

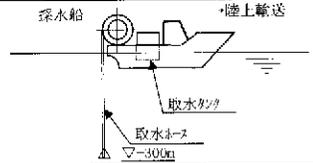
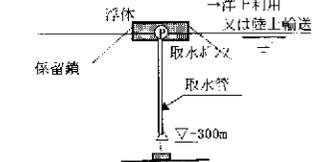
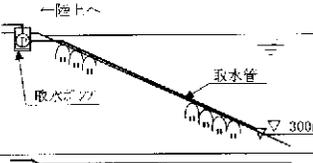
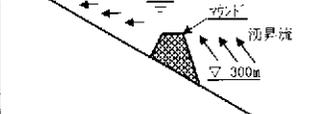
## 第2章 海洋深層水の取水と放水

### 2.1 海洋深層水の取水

#### 2.1.1 取水方法

現状の取水方法としては表2-2-1に示すように、調査船から採水器を用いて取水（取水水深：数百m、取水量：100l/回）する方法を除き主要3方式があり、海洋深層水（以下、深層水）の利用量や利用場所、利用目的などに合わせ、その取水方式を使分けているのが一般的である。

表2-1-1 海洋深層水の代表的な取水方式

取水方法	汲上げ場所	汲上げ水深	汲上げ量 <sup>注)</sup>	一般的 使用目的
①船上方式 	洋上 ↓ 陸上 (利用場所)	千m以浅	数m <sup>3</sup> ~数十m <sup>3</sup> (断続的給水)	試験・研究 商品開発
②洋上方式 	洋上	千m以浅	数十万m <sup>3</sup> 以上と比較 的大容量 (連続的給水)	海域肥沃化 海洋温度差 発電
③水路方式 (管路) 	陸上	千m以浅	十数万m <sup>3</sup> 以下 (連続的給水)	水産、食品等 多目的利用
④湧昇流 方式 	海中	80m程度	超大容量 (半連続的)	海域肥沃化 資源増大

注) 汲上げ量は日当り(24時間)の取水量。

なお、現在、皆さんがペットボトルなどで飲んでいる飲料水や各種食品、化粧品などの商品に利用されている深層水の取水は、③水路方式(管路)で行われている。

#### 2.1.2 わが国における海洋深層水取水施設

わが国では表2-1-1に示す取水方法別に、図2-1-1に示す場所に設けられている。また、その取水施設の概略仕様については表2-1-2~4に合わせ示す。なお、海外では米国ハワイ島およびノルウェーのフィヨルド海岸において、水路方式の取水施設が立地している。

#### 2.1.3 水路方式の海洋深層水取水施設の構造

水路方式(管路)の一般的な取水方法は“コップの底の水をストローで吸う”

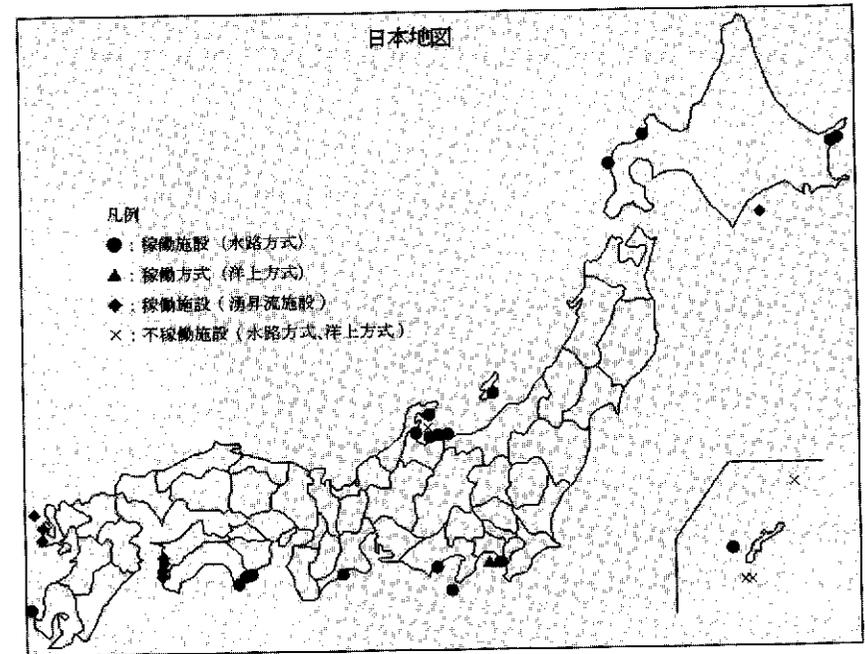


図2-1-1 既存取水施設位置図

表2-1-2 水路方式(管路)取水施設仕様一覧

供用年	揚水形式仕様(水路方式:管路)					利用目的	設置場所
	取水水深	揚水量	管径	管路延長	利用設置形式		
★1983	370m	12,000m <sup>3</sup> /日	φ454mm	2,400m	陸上型	海洋温度差発電研究	鹿児島県徳之島
1989	320m	460m <sup>3</sup> /日	φ125mm	2,650m	陸上型	基礎研究	高知県室戸市
◇1992	100m	17,280m <sup>3</sup> /日	φ450mm	1,600m	陸上型	養魚	富山県新湊市
1994	344m	460m <sup>3</sup> /日	φ125mm	2,650m	陸上型	基礎研究と活用研究	高知県室戸市
1995	321m	3,000m <sup>3</sup> /日	φ250mm	2,630m	陸上型	水産活用研究	富山県滑川市
2000	374m	4,000m <sup>3</sup> /日	φ270mm	3,125m	陸上型	水産と多目的利用	高知県室戸市
2000	218m	57.6m <sup>3</sup> /日	φ50mm	1,400m	陸上型	多目的利用	北海道釧路市
2001	612m, 609m	13,000m <sup>3</sup> /日	φ280&φ300mm * 2条	2,527m	陸上型	研究及び多目的利用	沖縄県久米島
2001	687m, 397m	各2,000m <sup>3</sup> /日	φ225mm, φ200mm	7,273m, 3,323m	陸上型	水産研究と多目的利用	静岡県焼津市
2001	330m	1,000m <sup>3</sup> /日	φ148&198mm	5,840m	陸上型	多目的利用(民間事業)	神奈川県三浦市
2002	384m	2,400m <sup>3</sup> /日	φ250mm	3,250m	陸上型	多目的利用	富山県入善町
2003	343m	3,500m <sup>3</sup> /日	φ270mm	4,400m	陸上型	多目的利用	北海道稚内町
2004	300m	3,000m <sup>3</sup> /日	φ268mm	7,700m	陸上型	多目的利用	北海道岩内町
2004	333m	2,000m <sup>3</sup> /日	φ227mm	2,650m	陸上型	発電利用研究	富山県滑川市
2004	375m	400m <sup>3</sup> /日	φ135mm	4,150m	陸上型	多目的利用(民間事業)	鹿児島県下飯
2004	315m	1,200m <sup>3</sup> /日	φ195.7mm	3,978m	陸上型	水産と多目的利用	新潟県刈野町
2006	350m	4,560m <sup>3</sup> /日	φ280mm	2,817m	陸上型	水産と多目的利用	北海道羅臼町
2004	500m	500m <sup>3</sup> /日	φ125mm	1,800m	陸上型	多目的利用(民間事業)	東京都大島
2004	350m	100m <sup>3</sup> /日	φ75mm	3,700m	陸上型	多目的利用(町事業)	石川県内浦町
2006	415m	2,885m <sup>3</sup> /日	φ280mm	12,500m	陸上型	多目的利用(市事業)	三重県尾鷲市

◇: 水深200m以浅の取水施設。★: 現在稼動していない深層水取水施設。

ような方法で地上まで吸い上げている。ただし、専門的に言うと図2-1-2に示すように大きく2種類の揚水方式がある。

両方式の違いはポンプ揚水方式が取水ポンプで深層水を吸い上げるのに対して、自然流下方式は外海水位と着水槽内の水位差により深層水を着水槽に流入させ、それを取水ポンプで汲み上げるといふ、機構上の違いである。なお、現在採用されている揚水方式としては施設建設費が安価であること、水質確保が容易であること、維持管理が容易であることなどよりポンプ揚水方式が選定されている。

次に、取水施設を構成している各部位(機器)について概略説明する。両方

表2-1-3 洋上方式取水施設仕様一覧

供用年	揚水形式仕様(洋上方式)					利用目的	設置場所
	取水水深	揚水量	管径	管路延長	利用設置形式		
★1989	300m	26,000m <sup>3</sup> /日	φ450mm	250m	洋上型	海域資源改善研究	富山県氷見市
★1997	1,400m, 600m	2m <sup>3</sup> /日	φ50mm	1,400m, 760m	洋上型	多目的利用(民間事業)	沖縄県糸満市
★1999	2,000m, 800m	2,0.2m <sup>3</sup> /日	φ50mm	2,000m, 950m	洋上型	多目的利用(民間事業)	沖縄県糸満市
2004	205m	10万m <sup>3</sup> /日	φ1,000mm	175m	洋上型	海域肥沃化研究	相模湾

★: 現在、稼動していない取水施設。

表2-1-4 湧昇流方式取水施設仕様一覧

供用年	揚水形式仕様(湧昇流方式:堤堤式、衝立式構造)					利用目的	設置場所
	設置水深	壁高さ	設置延長	湧昇量 <sup>注</sup>	利用設置形式		
◇2000	80m	13~14m	約130m	30.3百万m <sup>3</sup> /日	湧昇拡散型	海域の水産資源増大	長崎県松浦市沖
◇1987	50m	10m	4基*45m	31.1百万m <sup>3</sup> /日	湧昇拡散型	海域の水産資源増大	愛媛県宇和島沖
◇1992	50m	10m	5基*45m	38.9百万m <sup>3</sup> /日	湧昇拡散型	海域の水産資源増大	愛媛県宇和島沖
◇1994	50m	10m	3基*50m	25.9百万m <sup>3</sup> /日	湧昇拡散型	海域の水産資源増大	愛媛県宇和島沖
◇1995	50m	10m	4基*50m	34.6百万m <sup>3</sup> /日	湧昇拡散型	海域の水産資源増大	愛媛県宇和島沖
◇1998	65m	10m	12基*150m	311.0百万m <sup>3</sup> /日	湧昇拡散型	海域の水産資源増大	長崎県五島沖
◇1999	50m	10m	9基*150m	233.3百万m <sup>3</sup> /日	湧昇拡散型	海域の水産資源増大	北海道大樹沖
◇2002	76m	12m	16基*240m	796.3百万m <sup>3</sup> /日	湧昇拡散型	海域の水産資源増大	長崎県老岐

注) 湧昇量を正確に算定することは非常に難しい。ここでは下式で試算した。

想定湧昇量 = 堤体の壁高さ × 設置延長 × 流れの流速 × 1日

(長崎県松浦市沖の場合)

$$= 13.5m \times 130m \times 0.2m/s \times 3600s \times 24hr = 3000万m^3/日$$

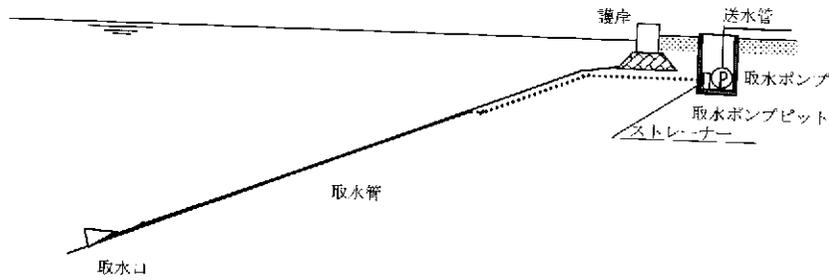
◇: 水深200m以浅の施設。

式とも図2-1-2に示すように沖合側より、取水口、取水管、ストレーナー、取水ポンプピット(着水槽)、取水ポンプの主要5部位から構成されている。

①取水口: 取水口は深層水の吸込み口であり、海底面の土砂を吸い込まないよう海底面から2, 3m程度以上の高さに吸込み口が位置するよう工夫されている。図2-1-3に既存の構造例を示した。

②取水管: 取水管は取水口より流入した深層水を確実に陸上まで送る“ストロー”のような役割のものである。しかし、その重要性は非常に高く、取水施設の成否を決める重要な部位であり、高い設計・施工技術を求められる構造体でもある。その理由は、人の手の届かない海底深くにわたり管を

<ポンプ揚水方式>



<自然流下方式>

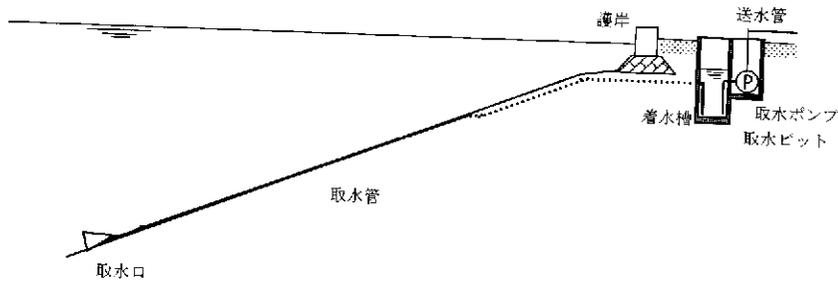


図2-1-2 水路方式の揚水方法

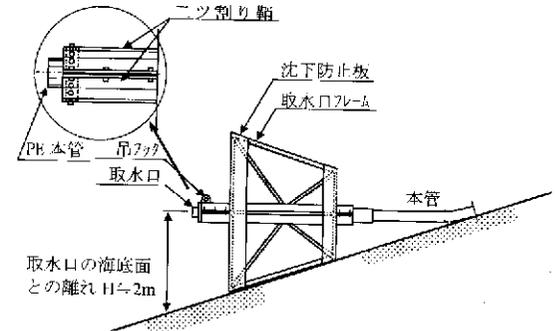
設置せねばならないからで、その強さについても起伏の激しい海底面上において取水ポンプの吸込み圧力や波浪などの外圧、自重（自らの重さ）に対して潰れない強さを有する必要があるほか、波浪や海流に対して流されない重さを有していることが求められる。図2-1-4に一般的管路の荷重条件を示した。

さらに、管材料には流入水の水温上昇を防ぐ目的から、①断熱性能に優れていること、②通水性能に優れていること、③耐食性能や、④管材の組成物質を溶出しないなど、深層水の利用目的に合致した条件が要求される。図2-1-5に代表的な管材料、図2-1-6に管路の設置構造形式について示す。

なお、管路の設置構造形式は主に海底地質・海底面の起伏状態や海底勾

2.1 海洋深層水の取水

<風車型>



<ピラミッド型>

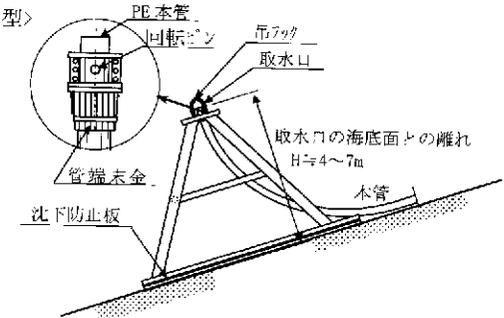


図2-1-3 取水口の既存構造例

配、海象条件などを配慮して選定することが一般的である。特に、浮遊管路は海底起伏が激しいために、着底管路では管路が点接触で支持され、曲げ破断したり、断面が潰れ損傷

を受けたりする場合に用いるのが一般的である（図2-1-7参照）。わが国では台風が多く来襲する場所に位置していることから、その移動安定性

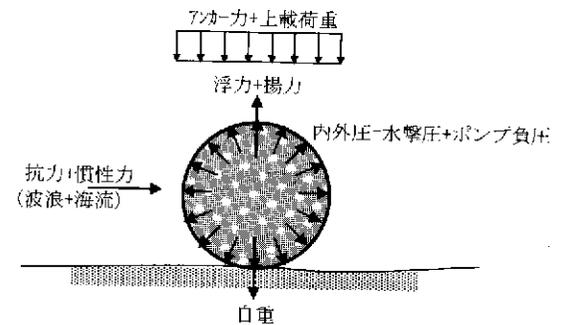


図2-1-4 一般的管路の荷重条件

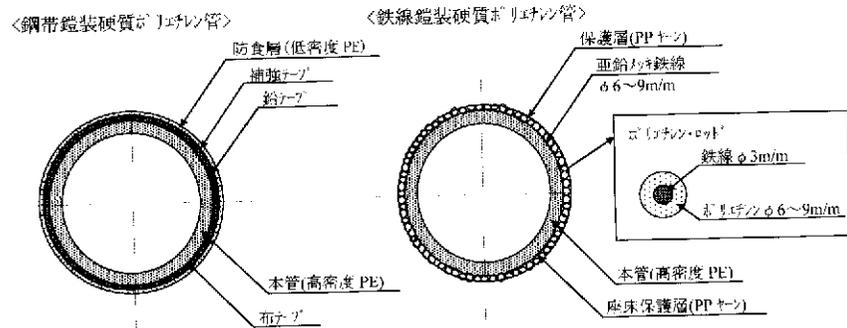


図2-1-5 既存管材料例

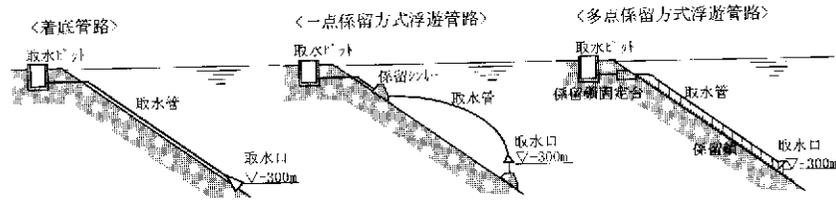


図2-1-6 既設管路の設置構造形式例

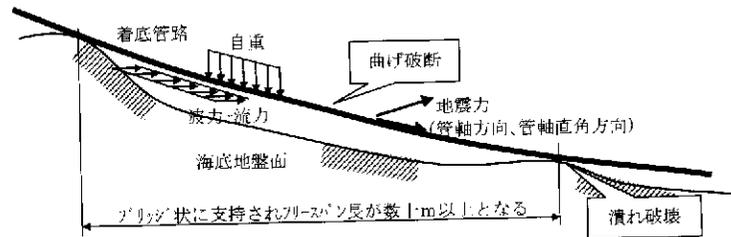


図2-1-7 起伏の激しい海底面上での管路の設置状況概念図

や強度面での安全性が高い着底管路形式が用いられている。

- ③ ストレーナー：ストレーナーは取水口から流入する魚介類が取水ポンプ内に侵入して損傷させたり、斃死による水質悪化を防いだりする目的で配置し、“遊魚+取出し”の機能を有した機器となっている。なお、自然流下方式の取水施設では着水槽がストレーナーの機能を代用するよう計画され

ている。

- ④ 取水ポンプピット（着水槽）：取水ポンプピットはストレーナーや取水ポンプを所定の高さに配置するための容器である。一方、着水槽は取水口からの深層水を安定的に流入させるための容器である。
- ⑤ 取水ポンプ：ポンプ揚水方式の取水施設では取水口側からの吸い込みと利用場所への送水の両機能を有した“片吸込み渦巻きポンプ”が用いられる。また、自然流下方式の取水施設では利用場所への送水を主目的とした“自吸式ポンプ”が用いられるのが一般的である。

### 2.1.4 取水ポンプピット（着水槽）の配置

取水ポンプピット（着水槽）が水面下に設置されていることは、取水管長が長いことに大きく関係している。管路を用いて深層水を流入・通水させるためには以下に示す種々な抵抗が発生するが、これに対して吸い込むための力が必要となる。

- ・ 入口損失水頭：海水が取水口に流入する抵抗
- ・ 摩擦損失水頭：海水が管内を通水する時の管壁との摩擦抵抗
- ・ 曲り損失水頭：曲がり配管を通水する時の抵抗
- ・ 急縮・急拡損失水頭：管路口径が急縮・急拡して流れることに伴う抵抗
- ・ ストレーナー部損失水頭
- ・ 出口損失水頭：海水が管路から流出する抵抗
- ・ 密度差水頭：深層水特有のものであり、深層水とそれ以浅の海水の密度差による抵抗

一方、取水ポンプで吸い込むための力は「絶対真空（0℃の場合）でも10mH程度」しか造ることが出来ない。ポンプ自体の抵抗も配慮すると、“6.5mH程度（水温0～20℃の場合）”となる。取水施設費用の縮減を考えると、より小径の管路で取水することが望まれ、一般的には8、9mH程度（管径270mm、管路長3kmで管内流速が $V=0.8\text{m/sec}$ の場合）の吸い込み力が必要である。

したがって、取水ポンプで不足する吸い込み力をカバーするために、図2-

船用ワイヤーを設置しておき、敷設に際して敷設船上のウインチにより巻き取ることで移動させる。

なお、最近ではDPS（ダイナミック・ポジショニング・システム）船を使用することにより、操船ワイヤーを用いず昼夜連続敷設する方式が採用されるようになってきている。また、リールバージには縦型ドラムと横型ドラムがあるが、敷設時風力の影響が少ない横型ドラムを用いるのが一般的である。

## 2.2 海洋深層水の放水

深層水は表層海水と水質上の違い（富栄養、低温、清浄）があることから、陸上において魚介類の養殖等に利用した深層水を無処理で海域に放流することを問題視する意見もある。特に問題にされているのは低温性と富栄養性が海域の生態系に与える影響である。しかし、現状で取水・使用されている深層水は1ヶ所当たりで最大1万t/日程度と非常に少量の放流で、海域の生態系を変えるほどの影響力はない。現在、深層水取水各地では、隣接の河川や漁港などを介して放流したり、飛沫帯や砂浜などを介して放流したりしている。

特徴のある放流方法をとっているのは久米島にある沖縄県海洋深層水研究所である。この研究所は湧昇性の海域（自然の深層水が湧き上がっている海域）に位置するものの、周辺海域の浅海ではサンゴが群生しているために、直接的な影響を防ぐために、表層水と深層水を混ぜ合わせ、水深25mに放流している。

## 2.3 取水に伴う諸問題

深層水取水管の多くは海底面に配管され、取水口は近底層（底上5m程度）に開口している。海洋における生物の鉛直分布についてみると、光合成を行う植物プランクトンは概ね50～150m層にクロロフィルの極大を形成する。動物

の場合、その多くは1,000m以浅に生息し、水深が深くなるにしたがって生物量は減少するが、底層付近では再び増加することが知られている。深層水の汲み上げによって取り込まれる生物群集の実態を把握しておくことは環境保全や漁業への影響、あるいは取水施設の維持管理を考える上で重要である。

### 2.3.1 海洋深層水に出現する生物群集

深層水の汲み上げに伴って微生物群集（細菌類）やプランクトン、あるいは大型の底生生物や遊泳生物が出現する。深層水中に出現する微生物群集は $10^4 \sim 10^6$  cells/mlで、細胞数の深層水/表層水は概ね1/3～1/2である。病原性細菌を中心とした検討も進められており、深層水中から病原性細菌は確認されていない。これらの結果は微生物学的見地からみた清浄性を示すものである。

深層水取水ポンプの手前にはストレーナー（網目5mm程度）が設置され、定期的に点検が行われ、この際にストレーナーに捕捉された生物が報告されている。漁業対象生物としてチゴダラ、シラエビ、ホタルイカなどが確認されているが、その量はわずかであり、現状の取水量において漁業に影響を及ぼすものではないと考えられる（表2-3-1）。

ストレーナーの網目を通過する生物についてもいくつかの報告がある。㈱日本海洋開発産業協会は、1年間にわたり1回/月の頻度で表層水と深層水の同時調査を行っている。深層水中に出現する生物は年間で91～101種であり、取り込まれる生物量は100m<sup>3</sup>当たりの年間量で、 $10^6 \sim 10^7$ 個体である。種数は表層出現種数の47～70%、出現量は28～48%である。取り込まれる生物量を有機炭素量からみると14～168mg・C/100m<sup>3</sup>であり、表層水の0.53～50%である（表2-3-2）。海水の取水利用が海洋生物群集に悪影響を及ぼす可能性があるという観点からみると、深層水の取水は表層取水に比べて種数、量ともに少なく、生物への影響を軽減できる取水法であるといえる。

### 2.3.2 取水障害の可能性

海水を利用する産業としては汽力発電所、製鉄、あるいは水産増養殖、水道

表2-3-1 ストレーナーに捕捉される大型生物の概要

(高知)			(富山)		
種	類	個体数	種	類	個体数
海綿動物	キヌアミカイメン	1	腔腸動物門	クラゲ類	20
腔腸動物	クラゲの1種	1	環形動物門	多毛類	5
軟体動物	ウミウシの1種	2	軟体動物門	ホタルイカモドキ	2
	タコの1種	1		タコ類	1
節足動物	オオグソクムシ	5		ウミウシ類	7
	オオホモラ	1		貝類	2
	サクラエビの1種	1	節足動物門	シラエビ	559
	シラエビの1種	1		モロトゲアカエビ	122
	シンカイイシエビ	1		エビジャコ類	187
	ジンケンエビの1種	10		イバラエビ	1
	ヒカリチヒロエビ	1		ミズヒキガニ	21
棘皮動物	ナマコの1種	1		ヤドカリ	1
	ヒトデの1種	2		端脚類	3,530
原索動物門	オオトガリサルバ	1	エビ類	330	
	ヒカリボヤ	1	棘皮動物門	ウニ類	1
脊椎動物門	ハダカエソ	1	脊椎動物門	ザラビクニン	343
	カタホウネンエソ	1		セツパリカジカ	12
	キツネソコギス	1		ゲンゲ類	5
	チゴダラ	14		タラ類	1
	ヒモアナゴ	1		カレイ類	1
	ホラアナゴ	4	小谷口(1997)を引用		
	不明魚類	4			

高知県海洋深層水研究所(1998)を再整理

表2-3-2 汲み上げ深層水中に出現する生物(ストレーナー通過生物)

	高知		富山	
	深層水	表層水	深層水	表層水
出現量(100m <sup>3</sup> , 年間)	2.7×10 <sup>6</sup>	11×10 <sup>6</sup>	11×10 <sup>6</sup>	24×10 <sup>6</sup>
出現種数(年間)	101	145	91	188
有機炭素量(mg・C/100m <sup>3</sup> )	14	2,600	168	330

(社)日本海洋開発産業協会ほか(2003)

事業などが挙げられ、これらの多くは表層海水を取水している。取水口には汚損付着生物が多量に付着し、このため1回/年程度の清掃点検が行われている。深層取水により同様の補修作業が必要とすると膨大な費用が発生する可能性がある。

生物付着によって取水障害を起こす可能性のある生物としては、多毛類、コケムシ類、貝類、あるいはフジツボ類が挙げられる。珪藻類やヒドロ虫類も汚損生物として挙げられるが、口径の大きい取水口を閉塞する可能性はないと考えられる。

深層水中に出現し、汚損生物となる可能性のある分類群を表2-3-3に示した。多毛類としては深層水中に7~12科が出現するが、表層取水において取水障害の原因となり石灰質棲管を作るカンザシゴカイ科は出現していない。フジツボ類を含む蔓脚亜綱についてみると、100m取水を行っている取水施設ではフジツボ類幼生が確認されているが、300m層取水施設では確認されていない。同じ蔓脚亜綱に属すハダカエボシ科とエボシガイ科が水深300m層で取水されている高知で確認され、親や脱皮殻も確認されていることから、これらの生物が取水口や取水管内に付着している可能性がある。しかし、エボシガイ類の付

表2-3-3 深層水中の汚損生物となる可能性のある生物出現状況

分類	高知(300m水深)	富山(300m水深)	近大富山(100m水深)
環形動物門 多毛綱	7科出現	12科出現	7科出現
	カンザシゴカイ科出現せず	カンザシゴカイ科出現せず	カンザシゴカイ科出現せず
触手動物門 コケムシ綱	未出現	1種類以上	未出現
		コケムシ綱幼生	
軟体動物門 二枚貝綱	出現(種類不明)	出現(種類不明)	出現(2種以上)
	イガイ科出現せず	イガイ科出現せず	イガイ科出現せず
節足動物門 蔓脚亜綱	2種以上出現	出現せず	2種以上
	ハダカエボシ科, エボシガイ科出現		フジツボ型垂日, 蔓脚亜綱出現

(社)日本海洋開発産業協会ほか(2003)

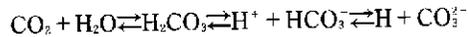
着器は柄部が有機質であり、死亡あるいは一定以上の多層付着が起こると脱落し、取水口を閉塞する可能性は小さいと考えられる。二枚貝類では汚損生物の代表種であるイガイ科幼生は出現しなかったが、それ以外の二枚貝類幼生は確認されている。このほかにコケムシ類幼生も出現するが、幼生同定は現状の技術では限界がある。これらの知見は表層に比べて深層取水において汚損付着生物の幼生出現が少ないことを示しており、取水管の維持管理上有利であることを示唆するものである。しかし、限られた調査データだけでは、深層水取水による生物付着が起こらないとまではいえない。このため既存の取水管の観察や、ポンプ揚水の負荷変化などから判断する必要がある。

2.3.3 海洋深層水の汲み上げとCO<sub>2</sub>の挙動

海水に溶解している全炭酸の存在量は表層で1,000Gt・C、深層で36,700Gt・Cとされ (Millero, 1996)、濃度は水深1,000m付近まで直線的に上昇し、それ以降では暫減傾向を示す。ここでは高濃度の炭酸を含む深層水を汲み上げた場合に起こる、炭酸の挙動を述べる (図2-3-1)。

(1) 海洋におけるCO<sub>2</sub>の存在と挙動

海水中の全炭酸はCO<sub>2</sub> (二酸化炭素)、H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (遊離炭酸)、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (重炭酸イオン) およびCO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (炭酸イオン) の形で存在し、これらの物質間には以下の平衡が成立している。



海洋への炭酸の供給は主に大気-海洋間のCO<sub>2</sub>ガスの交換によって起こり、生物活動によって有機物や炭酸カルシウムに変化し、深い層に移動する。海洋における炭酸の挙動メカニズムとして「溶解ポンプ」、「生物ポンプ」および「アルカリポンプ」が提案されている。溶解ポンプは大気のCO<sub>2</sub>分圧と海水中の活量 (分圧) の差によって生じ、海水中のCO<sub>2</sub>分圧が高ければ海水から大気にCO<sub>2</sub>が放出され、逆の場合は大気から海水中にCO<sub>2</sub>が流入する。そのフラックスは次の拡散方程式で表現される。

$$F = D (C_s - C_a) / \delta$$

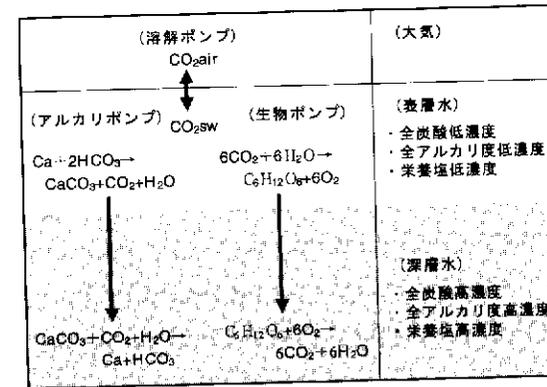


図2-3-1 海洋における全炭酸の挙動要因

F : 気体の移動量

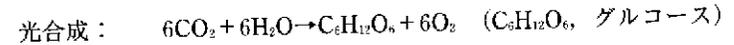
Cs : 海水中のCO<sub>2</sub>分圧

Ca : 大気中のCO<sub>2</sub>分圧

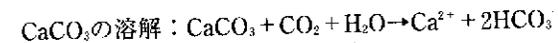
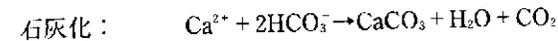
D : 拡散係数

δ : 境界層厚

生物ポンプは光合成によって引き起こされる海水中のCO<sub>2</sub>の有機物への変換に伴って起こる現象である。光合成が可能な水深では有機物が生産され、その死骸や代謝産物 (粒状) が真光層以深に沈降し、その間に分解を受け再びCO<sub>2</sub>となる。この際に有機物中に存在する栄養塩類も無機化される。



アルカリポンプも生物活動に起因した現象で、石灰藻類、円石藻類、放射虫類、貝類などがその役割を担っている。海水中のCa<sup>2+</sup>と重炭酸イオン (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) が結合し、石灰化 (炭酸塩の形成) が起こり、この過程でCO<sub>2</sub>を作る。深層ではCaCO<sub>3</sub>が溶解し、CO<sub>2</sub>はHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>に変化する。太平洋において炭酸塩の溶解が急増する水深は概ね水深2,000m以深である。



通常、海洋においてはアルカリポンプに比べて生物ポンプの働きが大きいため、大気より流入したCO<sub>2</sub>は生物ポンプによって有機物として海洋深層に送り込まれ、この間に有機物が分解され深層水中の全炭酸濃度が高くなる。

深層水を汲み上げた場合、高濃度の全炭酸を含む深層水が大気に接触すれば溶解ポンプが働き、深層水中の炭酸がCO<sub>2</sub>となって大気中に放出される可能性がある。一方で深層水中には有機物の分解によって高濃度の栄養塩類が存在し、これを利用して植物プランクトンが増殖すれば生物ポンプが働き、CO<sub>2</sub>は有機物に変換される。栄養塩濃度が全炭酸濃度に比べて相対的に高くなれば、大気中からCO<sub>2</sub>が流入し、その逆であればCO<sub>2</sub>は大気中に放出されることになる。

#### (2) 汲み上げ深層水のCO<sub>2</sub>収支

汲み上げ深層水（高知、富山ほか）の全炭酸濃度の測定がNEDO委託研究「エネルギー使用合理化海洋資源活用システム開発」によって行われた（2002）。

この結果からみると、既設の深層水取水施設から汲み上げられる深層水中の全炭酸濃度は約2,300 μmol/kg、全アルカリ度は2,250～2,300 μeq/kgの範囲にあり、一方栄養塩濃度はDIN（溶存態無機窒素）で20～30 μmol/kgである。

日量1,000m<sup>3</sup>の深層水を海域に放流した場合のCO<sub>2</sub>収支を、生物ポンプを考慮しない場合と考慮した場合で計算すると、

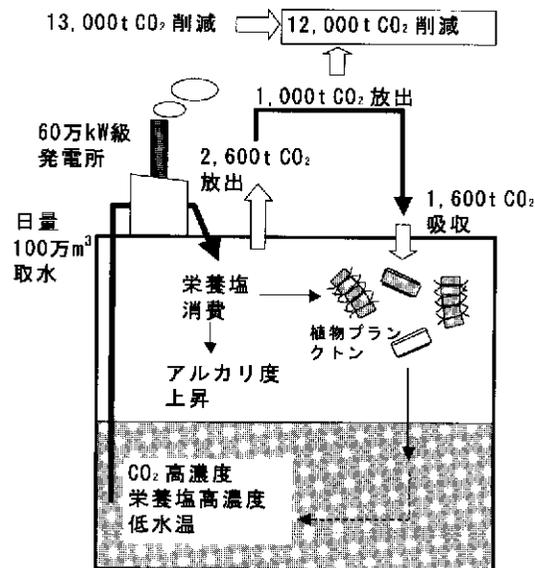


図2-3 2 海洋深層水の省エネ利用によるCO<sub>2</sub>削減の可能性

前者で年間5 t/年、後者で2 t/年のCO<sub>2</sub>が大気中に放出される可能性がある。この値は日本人1人当りの年間CO<sub>2</sub>放出量（9 t/年）の半分程度である。沖縄で洋上取水される深層水の場合、水深1,000m以深の海水の放流によって大気から海洋にCO<sub>2</sub>が流入する（大気CO<sub>2</sub>が削減される）可能性があるとは推定されている。これは汲み上げる深層水の特徴（全炭酸と栄養塩類の比）によると考えられ、海域特性や取水水深によってCO<sub>2</sub>収支が異なることを示している。

深層水は低温安定性を有しており、この特性を利用すると火力発電所の発電効率が1～3%向上することが試算されている。60万kW級LNG発電所（深層水取水量100万m<sup>3</sup>/日、利用率50%）を想定した場合、発電所からの放出量は13,000 t CO<sub>2</sub>削減され（1%削減で計算）、深層水の汲み上げによる放出量（1,000 = 2,600 - 1,600 t CO<sub>2</sub>）を差し引いても、放出量は12,000 t CO<sub>2</sub>を削減できる可能性がある（図2-3-2）。現在汲み上げ深層水は、その多くが淡水化や水産物の飼育に利用されているが、地球温暖化防止の点からみて、今後深層水の持つ低温安定性を利用した省エネ技術への適用が重要といえよう。