

# ADOWA

JAPAN ASSOCIATION OF DEEP OCEAN WATER APPLICATIONS

VOL. 6  
NO. 1  
June, 2002

## NEWS



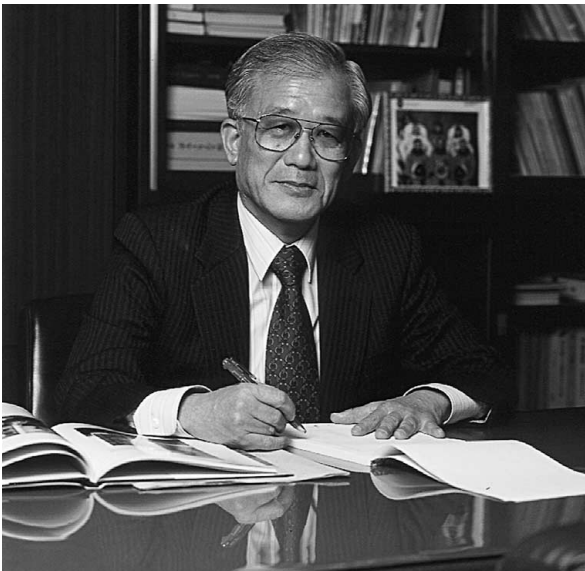
沖縄県海洋深層水研究所において  
母エビ養成に成功したクルマエビ（トピックス（2）参照）

### 海洋深層水利用研究会ニュース、第6巻、第1号、2002年

#### ■目次

会長挨拶	海洋深層水利用研究会 会長	酒匂 敏次	2
2002年度の事業概要			3～4
役員、委員会委員および事務局			
事業計画と予算			
特集「海洋深層水が環境に与える影響・第2部」			5～10
(1)「海洋深層水」汲み上げと二酸化炭素	産業技術総合研究所	原田 晃	
(2) 海洋深層水のエネルギー量	筑波大学名誉教授	高野 健三	
トピックス			11～14
(1) 人工湧昇流漁場へのチャレンジ	(社)マリノフォーラム 21 事務局	畔田 正格	
(2) クルマエビ・母エビ養成に成功	沖縄県海洋深層水研究所	玉城 英信	
会員からの便り			14
北海道における海洋深層水利用の研究	北海道立地質研究所海洋地学部	嵯峨山 積	
情報コーナー			15
韓国における海洋深層水利用の動向	海洋科学技術センター	富松 亮介	
用語解説			16
黒潮と親潮	三重大学	関根 義彦	
海藻と海草	富山県水産試験場	藤田 大介	
	瀬戸内海区水産研究所	寺脇 利信	
団体会員の紹介			17
三菱重工業(株)横浜製作所	鉄構技術部	宮坂 政司	
(株)タナカシヨク	代表取締役社長	田中 幸彦	
情報交換会報告			18
深層水 Navi-6 報告	深層水利用促進委員会	藤田 恒美	
お知らせ			18～20
幹事会・総会報告			
学術団体として認可			
研究発表会のお知らせ			
新刊の紹介			20
Staff Voice			20

海洋深層水利用研究会 会長  
酒匂 敏次  
(東海大学海洋学部教授)



本研究会の発足は1997年の1月ですから今年には設立から5年を経過し、既に6年目の活動が始まっているということになります。会員数が300余名のこじんまりした若い組織ではありますが、今日まで順調に活動の基礎を築いて発展してきており、発足当初想定していた活動のメニューはすべて軌道に乗ったとよい状況にあります。かねてから手続きを進めてきた学術組織としての認知のほうも昨秋に日本学術会議から組織要件を満たしているということで通知があり、学術情報の交流などが格段にやりやすい環境が整備されてきています。

平成14年度はジャーナルの刊行、研究発表全国大会(沖縄・久米島)などの軌道に乗った活動を順次こなしていくということでの事業計画が総会で承認されており、これらの実現を通じて研究会の理念の具現化を進めていきたいと願っています。

海洋深層水利用分野では国内外で活発な動きが展開されており、この分野への期待が大きいことが察せられます。この夏にはハワイの新しい取水施設が供給活動を開始することが予定されており、世界の深層水供給能力は一気に倍増することとなります。高知県と富山県で建設が進められてきたNEDOの研究施設も既に完成して、今後の成果に期待が寄せられておりますし、佐賀大学に新設されたエネルギー研究所の柱は海洋エネルギー研究で、その中には深層水の多目的な利用についての研究開発も含まれています。ハワイの自然エネルギー研究所と同じ様に、これが深層水利用研究の一大拠点として今後整備が進むことを期待したいと思います。インド、パラオ等海外のプロジェクトに加えて、国内でもマリノフォーラム等の新しいコンセプトに基づく実験、海洋科学技術センター他による機能解明を中心とした研究等の今後の展開に期待したいと思います。

本研究会は産官学を代表する全国組織でもあり、学術団体でもあるという会としてのアイデンティティを今後とも大切にして、会の目的である交流、推進、啓蒙の諸活動を継続、強化していくべきですが、今後特に会としての独自の研究、提言、評価等の活動も展開できるような環境を整備していくことが必要になるでしょう。また、全国に50を超すともいわれる地域別、分野別の海洋深層水利用研究会、協議会とも連絡をとるように努め、ネットワーク化によるメリットの具現化、IOAその他の国際組織との関係強化にも力を入れていくべき時にきているのではないかと思います。

# 2002年度の事業概要

## 役員、委員会委員および事務局 (2002年5月31日現在)

### 1. 役員

会長	酒匂敏次	東海大学海洋学部 教授
副会長	松里壽彦	水産総合研究センター 養殖研究所 所長
会計監査	下村嘉平衛	(株)間組 顧問
幹事	川崎一男	沖縄県海洋深層水研究所 所長
(五十音順)	嵯峨直恆	北海道大学大学院水産科学研究科 教授
	鈴木満平	富山県水産試験場 場長
	高橋正征	東京大学大学院総合文化研究科 教授
	辰巳 勲	清水建設(株)土木事業本部 設計部 技術統括部長
	豊田孝義	海洋科学技術センター 海洋技術研究部 研究副主幹
	中島敏光	海洋科学技術センター 海洋技術研究部 研究副主幹
	野上欣也	(社)日本栽培漁業協会 企画課長
	深見公雄	高知大学農学部 教授
	藤田大介	富山県農林水産部 水産漁港課 主任
	山中弘雄	高知県海洋深層水研究所 所長

### 2. 委員会

2002年度選挙管理委員会(任期:2002年1月19日～4月26日)

委員長	反町 稔	水産総合研究センター 養殖研究所
委員	小松雅之	(株)関西総合環境センター
(五十音順)	村上憲男	(株)東京久栄

#### ニュースレター編集委員会

委員長	深見公雄	高知大学農学部
委員	田村光政	高知県工業技術センター
(五十音順)	野上欣也	(社)日本栽培漁業協会
	藤田大介	富山県農林水産部
	松林恒夫	クロレラ工業(株)
	森野仁夫	清水建設(株)技術研究所
	安川岳志	海洋科学技術センター
	山岡到保	産業技術総合研究所 中国センター

#### 研究発表企画委員会

委員長	辰巳 勲	清水建設(株)
委員	五十嵐保正	静岡県水産試験場
(五十音順)	池田知司	(株)関西総合環境センター
	尾高義夫	大成建設(株)
	中島敏光	海洋科学技術センター
	野上欣也	(社)日本栽培漁業協会
	平田龍善	日本水産(株)中央研究所
	宮城 弘	沖縄県企画開発部

#### 論文誌編集委員会

委員長	高橋正征	東京大学大学院総合文化研究科
副委員長	辰巳 勲	清水建設(株)
委員	井関和夫	水産総合研究センター 瀬戸内海区水産研究所
(五十音順)	嵯峨直恆	北海道大学大学院水産科学研究科
	中村弘二	水産総合研究センター 中央水産研究所
	三森智裕	海洋科学技術センター

#### 深層水利用促進委員会

委員長	松里壽彦	水産総合研究センター 養殖研究所
委員	近 磯晴	(株)水土舎
(五十音順)	早乙女浩一	(社)日本栽培漁業協会
	富松亮介	海洋科学技術センター
	藤田恒美	(株)グローバル・オーシャン・ディベロップメント
	宮近秀人	(株)エス・アール・シー

### 3. 事務局

事務局長	豊田孝義	海洋科学技術センター
事務局員	大貫麻子	(社)海洋産業研究会
(五十音順)	鈴木達雄	(株)間組
	鈴木芳宏	(株)東京久栄

# 事業計画と予算

## ■ 2002年度事業計画 ■

項目	内容
定期総会の開催	2001年度の事業報告および決算報告 2002年度の事業計画および予算の承認
ニュースレターの発行	年2回発行
研究発表会の開催	2002年11月に沖縄県久米島町で開催
論文誌の発行	年2回発行
情報交換会の開催	団体会員を主対象として、年2回開催

## ■ 2002年度事業予算 ■

【収入の部】（単位：円）			【支出の部】（単位：円）		
科目	金額	備考	科目	金額	備考
1. 会費収入	小計 5,789,000		1. 事業費	小計 4,100,000	
個人会員会費	639,000	3,000円×213名	総会開催費	500,000	
団体会員会費	5,150,000	50,000円×103団体	ニュースレター印刷費	1,000,000	年2回発行
賛助会員会費	0		研究発表会開催費	600,000	年1回開催
2. 事業収入	小計 800,000		論文誌印刷費	1,200,000	年2回発行
参加料	800,000		情報交換会開催費	800,000	年2回開催
その他	0		選挙管理費	0	
3. 利息・雑収入	2,000		2. 事務費	小計 2,950,000	
			会議費	30,000	幹事会等会議費
			交通費	600,000	
			賃金	1,200,000	事務補助員人件費
			通信運搬費	600,000	諸資料発送費
			諸印刷費	200,000	名簿等印刷費
			消耗品費	300,000	事務用品等
			雑費	20,000	振込手数料等
			3. 予備費	1,000,000	
収入合計(1+2+3)	6,591,000		支出合計(1+2+3)	8,050,000	
4. 前年度繰越金	3,157,771		4. 次年度繰越金	1,698,771	
収入総合計(1+2+3+4)	9,748,771		支出総合計(1+2+3+4)	9,748,771	

## 海洋深層水が環境に与える影響・第2部

### (1)「海洋深層水」汲み上げと二酸化炭素 産業技術総合研究所 原田 晃

#### 1. はじめに

「海洋深層水」を資源として利用しようという研究が開始されたのは1986年半ばであったと思うが、この15年間で深層水という言葉が一般の人々に広く浸透し、多くの関連商品が店頭に並ぶようになったことには、多少驚きの感じさえする。「深層水」をキーワードにウェブサイトを検索してみると、数千件がヒットし、「海洋深層水」を汲み上げている自治体、団体や商品開発をしている企業のものが並ぶ。また、「深層水」関係の一般書も10冊以上刊行されているようだが、「即効・・・」とか「驚異の・・・」など過激と思える形容詞がついたもののあり、恐ろしささえ感じる。海水のこと、海洋のことが普通の会話に上ることは喜ばしいことであるが、「海洋深層水」が空恐ろしい魔法の水になってしまわないよう、科学的な理解の一助になればと思い、以下を著した。

#### 2. 表層水と深層水の定義

検索したウェブサイトや一般書では、「海洋深層水とは、おおむね水深200～300mよりも深いところにある海水」と説明しているものが多い。このあたりがある種の反発を買っている点かと思うが、これは資源利用の立場から考えられた定義である(高橋と井関、2000)。海洋科学的には、海を鉛直的に3層に分けて考えるのが普通であろう。

図1に西部北太平洋での密度の鉛直分布を例示する。最も上部には、風による混合によって密度がほぼ一定になった層(図1の場合、20m)があり、その下で密度は水深1000mあたりまで急激に上がる。それ以降ではほぼ一定の値を持つ。一番上部の混合層を表層、急激な密度変化がある層を中層、そして下層のほぼ均一な密度を持った層を深層とするのが通常の呼び方であろう。太平洋では、溶存酸素濃度が低い層があり、この酸素極小層よりも深い層を深層とすることもある。

表層は、蒸発や降水、大気との気体交換、河川水の流入、風送塵の流入など陸や大気の影響を直接受けることが特徴であるが、最大の特徴は、太陽光を利用し

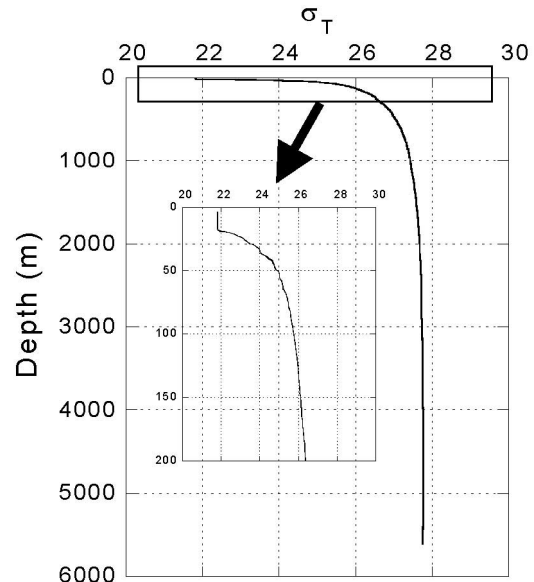


図1. 西部北太平洋(36°N, 147°E)で観測した密度( $\sigma_T$ )の鉛直分布

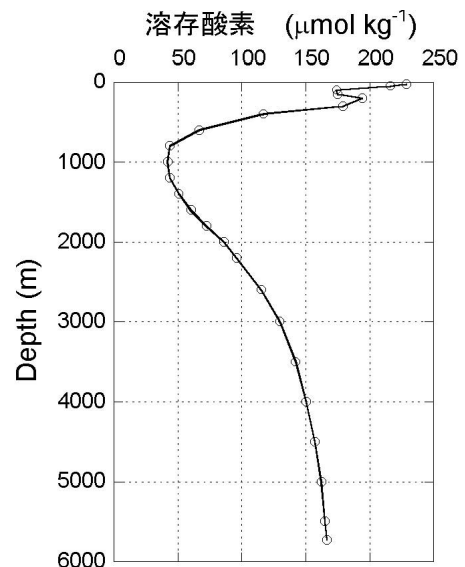


図2. 西部北太平洋(36°N, 147°E)で観測した溶存酸素濃度の鉛直分布

た光合成が起こっていることである。水中に入った太陽光エネルギーは、水、溶存物質、懸濁物質によって吸収、散乱され深さとともに減衰する。生物(植物プランクトン)が光合成によって生活するには、海面に入射する光量の0.1～1%以上は必要であることから、この量に減衰するまでの層を真光層と定義されている。

表層混合層の厚みと真光層の厚みは同じではないが、その中で起こっている過程から、表層とそれ以深を分ける重要な定義である。

太平洋の中層は、高緯度海域(北部北太平洋と南極海)の冬季に沈み込んで等密度面に沿って水平方向に流れてきた水が、その上下の水(表層水と深層水)と混合してできたものと考えられる。

一方、太平洋の深層水は、北大西洋で沈み込んで大西洋を南下した水が南極海で沈み込んだ水と混ざってできる。この水は、南太平洋から太平洋の西岸を北上するが、この間に鉛直方向にも拡散混合し広がっていく。

現在資源として利用するために汲み上げられている「海洋深層水」は、水深数百mからのものがほとんどであり、私が知る限りでは、水深1000m以深から取水したのは沖縄で行われた一例だけである。その意味では、上述した中層水に相当するものを利用していることになる。「海洋深層水」関連の商品の広告や説明にBroecker (1991)の深層大循環コンベアベルトの図を出し、「2000年の年齢を持った水」としているものが見受けられるが、これはちょっと言い過ぎである。「海水の年齢」とは、表層で大気と接していた海水が海洋内部に潜り込んで大気との接触を断ってから経過時間である。北太平洋の中層水は、冬季に北部北太平洋高緯度域で潜り込んだ水を起源にしているが、潜り込んだのはつい最近であろう。

しかし、今汲み上げている「海洋深層水」が「中層水」であっても、いままで考えられていた資源としての利用価値は変わらない。表層水に比べ、水温は低温で季節変化は少ないし、深層水ほどではないにしても、栄養塩濃度は高く、懸濁物は少ない。また、人工有機化合物は検出限界以下である。このような特徴を生かした、配管の汚れが少なく安定した冷熱源、安全な食品の原料、貧栄養海域の肥沃化、汚染海域の浄化などへの応用には十分であろう。なお、深層水の定義や化学成分については角皆(2001)を参考にされたい。

### 3. 深層水と二酸化炭素

深い所からの海水が自然に表層に上がってくる湧昇域は、有用な漁場となっている。これは、栄養塩が下から供給され、植物プランクトンの生産が活発になり、これを食べる動物が集まるからである。深層水(中層水)を栄養塩のほとんどない表層に散布して生物生産を高めようとするのは、人工的な湧昇を作り出そうとするものである。

一方、大気中の二酸化炭素濃度の上昇による地球温

暖化は大きな社会問題になっており、地球規模の炭素の循環に果たす海洋の役割も注目を集めている。化石燃料の消費や他の人間活動により、年間約65億トンの炭素を二酸化炭素として大気へ放出している。海洋は正味で年間約20億トンを吸収していると見積もられているが、それは大気から海洋への流入量年間約920億トンと海洋から大気への放出量年間約900億トンとの差である。そして、太平洋での最大の放出域は、赤道湧昇海域である。そのため、人工的に湧昇を起こすことは、海洋から大気への二酸化炭素の放出を促進することになり、地球環境によくないと危惧する声が増えてくる。本当にそうなのか、実際の観測値を使って説明してみたい。

大気から海洋に吸収された二酸化炭素は、気体として溶けているだけでなく、炭酸、重炭酸イオン、炭酸イオンの形で溶けている。これらの化学種を個別に測定することはできず、これらの総量である全炭酸とアルカリ度やpHを測定して算出する。図3に図1, 2で例示した観測点での全炭酸とアルカリ度の鉛直分布を示した。

全炭酸とアルカリ度から、ある深度にある海水を表面に汲み上げた時の二酸化炭素の濃度(二酸化炭素フガシティー)を算出することができる。その結果を図4に示す。

もともと大気と接している表層水の値は $350 \mu\text{atm}$ と大気中の二酸化炭素フガシティー( $360 \mu\text{atm}$ )と同程度であり、この場合は大気-海洋間でほぼ溶解平衡

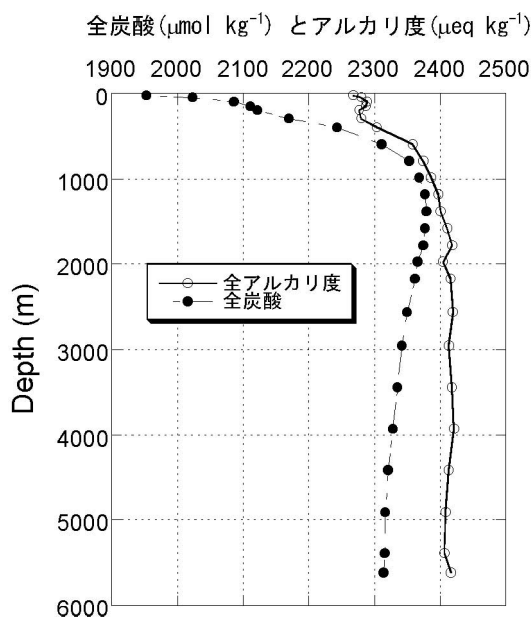


図3. 西部北太平洋(36°N, 147°E)で観測した全炭酸と全アルカリ度の鉛直分布

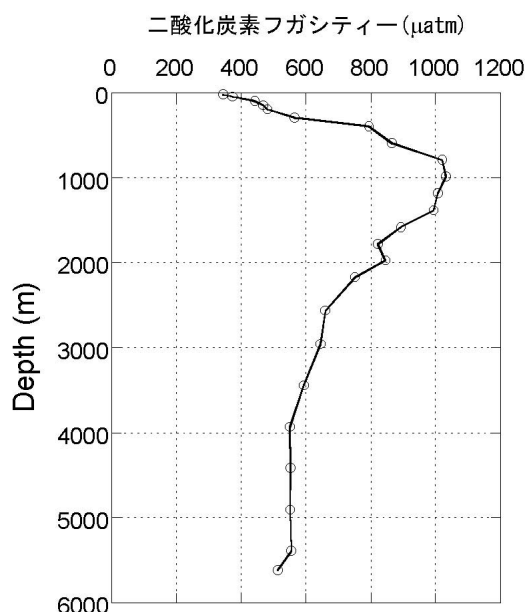


図4. ある深度の海水を表面に持ってきた時の海水中の二酸化炭素フガシティー

に達していると考えられる。それでは、深いところの海水を表面まで持ってきた時の二酸化炭素フガシティーを考えてみよう。中層水として300m、深層水の最上部（酸素極小層）として1000m、典型的な深層水として4000m層の海水を考える。それぞれの海水を、水温を保ったまま大気圧まで持ってくると二酸化炭素フガシティーは565、1020、520 $\mu$ atmとなり、大気中の値よりも高くなる。深い所にある海水は、かつて表面にあつて大気と接していた時に大気と二酸化炭素のやりとりを行い、その時の量を保存しているはずである。その値（大気中の二酸化炭素フガシティー）は、産業革命以前は280 $\mu$ atmで現在は360 $\mu$ atmである。従って、深層水中の二酸化炭素フガシティーは280 $\mu$ atm、「新しい」表層水が混ざっている中層水では280～360 $\mu$ atm値をとるはずだが、これよりも高いのは、表層での生物生産によって作り出された有機物が粒子の沈降によって下で運ばれ分解し、無機態の炭素に戻っているためである。図4の値はその深さでの水温のまま求めたものである。海水の二酸化炭素フガシティーは水温に大きく依存しており、1 $^{\circ}$ C上昇すると約4%高くなる。従って、1000m層の海水を汲み上げ周囲の海水温と（2 $^{\circ}$ C）まで上昇すると、2260 $\mu$ atmになる。

高い二酸化炭素フガシティーを持った海水が大気と接触すると、大気中の二酸化炭素フガシティーと平衡になるまで二酸化炭素が大気に放出される。平衡に達するのに必要な時間は、その場の海面の状態によるが

（荒れた海ほど交換速度が速い）数百日かかる。海洋深層水の汲み上げ利用の場合は、利用の際に機械的にかき混ぜる過程があるだろうから、瞬時に大気と平衡に達すると仮定しよう。300m、1000m、4000m層の海水1トンからは炭素にしてそれぞれ0.8、1.7、0.8gの二酸化炭素が放出されることになる。日量100万トンの大量放流をしたとしても年間で炭素として数百トンの二酸化炭素が放出される程度であり、化石燃料による放出するに比較すると無視できるほど小さい。

これまでは二酸化炭素そのものだけに注目してきた。しかし、深いところで無機態炭素だけでなく、硝酸塩やリン酸塩などの栄養塩濃度も高いので、深層水を汲み上げると無機態炭素とともに栄養塩もいっしょに運ばれる。この栄養塩を使って植物プランクトンが増殖すると、海水から栄養塩がなくなるとともに無機態炭素も減少する。仮にすべての栄養塩が枯渇するまで生物生産が起こるとすると、300m、1000m、4000m層から汲み上げた海水の二酸化炭素フガシティーはそれぞれ220、170、140 $\mu$ atmまで減少し、今度は大気から二酸化炭素を吸収することになる。

このように、深層水を汲み上げて放流すると、一度は二酸化炭素が大気に放出される可能性があるものの、生物生産が起こった後は逆に大気中の二酸化炭素を吸収できるようになる。しかし、その量は海水1トンあたり炭素として1～2g程度であるから、現在自然に海水が吸収しているのと同程度の二酸化炭素をさらに吸収するためには、日量数十兆トンの海水を汲み上げなければならない。海洋深層水の汲み上げは、海洋からの二酸化炭素放出を促進するものではないものの、大気中二酸化炭素濃度抑制策とするのも難しい。

#### 参考文献

- 高橋正征、井関和夫 .2000. 総論：21世紀の資源としての海洋深層水，月刊海洋，20，5-10。  
 Broecker, W. S. .1991. The great ocean conveyor, Oceanography, 4, 79-89.  
 角皆静男 .2001. 海洋深層水の化学的特性，海洋と生物，23，4，343-349。

## (2) 海洋深層水のエネルギー量

筑波大学名誉教授 高野 健三

## 1. 深層水

「深層水の利用」という立場での「深層」は日本では200m以深を指すことが多い。前世紀の初めから今日まで海水の性質・動きを記述する上で「水塊」という考え方があって、海水は海面から海底に向かって、表層水、中層水、深層水、底層水に大別される。深層水は、場所によって異なるが、だいたい2000mから4000mの深さに広がる。また、前世紀の中頃から、海水の大規模運動を理解するため海を上下2層に分けた2層モデルが時々使われている。下層を深層と呼んでもよいが、上下層の境目は主水温躍層（深さの増加に伴う水温低下がほかと比べて大きい層）で、その深さは場所によって違うが、だいたい数100mから1000mである。少し古いが、19世紀の中頃に広く信じられていた学説にForbes (E. Forbes, 1815 ~ 1854) の「深海説」がある。深海と深層は同義語と見てよい。深海の暗さ・水の圧力と冷たさなどを考えて生物は深海には存在しない、というのであるが、この場合の深海は550m（のちに修正されて700m）以深であった。

深層と表層間の水温差を発電に利用する提案が19世紀末にあってから今日まで温度差発電についていろいろな提案と試験があった。これらの案や試験での深層水の深さは300m程度のこともあるが、多くはずっと深く、1000m以深もある。

いろいろな「深層」があるが、ここでは地球規模での温度差発電を念頭において熱エネルギー量を考えてみる。

## 2. 温度差発電と漁業への効果

表層海水と深層海水の温度差を発電に利用する案を最初に発表した(1881年)のはD'Arsonval (1851~1940)で、実際に温度差によって電気を起こしてみせた(1926年)のはClaude (1870 ~ 1960)とBouchelot (1869 ~ 1943)である。その後、Claudeは1928年にベルギーで、1929年と1930年にキューバで、1934年にブラジルで、実験を繰り返した。1948年から

数年間、象牙海岸（現在のコートジボアール共和国）で行われた現地試験の過程でおそらく世界で初めて、深層水汲み上げで魚が増えることが分かった。魚からの収益が、得られる筈の電気からの収益の5倍になると期待されていた。第二次世界大戦後は、深層水利用はおもにアメリカで研究・実施されるようになった。

温度差発電を行ったあとの深層水を漁業に役立てるとして、漁獲高の増加についていくつかの見積もりがある。海域にも季節にもよるが、だいたい6 ~ 12 AYU程度である。AYU (Annual Yield Unit,  $\text{g year}^{-1} \text{c m}^{-3} \text{s}^{-1}$ )は、深層水の供給  $1 \text{cm}^{-3} \text{s}^{-1}$  あたりの漁獲高の増加分である。ある見積もりでは10MWの温度差発電には  $50 \text{ m}^{-3} \text{s}^{-1}$  の深層水が必要なので、漁獲増加分は  $300 \sim 600 \text{ t year}^{-1}$  となり、魚種によるが300万 ~ 800万ドルの増収になるそうである。

近年は技術が進歩して、出力10MWに対して深層水は  $10 \text{ m}^{-3} \text{s}^{-1}$  程度ですむといわれる。そうすると、発電量に対する漁獲高の増加分も上の数字の1/5になってしまうが、それでも温度差発電の副次効果としての値打ちは高い。

## 3. 熱

「熱」はありふれた日常語であるが、その物理内容は必ずしも正しく理解されていない。Von Arx (1974)によれば、「海の表層には大量の太陽エネルギーが熱として蓄えられていて、もし1時間のうちに使いきれば約  $10^{21} \text{ W}$  となる」この著名な海洋学者も「熱」を理解していなかったらしい。どのくらいの熱量が海の表層（あるいは海全体）にあるのか、という設問自体が意味をなさない。世界中の海の平均水温が  $0.1^\circ\text{C}$  だけ高くなった時、海はどれだけの熱量を得たことになるか、という設問は正しい。熱はエネルギーの移動だけによって定義される量であって、物の状態を記述する量（たとえば重さや体積や温度）ではない。この点で熱は位置エネルギーに似ている。位置エネルギーは運動エネルギーと並んで大切な力学エネルギーであるが、値そのものには何の意味もない。基準の取り方によってどのような値にもなるからである。ある力学過程の中でその変化量だけが重要な意味をもつ。上の Von



Arx の場合、熱の移動が起きるには表層とは別の、ある物(移動先)が必要であるが、もし、その温度が表層の温度に等しかったら、表層の温度がいくら高くても熱は移動せず、熱エネルギーを取り出せない。「海流(たとえば黒潮)は莫大な熱を運んでいる」というのも誤りである。「海流が持つ熱」が無意味なのだから。

本稿の表題には「深層水のエネルギー」とあるが、深層水は低温だから、熱がそこから他所へ移動する移動元とは考えにくい。暖かい表層からの移動先である。したがって、ここでは深層水の熱エネルギーは表層水の熱エネルギーと同じ意味となる。

#### 4. 熱エネルギーの見積もり

Wick と Schmitt(1977) は温度差エネルギーをつぎのように見積もった。かりに表層の平均水温が深さ 400m の水温に等しかったとして、その水温から現実の平均表層水温に達するまで表層を暖めるのに必要な熱量を求める。別の言い方をすれば、現実の表層水温を深さ 400m の水温にまで下げるには、どれだけの熱量を表層から取り除かなければならないか、ということである。表層と 400m の深さの水温差を  $\Delta T$ 、表層海水の密度、体積、比熱を  $\rho$ 、 $V$ 、 $c$  とする。

熱エネルギー  $E$  を

$$E = \rho c V \Delta T$$

と定義する。

氷に覆われていない世界中の海の面積を  $A$ 、表層混合層の厚みを  $D$  とすれば、

$$V = A \times D \quad (A = 3 \times 10^{14} \text{ m}^2)$$

$D$  の代表値として  $D = 10^2 \text{ m}$  とする。密度と比熱は、

$$\rho = 1.03 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

$$c = 1 \text{ cal } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ g}^{-1} = 4.2 \text{ J } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ g}^{-1}$$

とする。温度差  $\Delta T$  は海域や季節によって変わるが、年平均の代表値として  $\Delta T = 12 \text{ }^\circ\text{C}$  とする。したがって、

$$E = (1.03 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}) \times (4.2 \text{ J } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ g}^{-1}) \times (3 \times 10^{14} \text{ m}^2 \times 10^2 \text{ m}) \times 12 \text{ }^\circ\text{C} \\ = 15 \times 10^{23} \text{ J}$$

世界規模の水温分布が形成されるには長い時間が必要である。その長さ  $t$  は海水大循環の時間規模にほぼ等しい筈で、1000 年 ( $3 \times 10^{10} \text{ s}$ ) とする。

1 秒あたりのエネルギー (工率)  $P$  は

$$P = E / t$$

$$= 50 \text{ TW}$$

( $1 \text{ W} = 1 \text{ J s}^{-1}$ 、 $1 \text{ TW} = 10^{12} \text{ W}$ 、 $T$  は Tera、テラ)

しかし、この 50TW のすべてが仕事に変わりうるわけではない。熱力学の第 2 法則によれば、2 つの熱源の絶対温度を  $K_1$  (高温側)、 $K_2$  (低温側) とすれば、温度差を仕事に変換する際の最大熱効率は  $(K_1 - K_2) / K_1$  だから、上の場合の効率は 4% くらいにしかならず、50 TW は 2 TW 程度になってしまう。

工率が 50 TW、といってもピンとこないが、大気圏の外縁に到達する太陽の放射エネルギーは 170 PW ( $1 \text{ PW} = 10^{15} \text{ W} = 1000 \text{ TW}$ 、 $P$  は Peta、ペタ) あまりである。その 30% は雲などで反射して宇宙空間に戻ってしまうので、地球に入ってくるのは正味約 120 PW である。(地表下からも熱は出てくるが、その量は非常にすくない。) この 120 PW によって人類などの生物が生存し、大気や海にさまざまな現象が起きている。現在、人類が消費しているエネルギーは、その 1/10,000、10TW、の桁であり、そのうち電力としての消費量は 1TW の桁である。毎秒 120 PJ のエネルギーが地球に入ってくるのだから、そのままでは地球は暖まる一方であるが、地球自身も宇宙空間に向かってエネルギーを放射している。(非常に長い時間を考えなければ) 入ってくるエネルギーと出てゆくエネルギーとが等しい量になっているので、地球の温度は一定に保たれている。

しかし、地球全体ではそうであっても、低緯度では入ってくるエネルギーが、出てゆくエネルギーを上回り、高緯度では逆に出てゆくエネルギーが、入ってくるエネルギーを上回る。それで、低緯度帯は年々暑くなり、高緯度帯は年々寒くなる筈であるが、現実にはそうならず、低緯度帯も高緯度帯もほぼ一定の気温・水温・地温を保っているのは、低緯度から高緯度に向かって大気と海が熱を運び、低緯度帯を冷やし、高緯度帯を暖めているからである。海はおもに子午面循環によって熱を運ぶ。経度方向に平均すると、表層を暖水が高緯度に向かって流れ、下層を冷水が低緯度に向かって流れ (これを子午面循環と呼ぶ)、差し引き、熱を高緯度に運んでいる。

鉛直方向には、低・中緯度では水温は深さとともに下がるので、熱は伝導によって高温の表層から低温の深層に伝わり、深層を暖めるから、深層の水温は時間とともに高くなる筈であるが、現実には深層はいつも冷たい。高緯度の表層から深く沈降した冷水が低緯度に向かって流れ、中・低緯度で表層に向かって浮かび上がりながら、深層を冷やして、表層からの伝導による加熱効果を打ち消しているからである。高緯度の表層からの沈降水量、したがって中・低緯度での深層からの湧昇量はだいたい  $40 \text{ Mt s}^{-1}$  であって、人類が世界中で農業・工業・家庭用水として毎秒使っている水の 300 ~ 400 倍である。

### 5. 熱エネルギー利用の限界

海面水温に及ぼす影響を考えて熱エネルギー利用の限界を示したのは Von Arx (1974) である。Von Arx によると 10 TW の温度差発電によって海面水温の（世界の全海洋にわたる）平均値は約  $1^\circ\text{C}$  下がる。一方、約 18,000 年前（現在に最も近い氷期の最も寒かった時期）の平均海面水温は現在よりも約  $2^\circ\text{C}$  低かった。

海は、さまざまな面で直接・間接に大気的气候や気象に密接にかかわっている。このかかわりの多くには海面水温が強く利いているので、平均海面水温が約  $1^\circ\text{C}$  低い海に対応する大気の状態（気象・気候）は氷期の状態に近くなるだろう。そこで、氷期の再来を防ぐためには 10 TW が利用の限界だという。

温暖化の兆候が明らかになってきた現在では、深層水汲み上げは海面水温の上昇を抑える効果がある。ちなみに 19 世紀中頃から現在まで、海面水温は全世界で平均して  $0.5^\circ\text{C}$  くらい上昇している。温暖化を抑えるには大気をじかに冷やすのが最も手っ取り早い。Von Arx の見積もりが正しければ、数 TW の温度差発電で温暖化が始まる前の気候に戻るだろう。

かりに 1MW の温度差発電が  $4 \text{ t s}^{-1}$  の深層水を使うとすれば、10 TW では  $40 \text{ Mt s}^{-1}$  となる。この水量は現在の子午面循環の強さに匹敵するから、自然の子午面循環を人為で 2 倍に強めることになる。たとえば、人類の消費エネルギーは、太陽エネルギーの

$1/10,000$  の桁であり、二酸化炭素については大気と海や陸地の間をゆききしている（炭素）量が  $100 \text{ Pg year}^{-1}$ （炭素量）程度であるのに対して、人類が大気中に放出している炭素量は  $5\sim 6 \text{ Pg year}^{-1}$  である。

これらの数字と比べて、子午面循環を倍に強めることは自然に対する過度の介入のようであり、海面水温が  $1^\circ\text{C}$  下がるくらいですむのか疑わしい。Wick と Schmitt にもとづいて、発電と汲み上げ量の限界をせいぜい 1TW 程度、 $4 \text{ Mt s}^{-1}$  と考えるほうが妥当であろう。

かぜ波や潮汐などの海洋エネルギーのうち、温度差エネルギーへの期待は最も高いし、すでに半世紀前の象牙海岸での試験が示すように、深層水汲み上げは表層の生物生産性を高め、漁獲量をふやすから、今後、汲み上げ量は増え続けるだろう。 $40 \text{ Mt s}^{-1}$  ほどではないにしても大規模に汲み上げるのなら、事前につぎのことがらの検討が必要である。

(1) 数値シミュレーションや古海洋データによると、氷期には子午面循環は弱く、海が低緯度から高緯度に運ぶ熱量も少なかった。汲み上げは子午面循環を強めるから、温暖化の促進につながるかも知れない。汲み上げによって表層水温は下がり、深層水温は高くなるだろうが、Von Arx が予想するように、本当に寒冷化・温暖化抑制効果があるだろうか。

(2) 現在、海中に存在する炭素量は大気中の量の約 60 倍であり、その大部分は深層にある。深層水の汲み上げは、過渡現象かも知れないが、大気中に大量の二酸化炭素を放出して温暖化を強めないだろうか。

(3) 表層の生物生産性は高くなるとして、大気中の二酸化炭素はどの程度植物プランクトンに吸収されるだろうか。

### 参考文献

- D'Arsonval, J. 1881. Utilisation des forces naturelles. La Revue Scientifique, Sept. 17, 370-372.  
 Von Arx, W.S. 1974. Energy: Natural limits and abundances. Oceanus, 17, summer, 3-12.

## (1) 人工湧昇流漁場へのチャレンジ

(社) マリノフォーラム 21 事務局 畔田 正格

### 1. プロジェクト研究の背景と趣旨

古くから独特の魚食文化を育んできた我が国では、食生活が多様化した現在でも、私達は動物性タンパク質の約40%を水産物から摂取しています。しかし、その内容は、近年の我が国沿岸の漁業生産量の減少と水産物輸入量の急増によって、食用魚介類の約40%が輸入水産物でまかなわれているという異常な状況が続いています。このような不安定な需給構造から脱却し、我が国の豊かな食文化を守っていくうえで、水産物の自給率を高めることが緊急の課題となってきました。

一方、海洋深層水が海の表面近くに湧き上がる湧昇域には豊富な栄養塩類をもとにした大型植物プランクトンによる活発な一次生産、短い生食食物連鎖、各栄養段階間での高い転換効率を基盤に魚類の生産が効率よく進行する独特の生態系が形成され、好漁場として古くから利用されてきました。現在、海洋全体の面積の0.1%を占めるにすぎない湧昇域で世界の漁獲量の1/2以上が水揚げされているといわれています。同時に、植物プランクトンの光合成による大気中の二酸化炭素の吸収と合成された有機物の糞や死骸の形で深海への沈降・排除による温室効果ガスである二酸化炭素を吸収する仕組451万平方キロで世界第6位の広さを持っていますが、生産性が高く、漁場として高度に利用されている水深200m以浅の水域は228万平方キロで経済水域の6.2%にすぎません。既存漁場での資源管理やつくり育てる漁業の推進と併せて、この未利用・未開発水域の生産性を高め、漁場として活用していくことが水産物自給率を高めていくうえで重要です。このため、水産庁は、平成12年度から5年計画で、未利用漁場の開発と環境問題への貢献を目指した人工的に湧昇流漁場を造成するプロジェクト研究を予算化し、(社)マリノフォーラム21が実施主体となりました。

### 2. プロジェクト研究実施体制

(社)マリノフォーラム21では富山県氷見沖でのパイオニア実験、カリブ海やハワイ沖等での関連研究、日・米・欧の研究者によって検討されている「Upwelling Mariculture 21」構想等の情報をもとに、深層水による一次生産の加速等に関する「基礎研究」、漁場造成効果の実証等に関する「応用研究」及び汲み上げシステム等ハード面の開発に関する「技術開発研究」を相互に最新情報をフィードバックしながら効率良く推進することとしました。このため、新たに設け

た「深層水活用型漁場造成技術開発委員会」(高橋正征委員長)の中に、基礎的研究を行いつつプロジェクト全体の指導・助言を担当する「推進委員会」(高橋正征委員長、井関和夫副委員長、古谷 研委員、原田 晃委員、安田一郎委員、大塚耕司委員、高木伸雄委員)、効果調査等を担当する「情報・効果調査WG」(リーダー：芙蓉海洋開発、サブリーダー：間組、参加メンバー：10社)及び機器開発を担当する「機器開発WG」(リーダー：大内海洋コンサルタント、サブリーダー：石川島播磨重工業、五洋建設、東亜建設、三菱重工業、参加メンバー：19社)及び運営委員会(高橋委員長、推進委員会委員、各WGのリーダー及びサブリーダー、実施水域である神奈川県高間 浩委員で構成)を設置し、運営委員会を中心に、相互に連携をとりつつ、プロジェクト研究を推進してきました。

### 3. 実証実験水域の選定

人工湧昇流漁場の造成を天然の海で実証するのに適したモデル水域を選定するため、日本周辺の海底地形、水温・塩分、栄養塩類、クロロフィル、海水流動、気象、海象等に関する既存の情報が収集され、地理情報システム(GIS)等を活用して総合的な解析が行われました。同時に、収集された資料を使って相模湾、富山湾等における海水の移動・拡散に関するシミュレーションが実施されました。この結果候補水域として相模湾と富山湾が選定され、詳細な現地調査と既存資料等の調査が実施されました。このような自然条件に関する選定作業に、漁業の実態、漁業調整の難易、調査・研究情報の蓄積、地元自治体の受け入れ体制等の社会的条件を加味して相模湾中央部の三浦海丘南西部水域(北緯35度05分22秒、東経139度25分29秒、水深970~990m)がモデル実証実験水域に決定されました。

相模湾は1000m等深線が岸近くまで入り込んだ急深で、開放的な湾ですが、現場調査等で200m以深には水温、塩分の季節的変化が小さく、硝酸態窒素にして $20\mu\text{mol/l}$ 以上の栄養塩類の豊富な深層水が湾内全体に分布していることが確認されました。同時に、この水域の、特に、夏季の表層水の栄養塩濃度は低く、深層水汲み上げによる漁場造成効果を確認するのに都合の良い条件が整っていることも把握されました。また、蛍光染料を用いた水塊追跡調査で夏季には、この水域には黒潮の流れに対応して形成される渦流域が存在し、汲み上げた栄養塩類の豊富な深層水が希釈・拡散されるのを防ぐ自然の仕組みが備わっていることも確かめられました。

#### 4. 海洋肥沃化システムの設計・製作

相模湾の三浦海丘近傍に設置される海洋肥沃化システムは将来の実用化を目指し、イニシャルコスト、ランニングコスト、沖合での管理の容易さ、耐用年数等を視野に入れ、漁場造成のために最も効果的で、かつ、経済性に優れた総合的システムの実現に向け、検討が進められました。

はじめに、使用エネルギー(波力、温度差、太陽光、風力、ディーゼルエンジン等)、汲み上げ方法(インペラ、ポンプアップ、エアリフト等)、放流方法(水中放流、水上放流等)、浮体(没水型、半没水型、水上型等)、取水管材料(ポリエチレン、鋼、複合材料等)、係留方法(テンション型、カテナリー型等)、設置方法(単管結合、一体立ち上げ)等に関する現在利用可能な全ての要素技術について、個々の技術の完成度、コスト等とともに、システムとして総合化した場合のメリット、デメリットを含めたフィージビリティ・スタディが行われました。また、密度流拡散、浮体及び取水管の動揺等の水槽実験が行われました。

この結果、使用エネルギーはランニングコストの安い温度差発電とイニシャルコストが安く、最も確実なディーゼルエンジンの併用型とし、汲み上げ・放流方式は汲み上げた深層水を有光層に滞留させるため暖かい表層水と混合し、密度流として拡散するインペラ方式を採用することとなりました。また、浮体は荒天時の安定性に優れた没水型が、取水管は取水量を考慮して鋼管が、係留方法は多点カテナリー型が採用されました。このような解析結果を踏まえ、深層水汲み上げ量1日当たり50万トン为目标とする、将来の世界の海での実用化に備えた基本的な設計図が完成しました(図)。

その後行われた現地調査を踏まえ、相模湾の躍層の位置、補償深度等の環境特性や予算状況等を考慮して、基本設計に基づくキーテクノロジーを基盤に、詳細設計が完成し、実験システムの製作が平成15年5月の実験水域への設置を目指して進行中です。最終的な実験用海洋肥沃化システムは水深980mの水域に設置され、200mの水深から1日当たり10万トンの深層水を汲み上げ、20万トンの表層水と混合して水深20m層から放水する能力を持っています。使用エネルギーはディーゼルエンジンで、取水管を含めた全高は205m、排水量約1700トンの規模を持ち、深層水取水管内径1.00m、揚水ポンプインペラ径2.35m、放水深度20m等の特徴を持っています。係留方法は1点カテナリー方式が採用されました。設置は陸上でシステム全体を組み立てた後、現場水域に運搬し、一体立ち上げ方式で行うこととしています。

#### 5. 今後の展望

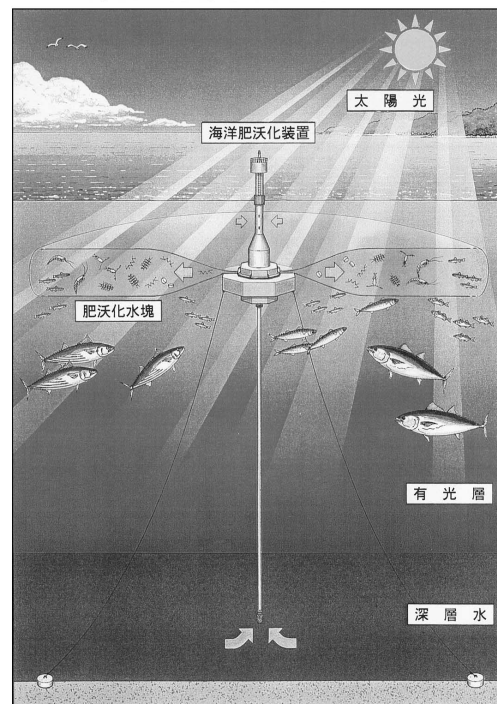
平成14年度は15年5月に予定されている海洋肥沃化実験装置の設置を控え、システムの製作と設置後の効果調査を効率的に行うための準備を整えることに全力を集中することとしています。海洋構造、栄養塩類、植物プランク

トンの分布様式等について設置予定水域周辺の、特に、夏季に重点をおいた精密なバックグラウンドデータの集積に努めるとともに、肥沃化効果を効率良く実証するため蛍光染料及び高感度・高保存性化学トレーサーを用い、水塊挙動追跡技術の開発に取り組みます。

平成15年5月以降は、これらの準備手順を踏まえ、海域の肥沃化効果、漁場造成効果、二酸化炭素吸収効果等を検証することとなります。海洋肥沃化システム周辺には海洋深層水によって加速される低次生産を基盤にいわし、あじ、さば等のプランクトン食性の浮魚類が蟄集することが期待されます。また、鉛直的に大きな広がりを持つ海洋肥沃化システムの魚礁効果にも期待が持てます。しかし、このような「夢」が持続的に実現するためには、地質学的な永い年月をかけ、壮大な規模で、総合的に築き上げられてきた自然の仕組みに則ったシステムが構築されてはじめて実現するものと考えられます。また、栄養塩濃度の高い深層水を人為的に汲み上げて海域を肥沃化しようという物質循環の加速が生態系のバランスへ及ぼす影響については未知の部分が多く残されています。肥沃化が小型の鞭毛藻類の増殖につながる可能性や二酸化炭素を多く含む深層水のくみ上げと光合成による吸収による二酸化炭素の収支等生態系に与える負の影響も含め、このプロジェクト研究においては産学官が緊密に連携しつつ、実証的に検討していくこととなっています。

私達は、行き過ぎた不安や過大な期待を克服しつつ、粘り強く、この夢にチャレンジしていきたいと考えています。

#### 深層水利用海洋肥沃化システム



海洋肥沃化システムの概念図

## (2) クルマエビ・母エビ養成に成功

沖縄県海洋深層水研究所 玉城 英信

### 1. はじめに

クルマエビ(学名: *Penaeus japonicus*)は、日本からオーストラリア北部にかけての西太平洋、アフリカ南部及び東南海域、紅海、そして地中海までの広範囲に分布しています(Justo, 1990)。クルマエビの稚エビ(体長10~60mm)は、干潟などの沿岸域で生活し、成長にともなって徐々に外洋域の深所へ移動、体長210mm以上の2, 3歳エビは水深50~100mの所に生息することがわかっています。(日本栽培漁業協会, 1986)。現在、日本で養殖されているクルマエビは、クルマエビ属の一種で、世界で最も高価なものであり、生きた状態のものが好まれます(Justo, 1990)。

沖縄県におけるクルマエビの養殖はこのようなクルマエビの生活史をうまく利用し、夏季の高水温期に種苗を入手し、冬季の低水温期に成長させ、端境期に出荷することによって、経営が営まれています。

### 2. 沖縄県におけるクルマエビ養殖

沖縄県のクルマエビ養殖は、1963年頃から始められ、年々生産量を伸ばし、生産額では1993年、生産量では1995年に全国1位を記録、1989年(平成元年)以降の平均生産量は543tと全国シェアの26.2%を占め、生産額では37億円と全国一の産地に伸展してきました(図1)(玉城英信, 2002)。1989年以降の沖縄県の生産量は425~784トンの範囲で、1996年以降は、市況悪化による単価の低下を乗り越えるため、増産によって経営を維持していました。ところが、1998年には県内45%の養殖場でウイルス性疾病のPAVが発症し(杉山・中村, 2001)、25億円にもおよぶ被害をうけ(沖縄県車

海老漁業協同組合, 2001)、健全な種苗の安定的な確保の必要性が強く望まれるようになってきました。

このような背景のなか、2000年に沖縄県海洋深層水研究所が開所し、海洋深層水の特長である清浄性、低温性を活用した「養殖クルマエビからの母エビ養成技術」に関する本格的な研究に着手しました。

### 3. 研究の成果

試験には海洋深層水を使用して、水温18~24℃の範囲に管理された池で、養成されたF2(二代目)のクルマエビを用いました。供試した235尾の雌エビの平均体重は62.0gで、ホルモン処理を施した後、成熟水槽内に収容しました。その結果、2001年6月5日から9月28日の間に、6,413万粒の産卵を確認し、3,887万尾(ふ化率は60.6%)のふ化幼生が得られました。

このふ化幼生のうち、3,047万尾を用いて種苗生産を実施した結果、生残率は9.4%と低いながらも、体長2.7~3.5cmの種苗(P20~P39サイズ)287万尾を生産しました。生産された種苗(F3、三代目)のうち、150万尾は県内6ヶ所のクルマエビ養殖場に出荷されました。また、5万尾は2002年度の種苗生産用の母エビとして屋外300t池で養成中です。加えて、出荷された種苗の養殖歩留まりは60.5%と一般的な事業所レベルでの養殖歩留まりと同等な成果が得られました(依光, 1988)。以上のように、養成母エビからの大量採卵、完全養殖は可能であることが明らかになりました。そこで、沖縄県では2002年度に県内全域を対象としたクルマエビのふ化幼生、または種苗を出荷する実用化試験を実施する計画です。

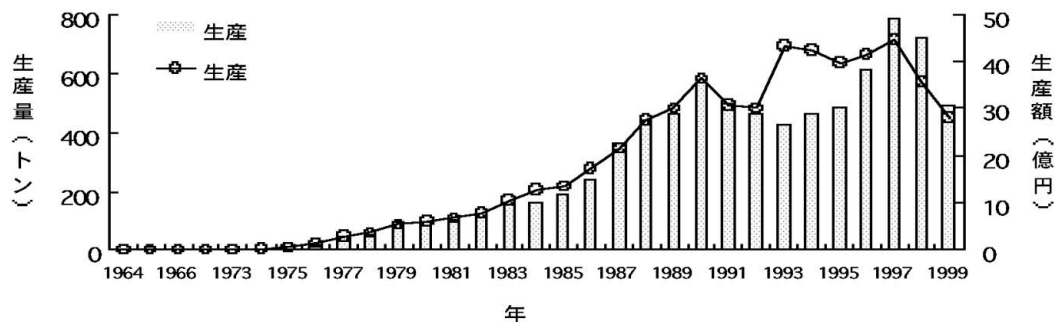


図1 沖縄県における養殖のクルマエビの生産量と生産額の推移

[資料: 琉球の水産業、沖縄農林水産統計年報、漁業・養殖業生産統計年報]

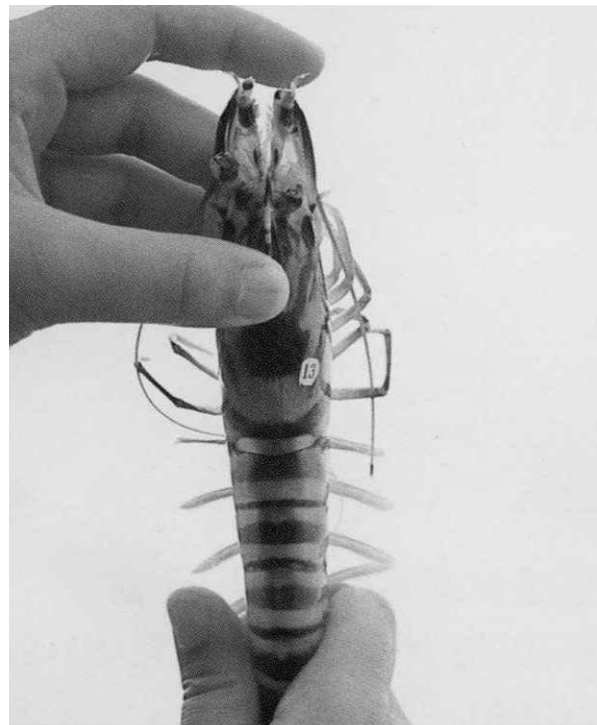
(注) 日本復帰前の1972年以前の生産額は1ドル360円で換算して使用した。

#### 4. 今後の課題と展望

これまでの研究成果によって、母エビの大量生産、完全養殖は可能であることが明らかになったことから、今後は実用化に向けて、さらに研究を深化させるとともに、優良形質（成長の早い、形が良い、色柄がきれいなど）のクルマエビを選抜し、より高品質のクルマエビを作り出すための育種研究を積極的に進めていく必要があると考えています。また、将来的には育種研究の成果を高度化させるための人工授精や耐病性の研究などを実施し、これまで産地ブランドであった沖縄県のクルマエビ養殖を、品種ブランドの養殖へと転換していきたいと考えています。

#### 参考文献

- 沖縄県車海老漁業協同組合．2001.  
平成14年度沖縄県水産業拠点強化構造改善特別対策事業実施希望書．
- 杉山昭博、中村博幸．2001.  
クルマエビ類の急性ウイルス（PAV）の予防対策．平成12年度普及に移す技術概要．農林水産試験研究推進技術会議，p103.
- 玉城英信．2002.  
平成12年度沖縄県漁業の動き，  
沖縄総合事務局農林水産部編集，106-112．
- (社)日本栽培漁業協会．1986.  
クルマエビ栽培漁業の手引き．306pp.
- 依光直樹．1988.  
サンゴ礁域の増養殖．緑書房，152-169.
- Justo, C. 1990.  
世界のエビ類養殖．緑書房，380pp.



海洋深層水で飼育した成熟エビ

### 会員からの便り

#### 「北海道における海洋深層水利用の研究」

北海道立地質研究所海洋地学部 嵯峨山 積

現在、北海道では海洋深層水利用のために、熊石町が2002年秋に取水施設の完成を、岩内町は2003年度に本格取水の開始を、羅臼町は2004年度を目標に取水施設の新設を、それぞれめざして取り組んでいます。

このような取り組みの効果的推進のために、海洋科学技術センターと地質研究所では平成12年度から3年計画で共同研究「海洋深層水と温泉水の熱エネルギー利用に関する研究」を行っており、平成14年3月に札幌市で中間成果発表会を開催しました。講演内容は以下の通りです。

#### 【招待講演】

韓国海洋深層水の現状と利用計画について：

金 鉉周（韓国海洋研究院）

#### 【研究発表】

1. わが国における海洋深層水利用の流れと現状：中島敏光<sup>\*1</sup>
2. 熊石、羅臼および岩内の海底地形・地質：内田康人<sup>\*2</sup>
3. 海底境界層の濁り分布：三森智裕<sup>\*1</sup>
4. 海洋深層水の水質特性について：安川岳志<sup>\*1</sup>
5. 海洋深層水の生成について：豊田孝義<sup>\*1</sup>
6. 海洋深層水の水質安全性について：富松亮介<sup>\*1</sup>
7. 熊石町および羅臼町の温泉利用の現状：藤本和徳<sup>\*2</sup>
8. 海洋深層水と温泉水の熱エネルギー利用の可能性：  
三森智裕<sup>\*1</sup>

(\*1 : 海洋科学技術センター、\*2 : 北海道立地質研究所)

## 韓国における海洋深層水利用の動向

海洋科学技術センター 富松 亮介

最近韓国において海洋深層水利用の動きが活発化しています。一昨年より JAMSTEC は韓国海洋研究院 (KORDI) との研究交流を行っています。そこで今回は韓国の海洋深層水取水・利用の動向について紹介したいと思います。

### 1. 背景

韓国海洋深層水取水施設の検討は韓国海洋水産部を事業主体として、韓国海洋研究院の金鉉周博士 (Dr. Hyeon-Ju Kim) を中心に研究・開発が行なわれています。韓国海洋水産部は日本の省庁の海域に係わる部を集約し、一体化した省庁です。また韓国海洋研究院は政府を中心に産・学が加わった研究機関で日本の JAMSTEC に近いのではないのでしょうか。

取水技術や利用技術に関連しては、韓国水産科学院や韓国機械研究院、韓国水資源研究所、釜京大学、江原道立大学等も協力の上、研究開発が行なわれています。

### 2. 取水予定地

取水施設の予定地は韓国東海岸の江原道高城郡に位置します (図 1)。この周辺は 1945 年頃には北朝鮮領でした。しかし、現在はソウルから車で 4 時間と近く、海が美しく、温泉もあるので、韓国有数のリゾート地です。私も昨年の 12 月に訪問しましたが、雪岳山を後ろに望んだ美しい海岸は印象的で、近くに国境があるとは考えにくい場所でした。



図1: 矢印が高城の位置

### 3. 建設計画

本格的な建設計画は 2000 年より開始しています。2000 年より研究開発を開始し、2002 年より 2005 年まで取水施設及び試験的な研究開発施設の設置、そして 2010 年までに“海洋深層水テクノパーク”と言う研究開発地域 (約 275,400m<sup>2</sup>) を建設する予定です (図 2)。ここでは研究開発からタラソセラピーなどのレジャー利用まで深層水を中心にした複合的な地域になります。

深層水の取水管の材質は硬質ポリエチレン管を中心に研究開発をしており、取水口に温度計や塩分計を設置する事も視野に入れています。取水水深は 200m ~ 300m、管長約 3.75km、取水量は 1 日 5,000 トンを想定し、その内水産分野に 2,000 トン、産業分野 2,000 トン、研究開発分野に 1,000 トン使用される予定です。また、研究開発の先駆けとして 2001 年 12 月に仮設の研究施設が完成しました (写真 1)。研究施設には脱塩装置や養殖水槽、藻類の連続培養装置もあり、深層水事業に対する期待の大きさを感じさせます。



図 2 : 深層水テクノパークの完成予想図

### 4. 将来にむけて

韓国は慢性的に水不足の状態、海水からの水の供給が期待されていますが、現在の法律では難しいそうです。しかし深層水取水施設の建設を機に法改正の動きがあるそうです。また今後の計画では 2 ~ 4 箇所の取水適地があり、高城の状態を踏まえながら計画されるそうです。

今回韓国へ行って感じた事は実現へ向けた動きがとても早いと感じました。数年後には日本を凌駕する一大深層水研究施設が出来上がります。その時に同じ深層水を扱う者として、共に情報を共有し、“アジアの深層水”として世界へ伸びてほしいと考えます。



写真 1 : 2001 年に完成した仮設研究施設

## 黒潮と親潮 (Kuroshio, Oyashio)

黒潮と親潮はともに西岸境界流といわれ、北太平洋では最も速い海流である。黒潮は台湾の北東沖を流れた後に東シナ海に入り、トカラ海峡を通過して四国海盆に流入する。犬吠埼沖より下流を黒潮続流 (Kuroshio Extension) といい、黒潮と区別している。本州南岸の黒潮はほぼ陸岸にそって流れる直進流路と、紀伊半島沖で離岸して伊豆海嶺の西を北上する大蛇行流路がある。安定な大蛇行流路は黒潮に特有の現象であり、本州の東西に走る陸岸と急峻で狭い陸棚斜面が岸に沿う海流の特性を小さくすることがその原因である。

黒潮の流れが強い所は永年水温 (密度) 躍層が水平方向から大きく傾く所で、海水は沿岸水と比較して高温高塩分であり、栄養塩やプランクトンが少なく透明度が高い。有光層の栄養塩がすぐに消費され、密度成層が大きいために鉛直混合が生じにくいのである。このため黒潮海域の色は水の分子による光の散乱 (レーリー散乱) が重要となり、波長の短い

青系統の光が多く散乱されて紺色に見え、それが黒潮といわれる所以である。

親潮はカムチャッカ半島の東岸に沿って西岸境界流として流れた後、千島列島に沿って南下する。一部がオホーツク海に流入してオホーツク海水と混合して低塩分化され、さらに北海道沖を南下する。東北沖では岸に沿って南下する部分を親潮第一貫入という。その東には黒潮の張り出しがあり、親潮はその北を迂回した後に再度南下し、そこを親潮第二貫入という。親潮第一貫入の南限は通常仙台湾沖あたりであるが、冬から春にかけて鹿島灘から房総半島まで異常に南下することがあり、注目されている。

親潮は黒潮と比べて低温低塩分である。密度成層が小さいために鉛直循環が生じやすく、栄養塩を多く含むためにプランクトンや魚類も多い。これが親潮といわれる理由である。このため親潮海域は透明度が低く、栄養塩やプランクトンなどの色が重要となり (ミー散乱)、紺色にはならず緑がかかった色をしている。

(文責: 関根義彦)

## 海藻 (marine algae, seaweed) と海草 (sea grass)

海洋には、微小な植物プランクトンから巨大なジャイアントケルプに至るまで、大小様々な植物が生活している。このうち、大型で固着生活を営むのが海藻と海草である。

海藻は海に生育する大型藻類で、10 億年前には出現したと考えられている。花や種子をつくらず、基本的には孢子で繁殖する。緑藻 (緑色植物門アオサ藻綱)、褐藻 (不等毛植物門褐藻綱)、紅藻 (紅色植物門紅藻綱) という3つの生物群の総称で、いずれもクロロフィル a を主色素として酸素発生型の光合成を行うが、補助色素の組成、細胞の微細構造、孢子・遊走細胞の形状などに違いがある。多くの海藻は同型または異型の世代交代を行う。

緑藻は陸上で生活するコケ、シダおよび種子植物と類縁関係にあり、クロロフィルbを有する。アオサ、アオノリ、ミルなど約 1000 種が知られる。褐藻はフコキサンチンなど褐色の補助色素を有し、葉緑体が四重包膜となり、遊走細胞は両羽型とムチ型の2本鞭毛をもつ。1500 種が知られ、ジャイアントケルプのほか、コンブ、カジメ、ホンダワラ類など、多年生の大型種も

多い。紅藻はフィコシアニンやフィコエリスリンなど紅色の補助色素を有し、孢子や精子が鞭毛を持たない。ノリ、テングサ、トサカノリなど約 5000 種が知られ、生育水深帯も飛沫帯から深海 (最深記録: 268 m) に及ぶ。これらの海藻は多少とも混生して藻場を形成し、主に岩礁・転石域の生産者として重要である。中でも多年生の大型褐藻類は海中林 (ガラモ場: ホンダワラ類の場合) と呼ばれる大規模な群落を形成する。

海草は、陸上で繁栄している種子植物の仲間 (すべて単子葉類のヒルムシロ科またはトチカガミ科)、で、約 50 種が知られている。根、茎、葉、花の器官を有し、主に種子で増える。約 1 億年前に淡水域で生活していた水生植物 (水草) の一部が浅海域に進出したと考えられている。代表種はアマモ、スガモ、ウミヒルモなどで、岩礁域に生えるスガモ類を除き、内湾の砂泥域で藻場 (アマモ場) を形成し、生産者としての役割を担っている。

藻場は沿岸生態系でも特に生物の種の多様性が高い。着生基質と複雑かつ静穏な空間を有し、微小な動植物も豊富であるため、多くの魚介類が産卵場や幼稚保育場として利用している。また、沿岸の浄化や寄り藻・流れ藻の供給源としても役立っている。

(文責: 藤田大介・寺脇利信)



三菱重工業株式会社横浜製作所

鉄構技術部 宮坂 政司

三菱重工横浜製作所は、鉄構・環境装置・原動機・修繕船の4部門からなり、「環境保全」を事業所経営の最重要課題のひとつとして位置づけています。事業活動のあらゆる面で、環境への負荷の低減に努めるとともに、環境保全に関連する技術や製品を開発・提供することにより、持続的発展が可能な社会の構築に貢献しています。具体的な事業としては、橋梁、沿岸・海洋構造物、LNGタンク、立体駐車場、ごみ焼却施設、ディーゼル機関、タービン・ボイラなど、主に都市インフラに係わる製品を開発・製造しています。

海洋関連では、環境・資源などの様々な観点で検討を重ねています。近年の地球環境の急激な変化や世界レベルでの人口増加が、今後わが国の食料、資源、エネルギー、環境などに大きく影響することが考えられます。これらの問題に対して、豊富な海洋資源と無限の海洋エネルギーを活かして、有用物生産、資源生産、環境改善を行うことを検討しています。例えば、メガフロートのような大型浮体構造物に各種設備を備え、風力や波力の自然エネルギーと海水の低温性を利用した発電や冷熱利用を行うと同時に、高機能的な

魚介類養殖、海藻培養、微細藻培養、海洋微生物培養を行い、これらによる各種浄化や処理、有用物生産を図るものです。浮体の利点を活かして移動式にすることにより、さらに多目的な施設を作り出すこともできます。

関連技術としては、現在当社先端技術研究センターと横浜研究所において、海藻およびその抽出物の生理活性検索と産業上の有効利用開発を行っており、様々な効果が確認されつつあります。例えば、人間の健康維持に関する中性脂肪抑制効果、太り過ぎを抑える体脂肪抑制効果、老化や疾病の初期原因となる活性酸素を抑制する効果、魚類に対しては魚病ウイルス抑制効果が期待できます。

今後は深層水利用を中心に、大型浮体構造物に係わる海洋関連技術、海域浄化や各種処理に係わる環境関連技術、自然エネルギーを利用する発電技術、資源利用や有用物開発に係わる化学・生物技術など、総合力を活かした深層水利用技術の発展に寄与したいと考えています。

株式会社 タナカショク

代表取締役社長 田中 幸彦

昭和40年代、豆腐は食品添加物を使用しない健康で安全な製品が主流でした。タナカショクは“健康的な豆腐はいい水から”という発想のもと、創業時からイオン水(電子水)を導入してまいりました。やがて時代は、コスト削減、大量生産の時代へ。およそ健康的とは呼べない豆腐が市場を席卷してゆきました。そんな中で私共は、経営理念である「安心とおいしさ」をテーマに技術の向上、自然環境への配慮、商品開発への姿勢をかたくなに守り続けてきました。

そんな地道な努力が実を結ぶことになったのが、「海洋深層水とうふ」の開発です。それまで豆腐業界では考えられなかった、海水そのままを豆腐づくりに取り入れたチャレンジ精神は、幾多の研究を乗り越える原動力となり、今日、業界、県内外の消費者の方から、高い評価を得られるまでになりました。

豆腐は、日本が世界に誇る歴史ある健康食品です。もめん、絹ごしという伝統的な味にさらに磨きをかけ、一方では、これまでの豆腐に対する概念をうち破る発想で商品開発に挑戦してまいります。しかし、どの視点に立っても、安心して食べていただける製品づくりが基本です。健康産業の一員として、私共に何が貢献できるかを追求しながら、消費者の方々に喜んでいただき、その代価をまた消費者に還元していく。このサイクルは我々の手で必ず守っていきたいと考えております。

深層水 Navi-6 報告 深層水利用促進委員会 藤田 恒美

去る2002年2月13日、都内コープビルにおいて、当研究会主催、第6回深層情報交換会「深層水Navi-6」を開催致しました。今回は新しい社会資本整備手法として注目されているPFI(Private Finance Initiative)の紹介と本会の恒例となっている各省庁の取組み紹介を行いました。会場は参加者ではぼ埋め尽くされ、過去5回と同様、深層水に対する関心の高さが伺えました。

講演会では、特定非営利活動法人日本PFI協会の榎本守氏が「PFIの現状について」と題して、PFIとはどのようなものかについて、導入経緯や適用事例などを含め、紹介されました。特に、PFIは事業発案から事業化までに時間を要することや資金調達従来からの日本方式と異なっており、海外プロジェクト等を経験したノウハウも必要であるなど、その導入にはかなりの習熟を要することがわかりました。

次に、資源エネルギー庁鉱物資源課の武田龍夫氏より、「資源エネルギー庁における海洋深層水の取組みについて」というテーマで、昨年度から進展したプロジェクト内容を中心に、その取組みの現状が紹介されました。特に、昨年、富山県入善に深層水取水施設が整備された点やシャベット海水水製造技術開発では、鮮度保持効果が確認された点など具体的な研究成果が出はじめており、今後の成果が期待されます。また、反面、今後の研究成果を電力会社等にPRする方策や大規模取水方式のコスト低減策など課題も少しずつ明らかとなってきており、今後も注目していきたいと思えます。

最後に、水産庁増殖推進部海洋技術室の三野雅弘氏より、「水産庁における海洋深層水の取組みについて」と題して、同庁の補助事業(漁港漁村活性化対策事業)と技術開発事業の紹介がありました。特に、漁港漁村活性化対策事業により深層水取水施設が整備され、着実にその数が増加している点や、技術開発事業では、人工湧昇装置や相模湾に設置予定の海洋肥沃化装置関連事業が進んでいる点などの紹介がありました。

講演会後の懇親会においても、異分野の深層水に関心を持つ会員同士の活発な情報並びに意見交換が行われ、成功裡に情報交換会を終了することができました。

深層水利用促進委員会では、引き続き、このような機会を作り、会員皆様へ深層水利用に関する正確な最新情報や研究成果を提供していく予定です。今後ともみなさまのご協力をお願い申し上げます。



お知らせ

幹事会・総会報告

■ 2001年度第4回幹事会報告(事務局)

2002年1月18日、海洋科学技術センター東京連絡所において、幹事12名(代理出席3名含む)により第4回幹事会が開催されました。主な議題は次のとおりです。

- ・研究発表会については、今年度開催した小田原大会の収支が報告された。また、来年沖縄での開催時期の第一候補を11月28～29日にすることになった。また、研究発表会の名称が討議され、今年度の「第5回海洋深層水利用研究会全国大会(海洋深層水2001小田原大会)」に従って、今後の名称をつけることになった。大会開催に際し、県等の自治体による支援の位置づけについて、今後は「後援」とすることになった。「共催」では、本研究会の自主性を束縛する可能性があるため、避けることになった。
- ・ニュースレターについて、今年度No.2の発行状況および来年度No.1の編集計画が報告された。
- ・論文誌について、来年度からは年2回発行することになった。

また、現在は査読者に謝金を支払っていないので、お礼を兼ねて氏名を明記することが検討された。

- ・情報交換会について、今年度第2回の開催要領が決まった。
- ・幹事選挙について、選挙管理委員長は反町稔氏(水産総合研究センター)、委員は村上憲男氏と小松雅之氏に決まり、次の定期総会までに選挙を実施することになった。
- ・定期総会について、開催日時は4月26日、会場はメルパルク東京(港区芝公園)、講演内容は事務局で詰めることになった。また、2001年度事業報告および収支決算(中間報告)、2002年度事業計画および予算(素案)について、事務局より説明があった。
- ・表彰制度について検討され、長期的には表彰制度を設けることにし、そのために来年度は模擬的に受賞者を決めて問題点を検討することになった。また、当面は記念的シンボルを作成することを検討することになった。
- ・事務局より、入会希望者を加えた会員は、個人会員:214名、団体会員:106団体と報告された。

### ■ 2002 年度第 1 回幹事会報告（事務局）

下記の定期総会に先立ち、2002年4月26日、メルパルク東京において、新旧幹事 14 名および選挙管理委員 1 名により第 1 回幹事会が開催されました。主な議題は次のとおりです。

（総会対応の審議事項）

- ・ 2001 年度事業ならびに収支報告、2002 年度事業計画ならびに予算（案）が承認された。
- ・ 選挙管理委員から、幹事選挙結果が報告された。今回当選した中村氏（前富山県水産試験場長）は、異動により富山県水産試験場を代表する幹事の任務を遂行することが困難になったため、幹事会として鈴木氏（新富山県水産試験場長）を新幹事に推薦し、総会での承認をお願いすることになった。

（新旧幹事による討議事項）

- ・ 研究発表会について、開催地は沖縄県久米島町、開催期間は 11 月 28 ～ 29 日になった。今後は実行委員会を組織して、具体的な準備をすることになった。
- ・ 論文誌について、校閲者への謝辞について検討した結果、論文誌に年 1 回まとめて名前を挙げる方向で実施することになった。
- ・ 情報交換会について、昨年度に開催した情報交換会の報告および今年度の活動予定方針の説明があった。今年度も、地方開催を 1 回、東京開催を 1 回とすることになった。
- ・ ニュースレターについて、今年度分 No. 1 の編集状況についての報告があった。
- ・ 幹事選挙結果を踏まえ、会長、副会長、会計監査、各委員長および事務局長が互選された。
- ・ 来年度は、幹事会を 1 回減らして 3 回とすることになった。
- ・ 入会退会者が承認され、4 月 26 日現在では個人会員が 212 名、団体会員が 102 団体となった。

### ■ 2002 年度定期総会報告（事務局）

2002 年 4 月 26 日、メルパルク東京（東京都港区芝公園 2-5-20）において、会員数 316 名（3 月 31 日現在における個人会員：213 名、団体会員：103 団体の合計）中 179 名（委任状：102 通を含む）により、2002 年度定期総会が開催されました。主な審議内容は次のとおりです。

- ・ 2001 年度事業ならびに収支が報告され、承認された。会計監査の結果は適正との報告があった。2002 年度事業計画ならびに予算については、原案どおり承認された。詳細は、ニュースレター（本号）に掲載。
- ・ 選挙管理委員会から幹事選挙結果が報告された。当選した富山県水産試験場長の中村弘二氏は、人事異動で幹事の任務を遂行することが困難になったため、幹事会として、新たに富山県水産試験場長に就任した鈴木満平氏を幹事に推薦した。これらは、併せて承認された。
- ・ 定期総会後の懇親会において、今期の会長、副会長、監事監査、各委員長および事務局長が紹介された。

### 学術団体として認可

本研究会は、2001 年 10 月に日本学術会議によって学術団体として認められましたので、検討の経緯も含めて報告します。

海洋深層水の利用は、研究段階から実用段階に移行しつつあり、複数の地域の振興策にも取り上げられ、それを資金的に支援する補助金が水産庁によって整備されるまでになりました。このような状況において、深層水利用に関係する方々の立場は様々で、産学官という言葉では表現しきれず、地方自治体や地域住民も含めた方々が、共通の場で情報交換することが求められています。

本研究会の目的は「深層水利用研究の進歩とその成果の普及を期して、情報交換を図ること」であり、我が国の深層水利用に関する情報交換の場として、中心的な役割を果たしております。この目的を達成するための事業として、①ニュースレターの発行、②研究発表会の開催、③論文誌の発行および、④情報交換会の開催を行っています。

この内、研究発表会と論文誌は学術的色彩が強い傾向がありますので、学術的に一定のレベルに達していることが評価あるいは認可されることが必要になります。そこで日本学術会議は、このような事業を行っている我が国で唯一の機関ですので、認可の申請を行うことを検討しました。

日本学術会議によると、学術団体には、「広報協力学術団体」と「登録学術研究団体」があり、前者の方が容易に認可されるとのことです。

「広報協力学術団体」として認められるための要件は、学術研究団体としての活動を目的にしており（具体的には、研究発表会の開催と論文誌の発行）、個人会員の数が 100 名以上、の 2 点を満たすことです。本研究会は要件を満たしていますので、申請することになりました。「広報協力学術団体」として認められると、学術会議から、学術会議の総会終了後の「広報協力学術団体」との懇談会への出席案内、学術会議の部（第 1 部～第 7 部までである）と関係する「広報協力学術団体」との懇談会への出席案内、「日本学術会議月報」、「総会報告」、その他の刊行物の配布があります。

さらに、第 1 部から第 7 部までである学術会議の部とは、多くの専門分野を 7 つに分けたものです。この分類に従うと、本研究会に関係がある部（専門分野）は、第 1 部（社会学、地域研究）、第 4 部（地球物理学）、第 5 部（土工学）および第 6 部（農学、水産学）となりました。申請にあたり、これらの部を希望することにしました。

一方「登録学術研究団体」として認められるための要件は、科学者により構成されており学術研究の向上を目的とする団体であって、構成員の数は 500 人以上、かつ研究発表会を年 1 回以上、論文誌発行を年 1 回以上、総会を年 1 回以上行くと定められています。

本研究会は要件を満たしておりません。「登録学術研究団体」として認められると、学術会議から、日本学術会議の会員（現在 210 人）になる資格が与えられ、また自動的に「広報協力学術団体」としても認められます。

以上の検討に基づき、広報協力学術団体に申請し、認可（総日庶第 519 号-2、平成 13 年 10 月 17 日）されました。

今回学術団体として認可されたことにより、本研究会が今後は学術団体として活動するということではなく、学術団体としての性格を兼ね備えたということの意味します。本研究会の目的を達成するためには、幅広い活動をバランス良く展開していく必要があります。「学術団体としての性格」を維持することについても、重すぎず軽すぎずというバランス感覚が重要になるでしょう。

## 研究発表会のお知らせ

### 第 6 回海洋深層水利用研究会全国大会 (研究発表企画委員会)

第 6 回の全国大会は次の要領で開催致します。  
多数のご参加下さいませよう御案内申し上げます。

日時：平成 14 年 1 月 28 日（木）・29 日（金）  
場所：沖縄県久米島 農業改善センター  
交通：那覇空港～久米島 航空機で約 30 分

研究発表の他、特別講演や見学会（沖縄県海洋深層水研究所）を予定しております。

内容の詳細は企画委員会及び実行委員会で現在検討中。  
発表論文の募集と参加の御案内は 7 月下旬頃を予定しております。

## 新刊の紹介

### ■ 深層水って何？

(富山湾深層水を考える会編)

(株)北日本新聞社 TEL：076-445-3352

2001 年 12 月, B5 判, 定価 1,810 円 (税別)

富山県で刊行された 2 冊目の深層水の本。先の「21 世紀の資源 海洋深層水」が各研究機関・企業の担当者の直筆であるのに対して、本書は数人の著者が深層水利用の背景に力点を置いて紹介している。巻末に特許、研究機関、資料などの一覧表が掲載されている。

### ■ 海洋深層水、沿岸水域振興のパイロットリーダー

(中谷三男 著)

(株)水産社 TEL：03-3353-8221

2002 年 4 月, B6 判 222 頁, 定価 3,500 円 (税込み)

海洋深層水の特長、利用の経緯、商品開発の現状、今後の課題などが紹介されている。関係法令などが紹介されている点でユニークである。

### ■ 「21 世紀の循環型資源－海洋深層水の利用」

(中島敏光 著)

(株)緑書房 TEL：03-3590-4441

2002 年 4 月, A5 判 264 頁, 定価 6,400 円 (税別)

本書では、海洋深層水の実像を海の起源や生態系から説き起こし、海洋深層水研究の始まりから最新の技術開発までを時間の流れを追って紹介している。さらに地域振興と製品開発などについても幅広く扱いながら、海洋深層水が生まれてきた時代背景や今日的な意義までを理解できるように、以下の 3 部構成となっている。第 1 部：海について、第 2 部：海洋深層水とはどのようなものか、第 3 部：海洋深層水を利用する。

海洋深層水研究のパイオニアとして、海洋深層水の実像とその利用の可能性を探る著者の実践的な姿勢には、これからの海洋深層水との付き合い方から、我々が何を学び、どうあるべきかについてのメッセージが含まれている。

## Staff Voice

### ■ 入退会の状況 (2001 年 11 月 1 日～2002 年 4 月 30 日)

入会者 (個人会員)：北裕吉、佐藤義夫、須藤明治、南基斗、迹目英正、浜田和秀、吉原進。

入会者 (団体会員)：鹿児島海洋深層水起業倶楽部、日本郵船(株)。

退会者 (個人会員)：板倉佳代子、姜憲、切石通、瀬川繁、田村愛理、堀田平。

退会者 (団体会員)：(株)アクアテックインターナショナル、(株)エヌワイケイ輸送技術研究所、佐藤工業(株)、(株)テクノエクセル、(株)ノエビアフーズ。

### ■ 編集後記

久しぶりに深層水に係る仕事をして、その様変わりに驚いています。ほんの 10 年前には、基礎分野での研究が主で、深層水を理解してもらうにも随分時間が掛かりました。今や、巷には深層水を使った思いもよらない商品が現れ、新たな取水施設の計画も数多くあるようです。

今回頂いた原稿の中には、きれいな図や写真がありました。全てをカラーで載せられなかったのが残念です。今後も、皆様からの身近な話題提供をお待ちしております。(ま)

### ■ 編集委員会

委員長 深見 公雄	高知大学農学部
委員 (50 音順)	
田村 光政	高知県工業技術センター
野上 欣也	(社)日本栽培漁業協会
藤田 大介	富山県農林水産部
松林 恒夫	クロレラ工業(株)
森野 仁夫	清水建設(株)技術研究所
安川 岳志	海洋科学技術センター
山岡 到保	産業技術総合研究所 中国センター

### ■ 発行

海洋深層水利用研究会ニュース 第 6 巻、第 1 号、2002 年  
発行日：2002 年 6 月 30 日  
発行所：海洋深層水利用研究会  
編集：ニュースレター編集委員会  
研究会事務局：〒237-0061 神奈川県横浜須賀市夏島町 2-15  
海洋科学技術センター内  
Tel. 0468-67-9569. Fax 0468-67-9575.