

講演会

海洋深層水の利活用の現状と今後の展開について

高橋正征

海洋深層水利用学会会長、東京大学・高知大学名誉教授

皆さんこんにちは。ただいまご紹介いただいた高橋です。この度は、ご当地札幌で「海洋深層水の利活用の現状と今後の展開について」の講演の機会を与您いただき、(社)寒地港湾技術研究センターの水野理事長をはじめご尽力いただいた方々に心から厚くお礼を申し上げます。

振り返ってみますと、北海道庁は、以前、北海道としての海洋深層水の取り組みを積極的に進めてきました。高知、富山、沖縄といった、海洋深層水の先進県と共同で、北海道は1道3県の情報連絡会議メンバーになって、海洋深層水の積極的な情報交換を進めていた時期があります。また、平成13年7月には道庁の総合企画部科学技術振興課が担当する北海道海洋開発研究懇談会に「海洋深層水利活用部会」を設け、6回の議論を経て、平成14年6月に「北海道における海洋深層水の利活用の方向性」という188頁の報告書(図1)を纏めました。しかし、大変残念なことに、平成14年頃から、北海道庁

は海洋深層水への取り組みを放棄して現在にいたっています。

一方で、平成11年12月に、羅臼町が知円別漁港の沖合い1.4kmの水深218mから海洋深層水を取水する簡易陸上取水装置を造りました。それを皮切りに、その後、熊石町(現、八雲町)と岩内町がそれぞれ海洋深層水陸上取水施設を完成させて平成15年12月から給水を開始し、また、羅臼町も羅臼漁港に陸上取水施設を新設し、平成21年9月から給水を始めました。これらの3町では、それぞれの地域の特徴を生かした海洋深層水の利活用が進んでいます。

平成23年10月18日(火)には、札幌駅前通北3



高橋会長の講演



図1. 平成14年6月に北海道総合企画部科学技術振興課が発行した海洋深層水の利活用の調査検討報告書

条交差点付近の地下空間「憩いの空間」で、3町が主催し、(社)寒地港湾技術研究センターの協賛で、初めての「北海道海洋深層水フェア」が開催されました。翌平成24年10月14日(日)には3町と当センターの主催で、第2回目のフェアが同じ場所で開かれ海洋深層水への人々の関心を喚起しました。海洋深層水の取水・給水施設を持つ3町が共同で、北海道における海洋深層水の利活用を道民に伝えようとする取り組みは大変に重要で、それに当センターが積極的に関与されていることは大変心強い限りです。

それぞれの町が特徴を生かした海洋深層水の利活用を工夫し、それらが纏まって北海道としての強力なアピールポイントを生み出し、情報発信をすることが重要です。それには全道を視野に入れたシンクタンクとしての当センターの役割が大きいと私は考えます。是非、強力なアピールポイントの下で、互いに協力して北海道の特徴を生かした海洋深層水の利活用を工夫・発展していかれることを心から願っています。

大分、前置きが長くなりましたが、今日は、最初に海洋深層水について簡単にお話し、ついで、国内と国外の海洋深層水の利活用の状況をご紹介します、最後に今後の展開の方向についてお話ししたいと思います。

1. 海洋深層水とは

水産分野における海洋深層水の秩序ある利活用を進めるため、平成12年11月に、水産庁は管轄する(社)マリノフォーラム21と(財)漁港漁場漁村技術研究所に「水産深層水協議会」の設置を要請しました。協議会の活動の一つとして、海洋深層水の定義が検討され、平成13年4月27日付けで「光合成による有機物生産が行われず、分解が卓越し、かつ、冬季の鉛直混合の到

達深度以深の海洋水」で、「深度としては一般には200m程度と考えられるけれども、水域によっては200mでは十分な資源的価値のない場合がある」という付帯事項のついた定義が公表されました。水産利用が強く意識されていますが、現状では、海洋深層水の一般的な定義とあって良いでしょう。この定義はあくまでも利活用のために、海洋物理学などの“深層水”とは異なります。世界の海洋の平均深度は3,729mなので、水深200mを基準にしますと、単純に考えれば海水の95%近くが海洋深層水ということになります。

海洋深層水の起源をたどると、表層に行き着きます。高緯度の海で、冬に冷たい大気によって表層の海水が冷やされると、重くなって沈みます(図2)。純水は4°Cが一番重いのですが、塩分が溶けている海水は、低温ほど重くなるという性質があります。また、海水は低温ほど多くの気体を溶かすので、低温の表層海水は大気から酸素や二酸化炭素をとりこんで沈みます。一旦沈んだ海水は、光が届かないので容易には温まることはなく、したがって沈んだままで海の深層を低緯度に向かってゆっくりと流れていきます。やがて中緯度や低緯度に達し、暖められ軽くなって表層に浮上します。海水がおよそ200m以深に存在している時が海洋深層水と呼

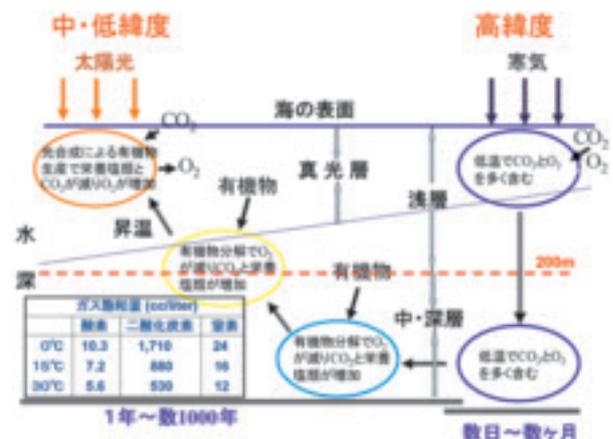


図2. 海での海水の循環の様子。水深約200m以深の海水が海洋深層水 (高橋 2005)

ばれます。沈んでから表層に浮上するまでの時間は1年～数1,000年と幅があります。

図2に示したような海水の鉛直方向の循環は、日本海、ならびにオホーツク海やベーリング海から北太平洋でも知られていて、これらの循環に要する時間は数10年から数100年と考えられています。海水が表層から深層に沈んでからの時間経過（海洋深層水の年齢と呼ぶこともあります）は、海水中に含まれる二酸化炭素に含まれる放射性炭素14の量から推察することができます。太平洋の日付変更線付近で、北から南まで船で走りながら、緯度ごとに船を止めて各深さの海水をとって調べると、北半球の水深2,000m付近には沈んでから2000年以上経っている海水があります。

海水は、大気とは違って光を吸収してしまいますから、水深200m以深には十分な光は届きません。ですから、冷たい海水は温まることなく、また、光を必要とする光合成も進みませんから、すべての生物の餌である有機物も新たにつくられません。そのために、深層水に含まれる有機物は、表層水が沈み込んだ際に含んでいたものと、表層から沈降してきた糞や生物遺骸などで、これらは海洋深層水中にいる動物や微生物によってかなり速やかに使い尽くされます。海水中の溶存有機物の分析結果を見ますと、糖やアミノ酸のような分～日単位で分解されてしまう易分解性有機物は、海洋深層水中ではほとんど検出されません。月～年単位で分解される弱分解性有機物は、海洋深層水中にも見られますが、それも水深1,000m程度までです。溶存有機物の大部分は、分解に数100年～数1,000年を必要とする、つまり生物が容易には利用できない難分解性有機物で、これは表層から深層までかなりな量含まれています。

深層水中には、有機物の分解の結果出た窒素、リン、珪酸などの栄養塩類（肥料）が溜まっています。確かに、栄養塩類の濃度は表層水に比

表1. 海洋深層水が含んでいる既知の資源と特徴

資源 特徴	再生資源		
	表層水	海洋深層水 (約200m<) 利活用水量	
冷熱（エネルギー）	×	◎	◎
肥料（富栄養性）	×	◎	◎
淡水	○	◎	○
金属類	○	◎	◎
ミネラル類	○	◎	微量
塩	○	◎	微量
溶存有機物（難分解性）		◎	△
微生物（細菌など）		◎	微量
その他の有用物質	?	?	?
清浄性	×	◎	
安定性	×	◎	
熟成性	×	◎	
速やかな再生速度		◎	(1～数1000年)

べると高いのですが、農業で使われる濃度に比べると桁違いの低さです。有機物が表層から深層水中に降ってくるといっても、その量は、ごく少なく、したがって生物にとって使いやすい有機物のほとんどない海洋深層水中の生物の量は表層水に比べると桁違いの少なさです。

これまでに知られている海洋深層水の資源と特徴を纏めたものが表1です。エネルギーとしての冷熱と肥料（栄養塩類）については説明するまでもありません。淡水についても同様です。海水は確認されているだけでも80種類以上の元素を含むことが知られていて、おそらく海水中には地球上にあるほとんどすべての元素が含まれていると思われます。中には、リチウムのように、陸上の埋蔵量の数千倍が海水中に存在するものもあります。ミネラル類は、生物が必要とするミネラルで、カルシウム、マグネシウム、カリウムなどです。海洋深層水に含まれている塩は、塩化ナトリウムが77.9%で主ですが、その他に塩化マグネシウム（9.6%）、硫酸マグネシウム（6.1%）、硫酸カルシウム（4.0%）、塩化カリウム（2.1%）などが含まれます。そのため、人が舐めた際には塩化ナトリウムの塩

辛い尖った味の抑えられる効果があります。先にご紹介した難分解性の溶存有機物では薬理効果が明らかになってきています。海洋深層水中にいる微生物は、深海といった特殊な環境に生活するために特有な化学物質を持っている可能性が考えられ、既に抗癌作用のある物質などが抽出されています。このように、単一の資源が様々な資源性を有している例は、これまでの資源では見られなかったことです。加えて、海洋深層水の資源利用では、従来の主として地下資源に見られたような大量の廃棄物を出すこともありません。

特徴の中の、清浄性には、1) 生物がほとんどいない、2) 病原・汚染生物がいない、3) 難分解性有機汚染物質 (POPs) などの有害化学物質をほとんど含まない、4) 懸濁物質・溶存および懸濁有機物・重金属類・放射性物質の量はいずれもきわめて微量、などが知られています。安定性は、海洋深層水の資源や特徴が時間的に安定しているということです。熟成性は、表層から深層に沈んでからの時間経過の影響を受けていて、100年以上を経過しているものは十分に熟成されています。一方、それ以内の短い時間しか経過していないものは熟成が十分でなく、例えば、1年しか経っていないようなものですと、表層に生活する様々な生物や休眠孢子などを含んでいます。海の生物を培養する際には海水が必要ですが、人工海水や表層海水では死んでしまうデリケートな生物が結構たくさんいます。そのため、外洋のきれいな表層海水をとってきて、ビンに入れて冷暗所に1年以上放置して熟成させてから使います。熟成海水 (aged seawater) と呼ばれています。海洋深層水の再生速度は、表層水が沈んで再び表層に戻るまで、1～数1,000年で、化石燃料や鉱物資源に比べると圧倒的な速さです。

海洋深層水には様々な資源性がありますが、どれも資源密度が低いために、利用効率を高め

る工夫が必要です。このために、知識・技術が未熟だった20世紀には利用が進みませんでした。また、資源密度が低いために、エネルギー、肥料、淡水、金属類などの利用では、大量の海洋深層水が必要です。

海洋深層水の資源性と特徴の利用例を纏めたのが図3です。図では縦軸に実際の資源利用の例を、横軸に海洋深層水の資源性と特徴を並べ、主として利用している部分に○△をつけてみました。

2. 海洋深層水の利活用の事例

ここでは、国内と国外の事例をご紹介します。それぞれ地域の特徴を生かした利用にご着目いただくようにお願いします。

2.1. 国内での海洋深層水の利活用の現状

国内では、日本で最初に海洋深層水の陸上取水施設を造った高知、2番目の富山、3番目の沖縄を例として取り上げてみます。

まず、最初の高知ですが、平成元年3月に、当時の科学技術庁の予算で高知県室戸市三津に水深320mから海洋深層水を陸上揚水するための取水管が敷設されました。これを機に、県は高知県海洋深層水研究所を新設しました (図

資源の利活用	資源・特徴										
	1. 低水温	2. 肥料	3. 淡水	4. ミネラル類・塩	5. 金属類	6. 溶存有機物	7. 微生物	8. 清浄性	9. 安定性	10. 熟成性	11. 再生速度
1. 醱酵飲食品				○				○			
2. 飲食品				○				○			
3. 飲料水			○	○				○			
4. 苦汁・塩				○				○			
5. 入浴・入浴剤				○				○			
6. 化粧品				○				○			
7. 医薬品					○	○					
8. 農業 (散布・肥料)				○							△○
9. 海藻養殖		○									○
10. 水産生物の養殖	○							○			○
11. 水産生物の蓄養	○							○			
12. 金属					○			○			○
13. 冷房・冷凍・発電	○							○	○		○
14. 冷却水	○							○	○		○

図3. 海洋深層水の利活用と、主として使われている資源性と特徴



図 4. 高知県海洋深層水研究所、室戸海洋深層水のブランドマークとイメージキャラクター「深ちゃん」

4). 取水量は日量 460 トンです。

1970～80 年代にかけ、当時の通産省が海洋温度差発電の技術開発研究に精力的に取り組んだといういきさつがあり、科学技術庁では海洋温度差発電以外の海洋深層水の利活用が検討されました。高知県の水産試験場や工業技術センターなどが、海洋深層水の利活用を積極的に検討し、海産生物の飼育、飲料水、清涼飲料水などの利活用を工夫しました。

一連の、利活用の工夫を受け、平成 6 年には同一規模の 2 本目の取水管が敷設され、日量約 1,000 トンの海洋深層水の取水が可能になったのです。そのために、翌平成 7 年には、かねてから地元の人たちが強く希望した、海洋深層水の民間への提供が始まりました。希望者は利活用計画を提出し、認められたものに対して必要量の海洋深層水が供給されました。

平成 12 年には、三津の南 3 km 程の所にある高岡に、3 本目の海洋深層水取水管が設置されました。日量 4,000 トンの揚水量があり、室戸市が管理しています。周辺の工場などには海洋深層水がオンライン供給され、小口利用者には室戸市の管理するアクアファームで、海洋深層水の原水、脱塩水、濃縮海水が販売されています。アクアファームの事務所は海洋深層水で冷暖房(ヒートポンプを利用)、隣接した海洋深層

水共同研究センターは冷房されています。後者は 70%強の省エネです。

平成 7 年度には、世界に先駆けて高知県で海洋深層水製品が生まれ販売が始まりました。最初の海洋深層水商品は、柚子ドリンクの「M 320」や脱塩海洋深層水飲料水の「マリンゴールド」などです。これらは共に高知県工業技術センターが発想し、民間に技術移転されたものです。脱塩海洋深層水に清浄な海洋深層水の原水(0.2%程度)や海洋深層水のミネラル成分を加えて硬度調整(あるいはミネラル調整)することは独特です。その後、醤油、日本酒、漬物、菓子類、豆腐、干物などの様々な飲食物、化粧水、農業、水産で海洋深層水の利用が工夫されていきました。

海洋深層水から苦汁成分を抽出するために、海水を濃縮していくとカルシウムイオンが硫酸イオンと反応して不溶性の硫酸カルシウムとなって析出してしまいます。こうなりますと、濃縮海水中でのカルシウムとマグネシウムの割合が、当初の 1 : 3 ではなく、カルシウムの減った分だけマグネシウムの割合が増してしまいます。マグネシウムが多く含まれると“エグミ”が増します。そこで高知県海洋深層水研究所は、限外濾過、逆浸透膜濾過、電気透析処理を利用して、原海水のカルシウムとマグネシウム比を 1 : 3 近くに保ちながら、総ミネラル成分を原海水の 8 倍以上に非加熱で濃縮するミネラル調整液の製造法を平成 17 年 7 月に完成し、供給を開始しました。

高知県では海洋深層水を逆浸透膜処理して脱塩し、ミネラル調整して硬度 100 以下の軟水と、硬度 100 以上の硬水の 2 種類が製造・販売されています(表 2)。軟水は、美味しい飲料水を、硬水は人体へのミネラル補給効果を目指しています。表 2 に示したように、高知産の飲料水はいずれもカルシウムとマグネシウムの比がほぼ海水と同じ 1 : 3 になっています。後ほど紹介す

表 2. 脱塩海洋深層水からつくられた飲料水

	商品名	原料深層水	硬度	カリウム (mg/L)	ナトリウム (mg/L)	カルシウム (mg/L)	マグネシウム (mg/L)
硬水	天海の水 1000	室戸	1,000	69	74	71	200
	天海の水 250	室戸	250	17	23	18	52
軟水	マリゴールド	室戸	19	1.3	36	1.1	3.9
	深海の恵み	室戸		2.0		1.8	5.6
	マハロ	ハワイ	43	2.8	76	3.9	8.3

るハワイ産の“マハロ”では、カルシウムとマグネシウム比が約1：2で、マグネシウムの割合が少なくなっています。

海洋深層水からつくられた飲料水の最大のメリットは、有害物質を含まない安全性です。逆浸透膜処理すれば有害物質は取り除かれますので、原水は必ずしも海洋深層水である必要はありません（懸濁粒子の少ない海洋深層水は濾過処理に適しています）。しかし、ミネラル調整は清浄な海洋深層水から抽出されたミネラルを使用するのが理想です。湖沼、河川、地下水などの地上水は程度の違いはありますが、すべて有害物質を含んでいます。現状の上水製造過程ではこれらの有害物質は除去できません。将来は、逆浸透膜処理して得た清浄な淡水を、海洋深層水から抽出した清浄なミネラルで調整した飲料水を利用するのが理想です。

故植村秀さんは、脱塩した室戸海洋深層水が、肌への保湿効果に優れていることを見出し、脱塩海洋深層水を利用した化粧水“ディプシーウォーター”を開発して平成10年に販売を開始しました。これは爆発的な人気を呼び、平成11年には、高知県海洋深層水研究所の傍らに工場を新設し、研究所から海洋深層水のオンライン供給を受け、ディプシーウォーターの本格的な製造を始めました。その後、海洋深層水の原水を一定の割合で与えて肌表皮細胞を培養すると、増殖刺激や角質化の促進効果などが明らかになりました。今では化粧水をはじめとして様々な化粧品に海洋深層水が広く利用されてい

ます。

高知県工業技術センターでは、海水の醗酵促進効果を見出し、清浄性の高い海洋深層水は様々な飲食物の醗酵に利用されるようになりました。センターでは、海洋深層水が日本酒の重要な香気成分の生成を促進することも発見し、さらにミネラル成分の複合作用が香気成分の生成に関係する蛋白質を増加させることまで突き止めました。醗酵促進作用は、後ほど紹介するアサヒビールが富山県で始めた発泡酒の開発にもつながっています。

この他に、パン、豆腐、醤油、各種練り製品、味噌、菓子類、干物、漬物、酒類など様々な飲食品に海洋深層水は広く利用され、商品価値を高めています。

水産分野では当初から様々な取り組みが行なわれました。深層水研究所の位置する三津には大型定置網があり、毎日、漁獲があります。海洋深層水は魚の鮮度保持や荷捌き所の洗浄に使われています。夏の高温に弱いヒラメの親魚を海洋深層水で温度調節した海水中で蓄養し、周年にわたって任意の時期に産卵・稚魚生産を行なうことを可能にしました。ヒラメは、通常、年1回の産卵で、夏が高温の場合には産卵・稚魚生産ができなくなる年もありましたが、海洋深層水の利用でそうした問題は解決しました。

室戸では、海藻（緑藻）の一種であるスジアオノリが海洋深層水を利用して養殖され、事業として成功しています。海藻は、一般に石などに仮根で付着していますが、平岡雅規さん（現、

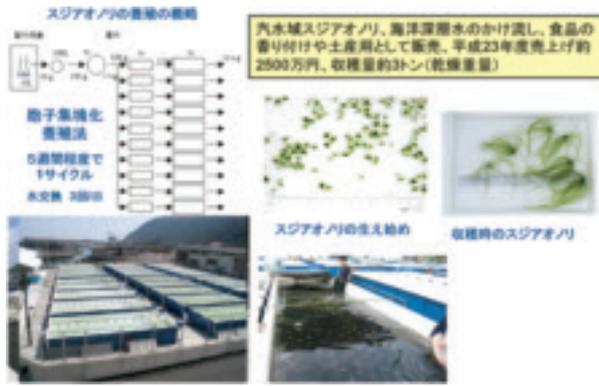


図 5. 室戸で行なわれている海洋深層水を利用した緑藻（スジアオノリ）の養殖

高知大学) が海藻同志で互いにくっつきあって生活する“孢子集塊化養殖法”を開発し、水中で浮遊した状態で養殖できるようになりました。また、海藻の大きさに合わせて養殖容器の大きさを変え、5週間程度で養殖が一巡する方法を工夫しました。その概略が図5の左上です。海藻の生育には、適した生育温度と、光と栄養塩類が必要です。スジアオノリの養殖では、海洋深層水をかけ流して含まれている栄養塩類を利用します。そのために、肥料は添加していません。1日に3回培養タンク内の海水が入れ替わります。室戸海洋深層水の原水は、10℃弱のために、スジアオノリにはやや低温で、特に日射が少なく気温が下がる冬には成長が遅くなるといった課題がありましたが、生産技術の改善で現在は年間を通じて収量が安定しています。

高知では、海洋深層水の農業利用にも取り組んできて、これまでに土壌や培養液中に海洋深層水を加え海水の高浸透圧を利用して糖度を高めたフルーツトマトの生産、根や葉に海洋深層水を散布して見栄えや味をよくしたナス、カイ

ワレやエノキタケも海洋深層水を利用して品質を高めた製品の生産に成功しています。

また、海洋深層水の市営入浴施設“シレスト室戸”もつくられ、市民の健康増進に一役買っています。傍らには、海洋深層水の入浴施設を備えた民間ホテルも立地し、室戸国定公園の雄大な景色を堪能しながら、都会の喧騒の中で生活している人たちがゆっくりしたくつろぎの時間を過ごせるようになっています。

表3に、高知県における海洋深層水関連の企業数と年間売上高の推移を示しました。これらは、海洋深層水を直接利用しているもので、二次以降の利用数は含まれていません。海洋深層水商品が最初に市場に登場したのが、平成7年ですから、5年目には、関連企業数が50社を越し、年間売り上げも40億円近くに達していることが分かります。アクアファームが完成した平成12年には74社になり、年間売り上げは100億円を越えました。その後、若干上下を繰り返しますが、年間売り上げは120～130億円を維持し、関連企業数も120社前後に達しています。

平成23年度の商品は約550種類です。売上の内訳は(図6)、ペットボトル詰めの飲料水が大部分を占める清涼飲料水が全体の1/3、化粧品を主とした化粧品・ウェットティッシュなどの非食料品が1/3、残り1/3の40%弱を菓子類が占め、その残りを干物、農産物、豆腐・納豆、その他の加工食品でほぼ等分に分け合っているといった感じです。過去10年間の傾向を見ますと、清涼飲料水の売り上げが半減し、代わって化粧品などが倍加しています。

表 3. 高知県における海洋深層水関連の企業数と年間売上高の推移 (高知県海洋深層水研究所)

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	H 11	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	H 18	H 19	H 20	H 21	H 22	H 23
企業数	54	74	110	111	110	117	114	115	116	118	118	118	122
売上 (百万円)	3,906	10,548	9,047	9,544	13,534	15,464	12,972	13,554	14,814	13,408	12,640	12,737	13,618

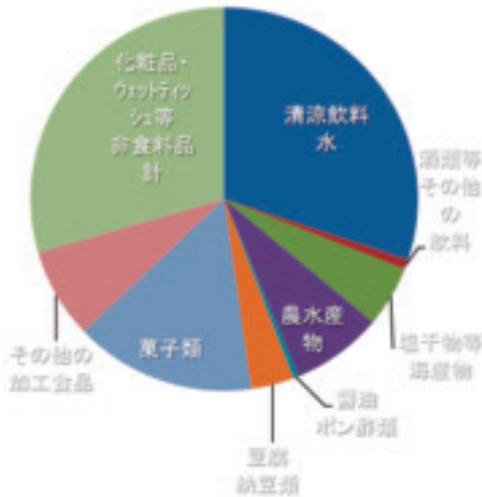


図 6. 高知県における平成 23 年度の海洋深層水商品の売上の割合 (高知県海洋深層水研究所)

高知新聞 2 月 13 日の朝刊に以下のような記事が掲載されました。「県は 12 日、本県産の海洋深層水を使った飲料水を販売するガイドードリンコ(大阪市)の高松富博社長に感謝状を贈った。同社出資のガイドー・タケナカビバレッジの室戸市の工場は、昨年 12 月に操業 10 年を迎えた。約 70 人を雇用して深層水やユズ果汁入りの飲料水を生産し、年間出荷額は約 34 億円という。県庁で尾崎正直知事から感謝状を受け取った高松社長は「ドリンクは来期にリニューアル予定。高知をさらに売り込みたい」と笑顔で応じた。」

それでは、次いで、国内で 2 番目に海洋深層水の取水施設が造られた富山県を見てみることにします。富山県では、平成 7 年に、滑川市にある県の水産試験場(現、水産技術総合センター水産研究所)に、水深 321 m から日量 3,000 トンの海洋深層水を取水する施設が完成しました(図 7)。平成 13 年には、水産試験場に隣接して、滑川市が水深 333 m から日量 2,000 トンの海洋深層水を揚水する施設“アクアポケット”を新設し、また、同じ年に滑川市の北東 20 km の入善町が水深 384 m から日量 2,400 トンの海洋深層水の取水施設を造り、富山県内では 3 ヶ所の施設が稼働しています。



図 7. 富山県における海洋深層水の取水施設と富山海洋深層水のブランドマーク

当初、富山県では、富山湾に生息する多様な水産生物の飼育研究や種苗生産を目指して研究・技術開発が行われました。例えば、富山名物“鱒の寿司”の材料となるサクラマスは河川で産卵しますが、ダムや河川環境の変化で、産卵できなくなってきたため、親魚養成と人工環境下での産卵・孵化が必要になっています。水産試験場において人工環境下でチャレンジされましたが、大量の低温清浄海水の入手ができず、壁に突き当たっていました。しかし、海洋深層水の利用が可能になり、問題は一挙に解決し、種苗生産が可能になったのです。

同様に、低温海水が必要なトヤマエビ(通称、ボタンエビ)の大量種苗生産も海洋深層水の利用で実現しました。また、ベニズワイガイやバイ貝などの、冷水性の魚介類の生態解明も可能になって、資源管理に利用されています。

水産試験場では、場内で海洋深層水の利活用の研究・技術開発を進めるだけでなく、水産試験場で汲み上げた海洋深層水を使って県の試験研究センターや県立大学、さらには県内の企業なども参加して、海洋深層水の様々な利活用に取り組みました。そうした中で、平成 10 年には、滑川市が海洋深層水体験施設“タラソピア”をオープンしました(図 8)。これは、海洋深層水の温浴施設で、発想はヨーロッパで盛んなタラ

ソテラピー（海洋療法）にあります。地元市民を中心として健康増進が目指されました。当初は、水産試験場から海洋深層水が供給されていましたが、平成13年にアクアポケットが開設されてからは、オンライン給水されています。滑川市のチャレンジは、その後、海洋深層水を利用したタラソテラピー施設を沖縄県久米島、静岡県焼津、高知県室戸をはじめとして全国各地に生み出すきっかけになりました。また、各地に深層水風呂がつくられたのもタラソピアの影響です。

タラソピアに隣接したホテルイカ・ミュージアムにもアクアポケットから海洋深層水がオンライン供給され、シーズン中は生きたホテルイカが海洋深層水中で蓄養・展示されています(図9)。



図8. 富山県滑川市の海洋深層水温泉施設「タラソピア」



図9. 富山県滑川市の海洋深層水体験施設「タラソピア」とホテルイカ・ミュージアムのある道の駅「ウェーブパークなめりかわ」

平成10年には、アサヒビールが他社に先駆けて発泡酒「アサヒ本生」（現在、「アサヒ本生ドラフト」）の開発に成功し、1年間に1,475.1億円といった巨額の売り上げを達成しました(図10)。発泡酒では、ビールの醗酵を促進させるためにミネラル分として海洋深層水を、栄養分として酵母エキスを利用して、成功にこぎつけました。翌年には他社も発泡酒の開発に成功し、さらに、第3のビールが登場し、最近では発泡酒の売り上げは低下してきていますが、依然として富山県の海洋深層水商品の売上の大部分を占めています。

富山県入善漁業協同組合は、平成10年に入善町の海洋深層水を利用してエゾアワビの陸上養殖事業を始めました。専従職員1人と忙しい時にパートタイム数人で、年間55,000個のアワビを生産しています。アワビの売上は年間3,000万円弱ですが、稚貝購入費が900万円、海洋深層水は低温のためにアワビの成育温度まで昇温するためのオイル代が、当初は年間900万円、それに餌代、電気代、人件費などが加わりますので、事業の維持が大変でした。

平成21年に、入善町の海洋深層水工業団地内に無菌米飯工場(株式会社ウーケ)が新設され、5℃以下の海洋深層水で、工場を冷房し、16℃に昇温した海洋深層水をアワビ養殖場にまわすようになりました(図11)。ウーケ社は、兵庫県に本社のある米販売会社の(株)神明と商社の丸紅(株)が出資して入善町に会社登記し、36名の社員は1人を除いて全員が地元雇用です。当初は、1日20時間で年間240日稼動(その後、24時間



図10. アサヒビールが平成10年に他社に先駆けて開発・販売した発泡酒「アサヒ本生」



図 11. 富山県入善町で無菌米飯工場の冷房とアワビ養殖場を連携させて海洋深層水の冷熱の多段利用を行った国内初の例

で年間 300 日稼動) して、「ふんわりご飯」を毎日 16 万食生産しました。卸価格を 50 円/個としても年間の売り上げは 20 億円程度になります。ウーケ社は、冷房に必要な電気代が 95%削減され、深層水の使用量を支払っても十分なメリットがあり、一方、アワビ養殖場は、オイル代が 700 万円ほど削減されたそうです。ウーケ社とアワビ養殖場は、海洋深層水の冷熱エネルギー

を多段的に上手に利用して、双方にプラス効果を生み出した国内初の例です。

表 4 が、富山県の海洋深層水商品の売上と関連企業数などの経年変化です。先ほどご紹介したように、平成 10 年度以来、アサヒビールの発泡酒の売上が海洋深層水商品に含まれるため、表に示した平成 13 年～19 年度は、平成 19 年度以外は年間 1,000 億円以上の売上になっていて、この間、酒類は全売上の 90%以上を占めています。酒類以外の年間売上は、表 4 に示した 4 年間では、古い方から 115、115、83、47 億円で、平均すると 90 億円程度です。富山県では、酒類の次に売上の大きいのが化粧品などで、平成 13、15 年度は酒類を除いた売上の 80%近くを占めました。しかし、その後、化粧品などの売上は低下し、平成 19 年度は 50%以下になっています。富山は、名水の産地で、元々天然水の売上が大きいので、海洋深層水の飲料水（富山県では天然水に海洋深層水を微量に添加したものが海洋深層水飲料水のほとんど）の売上は

表 4. 富山県における海洋深層水の利活用をしている企業数、商品数、商品の売上の経年推移（富山県）
(1) 商品化状況

区 分	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	H 18	H 19	H 20	H 21
商品化企業数	45	59	73	94	109	113	118	136	141	142
商品数	100	173	197	289	305	327	327	393	417	419
ブランドマーク商品数	34	61	74	83	84	95	95	111	113	113
特許出願公開件数	—	6/70	15/112	32/209	40/249	51/342	58/405	63/444	65/486	71/520

注 特許出願公開件数の分子は本県、分母は全国の件数
数値は、各年度末現在

(2) 商品売上高

(単位：億円)

調査実施	平成 20 年 12 月調査(推計)		平成 18 年 8 月調査(推計)		平成 16 年 6 月調査(推計)		平成 14 年 3 月調査	
対象年度	平成 19 年度		平成 17 年度		平成 15 年度		平成 13 年度	
	売上高	構成比	売上高	構成比	売上高	構成比	売上高	構成比
飲料	5	0.6%	7	0.5%	4	0.2%	4	0.3%
酒類	801	94.5%	1,450	94.5%	1,775	93.9%	1,475	92.7%
食品	18	2.1%	31	2.0%	23	1.2%	20	1.3%
化粧品等	23	2.7%	41	2.7%	87	4.6%	90	5.6%
その他	1	0.1%	4	0.3%	1	0.1%	1	0.1%
計	848	100.0%	1,534	100.0%	1,890	100.0%	1,590	100.0%

*端数処理により「売上高」の合計と「計」の額が一致しないことがある。

高知県のように大きくはありません。酒類を除くと、化粧品と食品が売上の大部分を占めています。売上の大きな部分を占めているのは、海洋深層水を容器に詰めて運ぶオフライン利用が主です。オンライン供給されている大量利用は表に示された売上には余り貢献していません。

今回の売上高には現われていませんが、平成21年度から大量の海洋深層水を工場冷房に使うレトルトご飯の生産が始まりましたから、食

品分野の売上高の大幅な増加が想定されます。平成22年現在の、海洋深層水製品を生産する企業数は242社、深層水商品数は419品目に達しています。高知県に比べて、富山県では企業数が2倍近くになっているのも、小口のオフライン利用の多さを反映しています。

また、富山県では、海洋深層水の利用によって、重要な水産生物の種苗生産が成功し、一部は事業化されていますが、先にご紹介した売上高には反映されていません。

それでは次に沖縄県の現状を見てみることにします。沖縄県では、平成9年に久米島に水深612mから日量13,000トンの海洋深層水の取水施設と、沖縄県海洋深層水研究所が新設されました(図12)。海洋深層水の取水量は、国内随一で、取水管は2本です。同時に、同量の表層水も取水されています。沖縄県では、海洋深層水の冷熱エネルギー利用を重視したために、取水深度が深くなっています。久米島海洋深層水



図12. 空から見た沖縄県久米島の海洋深層水取水施設と沖縄県海洋深層水研究所

表5. 沖縄県海洋深層水研究所における海洋深層水の利活用技術に関する研究成果(沖縄県海洋深層水研究所)

表2-2 沖縄県海洋深層水研究所の研究成果情報(2009.6.25現在)

分野	研究内容	公開年
水産	海洋深層水を利用したクルマエビ母エビの選抜育種及び養成	2005年
	海洋深層水を利用したオゴノリの陸上養殖研究	2005年
	海洋深層水を利用した温度制御によるヒラメ養殖の実用化試験	2005年
	海洋深層水を利用したクビレヅタの陸上養殖研究	2005年
	母エビ飼育時におけるゴカイの投与効果	2006年
	母エビの雌雄同居飼育による長期間安定産卵	2007年
	雌エビのみと雌雄エビを収容した場合での産卵状況の比較	2008年
	水温制御したヒラメの陸上養殖試験	2008年
農業	海洋深層水を利用したアワビ類の陸上養殖に関する研究	2008年
	アサクサノリの陸上養殖技術	2008年
	根域冷却によるハウレンソウの周年安定栽培技術	2005年
	短日処理及び部分冷却によるイチゴの産期拡大技術(高設養液栽培)	2005年
	地中冷却用送水管の埋設間隔及び埋設深度	2005年
	簡易冷房ハウス及びセルトレイ内の温度制御	2005年
	海洋深層水を利用したハウレンソウの周年安定生産	2007年
	海洋深層水施用及び地中冷却栽培がハウレンソウの内部に及ぼす影響	2008年
トルコギキョウの高騰期生産に適する品種選定	2008年	

のブランドマークは平成 20 年に制定されました。

沖縄県では、海洋深層水研究所が水産と農業に着目し、海洋深層水の利活用を検討してきました。その結果、表 5 に示したような研究成果を上げ、地元の人たちが中心となって事業化を進めました。

沖縄県海洋深層水研究所が開設された平成 9 年当時、水産分野ではクルマエビ養殖が沖縄県だけでなく全国的にウイルス感染被害で大変でした。ウイルス感染がおこると、養殖池全体に感染が広がってクルマエビが全滅してしまうため、養殖事業を断念するところが続出しました。天然クルマエビが生息する、本州、四国、九州では、沿岸水がウイルスで汚染しただけでなく、天然のクルマエビがウイルスを保菌してしまうために、被害は深刻でした。沖縄沿岸は天然クルマエビは生息しませんが、ウイルス保菌種苗が持ち込まれてしばしば全滅するといった養殖被害が起こっていました。そこで、深層水研究所では、ウイルスで汚染していない親クルマエビを清浄な海洋深層水で飼育し、そこから健全な種苗の大量生産を行なう技術を開発したのです。この際に、海洋深層水の低水温も利用しました。現在は、沖縄県のクルマエビ種苗はすべて海洋深層水でつくられ、海洋深層水の得られる地域では養殖も海洋深層水が使われています。

そのほか、水産分野では海洋深層水を利用して海藻のクビレツタ（通称、ウミブドウ）やオゴノリの養殖技術も開発され、事業化されました(図 13)。ここでは海洋深層水の主として清浄性と低水温が利用されています。先にご紹介した高知県室戸のスジアオノリ養殖のような海洋深層水の掛流しではなく、海洋深層水の供給速度を抑え、そのために海洋深層水に含まれている栄養塩類が大幅に不足し、肥料を添加しています。海洋深層水の供給速度が遅いために温度

が上昇し、高知で起こったような低水温問題はありません。

農業分野でも、表 5 に示したように、根の部分を海洋深層水の冷熱で冷やして亜熱帯の気候下で、様々な温帯作物の栽培技術を開発しました。中でもハウレンソウの周年栽培技術によって、夏に地元でハウレンソウが作れなくなって高騰する時期にハウレンソウを栽培して地元へ供給し、冬にはトルコギキョウの栽培に切り替えて収入を得るといった事業化プランがつけられました。現在までのところ、未だ、実際に事業化にチャレンジする農家は出ていません。

沖縄県（久米島）の海洋深層水産業による平成 21 年度の年間売上は、図 14 に示したように、20.35 億円で、その 60%近くを水産事業が占めています。中でもクルマエビの養殖事業が断トツで全売上の約半分、次いで海藻養殖です。売上に占めるクルマエビ種苗の割合は多くはありませんが、沖縄県のクルマエビ養殖事業を支えている点で重要です。

水産事業に次いで大きいのが化粧品関係で、24%近くを占めています。そのほか、飲料水、清涼飲料水、加工食品、医療・健康増進関係、塩などがほぼ同じような割合になっています。

海洋深層水を利用している企業数は平成 22 年度には 24 社で、その内 20 社が島内企業です。

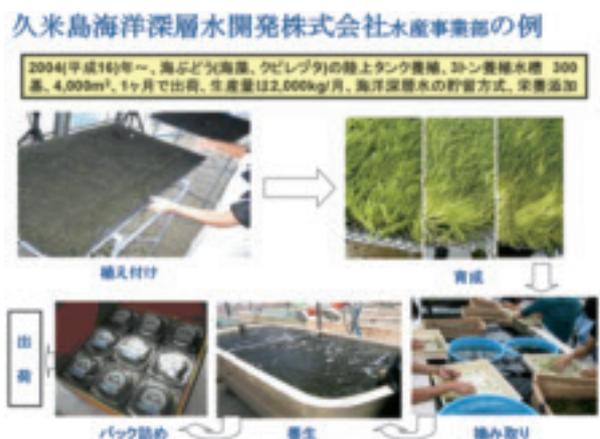


図 13. 沖縄県久米島で海洋深層水を利用して行われている海藻（クビレツタ、通称ウミブドウ）の陸上養殖

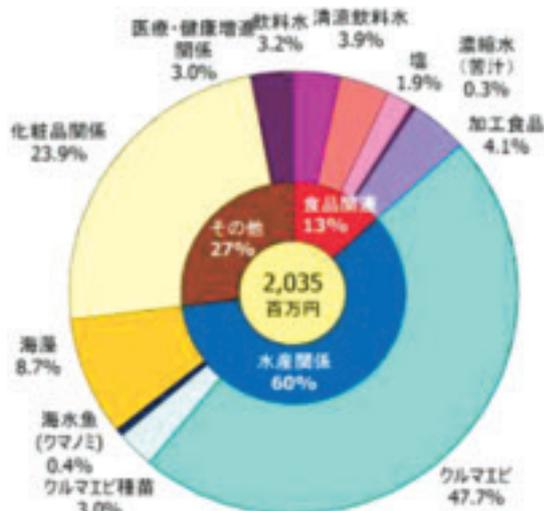


図 14. 沖縄県(久米島)の海洋深層水産業による平成 21 年度の年間売上と内訳(久米島町 2011)

年間の海洋深層水の利用量は 60~80 万トンで、ほとんどが水産利用です。実際の使用量は、供給能力の 475 万トンの 20%に満たない状態です。

日本国内には、現在、16ヶ所の海洋深層水の陸上取水施設があり、取水規模は日量 42,000 トン程度になります。その内、今回は、高知、富山、沖縄といった海洋深層水の利活用のパイオニア 3 県をご紹介します。3 県の海洋深層水取水施設は 6 ヶ所で、取水量は 25,320 トンです。

今回の紹介で、古いところは取水管を設置してから 24 年を経過し、最近のところでも 12 年を経過しました。それぞれ地元の特徴を生かして、海洋深層水の利活用を進めているのがお分かりいただけたかと思います。3 県に共通していることは、高知県と沖縄県では、海洋深層水研究所を新設して利活用の研究・技術開発を率先して進めていることです。また、富山県では、水産研究所を中心に、県の公設研究センターならびに県立大学が同様の役割を担っています。こうした公的機関で開発された利活用技術が、地元へ技術移転され、事業化を進展させています。

海洋深層水は新しい資源のために、利活用の技術開発が必要です。国内の、海洋深層水の取水地の多くは、急峻な地形のために、平野が少なく、過疎地です。そのため、地元には海洋深層水資源の利活用技術の開発力がほとんどありません。そこをこれらの先進県では公設研究機関が担って事業化を生み出したという共通性があります。

海洋深層水の利活用の技術開発と事業化では、日本が世界のリーダーシップをとっています。日本での事業化の成功は、米国ハワイをはじめとして、諸外国で海洋深層水への関心を著しく高めました。特に、海洋温度差発電は、既存の発電方式による発電コストと競争できるレベルになかなか達せず苦戦していましたが、日本が進めた発電以外の利活用の成功が海洋温度差発電の技術開発への社会の関心と支援を生むきっかけをつくりました。

2.2. 海外での海洋深層水の利活用の現状

海外で、早くから海洋深層水に着目したのはハワイ州です。1970 年代に起こった第一次オイルショックを契機に、すべてのエネルギーを輸入に頼っていたハワイ州は、海洋深層水を利用して発電する海洋温度差発電の技術開発に積極的に取り組むことを州議会で決定しました。そして州議会は 1974 年に自然エネルギー研究所の設立を決めたのです。以来、海洋温度差発電の国際洋上実験の誘致、1980 年にはハワイ島ケアホレ岬に州立自然エネルギー研究所の設立(図 15 に示した地図の下側の研究所サイドで、敷地の広さは 130 万平米)、翌 1981 年には水深 215 m から日量 6,000 トンの海洋深層水の陸上への取水管の敷設を進めました。1985 年には、地図の上側に示した州立ハワイ海洋科学産業団地(HOST Park、敷地面積 222 万平米)を新設し、研究所で開発した利活用技術の事業化に向けて準備されました。1990 年には、研究所と産

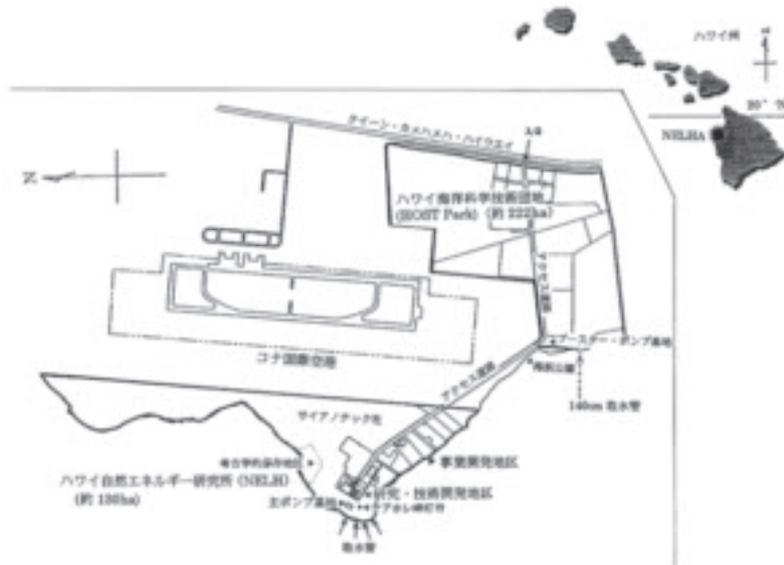


図 15. 米国ハワイのハワイ島にあるハワイ自然エネルギー研究機構の全体図

業団地を統合し、州立ハワイ自然エネルギー研究機構（NELHA）が生まれました。2002年には内径 140 cm の大口径取水管が敷設され、水深 915 m から日量 155,520 トンの海洋深層水の取水が可能になりました。

研究所では、海洋温度差発電の技術開発研究が進められていますが、同時に、海洋深層水を利用して冷水性の大西洋サケやコンブの養殖など、温度差発電以外のチャレンジも積極的に行なわれてきました。事業化に成功した中でご紹介したいのは、Cyanotech 社が行なっている単細胞のプランクトン藻類（ラン藻）のスピルリ

ナなどの屋外大量培養です。図 16 の畑の畝のように見えるのがそれです。スピルリナは淡水産ですが、海水に順化させ、海洋深層水を満たした水路（ビニールシートで水が洩らないように工夫）に植えつけて培養します。強烈な太陽光のもとでは海水の蒸発が盛んで、以後は頻りに水道水を加えて元の塩分を維持します。また、窒素とリンを肥料として加えます。単一種のプランクトン藻類の屋外大量培養では、外部からの生物の混入などで全体が一度に駄目になることがしばしば起こりますが、Cyanotech 社の話ではこれまでにそうしたトラブルは全くなかつ



図 16. HOST Park の上空からハワイ自然エネルギー研究所を見たところ

たそうです。溶岩台地の NELHA の清浄な環境が影響していると考えられています。定期的に収穫し、そのまま固めて健康食品や、あるいはカロテノイドを抽出して医薬品として販売しています。Cyanotech 社は、米国内をはじめ世界各国に輸出して年間の売上高は日本円にして数 10 億円規模だそうです。

1997 年に日本人の Arai Hiroshi さんが、NELHA でエゾアワビの養殖生産を始めました。会社名は Big Island Abalone Corporation です。特徴は、1) 稚貝の自前供給、2) 餌となる海藻として欧米で食料にされている紅藻のダルスを使い、陸上で海洋深層水のかけ流しタンク養殖生産して自前供給、3) アワビの養殖に海洋深層水と表層水を混合して適温にして使っていることです(図 17)。4 万平米の敷地の大部分がダルスの養殖にあてられています。年間に 50~70 トンのアワビを生産し、現地だけでなく日本へも輸出されています。1 個 50 グラム程度の大きさで、販売価格が 3 米ドル程度ということです。50 トンを先の販売価格で売ったとすると、300 万ドル(日本円で 2.7 億円位)になります。

日射量が多く、気温の高いハワイでは、食用海藻の屋外培養も盛んです。Royal Hawaiian



図 17. ハワイ島における海洋深層水を利用した Big Island Abalone Corporation 社のエゾアワビの養殖の様子

Sea Farms 社では、直径 5 m 高さ 1.2 m の円形水槽を並べ、それに海洋深層水に表層水を混ぜて温度調節した海水を、週 1 回の交換率で入れて、オゴノリを培養しています(図 18)。1 週間で倍に育つので、半分のオゴノリを収穫して、生のまま市場に出します。地元のハワイを始め、カリフォルニア、ワシントン、ネバダなどに送られて、海藻サラダやキムチとして食べられています。年間の売上高は約 40 万ドル(3,600 万円程度)です。

ハワイでは、海洋深層水の陸上取水が始まった初期の 1987 年から、Kona Cold Lobsters 社が、海洋深層水の低温と清浄性を利用して、冷水性の水産生物の蓄養事業を始めました(図 19)。当初は、米国北東岸から、強力な 2 本の鉄をもったメインロブスター(アメリカンロブスターとも呼ばれる)をハワイに空輸し、海洋深層水中で蓄養し、ハワイやアジアの市場に送っていました。蓄養の傍ら、メインロブスターの完全養植技術を開発しましたが、養殖に 7 年もの長い時間がかかり、費用対効果が悪く事業化にはいたっていません。代わりに、米国太平洋岸のダンジネスクラブ、ハワイで海洋深層水を利用して養殖されるアワビ、カキ、ムール貝などの、冷水性の魚介類の蓄養・販売と、扱う商品の種類を増やす方向で事業を拡大しています。



図 18. ハワイ島における Royal Hawaiian Sea Farms 社の海藻(オゴノリなど)の陸上タンク培養

エビとカニの蓄養 Kona Cold Lobsters, Ltd.



図 19. ハワイ島における Kona Cold Lobsters 社の冷水性の水産生物の蓄養・販売事業。写真中の人物は社長の Wilson 氏

このほか、ハワイでは周辺の海に生息するヒレナガカンパチの親魚を蓄養飼育して産卵させて稚魚を生産し、沖合い海中沈下生簀で商品サイズまでもっていく完全養殖が事業として成立しています。天然のヒレナガカンパチは、寄生虫や重金属類の汚染などで、食用できないため、そうした問題のない養殖カンパチは大変な評判だそうです。また、日本の宇和島水産が始めた海洋深層水を利用したヒラメの完全養殖も、米国の市場が限られているために、規模は大きくはありませんが事業として成り立っています。

日本の海洋深層水の利活用事業の影響を受けて始まったのが、日本でもポピュラーな脱塩海洋深層水を利用したペットボトル入りの飲料水の生産・販売です。最初に取り掛かったのが、日本資本の Koyo USA 社で、商品名が先にご紹介した“マハロ、MaHalo”です(図 20)。主なマーケットは日本で、1.5 リットル入りの単価が 630 円、年間購入契約(毎日 1 本)が推奨されていて、その場合の単価は 450 円で、年間 187,000 円です。サプリなどの健康ブームに便乗して、定期購入契約者を確保し、日量 25 万本の生産が行われ、会社は日量 100 万本を目指して市場開拓を進めているようです。日本だけでなく、中国、カリフォルニア、フィリピン、タイなども市場として検討されているとのこと



図 20. ハワイの Koyo USA 社が製造販売している脱塩海洋深層水飲料水の“マハロ、MaHalo”

す。日量 25 万本の生産ということは、単純計算で年間 40 億円程度の売上になります。Koyo USA 社は先の Cyanotech 社を抜いて、ハワイの輸出産業のトップを占めています。

先に述べた NELHA の 140 cm の大口徑取水管の敷設では、長年にわたって海洋深層水の利活用で目ぼしい事業化が進まなかったために、州政府の財務担当はなかなか建設許可を出しませんでした。ところが、日本での海洋深層水の利活用事業が進むと、財務担当の態度ががらりと変わったということです。こうして大口徑取水管が日の目を見ました。その結果、ハワイの海洋深層水の利活用事業が一つ上のレベルに上がったのです。

台湾も、ハワイと同じでエネルギーのほとんどを輸入に頼っているために、かなり昔から海洋温度差発電に注目していて、1989 年 12 月には、世界の 10ヶ国の代表を台北に集めて、国際海洋温度差発電協会(International OTEC Association、通称 IOA)をつくり、以来、台湾工業技術研究院(Industrial Technology Research Institute、通称 ITRI)内に事務局をおいて国内外への啓蒙活動を進めてきました。その後、海洋温度差発電だけでなく、海洋深層水の利活用を幅広く推進するために海洋深層水協会を併設し、名前も国際海洋温度差発電・海洋深層水協会(International OTEC/DOWA Association)に変えました。しばしば国内外で

国際会議を開催し、論文を掲載したニューズレターを頻繁に発行してきましたが、2003年頃から実際の活動は低調になっています。

代わって、台湾政府が海洋深層水の利活用事業に強い関心を示し、2004年11月には海洋深層水開発利用検討会を開き、2005年4月に国としての政策綱領を纏めて承認しました。2005年9月には、産官学の委員で構成された深層海水資源利用及産業発展推進委員会を立ち上げ、国内外の識者の意見も聞いて、2006～13年の海洋深層水の利活用に対する、予算措置を含んだ国の取り組みを決めました。

こうした状況を受けて、2005年末から2006年初めにかけて、台湾東岸中ほどの花蓮市とその郊外に民間3社がそれぞれ独自に海洋深層水の取水管を敷設し、あわせて利活用のための工場などを建設しました(図21)。この内、台湾肥料の海洋深層水の取水管は日本の前田建設株式会社が受注して敷設しました。残り2件の敷設工事は、それぞれ台湾の地元の技術で行なわれました。

民間3社は、幸福セメント、光隆大理石、台湾肥料と、それぞれ台湾を代表する大手企業で

す。図22に、3社の概略を纏めてみましたが、ミネラルウォーター、塩、苦汁、健康食品、酒、化粧品など、主力事業は互いに重なり合っています。水産生物の増養殖や農業にもチャレンジしていますが、事業化にはいたっていません。光隆社は、中国旅行者をターゲットにした製品の販売で特徴を出しています。東潤は、台湾の地元を対象として海洋深層水製品を供給することを目指している感じです。台湾肥料は、硬度調整したミネラルウォーターや、海洋深層水が

台湾の例、海洋深層水の取水地

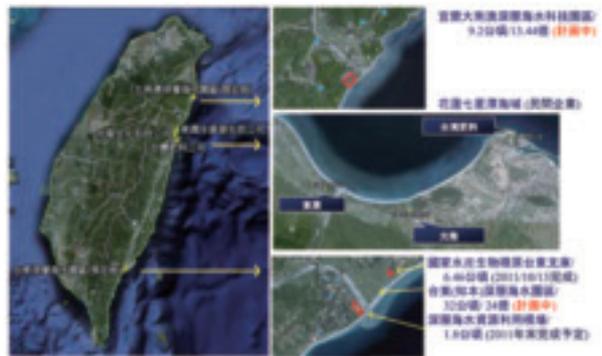


図21. 台湾における海洋深層水の陸上取水予定地(宜蘭県)、民間3社が取水施設を設置した花蓮県(右に拡大図は90度左に傾けてあるので、上側が東)、2つの国立海洋深層水研究所が新設された台東県の位置

	敷地面積(㎡)	投資金額(億円)*	取水深度(㎡)	取水量(㎥/日)	取水管外径(mm)	取水管敷設年月	深層水水温(℃)*	食品・飲料水	水産	冷熱エネルギー	その他
東潤(世易) 園區 花蓮縣新城郡	45	150	710	400	800	2006.5	11.9	ミネラルウォーター、塩、にがり、健康食品、加工食品、酒、ビールなど	トコブシ、バナメイエビ、ナマコ、ニジマス、ティラピア、チョウザメなど	オフィスと生産ラインの冷房	フェイスマスク、乳液、化粧水などの美容化粧品
光隆海灣 園區 花蓮縣新城郡	25	36	618	150	960	2005,11	14.5	ミネラルウォーター、塩、にがり、健康食品、加工食品、ミネラル濃縮液、酒など	トコブシ、アワビ、ネコザメ、エイ、ニジマスなど	なし	花卉栽培
台肥園區 花蓮縣花蓮市	64	150	662	300	2,400	2006.8	10.2	ミネラルウォーター、塩、にがり、健康食品、スポーツドリンク、ミネラル濃縮液、ミネラル粉末など	トコブシ・アワビ・ハタなど、の種苗、藻類など	オフィス冷房	フェイスマスク、乳液、化粧水などの美容化粧品

*1元を3円に換算、水温は2011年8月のもの

図22. 台湾の花蓮市と郊外に新設された民間の海洋深層水企業3社の概要

ら抽出した有用物質を添加した飲料水などを開発して、付加価値を高める努力が見られ、また海洋深層水のリゾート建設計画も進めようとしています。

先の深層海水資源利用及産業発展推進委員会の提言を元に、台湾政府は台東市郊外に2つの国立海洋深層水研究所を創設することを決め、2012年度に工事が完了して研究・技術開発が始まりました。

一つは、図21に“深層海水資源利用摸場”と記されているもので、国の経済部水利署が建設しました。海洋深層水取水管は外径50cm(内径40cm)の硬質ポリエチレン管で、水深700mから日量6,000~9,000トン取水するようになっています。建設工事完了後の2012年に、水利署から同じ経済部の技術処に管理移管され、実際の研究・技術開発は(財)石材資源産業研究発展中心と工業技術研究院が進めています。主として海洋深層水の冷熱エネルギー利用が目指されていますが、それに限らず海洋深層水の利活用が幅広く検討されるようです(図23)。

もう一つの国立研究所は、図21で“国家水産生物種原台東支庫”と書かれているもので、国立水産試験所の支所の一つです。水産試験所では、有用水産生物資源の遺伝子保存を進めていて、海洋深層水を利用してマグロやハタなどの遺伝子資源の保存を目指しています(図24)。同時に、海洋深層水の資源を利用した水産生物の増養殖、農業利用、さらにはもっと幅広い利活用も視野に入れています。こちら、先の水利署の施設と同様、外径50cm(内径40cm)の硬質ポリエチレン管で、水深610mから日量4,000トンの海洋深層水を取水しています。

台湾では、セメント、大理石、肥料を扱う大手の民間企業3社が、それぞれ独自の取水施設と工場を新設して利活用を進めています。3社は、海洋深層水の取水に適した花蓮の海岸部に広大な敷地を所有していたことが、海洋深層水

事業に乗り出した大きな理由の一つで、3社共に、海洋深層水の利活用に必要な、経験や研究・技術開発力を持っているわけではありません。資本力を背景に、日本各地で進んでいる海洋深層水の利活用事業をそのまま取り入れているといった感じです。

ただ、先にご紹介したように、台湾政府が国立の海洋深層水研究所を新設し、研究費支援を活性化させているので、今後の展開が期待されます。中でも、大理石の研究・技術開発を進めていた(財)石材産業技術研究発展センターが、大

経済部水利署海洋深層水取水・研究施設の概要 (2012年から経済部技術処に移管)

名称:「海洋深層水冷熱エネルギー・多目的利用研究所」
研究機関: (財)石材資源産業研究発展中心・工業技術研究院
運営: 工業技術研究院
主な対象: 農業・水産・藻類・微量金属抽出など

施設建設の背景

- 近年のバイオテクノロジーの発展における海洋深層水産業の重要性の増大
- 高山地帯における農業の過剰利用に起因する国土保全課題の解決
- 温度コントロールの産業技術開発や検証に対する小型の冷熱エネルギー利用研究所の必要性
- 水資源とクリーンエネルギーの高まる社会需要

施設の活動目標

- 水産・農業などの産業と直結した海洋深層水の研究体制の確立
- 東部地区における海洋深層水の冷熱エネルギーの産業利用推進基地
- 海洋深層水の資源利用の産業団地の創出とそれによる農地の保護
- 研究・教育・企業育成

図23. 2012年に台湾の台東市郊外に新設された経済部技術処が所管する国立海洋深層水冷熱エネルギー多目的利用研究所の新設の背景と活動目標

行政院農業委員会水産試験所 国家生物遺伝子バンク台東支所 (国家水産生物種原庫台東支庫)

施設設置目的

1. 台湾周辺海域のマグロの遺伝子資源の収集・保存とその養殖技術の開発
2. 重要ハタ類の親魚の保存と種苗生産
3. 海洋深層水を利用したトコブシとアワビの稚貝生産
4. 大型藻類と微細藻類の培養および保存
5. 海洋深層水に含まれる機能性物質の研究と産業利用技術の開発(美容化粧品や健康食品など)
6. 海洋深層水を利用した農業生産システムの確立

図24. 2012年に台湾の台東市郊外に新設された行政院農業委員会水産試験所の海洋深層水取水実験施設“国立生物遺伝子バンク台東支所”の設置目的

韓国の例、魚介類の蓄養



図 25. 韓国における海洋深層水の陸上取水施設と予定地の分布（魚・中島 2007）

理石産業の国外移転に伴い、(財)石材・資源産業技術研究開発センターと名称を変更して 2007 年頃から海洋深層水資源を本格的に取り扱うことになり、センターだけでなく、国内の大学に積極的に委託研究を依頼して、海洋深層水の利活用の研究・技術開発を進めていることが注目されます。

韓国の西側と南側は海が浅く海洋深層水の取水はできません。唯一可能なところが、東岸北側の日本海に面したところ（図 25）。残念ながら、私は実際に韓国で海洋深層水の利活用の状況を視察したことがありません。そこで文献や韓国の知人から聞いた範囲の内容をご紹介します。

韓国では淡水供給が限られているので、飲料水や工業用水としての淡水の確保が課題だと聞いています。現行の海水淡水化処理は、未だコストが高く、既存の上水や工業用水に代わる存在にはなっていない。ただ、国の持続性社会を目指した理想都市では、海洋深層水の取水可能な地域では海洋深層水の脱塩水で上水を供給する計画になっていますから、近い将来にそうした取り組みの始まる可能性があります。それまでは、ペットボトル詰めの飲料水の需要は大きいと思いますが、聞くところによれば、先人が誇大広告(?)で業務停止措置(?)を受けた

ようで、そうしたことがネックになって、残念ながら現在は普及活動が止まっているようです。

韓国での当面の海洋深層水の利活用は、冷水性の魚介類の蓄養のようです。韓国は、活魚志向が強く、海鮮レストランは、食材となる海産生物を生きた状態で店頭に表示していて、その中から客が直接選んだものを料理するようです。そのため、冷水性の魚介類の蓄養に海洋深層水が使われているとのこと。レストランの店頭だけでなく、レストランに卸す仲買店ではかなり大掛かりに海洋深層水の蓄養が浸透しているということです。仲買店の中には、ロシアから冷水性の魚介類を輸入して蓄養しているものもあり、それらの中には、独力で海洋深層水の取水管を敷設して利用しているそうです。

3. 海洋深層水の利活用の今後の展開の方向

日本と海外での海洋深層水の利活用の現状を眺めて参りました。これまでに事業利用が進んでいるのは、飲料水、化粧品類、各種食品、水産生物の培養、養殖、蓄養などです。これらの事業における海洋深層水の必要量をみますと、化粧品類と各種食品の多くは容器に汲んで運んでいく程度の少量でまかなえます。脱塩海洋深層水

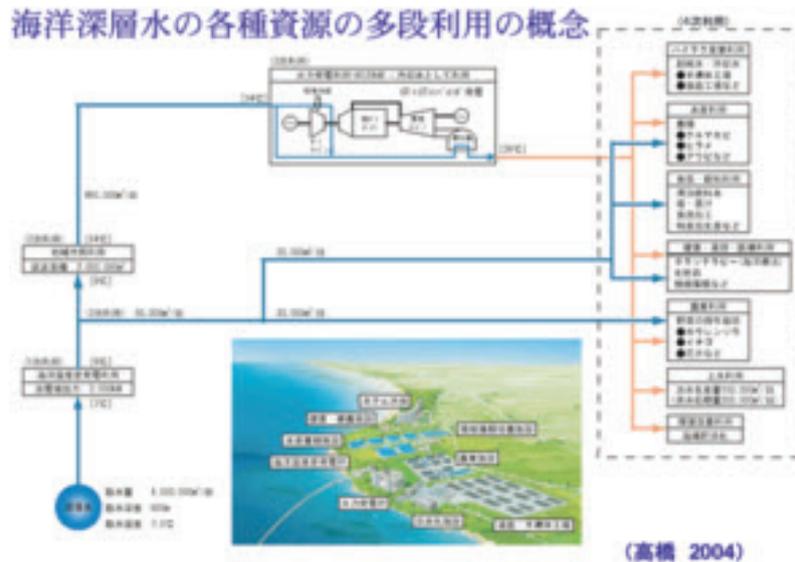


図 26. 熱帯・亜熱帯での海洋深層水の資源・特徴の多段利用の概念 (高橋 2004)

をベースにした飲料水や水産生物の培養、養殖、蓄養では、オンライン供給を必要とするそこそこの水量が必要です。海洋深層水の利活用で遅れているのが、冷熱エネルギー利用です。先にご紹介した、海洋深層水の資源と特徴をさらに一段と生かした利用が検討されています。その場合の基本は、これまで海洋深層水の限られた資源・特徴を個別に利用するのではなく、多段的に利用していくことです。その一例は、富山県入善町の無菌米飯工場の冷房に使うって昇温した海洋深層水をアワビ養殖に回しているものです。

海洋深層水の資源・特徴を多段利用するために、平成 11～15 年まで 5 年間をかけて「エネルギー使用合理化海洋資源活用システム開発」という研究・技術開発プロジェクトが、独立行政法人「新エネルギー・産業技術総合開発機構」(通称、NEDO) の中で進められました。プロジェクトでは、日量 100 万トンの海洋深層水を陸上揚水し、出力 60 万キロワットのガス火力発電機を冷却することを想定し、表層水で冷却する場合と比べたエネルギーなどの効率アップを評価しました。同時に、日量 100 万トンの大量取水技術開発も検討しました。海洋深層水は低温のために、利用はかなり制限されます。昇温

海洋深層水の用途は格段に広がります。その結果、図 26 に示すような、海洋深層水の多段利用概念が纏まったのです。最初に、海洋深層水の冷熱エネルギーを建物の空調に利用し、14°Cまで昇温した海洋深層水を火力発電機の冷却に使います。26°Cに昇温した海洋深層水は食品をはじめとした様々な利用に供します。最後に、海洋深層水中の栄養塩類で海藻などを育て、栄養塩類を使い切って表層水と同等になった海洋深層水を海域に放流するという内容です。図 26 には、最初に海洋温度差発電が入っていますが、費用対効果によっては省いて直接空調利用にもっていきます。空調の需要の少ない地域の場合には、空調利用の部分を少なくするか、省いて海洋深層水の冷熱を発電機に直接導入します。詳しくは高橋 (2007) をご参照下さい。先の、NEDO の研究プロジェクトを発展させて、可能性評価 (FS) 研究を提案していますが、参加を希望する火力発電所が見つからないために実現できないでいます。

図 21 で、台湾の 2 つの国立海洋深層水研究所の間に「台東 (知本) 深層海水園区」(計画中) という表示があり、ここには台東県政府が大型リゾートを計画しています。そこで、図 26 で示

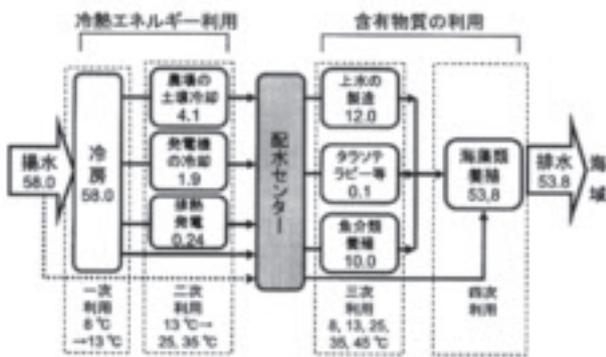


図 27. 台湾の台東県画計画している大型リゾートにおける海洋深層水資源の多段利用の概要 (黄ら 2010)

した海洋深層水の多段利用の考え方をもとにして作成し提案した計画が図 27 です。320 ヘクタールのリゾートの空調・上水供給・発電などのインフラに海洋深層水を利用し、持続性の強化を目指しています。さらに、リゾートを利用する 5 万人の食材生産にも、現在の知識と技術を駆使して可能な限り安全な食材を生産して提供するために、それにも海洋深層水を最大限利用することを考えています。詳しい内容は黄ら (2010) をご参照下さい。

沖縄県久米島町でも、地域社会の持続性を高めるために、“緑の分権改革推進事業”で検討が進められ、海洋深層水を利用した将来計画が作られました(図 28)。計画では、海洋温度差発電

が大きな位置を占めています。海洋温度差発電で海洋深層水の一部の冷熱を利用した後、残った冷熱エネルギーを建物の空調・フラッシュ方式による淡水製造・農業利用などにまわし、その後の昇温海水はクルマエビの養殖、ウミブドウの培養、リチウム回収などに使うといった、久米島の特徴を活かした内容になっています。この計画を進めていくために、沖縄県は、平成 25 年度に海洋深層水研究所に 50 ワットの海洋温度差発電実験装置を設置しました。

日本がリーダーシップをとって進めてきた海洋深層水の利活用の現状を整理してみました。これまでの利活用も今後益々工夫されていくと思います。同時に、最後にご紹介した資源と特徴を多段的に利用していくチャレンジも具体的になっていくことが期待されます。多段利用では、今のところ熱帯・亜熱帯の例しかありませんが、北海道のような寒冷地の特徴を生かした利用方向も当然考えられると思います。是非、皆さんの知恵を働かせて寒冷地での海洋深層水の多段利用を工夫していただくようお願いいたします。

ご清聴を本当にありがとうございました。

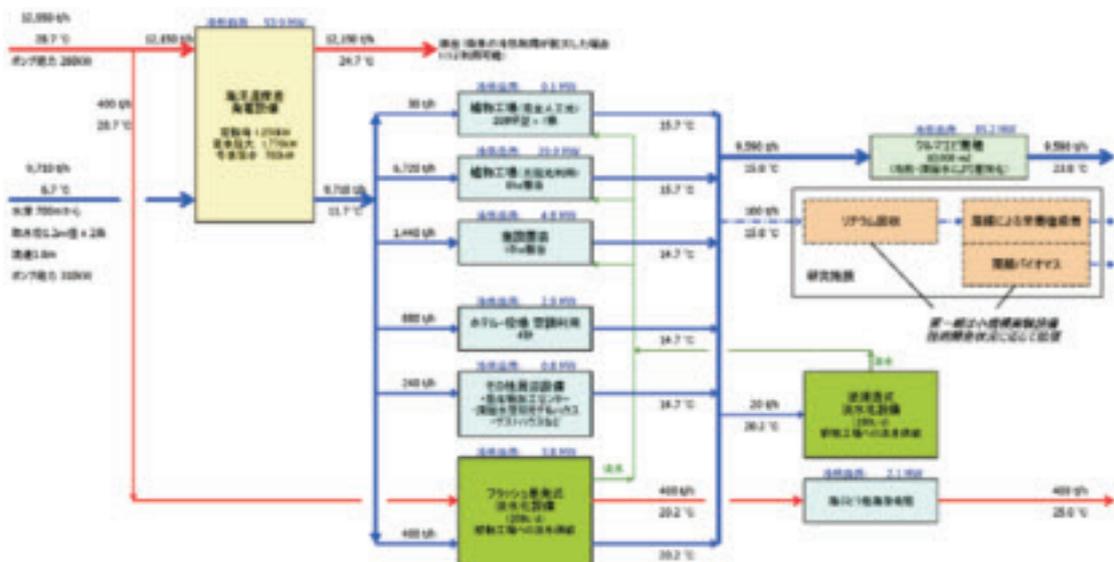


図 28. 沖縄県久米島町で計画されている海洋深層水の資源・特徴の多段利用の概要 (久米島町 2011)

文 献

1. 北海道総合企画部科学技術振興課. 2002. 北海道における海洋深層水の利活用の方向性. 188 頁.
2. 沖縄県久米島町. 2011. 緑の分権改革推進事業, 久米島町海洋深層水複合利用基本調査報告書. 190 頁.
3. 高橋正征・黄秉益・李士畦. 2012. 台湾における海洋深層水の資源利用の現状. 海深研 13: 41-52.
4. 黄秉益・辰巳勲・高橋正征. 2010. 再生型の海洋深層水資源の大量多段利用による社会の持続性強化のモデル検証. 海深研 11: 43-52.
5. 高橋正征. 2010. 海水の資源で築く豊かな持続性社会. 黒潮圏科学の魅力 (高橋正征・久保田賢・飯國芳明編), ビオシティ, 東京, 116-123 頁.
6. Takahashi, M. M. and P-Y. Huang. 2012. Novel

renewable natural resource of deep ocean water (DOW) and their current and future practical applications. Kuroshio Sci. 101-113.

謝 辞

今回の講演資料を作るに当たっては、高知県海洋深層水研究所津嶋貴弘所長から貴重なスライドをお借りし、また、韓国京東大学海洋深層水学科の魚再善教授からは韓国の海洋深層水の利活用の現状と水産生物の蓄養に関するスライドをご提供いただきました。ここに、心から記して厚くお礼を申し上げます。