

# 海底地震総合観測システム

門馬 大和\*1 藤原 法之\*1 岩瀬 良一\*1 川口 勝義\*1 鈴木伸一郎\*1  
海宝 由佳\*1 木下 肇\*1

1995年1月17日の阪神・淡路大地震をきっかけにして、わが国の地震研究体制の見直しが行われ、「地震調査研究推進本部」が総理府に設置された。海洋科学技術センターは、「海底地震総合観測システム」1号機を開発し、1997年3月、高知県室戸岬沖に設置し、南海トラフ周辺の広域地震活動及び海底環境の総合観測に着手した。本システムは、地震計、津波計及びマルチセンサ型海底ステーションからなる「ケーブル型海底観測ステーション」と、任意の場所に設置可能で、1カ月ごとにブイを浮上させてデータモニタの可能な「展開型海底観測ステーション」から構成される。同様なシステムは、日本周辺海域に合計5基設置される予定である。

キーワード：海底地震，海底ステーション，地震計，津波計，室戸沖，南海トラフ

## Comprehensive Seafloor Monitoring System

Hiroyasu MOMMA\*2 Noriyuki FUJIWARA\*2 Katsuyoshi KAWAGUCHI\*2  
Ryoichi IWASE\*2 Shin-ichiro SUZUKI\*2  
Yuka KAIHO\*2 Hajimu KINOSHITA\*2

Although great majority of the earthquakes in Japan occur on the seafloor, seismic network on the seafloor is quite few and insufficient. As a step to increase seafloor seismic network, Comprehensive Seafloor Monitoring System was deployed in Nankai Trough off Cape Muroto in March 1997. The prototype system is a combination of observatories with a cable and without cable. The former system comprises of two seismometers, two Tsunami pressure gauges, seafloor observatory with multiple sensors and 125 km long optical cable. The data are sent in realtime to the land station at Muroto, and they are also transmitted to JAMSTEC in Yokosuka and Meteorological Agency of Japan. The latter system, which could be deployed at any place, comprises of seafloor observatory with multiple sensors and four long-term digital ocean bottom seismometers. The data could be recovered once every month by releasing pop-up buoys to the surface through the satellite. The system with a cable was deployed on the land ward slope of Nankai Trough off Muroto at water depths between 1,286 m and 3,572 m. The system without cable will be deployed 200 km off Muroto in Shikoku Basin at a depth of 4,300 m in early 1998. Five similar systems will be deployed until the year of 2002.

**Key words** : submarine earthquake, seafloor observatory, seismometer, Tsunami gauge, off Muroto, Nankai Trough

\* 1 海洋科学技術センター深海研究部

\* 2 Deep Sea Research Department, JAMSTEC

## 1. はじめに

1995年1月17日の阪神・淡路大地震をきっかけにして、わが国の地震研究体制の見直しが行われた。すなわち、地震による災害から国民の生命、身体そして財産を保護することを目的として、1995年7月に「地震防災対策特別措置法」が制定され、この法律に基づいて「地震調査研究推進本部」が総理府に設置された。この新たな法律は、各省庁や大学及び研究機関で得られた地震観測データを、一元的に気象庁に集約することを義務づけている。これによって、各機関の観測データの重複や不足をなくし、より正確な地震判定が可能になると考えられる。また、この新組織では、わが国周辺海域で発生する巨大地震の観測空白域を埋めること、すなわち海底地震観測網の整備を目標の一つに掲げている。

以上の背景のもとに、海洋科学技術センターでは、1995～96年度にかけて、「海底地震総合観測システム」1号機を開発し、高知県室戸岬沖に設置し、南海トラフ周辺の広域地震活動と、海底環境の総合観測に着手した。同様なシステムは、日本周辺海域に合計5基設置される予定である(図1)。

## 2. わが国の海底地震観測網

最近十数年間に、日本海中部地震(1984年, M 7.7), 北海道南西沖地震(1993年, M 7.8), 北海道東方沖地震(1994年, M 8.1)など、海底に震源を持つ被害地震が発生した。わが国のM 8クラスの巨大地震のほとんどが海底で起きているにもかかわらず、海底の常時地震観測施設は、ごく最近までは気象庁が御前崎沖と房総沖に設置した、ケーブル式海底地震・津波観測システムのみであった。最近になって、海底地震による大きな被害が予想される関東、東海地方を中心として、海底地震観測網が整備されつつある(Kinoshita 1997)。

すなわち、関東では、房総沖の光ケーブル式地震・津波観測システム(1988年, 速度型地震計4台, 津波計3台, 気象庁), 相模湾伊豆東方沖の光ケーブル式地震計(1994年, 加速度型地震計3台, 東京大学地震研究所: 卜部ほか1996), 同じく初島沖の深海底総合観測ステーション(1993年, 海底ステーション及び短周期地震計, 海洋科学技術センター: Momma et al., 1993, 門馬ほか1994), 平塚沖から房総沖に至るケーブル式地震・地殻変動観測システム(1996年, 速度型/加速度型地震計6台, 津波計3台, 防災科学技術研究所: Eguchi et al., 1997)がある。また、二宮から相模湾, 伊豆・小笠原諸島を経てグアム島に至る運用を停止した海底同軸

ケーブル(旧TPC-1)を利用した、広帯域地震等観測施設が1997年に稼動した(広帯域地震計1台, ハイドロフォン1台, 東京大学地震研究所 GeO-TOC 計画: 笠原ほか1996, Kasahara et al., 1995, 1997)。

東海地方には、御前崎沖にわが国初のケーブル式地震・津波観測システム(1978年, 速度型地震計4台, 津波計1台, 気象庁)がある。また、東北地方では、磐城沖(1995年, 速度型地震計1台, 東北大学), 1996年に釜石沖日本海溝に光ケーブル式海底地震・津波観測システム(加速度型地震計3台, 津波計2台, 東京大学地震研究所: 金澤1996, Kanazawa et al., 1997)が設置された。南西諸島方面では、運用を停止した沖縄ーグアム間海底同軸ケーブル(旧TPC-2)を利用した多目的観測網が1998年3月に構築される予定である(科学技術庁 VENUS 計画: Kasahara et al., 1995, 笠原ほか1996)。

以上のように、海底の地震観測網も着々と整備または予定されているが、関西、四国、九州方面の太平洋岸や日本海側には、今の所全く海底観測網が存在しない。室戸岬沖から潮岬沖にかけての南海トラフでは、1944年(東南海地震: M 7.9)と1946年(南海地震: M 8.0)のように、相次いで巨大地震が発生し、陸上でも大きな被害を受けている。歴史的にも、潮岬沖から室戸岬沖にかけての海域で、100～150年周期で巨大地震が繰り返し発生している。このような理由から、高知県室戸岬沖に「海底地震総合観測システム」1号機を構築することになった(Momma et al., 1996, 1997)。本システムは、四国、関西方面の海側の観測空白域を埋める役割を担っている。

## 3. 「海底地震総合観測システム」1号機の基本構想と全体システムの概要

「海底地震総合観測システム」は、わが国周辺海域において、今後巨大地震が発生する可能性が高く、定常観測の行われていない海域(観測空白域)において、海底地震観測を主体とした総合観測を行うことを目的としたものである。本システムは、地震計, 津波計及びマルチセンサ型海底ステーションからなる「ケーブル型海底観測ステーション」と、任意の場所に設置可能で、1カ月毎にブイを浮上させてデータモニタの可能な「展開型海底観測ステーション」から構成される。

「海底地震総合観測システム」1号機は、室戸岬沖南海トラフ周辺海域の広域地震, 津波等の海底変動や深海環境を、リアルタイムで観測することを目的としてい

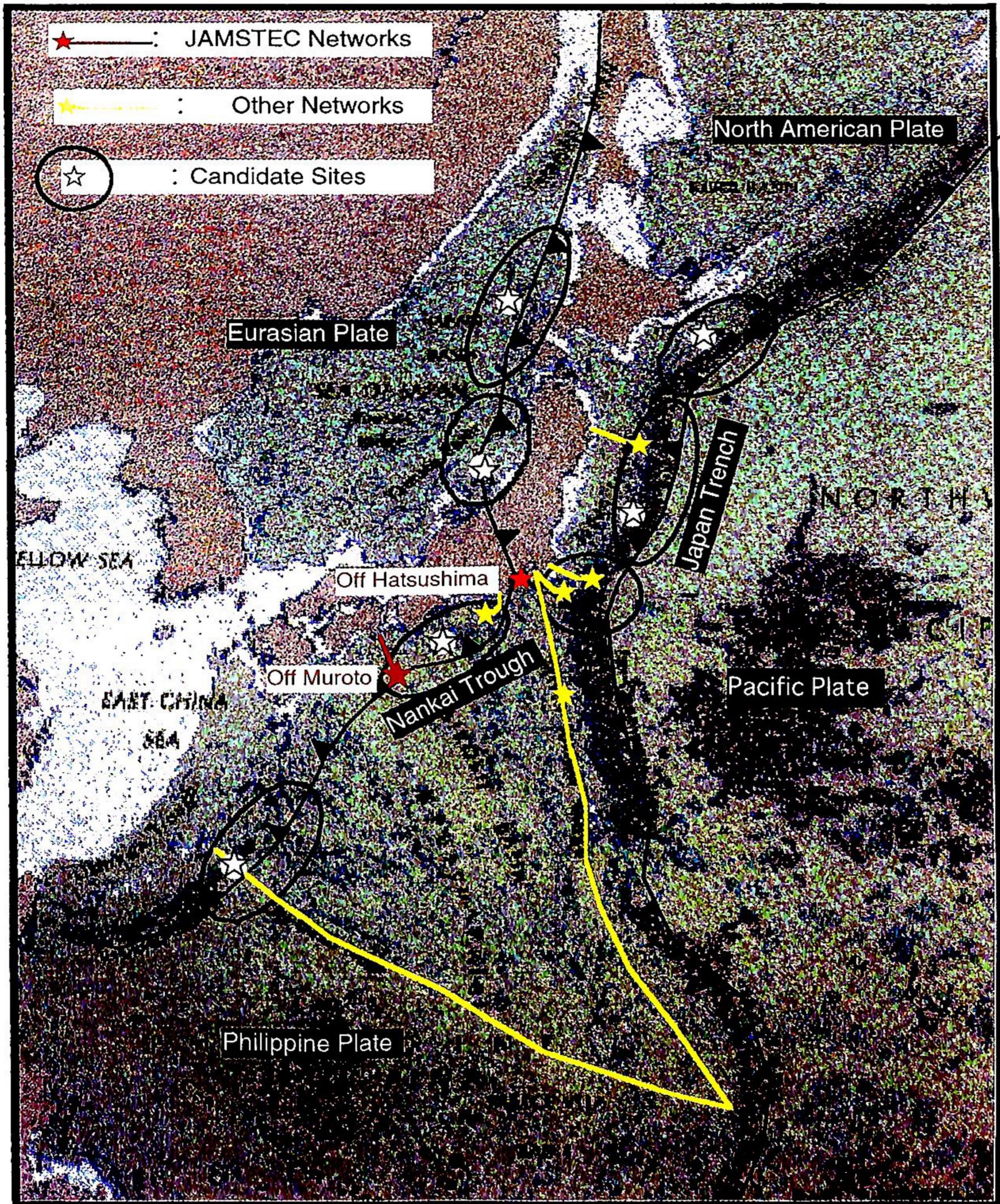


図 1 日本周辺のプレート境界と観測候補海域

Fig. 1 Plate boundary map around Japan and candidate sites for seafloor seismic networks.

る。この目的には、陸上から南海トラフを経て四国海盆に至る、全長 200 km 以上のケーブルが必要である。しかし、経費的に、このような大規模な観測システムを構

築することは不可能であった。そこで、陸上から南海トラフ陸側斜面に至る海域については、リアルタイム観測の可能な「ケーブル型海底観測ステーション」を、南海

トラフのさらに海側（四国海盆）については、定期的に（毎月1回）観測データのモニタが可能な「展開型海底観測ステーション」を設置し、両者をあわせて室戸沖南海トラフの広域地震活動と深海環境を把握することにした（図2：全体システム概念図）。

地震計や津波計は、海底下で変動が発生した後の変化を検出できる。しかし、生物活動の変化を含む変動の前兆現象や、斜面崩壊による懸濁物の増加などを捉えることは不可能である。初島沖の「深海底総合観測ステーション」によって、群発地震に伴う地中温度の複雑な変化や、地滑りによる濁りの発生が捉えられた。これらは、マルチセンサによる長期連続観測のたまものである。以上のことから、地震計と津波計は、気象庁、大学及び防災科学技術研究所のケーブル式地震・津波観測システムで実績のあるものを用いることとしたが、初島沖の経験をもとに、以下の機能を付加した。

(1) ビデオカメラ、ハイドロフォン、地中温度計、CTD、流向流速計等のマルチセンサを搭載した、初島型の「先端観測ステーション」を有する。

(2) ケーブルで接続されていないが、任意の場所に設

置可能で、一定の時間遅れでデータのモニタが可能な、「展開型海底観測ステーション」を有する。

(3) 一部の機器（地中温度計やハイドロフォンなど）は、潜水船やROVで取り出して、海底に直接設置できる。

「ケーブル型」は、全長約120 kmの通信用6芯海底光ケーブルを敷設し、約70 km地点には、海底地震計及び津波計、約100 km地点には、海底地震計、津波計のほか、ビデオカメラ、地中温度計、CTD、流向流速計等の観測機器からなる先端観測ステーションを設置する。「展開型」は、室戸岬のさらに沖合約200 kmの四国海盆（水深約4,300 m）に、地震計を含む「ケーブル型」と同様なセンサを搭載したマザーステーションと、その周辺に設置される4基のサテライトステーション（自己浮上型長期記録デジタル海底地震計）からなり、1カ月毎にマザーステーションからブイを浮上させ、衛星経由でデータをモニターするものである。「展開型」は、リアルタイムのデータは得られないが、任意の地点に展開して観測可能である。

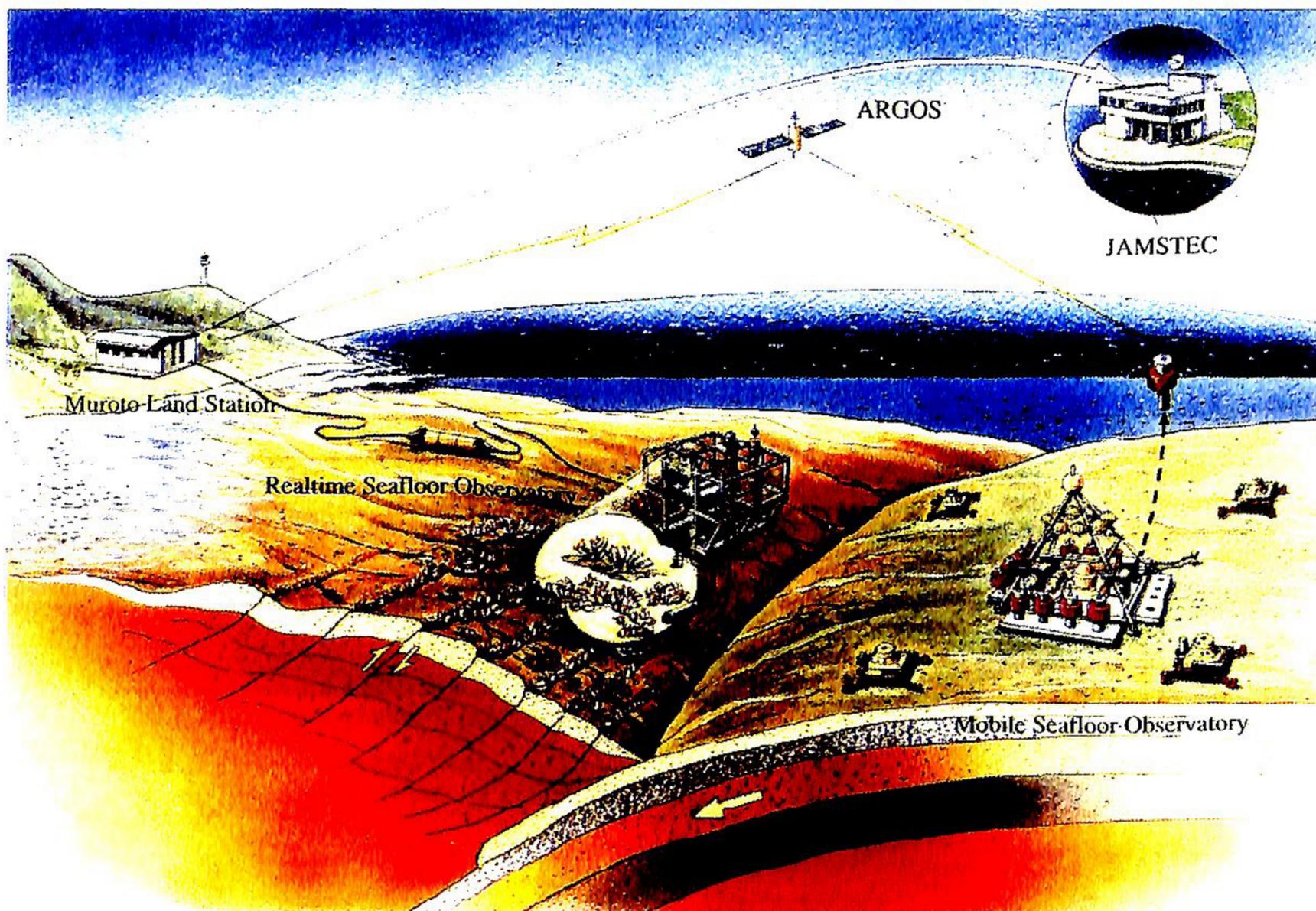


図2 「海底地震総合観測システム」概念図

Fig. 2 General image of Comprehensive Seafloor Monitoring System.

#### 4. 「ケーブル型海底観測ステーション」

「ケーブル型」については、藤原ほか（本号）に詳述されているので、以下にその概略を述べる。

「ケーブル型」は、陸上局（室戸及び横須賀）、地震計（2台）、津波計（2台）、先端観測ステーション及び全長約120 kmの光海底ケーブルから構成される。海底ケーブルは、高知県室戸市「高知県海洋深層水研究所」敷地内から深層水取水管に沿って東に向かって敷設され、水深約1,000 mの佐喜浜海底谷から南下し、約70 km地点の天海海丘（水深1,200~1,500 m台）に地震計と津波計が設置される。さらに南下して、第一南室戸海丘（水深2,100~2,300 m台）には地震計と津波計が、そして、同海丘の南東斜面（水深3,500 m台）には先端観測ステーションが設置される（図2ケーブルルート参照）。地震計は、3成分サーボ型加速度計（航空機用）を使用し、低感度で2~3 G、高感度で0.003 G以下の感度を持っている。測定周波数帯域は低感度でDC~200 Hz、高感度で0.05~200 Hzである。また、津波計の測定精度は、水深4,000 mで±7 cm（分解能5 mm）である。これらは、気象庁、東京大学地震研究所及び科学技術庁防災科学技術研究所の海底地震計や津波計で既に実績のあるものを採用している。先端観測ステーションは、海洋科学技術センターが相模湾初島沖に設置した「深海底総合観測ステーション」（Momma et al., 1993, 門馬ほか1994）を基本にしたもので、首振りビデオカメラ、水中ライト（100 W ハロゲンランプ6灯：同時に3灯使用可能）、地中温度計（2台）、ハイドロフォン、CTD（導電率・水温・深度計）、流向流速計、ADCP（ドップラ層別流速計）がセンサとして搭載される。本システムの主要部である、地震計、津波計及び伝送装置筐体には、海底ケーブル通信システムの海底中継器で永年実績のあるペリリウム銅を用い、先端ステーションの機器には、チタンやチタン合金を使用した。「ケーブル型」は、いったん海底に敷設すると機器の交換や保守が困難であることから、主な水中機器のMTBFを10年以上として長期信頼性を確保している。

初島沖のステーションと同様に、地中温度計（2台）とハイドロフォンは、先端ステーションの設置後に、潜水船等によって取り出して、海底に直接設置可能である。また、新たな試みとして、水中ライト3灯には、故障した場合にROVなどで交換ができるように、水中で着脱可能なコネクタ（ROVコネクタ）を使用している。本システムのブロック図及び機器の仕様を図3及び表1に示す。先端観測ステーションを、シロウリガ

は、海洋科学技術センターが相模湾初島沖に設置した「深海底総合観測ステーション」（Momma et al., 1993, 門馬ほか1994）を基本にしたもので、首振りビデオカメラ、水中ライト（100 W ハロゲンランプ6灯：同時に3灯使用可能）、地中温度計（2台）、ハイドロフォン、CTD（導電率・水温・深度計）、流向流速計、ADCP（ドップラ層別流速計）がセンサとして搭載される。本システムの主要部である、地震計、津波計及び伝送装置筐体には、海底ケーブル通信システムの海底中継器で永年実績のあるペリリウム銅を用い、先端ステーションの機器には、チタンやチタン合金を使用した。「ケーブル型」は、いったん海底に敷設すると機器の交換や保守が困難であることから、主な水中機器のMTBFを10年以上として長期信頼性を確保している。

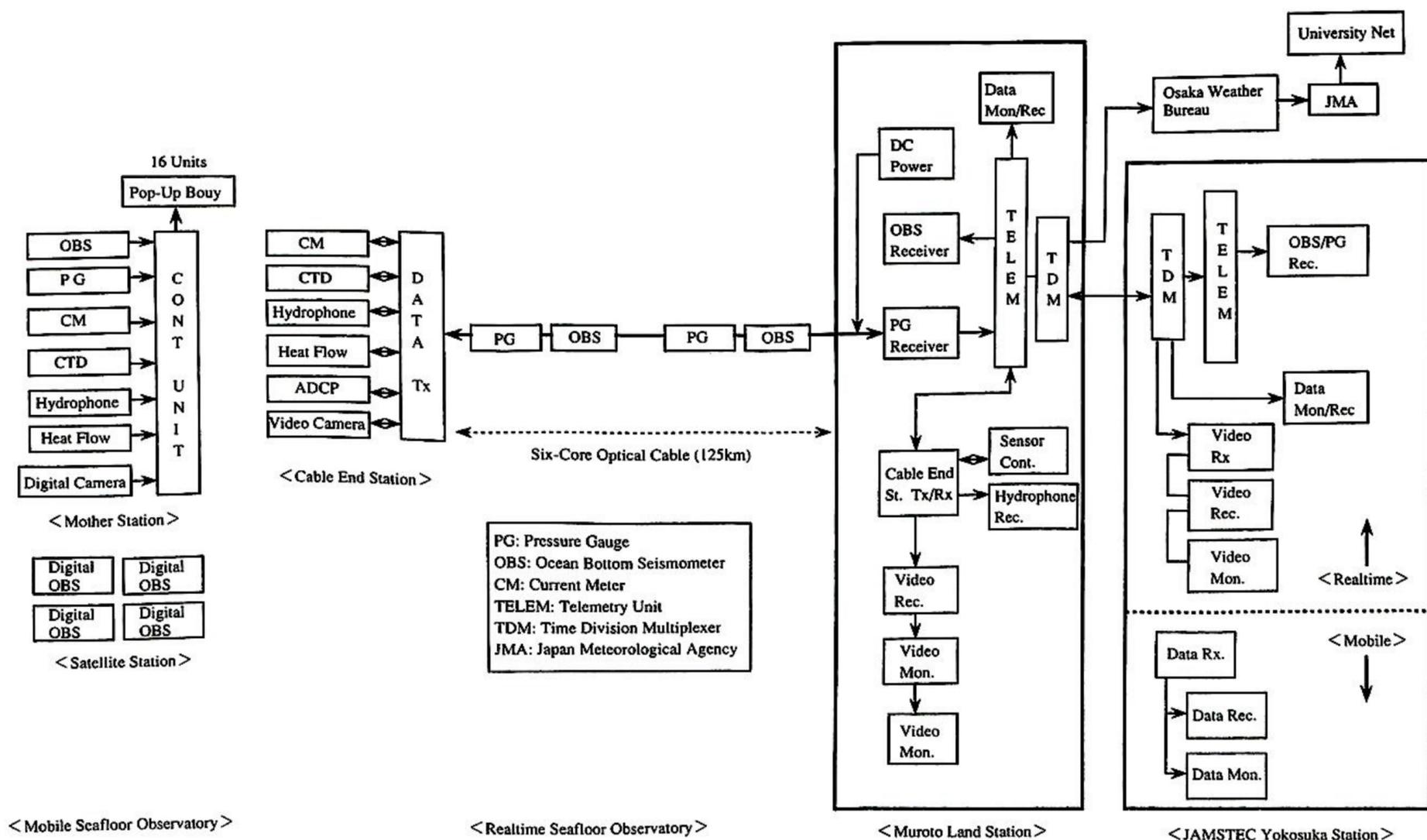


図3 「海底地震総合観測システム」システムブロック図  
Fig. 3 System block diagram of the Comprehensive Seafloor Monitoring System.

表 1 「ケーブル型海底観測ステーション」に搭載されたセンサの仕様  
Table 1 Specification of sensors installed with the Realtime Seafloor Observatory.

Seismometer NEC	Sensor (JAE JA-5)	Three-component Accelerometer x 2		
	Range	Low $\pm 3$ G, High $\pm 3.33$ mG		
	Frequency Band Width	Low DC~200 Hz, High 0.05~200 Hz		
	Sampling Frequency	8 kHz/ch		
	A/D Converter	18 bits		
Tsunami Pressure Gauge NEC	Sensor (COM 2813E)	Quartz Crystal x 2		
	Output Frequency	~20 kHz		
	Range	300 m~4000 m		
	Sensitivity	2 Hz/m		
	Accuracy	$\pm 7$ cm		
	Resolution	5 mm		
Hydrophone ITC-1010A	Frequency Band Width	4 Hz~4 kHz		
	Frequency Characteristic	$\pm 0.5$ dB		
	Directivity	Omni-directional		
	Sensitivity	-189 dB		
Heat Flow Temperature Probe Nichiyo Giken Kogyo MA 327000/332000	Sensor	Four-thermistor Temperature Sensor x 2		
	Range	-10~50 degree C		
	Accuracy	$\pm 0.05$ degree C		
	Resolution	0.005 degree C		
Electro-magnetic Current Meter Interocean S4D		Current Direction		Current Velocity
	Range	0~100 cm/s		0~360 degree
	Accuracy	2% FS		$\pm 2$ degree
	Resolution	0.06 cm/s		0.5 degree
CTD Sea-Bird SBE 9plus		Conductivity	Temperature	Depth
	Range	0~70 mmho/cm	-5~+35 degree C	10500 m
	Accuracy	0.003 mmho/cm	0.001 degree C	0.015 %FS
	Resolution	0.0004 mmho/cm	0.0002 degree C	0.001 %FS
ADCP RD S/N1505	Profile Range	Low Power: 230m, High Power: 300m		
	Max. Cell Number	128		
	Range	$\pm 10$ m/s		
	Accuracy	Low: 10cm/s, High: 1cm/s		
Video Camera JVC KY-F32  Pan & Tilt Unit STENMAR No.1001	Camera	1/2" Interline 3-CCD		
	Focus & Zoom	Remote Control		
	Resolution	750 TV lines		
	Minimum Luminous Intensity	6 lux		
	Pan & Tilt	Pan:320 degree, Tilt:150 degree		
Underwater Light DEEPSEA MC-120/100	Halogen lamp	100W x 6		

イ群集内に設置するため、ロングベースライン音響測位によって誘導すると共に、ステーション本体のビデオカメラで海底を観察しながら、最終着底地点を決定できるようにした。

海底ケーブルは、通信用光海底ケーブルを使用し、給電線と6芯光ケーブル(1.55 $\mu$ m帯)からなり、水深20m以浅では2重鎧装(DA)ケーブル、水深1,000

mまでは1重鎧装(SAM及びSAL)ケーブル、水深1,000m以深では無鎧装(LW及びHT)ケーブルを使用した。光ケーブルは、地震計2基に各1本、津波計2基に各1本、海底ステーションに1本、制御信号に1本、合計6本を割り当てた。

室戸陸上局から水中機器には、直流550~850V(マイナス給電)、1.1Aの定電流が供給され、先端ステー

ションにおいてシーアースにより海水に接地され、電流の帰路を形成する。

室戸陸上局の局舎は、高知県海洋深層水研究所敷地内に建設され、地震、台風等による強風 (60 m/s 以上) 及び塩害に耐えるような強度と構造を持っている。当然ながら、局社内のすべての観測機器は、地震で倒れたり落下しないように固定してある。また、主要な機器については、短時間 (2 時間以内) の停電に備えて、無停電電源装置が接続されている。

各観測データは、室戸陸上局において表示記録されると共に、ハイドロフォン以外のデータは、専用デジタル回線 (64 kbps) で海洋科学技術センターに転送される。また、地震・津波データは、1997 年秋までに、室戸陸上局から大阪管区气象台経由で気象庁に送られ、陸上の観測データとあわせて地震の判定に利用される。

### 5. 「展開型海底観測ステーション」

「展開型海底観測ステーション」とは、従来、当センターにおいて「ブイ・衛星型長期観測ステーション」として基礎研究を行ってきた長期観測の一手法である (Momma et al., 1992)。すべての観測にとって、長期かつリアルタイムの観測が理想であり、これは「ケーブル型」によって可能であるが、ケーブルとその敷設経費が膨大になるので、常に実現できるわけではない。一方、「自己記録型」は安価であるが、観測が終了しないとデータが回収できないという弱点がある。そこで、両者の中間的な方法として、間歇的 (一定間隔) にデータのモニター及び回収可能な方法が必要である。これには、海面にブイを置き、海底の観測データを衛星経由で陸上に伝送する方式や、今回採用した自動浮上ブイによる衛星経由のデータ伝送方式などが考えられる。前者は、海象の厳しい日本近海で、終年にわたって海面ブイを維持するための技術開発が必要であり、後者は、回収データの制限や、自動浮上ブイのコストの問題がある。さいわい、1 号機の敷設海域では、漁船に依頼して、ブイを回収できる見通しが得られた。以上のことから、「ケーブル型」のさらに沖合に設置し、観測の広域化をはかる手段として、自動浮上ブイ・衛星経由データ伝送方式の観測システムを採用した。

「展開型」は、初島沖のステーションと同様なマルチセンサ型のマザーステーションと、長期記録型デジタル海底地震計 4 台からなるサテライトステーションで構成される。マザーステーションには、短周期地震計、津波計、電子カメラ、ストロボ、地中温度計 (2 台)、ハ

イドロフォン、CTD、電磁流向流速計等が搭載される (図 4 システムブロック図、写真 1 装置全景参照)。マザーステーションの観測データは、本体の主記憶装置に収録されると共に、約 1 MB に間引き、圧縮されたデータを自動浮上ブイに転送し、1 カ月間隔で自動浮上ブイを海面に浮上させ、アルゴス衛星経由で陸上局に伝送する。自動浮上ブイは、陸から非常に離れている場合は使い捨てにせざるをえないが、室戸沖の場合は陸岸から約 200 km 程度であり、近海マグロまたはカツオ漁船に依頼して、浮上後に回収する予定である。これによって、ブイのコストの問題が解消される。データの回収は、1 カ月ごとの定期以外に、緊急時等に現場に船がいる場合には、音響指令によってブイを浮上させ、データを回収することができる。このため、自動浮上ブイは予備を含めて 16 個搭載されているが、1 年毎にマザーステーションを回収し、主記憶装置 (ハードディスク) のデータ回収、自動浮上ブイの補充、電池の交換、機器の保守等を行って再設置する。

当初、自動浮上ブイのデータを、インマルサット C で伝送する予定であったが、アルゴスに変更した。これは、インマルサット C は、通信を目的とした衛星のため、違法電波の発射を防止するためにブイの回収を義務づけられているが、台風や回収船の都合によっては、必ずしも回収できない場合があり得るためである。インマルサット C は、データ伝送速度が 1,200 bps, 1 回の伝送量が 32 kB で、1 カ月分の観測データを 1 MB に間引き圧縮して伝送する予定であったが、アルゴスへの変更に伴って、データ伝送速度が 400 bps, 1 回の伝送量が 256 bit に減少したため、データの回収はブイそのものの回収によることとし、アルゴスデータは、観測データのモニターと、回収船への位置情報の提供に役割を変更した。

ハードディスクの容量には制限があるため、マザーステーションの地震データは、連続記録ではなく、イベントトリガ方式で記録することとした。1996 年に行ったサテライトステーションと同型の地震計で、第一南室戸海丘の麓 (水深約 3,600 m) で行った約 1.5 カ月の連続地震観測によると、本海域で検出された地震の件数は、1 日当たり約 30 回であった。さらに 100 km 南方の四国海盆では、地震の件数はもっと少ないと思われるが、マザーステーションの 1 カ月間の想定地震件数は 1,000 回とした。地震計のイベントトリガについては、今後実海域の観測を通じて最適のレベル (閾値) に調整する必要がある。マザーステーションには、データ収録

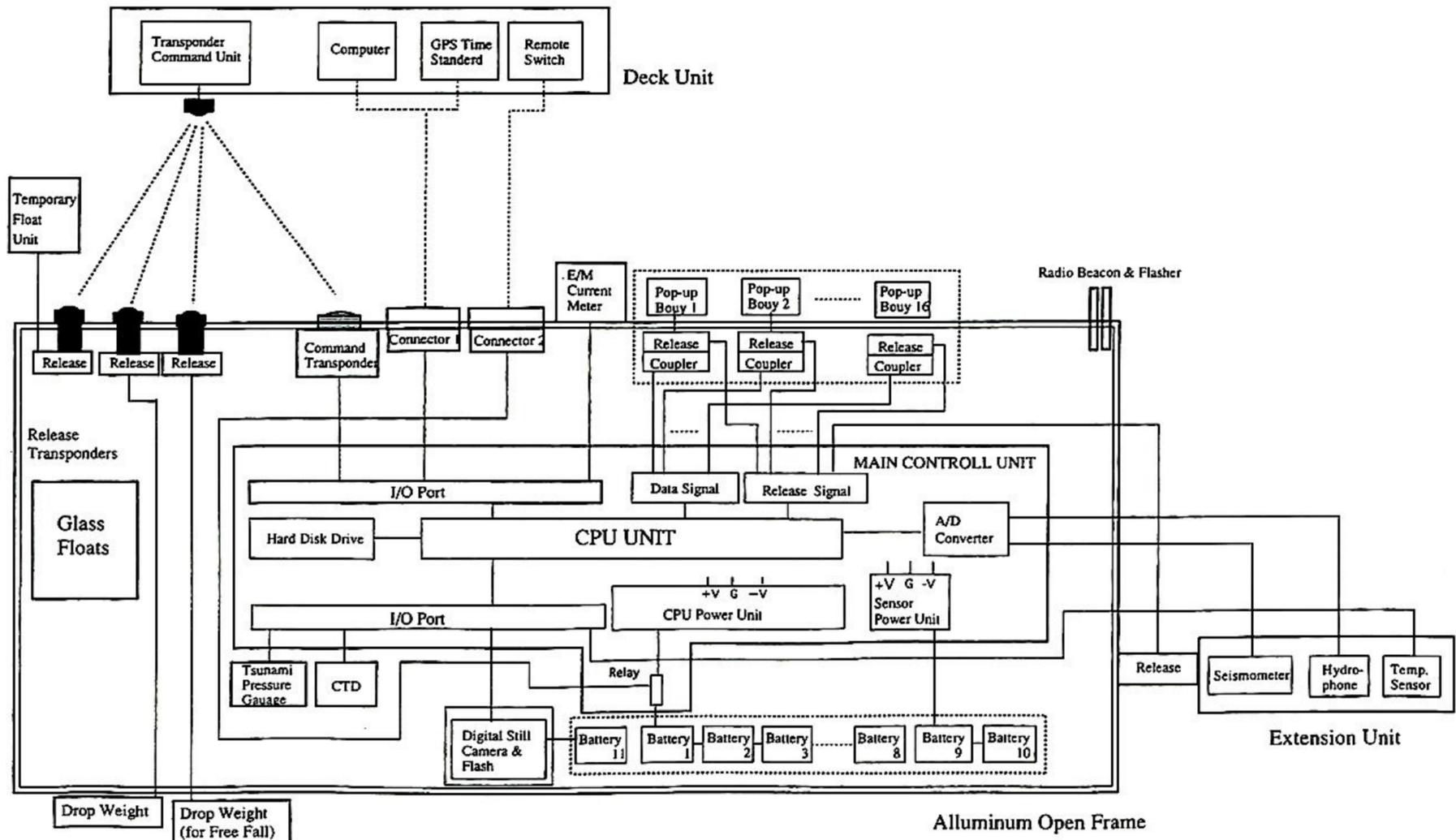


図4 「展開型海底観測ステーション」システムブロック図  
 Fig. 4 System block diagram of the Mobile Seafloor Observatory.

用に8Gバイトのハードディスクが2台装備されているが、データは並列に記録され1台はバックアップ用となっている。今後、ハードディスクの信頼性が確認できれば、これらを直列に使用することも考えられる。

地震データは、時刻データの正確な管理が特に重要である。本体の水晶発振器の精度は $\pm 5 \times 10^{-8}/s$ で、1年後の時刻誤差は $\pm 1.5768 s$ となる。このため、1カ月ごとに浮上する自動浮上ブイにGPS受信機を装備し、GPS時刻で本体のクロックを1カ月ごとにキャリブレーションできるようにした。すなわち、自動浮上ブイの浮上前に、マザーステーションの時刻をブイに転送しておき、ブイ浮上後にマザーステーションとGPS時刻との差を測定し、陸上に伝送する。また、1カ月間の途中の誤差についても、直線補間を行うことによって、年間を通じて時刻誤差を最大 $\pm 10 ms$ 以内に収めている。以上によって、自動浮上ブイ及びマザーステーション本体回収後に、時刻補正されたデータを、陸上の表示処理部で自動的に得ることができる。なお、GPSによる位置情報は、アルゴスを通じて陸上に伝送され、浮上後のブイの位置確認にも利用される。

4台のサテライトステーションは、マザーステーションを中心として、20~50 km 間隔で設置される。サテライトステーションは、当センターで開発した自己浮上

型長期記録デジタル海底地震計で、最大3カ月間の連続記録が可能である(写真2)。したがって、サテライトステーションは当面、通年観測ではなく、マザーステーションを中心とした海域の集中観測に用いられる。

「展開型」のデータはリアルタイムでは得られないが、任意の場所に展開できるので、観測域周辺の地震活動が活発化した場合などに、観測点を変更する際に特に有効と考えられる。1号機では、「ケーブル型」が南海トラフの陸側斜面に設置されるのに対して、「展開型」はトラフ軸よりもさらに海側、すなわちフィリピン海プレート上に設置される。両者をあわせて、本海域の広域観測が可能になる。

## 6. 1号機の設置

高知県室戸岬沖の「海底地震総合観測システム」は、今後わが国周辺海域に合計5基構築される予定のシステムの第1号機である。「ケーブル型」の設置については、藤原ほか(本号)に詳述されているように、1997年3月下旬にすべての工事が完了した。今後、地中温度計とハイドロフォンを、ROV「かいこう」を用いて海底に設置する予定である。また、地震計の海底設置状況を確認し、必要に応じて泥中に埋設する等の作業を行う。高知県海洋深層水研究所敷地内にある室戸陸上局で

は、すべての観測データが表示記録され、一般の見学者にも装置やデータが展示されている。また、横須賀局では、ハイドロフォン以外のデータがリアルタイムで表示され、本格的な観測体制に入った。地震・津波データは1997年秋までに、室戸陸上局から大阪管区気象台経由で気象庁に送られ、陸上の観測データとあわせて地震の判定に利用される。また、1997年度中に「総合データ処理システム」が構築され、観測データの一元的な管理と利用が可能になる。

一方、「展開型」については、1997年4月に相模湾初島沖の浅海域で総合的な作動確認試験を行った。今後、実海域でさらにシステムの信頼性を確認した上で、1998年の初めをめどに四国海盆に設置し、本観測に着手する予定である。

## 7. 今後の計画

本観測システムによって得られた地震・津波データは、気象庁にリアルタイムで送られ、陸上の観測データと合わせて総合的な地震判定に利用される。また、他の観測データもできる限り速やかに公開し、研究に役立てるように計画している。

「海底地震総合観測システム」1号機に引き続いて、2号機の開発を進めている。2号機以降の設置場所は、わが国全体の地震調査研究を考慮して決定される予定である。1号機は、システム単独では地震の震源を決めることができなかったが、2号機においては、ケーブルの全長を200 km以上に延長し、地震及び津波観測点を増設し、「展開型」を含む合計4基の地震計で震源決定が可能になる。また、潜水船やROVを用いて、海底の現場で機器の追加、交換ができるようにシステムの機能向上をはかる。

「展開型」については、「ケーブル型」と細径光ファイバで接続することによって、観測地点を変更できるという機能を維持しつつ、リアルタイム観測を可能にする。

さらに、3号機以降では、異なる観測網を相互に接続することも視野に入れている。これらの基本となる技術開発は、科学技術振興調整費のVENUS計画で進めている（門馬ほか1996、白崎ほか1996、Momma et al., 1997, Shirasaki et al., 1997, Kawaguchi et al. 1997）。

## 8. おわりに

1991年に、海洋科学技術センターで深海底の長期観測手法の確立を目指して計画した基本構想（Momma et al., 1992, 1996）は、室戸沖に構築した「海底地震総合

観測システム」によって基本的に実現された。これは、今後わが国周辺海域に整備される海底地震観測網のプロトタイプとなるものである。

「海底地震総合観測システム」は、地震計や津波計が基本的センサとして重要であるが、当センターの実施に際しては、初島沖のマルチセンサ型海底ステーションや、「展開型」の導入など、独自の機能を持たせた。これは、1993年から観測を続けている相模湾初島沖の長期観測で明らかにされつつあるように、多くの現象には、付随した現象が伴う可能性が高いことから、できる限り多面的（マルチセンサによる総合的）な観測を行う必要があると考えているからである（門馬ほか1995、岩瀬ほか1995）。

わが国周辺で発生する地震の多くが海底に震源を持つことから、海底地震観測網の整備は、地震研究や防災上緊急に必要である。一方では、長期観測は、直ちに意義のある結果が得られるものではなく、「海底地震総合観測システム」も、その価値が明らかになるのは、10年後かあるいは20年後かもしれない。以上より、「海底地震総合観測システム」の開発・整備はできるだけ速やかに行う必要があるが、観測研究には長期的視野に立って取り組むべきであろう。

最後に、「海底地震総合観測システム」1号機の構築に際して、高知県海洋局海洋漁政課、三津漁協、三津大敷漁協、室戸漁協、室戸岬漁協、甲浦漁協を始めとする室戸岬周辺の漁業共同組合、高知県海洋深層水研究所、高知県室戸市のご指導とご協力を賜った。また、沖合部ケーブル敷設に際して、土佐沖マグロ延縄漁連絡協議会と高知県漁連に無理なお願いを通して頂いた。システムの開発に当たっては、NEC海洋エンジニアリング及び、古野電気の各担当者に献身的な努力を払って頂いた。さらに、ケーブル敷設工事を担当したNTT海底線エンジニアリングセンタ及び「黒潮丸」乗組員には、きわめて困難な作業に挑戦して頂いた。ここに、以上の多くの方々に心から感謝の意を表する。

## 引用文献

Kinoshita, H. (1997) : Cable-Connected Submarine Environment Monitor System, Proc. International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables, 119-125.

ト部 卓・溝上 恵 (1996) : 伊豆東方沖海底ケーブルシステム, 月刊海洋総特集, vol. 128, No. 4, 219-

- 223.
- Momma, H., K. Mitsuzawa, Y. Kaiho and H. Hotta (1993) : "Hatsushima"-Real Time Long-term Deep Sea Floor Observatory, Proc. IEEE/OCEANS '93, vol. III, 473-477.
- 門馬大和・満澤巨彦・海宝由佳・堀田 宏 (1994) : 相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」の設置と長期観測, JAMSTEC 深海研究, 第 10 号, 363-371.
- Momma, H., K. Mitsuzawa, Y. Kaiho and H. Hotta (1995) : Real Time Observation on the Deep Sea Floor off Hatsushima Island in Sagami Bay, Proc. International Symposium on Multidisciplinary Observatories on the Deep Sea Floor, III. 17, 149, Marseille, France.
- Momma, H., K. Mitsuzawa, Y. Kaiho and H. Hotta (1995) : Long-Term Sea Floor Observation in Sagami Bay, IUGG XXI General Assembly Abstracts Week A, SA31D-13, A376.
- Eguchi, T., Y. Fujinawa, E. Fujita, S. Iwasaki, I. Watabe and H. Fujiwara (1997) : An Observation Network of Ocean-Bottom Seismometers Deployed at the Sagami Trough Subduction Zone, Proc. International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables, 143-145.
- 笠原順三・木下 肇 (1996) : GeO-TOC 計画における観測計画, 月刊海洋, vol. 128, No. 4, 197-200.
- Kasahara, J., H. Utada, T. Sato and H. Kinoshita (1997) : A Submarine cable OBS by Use of the retired submarine telecommunication cable: GeO-TOC program, Proc. International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables, 91-102.
- Kasahara, J. and H. Momma (1995) : VENUS (Versatile Eco-monitoring Network by Undersea-cable System) project using TPC-2 (Okinawa-Guam) submarine cable, Proc. International Symposium on Multidisciplinary Observatories on the Deep Sea Floor, III. 12, 128, Marseille, France.
- 笠原順三・佐藤利典 (1996) : VENUS 計画の概要と広帯域地震観測, 月刊海洋, vol. 128, No. 4, 213-218.
- 金澤敏彦 (1996) : 三陸沖リアルタイム海底地震観測システム, 月刊海洋, vol. 128, No. 4, 256-257.
- Kanazawa, T. and A. Hasegawa (1997) : Ocean-Bottom Observatory for Earthquakes and Tsunami off Sanriku, North-Eastern Japan using Submarine Cable, Proc. International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables, 208-209.
- Momma, H., H. Kinoshita, N. Fujiwara, Y. Kaiho and R. Iwase (1996) : Recent and Future Developments of Deep Sea Research in JAMSTEC, International Journal of Offshore and Polar Engineering, vol. 6, No. 4, 262-267.
- Momma, H., N. Fujiwara, K. Kawaguchi, R. Iwase, S. Suzuki and H. Kinoshita (1997) : Monitoring System for Submarine Earthquakes and Deep Sea Environment, Proc. MTS/IEEE OCEANS '97, Vol. II, 1453-1459.
- 藤原法之・門馬大和・高橋 務・木下 肇 (1997) : 「海底地震総合観測システム」1号機の設置, JAMSTEC 深海研究 13 号, 733-768.
- Momma, H., K. Mitsuzawa, T. Matsumoto and H. Hotta (1992) : Long-Term Sea Floor Observation in JAMSTEC, Proc. OCEANS '97, Vol. II, 697-700.
- Momma, H., Y. Shirasaki and J. Kasahara (1997) : The VENUS Project-Instrumentation and Underwater Work System, Proc. International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables, 103-108.
- Shirasaki, Y., J. Kojima and Y. Kato (1997) : The VENUS Project-Data Transmission and Distribution System, Proc. International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables, 109-113.
- Kawaguchi, K. (1997) : Development of a Submarine Cable Recovery System for Manned Submersible, Proc. International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables, 169-171.
- 門馬大和・満澤巨彦・海宝由佳・岩瀬良一・藤原義弘 (1995) : 相模湾初島沖の深海底総合観測—シロウリガイ群生域の1年間, JAMSTEC 深海研究第 11 号, 249-268.
- 岩瀬良一・門馬大和・満澤巨彦・海宝由佳・藤原義弘・堀田 宏 (1995) : 相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」による地中温度観測, 地震学会全国大会予稿集.

(原稿受理: 1997年7月11日)

(注) 写真は次ページ以降に掲載

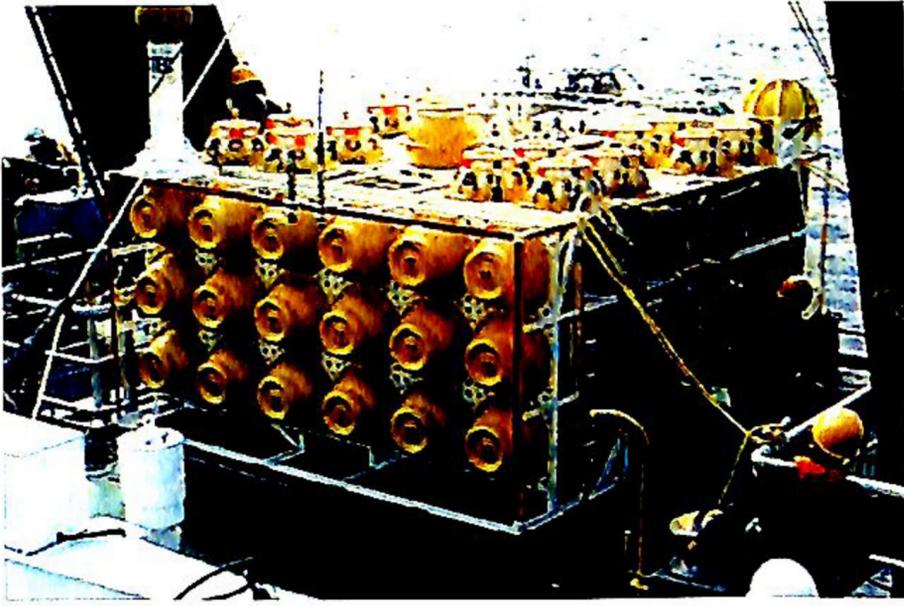


写真 1 「展開型海底観測ステーション」の全景  
Photo 1 Mobile Seafloor Observatory on board R/V Kaiyo  
during shallow water sea trial.



写真 2 サテライトステーション (長期記録型デジタル海底  
地震計)  
photo 2 The satellite station, long-term digital ocean bottom  
seismometer (OBS).