥満）」群では、体重、腹囲とも有意な減少はみられなかったが、「利用なし（肥満）」群では、体重が平均 0.7kg 減少し（有意差なし）、腹囲が平均 2.0cm 減少した（ $p < 0.01$ ）。女性では、「利用あり（非肥満）」群、「利用あり（肥満）」群とも体重、腹囲の有意な減少はみられなかったが、「利用なし（肥満）」群では、体重が平均 0.9kg 減少し（ $p < 0.01$ ）、腹囲が平均 3.2cm 減少した（ $p < 0.001$ ）。体脂肪率は、男女いずれの群においても変わらなかった。血圧は、男女とも収縮期血圧の低下傾向がみられた。拡張期血圧および脈拍は、男女いずれの群でも変わらなかった。体力測定では、男女とも下肢筋力の増加がみられた（男女の「利用なし（肥満）」群で、 $p < 0.001$ ）。血液検査では、肝機能検査値に有意な変化はみられなかった。脂質検査では、男女とも総コレステロールおよび LDL コレステロールは変わらなかったが、HDL コレステロールの増加傾向がみられた。女性では、「利用あり（非肥満）」群に比べて、「利用あり（肥満）」や「利用なし（肥満）」群では開始前は低かったが、終了後には増加傾向を示し、「利用なし（肥満）」群で有意に増加した（ $p < 0.01$ ）。アディポネクチンは、男性では変わらなかったが、女性の「利用なし（肥満）」群では有意な増加がみられた（ $p < 0.05$ ）。ヘモグロビン A1c は、男女いずれの群においても変わらなかった。深層水運動浴回数と、体重および腹囲の変化（終了後－開始前）の関係をみたところ、男性では「利用あり（肥満）」、「利用なし（肥満）」両群で有意な負の相関がみられ、深層水運動浴の回数が多いほど体重および腹囲の減少がみられたが、女性では「利用あり（肥満）」、「利用なし（肥満）」両群で、有意な相関はみられなかった。

【まとめ】 3 ヶ月間の継続的な深層水運動浴により、肥満者への、腹囲の減少、下肢筋力の増加等の効果が示唆され、また深層水利用習慣のない者への効果が大きいことが示唆された。深層水運動浴のメタボリック症候群対策への利用の可能性のあるものと考えられた。

一般講演 5

〈利活用システム関連 他〉

座長 津嶋 貴弘

(高知県海洋深層水研究所)

## 2.1. 無菌化米飯工場における海洋深層水利用

○田澤 直人 (株式会社日立プラントテクノロジー)・村井 義孝 (株式会社ウーケ)

**【目的】** 1997年に締結された京都議定書で求められている温室効果ガスの排出量削減目標期限を2012年に控えており、食品業界では15を越える食品団体が環境自主行動計画を定め、温室効果ガス削減の具体的な目標を掲げている。特に食品工場ではエネルギーを削減するだけでなく、安全・安心を確保することが第一に重要であり、その両立を図っていく必要がある。

本報告では、環境負荷を軽減する工場をコンセプトに、衛生管理の徹底、高い生産性、情報化対応に加えて省エネルギーに対する取組みとして、海洋深層水を工場の空調用冷熱源として有効利用する方法を採用した事例について述べる。

**【方法】** 2009年に竣工した入善町の無菌化米飯工場は富山湾に面しており、町の取水ポンプ施設で水深約400mから揚水された海洋深層水が供給されている。海洋深層水は硬度が高く、無菌化米飯工場での製品への利用は適さないと判断し、空調用冷熱源として用いることにする。その概要を図1に示す。

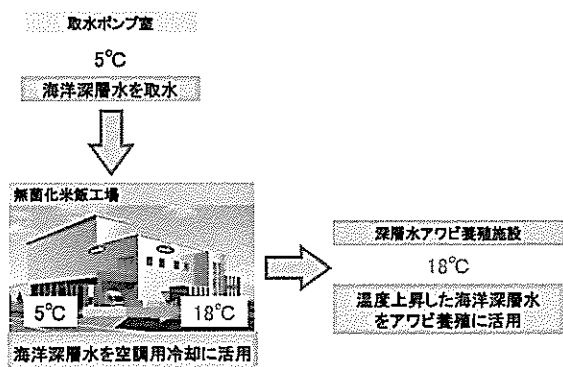


図1. 海洋深層水の冷熱源カスケード利用

取水ポンプ室から無菌化米飯工場に供給された海洋深層水を、熱交換器を介して空調用冷熱源として使用する。同時に、使用され昇温した海洋深層水を工場と隣接する入善町のアワ

ビ養殖施設に送ることにより、冷熱利用に加え、カスケード利用を図る。これにより、養殖施設では、従来ボイラによって所定温度まで昇温していたエネルギーを削減することができる。

**【結果】** 海洋深層水の空調用冷熱源利用による効果の試算を示す。1年間の空調負荷および海洋深層水を取水・送水する動力を試算条件として、表1に示す。空調負荷は季節によって異なるため、夏期、中間期、冬期に分けて検討する。

季節	空調負荷 (kW)	取水ポンプ (kW)	送水ポンプ (kW)	日数 (d)	備考
夏期	496	1.5	4.0	100	6-9月
中間期	394	1.2	3.2	100	
冬期	299	0.9	2.4	100	12-3月

表1. 試算条件 ※一日当り20時間運転

試算条件を基に、米飯工場全体の消費電力量を、生産動力、一般電灯、ユーティリティーおよび空調機器に分けて算出すると、従来方式で年間約9,000MWh、海洋深層水を利用する場合で年間約8,000MWhとなる。

**【結論】** 海洋深層水を空調用冷熱源として利用することにより、空調機器の消費電力量を工場全体で年間約12%削減できる試算結果が得られた。消費電力量の削減分をCO<sub>2</sub>排出量に換算すると、入善町のアワビ養殖場の削減分と合わせて、年間約600t-CO<sub>2</sub>の排出削減が可能となる。

**【課題】** 今後は、引き続きデータ収集と分析を行い、工場の稼動状況も加味してその効果を把握する。また、空調用冷熱源以外の利用方法も検討し、海洋深層水の可能性を広げていきたい。

## 2.2. 食肉調理水としての伊豆赤沢海洋深層水の有効性

○有賀みずえ・原 知子・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

伊豆赤沢海洋深層水は静岡県伊東市赤沢沖の洋上 5km、水深 800m から取水されており、漁業、食品、農業、アクアリウムなど幅広い産業分野で利用されている。本研究では新たな利用方法として、産業のみならず、広く一般家庭においても海洋深層水を手軽に有効利用できる方法を探索した。その結果、特に食肉調理時の利用において興味深い知見が得られたので以下に報告する。

### 2. 方法

本試験に供する食肉試料には、部位差の影響を極力排除することを考慮し、脂身の少ない鶏ひき肉を用いた。本試験にあたり、①伊豆赤沢海洋深層水添加区、②2.7%NaCl 水溶液添加区（伊豆赤沢海洋深層水添加区の NaCl 濃度に相当）、③精製水添加区の全 3 試験区を設定した。これらの各試験区について、A. 加熱損失量、B. 加熱遊離水分量、C. 加熱後水分含有量、D. 硬さ、の 4 項目について比較検討した。試料の調製は以下のとおりである。鶏ひき肉 30g に対し各試験水 1.8mL を添加して均一に混練したのち、製氷皿で成形（縦 40、横 30、厚さ 30mm）し、家庭用冷凍庫内（-18℃以下）で 6 日間冷凍保存した。これらを室温で解凍後、ビニール袋に入れ密封し、水浴中（70℃）で 1 時間加熱処理した。これを流水で冷却し、評価に供した。なお、A. 加熱損失量は、加熱前後の肉重量の変動から損失割合を算出した。また、損失した成分として、ビニール袋中に溜まった遊離水分を回収し、その体積を測定して B. 加熱遊離水分量とした。また、加熱処理後の肉を約 10×10×6mm 角に切り出し、メンブレンフィルター（10μm）に包み、ガラスビーズ（φ2.5～3.5mm）を入れた遠心管で遠心分離（2,700×G, 30 分間）し、そ

の前後の肉重量変化から C. 加熱後水分含有量を算出した。さらに、加熱処理後の肉を切断（縦 30、横 20、厚さ 20mm）し、歯型押棒 B を用いて、移動速度 1mm/sec で 12mm の押し込み条件でレオメーター（レオテック社製）により破断荷重を測定して D. 硬さとした。

### 3. 結果

A. 加熱損失量は①海洋深層水添加区が最も少なく、②2.7%NaCl 水溶液添加区、③精製水添加区の順に増大した。また B. 加熱遊離水分量も同様の傾向を示した。C. 加熱後水分含有量は①海洋深層水添加区が最も多く、②2.7%NaCl 水溶液添加区、③精製水添加区の順に減少した。これらの結果から、加熱処理による肉重量の変化は遊離水分量とその主たる要因であると推察され、肉の加熱処理において、海洋深層水は肉に含まれる水分の遊離を抑制する機能があることが示唆された。また D. 硬さの測定結果は、①海洋深層水添加区が最も軟らかく、②2.7%NaCl 水溶液添加区、③精製水添加区の順に硬くなる傾向を示し、上述の 3 つの評価との相関性が示された。これらの結果から、海洋深層水は食肉の加熱処理において水分の流出を抑制し、調理食肉の軟らかくてしっとりした食感に寄与するものと推察された。そこで 7 名（男 3 名、女 4 名、20 代～30 代）のモニターにより、伊豆赤沢海洋深層水添加区と精製水添加区の加熱処理鶏ひき肉を官能評価した。その結果、全員から海洋深層水添加区のほうが軟らかくてしっとりしているとの回答が得られ、先述の測定結果と同様の結果が得られた。今後は、流出した水分の組成に着目するとともに、海洋深層水の食肉軟化機構を解明していく予定である。

### 23. 海洋深層水パウダーの機能性について

○櫻庭清香<sup>1</sup>・山田勝久<sup>2</sup>・今田千秋<sup>2</sup>・小林武志<sup>2</sup>・寺原 猛<sup>2</sup>

<sup>1</sup>株式会社ティーエスアイ、<sup>2</sup>東京海洋大学・院

#### 【背景・目的】

表面海水と比べてミネラルや無機栄養塩類を豊富に含んだ海洋深層水は、今日様々な食品に利用されている。例えば、飲料水や食塩をはじめ、酒・味噌・醤油の醸造、山菜や大豆の加工、パン、こんにやくなどに利用することで、美味しく、見た目も良い製品が出来ることが知られている。

しかし、海洋深層水の汎用にあたり、液体のまま流通させている現状においては、運搬コストや衛生面などの課題が残されている。そこで、本研究では海洋深層水の機能性を保持したまま、低コストでパウダー化することに成功したのでその特徴について報告する。

#### 【方法】

海洋深層水の粉末化にあたり、現在わが国で最深の取水深度を有する伊豆赤沢海洋深層水の原水を用いた。この海洋深層水を約2倍まで濃縮後、加熱乾燥したのち粉砕して海洋深層水粉末（以下、DSP と称す）を作製した。こうして得られた DSP について、海洋深層水が本来有する機能性であるコラーゲン合成促進効果（アスコルビン酸存在下）およびチロシナーゼ抑制効果（アルブチン存在下）および細胞活性保持効果を培養細胞系で確認した。さらに DSP 利用による減塩効果について、モニター（男女合計 23 名）を募り、官能試験を実施した。なお官能評価対象としては、旨味調味料とスポーツ飲料を用い、DSP 添加区と NaCl 添加区で塩味の強さについて評価を行った。この評価で同程度の塩味と評価された試験区中に含まれる NaCl 量を算出し、減塩効果を判定した。

#### 【結果】

##### (1) 海洋深層水の粉末化

海洋深層水原水 1t 中から、35kg の DSP を得た。表 1 に DSP の製品規格を示す。

表 1. 海洋深層水パウダー規格

項目	規格
性状	白色～黄白色の粉末
水分	15%以下
食塩相当量(%)	60%
一般細菌	3000 cfu/g
大腸菌群	検出されず
原材料表示名(配合 5%以下)	海洋深層水ミネラル粉末

##### (2) DSP の機能性

ヒト皮膚由来線維芽細胞において、36~360ppm の DSP 存在下でコラーゲン合成促進効果が見られた。またマウス由来 B16 細胞において、144ppm DSP にチロシナーゼ抑制効果が確認された。またヒト皮膚由来線維芽細胞において、0.9%DSP には食塩およびにがりよりも、高い細胞活性保持効果が見られた。以上の結果から、海洋深層水が有する機能についての再現性が得られた。

さらにモニター試験により、DSP には約 20%の減塩効果が認められただけでなく、嗜好性向上が期待できる結果も得られた。

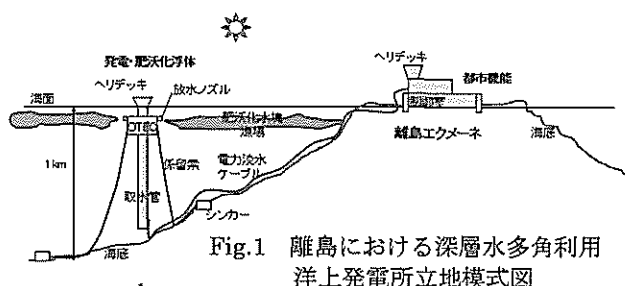
#### 【まとめ】

海洋深層水の粉末化により、運搬コストや、衛生面などの問題が解決された。DSP は、海洋深層水が有する機能性を保持した粉末であり、塩味調味料として利用することで、厚生労働省が掲げている食塩摂取基準到達に必要な 20%の減塩だけでなく、嗜好性向上も期待できる、食品加工において大変有用な原料であることが示唆された。

## 2.4. 離島のインフラとしての海洋深層水多角利用型洋上発電所の概念設計

○大内一之（東京大学大学院）・實原定幸・渡辺敬之（㈱ゼネシス）

南洋上に浮かぶ離島は、現状は電力・淡水といった基本的インフラストラクチャーについてほぼ全面的に石油に頼っているが、今後は環境面だけでなく経済面からも石油等の化石エネルギーからの脱却が求められる。これらの離島は Fig.1 に示すように水深約 4,000m の大洋底から富士山のようにそそり立ち、頭だけを海面に出しているケースが多い。従ってこれらの離島では Fig1 に示すように海洋温度差発電 (OTEC) に必要な低温の海洋深層水を入手できる水深約 1,000m の海域が島から非常に近く、また、電力ケーブル等の敷設距離やアクセスにも便利であり、好立地といえる。また、海流がある場合には島の潮下側には滞留域が出来るので、栄養塩が滞留して濃度を増し、一次生産の活発化による漁場造成も期待できる。ここでは、南洋離島の次世代のインフラとして、海洋深層水を多角的に利用する洋上型 OTEC 発電所の概念設計を行い、将来技術として提案を行う。



本施設の基本構想・計画を以下に述べる。

### 使用原料

- ・海洋深層水：水深 800m、低温(水温約 5℃)、富栄養(硝酸塩濃度約 40 μmol/L)。
- ・海洋表層水：水深 5m、高温(水温 25℃以上)。

### 生産物

- ・電力：深層水と表層水の 20℃以上の温度差でアンモニア水を作動流体としたクローズドサイクルの海洋温度差発電を行い、プラントに必要な電力を差し引いた正味電力を電力ケーブルにて島へ送電する。
- ・漁場：OTEC 冷却水に使用した窒素・リン等の栄養塩濃度の高い海洋深層水を表層水と混合し、有光層に滞留できる密度に調整し放流することにより一次生産を高め漁場を造成する。
- ・淡水：OTEC の副産物として海水温度差により低コストで生産可能。ホース又は水バージにて島へ輸送する。
- ・リチウム：大量の深層水の流れを利用して、海水中から二次電池としての需要が多いリチウムを採取する。

### 生産手段(要素機器等)

- ・没水体付スパー型浮体構造物：上部構造と下部構造をコラムで結合した縦長で水線面積が小さく揺れが少なく耐候製の高いスパー型形状を採用。
- ・取水管及び取水ポンプ：長さ約 1,000m の取水管を介して深層水を、浮体上部より表層水を大容量ポンプにより取水し OTEC 用熱交換器へ送水する。
- ・海洋温度差発電(OTEC)装置：深層水と表層水の温度差を利用し、最新の高效率 OTEC 技術であるウエハラサイクルを採用し発電を行う。

- ・海水淡水化装置：フラッシュ蒸発による海水淡水化。
- ・リチウム採取装置：大量の深層水の流れの中にリチウム吸着装置を配置し分離回収を低温中で効率的に行う。
- ・海洋肥沃化装置：OTEC にて使用後の深層水・表層水を混合し密度調整した肥沃化海水を有光層に密度流として水平拡散させ、一次生産力を高め漁場を造成する。
- ・艦装・設備：上甲板にヘリポート、喫水線付近に通船用乗降口を設け、浮体内は上甲板から浮体底部まで垂直にエレベーターを設備する。また、浮体等のメンテナンス等のための浮体内の水バラストの漲排水による喫水調整を可能とする。メンテナンス従事する作業員等のための宿泊居住設備を設ける。
- ・係留：電力・光・淡水移送ホースを一体化した複合ケーブルで陸上とつなぐため、浮体が振れ回らない多点係留とする。

### 運営方法

- ・設置場所：深層・表層の温度差が大きく、光合成に必要な太陽光の強い熱帯・亜熱帯海域の島の近傍に設置する。放水する肥沃化水の効果を高めるため、島の潮下側の流れの滞留しやすい海域に設置する
- ・運転及び監視：運転は無人運転として、浮体内からの各種データの受け渡し及びプラント・浮体の制御は光ファイバーにより連結された島内の制御室から行う。
- ・メンテナンス：現場での必要なメンテナンスは、ヘリコプター又は船舶にて作業員が浮体に乗り移ることにより、定期的に行う。

Fig.2 に今回概念設計を行った発電量 5,000KW (正味出力 3,500KW)、深層水汲上げ量約 60 万 m<sup>3</sup>/日、汲上げ水深約 800m、操業時浮体排水量約 48,000ton のプロトタイプ機の一般配置図と主要寸法を示す。

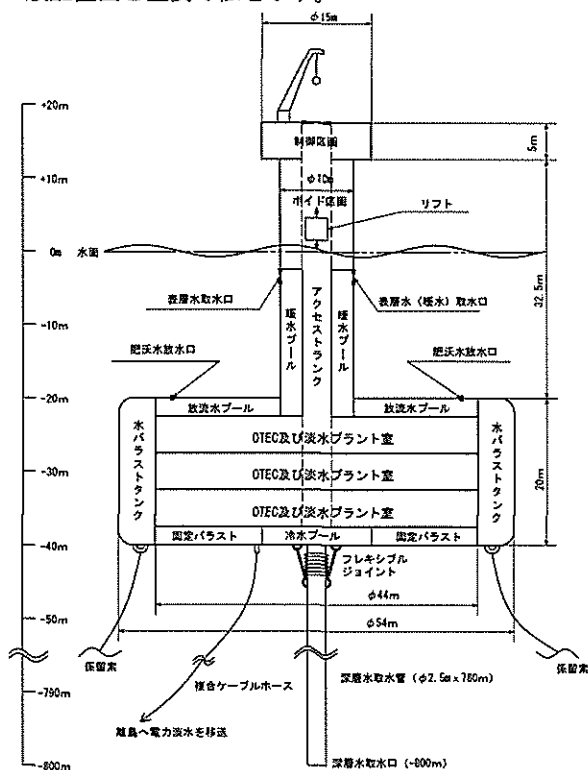


Fig.2 一般配置及び主要寸法図

## 2.5. アンモニア/水を用いた海洋温度差発電における伝熱面積の影響に関する実験的研究

池上康之(佐賀大)・森崎敬史・古川崇之・岸川泰大(佐賀大院)

### 1. 緒言

海洋温度差発電(OTEC)はエネルギー問題や環境問題が深刻化する中、再生可能エネルギーの一つとして注目されている。他の再生可能エネルギーに比べて OTEC は、発電が安定的であり、さらに海水淡水化や海洋深層水利用などの複合利用が可能のため、実用化が期待されている。OTEC の研究では現在、さらなる高性能化のためにアンモニア/水などの混合媒体を用いた研究が盛んに行われている。理論的研究では、作動流体および伝熱面積(伝熱性能)の影響による正味出力は、MW 級を仮定した OTEC システムでは図 1 のようなアンモニア/水の特性が示される。しかし、実験的研究ではその特性は十分に明らかにされていない。

そこで本研究では、アンモニア/水を用いた OTEC システムにおいて、作動流体および伝熱面積がシステム全体に及ぼす影響を実験的に明らかにすることを目的とする。

### 2. 実験装置及び実験方法

図 2 にアンモニア/水を作動流体として用いた実験装置のフロー線図を示す。実験装置および実験方法の詳細は、紙面の都合上、省略する(参考文献[1]を参照)。実験では熱交換器ユニット数(PN)を 2~4 に変化させ実験を行った。なお、熱交換器の 1 ユニットの蒸発器伝熱面積は 136.25[m<sup>2</sup>]、凝縮器は 91.16[m<sup>2</sup>]であり、組成は 0.96[kg/kg]である。

正味出力  $W_{net}$  および正味出力率  $\eta_{net}$  (正味出力  $W_{net}$ /タービン出力  $W_T$ ) は次式の評価式より求めた。

$$W_{net} = W_T - (W_{PWS} + W_{PCS} + W_{PWF}) \quad (1)$$

$$\eta_{net} = W_{net} / W_T \quad (2)$$

### 3. 実験結果

図 3 に PN が 2 のときのタービン出力、正味出力を示す。なお、紙面の都合上 PN が 3, 4 の場合は省略する。PN を 2 から 4 まで変化させたとき  $W_T$  は大きく変化していないことが確認できる。一方、 $W_{net}$  は PN とともに増加する。これは PN が少ないほ

ど温冷水ポンプ動力が小さくなっているためである。ポンプ動力が低くなる理由として PN が増えるほど流路断面が増え、熱交換器内の温冷水流速が減少することにより損失が減ったためと考えられる。

図 4 に温冷水流量 400[t/h] の時の正味出力率を示す。図より  $W_{net}$  の変化と同様の傾向を示し、PN=4 で  $m_{WF}=6$ [t/h] のとき最大の正味出力率として約 65[%]を得た。

### 4. 結論

アンモニア/水を用いた OTEC において、伝熱面積および作動流体流量がシステムに及ぼす影響を実験的に明らかにした。特に本条件下でタービン出力は伝熱面積および作動流体流量の影響が少なく、正味出力はその影響を受けやすいことが明らかになった。今後は、これらの成果を実設計に活かす予定である。

### 5. 参考文献

[1]池上ら, アンモニア/水を用いた新しい海洋温度差発電の高性能化に関する実験的研究, 動力・エネルギー技術シンポジウム, 2009, p235-238

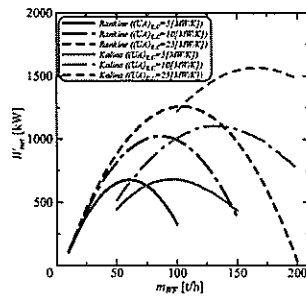


図 1. MW 級 OTEC の  $W_{net}$

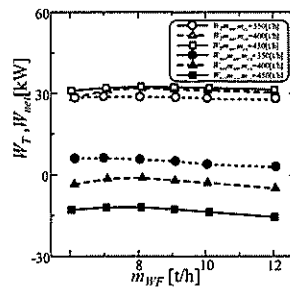


図 3.  $W_T$  と  $W_{net}$  (PN=2)

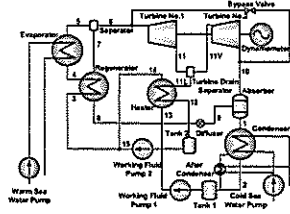


図 2. アンモニア/水を用いた

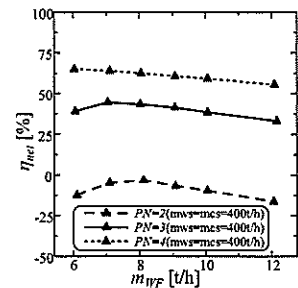


図 4. 正味出力率  $\eta_{net}$

## 26.A Strategic Approach To Deep Sea Water Industrial Complex Formation At Uljin, Republic of Korea

°Deuk San Jeon · Yong-Hwan Kim · Choong-Gon Kim(Gyeongbuk Institute For Marine Bioindustry,  
Research and Development Department, Republic of Korea) ·

Uh Je Sun(Kyungdong University, Department of Deep Ocean Water, Republic of KOREA)

The Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(MLTM) of Korea have been evaluating and investigating 17 potential sites till now for the DSW exploitation since 2000. Today there are 7 DSW plants along the east coast and 3 plants at Ulleung Island.

In Korea, DSW utilizing industry has been led by private companies, the main products of each plant are mainly, drinking water, beverage, food additives and table salts derived from the desalination process.

A large underwater rock 'Wangdol-cho' sized 21Km(E-W), 54Km(N-S) which acts as a nursery ground of diverse marine organisms and the high priced snow crab (ズワイガニ) exists just offshore of Uljin. To reach 250m bathymetric depth and to pump up 2°C DSW, about 13km-long intake pipe is needed due to this special bottom topography. Because of the existence of this underwater rock formation and/or the relatively high costs involved in exploitation, the DSW development project at Uljin has been postponed until now.

In recent years, Korea is experiencing intensified and prevalent effects of global warming, such as heavy rains, stronger typhoons and longer droughts in warmer winter. Length of the summer season in Korea has been extended about a month during last 20 years. And 3-days cold and 4-days warm typical Korean winter weather pattern is missing totally .

DSW is now recognized as green renewable water & energy resources and is expected also to promote the CDM(clean development mechanism) related new industries. Uljin is the late-comer into the DSW development arena, but now enjoys the Last Mover Advantage by the increased demands on green and renewable water, food and energy.

Uljin has nuclear power plants spewing out heated thermal effluent at a rate of 300 tons per second. This very fact enables a synchronous utilization system of nuclear thermal effluents and cold DSW at Uljin. Cascade utilization of raw DSW adjacent to the nuclear thermal effluent diffusing area could reduce the adverse effect of the waste heat of nuclear power plants, and thereby providing appropriate conditions for plausible biofuel production platform. The combined system would act as a demonstration facility for the enhanced prototype of the OTEC(Ocean Thermal Energy Conversion) plant.

Multipurpose utilization of DSW such as Lithium recovery, snow crab and high priced cold water fish ranching, sea gardens, thalassotherapy and aquaculture are expected to enhance the exploitation feasibility and also in promoting the local economy. Recent advances in the chemical free reverse osmosis technology are also seen to enhance the brine recycle in the desalination process and in water utilization, pharmaceutical, cosmetic, and agricultural industries.

Scientists and researchers at Gyeongbuk Marine Science Park, the members of which are from the Gyeongbuk Institute for Marine Bioindustry, KORDI East Sea Branch and POSTECH Ocean Science and Technology Institute at Uljin, are going to join willingly the emerging deep sea water development consortium which includes academic collaborators, regional industry representatives, and public and private partners.



## 2.7. 海洋温度差発電の商用化における50MW級のプラント用ライザーの概念設計

○Dong-ho Jung · Ho-saeng Lee · Seung-won Lee · Hyeon-ju Kim · Deok-soo Moon  
(韓国海洋研究院 海洋深層水研究センター)

### 1. 目的

OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) システムの商用化のためには大量の表層水および深層水の確保が必須である。50MW級のOTECシステムに必要なライザーに関する概念設計を行った。適用の可能なライザーの材質と材原に対して検討し、検討されたライザーに関しては固有値の解析を行い基礎的な挙動特性を把握した結果を報告する。

### 2. 材料と方法

Vega and Michaelis(2010)によると純生産50MW(総生産は約80MW)OTECシステムを開発するには表層水(約2,300万トン/日)と深層水(1,200万トン/日)の連続的な取水が必要だと設計した。表層水は海水面近くの構造物から流入ができるので取水のための別のライザーシステムは必要がない。ただ、深層水は水深500-1000mでの(太平洋海域基準)取水が必要なので鉛直で立っているライザーを通じて取水ができる。

約1,200万トン/日の深層水を取水するには内径10m以上のライザーの開発が必要である。ライザーの材質側面からみると、現在直径10m以上のパイプの開発例はない。今生産されているパイプ材料の中で開発可能性が高いGFRPおよびコンクリートパイプを対象材料として検討を行った。直径10mパイプと同じ流量を持つためには直径5mのパイプ4個をバンドルで作製することは可能であるが、この場合、バンドルに対する構造的な安全性については検討の必要がある。以上の二つのパイプを用いて内径10m,厚さ0.2mだと仮定し、静的および固有値の解析を行った。ライザーにて作用する引張力は上部の末端部でとても大きく発生し、6,145トンと9,100トンであった。それによって上部浮遊体が支持するには非常に大きい数値なのでライザーに対しては浮力材の附着が必要であるのが分かった。

固有値解析は動的挙動特性の分析ができるもっとも基礎的な資料である。二つの副材にお

ける横方向(surge)の1次固有週期は150秒を上回り、5次以上になる条件では海洋波のエネルギー高密度領域と共振が発生する。したがって、横方向の挙動特性においては優れていると予測できる。一方、軸方向(heave)の固有週期は6秒と2.6秒であり、これは海洋波のエネルギー高密度領域が5-10秒領域であることを考慮するとGFRPパイプで構成されたライザーは非常に大きい振動の発生が予測できる。よって、軸方向の振動に対する精密な解析を通じて安全性を検討し、可能であれば構造の変更も必要であろう。深層水を取水するためにはポンプが必要であるが、OTECプラントの凝縮機の位置が海水面より下であれば深層水を強制取水するためのポンプは必要がなくなる。ただ、凝縮機を通過した深層水が連続的に排出できるようにポンプあるいはプロペラが利用され、これによって深層水は低いエネルギー費用で連続的な取水ができる。

### 3. 結果

本研究ではOTECシステムの商用化を目的として開発のために必要な大口径ライザーに対して検討を行った。材質を検討し、直径10m,長さ1,000mライザーを対象として固有値の解析を行った。ライザーの横方向における固有週期は150秒を超過しており、挙動特性が非常に優秀である一方、軸方向の固有週期は海洋波のエネルギー高密度領域と共振が発生する可能性が高いのが分かった。今後はこれについての詳しい検討が必要であろう。

一般的にはライザーの直径は海洋波の波長に比べ非常に小さいのでモリスン方程式による外力を推正してある。直径10m以上の大口径ライザーにおいては海洋波の領域によって抗力が支配的な外力因子で解析するモリスン公式による外力推定が適確であるか、あるいは慣性力が支配的な因子で解析する回折理論による外力推定が適確であるか、に対する検討が成り立たなければならないことと判断された。

### 謝辞

本研究は「海洋深層水のエネルギー利用と開発」および「海域の基礎生産力増大のための浮遊式人工湧昇システムの核心技術研究」課題の支援によって行われました。支援に感謝します。

## 2.8. 海洋深層水を利用した発電システムの研究 -対馬海域の場合-

中岡 勉・西田哲也・大原順一・植田貴宏・吉村英行 (水産大学校)、浦田和也・池上康之 (佐賀大学)

**【目的】** 現在、水産資源の継続的な有効利用や環境を改善するために自然エネルギーを利用する再生可能な代替エネルギーの開発が検討されている。その一つとして海洋温度差発電(OTEC)が考えられている。海洋温度差発電は、海洋の表層と深層の海洋エネルギーを利用する発電システムである。また、この発電システムは、作動流体にアンモニア/水の混合媒体を用いたウエハラサイクルの利用が検討されている。

本研究は、本校の練習船で対馬海域の海洋調査を行い、その調査データを基に、発電端出力が 1000kW の場合のウエハラサイクルを用いた海洋温度差発電システムについて性能解析を行った。

**【調査海域と期間】** 対馬海域の調査は、水産大学校練習船の天鷹丸を用いて行った。調査海域は、対馬の北西西水道側の 34° 35' N~34° 48' N, 129° 12' E~129° 18' E の範囲である。調査は、2005 年より現在まで行っている。

**【結果】** Fig.1 は、対馬海域の温度分布の一例を示す。Fig.1 より、対馬海域の表層水は 8 月で 27~28°C, 10 月で 23~25°C である。深層水は水深 160~200m で、8 月は 4~6°C, 10 月は 5~6°C である。温・冷海水入口温度差は 8 月で 21~24°C, 10 月で 17~20°C である。

Fig.2 は、評価関数  $\gamma$  と温・冷海水入口温度差( $T_{WSI} - T_{CSI}$ ) の関係を示す。これは、調査結果を基に、性能解析を行った。Fig.2 より、評価関数は温・冷海水入口温度差が大きいくほど小さくなる。温・冷海水入口温度差が 20°C より小さくなると、評価関数は大きくなる。従って、対馬海域で発電システムを運転する場合には、温・冷海水入口温度差が 15°C 以上の温度差が必要と考えられる。また、温度差がなく発電ができない時期については、海洋深層水を利用する海洋肥沃化、海水淡水化装置としての検討が必要である。

Fig.3 は、温・冷海水流量  $m_{WS}$ ,  $m_{CS}$  と温・冷海水入口温度差( $T_{WSI} - T_{CSI}$ ) の関係を示す。Fig.3 より、温・冷海水流量は、温・冷海水入口温度差が大きくなると減少する。これは、熱交換器の伝熱面積が減少するためである。

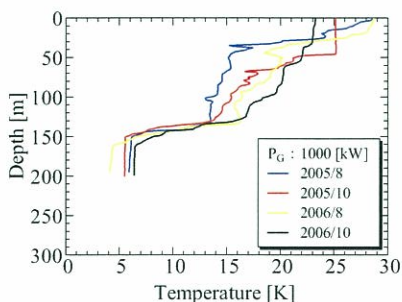


Fig.1 温度分布

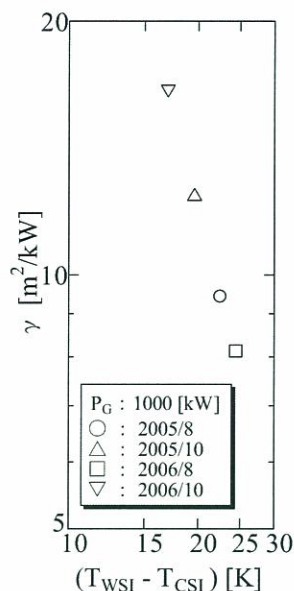


Fig.2 評価関数

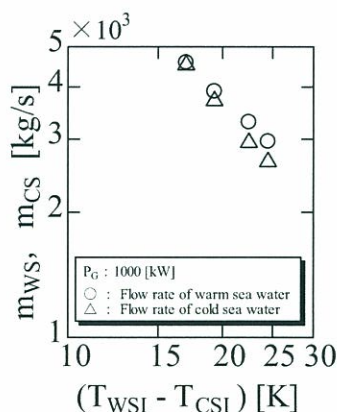


Fig.3 温・冷海水流量

井関<sup>1)</sup>は、海洋深層水と海洋肥沃化について検討を行っている。この結果を参考に、二次生産量を見積もると、対馬海域の冷海水流量が約 2.5~4.4(トン/秒)の場合、年間当りの二次生産量の推定値は約 800~1000(トン)となる(硝酸塩: 30  $\mu$ M/l の場合)。対馬海域では、年間で約 500~600(トン)の増加が見込まれる(硝酸塩: 18  $\mu$ M/l の場合)。

**【課題】** 海洋温度差発電システムを詳細に設計するためには、この海域での年間を通じての海洋調査が必要と考えられる。また、発電システムの高効率やシステムと構成機器の高性能化が望まれる。海洋肥沃化については、高い栄養塩の海洋深層水の利用が必要である。

**【文献】** 1) 井関和夫, 海洋深層水による洋上肥沃化 - 持続生産・環境保全型の海洋牧場構想 -, 月刊海洋, 号外 No. 22, 2000, pp174-175

## 伊豆海洋深層水利活用組合会員名簿(50音順)

No.	製造分野(商品名)	企業名	商品提供
1	飲食	(株)海女屋	
2	建築設計	(株)石田設計	
3	飲料水、化粧水	伊豆食文化公園株式会社	
4	塩、精製深層水	(株)伊豆深層水	
5	飲食	(株)伊豆太郎	
6	干物	(株)伊豆中	
7	水産物卸売	(株)伊東活魚	
8	ドレッシング	(株)いとう白子	深層水ドレッシング
9	干物	(有)魚吉ひもの店	
10	パン	(株)江戸屋	
11	飲料水、化粧水	エナジック(株)	
12	干物	(有)小木曾商店	
13	日本酒	(株)かのや商店	純米酒「伊豆力」 本醸造生貯蔵酒「伊豆力」
14	干物	(株)釜鶴	
15	レジャー施設	(株)ジェフ	
16	深層水製品全般	(株)ディーエイチシー	
17	焼酎	東海自動車(株)	
18	水産物加工販売	(株)中門商店	
19	パン、惣菜	ナガヤ(株)	湯ごねブレッド、天然酵母食パン、 全粒粉食パンドーム
20	パン	BY-THE-SEA	
21	練り物	(株)福一	金目鯛かまぼこ、 わさびかまぼこ、焼きかま
22	納豆	(有)まるさ食品	海の賜
23	干物	(有)丸芳水産	
24	豆腐	(有)三坂屋食品	伊豆深層水豆腐
25	旅館	(株)大和館 青山やまと	
26	干物	(株)山六ひもの店	

## 駿河湾深層水利用者協議会会員名簿(50音順)

No.	製造分野(商品名)	企業名	商品提供
1	桜海老・しらす	青島商店	
2	「深い海の塩 あらしお」	あらしお㈱	「深い海の塩 あらしお」
3	ひもの、塩	㈱伊豆中	
4	「駿河湾深層水仕込み 伊豆みそ」(田舎、こし)	㈱伊豆フェルメンテ	「伊豆みそ 田舎・こし」
5	菓子	㈱一富士製菓	
6	伊達巻	入万商店	
7	「駿河湾深層水スカルコラーゲン」	㈱エコ&ヘルスラボ	
8	食品メーカー	エスエスケイフーズ㈱	
9	農業協同組合	大井川農業協同組合	
10	ひもの	(有)小木曾商店	
11	天然にがり塩「生命の輝き」	㈱海洋牧場	
12	漬魚	㈱カク長渡仲商店	
13	桜海老・しらす	カネカボシ池上嘉平商店	
14	マグロ卸売販売	㈱カネトモ	
15	カクテス「海洋ミネラル炭酸水」	木村飲料㈱	「海洋ミネラル炭酸水」
16	水産物加工販売、輸出入事業	KKM食品㈱	
17	漁業協同組合	小川漁業協同組合	
18	食品	こだわりの味㈱	㈱丸川「駿河湾深層水の塩」 「駿河湾深層水のにがり」
19	桜海老・しらす	(有)サトー	
20	缶詰	(有)静岡罐詰協会	
21	「NEW 乳」	静岡牛乳㈱	
22	団体連	静岡県漁業協同組合連合会	
23	団体連	静岡県水産加工業協同組合連合会	
24	企業支援事業	㈱しずおか産業創造機構	
25	「スルガリーフ」深層水そだち	シナネン㈱	
26	鮪カマ照焼	秀和水産	
27	測定、検査装置製作販売	大和サービス㈱	
28	水産冷凍食品製造	タキシタ㈱	
29	桜海老・しらす	玉舟商店	
30	水産加工業	潮宝食品㈱	
31	「すりすりメギスちゃん」	ツツミ水産	
32	「液塩」	㈱東海マルタ	
33	しらす	長島和男商店	
34	調味料	㈱日本総食	
35	「つゆの素」焼津産鰹節つゆ	㈱にんべん 大井川事業所	
36	練製品	㈱にんべん食品	
37	ひもの(協業組合)	沼津魚仲買商協同組合	
38	「桜えびがゆ」「しらすがゆ」「すっぽんスープがゆ」	㈱浜名食品	
39	パン	社会福祉法人 富岳会	
40	ミネラルウォーター「かいよう」	㈱富士F&B	
41	化粧水「アクア・オンディーヌ」、「アクア戸田塩」	NPO 戸田塩の会	「アクア戸田塩」「アクアオンディーヌ」 「アクア塩あめ」
42	液体肥料「土味素」「アースミン」	㈱ホーチ・アグリコ	「土味素1号、2号、3号」「アースミン」
43	「海洋深層水おぼろ豆腐」	町田食品㈱	
44	桜海老	松永三太郎商店	
45	牡蠣	(有)丸駒海産	
46	「黒はんぺん」	(有)丸敏増田商店	
47	調味料	㈱マルハチ村松	
48	鶏卵卸売業	㈱マルフク	
49	「かつおめし」「桜えびごはん」	村兼水産㈱	
50	漁業協同組合	焼津漁業協同組合	
51	切身魚・漬魚製造	(有)焼津切身	
52	水産加工(協業組合)	焼津市魚仲水産加工業協同組合	
53	食品、調味料	焼津海洋深層水事業化研究会	㈱かしはる「潮羊羹」「一番茶」 ㈱梅里園「優塩のあめ」
54	焼津さかなセンター	㈱焼津水産振興センター	
55	しらす	㈱八幡	
56	「深層水わかめ」	㈱矢部海藻	
57	桜海老・しらす	ヤマコウ商店	
58	食品製造業	㈱山七	
59	食品加工業	ヤマト食品㈱	
60	水産加工業	㈱ヤマノ	
61	桜海老・しらす	㈱ヤママル	
62	漁業協同組合	由比港漁業協同組合	



伊豆海洋深層水利活用組合 商品カタログ



駿河湾深層水利用者協議会 商品カタログ





協賛企業商品カタログ

原料・OEM供給

純国産鶏100%

ヒアルロン酸

コラーゲン

鶏のスープが美肌を導く

**ヒアロコラーゲン**

美容・美肌化粧品、食品素材

○技術資料○文献資料○配合例○サンプル○製品は1kgから

株式会社 エル・エス コーポレーション TEL03(3662)7941 FAX03(3662)7495  
 東京都中央区日本橋人形町3-10-1かしら人形町ビル3F <http://www.lscorporation.co.jp/>

NISSHIN **oilio**

**日清MCTパウダー**

生活習慣の気になる方に  
多忙な毎日を送る現代人の食生活をサポートします。

◆日清MCTパウダーは、中鎖脂肪酸トリグリセリド(MCT)を75%含有した粉末油脂です。  
 ◆一般的な油は、長鎖脂肪酸から構成されていますが、MCTは鎖の長さがその約半分である中鎖脂肪酸(炭素数8~10個)で構成されている油です。  
 ◆中鎖脂肪酸は、ココナッツやパームフルーツに含まれる天然の植物成分です。

**中鎖脂肪酸トリグリセリド(MCT)の粉末油脂**

**日清MCTパウダー**

●一酸化炭素 白色粉末	●活酸化物質 4以下
●抽出率 75%±2%	●容積・容量 10g/袋 500g/箱
●抽出率 0.3以下	

③CLA(共役リノール酸)の液状タイプと粉末タイプもご利用下さい。

液状タイプ「シーエルエース G-80」 共役リノール酸含有率77%以上	粉末タイプ「シーエルエースパウダー」 共役リノール酸含有率44%以上
--	---------------------------------------

**用途例**

- 洋菓子・和菓子製品
- 加工肉製品
- 水産物製品
- 畜産物製品
- 冷凍食品
- デザート製品
- スープ製品
- パン製品
- プレミックス製品
- 飲料

日清オイリオグループ株式会社 ヘルシーフーズ事業部

〒104-8285 東京都中央区新川一丁目23番1号  
 TEL: 03-3206-5659 FAX: 03-3206-5687  
<http://www.nisshin-oilio.com>

海の恵みから生まれた2つの素材

**海洋深層ミネラル水パウダー**

海洋深層水に含まれるミネラル分を豊富に含み、特許技術によって8万という高い硬度を示すパウダー。ミネラル補給源、調味料としてご使用いただけます。

**海洋酵母エキスパウダー**

海からの恵み「海洋酵母」を原料とした酵素分解法により抽出した酵母エキス。酵母臭が少なく色調が淡いながらも強い後味の旨みを持ち合わせます。

おいしさと健康をサポートします

**明王物産株式会社**

〒171-0032 東京都豊島区南池袋1-8-1号千景東横ビル  
 TEL 03-3981-1026 (代 表) URL <http://www.meiwa.co.jp>

減肥高収量には

吸着炭低成分微生物肥料

**「むかし肥料」**

天然ミネラルの補給に

海洋深層水入り液肥

**「土味素シリーズ」**

苗づくり・土づくり・味づくり肥材の専門メーカー

**株式会社ホーチ・アグリコ**

〒437-1622 御前崎市白羽9111-1 TEL 0548-63-1101 FAX 0548-63-1102  
 URL : <http://www.houchi.co.jp> E-mail : [kurodama@houchi.co.jp](mailto:kurodama@houchi.co.jp)

**海洋深層水仕込み 生詰みそ**

穏やかで優しい風味を特徴とし、味噌汁にした時に、具の持つ美味しさ、風味を十分に引き出します。海洋深層水仕込で、一層まるやかな味に仕上がっております。

長く熟成された深みのある味わい、香りをもつ、本格的なお味噌です。深い赤みが特徴です。海洋深層水仕込で、より深みのある味に仕上がっております。

株式会社 **伊豆フェルメンテ**

〒411-0817 静岡県三島市八反畑134-6  
 TEL 055 975 0543 FAX 055-972-8790  
 E-mail: [izuFMT@carrot.ocn.ne.jp](mailto:izuFMT@carrot.ocn.ne.jp)

**「駿河湾深層水」**

だけを使用して作りました……

※※※取扱商品※※※

駿河湾深層水の塩 (100g)  
 駿河湾深層水の1ℓかり (100ml)  
 駿河湾深層水の水 (1kg)

〒425-0031 静岡県焼津市小川新町3-9-19  
 株式会社 丸J  
 EL 054-626-6311 FAX 054-627-2504  
 URL <http://www.marj-kawa.jp>  
 E-mail [info@marj-kawa.co.jp](mailto:info@marj-kawa.co.jp)





**海洋深層水を使用した  
ナガヤ自慢のおいしい  
自家製パン。**

**湯ごねブレッド**  
海洋深層水(原水)を使用。丁寧に練り上げたバター風味でリッチなパン。

**全粒粉ドーム 10枚切**  
海洋深層水(原水)を使用。全粒粉20%配合で香ばしく、ビタミン・ミネラルが豊富。

**天然酵母食パン 6枚切**  
海洋深層水(原水)を使用。フレッシュバターを使い、長時間熟成させ小麦粉のうま味を引き出しました。

スーパーマーケット  
**ナガヤ**  
NoGoro

本館  
〒414-0027 静岡県伊東市竹の内2-7-35  
TEL 0557-37-2014 FAX:0557-38-9558



一口食べた瞬間に「これは金目鯛だ!」とお分かりいただける様、金目鯛をダイス状に切り、すり潰すこと無く練り込みました。ソフトな食感の中に極上の金目鯛の美味しさが際立つ逸品です。  
これぞ伊豆味!ぜひご賞味ください。

**金目鯛のし**  
～高級金目鯛と海洋深層水との極上コラボ～

**株式会社 福一**  
〒414-0003 静岡県伊東市中央町 13-25  
☎ 0557-37-2910 fax 0557-38-2910



大豆と海洋深層水の出逢い  
そして伝統の職人の技術  
ここに最高の豆腐あり

〒414-0054  
電話 〇五五七 一三七 一三五三〇

**有限会社 三坂屋食品**

静岡県伊東市鎌田九六八一七

ひとつひとつの美味しさは、素材の吟味から。

海洋深層水を使用した高ミネラルな健康ドレッシング

ニューサマーオレンジぽん酢ドレッシング  
塩ドレッシング  
わさびドレッシング  
塩ぽん酢ドレッシング ニューサマーオレンジ  
塩ぽん酢ドレッシング ゆず



**いと白子**

〒414-0051 静岡県伊東市吉田823-37  
TEL 0557-45-4111 / FAX 0557-45-4105



伊豆の清酒  
伊豆の清酒

伊豆の海洋深層水を使って  
まろやかなコクのある味わいのお酒ができました。

奥やかでふくよかな味わい

本醸造生貯蔵酒  
内容量 300ml  
¥389

純米酒  
内容量 720ml  
¥1,365

発売元 株式会社 かのや商店  
静岡県伊東市弥生町三三八 電話〇五五七(三七)五一四一  
製造元 万大醸造合資会社  
静岡県伊東市早川三四 電話〇五五八(七二)〇〇五〇

第14回 全国納豆協同組合連合会会長賞(小粒・極小粒部門)  
平成21年2月13日 受賞

北海道産すずまる大豆&深層水  
(たまもの)

**海の賜 納豆**

伊豆赤沢沖  
800mの深層水に  
北海道産すずまる大豆を  
一晩浸し製造しました。



納豆・テンペ製造  
**(有)まるさ食品**

静岡県伊東市鎌田1021-1 電話0557-37-5758  
URL <http://www.izu-marusa.com>



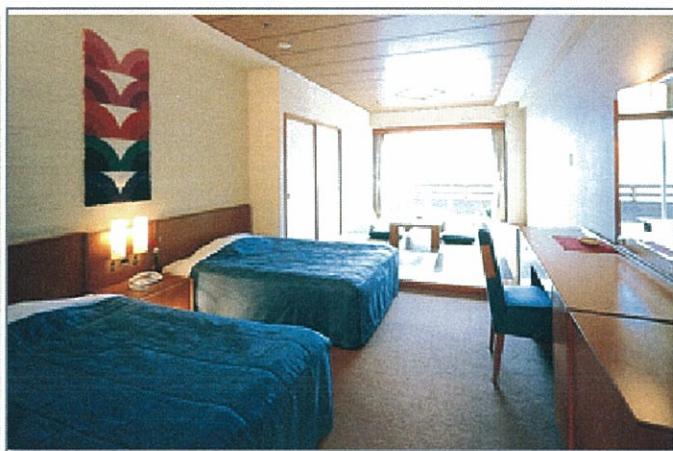
【株式会社ディーエイチシー】商品・施設カタログ



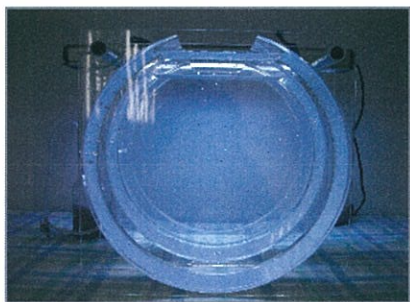
「DHC 海洋深層水」



赤沢温泉郷「迎賓館」



赤沢温泉郷「赤沢温泉ホテル」



水クラゲ(幼生)の飼育展示



伊勢エビの飼育展示



赤沢温泉郷「海洋深層水展示館」



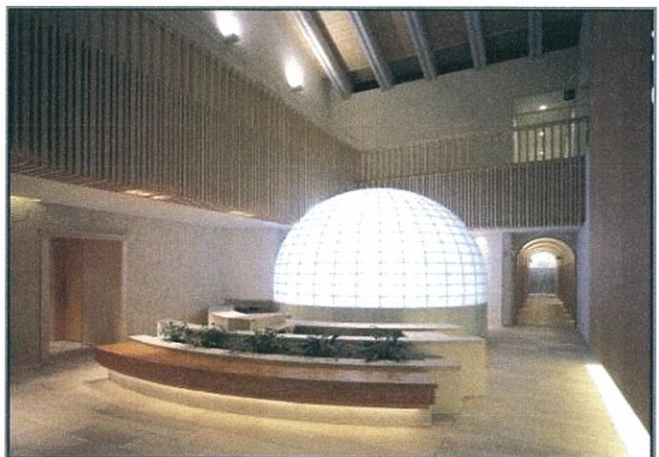
【株式会社ディーエイチシー】 赤沢温泉郷 海洋深層水「赤沢スパ」



「原水プール」



「ソルトピット」



「ヒーリングドーム」

## 海洋深層水利用学会

### ■役員

会長  
副会長  
理事

高橋正征  
松里壽彦  
池上康之  
井関和夫  
大内一之  
大塚耕司  
尾高義夫  
清水勝公  
深見公雄  
藤田大介  
山本隆司  
吉川昌之  
佐藤建明  
津嶋貴弘

東京大学名誉教授、高知大学名誉教授  
独立行政法人 水産総合研究センター  
佐賀大学  
広島大学大学院  
東京大学大学院  
大阪府立大学大学院  
大成建設株式会社  
清水建設株式会社  
高知大学  
東京海洋大学  
(沖縄県) 沖縄県海洋深層水研究所  
(静岡県) 静岡県水産技術研究所  
(富山県) 富山県農林水産総合技術センター  
(高知県) 高知県海洋深層水研究所

会計監査

### 海洋深層水研究 Vol. 2 No. 2

印刷 2011年10月31日 印刷所 青葉工芸株式会社  
発行 2011年10月31日 〒108-0014 東京都港区芝5-16-13  
三好ビル1F  
Tel. 03-3451-5500  
Fax. 03-3451-5768  
発行所 海洋深層水利用学会

〒599-8531  
大阪府堺市中央区学園町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

