

海中エレベータシステムの研究開発

工藤 君明*¹

仙台湾沿岸海域は基礎生産力が高く、養殖漁業や漁船漁業を中心に高度に利用されている。海洋科学技術センターは宮城県と共同で仙台湾における漁場環境をモニタリングする新しい技術の研究開発を実施した。このプロジェクトでは、漁場環境について、従来の観測調査では十分とはいえない項目を精度よく、かつ連続的に測定できるシステムを開発し、沿岸漁業振興に役立てるのみならず、広く仙台湾の漁場環境の改善に貢献できる基礎データを提供することを目的とした。このため一つの計測器を上下させることによって海水環境の鉛直分布を測定し、しかもデータ伝送に高速のデジタル携帯電話を利用する海中エレベータシステムを研究開発し、従来の漁場環境モニタリングシステムに比べ、格段に小型かつ高性能のシステムを実現することができた。本論では海中エレベータシステムの研究開発を中心に、実用化の現状とさらなる課題について検討する。

キーワード：海中エレベータ，環境モニタリング，仙台湾，カキ養殖

Development of Underwater Elevator System

Kimiaki KUDO*²

Primary production in the Sendai Bay is so high that the area is utilised both for the mariculture and fisheries industries. JAMSTEC and Miyagi prefecture made an cooperative project for developing a monitoring system of fisheries environments. The primary objective is developing an underwater elevator system for measuring environments which have been so far not collected with enough precision and density. The shuttle of the underwater elevator repeats a cycle of ascending and descending with sensors measuring vertical profiles of a several environmental conditions. It can transmit in real time the data by the digital communication system. The underwater elevator system is proved both more compact and cost-effective than the conventional monitoring systems. We expect this system can provide basical data of fisheries environments and be useful for improving the mariculture industries. This paper discusses both the present state and the challenges of the underwater elevator system.

Key Words : Underwater Elevator, Environmental Monitoring, Sendai Bay, Oyster Mariculture

* 1 海洋生態・環境研究部

* 2 Marine Ecosystems Research Department

1. はじめに

仙台湾沿岸海域は基礎生産力が高く、養殖漁業や漁船漁業を中心に高度に利用されている。宮城県と海洋科学技術センターは仙台湾における漁場環境をモニタリングする新しい技術の研究開発を目的として、地域共同研究「仙台湾沿岸漁場における水塊流動モニタリングシステムの研究開発」(平成6～8年度)¹⁾、および「沿岸漁場モニタリングシステム実用化事業」(平成9～10年度)を実施した。このプロジェクトでは、漁場環境について、従来の観測調査では十分とはいえない項目を精度よく、かつ連続的に測定できるシステムを開発し、沿岸漁業振興に役立てるのみならず、広く仙台湾の漁場環境の改善に貢献できる基礎データを提供することを目的とした。このため一つの計測器を上下させることによって海水環境の鉛直分布を測定し、しかもデータ伝送に高速のデジタル携帯電話を利用する海中エレベータシステムを研究開発し、従来の漁場環境モニタリングシステムに比べ、格段に小型かつ高性能のシステムを実現することができた。本論では海中エレベータシステムの研究開発を中心に、実用化の現状とさらなる課題について検討する。

2. 仙台湾のカキ養殖漁場環境

宮城県のカキ養殖は松島湾を始めとして、石巻湾や三陸沿岸で広く行われてきた。戦後まもなく、種ガキを米国西海岸に輸出して外貨獲得の第一号商品となったことは有名なエピソードであるし、また宮城県産のマガキは、今ではわが国やアメリカだけでなく、ヨーロッパやオーストラリアにまで広がっている。生産量が最も多い広島県ではカキ専業養殖業者が大規模な生産を行っているが、宮城県では多くの経営体が比較的に小規模な養殖を進めてきた。この中で様々な技術革新を図り、風波や潮流に強い延縄式垂下養殖技術を開発して内湾域から沖合へと養殖場を拡大してきた。また種ガキ抑制によって健康な種ガキを生産し、わが国のみならず世界のカキ養殖業を支えてきたという実績がある。

種ガキ抑制というのは、種ガキを付着させた原盤を平均海面付近において、干潮時には空気中に露出させ、摂餌時間を短縮して成長を抑えるとともに、脆弱な種ガキを淘汰するものである。このように処理した種ガキは長時間の輸送や環境変化に強い抵抗力を示すとともに、本養殖後は病気に強く、また成長が速いという特長がある。

仙台湾では牡鹿半島西岸を中心に松島湾や万石浦などで種ガキが生産されている。種ガキ生産業が成り立つためには種々の条件が必要とされているが、海況条件としては、産卵期における十分な水温上昇、浮遊幼生を沿岸近くに保持する好適な水塊の存在、さらに付着期まで成長した幼生が沿岸の採苗水域に集積する物理的条件などがそろっていなければならない。カキの生殖巣の発達は生殖細胞の分裂が活発になり始める10℃を基準にした積算水温で見積もることができ、また産卵には水温の急上

昇などの刺激が必要である。しかし、牡鹿半島西岸では母貝群を沖合の養殖漁場に依存しており、気温の上昇に伴う水温の急上昇は表層から上層部にはみられるが、中層、下層の方では期待できなくなっており、降雨や河川水による塩分低下や波浪による上下層の攪拌など、予測の難しい刺激に頼らざるを得なくなっている。さらに幼生が健康に発育するためには沖合を浮遊することが必要であるとされているが、約2週間浮遊するあいだに、全てが無効分散となってしまうずに好適な海水環境に保持され、付着期には沿岸に集積するようなメカニズムが必要になる。

仙台湾におけるカキ養殖業の発展のためには安定した種苗生産が必須の要件であり、これまでの経験に加え、漁場環境のデータによる集積機構の解明が求められている。このため宮城県と海洋科学技術センターは地域共同研究により、漁場環境をモニタリングするシステムの研究開発に取り組むことにしたものである。

3. 海中エレベータによる漁場環境モニタリング

3.1 従来の環境モニタリング

仙台湾は地形的には開放性が高く、河川水、親潮系水、黒潮系水が流入流出し、複雑な海域構造を形成している。このため沿岸域での流れは、時期により場所により一定しておらず、さらには上下層でも流向が異なるなど、何ら規則的なパターンを示しているようには思われない。しかし、このように変化の激しい海況ではあっても、カキが産卵する7～8月には南東と北東の風が交互に吹くことによって、一様ではないにしても、それなりに流れのパターンが現われ、また水温や塩分もこれに伴って変化する。仙台湾奥部の石巻湾は種ガキの好漁場となっていることから、生物には利用可能な何らかのパターンがあり、生態学的には内湾性に近いメカニズムが働いていると考えられる。

仙台湾における水塊の移動やこれに伴う水温・塩分の変動はこの海域の水産生物の分布や生産に大きな影響を与えるため、宮城県水産研究開発センターは従来から調査定点を設けて定線海洋観測を実施してきた。しかし、これらの観測は月1回行われるため、短い時間スケールの変動や水塊流動に関しては把握できていないことが問題点としてあげられてきた。また、マガキ天然採苗の適期を把握するため、親ガキの成熟度調査、浮遊幼生分布調査、試験連付着状況調査を実施し、調査結果は漁業者に養殖通報として提供されてきたが、限られた時間内で調査しなければならないため、流況データの蓄積が少ないということも問題であった。

従来の漁場環境観測システムは最も進んだものでも海中データは2～3層程度であった。もちろんこれ以上の多層でも技術的には可能であるが、層数に比例してセンサー類のコストが高くなるばかりでなく、層によってセンサーが異なることによるデータのばらつきを抑えるためのメンテナンスが問題となってくる。

海中エレベータシステムと類似の海洋観測システムが以前にも提案され、海域性能試験が実施された例がある。Honji et al²⁾は係留索にゴムベルトを圧着させ、これを褶動回転させることにより上昇下降する自動昇降装置を開発し、水深50m程度の海域において約8時間試験観測を実施した。福地ら³⁾は水中ウィンチ方式による自動昇降装置を開発し、東京湾口(水深約800m)において約100mの昇降試験を実施した。また、石丸ら⁴⁾はウィンチシステムを改良した2号機を製作し、相模湾の水深100mにおいて海底設置法の検討と観測を行った。さらに工藤ら⁵⁾はウィンチ方式の海底設置型自動昇降装置を開発し、サロマ湖(水深約10m)において海水発達期の海洋環境と一次生物生産の鉛直変動を時間連続的に観測した。これらの自動昇降装置は良質なデータを提供することができ、今後の海洋学・水産学に応用することが期待できるとされた。しかし、いずれの昇降方式もメカニカルな装置が核心部分となっており、長期間の安定した使用や強い流れに対抗して作動できるかどうか疑問である。その後このような課題に対して研究開発が進められてはいないようである。

3.2 海中エレベータシステム

海中エレベータシステムは計測器を搭載したシャトル

が海底と海面を一定時間毎に上昇下降を繰り返す計測システムである。このとき計測器は各種の環境データを連続的に測定し、陸上基地局に転送してくるので、この地点の海水環境の鉛直分布をリアルタイムでモニターできるとともに、時間的な変化やそのパターンを知ることができる。

この地域共同研究で開発した海中エレベータシステムは従来の技術課題を克服して、まったく新しいコンセプトにより環境データを提供しようとするものである。技術課題を整理すると以下のようになる。

- ①計測機器を搭載したシャトルを上昇下降させるが、海況が厳しくても安定して作動でき、また長期に使用できるよう小型で電力消費の少ないシステムであること。
- ②環境変量の鉛直分布を連続的にとり、これをリアルタイムのモニタリングするためには、大量のデータを短時間で陸上基地局に転送しなければならない。従来はデータ伝送容量が小さかったために、計測項目、計測層数、計測時間が制約されていた。

海中エレベータの第一の課題は流れが強くても、確実に上昇下降させることである。図1に沿岸漁場モニタリングシステムの性能評価試験海域を、また図2に実機として設計製作し、海域性能試験を行ったシステムの全体

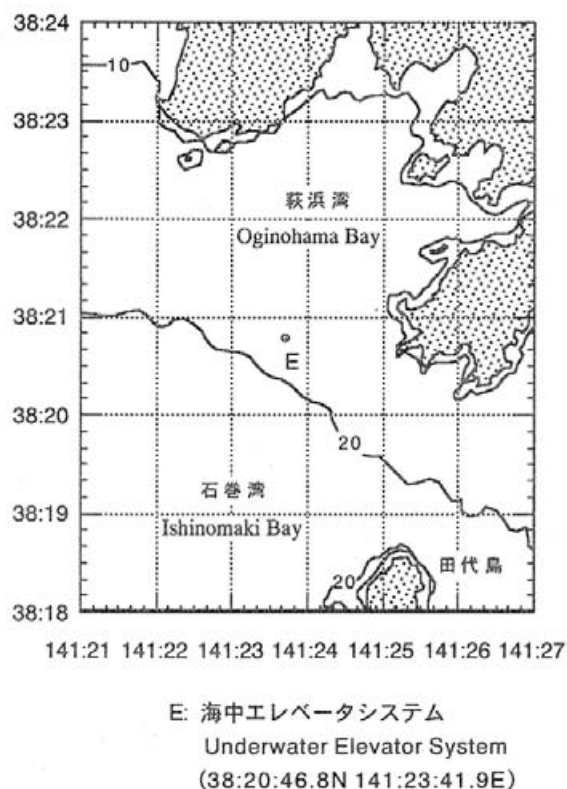
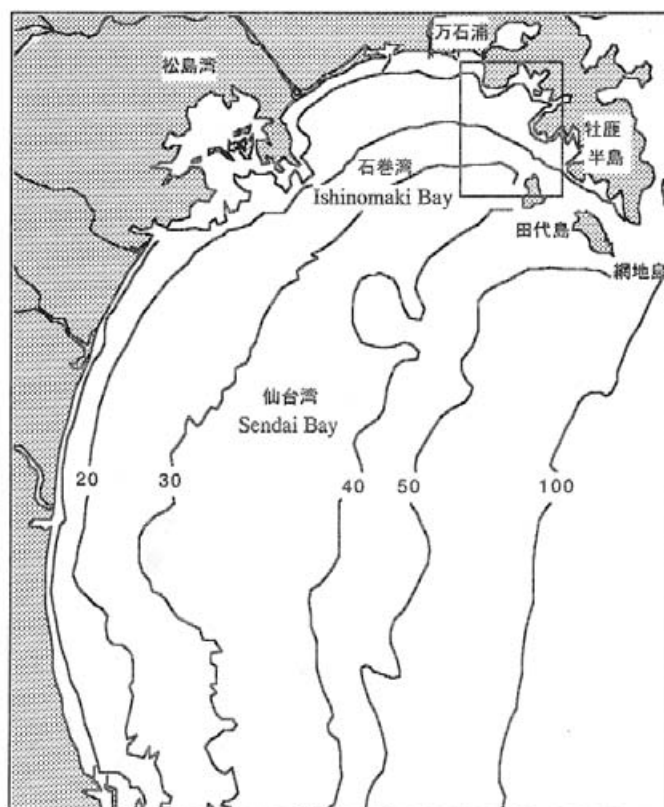


図1 沿岸漁場モニタリングシステムの性能評価試験海域

Fig. 1 Test field of the monitoring system for fisheries environments

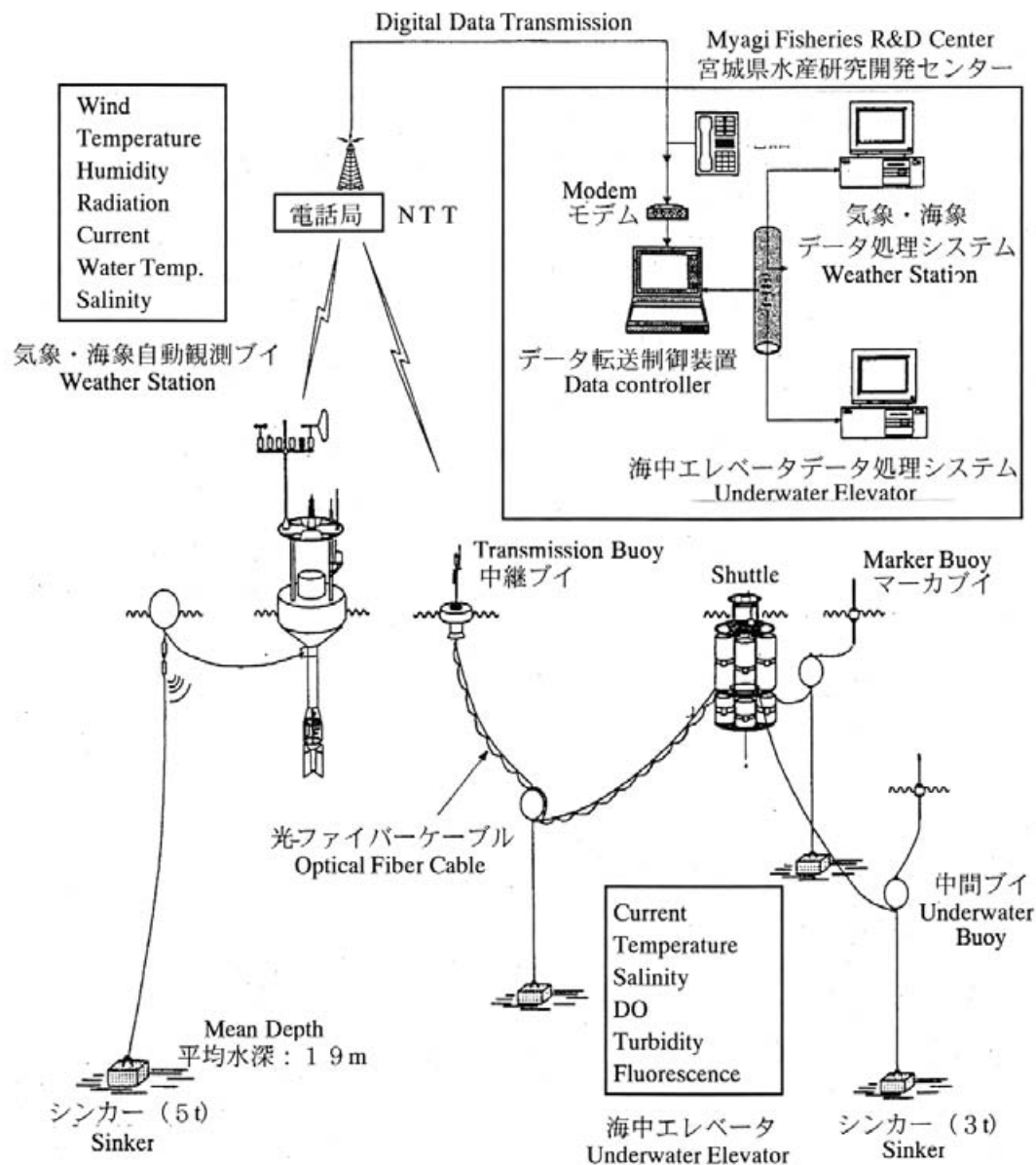


図2 漁場環境をモニタリングする海中エレベータシステムの全体概要図
Fig. 2 Diagram of Underwater Elevator System for monitoring fisheries environments.

概要を示す。この海域は宮城県北部に位置する石巻湾の北東部、牡鹿半島のほぼ中央部に位置する狐崎浜の西南西約2 km、水深約19mの地点である。沿岸漁場モニタリングシステムは、計測センサを搭載したシャトルが一定時間毎に昇降して、水温、塩分、流向流速などを測定する海中エレベータシステム、海中エレベータの近くに設置された気象・海象自動観測ブイ、そしてこれらのデータを収集し解析処理する陸上基地局(宮城県水産研究開発センター)から構成されている。

シャトル(図3)は空中重量が約230kgあり、海中では浮力とバランスしてほぼ中性浮力である。浮力調整器に

はモーターで動くシリンダが3台付いており、合せて3.9kgの正負の浮力(シャトル重量の1.7%)を発生することができ、大きな密度躍層や強い流れに対しても上昇下降することができる。シャトルの係留は3点から水平にロープを張る方式とした。3トンのコンクリートブロックから中間フロートを緊張係留で立上げ、中間深度10mのところから、各30mのロープでシャトルを係留している。水平係留ロープは長い程上昇下降が容易になるが、海域での占有面積を小さくするため、水深の1.5倍とした。この係留方式の利点は、流れの方向が変わっても、どれか一本のロープに張力がかかり、他の2本でシャトル

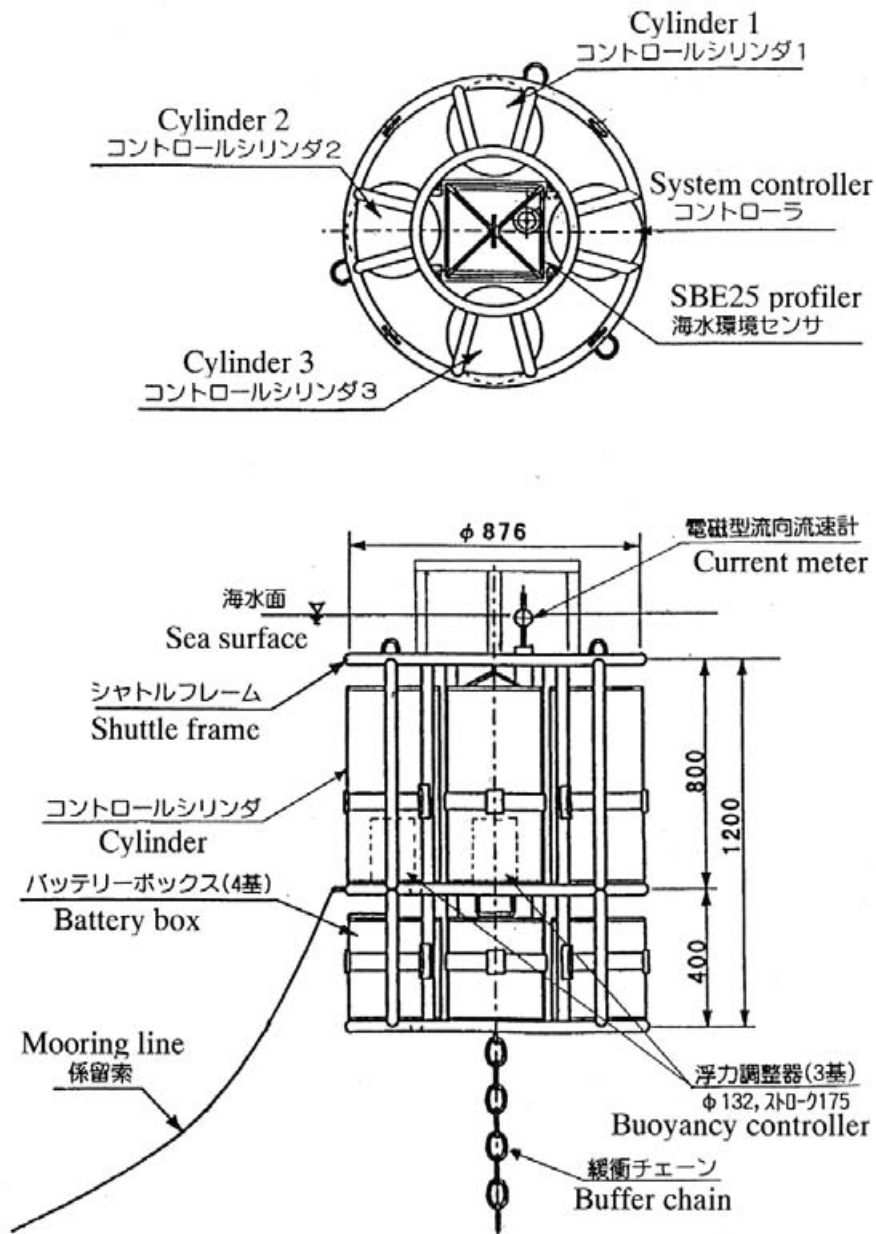


図3 海中エレベータのシャトル外観図
Fig. 3 Shuttle of Underwater Elevator

が振れ回るのを抑えることができることにある。シャトルの下部には緩衝チェーンを吊り下げている。シャトルが下降して、このチェーンの端部が海底に接すると、重量が急速に減じてシャトルは海底すれすれに停止する。

海中エレベータシステムの基本系統図を図4に、また制御のタイムチャートと電力消費の見積りを図5に示す。さらに海中エレベータシステムの動作モードと実測例を図6に示す。シャトルを海底直上で待機させることにより、センサー類への生物付着を極力小さくすることも同時に可能となった。一定時刻になると、シャトルのモーターが回転してシリンダを押し出し、浮力が徐々に

大きくなるにつれて、シャトルは海底をゆっくり離れ上昇を開始する。上昇の速度は流れの強さや密度成層の状況によって異なるが、概ね5～7分で海面に浮上、その後直ちに再下降する。上昇時に環境条件を計測し、下降中に計測データを陸上基地に転送する。海中エレベータシステムの電力消費は1回当たり0.9Ahとなり、38Ahのバッテリーを4台搭載しているので、1時間に1回作動で1週間弱の期間計測が可能である。

海中エレベータの測定項目は水温、塩分、密度、溶存酸素、蛍光光度(クロロフィルa)、濁度、そして流向流速である。表1に海水環境計測センサの仕様をまとめて

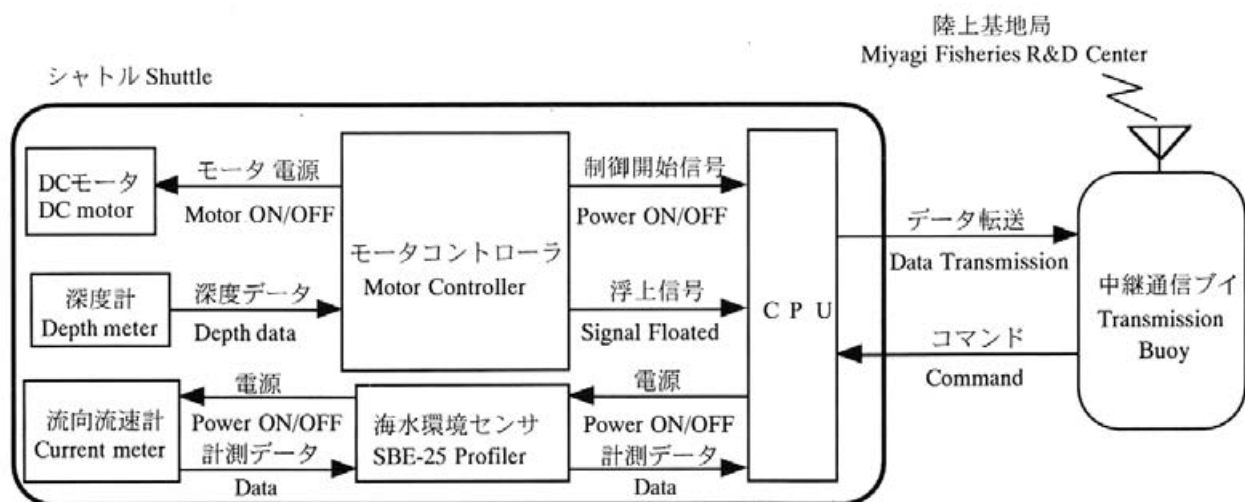


図4 海中エレベータシステムの基本系統図
Fig. 4 System diagram of Underwater Elevator

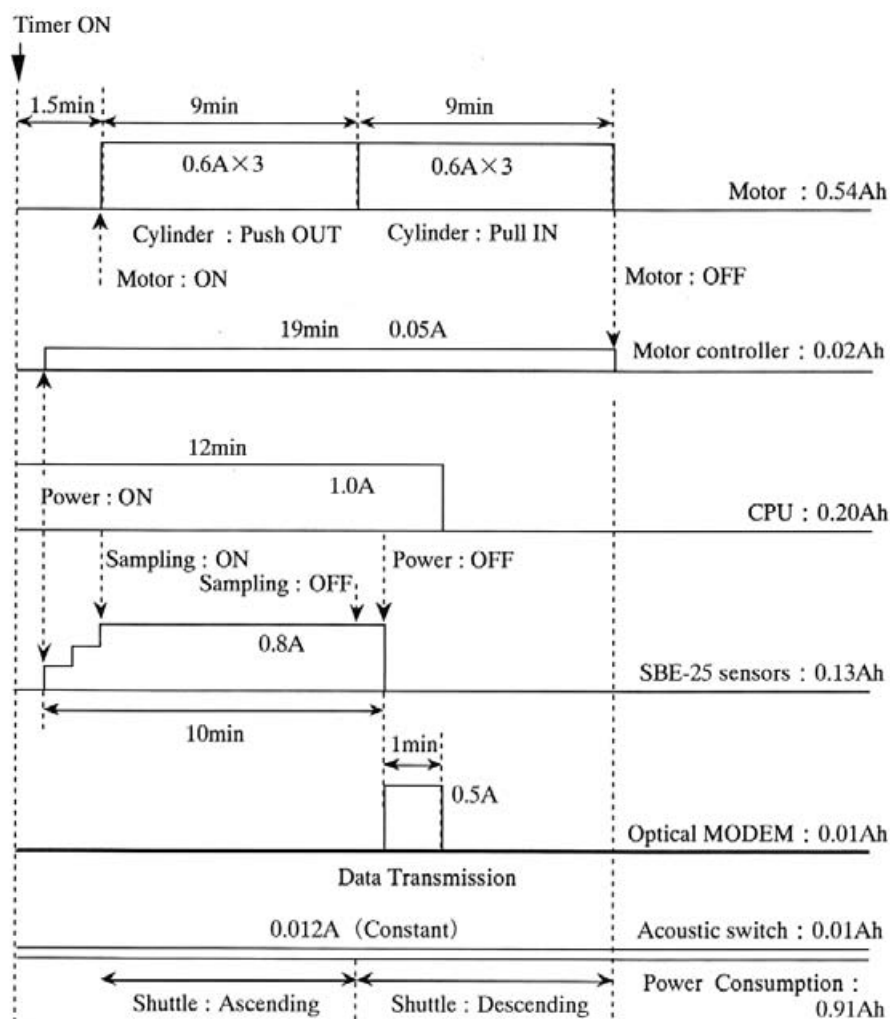


図5 海中エレベータシステムの制御と電力消費
Fig. 5 Controlling schedule and estimated power consumption of Underwater Elevator

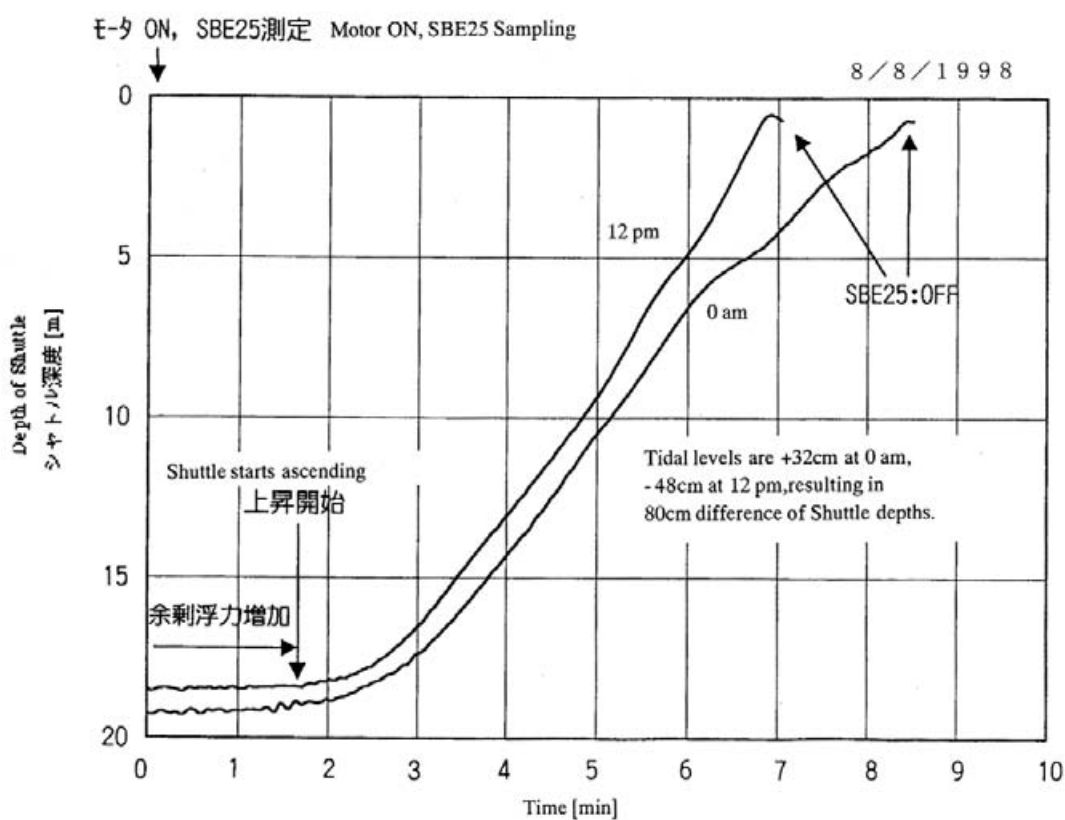
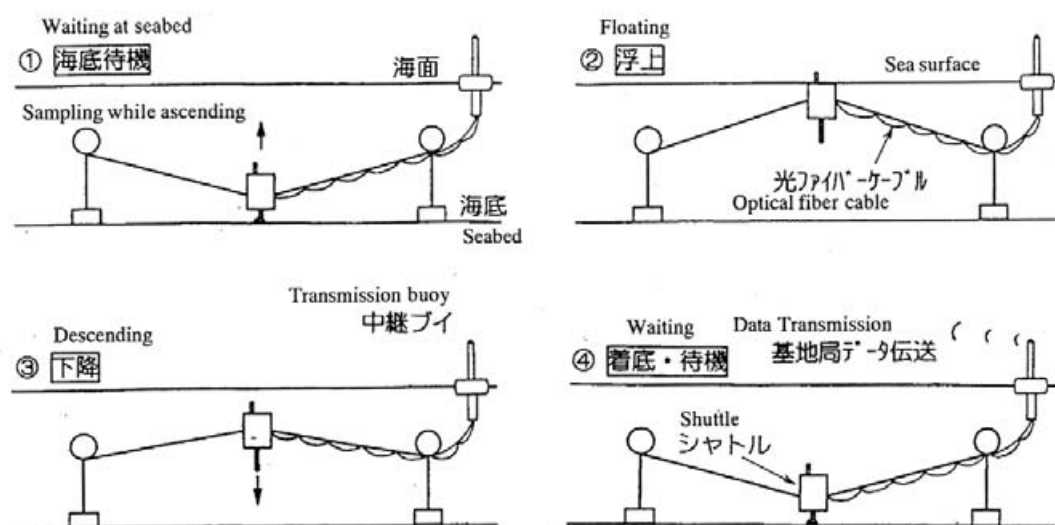


図6 海中エレベータの動作概要図
Fig. 6 Working Mode of Underwater Elevator

表1 海中エレベータシステムの海水環境計測センサの仕様

Table 1 Specifications of SBE25 profiler sensors of Undewater Elevator

計測項目 Items	計測範囲 Range	計測精度 Accuracy	分解能 Resolution	
深 度	0~60 m	±0.25 %	0.015 %	Depth
水 温	-5~35 ℃	±0.004 ℃	0.0003 ℃	Temperature
電 導 度	0~70 mS/m	±0.003 mS/m	0.004 mS/m	Conductivity
溶存酸素	0~15 ml/l	0.1 ml/l	0.01 ml/l	Dissolved Oxygen
蛍光光度	0~30 µg/l	—	—	Fluorescence
濁 度	0~2000 FTU	±2 %FS	—	Turbidity
流向流速	0~60 cm/s	±2 %FS	1 cm/s	Current

表2 気象・海象計測センサの仕様

Table 2 Specifications of sensors of Weather Station

計測項目 Items	計測範囲 Range	計測精度 Accuracy	
風 向	0~360°	±5°	Wind direction
風 速	0.5~60 m/s	±2%, 20cm/s	Wind Velocity
気 温	-44~50 ℃	±1℃	Temperature
日 射	0~200 mW/cm ²	±2 mW/cm ²	Radiation
水 温	-5~35 ℃	±0.004 ℃	Water Temp.
電 導 度	0~70 mS/m	±0.003 mS/m	Conductivity
流 速	0~60 m/s	±2 %FS	Current speed
流 向	0~360°	±2°	Current direction

示す。この海中エレベータシステムではデータ伝送にデジタル携帯電話を利用した。一回の測定で得られるデータ量は約30KBであるが、2分程度で転送できる。デジタル携帯電話を利用するメリットは大量のデータを短時間に送信できることであるが、携帯電話方式は特別な受信設備が不要になるので、電話さえあればどこでもデータを受信し解析処理することができること、またデジタル携帯電話のサービスエリア内ならばどこにでも海中エレベータを設置し、環境モニタリングが可能なことである。陸上基地局のモニター画面には、これら測定項目の鉛直分布が表示されると同時に、各項目の鉛直分布の時間変化や任意深度における時間変化を解析表示させることもできる。

海中エレベータの近くには気象・海象自動観測ブイを設置した。表2に示すように、気象では風向風速、気温、湿度、日射を、また風向の基準となるブイ方位を、さらに海中の深度2.5mの流向流速、水温、塩分を1時間毎に計測し、陸上基地局に転送表示させている。

3.3 海中エレベータシステムによる計測例

海中エレベータによる計測例を図7、図8に示す。また気象・海象観測ブイによる計測例を図9に示す。図7は水温、塩分、密度、溶存酸素、蛍光光度、濁度の等値図である。気温が徐々に上昇するのに伴い、表層2m付近に密度成層が形成されていく。海底と海面の密度差は0.5%程度であり、これによる浮力の減少は約1kgとなり、浮力調節により十分吸収できることが示された。なお、海底付近で正弦状に変動している部分は潮汐変動に伴う水深の変化を表わしており、一部欠測しているところもある。図8は流向流速の鉛直分布の時間変化をスティックダイアグラムで示したものである。(A)は流速ベクトルの向きが上を北向きとし、(B)は右向きを北向きとして表示してある。また一定深度の流速ベクトルの時間変化を(C)に示した。この計測期間中は6時前後の引き潮が強く、湾から流出する流れが全層で観測され、風の影響は5m以浅に現われている。

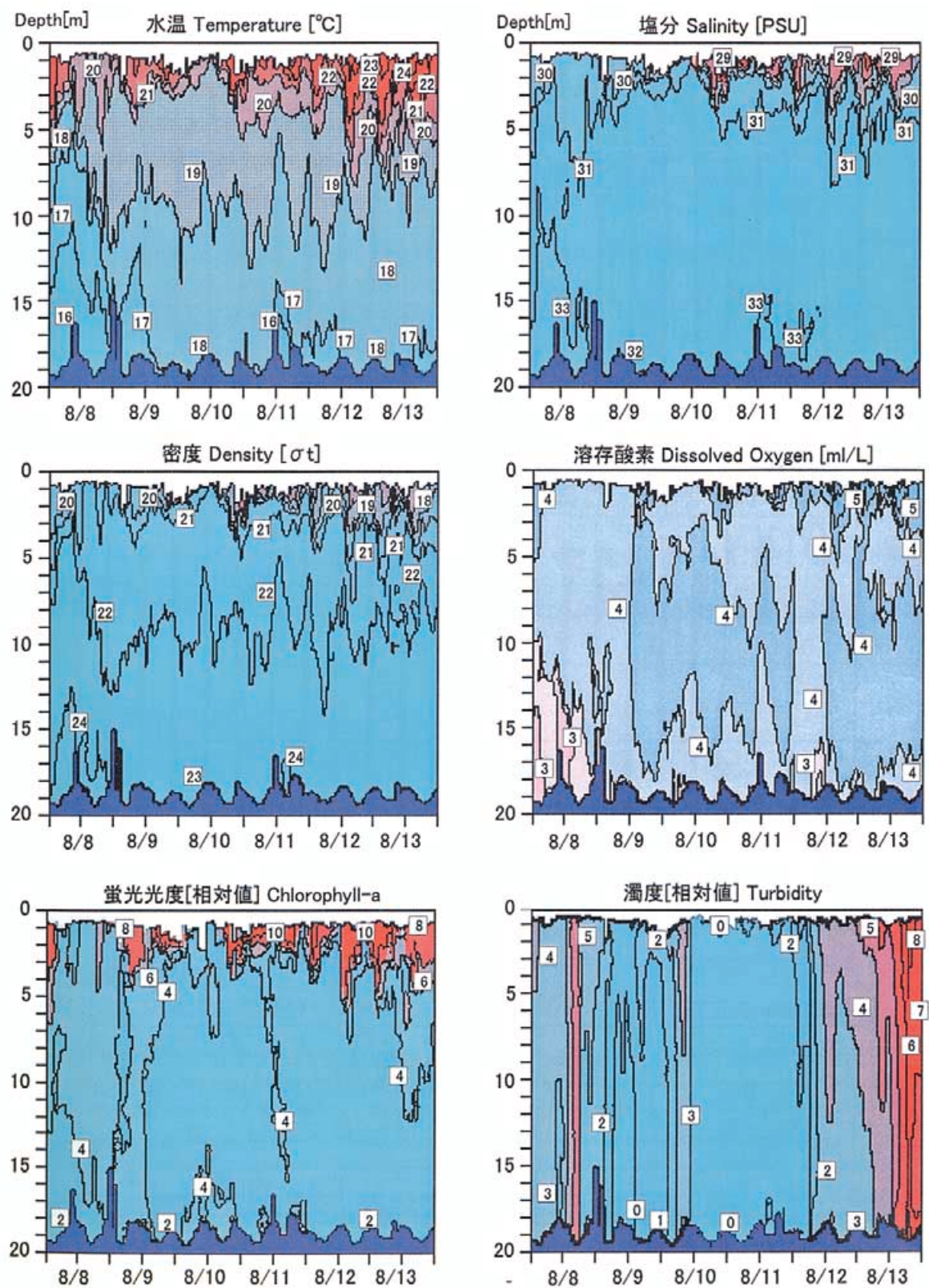


図7 海中エレベータによる観測量の等値図
Fig. 7 Measured data by Underwater Elevator (8/8-8/13,1998)

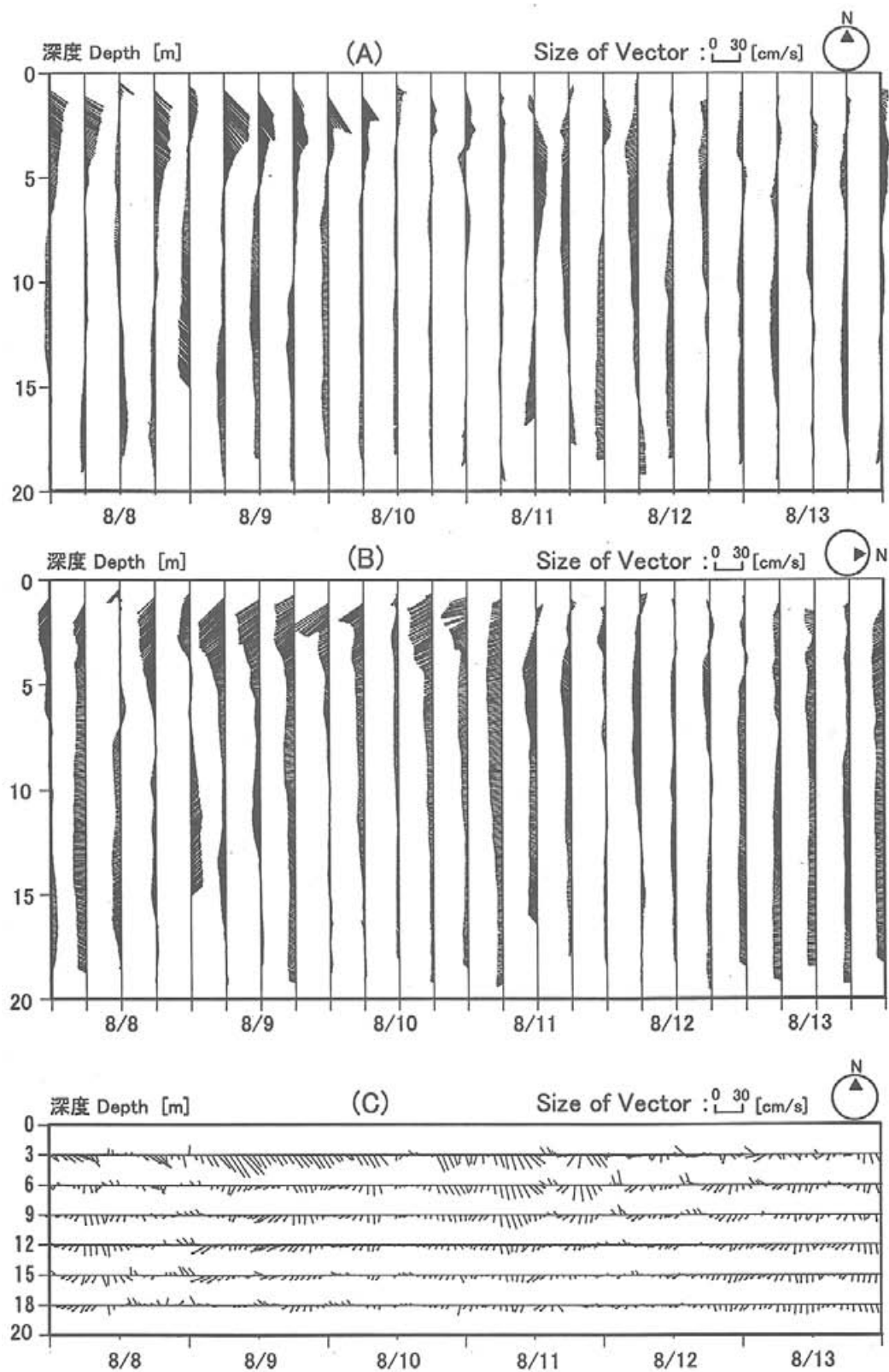


図8 流向流速鉛直分布スティックダイアグラム

Fig. 8 Currents measured by Underwater Elevator (8/8-8/13,1998)

A:Vertical profile,upward for north. B:Vertical profile,upward for west. C:Stick diagram at several depths,upward for north.

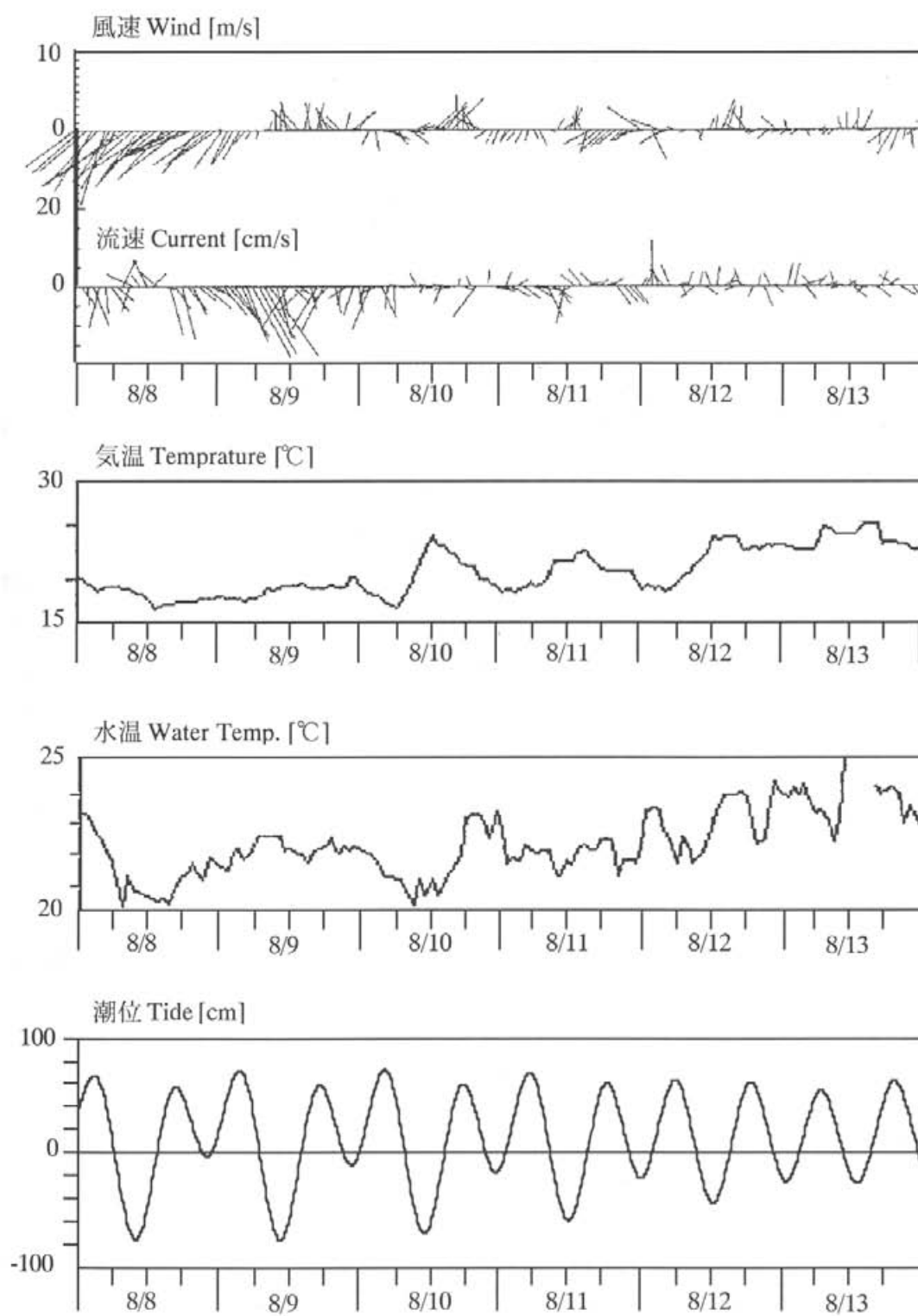


図9 気象海象データ

Fig. 9 Observed data of Weather Station (Tidal level change is calculated)

4. 考察

4.1 海中エレベータシステムの開発経緯

地域共同研究は地域に固有の海洋開発課題を地方自治体と海洋科学技術センターが共同で解決することを目的としており、研究課題ないし対象は地域特性が大きく、また解決手法に開発要素があることが期待されている。これまでも沖縄のサンゴ礁造園技術、三重県の内湾環境改良技術、岩手県の人工海底技術、青森県の藻場造成技術、高知県の深層水利用技術、広島県の海底クリーンシステム、福井県の無人潜水機など、地域の課題に対応する技術開発が進められてきた。宮城県からは平成5年(1993年)に沿岸環境のモニタリング技術の研究開発を進めたいという要望があり、海域として松島湾、仙台湾、女川湾など、研究対象としてカキ養殖、貝毒プランクトン、漁況予測、低酸素水の発生機構など様々な課題が挙げられた。カキ養殖業では健康な種ガキを採苗するために、浮遊する種ガキがどこに集積するかを予測しなければならない。貝毒の発生予測のためには貝毒プランクトンの発生分布、輸送過程を把握することが必要とされた。イワシやサバなど各種の魚類の漁場予測には沖合水と沿岸水との勢力関係を把握しなければならない。これらに共通する課題は、沿岸海水の流れによって物がどのように輸送されていくのかを把握したいというものである。この地域共同では宮城県の重要な水産業の一つであるカキ養殖業の安定化に貢献するために、仙台湾におけるマガキの産卵および浮遊幼生の出現から、移動、分散、集積、付着に至る過程を把握すること、またそのような過程が環境条件とどのように関連しているかを解明することを目的として、海中エレベータシステムの開発に着手したものである。

海中エレベータはセンサーを搭載したシャトルが海面と海底を行ったりきたりしながら、環境条件の鉛直分布を連続的に計測しようとするものである。従来方法では、幾層かのデータをとるためにはその層数だけの計測器が必要となるが、この新しい計測システムではセンサー類が1式あるだけで、連続的な鉛直分布の計測が可能となる。しかも同一センサーならば機差によるデータの誤解釈を避けることができる。しかし、ガイド索に沿って上昇下降するプロトタイプはうまく作動しないことが判明した。流れが強くなるとシャトルがガイド索に押し付けられ、上昇下降するためには流れに逆らわなければならないと、浮力調整だけではパワーが弱

すぎたからである。関連する技術を調べてみたところ上昇下降型の計測システムは今回が始めての試みではなく、過去にもいくつか例があり、しかも同じような問題をかかえていることが分かった。この海中エレベータシステムでは3点の水平係留方式でこの課題を解決することができ、かなり流れがあってもスムーズに上昇下降できることを実証した。

次の課題はデータ処理であった。従来は通信システムが貧弱で、ごく少量の計測データを陸上基地局にテレメトリーする方式が主流であった。数種類の計測項目の連続的な鉛直分布データを1時間毎に転送するためには大容量の通信手段を必要としたが、ちょうどデジタル携帯電話の普及と同時進行で開発することができた。また、コンピュータの市販データ処理ソフトは益々高性能化しており、この点でも時代のインフラを活用できた。しかし、このようにデータ処理が高速化、高性能化されると、これを解釈する人間の側の能力がますます要求されてくるようになってきた。とくに水産業への環境データの活用にはまだまだ残されている課題がたくさんあるように思われる。

4.2 海中エレベータの実用化と開発課題

宮城県との地域共同研究により、沿岸海域の漁場環境をモニタリングするシステムを開発することができた。しかし、この研究開発は世界でも初めての試みであり、コンセプトの実現可能性や細々とした設計パラメータを実海域試験を通して進める必要があった。また、デジタル携帯電話の利用はこのサービスの普及と並行して開発しなければならなかった。このプロジェクトで開発した海中エレベータシステムそれ自体は現時点で必ずしも完全なものではなく、様々なニーズに合わせて開発利用していく余地は十分にあるといえる。この研究開発の成果を将来とも発展させていく方向として、現時点で二つを考えることができる。

一つの方角としては、機能を簡易にしてより一層の小型化と省電力化を図ることである。通信機能を省略しセンサーを一体化させた安価な海中エレベータを多点に配置して学術的な調査研究システムを構築することができる。このような試みの一環として、当センターではミニ海中エレベータを開発し、石巻湾におけるCTDや長崎県大村湾におけるSTDOの鉛直分布を連続的に自動計測することに応用している。図10にSTDO海中エレベータのシャトル外観、表3にセンサ仕様

表3 STDO海中エレベータの計測センサの仕様
Table 3 Specifications of sensors of STDO Underwater Elevator

計測項目 Items	計測範囲 Range	計測精度 Accuracy	分解能 Resolution	
深 度	0~50 m	±0.25 %FS	1 cm	Depth
水 温	0~40 ℃	±0.05 ℃	0.01 ℃	Temperature
伝 導 度	0~70 mS/m	±0.05 mS/m	0.02 mS/m	Conductivity
溶存酸素	0~20 mg/ℓ	0.03 mg/ℓ	0.005 mg/ℓ	Dissolved Oxygen
光 量 子	0~1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$	±5%NBS	--	Quantum

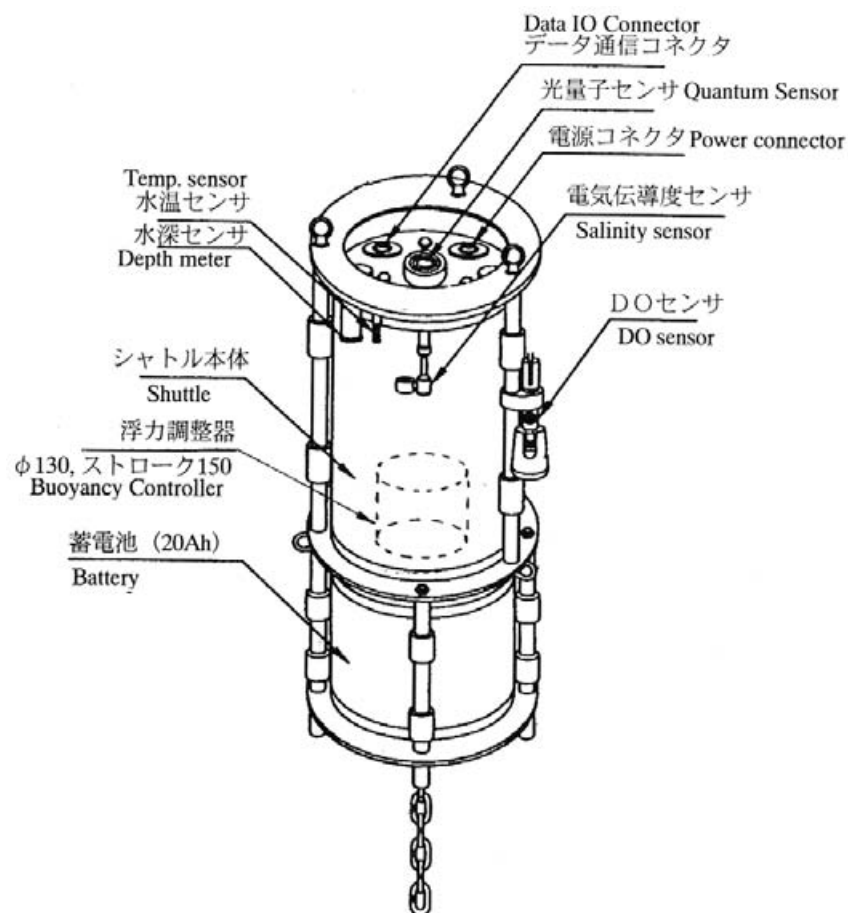


図10 STDO海中エレベータの外観図
Fig.10 STDO Underwater Elevator

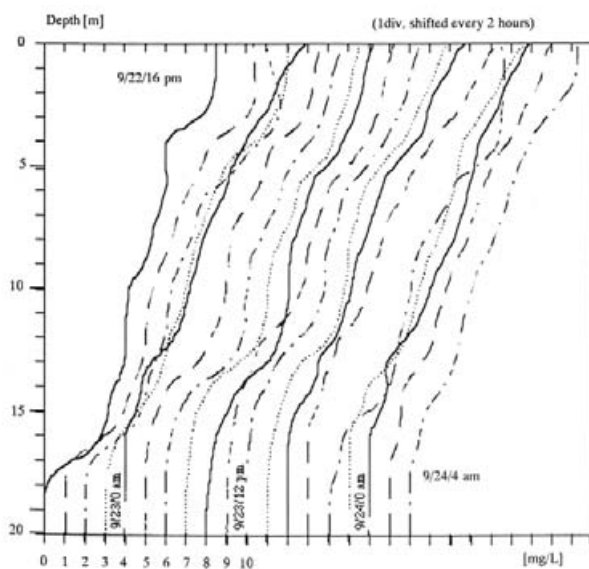


図11 STDO海中エレベータによる計測例(溶存酸素の鉛直分布の時間変化, 大村湾, 平成11年9月22日~24日, 2時間ごとに計測)

Fig.11 Profiles of Dissolved Oxygen measured by STDO Underwater Elevator (Omura Bay, 9/22/16pm~9/24/4am.)

を示す。大村湾では貧酸素水の発生メカニズムの研究が課題となっているため、溶存酸素の鉛直分布の変化を図11に示す。計測は貧酸素水の形成が強くなった9月中旬のものであるが、底層で無酸素層が発達していく様子を観察することができる。このような簡易システムはほぼ商用のレベルに達しており、小型海中エレベータは今後とも一般的に利用されていくことが期待できる。

別の発展方向として、大陸棚をターゲットにした大深度における海中エレベータシステムの研究開発が期待される。図12に大水深型海中エレベータを提案する。この場合には、大水深であるため上昇下降時間を短縮するための工夫が必要であり、浮力調節だけでは実現が難しいと思われる。上昇下降のスピードアップや最適な係留系の研究開発が必要である。今後、衛星利用の携帯電話が利用できるようになれば、この方面におけるモニタリングシステムの実現も容易になる。

気候変動などの大気模現象が沿岸海洋の環境変動をもたらし、海洋生態系がドラスティックに変動してしまうことが危惧されている。地球温暖化などの影響は微妙なバランスの上に成立っている生態系にこそ最初に顕在し

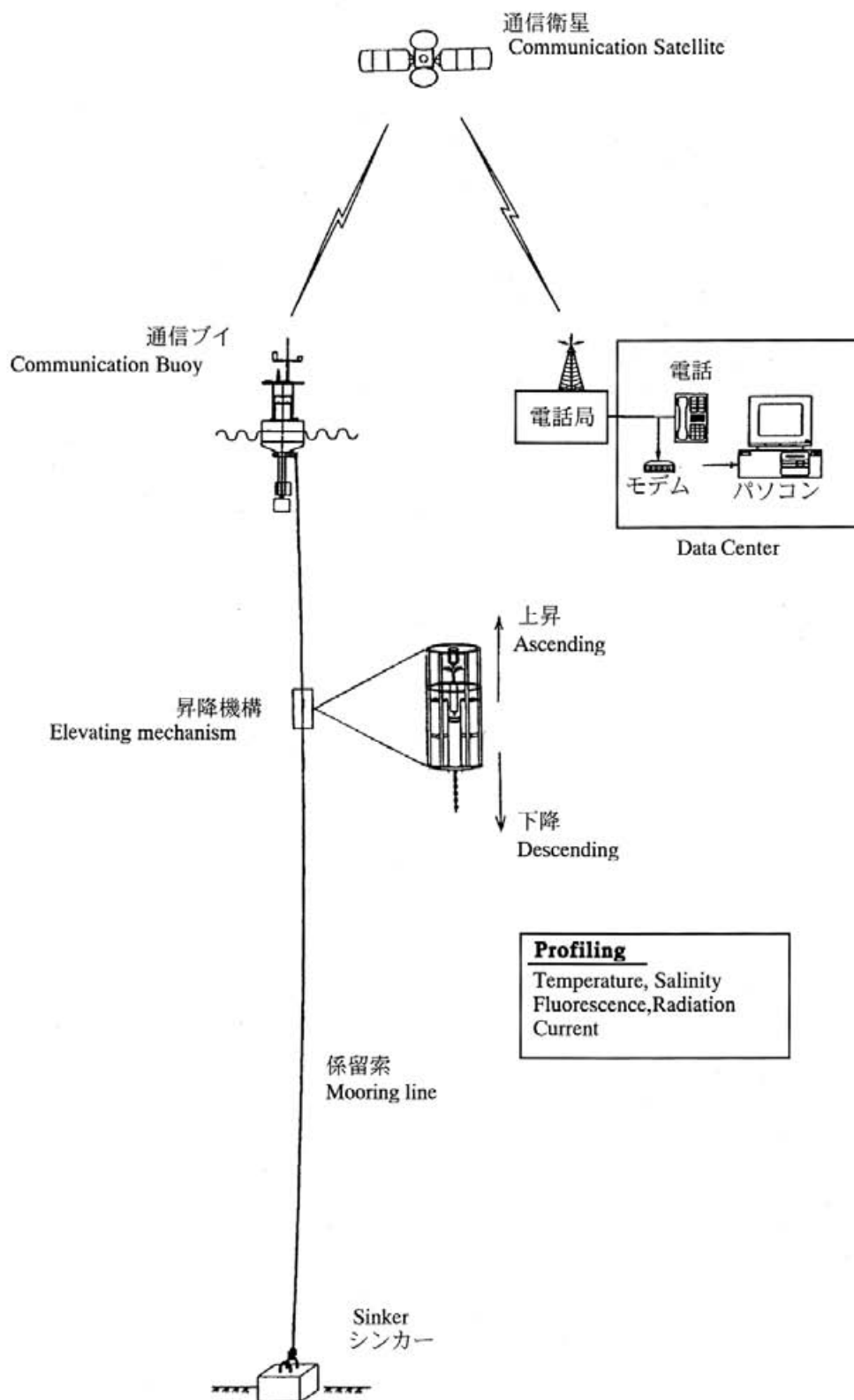


図12 大水深型海中エレベータシステムの概要
Fig.12 Proporsal of Underwater Elevator System for Deep Ocean

てくると考えられる。これをみる眼と聞く耳を常にもっていることが要求されているが、広域の変化は衛星による観測が得意としており、高精度な計測は調査船によって実行できる。定点における鉛直分布の連続モニタリングはこの両者をつなげることが可能とするものであり、海洋観測への海中エレベータ利用が今後の研究開発課題となる。同時に、長期的に安定したセンサー類の開発も求められるようになる。

5. おわりに

海中エレベータシステムは一つの計測器類を上下させることによって海水環境の鉛直分布を測定し、しかもデータ伝送に高速のデジタル携帯電話を利用したのものであり、従来の漁場環境モニタリングシステムに比べ、格段に小型かつ高性能のシステムを実現することができた。しかし大量かつ高精度のデータをどのように処理して沿岸漁業に役立てていくのかということも今後の課題であり、行政、研究機関、漁業者とともに検討していかなければならない。海中エレベータシステムが商用化され広範囲のユーザに活用されること、また大深度海域における海洋環境モニタリングシステムが実用されることを期待したい。

宮城県との地域共同研究では多くの機関の協力を得て進めることができました。宮城県水産林業部、宮城県石巻水産事務所、宮城県水産研究開発センター、(社)宮城

県漁業無線公社、石巻市東部漁業協同組合には多大なご協力を賜りました。また、沿岸漁場モニタリングシステム実用化事業研究会(委員長：菅原義雄石巻専修大学教授)の委員からは適切なご指導をいただきました。ここに付記して関係者各位に心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 工藤君明, "仙台湾の海中エレベータシステムについて", 漁港, **38**(4), 30-34, (1996).
- 2) H.Honji, A.Kaneko and K.Kawatate, "Self-governing profiling system", Continental Shelf Research, **7** (1), 1257-1265 (1987).
- 3) 福地光男, 石丸 隆, 渡部研太郎, 宮崎秀久, "自動昇降式海洋観測システムの開発", 1994年度日本海洋学会秋季大会要旨集, 295-296 (1984).
- 4) 石丸 隆, 福地光男, 川上高志, 中村哲也, 小池義夫, 喜多澤彰, 林敏史, "自動昇降式海洋観測システムの開発-II", 1995年度日本海洋学会秋季大会要旨集, 268-269 (1995)
- 5) 工藤 栄, 福地光男, 谷村 篤, 中村哲也, 川上高志, 藤芳嘉裕, "自動昇降装置を用いた冬季海水発達期の海洋観測 -北海道サロマ湖における試験観測結果-", 1995年度日本海洋学会秋季大会要旨集, 270 (1995)

(原稿受理: 2000年 2 月 7 日)