

# 台湾における海洋深層水の産業技術の研究 および冷熱エネルギーの利活用

Industrial technology research and low-temperature energy utilization  
of deep ocean water in Taiwan

李 士畦<sup>1</sup>・古 明弘<sup>1</sup>・黄 秉益<sup>1</sup>

Shih-Chi LEE, Ming-Hon KU and Ping-Yi HUNG

## Abstract

In Taiwan, industrial technology researches of deep ocean water (DOW) utilization were carried out by several research centers and universities under financial support from government since 2005, and were focused on three fields such as marine environmental monitoring and information management; development of raw materials with high commercial value, and biotechnology and green energy. In this paper, some applications were introduced such as development of domestic equipment for producing DOW raw materials, combination of local products with DOW, development of cosmetics and medical raw materials (e.g. extracting alginate and phycobiliprotein from seaweed), and pilot studies of green energy (e.g. algal cultivation for oil production, CO<sub>2</sub> fixation, and low-temperature energy utilization). As mentioned above, the utilization of DOW in Taiwan started from retaining raw materials through applications of fabricated food and now shifted to high value products and renewable energy. It has also shown a strong ambition for the future development of multiple-purpose utilization of deep ocean water resources in Taiwan.

**Key Words:** deep ocean water, mineral concentrate, low-temperature energy, air-conditioning, green energy

## 要 旨

台湾における海洋深層水の産業技術の研究は、2005年から政府の経費補助により研究機関と大学によって始められ、海域環境水質モニタリングと情報管理、高付加価値商品原料の開発、バイオテクノロジーとグリーンエネルギー分野など多面的に展開されている。本稿はそれぞれの分野における利活用例として、自国によるミネラル濃縮液の生産設備の開発や地元メーカー商品への応用、化粧品や医薬品原材料（藻類多糖類やフィコビリタンパク質）の開発、グリーンエネルギーの研究（油藻の培養、二酸化炭素固定の研究や冷熱エネルギーの利活用）を紹介した。このように、台湾での海洋深層水の利活用は、原料確保から、加工食品への応用を経て、現在は、高価値商品の開発と再生可能エネルギー分野での利用が重点的に研究され、海洋深層水の多目的利用が進められている。

**キーワード：**海洋深層水、ミネラル濃縮液、冷熱エネルギー、空調、グリーンエネルギー

## 1. はじめに

台湾の海洋深層水産業は2004年に簡単な水質検査から始まり、2005年には台湾の民間企業によって東部の花蓮県に最初の深層水取水パイプが建設され、3カ所の大型産業団地ができています。現在、6本の取水管によって日量20,000 m<sup>3</sup>の海洋深層水を揚水して利用しており、2006年からは海洋深層水製品の市販が始まりました。2007年に新商品の開発や製品認証制度の確立のため産業界に技術支援の必要性が認識され、經濟部（日本の経済産業省に相当）技術処の主導で産業技術に関する研究・技術開発が全面的に展開された（石材・資源産業研究発展センター、2009a；2009b）。

現在、台湾における海洋深層水の利活用は養殖を含む生物領域の応用技術を始め、ミネラル原料の生産技術の向上、經濟部国家標準検査局による水質の国家基準の制定、また、2010年には藻類由来のバイオディーゼルの品質基準の制定に加えて、政府が推進している省エネと二酸化炭素の削減政策の一環として、工場生産ラインや建物への海洋深層水の冷熱エネルギー活用が積極的に推奨されている。このように台湾における海洋深層水の利活用は幅広く展開されている。本稿では台湾における海洋深層水の利活用を分野別に分けて紹介する。

## 2. 台湾における海洋深層水の利活用研究の概略

現在、台湾における海洋深層水に関する産業技術の研究と指導は、經濟部から提供される経費を元に主として花蓮県にある“石材・資源産業研究発展センター（以下、石資センター）”で行われている。

最近3年間の主な研究開発分野はそれぞれ、海域環境の水質モニタリングと情報管理、ミネラルの原料生産と活用および藻類を始めとする生物領域の応用技術である（表1）。

現在、関連する特許と研究・技術報告は合計50を超えており、さらに2009年に“經濟部東部産業技術サービスセンター”の設立によって産業界への技術指導の範疇が拡大している。その他、石資センターと産業技術の共同開発を提携した大学は最近3年で8校を超え、医学、バイオテクノロジーや水産養殖などの学科・研究科を含んでいる。主な研究内容は機能認証に関する動物実験、地元製品の認証制度や藻類に含まれる活性物質の利活用などを含む。近年は、医薬品原材料など高価値商品を開発する傾向になっている（表2）。

台湾經濟部は2006～2009年に上記の研究に計4億5千万円超（1台湾元を3円で換算）の研究費を提供し、また、2007年からの2年間で地元製品の民間企業による開発を指導するため、石資センターに技術開発費として6,000万円以上を拠出した。現在5カ年発展計画が作成され、将来に向けて高価値農業、グリーンエネルギー、マリンバイオテクノロジー、医薬用原材料および地元製品の活用などの分野の研究が含まれている。

## 3. 台湾における分野別の海洋深層水利活用の現状

### 3.1 海域環境の水質モニタリングと情報管理

海域の水質環境管理は海洋深層水産業の発展において重要である。海洋深層水中の栄養塩、ミネラル、微量元素含量および清浄性を確実に把握するため、2007年からの3カ所の取水地から定期的に水質検

表1 台湾の海洋深層水に関する産業技術の研究の主な分野と内容

分野	海域環境の水質モニタリングと情報管理	ミネラル原料の生産と活用	生物領域の応用技術
主な研究内容	1. 原水および排水水質の長期モニタリング 2. 海洋深層水の利活用に関する国内外情報サービスとビジネス情報サイトの設置	1. 高マグネシウムと高カルシウムならびに低硫黄ミネラルの原水濃縮技術の開発 2. 微生物を組み合わせた農業用肥料の生産技術 3. 化粧品と食品の応用と効果の検証	1. 藻類の培養および有用物質の抽出と精製技術 2. 藻類バイオマスの利活用技術 3. 医薬品と化粧品の応用技術の開発

表2 石資センターと大学との共同研究の主な内容

大 学	主な共同研究テーマ	研究期間
輔仁大学・食品科学部栄養学科	ビール製造工程と品質に及ぼす海洋深層水の影響, 人体の吸収に対する海洋深層水ミネラルの影響	2007
国立台湾海洋大学・食品科学研究科	海洋深層水由来ミネラルを添加した飲料用水による動物実験, 海洋深層水認証制度の確立, 藻類製品の生産と官能検査, 海洋深層水を添加した加工食品の認証方法と指標の研究	2007~2010
国立屏東科技大学・養殖研究科	微細藻類から抽出した活性物質の抗酸化力に対する海洋深層水の影響	2008~2009
慈済大学・分子生物学科	海洋深層水で培養した藻類に由来する多糖類の抗菌能力分析	2008~2009
国立宜蘭大学・化学と材料科学研究科	電気透析膜によるイオン生産技術の開発および数式モデルの確立	2009
国立東華大学・生物技術研究科	動物生理に対する低硫黄濃縮液の影響	2009
国立台湾大学・漁業科学研究科	高経済性微細藻類による医薬用原料の抽出・精製技術	2009~2010
中山医学大学・医学應用微生物研究科	健康機能に対する海洋深層水由来ミネラルの影響と医薬品, 化粧品原料の開発と試験	2009~2010

査が行われてきた。観測項目には一般項目, 栄養塩, 主要・微量元素濃度と微生物の四大項目に加えて, 2008年に安全性, 環境保護と生態系保護の観点から重金属, 有機リン系農薬などを含む環境ホルモン項目も加えられた(表3)。

全項目の測定方法は台湾環境保護署または台湾標準検査局が公表している方法に基づいており, 測定結果はオフィシャルサイト <http://www.dow.org.tw> に掲載され, 企業界と学術機関を対象にデータ

提供が行われている。図1に検査結果の一例として, 花蓮市にある台湾肥料公司以て取水された海洋深層水の水質データを示した。当社は花蓮市七星潭沖662m深から日量2,000m<sup>3</sup>を取水しており, 原水のpHと塩分は非常に安定しており, 水温は9.7℃から11.0℃の間で変動している。また, 当サイトの海洋深層水の利活用に関する技術情報とビジネス情報の提供は2009年から開始されている。

表3 台湾における海洋深層水の水質モニタリングの測定項目と内容

	測定項目	測定内容
一般水質項目	一般項目	水温, pH, 塩分, 全有機炭素
	栄養塩	硝酸塩, 亜硝酸塩, リン酸塩, ケイ酸塩, アンモニウム塩
	主要元素	イオウ, ナトリウム, カリウム, カルシウム, マグネシウム, 塩素, 臭素, ストロンチウム, フッ素
	微量元素	鉄, 亜鉛, 銅, 鉛, マンガン, ニッケル, 銀, モリブデン, バナジウム, アンチモン, ヒ素
	微生物	大腸菌, 総生菌数, クロロフィルa
環境ホルモン	有機塩素系農薬	r-BHC (Lindane>99%), ヘプタクロル, アルドリノ, ディルドリン, エンドリン, エンドスルフアン, クロロデン, トクサフェン, DDT, DDE
	有機リン系農薬	モノクロトホス, ダイアジノン, マラチオン, パラチオン, EPN
	メチルカルバマート系農薬	メトミル, アルジカルブ, カルボフラン, カルバリル
	重金属	カドミウム, 水銀, 鉛

### 3.2 海洋深層水のミネラル濃縮液の利活用

海洋深層水に含まれているミネラルの利活用に関して, 基本的な生産製造能力を確保するため, 主に自国による生産設備の開発, 生産とその応用研究が行われており, 開発された技術は速やかに産業界に

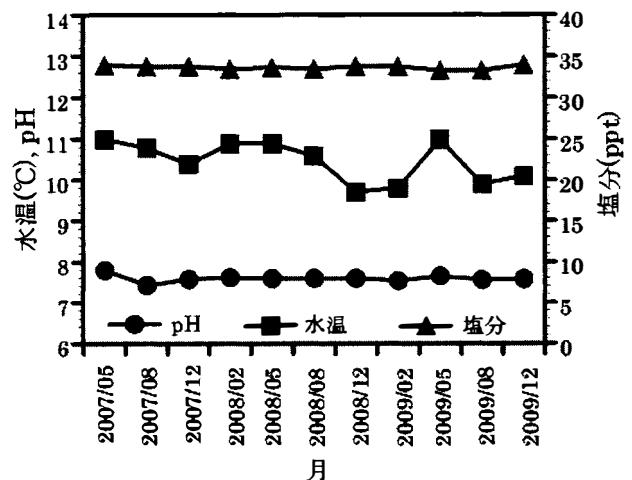


図1 台湾肥料公司以て取水された海洋深層水の水温(°C), pHと塩分(ppt)の変動

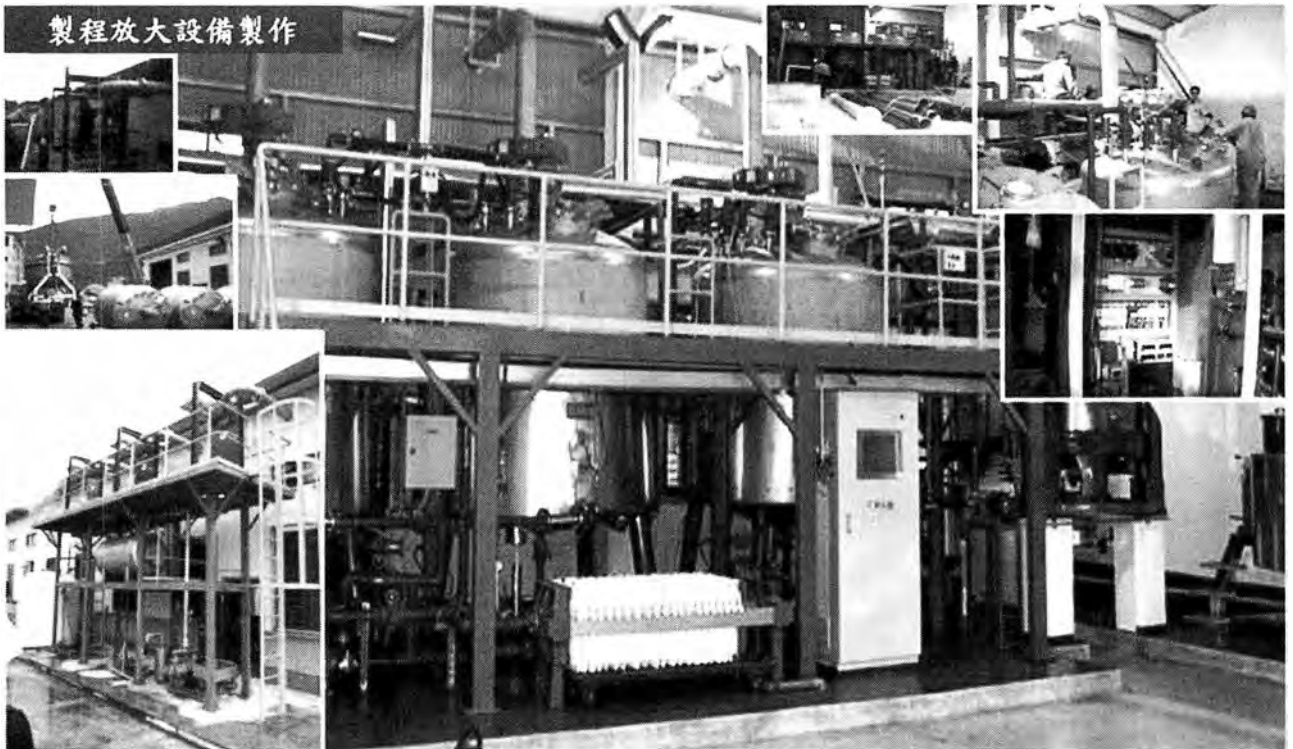


図2 台湾で開発された最初の海洋深層水ミネラル濃縮液の減圧生産設備

移転される。現在までは海洋深層水の前処理技術の最適化、ミネラル・栄養塩類・微量元素類の成分調整技術および逆浸透 (reverse osmosis, RO)、電気透析 (electrodialyzer, ED)、製塩プロセスを含めた自動生産設備の開発と実用化が重点的に研究されてきた。2008 年末に台湾で初めて海洋深層水ミネラルの減圧生産設備が当センターによって開発され、既に花蓮県にある企業に技術移転した (図2)。同設備は最高で硬度 40 万 ppm までのミネラル濃縮液を簡単に自動調整でき、生産された商品品質の安定性も一定の基準をクリアしている。その他にも真空濃縮過程で生じた水蒸気の回収や、製塩過程で生じる硫酸カルシウム結晶を除去する機能が備わっている。現在、台湾で生産される海洋深層水ミネラル濃縮液濃度は 4 種類に大別できる (表4)。

### 3.3 海洋深層水と地元製品との結合

2008 年から、当センターは、海洋深層水のミネラル濃縮液を用いて小規模の地元食品メーカーに新製品の開発を指導している。現在まで高粱酒、ケーキ、クッキー、漬け物、コーヒー、液体有機肥料や

表4 台湾で主に生産されている海洋深層水ミネラル濃縮液の硬度 (ppm) とマグネシウムイオン濃度 (ppm)

ミネラル濃縮液の硬度 (ppm)	マグネシウムイオン濃度 (ppm)
100,000~200,000	20,000~40,000
200,000~300,000	40,000~60,000
300,000~400,000	60,000~85,000
>400,000	>90,000

切り花の鮮度保持液など 60 品目を超える製品が開発され、効果の検証実験も行われた。一例として、海洋深層水配合の切り花鮮度保持液の実験結果では、市販のものに比べて、海洋深層水の配合によって最長で 4 日間、花の鮮度が延長された (図3)。

その他、数年前から台東県は海洋深層水バイオテクノロジー産業団地を計画しており、2009 年末に当センターはその一部業務を請負い、地元メーカーの指導などを本格的に始めた。現在までに 11 社のメーカーと合計 12 品目の商品を開発しており、消費者を対象とした官能検査も行った。開発されたすべての商品を図4に示し、それには食品から化粧水などの製品が含まれている (李ら, 2010)。

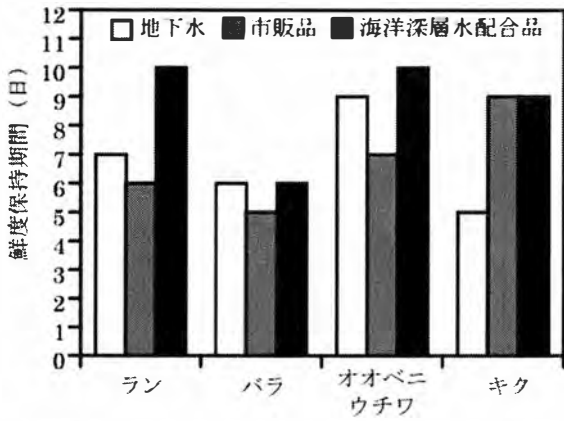


図3 異なる鮮度保持液による花の鮮度保持期間の違い

### 3.4 医薬品や化粧品原材料への利活用

清浄な海洋深層水で培養した藻類から、藻類由来多糖類（アルギン酸など）を抽出し、それを医薬品や化粧品の原材料に利用することが今後の研究方向である。既に開発が完了したホンダワラ類海藻（台湾名：馬尾藻）由来の多糖類は、細菌増殖抑制実験で、増殖抑制区域（inhibition zone）が確認され、特に黄色ブドウ球菌の増殖を抑制する効果が発見された（図5）。現在この多糖類は傷口の癒合促進薬として応用され、表層海水で作られた製品よりも高



図4 台東県の地元メーカーによって開発された海洋深層水利用商品

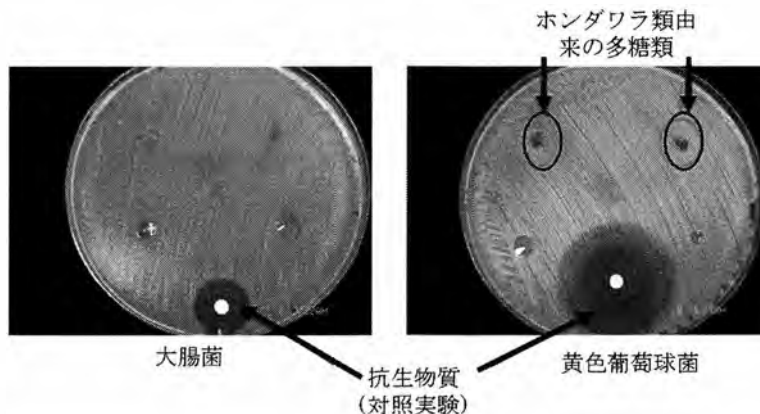


図5 海洋深層水で培養したホンダワラ類海藻から抽出した多糖類の細菌増殖抑制実験の結果

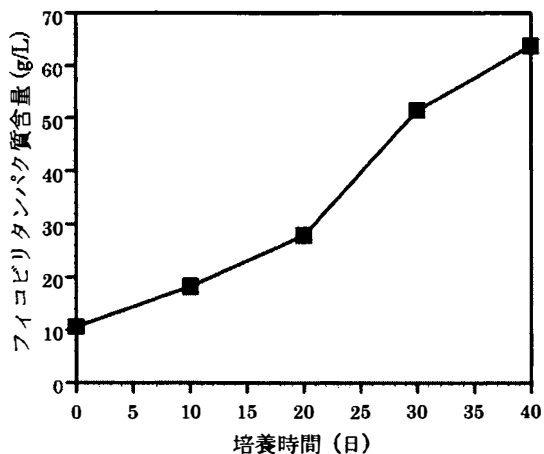


図6 光バイオリクターを利用して海洋深層水で培養した紅藻に含まれているフィコビリタンパク質含量 (g/L) の変動

い抗菌能力を得ている (李・古, 2009)。また、紅藻の利活用について、光バイオリクターを利用して海洋深層水による培養実験を行った結果、海洋深層水は紅藻のフィコビリタンパク質 (phycobiliprotein) 含量を高める効果が得られた (図6)。フィコビリタンパク質は抗酸化能力が高いため、蛍光トレーサーや化粧品への応用が期待されている。

### 3.5 再生可能エネルギー分野での利活用

この分野では海洋深層水による微細藻類の培養と、それらによるバイオディーゼルやバイオエタノールの生産技術の開発を主な研究目的とする。将来的な大量利用を視野に入れ、その基礎として、藻類の最適培養条件の究明と二酸化炭素固定能力に関する研究が行われている。多くの藻類のうち、現在は *Nannochloropsis oculata* に着目し、CO<sub>2</sub> 濃度 5%，pH8.5，塩分 35 ppt の培養条件が増殖に最適であることがわかった (図7)。分光光度法で測定した結果、吸光度は波長 682 nm で最大 1.2~1.4 に達し、1 L の培養液内に 0.6~0.7 g のバイオマスが得られている。

## 4. 台湾における海洋深層水の冷熱エネルギーの利活用と今後の展開

台湾の海洋深層水産業では、国の省エネと二酸化

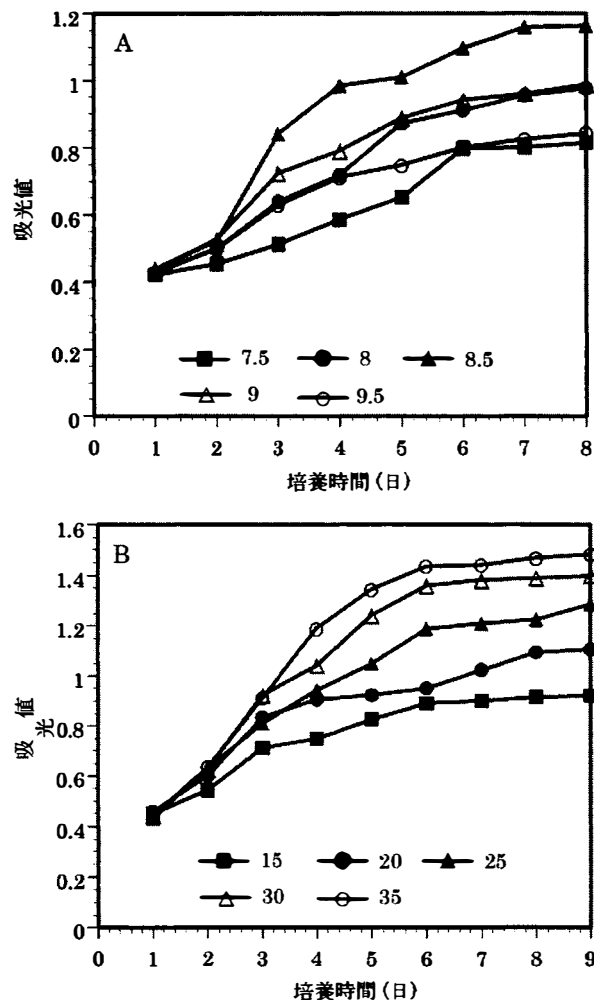


図7 異なる pH (A) と塩分 (B) で培養した *Nannochloropsis oculata* の増殖曲線

炭素の削減政策に対応して、海洋深層水の冷熱エネルギーの利用が検討または導入されている。現在、工場への導入が最優先され、2009年8月までに海洋深層水の冷熱エネルギーを利用した空調システムは花蓮地区の2カ所の産業団地で完成している。2008年に幸福グループが同社の世易海洋深層水団地内の生産ラインに3組のプレート式熱交換器を用いて海洋深層水の冷熱エネルギーを利用した空調を初めて取り入れ、2009年には台湾肥料公司の花蓮海洋深層水団地に海洋深層水空調システムが取り入れられ、事務所の冷房として利用されている (図8)。

最近完成した台湾肥料の海洋深層水空調では、使用されている海洋深層水の原水温度は9.3℃で、熱交換機を通過した後は2℃昇温し、冷却用淡水の温度はおよそ10℃である。この水は空調の冷却水と

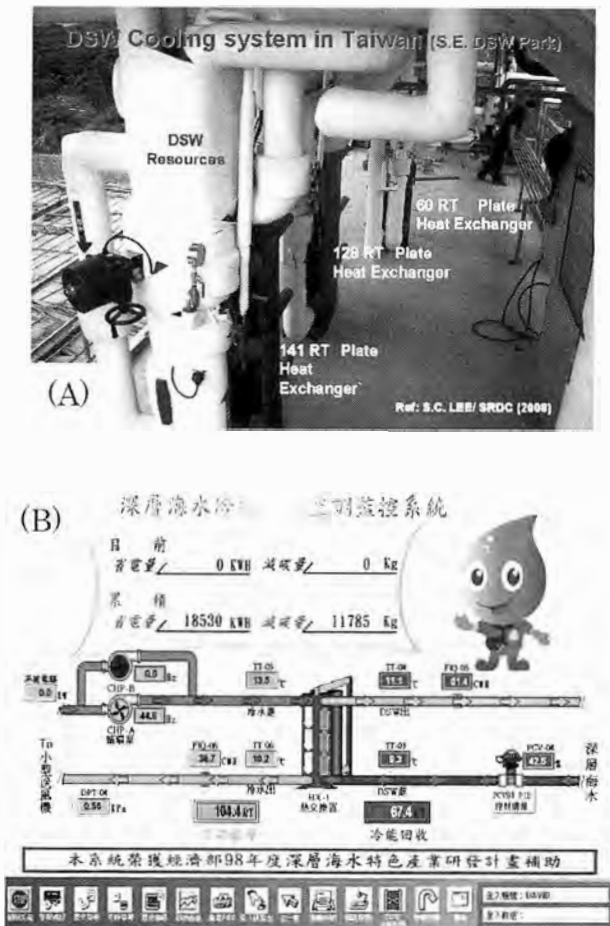


図8 台湾における海洋深層水の冷熱エネルギーの利用例。A, 世易海洋深層水団地に設置されたプレート式熱交換器；B, 台湾肥料海洋深層水団地内に設置された深層水冷房のリアルタイム・モニタリング・システム

して十分に利用できるため、従来式空調の冷凍圧縮機は不要になった。また、当空調システムのモニタリング機能によって省エネルギー効果が計算でき、その結果は敷地内のモニターに表示されることで、海洋深層水による省エネの宣伝と教育に役立っている。なお、本システムは2010年に海水用熱交換器の腐食に関する研究に利用される予定である。

## 5. おわりに

台湾では2005年に海洋深層水の陸上揚水に成功して以来、多目的に産業利用されてきた。同時に、政府は企業の製品開発を積極的に支援してきた。一方で、この一連の過程において、台湾は低価格商品

の競争力不足や宣伝不足などの問題を経験したため、今後は医薬品原材料などの高価格製品の開発や、エネルギー利用の方向に海洋深層水産業を方向転換させる予定である。次いで、バイオテクノロジーの応用と養殖技術をさらに向上させることによって、台湾東部における海洋深層水産業団地の建設への政府や企業の投資を有意に促進したい。

その方法として、例えば、藻類関連の利活用については、現在、高価値な活性物質の応用技術の開発が主な目的であるが、三年後に藻類毒素など医薬品級標準試薬の開発を目指しており、国内外の製薬会社などの投資を促進させたい。また、冬虫夏草のような東部特有の漢方薬作物を藻類多糖類と配合させるなど、台湾の特徴を生かした保健食品などを開発し、国内外の中国人をターゲットにしたい。2010年9月に経済部が台東県に海洋深層水の冷熱エネルギー利用の研究施設を完成させる予定になっており、建物空調のみならず農作物の低温栽培や養殖の多段利用および藻類のバイオマスエネルギーの実証実験も行われる予定である。本稿で紹介したように、台湾における海洋深層水の利活用は、地元産業の利用をはじめ、養殖、バイオテクノロジー領域の利用、さらにグリーンエネルギーの活用へと進化していて、全面的に多目的利用の目標に向かって進んでいる。

## 文 献

- 李 士畦・古 明弘 (2009) “医薬品と美容品に関する初期製品の開発計画” 期末報告書, 經濟部伝統産業革新連盟, 台北, 43 pp. (中国語)
  - 李 士畦, 古 明弘, 劉 志恒 (2010) “台東県現有伝統産業と海洋深層水の結合による初期商品開発と指導計画” 期末報告書, 經濟部水利署と台東県政府, 台北, 569 pp. (中国語)
  - 石材・資源産業研究發展センター (2009a) “東部資源産業の革新と應用に関する三年計画” 期末報告書, 經濟部技術書科技發展專屬計画, 台北, 58 pp. (中国語)
  - 石材・資源産業研究發展センター (2009b) “東部産業革新と技術發展の指導計画” 期末報告書, 經濟部技術書科技發展專屬計画, 台北, 64 pp. (中国語)
- (2010年8月13日受付; 2010年8月14日受理)