

Ⅲ. 深海底微生物資源をめぐる国際議論の動向

1. 概要

(1) 議論経緯

深海底は長い間、多様な生物が存在するとは考えられていなかった。しかしながら、1977年に、アメリカの研究チームがガラパゴス諸島沖の国際水域・水深約2500メートル地点において熱水噴出口を発見し、そこにおける多様な生物を確認した。これが、深海底における生物多様性発見の最初の事例とされている。

国連海洋法条約*（UNCLOS）は、1973年から1982年にかけて開催された第三次国連海洋法会議の交渉の末採択された。当時の国際社会の関心は、深海底の鉱物資源へ向けられており、深海底における生物多様性の存在及び遺伝資源の有用性に関してはほとんど認識されていなかった。このような当時の背景もあり、UNCLOSは「遺伝資源」に関する規定を有していない。

*国連海洋法条約・・・「海洋法に関する国際連合条約」。1982年12月採択、1994年11月発効。我が国は、1983年2月に署名、1996年6月に批准。2011年6月現在、EU含む162の国が締結。

国際制度上、遺伝資源の問題が注目されるようになったのは、1980年代後半から行われた生物多様性条約*（CBD）の起草がきっかけとされる。当時は、遺伝資源は誰でも自由に利用可能であると国際的に認識されており、「遺伝資源の利用から生じた利益の公正かつ衡平な配分」という概念が浸透していなかった。そのため、先進国の企業や研究者は、遺伝資源の豊富な途上国で遺伝資源を入手し、それらを開発してきたが、遺伝資源の原産国に利益を配分するような取り決めをする例はほとんどなかったとされる。この状況に大きな不満を持っていた途上国は、遺伝資源に対する主権的権利を主張し、CBDにおける、自国の遺伝資源へのアクセスの規制する権限と利益配分を義務付けることを確認する条文を挿入することを主張した。

*生物多様性条約・・・「生物の多様性に関する条約」。1992年5月採択、1993年12月発効。我が国は、1992年6月に署名、1993年5月に批准。2011年末現在、EU含む193の国が締結。

1992年に採択された CBD は、最終的に、遺伝資源に対する国家の主権的権利を確認し、遺伝資源に対するアクセスに際しては、遺伝資源の提供国から事前の情報に基づく同意を取得し、相互に合意する条件に基づきアクセスが実施されること、さらに、遺伝資源の利用から生じた利益を相互に合意する条件に基づき配分することを定めた。しかしながら、深海底などの海洋環境における遺伝資源へのアクセスと利益配分（ABS）に関しては言及せず、海洋区域に関しては海洋法に基づく国家の権利及び義務に適合するよう CBD を実施することを定めるのみである（CBD 第 22 条 2 項）。このことから、公海を含む、深海底の遺伝資源は、今日まで国際法上規制されていない資源であるとみなされてきたが、1993 年 12 月に CBD が発効して以降、途上国や NGO からは、深海底の遺伝資源の利用から生じた利益の配分やその探査活動を国際的に管理する国際制度を求める声が次第に大きくなった。

この国際的な議論傾向を受け、CBD は、1996 年に深海底の遺伝資源のバイオプロスペクティングに関する CBD と UNCLOS の関係の研究に着手し、2003 年には、国連法務部海事海洋法課と共同で「深海底の遺伝資源の保全と持続可能な利用に関する CBD と UNCLOS の関係に関する研究」という報告書を作成し、深海底の遺伝資源の保全と持続可能な利用に関して、遺伝資源の ABS を含む、新しい国際的枠組みの作成の必要性を勧告した。前述の報告書の勧告を受け、CBD の締約国会議は国連総会に対して、この問題の調整を要請した。その後、国連総会の下に設置された UNCLOS 関連フォーラムにおいて、この問題の議論が継続されている。

2012 年 2 月末時点における最新の動向として、2004 年に国連総会の下に設置された「国家管轄権外区域における海洋生物多様性の保全と持続可能な利用に関する問題の研究のためのアドホック公開非公式作業部会」が 2011 年 6 月の会合において、海洋遺伝資源の利益配分の問題を含む諸問題に対応するため、UNCLOS の下における多国間協定の作成の可能性を含む、ギャップを特定する作業を開始することを国連総会に勧告し、国連総会はこれを決議として採択した（国連総会決議 A/RES/66/231）。

このように、現在の国際議論の動向としては、深海底における遺伝資源の ABS に関する新たな国際制度の創設に向けた動きが活発化しつつある状況にある。

（2）主要論点

深海底の微生物（遺伝資源）をめぐる国際議論における主要論点は以下の通りである。

1. 深海底の遺伝資源及びバイオプロスペクティングを規律する国際法枠組みの有無
2. 深海底の遺伝資源の法的位置づけ
3. 深海底の遺伝資源のための（ABS を含む）新しい国際制度の必要性

深海底の遺伝資源をめぐるのは、UNCLOS の下の公海レジーム（UNCLOS 第 7 部）が適用され、深海底の遺伝資源へのアクセス及びその利用は自由であると主張する一部の先進国と、公海自由の原則の下での「早い者勝ち」ルールを批判し、遺伝資源を含む深海底の資源は人類の共同財産であるとして、それらの利用から生じた利益の配分がされるべきであると主張し、さらに、そのための新しい法的枠組み（UNCLOS の下の「新しい実施協定」*）創設の必要性を主張する途上国の間で、現状、議論は平行線をたどっている。

*実施協定・・・現在、UNCLOS の下には 2 つの実施協定が採択されている。

（１）「UNCLOS 第 11 部実施協定」：1994 年 7 月採択、1996 年 7 月発効。我が国は、1996 年 6 月に批准。2011 年 9 月現在、EU を含む 141 の国が締結。

（２）「国連公海漁業協定」：1995 年 7 月採択、2001 年 12 月発効。我が国は、2006 年 8 月に批准。2011 年 9 月現在、EU を含む 78 の国が締結。

2. 深海底微生物資源に関する国際制度及び国際機関

（１）生物多様性条約

生物多様性条約（CBD）は、1992 年 6 月にブラジルのリオデジャネイロで開催された国連環境開発会議（UNCED）において署名開放され、1993 年 12 月に発効した。2012 年 2 月末現在、EU を含む 193 の国家が締結している。

CBD は、「生物多様性の保全」、「生物多様性の構成要素の持続可能な利用」及び「遺伝資源の利用から生じる利益の公正かつ衡平な配分」の 3 つを目的とし、特に、第 3 の目的である「遺伝資源へのアクセスと利益配分（ABS）」に関しては、10 年近くの交渉を経て、2010 年 10 月の名古屋における第 10 回締約国会議（COP10）において ABS に関する名古屋議定書*として採択されたように、長年、先進国と途上国間で対立してきた論点である。

*名古屋議定書・・・「遺伝資源へのアクセスと利益配分に関する名古屋議定書（名古屋

議定書)」：2010 年 10 月採択。我が国は 2011 年 5 月に署名。2012 年 2 月末現在、未発効。

CBD は、遺伝資源へのアクセスと利益配分に関する国際的規制に関して初めて言及した国際条約であるが、深海底の遺伝資源の ABS に関しては言及をしていない。しかしながら、その問題は、CBD 発効直後に提起され、以後、CBD の締約国会議及び科学上及び技術上の助言に関する補助機関会合において議論が進められた。

① 主要論点

深海底の遺伝資源をめぐる CBD 上の主要論点は以下の 2 点である。

<1> CBD 第 3 の目的である「遺伝資源へのアクセスと利益配分(ABS)」の深海底の遺伝資源への適用可能性

CBD の ABS に関する規定の深海底の遺伝資源への適用可能性について、CBD は第 4 条において、国家の管轄権の下にある区域（領域、領海含む、排他的経済水域及び大陸棚までの区域）の生物多様性の構成要素及び自国の管轄又は管理下で行われる作用及び活動（例えば、資源探査活動）を対象とするが、いずれの国の管轄にも属さない区域（公海及び深海底など）については、「自国の管轄又は管理下で行われる作用及び活動」のみを対象とすると定めており、深海底などの国家主権の及ばない区域の生物多様性そのものは CBD の対象外であると定めている。

<2> CBD と海洋環境を規律する UNCLOS との関係性

CBD と UNCLOS との関係性に関して、CBD は第 22 条において、国家の権利の行使が生物多様性に重大な損害又は脅威を与える場合を除き、海洋環境においては、「海洋法に基づく国家の権利及び義務に適合するよう実施される」と定めており、基本的には UNCLOS を含む海洋法が CBD に優先することを示唆している。

以上のことから、CBD 上、深海底の遺伝資源は、ABS に関する規定の適用対象外であり、それら資源へのアクセスと利用に対する特段の規制はされていない。そのため、深海底の遺伝資源は人類の共同財産（又はグローバル・コモンズ）であるとして、国際管理の下でアクセス及び開発がされ、その利益は人類

全体に配分されるべきであるとする主張が、提起されている。

② 議論経緯

i) 第1回科学技術補助機関会合(1995年9月)

深海底の遺伝資源に関する国際法上の問題点は、1995年9月にフランス・パリで開催された CBD の科学上及び技術上の助言に関する補助機関 (SBSTTA) 第1回会合において初めて提起された。国際自然保護連合 (IUCN) と世界自然保護基金 (WWF) が共同で作成した「深海底における遺伝資源の調査活動」に関する国際法枠組みの現状と問題点を分析した報告書*は、深海底の遺伝資源をめぐる実態を整理し、関連する国際法の枠組みである CBD と UNCLOS の対応状況を検討することで、深海底の遺伝資源の公正かつ衡平な利用を確保する必要性を提起するものであった。その報告書が提起した問題は、SBSTTA の勧告 (SBSTTA 勧告 I/8) に反映され、CBD の第2回締約国会議に報告されることになった。これをきっかけに深海底の遺伝資源をめぐる国際法上の問題点が国際的に認識され、CBD のほか、UNCLOS 等で、深海底の遺伝資源の利益配分やアクセスの規制をめぐる国際的議論がされるようになった。

* Lyle Glowka in collaboration with Joy Hyvarinen, The Deepest of Ironies: Genetic Resources, Marine Scientific Research and the International Deep Sea-bed Area, A paper distributed for comment and discussion at the First Meeting of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice of the Convention on Biological Diversity, Paris, 4 September 1995 (revised).

ii) 第2回締約国会議(1995年11月)

1995年9月の SBSTTA1 における勧告を受け、1995年11月にインドネシアのジャカルタで開催された CBD の第2回締約国会議 (COP2) は、CBD 事務局に対して、国連海事海洋法局 (現、国連法務部海事海洋法課) と協力して、「深海底の遺伝資源の保全と持続可能な利用に関する CBD と UNCLOS の関係」に関して研究するよう要請した (COP 決定 II/10)。

iii) 第2回科学技術補助機関会合(1996年9月)

CBD 事務局は締約国からの要請に応え、1996 年 9 月にカナダのモントリオールで開催された SBSTTA2 において、「深海底における遺伝資源のバイオプロスペクティングに関する CBD と UNCLOS の関係性」に関する予備報告*を提出した。

* Bioprospecting of Genetic Resources of the Deep Sea-bed - Note by the Secretariat, UNEP/CBD/SBSTTA/2/15 (24 July 1996).
(<http://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-02/official/sbstta-02-15-en.pdf>)

予備報告として事実概要を整理したこの報告書では、CBD は自国の管轄又は管理の下で行われる「作用及び活動」のみに適用されるとして、公海や深海底などの国家の管轄権を超える区域に位置する遺伝資源に対して CBD を適用することはできないことを指摘している。また、公海や深海底における資源や活動を規律するのは UNCLOS であると指摘しながらも、UNCLOS が遺伝資源やバイオプロスペクティングに関する規定を有していないことから、これらの区域における遺伝資源は「未規制の資源」とであると結論付けている。

しかしながら、UNCLOS において遺伝資源が言及されていないのは意図的ではなく偶然の産物であるとして、現状の未規制のままにしておくのではなく、深海底の遺伝資源開発に対する商業的関心が高まる前に、それら資源の利用から生じた利益の公平な配分を目的とした新しい国際レジームを創設する必要性を指摘している。

iv) 第 5 回締約国会議(2000 年 5 月)

1996 年の COP 決定 II/10 に基づく一連の作業の中間報告として、CBD 事務局は、海洋遺伝資源のバイオプロスペクティングの実態と現状に関する調査を情報文書*として提出した。

* Progress report on the Implementation of the Programmes of Work-Information on Marine and Coastal Genetic Resources including Bioprospecting, UNEP/CBD/COP/5/INF/7 (20 April 2000).
(<http://www.cbd.int/doc/meetings/cop/cop-05/information/cop-05-inf-07-en.pdf>)

v) 第 8 回科学技術補助機関会合(2003 年 3 月)

1996 年の SBSTTA2 以降、CBD 事務局は当該問題に関する調査を継続し、2003 年 3 月にカナダのモントリオールで開催された SBSTTA8 において、COP2 決定 II/10 の要請に対して、「深海底の遺伝資源の保全と持続可能な利用に関する CBD と UNCLOS の関係性に関する研究」に関する報告書*を情報文書として提出した。

* Study of the relationship between the Convention on Biological Diversity and the United Nations Convention on the Law of the Sea with regard to the conservation and sustainable use of genetic resources on the deep seabed (decision II/10 of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity), UNEP/CBD/SBSTTA/8/INF/3/Rev.1 (22 February 2003).
(<http://www.cbd.int/doc/meetings/cop/cop-05/information/cop-05-inf-07-en.pdf>)

この報告書は、バイオプロスペクティングを海洋の科学的調査とは異なる商業的性質の活動であると性格づけた上で、CBD 及び UNCLOS は海洋及び沿岸生物多様性の保全及び持続可能な利用に関して補完的及び相互支援的ではあるが、公海及び深海底の遺伝資源に関する商業的活動には対応していないことを指摘する。結論として、この問題に対応するため、公海及び深海底の遺伝資源に関する商業的活動の管理規制を目的とした新たな法的レジームの創設を勧告している。

SBSTTA8 は、この報告書の勧告に留意したが、報告書が勧告する新たな法的レジームの創設には言及せず、2004 年 2 月に開催される COP7 に対して、深海底の遺伝資源に関する現状と傾向に関する情報の整理収集及び当該問題のレビューと適切な勧告を行うよう国連総会に対して要請するよう勧告するに留まった (SBSTTA 勧告 VIII/3 D)。

〔「深海底の遺伝資源の保全と持続可能な利用に関する CBD と UNCLOS の関係性に関する研究」(UNEP/CBD/SBSTTA/8/INF/3/Rev.1)の概要〕

(1) CBD の COP 決議 II/10 に基づき、深海底における遺伝資源の保全及び持続可能な利用のため、将来、SBSTTA が、深海底における遺伝資源のバイオプロスペクティングに関する科学的及び技術的問題に対処できるよう、CBD と UNCLOS との関係性に関して研究を行った。これと並行して、1996 年の第 51 回国連総会に対する国連事務総長の報告書は、国家の管轄権を超える区域である深海底に由来する遺伝資源の利用に関する活動の合理的かつ秩序だった発展の必要性を強調した。

(2) この研究は、国家の管轄権を超える区域である深海底の遺伝資源の保全及び持続可能な利用に関する CBD と UNCLOS の条文を検討するものである。海洋・沿岸生物多様性の保全及び利用に関して、2 つの条約の条文は補完的性質であることに留意する。UNCLOS は、国家の管轄権を超える区域である深海底の遺伝資源に関する活動を含む、海洋における全ての活動に適用される。CBD は、締約国の領域内においては生物多様性の構成要素、また、国家の管轄権を超える区域及び領域内においては、締約国の管轄又は管理下で行われる作用及び活動に対して適用される。海洋環境に関して CBD の締約国は、海洋法に基づく国家の権利及び義務に適合するよう CBD を実施するよう要請されている。

(3) UNCLOS は海洋遺伝資源に関して特に言及をしていないが、一般的な海洋環境の保護及び海洋生物資源及び他の海洋生物に関する条文を有している。さらに、国家は希少または脆弱な生態系を保護することが義務づけられている (UNCLOS 第 194 条 5 項)。UNCLOS はまた、国家管轄権外区域である深海底の鉱物資源の探査及び開発及び海洋の科学的調査に関する規則を有している。

(4) UNCLOS は、海洋における全ての活動を規律するための一般的な枠組みを定める。そのため、空間的及び機能的アプローチを取る。まず、海は、沿岸からの距離に基づき、異なる区域に分けられている。海はまた、垂直的に、上部水域と海床もしくは海底を区別している。沿岸国は、公海及び深海底までの、その管轄権の下にある区域において一定の権利を享受する。公海及び深海底は国家の管轄権を超える区域であり、いかなる国家も海洋空間に対して主権を行使できず、沿岸国は、自国の国民及び自国の旗国船に対してのみ管轄権を行使できる。

(5) 一般的な国家管轄権の欠如を考慮し、UNCLOS は公海における生物資源及び国際海底区域の鉱物資源に関する特別のレジームを設けている。公海においては、全ての国家は、他の国家の同様の自由の行使に関する利益及び深海底における活動に関する権利を考慮し、一定の非常に厳格に規制された「自由」を享受する。従って、公海における生物資源の保全及び海洋環境の保護は、特別な規則を発展させ、それらを履行し、自国民に対して執行をすることに対する、国家の協力の意志次第ということになっている。残念ながら、ほとんどの場合、国内的意志の欠如と外部の制約により、国家は天然資源の保全及び環境の保護に対する責務を果たしてこなかった。

(6) 反対に、深海底及びその資源は、国際海底機構 (ISA) によって管理された国際レジームによって規制される。深海底の鉱物資源は人類共同の財産であり、それらの探索と開発は、人類全体の利益のために実施されなければならない。深海底の資源の管理に関するレジームは、専ら鉱物資源に適用され、深海底の海洋環境の保護についても規定する。UNCLOS の第 11 部に言う「資源」の意味を考慮すると、深海底の遺伝資源に関連する商業的活動は、深海底制度の規制対象とは想定されていなかった。深海底の生物資源は発見されたばかりであり、その性質や範囲、価値などはほとんど知られていないため、UNCLOS などの国際制度には含まれていない。

(7) いかなる国家も深海底及びその資源に対して主権的権利を主張し又は行使できない。管轄権上のギャップを埋め、潜在的に有害で不適切な鉱物資源獲得の自由競争を防ぐため、UNCLOS は、それらの活動を規制し、それらから得られる金銭的利益その他経済的利益の衡平な配分を定めることを要請する国際海底機構 (ISA) を設立した。UNCLOS が ISA に対して、深海底における活動に関する、海洋環境の汚染その他の危険の防止、軽減及び規制、並びに深海底の天然資源の保護及び保全並びに植物相及び動物相に対する損害の防止を目的とした必要な措置を取ることを義務付けていることは重要な点である

(8) CBD は、その適用範囲に関して 2 つの重要な区別をしている。一つは、「生物多様性の構成要素」と「活動及び作用」である。もう一方は 自国の管轄権の下にある区域と国家の管轄権を超える区域である。国家の領域権内において CBD は、生物多様性に悪影響を与える可能性のある作用及び活動に対して適用される。国家の管轄権を超える区域において CBD は、締約国の管轄又は管理の下で行われる、生物多様性に悪影響を与える可能性のある作用及び活動に対してのみ適用される。締約国は、国家の管轄権を超える区域の資源に対して国家主権又は管轄権を有さないため、国家の管轄権を超える区域の生物多様性の特定の構成要素の保全及び持続可能な利用に関して直接の義務はない。従って、CBD は、いずれの国の管轄権にも属さない区域の生物多様性の保全及び持続可能な利用のため、締約国間の協力を強調する。

(9) しかしながら、当該研究は、CBD と UNCLOS が海洋及び沿岸生物多様性の保全及び持続可能な利用に関して補完的かつ相互に支援的ではあるが、深海底の海洋遺伝資源に関連する商業的活動に関して、適用する法規が不存在の状態が存在することを示している。これらの区域の遺伝資源の重要性の高まりや、保全及び衡平性の要請に妥当な考慮を払わないで行われる可能性のある

様々な活動による遺伝資源に対する脅威を考慮すれば、この適用可能な法規が存在しない状態は国際社会によって対処される必要がある。CBD と UNCLOS は、国家の管轄権の外にある深海底の海洋遺伝資源のための特別な法的レジームに関する構成要素となり得る有用な原則、概念、措置及びメカニズムを有している。UNCLOS における人類の共同財産原則は、深海底の遺伝資源に関する重要な基本概念をもたらす。さらに、CBD と UNCLOS は、国家の管轄及び管理下の活動に対する国家の責任や、エコシステム・アプローチ、海洋保護区の設置、活動に関する情報交換、協議及び通報、環境影響評価、持続可能な利用、利益の公正かつ衡平な配分など、一定の原則と概念を共有している。これらの原則は、国家の管轄権の外にある深海底の遺伝資源管理における保全及び衡平性の考慮に対処するための有用なツールとなり得る。

(10) 当該研究は、結論として、国家の管轄権を超える区域である深海底の遺伝資源の管理に関する以下のオプションを提案する。

- (a) 現状維持；
- (b) 深海底の遺伝資源の管理レジームの策定に関する枠組みとして、現在の UNCLOS の下の深海底レジームを利用する（当該レジームは、CBD における保全、持続可能な利用、利益配分の原則やツールを含みうる。）；
- (c) CBD を修正し、国家の管轄権を超える区域における生物多様性の構成要素に対して適用範囲を拡大する。

vi) 第 7 回締約国会議(2004 年 2 月)

SBSTTA8 における、深海底の遺伝資源の保全と持続可能な利用に関する CBD と UNCLOS の関係性に関する研究報告を受け、2004 年 2 月に開催された COP7 は、国連総会に対して当該問題に関する作業の調整を要請した（COP 決定 VII/5）。

COP7 以降、国家の管轄権を超える区域における遺伝資源の問題に関して CBD は、主に、事実概要の情報収集や、遺伝資源の保護のための行動規範、ガイドライン、原則や海洋保護区域の設定を含む様々なオプションの検討など、科学的及び技術的分析に議論の焦点が当てられており*、法的観点からの分析・対応は海洋法フォーラムに委ねている。

* Status and trends of, and threats to, deep seabed genetic resources beyond national jurisdiction, and identification of technical options for their conservation and sustainable use, UNEP/CBD/SBSTTA/11/11 (22 July 2005)

(<http://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-11/official/sbstta-11-11-en.pdf>); Options for preventing and mitigating the impacts of some activities to selected seabed habitats, and ecological criteria and biogeographic classification systems for marine areas in need of protection, UNEP/CBD/SBSTTA/13/4 (13 November 2007)
(<http://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-13/official/sbstta-13-04-en.pdf>)。

vii) 第 10 回締約国会議(2010 年 10 月)

CBD の第 3 の目的である「遺伝資源へのアクセスと利益配分」に関する規制を強化するため、2004 年の COP7 において締約国会議は、ABS 国際レジームの検討を ABS 作業部会のマンデートとして決定し(COP 決定 VII/19)、さらに、2006 年の COP8 において、「2010 年の COP10 までに ABS 国際レジームの検討を完了させる」ことを決定した (COP 決定 VIII/4)。これを受けて、CBD の締約国は ABS 作業部会において「ABS 国際レジーム」の交渉を継続し、2010 年 10 月の COP10 において最終的に「名古屋議定書」として採択することでその作業を完了させた。

名古屋議定書の交渉においては、ABS の適用範囲として、国家の管轄権を超える区域の遺伝資源も議定書の対象とするかで、先進国と途上国で最後まで激しく対立した。途上国グループ、特に、アフリカグループは、公海や南極大陸を含む、国家の管轄権が及ばない区域にある遺伝資源も名古屋議定書の対象とすべきであると主張し、また、そのための「多国間生物多様性利益配分基金」の創設を主張した。これに対して EU や JUSCANZ*を含む先進国グループは、ABS の対象を CBD の適用範囲を超えて、国家の管轄権を超える区域の遺伝資源まで拡大することに反対した。

*JUSCANZ・・・日本、カナダ、オーストラリア、ニュージーランド等。なお、米国は CBD の未批准国。

最終的に、先進国と途上国間で妥協が図られ、名古屋議定書の適用範囲は CBD に準じる形となったが、議定書の第 10 条において「締約国は、国境を越える状況又は事前の情報に基づく同意を提供又は得ることができない遺伝資源及び遺伝資源に関連する伝統的知識の利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分に対応するために地球的規模の多数国間利益配分制度の必要性及び態様を検討する」ことが定められた。

(2) 国連海洋法条約

UNCLOS は、1973 年から 1982 年にかけて行われた第三次国連海洋法会議の交渉の末採択された。当初、UNCLOS の深海底の鉱物資源開発を対象とした規定(第 11 部)に不満を持つ先進国グループが参加を拒否したことから UNCLOS の発効は大きく遅れた。最終的に UNCLOS は 1994 年 11 月に発効したが、当初の加盟国は 9 割以上が途上国であった。先進国を含む、多数の国家が UNCLOS を締結したのは、1996 年の「UNCLOS 第 11 部実施協定」が発効して以降である。UNCLOS は、2011 年 6 月現在、EU 含む 162 の国が締結している。

UNCLOS の交渉が行われた当時は、深海底における生物多様性の存在はほとんど認識されておらず、また、遺伝資源の ABS に関する概念も登場していなかったことから、UNCLOS は「遺伝資源」に関する規定を有していない。しかしながら、CBD の採択以降、遺伝資源の ABS を含む、生物多様性の保全と持続可能な利用に対する関心の高まりに伴い、海洋環境における生物多様性の保全を強化するための議論が海洋法に関連するフォーラムにおいても提起されている。

国家の管轄権を超える区域における遺伝資源及びバイオプロスペクティングの問題に関して実質的な議論を行っているのは、国連の「海洋及び海洋法に関する国際連合非公式協議プロセス(非公式協議プロセス)」と「国家管轄権外区域における海洋生物多様性の保全と持続可能な利用に関する問題の研究のためのアドホック公開非公式作業部会(アドホック非公式作業部会)」であることから、この 2 つのフォーラムを中心に議論の展開を整理する。

① 主要論点

深海底の遺伝資源をめぐる UNCLOS 上の論点は海洋法関連フォーラムにおいて複数指摘されている。

- a) 深海底の遺伝資源は誰でも自由にアクセスできるか
- b) 遺伝資源の収集及びその後の利用に伝統的な海洋生物資源(漁業資源)の採捕の手法の適用可能性
- c) 深海底における遺伝資源のバイオプロスペクティングがその脆弱な生態系に悪影響を与える可能性
- d) 深海底における生物多様性のバイオプロスペクティングに対して人類の共同財産原則に基づく深海底レジームの適用可能性

- e) 深海底の遺伝資源の研究・開発から得られた知的財産権（特に、特許権）の問題
- f) 海洋の科学的調査とバイオプロスペクティングの区別の可能性
- g) 国際海底機構（ISA）の深海底における遺伝資源に対する権限拡大の可能性
- h) 深海底の遺伝資源の利用及び開発から得られる利益の配分の方法

② 議論経緯

深海底における遺伝資源をめぐる UNCLOS 上の問題は、国連総会の他、海洋及び海洋法に関する国際連合非公式協議プロセス（非公式協議プロセス）及び国家管轄権外区域における海洋生物多様性の保全と持続可能な利用に関する問題の研究のためのアドホック公開非公式作業部会（海洋生物多様性に関するアドホック非公式作業部会）において主に議論されている。

〔国連における深海底遺伝資源に関する主なフォーラム〕

○ 海洋及び海洋法に関する国連非公式協議プロセス

UNCLOS 発効後の海洋問題をめぐる論点の多様化に対応するため、国連総会は、1999 年に総会決議 54/33 に基づき、「海洋及び海洋法に関する国連非公式協議プロセス」（非公式協議プロセス）を設置した。なお、非公式協議プロセスは、全ての国連加盟国及び専門機関の加盟国並びに UNCLOS の締約国が参加できることになっており、事実上、全ての国家が参加可能である。非公式協議プロセスは、2000 年以降毎年開催されているが、検討する重点領域が年度により異なるため、必ずしも、深海底の遺伝資源に関する問題が毎年議論されている訳ではない（末尾表 1 参照）。なお、非公式協議プロセスにおいて、深海底の遺伝資源に関する議論が行われたのは、2004 年 6 月の第 5 回会合と 2007 年 6 月の第 8 回会合である。

○ 国家の管轄権を超える区域における海洋生物多様性の保全と持続可能な利用に関する問題の研究のためのアドホック公開非公式作業部会

国連総会は、2004 年 11 月の総会決議 59/24 に基づき、国家の管轄権を超え

る区域の生物多様性の保全と持続可能な利用に関する国連及びその他関連国際機関の過去及び現在の活動を調査し、それらの問題に関する科学的、技術的、経済的、法的、環境、社会経済及びその他の側面の分析し、必要に応じて、国家の管轄権を超える区域の生物多様性の保全と持続可能な利用のための国際協力及び調整を促進するための可能なオプション及びアプローチを示すことを任務とする、「国家の管轄権を超える区域における海洋生物多様性の保全と持続可能な利用に関する問題の研究のためのアドホック公開非公式作業部会」（アドホック非公式作業部会）を設置した。

このアドホック非公式作業部会は、国家の管轄権を超える区域における海洋生物多様性に特化した作業部会であり、これまで海洋遺伝資源の他、海洋保護区、環境影響評価、海洋技術移転、IUU 漁業など多彩な論点につき議論がされている。

なお、アドホック非公式作業部会は、2006 年の総会決議 61/222 に基づき、以下の 5 点につき検討するようその任務を改定した。

＜アドホック非公式作業部会の新たなマנדート＞

- a) 国家管轄権外区域の生物多様性に関する人的活動の環境への影響
- b) 国家管轄権外区域の生物多様性の保全と管理のため、国家間及び関連国際機構間の調整と協力
- c) 分野別管理ツールの役割
- d) 国家の管轄権を超える区域の遺伝資源
- e) ガバナンス及び規制のギャップの存在の有無及びその対処方法

i) 第 50 回国連総会(1995 年 11 月)

1995 年 9 月に開催された CBD の SBSTTA1 における、深海底における遺伝資源をめぐる国際法の枠組みの現状と問題点に関する指摘は、同年 11 月に開催された国連総会においても報告された。国連事務総長は、当時は、深海底の遺伝資源に対するアクセスは自由であると指摘しつつも、当該問題を議論するための十分な時間と情報が無かったことから、深海底における遺伝資源に関連する科学的調査の法的位置づけの問題が基本的論点であると指摘するに留まっている（国連事務総長報告*、A/50/713）。

* 関連のドキュメントは、国連法務部海事海洋法課のホームページを参照。
(http://www.un.org/depts/los/general_assembly/general_assembly_reports.htm)

ii) 第 51 回国連総会(1996 年 11 月)

前年 11 月の CBD の COP2 決定に基づき、同年 9 月の CBD の SBSTTA2 に提出された、「深海底における遺伝資源のバイオプロスペクティングに関する CBD と UNCLOS の関係性」に関する予備報告に言及したが、具体的な議論は行われていない。

iii) 1997 年から 2003 年の間

海洋法関連フォーラムにおいては、深海底の遺伝資源に関する主立った議論はされていない。

iv) 第 5 回非公式協議プロセス(2004 年 6 月)

「国家の管轄権を超える区域である深海底における生物多様性の保全及び管理を含む、海洋の新しい持続可能な利用」を重点検討課題とした 2004 年 6 月の第 5 回非公式協議プロセスは、前年 2003 年 3 月に CBD 事務局が「深海底の遺伝資源の保全と持続可能な利用に関する CBD と UNCLOS の関係性に関する研究」を提出し、CBD の COP7 が深海底の遺伝資源の持続可能な利用の問題に言及したことを受け、先進国と途上国間で深海底の遺伝資源をめぐる議論が対立した。

複数の論点が提起されたが、会期中に議論はまとまらず、当該問題に関する勧告は国連総会に対して報告されなかった。しかしながら、将来的トピックとして「遺伝資源」が指摘された（第 5 回非公式協議プロセス報告*、A/59/122）。

* (http://www.un.org/Depts/los/consultative_process/consultative_process.htm)

v) 第 1 回アドホック非公式作業部会(2006 年 2 月)

2006 年 2 月に開催された第 1 回会合は、国家の管轄権を超える区域における海洋生物多様性の保全と持続可能な利用に関して、海洋遺伝資源の問題を含む、

海洋保護区、環境影響評価、海洋技術移転、IUU 漁業など包括的な議論がされた（第 1 回アドホック非公式作業部会報告*、A/61/65）。

*(<http://www.un.org/Depts/los/biodiversityworkinggroup/biodiversityworkinggroup.htm>)

アドホック非公式作業部会の設置以降、深海底の遺伝資源をめぐる論点は、ABS を目的とした UNCLOS の下の新しい実施協定（新しい国際的枠組み）の創設の有無に焦点が当てられている。

vi) 第 8 回非公式協議プロセス(2007 年 6 月)

2007 年 6 月の第 8 回非公式協議プロセスは、重点領域として「海洋遺伝資源」の問題を取り上げた。第 8 回会合では、日程の半分以上をパネルディスカッションに当て、学術機関、民間企業、国際機関、NGO など多彩なパネリストを招いて、海洋遺伝資源に関する活動の実態を含む、科学的、政策的、法的な観点からの報告が行われた*。共同議長によれば、このパネルディスカッションの目的は、当該問題に関する共通理解を構築することであったとされているが、最終的に、各国の意見が収斂するまでは至らなかった。

* パネルディスカッションの各報告は、DOALOS のホームページにも公開されている。

(http://www.un.org/Depts/los/consultative_process/8thmeetingpanel.htm)

深海底の遺伝資源（海洋遺伝資源）をめぐる各国の主張は基本的にこれまでと同じである。依然として、国家の管轄権を超える区域における遺伝資源に関する法的枠組みとは何かに関して、各国の意見は分かれたままであった。

最終的に、国連総会への勧告案に関しては、コンセンサスが得られないまま時間切れとなったので、「共同議長案」という形で国連総会に送付されることになった（第 8 回非公式協議プロセス報告附属書、国連総会に対する共同議長案、A/62/169）。

vii) 第 2 回アドホック非公式作業部会(2008 年 4 月～5 月)

2008 年の第 2 回アドホック非公式作業部会は、2006 年の総会決議 61/222 に基づき、国家管轄権外区域の生物多様性に関する人的活動の環境への影響、国家の管轄権を超える区域の生物多様性の保全と管理のための国家間及び関連国際機構間の調整と協力、分野別管理ツールの役割、国家の管轄権を超える区域の遺伝資源、ガバナンス及び規制のギャップの存在の有無及びその対処方法の 5 点に関して議論がされた。

作業部会の議論結果は、作業部会の共同議長からの書簡として、国連総会に送付されたが、具体的提案を提起するものではなかった（国連総会議長宛アドホック非公式作業部会共同議長からの書簡、A/63/79）。

viii) 第 3 回アドホック非公式作業部会(2010 年 2 月)

2010 年 2 月の第 3 回アドホック非公式作業部会においても、深海底の遺伝資源に関する対立構造は基本的に変わっていない。しかしながら、実施のギャップに対応するため、具体的かつ実践的措置を求める提案が出された。作業部会において提案された措置は以下の通り。

- a) 海洋の科学的調査の促進
- b) 調査活動に関する行動規範の策定
- c) 海洋遺伝資源に対する影響評価に関するガイドラインの策定を含む、環境影響評価
- d) 途上国の研究者の参加強化を含む、海洋遺伝資源に関する調査結果の共有及び協力に関するメカニズムの構築
- e) 海洋保護区の設置
- f) サンプルへのアクセスを含む、利益配分のための実践的オプションの議論
- g) 国家の管轄権を超える区域における遺伝資源の知的財産権に関する側面の検討

また、深海底の遺伝資源の ABS だけでなく、海洋保護区や環境影響評価等の措置を含んだ実施協定が提案されている。

最終的に作業部会は、UNCLOS 第 7 部及び第 11 部に対する諸国家の見解を考慮した上で、「国際法、特に、UNCLOS に従った国家の管轄権を超える区域の遺伝資源の保全及び持続可能な利用に関する関連する法的レジーム及び実施のギャップに関する議論を進展させる」ことを国家に要請するよう国連総会に勧告した（第 3 回アドホック非公式作業部会共同議長書簡、作業部会の勧告、

A/65/68)。

ix) 第 4 回アドホック非公式作業部会(2011 年 5 月～6 月)

2011 年 5 月から 6 月にかけて行われた第 4 回アドホック非公式作業部会は、2010 年 10 月の CBD の COP10 で採択された、遺伝資源の ABS に関する名古屋議定書が採択されて以降初めての生物多様性関連の会合である。作業部会においては、CBD 事務局が名古屋議定書の成果に関して報告をし、いくつかの国が、国家の管轄権を超える区域の遺伝資源の利益配分に関して名古屋議定書が参考になると発言するなど、名古屋議定書採択の影響の大きさがうかがえる会合となった。

最終的に作業部会は、「UNCLOS の下の新しい実施協定」に直接言及しないものの、特に、利益配分の問題を含む海洋遺伝資源、海洋保護区及び環境影響評価等の措置並びに能力開発及び海洋技術移転などの問題に対処するため、既存の枠組みの実施及び「UNCLOS の下における多国間合意の策定の可能性」を含む、ギャップの特定のためのプロセスを開始する、という内容の勧告を国連総会に送付することをコンセンサスで採択した（第 4 回アドホック非公式作業部会共同議長書簡附属書、国連総会に対する勧告、A/66/119）。

(3) 総括

深海底における遺伝資源をめぐる CBD と UNCLOS の課題に関しては、1995 年に、CBD の SBSTTA に提起されて以降、CBD と UNCLOS の両フォーラムにおいて、平行して議論が重ねられてきた。

CBD 事務局の 1996 年及び 2003 年の報告によれば、CBD と UNCLOS が海洋及び沿岸生物多様性の保全及び持続可能な利用に関して補完的かつ相互に支援的ではあるが、国家の管轄権を超える区域である深海底における遺伝資源を規制する条文を有していないとされている。しかしながら、CBD は「遺伝資源の利用から生じた利益の公正かつ衡平な配分」を目的としていることから、規制が存在しない現状は問題であるとして、国家の管轄権を超える区域である深海底における遺伝資源のアクセスと利益配分のための新たな国際的枠組みを創設すべきであると主張している。

2003 年以降は、主な議論の場を UNCLOS の関連フォーラムである、国連総会及びその下に設置された非公式協議プロセス及びアドホック非公式作業部会

において議論が継続されているが、特に、UNCLOS の下では、国家の管轄権を超える区域の海洋生物多様性の保全と持続可能な利用に関する法的枠組みが欠けているとして、遺伝資源の ABS に関する問題だけでなく、海洋保護区や環境影響評価、途上国の能力開発や海洋技術の移転を含む、包括的な枠組みの検討が提案されている。

しかしながら、依然として、深海底の遺伝資源及びバイオプロスペクティングの CBD 及び UNCLOS における法的位置づけに関しては議論が錯綜しており、法的整合性をいかに取るかに関しては十分明らかにされていないのが現状である。

◆ 表 1: 海洋及び海洋法に関する国連非公式協議プロセス各会期における重点領域

会合年度	重点領域
第 1 回会合 2000 年 5 月 30 日～6 月 2 日	● 責任ある漁業と IUU 漁業（違法、無報告、無規制漁業） ● 特に沿岸地域における海洋汚染及び劣化の経済・社会的影響
第 2 回会合 2001 年 5 月 7 日～11 日	● 海洋科学と発展及び能力開発を含む、相互の合意に基づく海洋技術の移転 ● 海洋における海賊及び武装強盗対処のための調整と協力
第 3 回会合 2002 年 4 月 8 日～15 日	● 海洋環境の保護と保全 ● 能力開発、地域協力と調整、及び海洋科学と技術の移転、持続可能な漁業、海洋環境の悪化と航海の安全などの対処すべき海洋問題の重要な横断的課題としての統合的海洋管理
第 4 回会合 2003 年 6 月 2 日～6 日	● 安全な航海；例えば海図作成のための能力開発 ● 脆弱な海洋生態系の保護
第 5 回会合 2004 年 6 月 7 日～11 日	● 国家の管轄権を超える区域である深海底における生物多様性の保全及び管理を含む、海洋の新しい持続可能な利用
第 6 回会合 2005 年 6 月 5 日～10 日	● 持続可能な発展に対する漁業の貢献 ● 海洋のゴミ（マリンデブリ）
第 7 回会合 2006 年 6 月 12 日～16 日	● エコシステム・アプローチと海洋
第 8 回会合 2007 年 6 月 25 日～29 日	● 海洋遺伝資源
第 9 回会合 2008 年 6 月 23 日～27 日	● 海洋の安全・危機管理
第 10 回会合 2009 年 6 月 17 日～19 日	● 過去 9 回の非公式協議プロセスにおける成果と欠点の評価を含む成果の履行状況
第 11 回会合 2010 年 6 月 21 日～25 日	● 海洋科学を含む、海事及び海洋法に関する能力開発
第 12 回会合 2011 年 6 月 20 日～24 日	● 国連持続可能な開発に関する会議の結果の履行における今日までの進展及び残された課題並びに新興課題の評価への貢献

◆ 表 2：海洋遺伝資源をめぐる国際議論の経緯（年表）

	生物多様性条約(CBD)	国連海洋法条約(UNCLOS)
1982 年		12 月：UNCLOS 採択
1992 年	5 月：UNEP における CBD の採択 6 月：リオ・サミット開催	
1993 年	12 月：CBD 発効	
1994 年		11 月：UNCLOS 発効
1995 年	9 月：SBSTTA1 ● 初めて海洋遺伝資源に関する問題 が提起。 11 月：COP2 ● 深海底における遺伝資源に関する CBD と UNCLOS の関係性の調査 を要請（COP 決定 II/10）。	11 月：第 50 回国連総会 ● 深海底の遺伝資源をめぐる CBD における議論の報告。
1996 年	9 月：SBSTTA2 ● 「深海底における遺伝資源に関す る CBD と UNCLOS の関係性」の 予備報告。	11 月：第 51 回国連総会 ● CBD における議論に言及。
1997 年		
1998 年		
1999 年		11 月：第 54 回国連総会 ● 海洋及び海洋法に関する国連非 公式協議プロセスの設置を決 定。
2000 年	5 月：COP5 ● 深海底における遺伝資源に関する 実態調査に関する報告の提出。	
2001 年		
2002 年		
2003 年	3 月：SBSTTA8 ● COP 決定 II/10 に基づく、「深海底 における遺伝資源に関する CBD と UNCLOS の関係性」の調査結果の 報告。	
2004 年	2 月：COP7	

	● SBSTTA8 に提出された調査結果に留意。	6 月：第 4 回非公式協議プロセス ● CBD の議論結果に留意し、将来的に、遺伝資源の問題に関して非公式協議プロセスで検討をすることを提案。 11 月：第 59 回国連総会 ● 国家の管轄権を超える区域における海洋生物多様性に関するアドホック非公式作業部会の設置を決定。
2005 年		
2006 年	3 月：COP8 ● 特になし	6 月：第 1 回アドホック非公式作業部会 ● 「国家の管轄権を超える区域における遺伝資源の ABS を目的とした UNCLOS の下の新しい実施協定」の必要性をめぐる議論に焦点。
2007 年		6 月：第 8 回非公式協議プロセス ● 重点検討課題として「海洋遺伝資源」を検討。
2008 年	5 月：COP9 ● 特になし	4～5 月：第 2 回アドホック非公式作業部会 ● 特に進展無し。
2009 年		
2010 年	10 月：COP10 ● 遺伝資源の ABS に関する名古屋議定書が採択。 ● 名古屋議定書第 10 条に、深海底を含む国家の管轄権を超える区域の	2 月：第 3 回アドホック非公式作業部会 ● 特に進展無し。

	遺伝資源の多国間利益配分メカニズムが挿入されたが、詳細の検討は先送り。	
2011 年		5～6 月：第 4 回アドホック非公式作業部会 ● 「UNCLOS の下における多国間合意」の策定の可能性を含む、ギャップの特定のためのプロセスを開始する勧告をコンセンサスで採択。

IV. 海洋における新産業に関する動向

海洋における新産業のうち、特に萌芽的な分野を対象に、研究開発及び実用化・産業化に向けた取り組みの動向、課題と将来展望等を有識者ヒアリング等に基づいて把握した。

対象分野は、海洋における新産業に専門的知見を有する有識者からの意見等を参考にしつつ、平成 20 年度及び 21 年度の「海洋産業の活動状況に関する調査」など、過去に総合海洋政策本部事務局が実施した調査で必ずしも十分に情報収集していない分野等を勘案し、下記の 3 分野とした。但し、海洋における新産業の萌芽的分野の網羅的な洗い出しに基づくものではなく、従って萌芽的分野がこれら 3 分野に限定されることを意味しない。

- 海洋深層水のエネルギー利用
- 藻類による二酸化炭素固定とバイオマス燃料生産
- 二酸化炭素の回収・貯留（CCS）

萌芽的分野に着目していることから、いずれも必ずしも既に実用化・産業化されているわけではない面があるが、将来的な実用化・産業化を念頭に置いた取り組みという観点から取り上げている。また、海洋深層水以外の 2 分野は必ずしも海洋のみに限定される取り組みではないことから、一般的な動向と海洋に関連する側面を取り上げている。これらのことから、海洋基本法において定義される「海洋の開発、利用、保全等を担う産業」という海洋産業の概念に厳密に即して整理しているわけではない点に留意されたい。

対象とした各 3 分野について、それぞれ 1～2 名の有識者等に対しヒアリングを実施するとともに、当該有識者等から提供又は紹介された資料文献や、その他公刊された資料文献及びインターネット上の情報等を基に整理している。動向等については極力、幅広く一般的な状況を取り上げるよう留意しているが、有識者等の見解については、今回実施したヒアリングや参照した資料文献等に基づくものである。各分野に関しヒアリングに協力していただいた有識者等と主な参考文献はそれぞれの末尾に示しているが、本報告書の内容についての一義的な責任は本調査受託者にある。

萌芽的分野であることもあり全体に研究開発段階や実証プロジェクト段階にある事例が多く、実用化・産業化されている事例はあまり認められなかったが、海洋深層水のエネルギー利用に関して、いわゆる多段利用が実際に行なわれている事例について、現地調査を行なった。

IV－1. 海洋深層水のエネルギー利用

1. 海洋深層水のエネルギー利用の背景・経緯

(1) 海洋深層水の利用の背景

① 海洋深層水の特徴と資源性

海洋深層水は、その有効利用を念頭に、深度と資源性の観点から定義又は説明されることが多い。海洋深層水利用学会では次のように説明している（海洋深層水利用学会 Web サイトより「海洋深層水について」）。

- 海洋深層水とは、一般に、太陽の光の届かない 200m 以深の海水で、富栄養性、清浄性、低水温性、水質安定性などの優れた資源性を有しています。
- 海洋深層水は、資源利用の観点から、「光合成による有機物生産よりも有機物分解が卓越し、かつ、鉛直混合や人為の影響が少ない、補償深度*以深の資源性の高い海水」と定義づけられています。

*補償深度・・・海洋で植物プランクトンなどが光合成をするのに必要な太陽光の届く水深のこと。この深度では光合成による有機物生産が盛ん。（本報告書執筆者註）

〔海洋深層水の特徴〕

富栄養性	植物の成長に欠かすことのできない無機栄養塩類（硝酸塩、リン酸塩など）が豊富に含まれています。
清浄性	細菌類が少なく、陸水や大気からの化学物質や病原性微生物などによる汚染の可能性も少なくなっています。
低水温性	太陽の輻射を受ける海面に近い表層の海水に比べて、年間を通じて水温が低くなっています。
水質安定性	海水として無機化が進んでおり、水質が物理・化学的および微生物学的に安定しています。また水質の変動が小さく、年間を通じてほぼ安定しています。

※出典：海洋深層水利用学会 Web サイトより「海洋深層水について」

(<http://www.dowas.net/water/index.html>)

海洋深層水が有する上記の特徴から、これまでも資源として有効利用を図ることが模索されてきている。例えば、富栄養性や清浄性は、魚介類や藻類の養殖、海域肥沃化、磯焼け回復などに利用でき、低水温性は、海洋温度差発電や冷房、発電所・工場冷却水などに利用できる。特に日本では、海洋深層水を飲料水、食品、化粧品などに利用した商品開発が盛んで一時はブームとなり一般的によく知られる。また、これらのほかにも、清浄な淡水、栄養塩、金属類などの資源性が指摘されている。海洋深層水は海水の 9 割以上を占め、含まれる資源量が多いだけでなく、これらの資源性は海洋の循環過程の中で再生される再生資源である。

海洋深層水利用学会会長の高橋正征・東京大学名誉教授（以下、高橋名誉教授）は、海洋深層水の有効利用の必要性について次のように指摘している。「20 世紀は石油、石炭、各種鉱物などの地下資源を利用して発展してきた。これらは資源密度が濃いという特徴があり、科学的知見や技術が未熟でも効率的に利用できる一方で、利用すれば環境変化をもたらし、また枯渇してしまうという問題がある。21 世紀にはこれらの問題が生じないよう地下資源に依存せず再生資源に切り替える必要がある。再生資源とは物質資源ではなく、太陽光、風力、水力、波力、海流などの再生可能なエネルギー資源である。その中でも特に海洋、そして海洋深層水はポテンシャルが高い。しかし、これらの再生資源の特徴は資源密度が低く、効率的な利用が難しい。したがって、低密度資源の効率的利用を推進していくことが必要である。（高橋名誉教授へのインタビューより）」

② 海洋深層水の開発

海洋深層水の開発は、1881 年にフランスのダルソンバール（J.D'Arsonval）が深層水の低水温性に着目し、表層水と深層水の温度差を利用して発電する海洋温度差発電を考案したことに始まると言われている。その後、フランスで研究が進められたものの事業化の目途が立たず 1950 年代に中止された。

1973 年の第一次石油ショックを契機に、先進国で発電方法の見直しが検討される中で海洋温度差発電も取り上げられ、米国ではハワイ州政府が州立ハワイ自然エネルギー研究所を設置し、海洋深層水の取水と海洋温度差発電の研究開発を行う環境が整備された。日本では当時の通商産業省工業技術院（現・独立行政法人産業技術総合研究所）が 1974 年に立ち上げた「サンシャイン計画」（新エネルギー技術開発計画）で検討された。また、1979 年には島根沖において日本で初めて海洋温度差発電の短期洋上実験が行われた。しかし、一定の成果

が得られ可能性は示唆されたものの、その段階では費用対効果が低いと評価され、研究開発は中止された。

その後、1985年に当時の科学技術庁が開始した「アクアマリン計画」の下では、海洋温度差発電以外の深層水利用技術を検討するために、「海洋深層資源の有効利用技術に関する研究」（昭和61年度～平成3年度）が発足し、その中で1989年に日本初の海洋深層水取水施設を富山湾（洋上型）と高知県室戸岬（陸上型）に設置して研究が実施された。

高知県室戸市の取水施設は事業終了後も恒久化され、高知県海洋深層水研究所として研究開発を継続している。また、1996年からは、要望に応じて一般分水が開始され、そこから飲料水や食品、化粧品など、海洋深層水を利用した商品が生まれ、やがて全国展開される商品の登場などによって、海洋深層水商品ブームとなった。一方、海洋深層水の水産利用にも注目され、水産庁は1999年から海洋深層水の取水施設の設置への補助事業を開始した。

国内では上記のような経緯から、一般に海洋深層水の資源利用は、飲料水や食品、化粧品などの深層水利用商品がポピュラーであるが、海洋温度差発電についても、佐賀大学を中心に研究開発が継続され、現在、国際的にも実証段階としてトップレベルの技術水準にある。2010年に独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が再生可能エネルギーの分野別の最新動向に基づいて2030年に向けた技術開発課題及びロードマップを策定した「再生可能エネルギー技術白書」の中でも、海洋温度差発電が取り上げられている。

海洋深層水が持つ富栄養性、清浄性、低水温性、水質安定性などは、1つの利用目的で全ての資源性が失われるわけではないため、取水した深層水を複合目的で段階的に利用することが可能である。これを多段利用と呼ぶ。取水施設の設置にコストがかかり、現状では単一目的で採算をとることも難しいこともあり、深層水の有効利用のために多段利用を展開する必要性が指摘されている。

以下では、特に海洋深層水のエネルギー利用と多段利用に焦点をあてて取り上げる。

（2）海洋深層水エネルギー利用の技術開発の概要

海洋深層水の低水温性に着目するエネルギー利用には、海洋温度差発電と、冷熱そのものによる冷房・冷却がある。

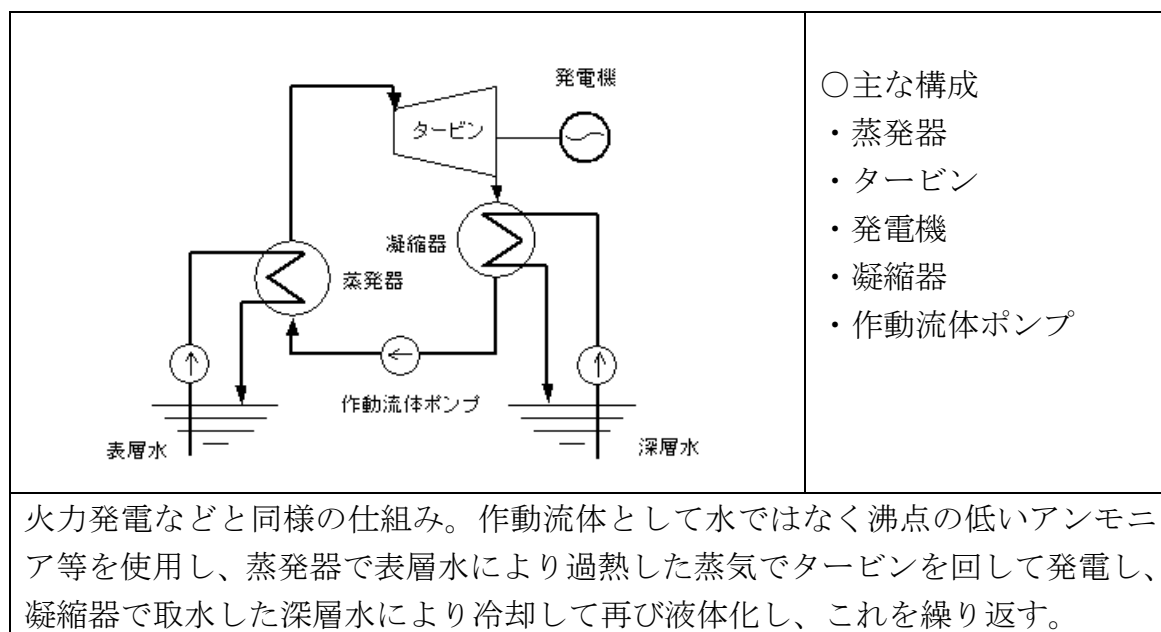
海洋温度差発電（Ocean Thermal Energy Conversion）は、英語の頭文字から略して OTEC とも呼ばれる。温かい表層水と、水深約 600~1,000m の冷たい深層水との間の温度差（約 20~25℃）を電気エネルギーに変換する方式である。

海洋温度差は比較的安定し季節変動は予測可能なため計画的な発電が可能で、施設建設・維持以外に化石燃料を使用しないため二酸化炭素排出量が少ない。

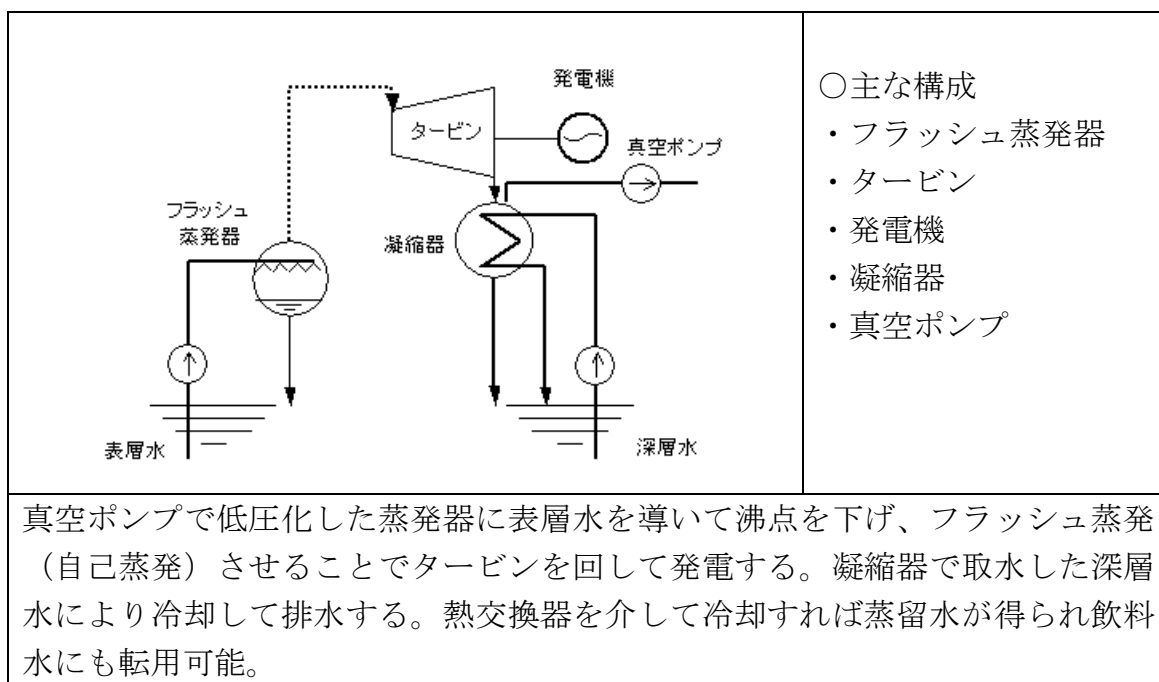
海洋温度差発電は大別して、クローズドサイクルとオープンサイクルがあり、ほか両者を組み合わせたハイブリッドサイクルなどがある。フランスでは現在もオープンサイクルの研究が行なわれているが、日本を含め国際的には小型で発電効率の高いクローズドサイクルが研究開発の主流となっている。また、発電システムのほかに重要な構成要素として、深層水の取水管がある。海洋温度差発電では水深 600~1,000m から大量の取水が必要になるため、以前から産業上の実用化に向けた技術開発課題となっている。

〔海洋温度差発電の仕組み〕

■ クローズドサイクル



■オープンサイクル



※図の出典：佐賀大学海洋エネルギー研究センターWeb サイト

(http://www.ioes.saga-u.ac.jp/about_otec_02.html)

なお、NEDO(2010)「再生可能エネルギー技術白書」でも同図を引用。

概要説明は上記出典等を参考に作成。

海洋深層水の冷熱を利用した冷房は、直接冷熱源として利用する直接利用方式と、ヒートポンプなどの熱源機器の熱源水や冷却水として利用する間接利用方式がある。後者は取水する深層水の温度が比較的高い場合（約 15~20℃）に採用される。配管系統の腐食を避けるため、熱交換器で室内側の空調機器を循環する淡水や冷媒と熱交換を行うことでエネルギー利用する仕組みである。特に直接利用方式の場合、冷房に必要な動力は深層水と冷媒の循環だけで、従来の空調のように新たな冷却エネルギーを必要としないため大幅な省エネ効果がある。

海洋深層水による冷房は既存技術の適用により実施可能で、比較的導入が容易である。国内に存在する海洋深層水取水施設の取水規模自体が小さいため、比較的小規模ではあるが、既に富山県水産試験場の飼育棟や、室戸市アクアファーム、沖縄県海洋深層水研究所、焼津市や富山県入善町の海洋深層水利用施

設などで導入されている。しかし、産業的に実用化している例はまだ少なく、富山県入善町における株式会社ウーケの無菌包装米飯工場の冷房の例のみとされている（当該事例は多段利用事例でもあり後述する）。

現状では熱交換器の腐食を避けるためチタン合金製が使用されているが、チタンは高価で熱伝導率が低いため、より安価で高効率な素材の熱交換器の開発が課題とされている。

海洋深層水の冷熱利用は冷房に限られない。発電所や工場の冷却水や、水産養殖の夏期等の水温制御、熱帯地域での温帯性作物の栽培などにも利用可能である。

2. 技術開発と産業化の現状

(1) 海洋温度差発電

先述のように、海洋深層水の開発は 1881 年、フランスのダルソンバール (J.D'Arsonval) が海洋温度差発電を考案したことから始まった。フランス、米国などで海洋温度差発電の研究が進められ、特に 1970 年代のオイルショック以降、日本を含めて各国で研究開発が進められた。例えば、米国では 1974 年にハワイ州立自然エネルギー研究所が設立され、1979 年にはハワイ・コナ沖で発電実証プラント Mini-OTEC での発電に成功し（取水量 75t/h、発電出力 50kW、正味出力 15kW）、世界で初めて温度差のみで出力が得られることを証明した。

その後、原油価格の下落等で各国とも研究開発は下火となったが、近年の原油高騰や地球温暖化問題などで再び各国で関心が高まり、研究開発が盛んになってきている。フランスでは国家的に海洋温度差発電の研究開発を推進する姿勢を示しており、米国では 2008 年に米国エネルギー省の海洋エネルギー推進プロジェクトに海洋温度差発電が盛り込まれ、民間でも Mini-OTEC を建設したロッキード・マーチン社が取組みを再開するなど動きが活発化している。

上記のハワイでの Mini-OTEC を始め、1970 年代以降の実証試験で海洋温度差発電が可能であることは証明されてきているが、これまでは 100kW 規模のものがほとんどであり、実用化に向けて 1,000kW 以上の規模の実証試験が不可欠と言われている。また、これには大量の海洋深層水の取水が必要になる。しかし、高橋名誉教授は、「技術は進展してきており、あと一步で実用化レベルに達すると見込まれる」と指摘している。

現在、米国ハワイ州では再生可能エネルギーの導入計画に基づいて、2015 年までに 35MW、2030 年までに 365MW 以上の海洋温度差発電の導入を目指して

おり、これに向け 2013 年に米国エネルギー省の支援で 10MW 規模の実証試験の開始を計画している。フランスもタヒチなどで 10MW 規模の実証試験を計画している。

インドも以前から海洋温度差発電の実用化に積極的で、インド国立海洋技術研究所が中心となって 5MW 規模の海洋温度差発電商用プラントの実用化を目指し、1MW 規模の実証実験プロジェクトと海水淡水化プロジェクトを開始している。既に海洋温度差エネルギーを利用した海水淡水化で成果を挙げている。その他、台湾、インドネシア、キューバなどでもプロジェクトが検討又は進行中である。

日本では先述のように 1970 年代の「サンシャイン計画」の中に位置づけられて検討されたものの、その段階では費用対効果に課題が残り、原油価格の下落等もあって本格的な研究開発の動きは下火となった。しかし、1982 年には東京電力株式会社がナウル共和国で 100kW 規模の海洋温度差発電に成功して一時、地元小学校の照明に供され、また同年、九州電力株式会社は徳之島で 50kW 規模の発電に成功している。

特に、1970 年代前半から研究を開始した佐賀大学の上原春男教授のグループがその後も研究開発を継続し、1994 年に作動流体にアンモニアと水の混合液を用いる「ウエハラ・サイクル」と呼ばれるシステムを開発した。理論的に高い熱効率が得られ、海洋温度差発電の実用化に道筋を開くものとして海外からも注目されている。現在も佐賀大学海洋エネルギー研究センターの伊万里実験プラントでシステム全体の効率向上と安定化に向けて研究開発が継続されており、平成 21 年度 NEDO 洋上風力発電等技術開発（海洋エネルギー先導研究）では、同大学の提案が採択されている。

このように日本でも技術的な蓄積は世界的にも高い水準にあり、「NEDO 再生可能エネルギー技術白書」によれば、数十 kW 級の実証研究はトップレベルにある。そのため、海外からの協力要請や共同研究の依頼が多く、上述の米国ハワイ州のプロジェクトには佐賀大学、タヒチのプロジェクトには株式会社ゼネシス（2010 年に韓国のポスコ社に買収）が発電システムで参加している。また、インドのプロジェクトには 1997 年から佐賀大学が共同開発と実証試験のための協定に基づいて技術協力を行なっている。

しかし、日本国内では、まだ海洋温度差発電の実用化規模のプロジェクトは動いていないのが現状である。2010 年、経済産業省は波力、潮流、海洋温度差などの海洋エネルギーによる発電技術の事業化に向けた研究開発に着手することを発表し、平成 23 年度から「海洋エネルギー技術研究開発」を事業化している。併せて 2010 年 7 月に NEDO が発表した「NEDO 再生可能エネルギー技術

白書」では、「海洋温度差発電の技術の現状とロードマップ」を盛り込んでいる。

その中で、「我が国の技術競争力は、海外の実証プラントが未だ稼働されていない現段階では優位性を保っているが、今後海外の実証試験が進むにつれ、国内技術の流出、実証による海外メーカーの技術力の躍進により、急速に競争力を失う危険性がある」との認識を示し、「MW 級の実証研究を世界に先導して実施することが不可欠である」として、下記の通り海洋温度差発電の目指す姿と技術開発目標を掲げている。

〔海洋温度差発電の目指す姿(NEDO)〕

- 海洋温度差発電の商用化に向けた技術開発を加速し、海外市場を創出するとともに世界最先端の技術的地位を維持し、国内企業の育成、国際競争力の強化を図る。
- 国内産業の育成、低炭素社会の実現、エネルギーセキュリティ等の観点から、国内での導入促進、新規産業の創出を実現する。

〔海洋温度差発電の技術開発目標(NEDO)〕

項目	2015 年	2020 年	2030 年
国内企業の育成 国際競争力の強化	● 1MWプラントの実証試験	● 商用プラントの運用開始 ● 国内導入の促進	● プラント出力の大型化 ● 世界市場シェアの拡大
プラント規模	～1MW	～10MW	～50MW
発電コスト	40～60 円/kWh 程度	15～25 円/kWh 程度	8～13 円/kWh 程度

※出典：(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(2010)「海洋温度差発電の技術の現状とロードマップ」『NEDO 再生可能エネルギー技術白書』

海洋温度差発電を産業的に実用化するには、表層水と深層水の温度差が年間を通じ安定的に 20℃以上である必要があることから、国内での適地は鹿児島や沖縄、小笠原等であるとされている。この点、高橋名誉教授は「本州でも実現可能にするには、表層水の熱源として、発電所や製鉄所、工場の排熱を利用す

ることが有効」とし、そのための取組みが一部に留まることから「より実証と研究開発が必要である」と指摘している。「NEDO 再生可能エネルギー技術白書」でも、同様の問題認識を示し、事業性の向上に係る技術開発課題に挙げている。

(2) 海洋深層水の冷熱利用

海洋深層水の冷熱利用は、技術開発の概要の項でも述べたように、既存技術の適用で実施できるため、現状では海洋温度差発電よりも容易に導入可能な海洋深層水のエネルギー利用法である。しかし、国内での導入は小規模なものに留まっている。

冷房利用については既に述べたように、海洋深層水に関する研究施設や関連施設など限られた範囲の小規模導入に留まり、産業的に実用化されているのは1例（富山県入善町の株式会社ウーケの工場）というのが現状である。発電所・工場等の冷却水への利用については、NEDO の事業で多段利用と組み合わせた検討が行なわれたものの、その後、実用化に向けた継続的な実証の動きはないと指摘されている。

導入が限定的である背景として国内では海洋深層水の開発経緯上、エネルギーよりも食品・化粧品等や水産分野への注目が集まってきたことや、これに伴い国内に存在する海洋深層水取水施設の取水規模が小規模であることが指摘されている。

高橋名誉教授は、「真夏の日本の電力消費の半分は空調であり、深層水冷房にもっと本格的に取り組む必要がある。技術的にはすぐに導入可能であり、深層水の冷熱を利用すれば、改めて冷却する必要もなく、導入すれば70%~90%程度の省エネ効果が期待できる。」と指摘している。また、今後の展望として「都市部などでより大規模で広い地域の冷房に導入することが考えられる。名古屋、大阪、福岡は海洋深層水の取水・送水上、導入は難しいが、東京であれば、横須賀付近で深層水を揚水し東京湾の海底を送水してお台場等で引き上げ、例えば丸の内まで送水して冷却するといったことは比較的容易にできる。ビルや大型病院など大型施設の冷房に利用すれば非常に効率がよく経済的にも成立しやすい。海洋の深層水ではないが、琵琶湖の深層水で京都や大津の冷房に利用することも可能である。」と述べる。

既に海外では、米国コーネル大学（ニューヨーク州）が、カユガ湖の深層水をキャンパス内の建物の冷房に利用している例（深層水冷房の最初の例で2000年から稼動）や、カナダのトロント市で、民間事業によりオンタリオ湖の深層水を病院などの市内大型ビルの冷房に利用している例（2004年から稼動）があ

る。そのほか、タヒチのボラボラ島にあるインターコンチネンタルホテルが海洋深層水を揚水してホテル内の冷房に利用している。

経済性の観点からは、海洋深層水の冷房の場合、熱交換器にチタンを使用する必要がある、設備コストが高くなる課題がある。この点、高橋教授は「大規模冷房による電気使用コストの低減で設備コストをシェアすることが可能である。他方で、チタンは熱交換率も低いので、よりよい合金技術や、海水からの遮断技術の開発による設備コストの低減の取組みも必要である。」と指摘している。

水産分野での海洋深層水利用の取組みは、水産庁の補助事業とも相まって国内各地で実施されているが、主に富栄養性や清浄性に着目するものが多い。高橋教授によるとエネルギー利用が意識されることは少なく、水産業でのエネルギー利用を自覚的に導入している国内事例は北海道の羅臼町の例のみであるという。

北海道の羅臼町では、サケの定置網漁が盛んであるが、漁場から市場に運ぶまでの鮮度を保つため、サケを収容する船の魚槽に低温かつ清浄な海洋深層水を積載して利用している。水温 2℃の海洋深層水を積載することで、市場まで 10℃以下に保たれる。従来、港内海水を紫外線滅菌し、氷とともに入れて冷却していたが、海洋深層水に切り替えることで、深層水の取水費用を差し引いても約 1 億 2000 万円程度の氷代等のコスト削減効果があった。また、副次効果として、以前よりもサケが長持ちし、色もよくなったという。

国内で農業分野での冷熱利用の実用化に本格的に取り組んでいるのは、沖縄の久米島にある沖縄県海洋深層水利用研究所である。同研究所では地中に送水管を埋設して海洋深層水で冷却した 12℃の熱交換水を通し、土壌の根域を冷却する方法や簡易冷房ハウスによる方法で野菜や花の栽培試験を行なっている。既に土壌冷却で涼しい気候を好むハウレンソウの夏場の生産が可能であることを実証している。

(3) 海洋深層水の多段利用

① 日本における多段利用の現状

海洋深層水は、富栄養性、清浄性、低水温性、水質安定性、さらに溶存する栄養塩類や金属の回収可能性など様々な資源性を有する一方で、それぞれの資源密度が低いのが特徴である。そのため、低密度資源を効率的に利用する工夫

が求められ、個々の資源性を効率的に利用する技術の研究開発と併せて、様々な資源性を無駄にせず、総合的かつ複合的に利用する必要があると指摘されている。このことは、資源性を残存させたまま排水した場合の環境影響問題の観点からも求められる。海洋深層水が持つ複数の異なる資源性を複合目的で段階的に利用していくことを多段利用と呼ぶ。

多段利用は、海洋温度差発電の実用化をはじめ、海洋深層水利用の経済性の観点からも必要であると指摘されている。海洋深層水の利用に際しては取水施設コストが大きな負担となり、単一目的での利用では経済的に成り立たせることは難しい。特に本稿の主題である海洋温度差発電や冷熱利用を商用規模で実現させるには非常に大規模な取水が必要となる。そのため、海洋深層水を複合目的で有効に利用することでコストをシェアすることが求められる。

米国では州立ハワイ自然エネルギー研究所が、①海洋温度差発電、②冷房、③淡水製造（大気冷却による結露）、④魚介類・海藻等の培養、という多段利用計画を発表し、個別技術の研究開発を進め、部分的には多段利用が稼働している。

日本でも多段利用の概念は以前から意識されており、海洋温度差発電の構想や、旧・科学技術庁や水産庁の補助による各地の海洋深層水取水施設の計画の中で、検討されている。しかしながら、これまでに実際に多段利用を導入した例はほとんどないのが現状で、実用化に向けた実証も部分的な動きに留まると指摘されている。

高橋名誉教授によれば、国内で現在、実際に海洋深層水の多段利用が行なわれているのは、富山県入善町において、海洋深層水の冷熱を無菌包装米飯メーカーである株式会社ウーケの工場の冷房に利用し、これにより温度上昇した深層水をアワビ養殖に利用している事例が唯一である。この事例は深層水冷房を産業的に実用化している国内唯一の例でもある。ただし、この事例は、予め多段利用を計画して導入したものではなく、(株)ウーケが海洋深層水の利用が条件となる企業団地に立地するにあたって結果的に多段利用となったものである。

沖縄県久米島や、静岡県焼津市の海洋深層水施設は、計画段階では多段利用が念頭に置かれていたものの、実際には多段利用が導入されておらず、複数の単品利用が並列している状況にある。

多段利用の技術開発のために、1999年から5年間、NEDOの下で「エネルギー使用合理化海洋資源活用システム開発」が実施された。海洋深層水の冷熱で火力発電所を冷却し、温度上昇した深層水を淡水化、製品生産、養殖、農業など多段的に利用しようとするもので、100万t/日規模の取水を前提とした多段利用システムの実現を目指す基礎技術研究開発が行なわれ、北海道、首都圏、沖縄の3ヶ所を想定して地域特性を活かした多段利用が検討された。高橋名誉教

授は、「ここで検討された多段利用システムも実現には更なる実証が必要な点が残されており、引き続き継続的な取り組みが必要であるが、今のところ目立った動きはない」と指摘している。

佐賀大学海洋エネルギー研究センターでは、海洋温度差発電の商用展開には、発電だけではなく、海洋肥沃化、海水淡水化、水素製造、リチウム等の回収と複合的な大規模海洋深層水利用の実証が必要との認識から、海水淡水化やリチウム回収など多段利用に伴う個別技術の研究開発に取り組んでいる。

沖縄県久米島の現行施設では多段利用の導入に至っていないが、久米島町は総務省の平成 22 年度緑の分権改革推進事業を活用して、「久米島海洋深層水複合利用基本調査」を実施し、新たに大規模取水施設を設置して海洋温度差発電の導入と多段利用を展開する「海洋深層水複合利用「久米島モデル」」を検討している。水深 700m から 9,710t/h の海洋深層水を取水し、①海洋温度差発電（定格時出力 1,250kW）、②フラッシュ蒸発式淡水化、植物工場、施設園芸、ホテル・役場空調等、③逆浸透膜式淡水化、養殖、リチウム回収等という多段利用を想定している。なお、同町の「久米島町地域新エネルギービジョン」では、今後取り組むべき 8 つの新エネルギー導入プロジェクトの 1 つに「海洋温度差発電システムの導入」を挙げ、「高コストで実現性に疑問符が投じられている」としながらも、「深層水の多角的利用による社会的メリットにより、発電コストは様変わりする可能性があり、国策的プロジェクトとしての期待が高まりつつある」と位置づけ、多段利用を念頭に国の実証実験プラントの誘致を構想している。

近隣海外では台湾でも産官学連携による本格的な多段利用を含む海洋深層水の研究及び利用に注力し始めている。高橋名誉教授も台湾政府の求めに応じて、取り組みの当初から協力している。既に台湾南部の台東に 2 つの国立の海洋深層水に関する研究所の整備が進められ、両研究所と連携しながら、民間では海洋深層水の多段利用システムを導入した未来型の街を整備する計画が検討されている。

② 富山県入善町における多段利用事例

i) 入善町における海洋深層水利用

入善町は、富山県北東部に位置し、北アルプス立山連峰を源流とする黒部川扇状地にある（平成 22 年度国勢調査速報：人口 27,201 人・8,681 世帯、面積：71.29 平方 km）。「黒部川扇状地湧水群」が環境省の名水百選に選定されるなど、以前から豊富な地下水に恵まれることで知られる。生活用水は上水道ではなく

地域の水道組合により運営される井戸でまかなわれ、豊富で清浄な水資源を必要とする産業の工場立地も多い。また、町の北側は日本海に面し、水深が深い富山湾の湾口付近に 11.5km の海岸線を有する。

富山県内には現在、下記 3 ヶ所の海洋深層水取水施設があり、その 1 つが入善町が水産庁の補助事業を利用して整備したものである。

〔富山県内の海洋深層水取水施設〕

設置場所	富山県水産研究所 (滑川市)	入善町	滑川市
施設完成年	平成 7(1995)年 3 月	平成 13(2001)年 12 月	平成 14(2002)年 12 月
設置主体	富山県	入善町	当初、NEDO 富山県に移管* (市に無償貸与)
取水量	3,000t/日	2,400t/日	2,000t/日
取水深度	321m	384m	333m
分水・活用施設	なし(水産試験研究のみ)	入善海洋深層水活用施設	滑川海洋深層水分水施設「アクアポケット」

※入善町農水商工課提供資料より

(* 滑川市の取水施設は当初、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の事業「エネルギー使用合理化海洋資源活用システム開発」で整備され、県に移管されたもの。)

富山県における海洋深層水の開発・利用は、旧・科学技術庁の「アクアマリン計画」に基づく「海洋深層資源の有効利用技術に関する研究」(昭和 61 年度～平成 3 年度)で洋上型海洋深層水有効利用システムの研究拠点に富山湾が選定されたことに始まる(陸上型については高知県室戸)。この事業では、旧・科学技術庁、水産庁日本海区研究所、富山県その他関係機関が共同で富山県氷見市沖に洋上型取水装置「豊洋」を設置し、海洋深層水を散布する海洋肥沃化試験等を実施した。「豊洋」は事業終了に伴い撤去されたが、これを契機に富山県で陸上揚水や海洋深層水の有効利用に関する検討が行なわれ、1995 年には水産庁等の支援の下、滑川市にある県の水産研究所に、水産試験研究目的の陸上型取水施設が整備された。

入善町では上記の動きに加え、従来、河川や地下水の豊富な水資源を背景とする、まちづくりを推進していたことから、続いて海洋深層水の活用による地域活性化に着眼した。水産庁で漁港高度利用活性化対策事業が創設されたことを受け、1999年3月、水産業の振興、新規産業活動の振興、町のイメージアップを3本の柱に、海洋深層水を活用した町の活性化を目指す「入善町アクアビレッジ基本構想」を策定した。同年11月に海洋深層水活用事業の基本事項を設計し、2000年12月に深層水取水施設整備に着手、2001年12月に完成し、取水を開始した。施設整備事業費は約9億9千万円である（深層水取水施設整備事業費：823,038千円(国が1/2補助)、深層水供給・管理施設整備事業費：161,973千円、用地取得・道路整備費を除く）。

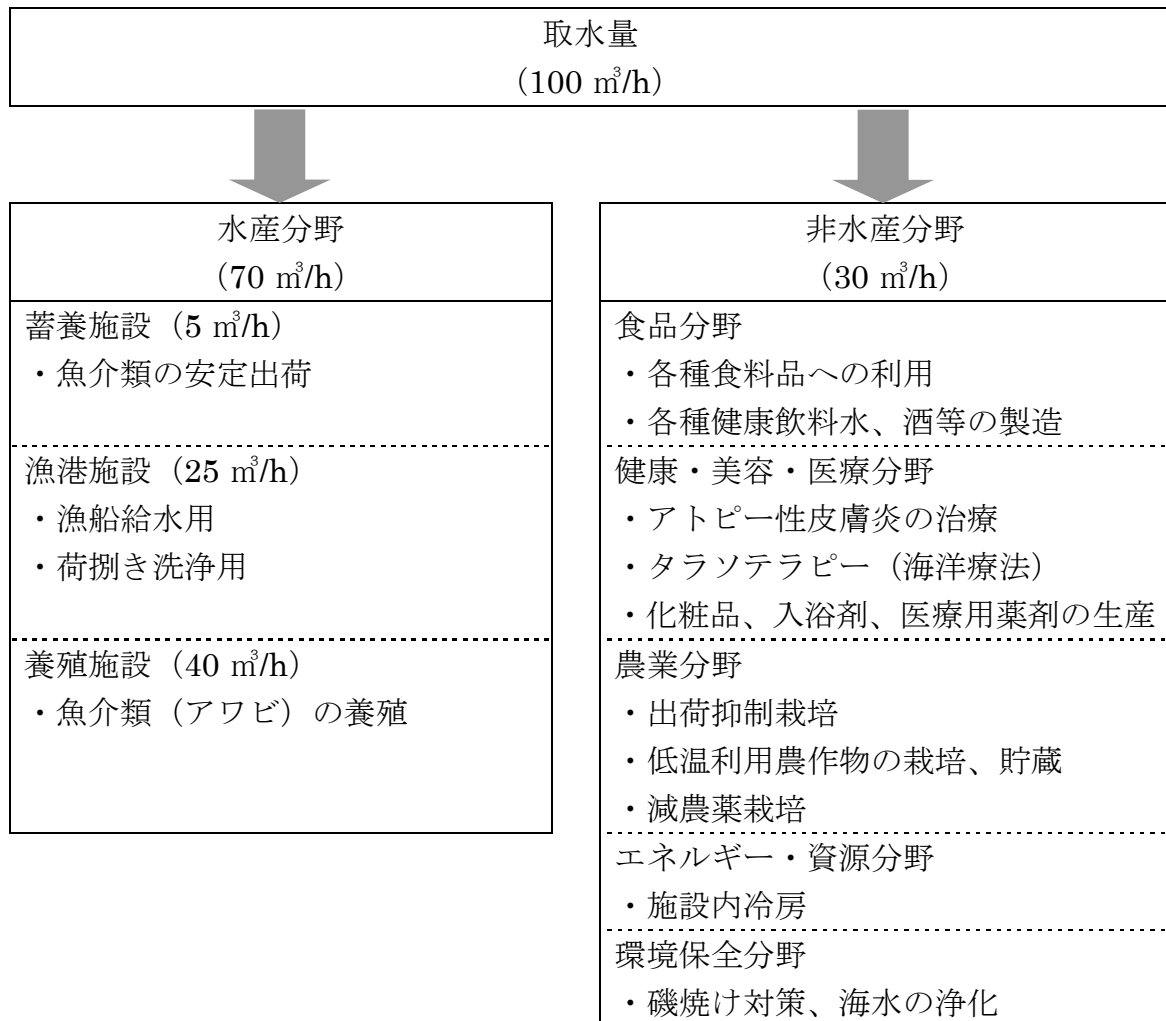
一般に海洋深層水は水深200m以深の海水を指すことが多いが、入善町や滑川市で取水・分水されている海洋深層水は、富山湾の水深300m以深の日本海固有水である。富山湾は海岸近くの浅い層に河川などの影響を受けた塩分濃度の低い沿岸表層水、その下層から水深300m付近に対馬暖流系水、さらにその下層に日本海固有水が存在する。

太平洋側の深層水が地球規模で循環するのに対し、日本海では他の海域とを繋ぐ宗谷海峡、津軽海峡、対馬海峡の水深が浅いため深層水が他海域と交わず、日本海内で固有に循環している（100年程度で更新）。低温安定性、清浄性、富栄養性といった海洋深層水の性質を備えているが、特に日本海固有水の特徴として、水温が年間を通じ1~2℃と非常に低温で安定していることや（太平洋側深層水は10℃前後）、溶存酸素量が豊富であること（太平洋やオホーツク海に比べて倍程度）が指摘されている。

入善町で取水している海洋深層水100 m³/hのうち、70 m³/hは水産分野、30 m³/hは非水産分野に利用される。取水施設に隣接して分水・活用施設「入善海洋深層水活用施設」が併設されており、事業者や一般向けに所定料金で大口、小口の分水も行なっている。

水産分野では低温安定性、清浄性、富栄養性の有効利用として、安定出荷等に資する蓄養、漁港施設での鮮度保持・衛生管理用水のほか、全国初となる海洋深層水でのアワビ養殖・出荷に用いられている。非水産分野でも、食品、健康・美容・医療、農業、エネルギー・資源、環境保全といった様々な用途に活用されており、かつての深層水ブームともあいまって、様々な海洋深層水利用商品も生まれている。富山県では海洋深層水の幅広い活用と事業化を促進することを目的に「富山県深層水協議会」を設置して、富山（入善町、滑川市）の深層水利用商品の公認ブランドマークを付与するなどの取組みを行なっている。

〔入善町の海洋深層水の用途〕



※入善町農水商工課提供資料より

(また、入善町役場「NYUZEN Deep Sea Water」も参照。

(<http://www3.town.nyuzen.toyama.jp/deepsea/riyou/katsuyou.htm>))

さらに入善町では、海洋深層水から新たな産業を振興するため、2005年に取水・分水施設に隣接して「入善海洋深層水企業団地」(造成面積: 14,000 m²)を整備した。現在、無菌包装米飯(レトルトご飯)メーカー「株式会社ウーケ」が立地している。

ii) 工場冷房と水産養殖の多段利用

入善町における海洋深層水の取水・利用は、前述のように水産庁の補助事業を利用して整備されたものである。一義的には水産振興を主眼としながら、一部を「入善町アクアビレッジ基本構想」に基づいて新規産業振興等に活用しようとするものであり、計画段階では多段利用を構想していたわけではない。実際、取水開始後も漁港・蓄養施設、養殖施設、分水施設それぞれに送水して活用する形態であった。しかし、2005年に整備した「入善海洋深層水企業団地」に無菌包装米飯メーカー「株式会社ウーケ」が立地するに際して、小規模ながら多段利用が導入されることとなった。

(株)ウーケは、米卸大手の「株式会社神明」と、商社の「丸紅株式会社」によって2007年11月に設立された無菌包装米飯を主力商品とする企業で、入善海洋深層水企業団地内に本社及び富山入善工場を置く。工場は2008年11月に竣工し、2009年3月に初出荷した。

同社が入善町への工場立地を考慮したのは、北アルプスを水源とする黒部川扇状地湧水群の豊富な天然水が、炊飯に最適な軟水（硬度28~29）であるためである。入善海洋深層水企業団地に入るには深層水利用が条件となるが、商品の無菌包装米飯に塩分を含む硬水である海洋深層水を使うことができなかった。そこで深層水の利用方法を検討したところ、日本海固有水の低温性や取水規模を勘案すると、冷熱エネルギーを炊飯や滅菌の熱で高温になる工場の冷房として利用するのに適していることが分かった。

他方、入善漁業協同組合では、取水開始直後の2002年4月から日本では初めて海洋深層水を利用したアワビ養殖・出荷に取り組んでいた。また、アワビは、非常に低温な海洋深層水のままでは生育できないため、ボイラーで加温して利用していた。しかし、アワビ養殖はなかなか採算ベースに乗せるのが難しく、折しも原油価格の上昇傾向と不安定化の中でボイラー加温コストが経営を圧迫し、一時はアワビ養殖の中止寸前に陥る状況となった。アワビ養殖の中止は水産振興を主眼とした入善町の海洋深層水事業そのものの意義を失わせかねない事態である。

そのときに、(株)ウーケで深層水を工場冷房に利用する計画が持ち上がった。工場で加温された深層水をアワビ養殖に利用することで、これまでのボイラー加温を減らすことができ（工場休業時や冬場など温度不足の場合はボイラー加温による補助が必要）、燃料コストを削減することが可能となる。こうして、取水した海洋深層水をまず無菌包装米飯工場の冷房としてエネルギー利用し、その際に加温された海洋深層水の富栄養性と清浄性を利用してアワビを養殖するという多段利用が導入されることとなった。

これにより、(株)ウーケは、海洋深層水による冷房を導入する際のイニシャルコストでは通常の冷房を導入する場合に比べてプラス約300万円要するのに対

して、ランニングコストでは計算上、年間約 500 万円のコスト削減効果となる（1 日 20 時間稼動・年間 240 日稼動の想定、町側のコストを除く）。一方、アワビ養殖施設は、導入前の年間重油使用量が 133kL/年であるのに対し、導入後は計算上 60kL/年にまで削減できることとなり、年間約 550 万円のコスト削減効果となる（1 日 20 時間稼動・年間 240 日稼動の想定）。

〔冷熱エネルギー利用、多段利用の導入による効果〕

■ (株)ウーケ 富山入善工場におけるイニシャルコスト比較

海洋深層水	使用機器	イニシャルコスト
利用しない場合	空冷ヒートポンプチラーユニット ・ 冷房能力：300 kW ・ 台数：3 台	16,600 千円
利用する場合	冷水プレート式熱交換器 ・ 交換熱量：740 kW ・ 台数：1 台（チタン製）	19,700 千円

※提供：(株)ウーケ、入善町農水商工課((株)日立プラントテクノロジー、(株)日阪製作所調べ)
(なお、熱源機器以外は比較対象外。入善町側のコストも対象外。)

■ ランニングコスト比較(省エネ効果)

(株)ウーケ 富山入善工場)

	時間当り消費電力（年間平均）	年間消費電力
冷房器の場合	102 (kW/h)	489,600 (kW)
深層水の場合	4.4 (kW/h)	21,120 (kW)
⇒ 年間コスト削減：約 500 万円		

(入善漁業協同組合 アワビ養殖施設)

使用機器	年間重油使用量
加温した深層水を使用しない場合	133 (kL/年)
加温した深層水を使用した場合	60 (kL/年)
⇒ 年間コスト削減：約 550 万円	

※提供：(株)ウーケ、入善町農水商工課((株)日立プラントテクノロジー、(株)日阪製作所調べ)

(なお、実績値ではなく計算値。1 日当り稼働時間 20 時間、年間稼働日数 240 日と仮定。
これまで実測は行なわれていない。)

■ 環境負荷低減(CO₂削減)効果

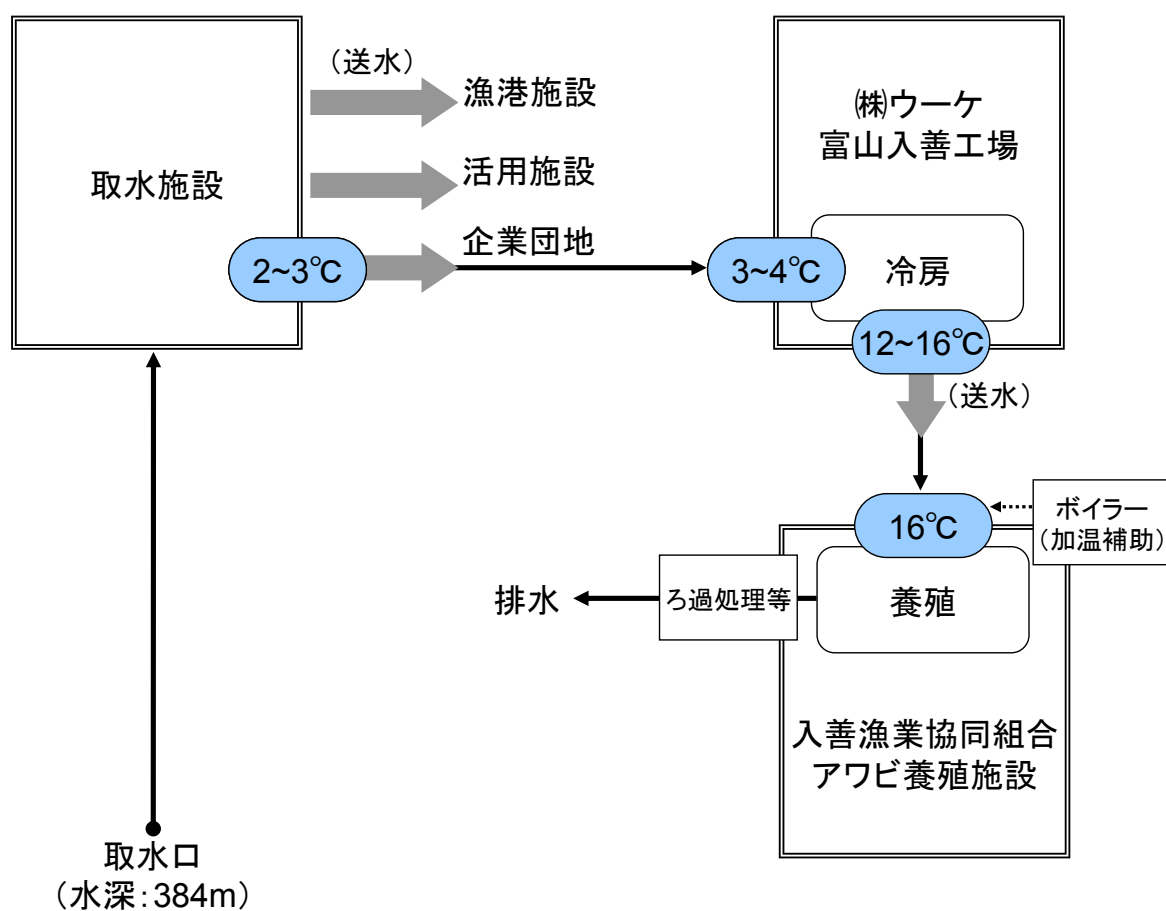
		(株)ウーケ 工場空調設備	アワビ養殖場 ボイラー設備	合計
CO2 排出量 (t-CO2/年)	深層水を 利用しない場合	225	360	585
	深層水を 利用する場合	10	162	172
CO2 削減量 (t-CO2/年)		215	198	413 (70.6%削減)

※提供：(株)ウーケ、入善町農水商工課((株)日立プラントテクノロジー、(株)日阪製作所調べ)

(なお、実績値ではなく計算値。これまで実測は行なわれていない。)

入善町における多段利用事例の概要と関連施設等の状況は下記の通りである。

〔入善町における多段利用事例の概要〕



※入善町農水商工課提供資料、ヒアリング結果を基に作成

〔入善町の海洋深層水多段利用に係る関連施設等〕

■ 取水施設（取水能力：100 m³/h(2,400 m³/日)）



※写真：入善町役場「NYUZEN Deep Sea Water」

(<http://www3.town.nyuzen.toyama.jp/deepsea/shisetsu/index.htm>)

取水口

- 取水地
 - ・入善海岸沖合い約 3km
- 取水深度
 - ・水深 384m

取水口は高さ約 5m のやぐら状。設置場所は付近で行なわれる刺し網漁の魚網が 300m に達するため 50m 以上の余裕を考慮して選定。



※写真：入善町役場「NYUZEN Deep Sea Water」

(<http://www3.town.nyuzen.toyama.jp/deepsea/shisetsu/index.htm>)

取水管

- 取水管
 - ・鉄線鎧装硬質ポリエチレン管
 - ・内径 250mm×総延長 3,308m

	
取水管のサンプル	取水ポンプ室（右）と非常電源室（左）
実際に使用されている内径 250mm の鉄線鎧装硬質ポリエチレン管のサンプル。	○取水ポンプ室概要 ・構造:鉄筋コンクリート造(地上 1F、地下 1F) ・建築面積:70.56 m² ・述床面積:139.45 m² ○受水槽 ・FRP 角型 30 m² 取水管で汲み上げた深層水はポンプ室上部の受水槽に一旦、貯められてから送水する。



取水ポンプ（取水ポンプ室地下 1F）

- 取水ポンプ
- ・片吸込渦巻ポンプ(樹脂製)
 - ・11kw×2 台

1 台で 100 m³/h 汲み上げられる。1 台ずつ交互に運転しながら定期的にメンテナンスを実施。



取水ポンプ（取水ポンプ室地下 1F）

サイホンの原理で取水ポンプ室の近くまで自然に揚がってくる深層水を取水ポンプでポンプ室上部の受水槽に汲み上げる。写真右手側の管から受水。

	
送水ポンプ（取水ポンプ室 1F）	非水産用の送水ポンプ
一旦、取水ポンプ室上部の受水槽に貯めた深層水を送水ポンプで漁港施設、分水・活用施設、養殖施設、非水産施設（企業団地等）それぞれに送水する。	企業団地に送水する非水産用の送水ポンプ。(株)ウーケの工場には、このポンプで 2~3℃の深層水を送水する。

	
海洋深層水活用施設	深層水商品販売
○活用施設概要 ・敷地面積:1,940 m² ・構造:鉄骨造平屋建 ・床面積:336 m² ・設備:分水設備、脱塩設備(逆浸透膜法)、電解機能水製造設備、実験室、研修室、展示体験コーナー 取水施設に併設されている活用施設。一般向けの大口、小口の分水を行なっている。	海洋深層水活用施設では一般向けの分水設備のほか、展示・体験コーナーや開放型研究施設があり、深層水商品の販売も行なっている。

	
小口分水設備	大口分水設備
○小口分水設備の分水能力 ・原水:10L/min ・脱塩水:10L/min ・濃縮水:10L/min 所定の利用料金で分水を利用できる。 商業利用（大口分水）の場合は申請手続が必要。	○大口分水設備の分水能力 ・原水:500L/min 所定の利用料金で大口分水も利用できる。ボタンを1回押すと1,000L分水される。

■(株)ウーケ「富山入善工場」における関連施設

	
(株)ウーケ 富山入善工場	生産ライン
○工場概要 ・「入善海洋深層水企業団地」に立地 ・敷地面積:12,403 m² ・構造:鉄骨造 3 階建て ・建築面積:3,368 m²	○生産 ・品目:無菌包装米飯(無菌のレトルトご飯) ・生産能力:7200 食/h ・生産開始:2009 年 3 月 2 日 滅菌工程や炊飯工程などにより工場室内が高温(40℃超)になるため冷房が必要となる。取水施設から送水されてきた深層水の冷熱(3~4℃)を交換して工場生産ラインの冷房に利用する。
	
送水ポンプ	アワビ養殖施設への送水
冷房で温度が上昇した深層水(12℃~16℃)を工場敷地の角に設置した送水ポンプでアワビ養殖施設へ送水する。	写真正面奥に見えるのが入善漁業協同組合のアワビ養殖施設。

■ 入善漁業協同組合「アワビ養殖施設」における関連施設

	
入善漁業協同組合 アワビ養殖施設	養殖水槽
○施設概要 ・敷地面積:12,403 m² ・構造:鉄骨造平屋建 ・建築面積:880 m²(作業機械棟:224 m²) 海洋深層水の富栄養性、清浄性等を活用して、全国で初めて深層水で養殖したアワビを出荷。深層水で育成すると安全だけでなく身が柔らかくなるという。	○養殖 ・養殖水槽:FRP 角型水槽(3 m²)×40 槽 ・養殖開始:2002 年 4 月 ・養殖量:8 万個 低温安定性のある深層水は水温管理が容易なためアワビ養殖に適するが、そのままでは温度が低すぎて生育できないため加温が必要になる。
	
養殖中のアワビの稚苗	蓄養・出荷施設
愛媛産、岩手産のエゾアワビの種苗を養殖(東日本大震災後、岩手産は中止)。30mm~50mm の種苗を 70mm ~ 80mm 程度まで育成して出荷する。	養殖したアワビの出荷作業や、出荷待ちの間の一時的な蓄養を行う場所。

	
ボイラー(左奥)と 加温熱交換機(右手前)	養殖水槽への送水
低温の海洋深層水をアワビ養殖できる温度まで加温するためのボイラーと加温熱交換器。(株)ウーケの工場での加温が行なわれる前は全てボイラーで加温していた。現在も冬場、工場から送水される深層水が16℃に満たない場合はボイラーで加温する。	適温となった深層水を貯水槽から各養殖水槽へ送る。

iii)本事例における課題と展望

入善町における多段利用事例は、総じて成功しているが、運用上、特に(株)ウーケの工場からアワビ養殖施設へ送水する海洋深層水の水温が外気温に左右されやすいため、常時、両者間で綿密に温度の安定化を図る努力が重ねられている。

(株)ウーケの工場から送水する海洋深層水の水温は、今のところ夏場と冬場で約5~7℃の差が生じている。特に冬場は十分な加温ができず、16℃での送水を要するところが10℃程度に留まり、アワビ養殖場でボイラーによる加温が必要になる。このように冬場の水温安定化が最大の課題となっているが、現在、不足する温度を工場の熱排水で補うことを検討中である。

他方、(株)ウーケの工場冷房は満足できる水準が保たれている。しかしながら、取水規模が小さく、冷房能力の拡張性に欠ける点も課題として指摘されている。現在も本来、より冷却する必要がある区画を冷房できない状況にある。また異常気象の場合や、企業団地への立地が増加した場合への対応など、より本格的な冷熱エネルギー利用や多段利用の展開は困難なのが現状である。

また、多段利用導入にあたっての課題として、現状では国等の支援施策が多段利用向けになっていない点が指摘されている。実際、この事例でも NEDO の補助の話が持ち上がったが、最終的には規模が小さすぎるとして補助を受けられなかったという。新しい取組みについて、一企業が最初から大規模なプロジェクトを実施することは困難であることから、企業等がより取り組みやすくなるようなきめ細かな支援施策が求められている。

入善町における海洋深層水利用の全般的課題としては、全国の深層水取水地で様々な海洋深層水利用商品が生まれてきた一方で、深層水ブームが沈静化する中、いかに深層水の効果のエビデンスを確立し、差別化を図っていくかという点が挙げられている。他の取水地地域でも同様に苦慮しているという。さらに施設、設備等の経年劣化による維持管理費の増大など事業実施に係る財源確保も課題とされている。他方、水産庁の補助事業を利用して取水施設を整備したことで用途制限があるものの、本来主眼である水産分野はなかなか採算ベースに乗らないという問題も抱えている。

このような状況の中で、入善町も画期的な深層水利用の切り口を模索する必要性に迫られており、特に同町の基幹産業の 1 つである農業分野での利用拡大や、冷熱エネルギーによる冷房を導入する大規模データセンター等の誘致、多段利用の展開といった新たな取組みにも関心を有している。このように、自治体からも海洋深層水利用が曲がり角に差しかかる中で、エネルギー利用や多段利用など新たな取組みへの支援施策が求められている。

3. 技術開発と産業化の課題と展望

海洋温度差発電の実用化、商用化には従来の 100kW 出力規模では経済的に成立し難く、MW 出力規模の実証実験が不可欠であると指摘されている。近年、世界的に海洋温度差発電への関心が再び高まり、各国で MW 出力規模のプロジェクトの動きが活発化する中、日本でも早急に取組む必要がある。また、国家規模の戦略に基づいて研究開発を強力に推進する米国やフランス等に比べ、日本は個々の実績の蓄積という傾向が強いとも指摘されている。「NEDO 再生可能エネルギー技術白書」が発表された意義は重要であるが、今後より戦略的かつ継続的な産官学連携に基づく取組みの尚一層の推進が求められている。

「NEDO 再生可能エネルギー技術白書」に示される海洋温度差発電の目指す姿と技術開発目標は既に紹介した通りであるが、この目標を達成するために必要な技術開発課題は次のように整理されている。

〔海洋温度差発電の主な技術課題(NEDO)〕

技術課題		解決策・要素技術
コア技術の 確立	イニシャルコストの削減	● 低コスト材料の開発(低コストチタン製造技術の開発、チタン代替材料の開発等) ● 低コスト施工技術(新しい取水管の開発、取水管敷設技術の高度化等)
	発電効率の向上	● サイクル熱効率の向上 ● 高効率作動流体 ● 高効率新サイクルの開発
プラント運用技術の 確立	プラントの維持管理・故障の防止	● モニタリングシステム ● 海洋環境の予測システム ● 遠隔操作システム
	海洋環境への対応	● 海洋生物の付着防止(地球に優しい防汚技術、防汚塗料、音・超音波システム、オゾンガスの海水混合等)
	環境影響評価	● 実証試験による基礎データ収集 ● 環境影響評価手法の確立
事業性の 向上	温排水源の有効利用	● 工場排水、発電所排水等を利用したプラント開発
	海洋深層水の複合利用	● 複合利用技術の高度化・検証 ➢ 海水淡水化技術 ➢ 海洋深層水による漁場形成 ➢ 冷熱利用(空調など) ➢ 水素製造 ➢ リチウム回収 等

※出典：(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(2010)「海洋温度差発電の技術の現状とロードマップ」『NEDO 再生可能エネルギー技術白書』

上表でも指摘されているように、海洋温度差発電の実用化を推進するには、複合目的での多段利用システムを念頭に置いた実証プロジェクトに、より積極的かつ継続的に取り組むことが求められている。このことは海洋温度差発電の実用化の観点のみならず、海洋深層水利用商品や水産利用などの国内における既

存の海洋深層水利用の事業性向上の観点からも必要である。

エネルギー利用に関しては、既存技術の適用が可能で、海洋温度差発電よりも導入が容易な冷熱利用（冷房や発電所・工場等の冷却など）の本格導入を検討する必要があるとの指摘もある。冷熱利用と他の資源性の利用を複合化した多段利用や、これらと海洋温度差発電の複合化も考えられる。

高橋名誉教授は、「日本ではアクアマリン計画をきっかけに海洋深層水を利用した商品開発があまりにブーム化してしまったために、かえって海洋深層水のエネルギー利用や、これを基礎とした多段利用の取組みが停滞してしまった面がある」と指摘する。また、専門家や企業、自治体などからは、従来の海洋深層水利用の支援施策がエネルギー利用や多段利用の推進に必ずしも十分に適合していないとの指摘もなされている。

また、従来の国内の海洋深層水開発では、エネルギー利用があまり考慮されていないために、取水施設は全て小規模になっており、水産庁の補助で整備された施設は利用目的の制約もある。そのため、冷熱利用や多段利用をするにも、既存施設では取水量が少なすぎ、なかなか取組みが進まないという側面もある。

高橋名誉教授は、「政策経緯上、エネルギー以外の海洋深層水利用技術を検討することとしたアクアマリン計画以来の流れを再度、エネルギー利用を主軸に据え直し、産官学ともに取組む必要がある」と指摘している。

○インタビュー：

高橋正征 東京大学名誉教授・海洋深層水学会会長

・(3)②「富山県入善町における多段利用事例」について

富山県入善町農水商工課

(株)ウーケ（富山入善工場）

○主な参考文献：

高橋正征 名誉教授 提供資料

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(2010)「海洋温度差発電の技術の現状とロードマップ」『NEDO 再生可能エネルギー技術白書』

(http://www.nedo.go.jp/library/ne_hakusyo_index.html)

沖縄県久米島町(2011)『緑の分権改革推進事業 久米島海洋深層水複合利用基本調査 調査報告書』

(http://www.town.kumejima.okinawa.jp/industry/deepocean_water_inspection_slip.html)

佐賀大学海洋エネルギー研究センターWeb サイト

(<http://www.ioes.saga-u.ac.jp/jp/index.html>)

池上康之(※佐賀大学准教授)「「海洋温度差発電の現状と展望」－2030年のロードマップ
への貢献を目指して－」 Ebucheb Vol.42 (特定非営利活動法人 OWS)

(<http://www.ows-npo.org/member/backno/tokushu42forWeb.pdf>)

藤田大介・高橋正征編著 (2006)『海洋深層水利用学－基礎から応用・実践まで－』(成
山堂出版)

中谷三男 (2002)『ニュービジネス 海洋深層水 地域水域振興のパイロットリーダー』(水
産社)

・(3)②「富山県入善町における多段利用事例」について

富山県入善町農水商工課 提供資料

「NYUZEN Deep Sea Water」(※富山県入善町農水商工課による公式 Web サイト)

(<http://www3.town.nyuzen.toyama.jp/deepsea/index.htm>)