

伊東沖手石島総合観測施設の建設について

坂上 実*・高橋正義*・平田安廣**・小山 茂***
中尾 茂**・渡辺 茂**・渡邊隆之****・瀬瀬一起*

On the Construction of the Teishijima, off Ito, Composite Observation Station

Minoru SAKAUE*, Masayoshi TAKAHASHI*, Yasuhiro HIRATA**, Shigeru KOYAMA***,
Shigeru NAKAO**, Shigeru WATANABE**, Takayuki WATANABE**** and Kazuki KOKETSU*

Abstract

The construction of the Teishijima, off Ito, composite observation station is a special project, which was accomplished in limited days of a specific period. There was a possibility of giving up the project in case of accident during the construction work, and that was carried out in very severe circumstances. In particular, Teishijima is an uninhabited island, and it is even dangerous to land there since the island is surrounded by shore reefs and rocks. The specification and processes of the construction had been arranged carefully considering these limitations, but we could not carry out the project following them. Almost all of the works were done based not on the prepared plans, but on discussions at the site partly because most of construction works had to be done by hand. We also faced several unexpected situations, which required immediate and appropriate decisions. However, overcoming a number of difficulties, this composite observation station was completed by supports from many people.

はじめに

1998 年度から始まった文部省科学研究費の「群発地震地域の稠密強震観測による詳細震源過程と強震動生成機構の研究」(研究代表者:瀬瀬一起)において,初年度の目的は伊東沖群発地震域を中心とした地域に強震観測点を設置することであった。核として,群発地震域のごく近傍での観測点設営が含まれていた。早速,25,000 分の 1 の地形図を眺みながら熱海市初島,田方郡大仁町亀石峠付近,伊東市富戸漁港,汐吹崎公園などが候補地に挙げられた。その後,汐吹崎公園は既存の新井観測点(IAR)からあまりにも近距離(400 m)に位置するだけでなく,公園内の土地条件は必ずしも観測点設営には適していないので(露頭岩盤上の

設営は困難),無理をして観測点を設けたとしても工事経費が膨らむことが直観的に予想された。そこで汐吹崎公園に替えて,かねてから構想のあった手石島への設営計画が

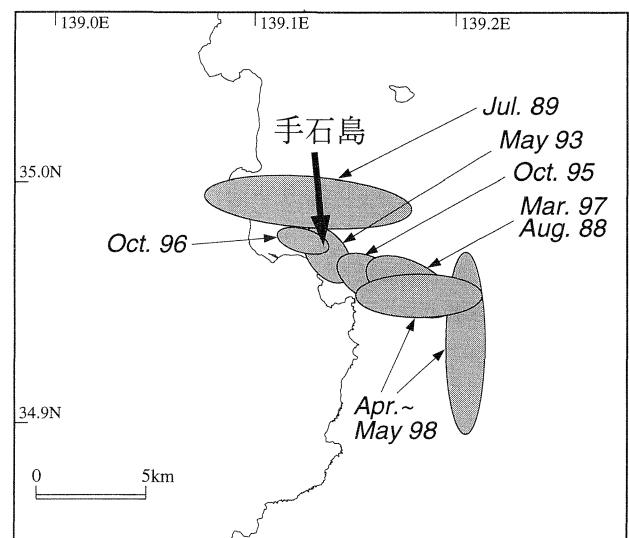


図 1. 手石島と伊東沖群発地震の活動域

1999 年 1 月 28 日受付, 1999 年 2 月 26 日受理.

* 東京大学地震研究所地震火山災害部門, ** 地震地殻変動観測センター, *** 八ヶ岳地球電磁気観測所, **** 事務部.

* Division of Disaster Mitigation Science, ** Earthquake Observation Center, *** Yatsugatake Geo-Electromagnetic Observatory, **** Administration Division, Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

提案された。手石島は汐吹崎公園から約1キロ先に見える無人島である。この島内に観測点を設けることで伊東沖群発地震の最も震源域に近づくことができ、露頭岩盤上に確実に設置することが可能と思われた。最近十年間の伊東沖

群発地震の活動域を図1に示す。海底噴火のあった1989年の活動の一部が陸にかかったのを除いて、ほとんどの地震が海側で起きている。手石島は、この一連の群発地震のうち1993年5月と1996年10月に発生した活動のほぼ



図 2. 手石島を中心とした観測点位置

直上に位置しており、唯一陸上観測が可能な場所である(坂上・額綱, 1998)。図2に手石島観測点を中心とした各観測点の位置関係を示す。観測点には坂上・高橋(1997)が開発し、小田原市や川崎市などで実績のある安価な簡易型地震計台と、軽量小型の観測局舎(EQA-650, FRP製)^(*)の導入を考えた。電源は小田原市久野第三観測点で導入済みの太陽電池方式を採用し、データ伝送は携帯電話を用いることを想定した。手石島への観測点設営にはさらに、資材搬入、建設工事、電源、通信手段など多くの問題の解決を必要とした。

本報告では、手石島への観測点設営の経過を詳述し、これらの問題の解決に用いた手法などを紹介する。

^(*)コスモテック社製：幅668×横658×高さ503(mm)、ガラス繊維強化プラスチック

事前調査

手石島では、レーザー光による伊東市新井(漁業無線局)と手石島間の距離測定(恒石, 1993)など一部を除いては、本格的な観測が試みられることはこれまでなかった。海上に位置しているため、また自然条件が厳しいことが、観測者を敬遠させた大きな理由であった。そこで坂上と高橋は手石島に観測点建設が可能か否かも含め、まず以下のことを行った。

(1) 電源には太陽電池を導入することとした。既存観測点

で、1回の外部蓄電池の交換だけで大きな故障もなく設置後7年の稼働実績があるので、導入可能と判断した。

(2) データ伝送や保守点検などは携帯電話を用いて対処することとした。携帯電話の利用は過去に経験がないため不安材料であったが、強震計メーカ(アカシ)による工場内でのデータ伝送テストでは、全て正常に機能したと報告されていた。そこで、手石島に最も近い伊東市新井観測点と本所(地震研究所)間で携帯電話を用いて伝送テストを行ったが、良好にデータが伝送でき、遠隔操作も順調に機能した。データ伝送速度も、1KBブロックのXModemプロトコルで伝送テストを行った結果、9,600 bpsの接続でも再送が発生せず、650 bps程度の速度が実証された。

強震計の稼働とデータ伝送については一定の評価が得られたので、次に観測点候補地の土地貸借問題にとりかかった。手石島の状況には不透明な所が多いので、まず伊東市安全対策課地震防災係に伺い、観測点設営計画を説明させて頂いた。市側からは全面的な協力の約束を得、土地所有者、土地条件などの初期情報を頂いた。また伊東市漁業協同組合総務課、鈴木真氏を訪問し、同じく観測点設営計画を説明させて頂いた。すでに伊東市役所産業課の下田氏から情報が伝わっていたこともあり、敏速に対応して頂くとともに、鈴木氏の手配で急遽、島内弁天様の関係者数名(氏子役員)にお集まりを頂き、その場で手石島について詳細に土地状況を伺うことができた。また観測点設営計画に

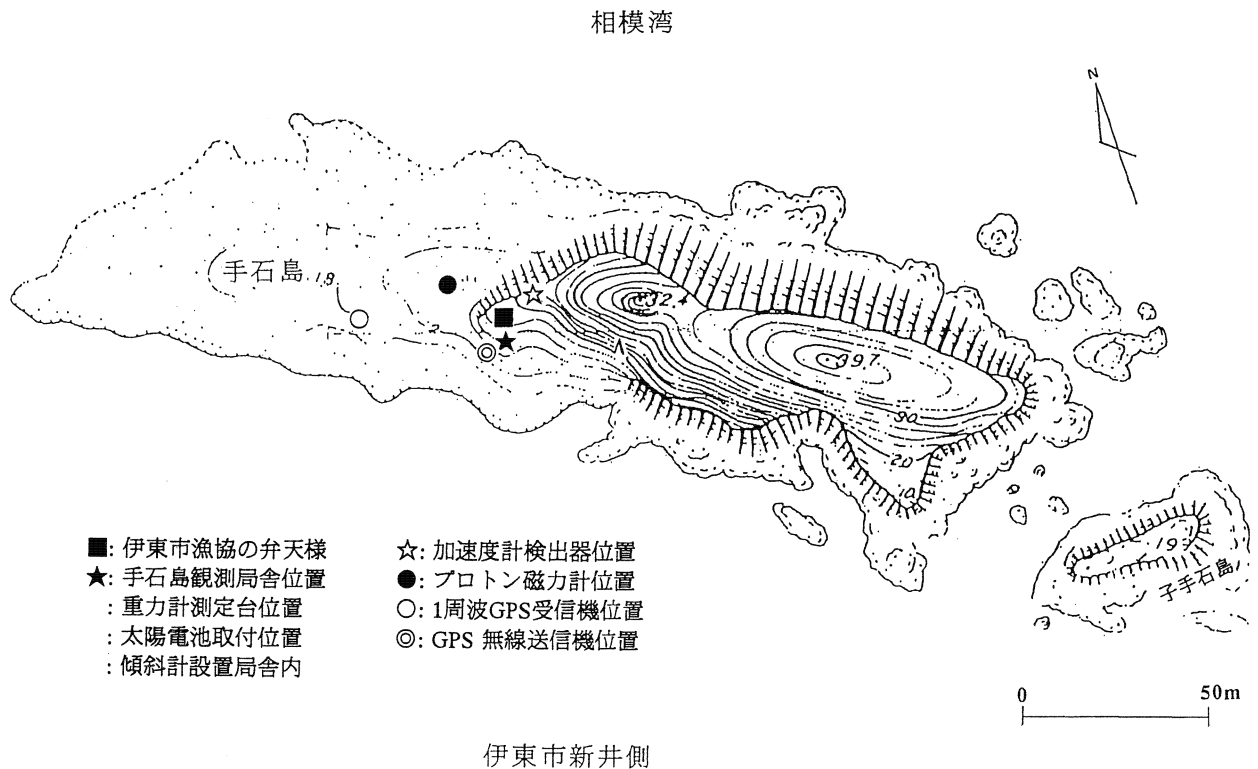
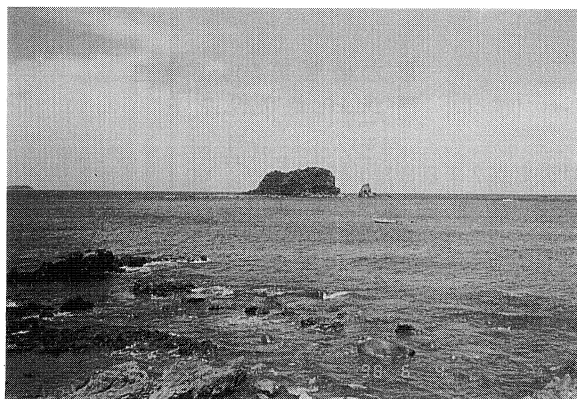


図3. 手石島の地形と観測点の位置

については、伊東市民に役立つことであればと協力して下さることとなり、特に海上輸送については、伊東市漁業協同組合の全面的な支援を頂くことになった。この時点では設営する観測点が小規模であったこともあり、漁協関係者も筆者も作業は容易であると判断していた。また、作業を行う時期は気象条件（波浪）からは8月上旬が最善で、この時期を逃すと西風などで手石島の岩礁地帯には船を着ける

ことはできないとのこと指摘を受けた。8月上旬に作業を完了することを目標として、手石島の観測点設営計画に急ピッチで取り組んだ。

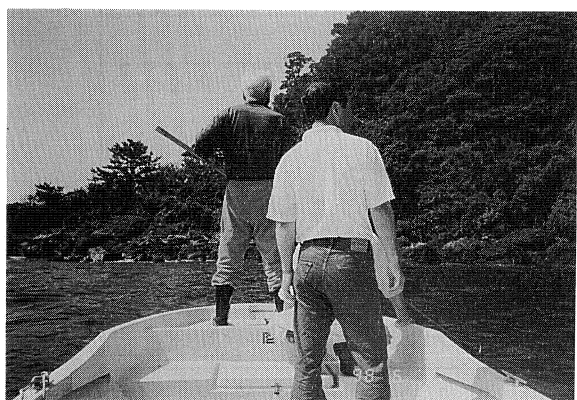
伊東市役所からの情報によって、手石島は伊東市新井財産区の管理する土地であることが判明し、島全体は富士箱根伊豆国立公園第2種特別地域に指定されていることも判った。また伊東市漁業協同組合から、手石島内には弁天



陸側の汐吹崎公園から望む手石島



観測局舎・太陽電池設置の候補地



上陸のために小型船で手石島に近づく



弁天様鳥居右辺方向の観測点候補地



上陸地点付近の岩礁地帯



手石島側から望む陸側の伊東市新井地区及び伊東市街
(135号線高架橋右辺付近に新井観測点)

図 4. 手石島への初期調査

表 1. 環境庁に申請した工作物の新築協議書

特別地域内工作物の新築協議書

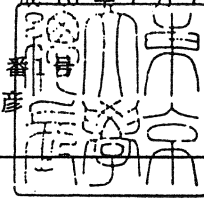
自然公園法第40条第1項の規定により、富士箱根伊豆国立公園の特別地域内における工作物の新築について、次のとおり協議します。

環境庁長官 殿

東大経管第100-1号

平成10年7月7日

東京都文京区本郷7丁目3番
 東京大学総長 蓮 實 重 彦




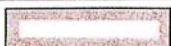
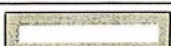

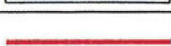
目 的	地震観測施設敷	
場 所	静岡県伊東市新井字手石518番	
行為地及び その付近の状況	地震観測施設設置予定地は、本土より約800m離れた無人島で、近くに弁天様の鳥居と社の他に施設はない	
工作物の種類	観測用局舎、電力保持用太陽電池、衛星受信用アンテナ	
施 工 方 法	敷地面積	3m×4m=12㎡
	規模及び構造	観測用局舎 間口1.7m、奥行1.7m、高さ1.6m 電力保持用太陽電池 縦2.3m、横2.0m 衛星受信用アンテナ アンテナ支柱 100φ 高さ 4.0m
	主要材料	基礎はコンクリート、局舎はガラス繊維強化プラスチック、太陽電池は熔融亜鉛メッキ鐵製支持台、アンテナは熔融亜鉛メッキ鐵製支柱
	外部の仕上げ 及び色彩	アイボリー色
	関連行為の 概 要	なし
施工後の周辺の 取 扱 い	施工後は整理して、原状に戻す	
予 定 日	着 手	同意の日から15日以内
	完 了	着手から1週間以内
備 考	協議後、土地の借り入れの手続きを行う（伊東市新井財産区）	

様の社が存在していることも教えて頂いた。手石島の現地調査のため、財産区区議会議長（増田基昭氏）に、島上陸と観測点設営に向けての現場調査の許可を頂いた。6月8日には、初期調査のため、伊東市漁協のご好意で伊東漁港から手石島まで小型船を出して頂いた。案内には弁天様の総代（三軒町丸船主飯島康則氏）を含む漁協関係者数名の皆様がご足労下さった。手石島を目前にすると島全体が予想よりも大きく見えた。波打ち際は一面岩礁地帯で、陸側の新井観測点からの眺めとは大きく一変し、岩礁を飛び越えながらの上陸であった。上陸後直ちに、東京（地震研究所）との間で携帯電話の通話テストを実施したが、状況は良好であった。急ぎ、観測点の設置場所の選定に着手したが、

平坦地がなく、設置条件は想像以上に厳しく困惑した。しかし、同行して頂いた弁天様の氏子の皆様から、鳥居の脇ではどうかという提案があり、一面手付かずの雑木と藪に覆われて足元は凸凹の岩礁地帯ではあるが、何とか観測点建設可能な地点とすることができた。それでも数多くの観測点建設を手がけてきた筆者にとってもその難しさは想像を超えるものであった。図3は手石島の地形、図4に初期調査の状況を示す。

許可等の取得

観測点建設に向けて、伊東市役所や伊東市漁業協同組合との協議中に、地震予知研究推進センターや地震地殻変動

凡	例
	第1種特別地域
	第2種特別地域
	第3種特別地域
	普通地域
	公園事業道路(車道)

④05 : 公園区域 (汀線界)

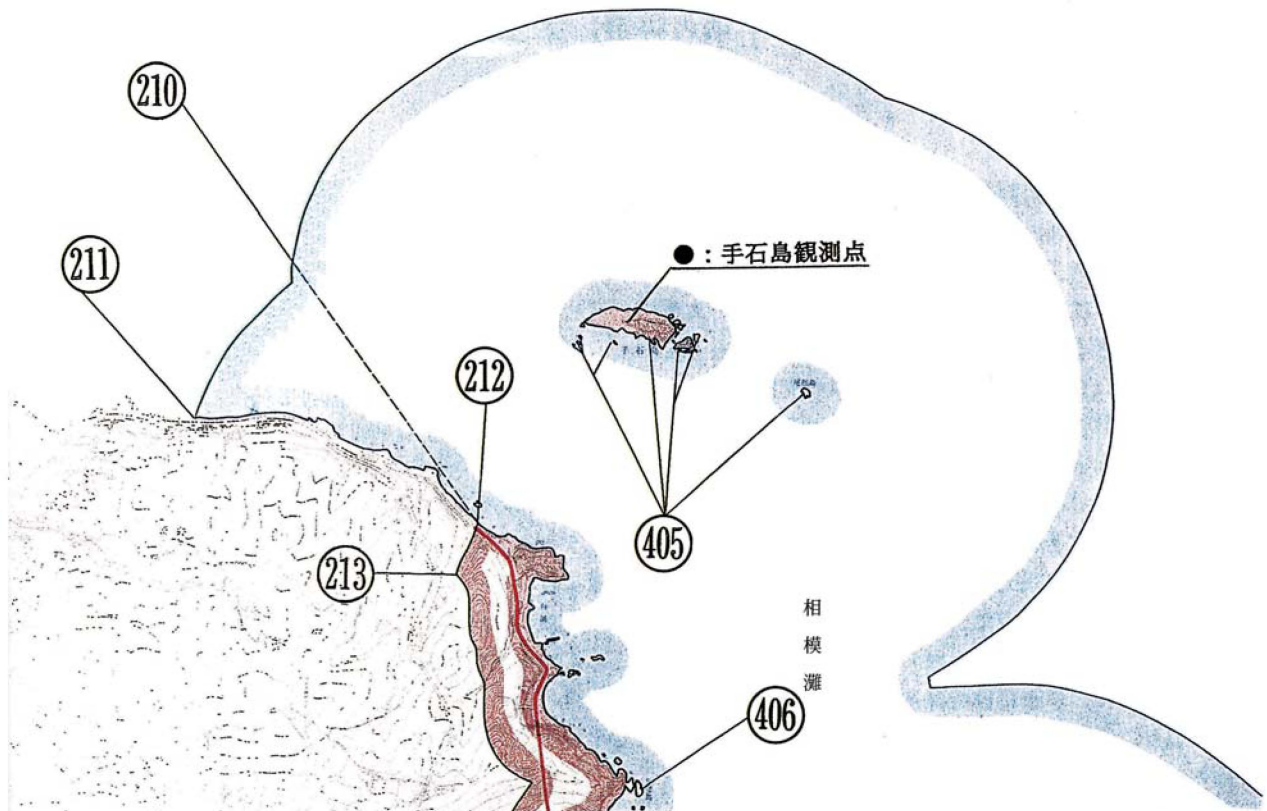


図5. 富士・箱根・伊豆国立公園地域図


表 2. 環境庁長官からの協議（回答）

(2号用紙)

環 南 関 許 第 3 3 4 号
平 成 1 0 年 7 月 2 1 日

東京大学総長 殿

環 境 庁 長 官



富 士 箱 根 伊 豆 国 立 公 園 特 別 地 域 内
工 作 物 の 新 築 協 議 に つ い て (回 答)

平成10年 7月 7日付け 東大経管第100-1号 で自然公園法（昭和32年法律第161号）第40条第1項の規定に基づき協議のあった標記については異存がない。

観測センター、海半球観測研究センター、地球計測部門などからプロトン磁力計、GPS、傾斜計、重力計などの設置の要望があり、観測点建設計画が一挙に大規模化して、局舎や太陽電池などはコスモテック製（EQA-1600）の大型のものに変更せざるを得なくなった。当初の計画から一変したことで、これまで進めてきた実行計画の変更について伊東市防災係、財産区区議会議長への説明に追われた。特に伊東市漁協の鈴木さん、菊地さんには、建設資材などの海上輸送が大がかりになることを恐る恐る説明させて頂いた。また弁天様の関係者に漁協の会議室に急遽お集まり願ひ、計画変更について説明し、再度協力をお願いした。皆様からは快いご返答を頂いた。

次に、手石島に観測点建設計画の具体化に着手した。土地借用については、伊東市役所庶務課財産区係八木一彦氏の手配で後日、新井財産区区議長宅に向き、手石島の実行計画の説明を申し上げ、観測点建設のための土地借用をお願いした。議長さんからは、伊東市民のためになることであるならばと言うことで、土地借用の内諾を頂いた。そ

の後、市役所の八木氏を通じて土地借用の事務手続きを進めて頂いた。また手石島へは、区議会議長の了解を得てから上陸することとなった。正式の土地借用については、財産区区議会の許可を頂いた。

続いて、手石島は富士箱根伊豆国立公園第2種特別地域に指定されているので、環境庁自然保護局沼津管理官事務所に出向いた。手石島の観測点建設計画の実施は気象条件（波浪）などから8月上旬となることを述べ、「特別地域内の工作物の新築協議書」の手続き方法などについて適切なアドバイスを頂いた。また五十嵐管理官の指導のもとで協議書の申請は敏速に進んだ。また伊東市都市整備部市街地整備課国立公園担当木梨又三郎技師には、申請手続きについて敏速に取り図って頂いた。表1に申請協議書を、添付資料の一部（伊豆国立公園地域図）を図5に示す。表2に環境庁長官からの協議（回答）を示す。

手石島の観測点建設は、通常の陸上工事と違って海上輸送を伴う関係上、海上保安庁下田海上保安部警備救難課（西内務専門官）に出向いて、届け出内容と提出方法などに

表 3. 下田海上保安部に提出した工事届（受付）



工 事 届

平成 10 年 7 月 30 日

海上保安庁
下田海上保安部長 殿

申請者住所 千113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1
東京大学地震研究所
氏 名 所長（教授）藤井 敏嗣 印

- 1. 目的および種類 : 地震観測用施設の建設
- 2. 期間および時間 : 平成10年8月3日～平成10年8月15日（実質1週間）
- 3. 区域または場所 : 静岡県伊東市新井手石島
- 4. 方 法 : 現場（手石島）で施工工事（施設）を実施する。
- 5. その他 : 1) 建設資材・観測機材の搬入・搬出・人員輸送等に船（漁船）を使用する。
2) 輸送での事故防止対策には万全をもって実施する。
3) 別紙資料を添付
- 6. 工事統括責任者 : 氏 名 地震研究所（助 教 授） 額 額 一 起
現場担当責任者 : 氏 名 同 （技術専門職員） 坂 上 実
連絡先 03-3812-2111内線 5782・5792



表 4. 手石島総合観測施設建設工事の連絡系統

手石島総合観測施設 建設工事の連絡系統

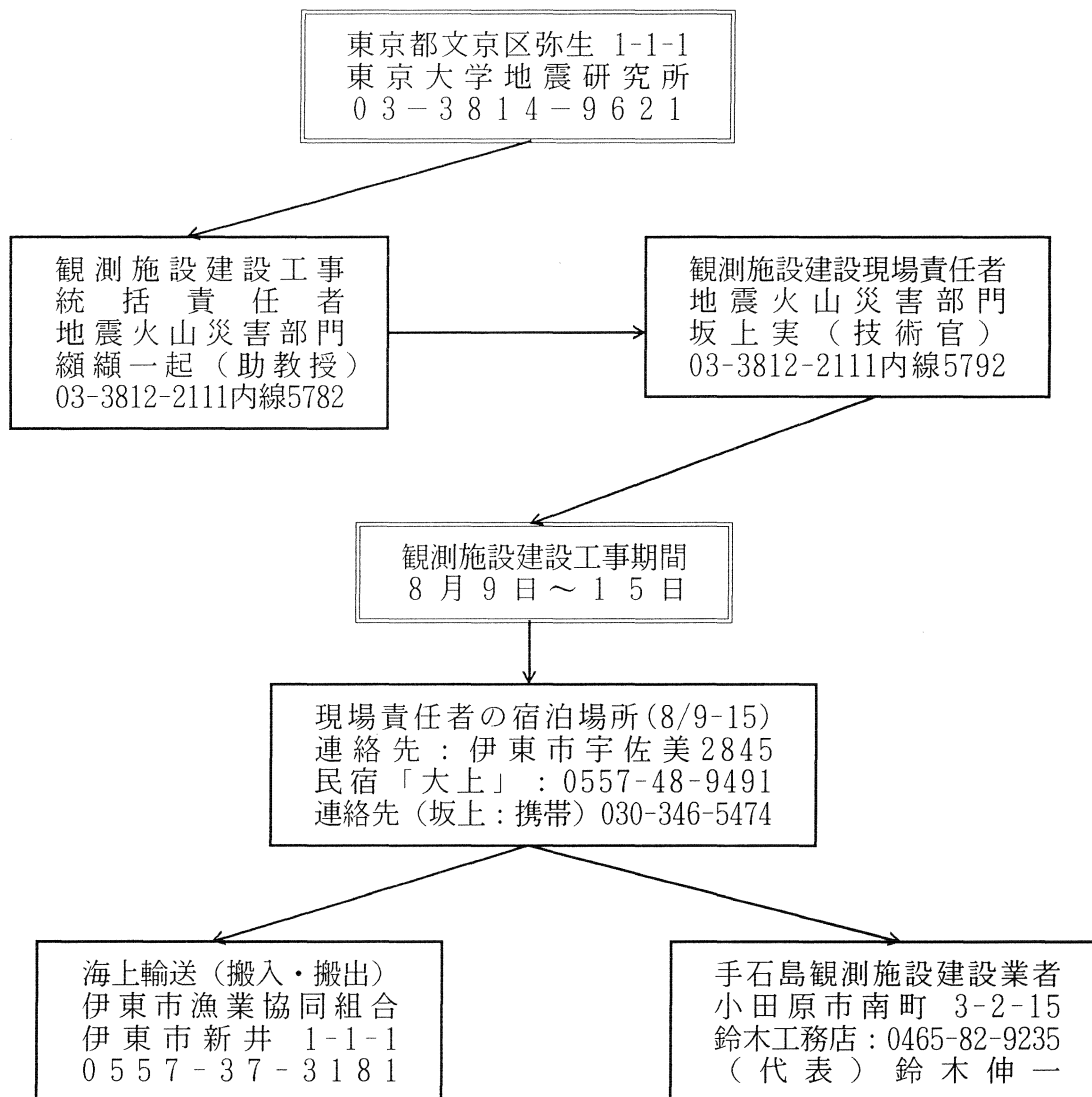


表 5. 手石島総合観測施設建設工事の実行計画

伊東市手石島総合観測施設の建設及び工事仕様工程表・実行計画

1. 工事の概要	
1) 工事名称	東京大学地震研究所伊東市手石島総合観測施設建設工事一式
2) 工事場所	静岡県伊東市新井字手石518番
3) 工事期間	平成10年8月3日(月)～8月15日(土)(2週間予定)
4) 竣工日	平成10年8月15日(観測施設及び観測機器設置全てを含む)
2. 特記仕様(建設機材資材及び観測器材の搬入・搬出・人員輸送)	
1)	建設機材資材他の搬入・搬出と人員の輸送手段は全て船を使用する(伊東市漁協の協力)。
2)	工事現場への移動は船を使用するため、移動での安全は各自責任をもって対処する。また安全装備(救命胴衣)等は、定められた方法で着用する。
3)	工事現場への機材資材(工事資材一式・各種観測機材・他)の搬入と搬出は、伊東市漁協の協力のもとで進めるため、漁協責任者の指示に全て従う。
4)	建設機材資材他の搬入・搬出・人員輸送等の行程は、別途詳細工程表通りで進める。
3. 特記事項	
1)	観測計器の設置作業者の人員は、予め観測施設建設担当責任者(坂上)に報告する。急遽、直前での乗船は不可能の場合がある(乗船名簿・定員等の関係)。
2)	観測施設の建設工事開始(資材搬入)から観測施設の竣工(観測計器の設置完了)までの工程期間(一週間)は、現場責任及び連絡係として全て坂上が現場(手石島)に立ち合う。
3)	手石島への資材(建設・器材・他)搬入及び搬出には安全確保のため、岩礁地帯に臨時の浮き桟橋を設ける。
4)	手石島との連絡は携帯電話またはトランシーバーを用いる(携帯電話等の番号は別途案内)。
5)	観測器材の搬入及び乗船等の変更は、前日までに必ず現場責任者に届け出る。
4. 工事中の連絡先と連絡手段	
1)	現場責任者の携帯 ☎ : 030-346-5474 (強震・坂上)
2)	宿泊場所の所在 ☎ : 伊東市宇佐美2845 「民宿:大上」 ☎ 0557-48-9491
3)	伊東市漁協の所在 ☎ : 伊東市新井1-1-18 ☎ 0557-37-3181
4)	工事統括責任者の ☎ : 地震研究所(東大代表) 03-3812-2111 地震火山災害部門/額額一起(助教授) ext. 5782
5. 船関係及び建設工事(日程)	
1)	建設器材資材の搬入・搬出には大型漁船を使用(傭船)する。人員の輸送は小型船を使用する。
2)	8月3日～8日までの気象条件のよい日に建設機材資材(砂利・砂・セメント・型枠・他)の搬入を行うため、手渡し可能な条件(袋詰・他)を整える。
3)	8月9日は、現場での設置位置の墨出しと根切りを行う。また、すでに搬入されている資材で、観測局舎・太陽電池等の型枠工事を施工する。(船時間 09:00-16:30)。
4)	8月10日の観測資材(局舎・太陽電池・他)搬入の開始時間は、8時30分頃から開始する。
5)	観測資材の搬入には、作業員として10以上の要員を予定。
6)	手石島に搬入する観測資材は、8月9日までに伊東市漁協(資材置き場)搬入する。但し、重要な観測器材は、梱包を厳重(海水に濡れることも予想される)にし、手渡し可能な大きさにまとめる。
7)	8月9日～15日までの人員輸送の傭船(小型船)は、伊東漁港を朝1回(08:30)、夕方手石島(16:30)1回とすることを基本とする。但し、観測機器設置・竣工及び物品検査等が予定される工事後半には(8/13・14・15)、人員の増員が見込まれるので船の増便を行う。
8)	傭船は限られた日程、時間で手配するため、観測機器設置関係者は敏速に対処すること。人員輸送(小型船)では、大きめの荷物の搬入・搬出は認めない。上陸関係者は、手荷物程度と考え、対処する。

表 6. 手石島総合観測施設建設計画の工程表

作業項目	船	日程								
		7/27 ~31	8/3~ 8	9	10	11	12	13	14	15
観測施設位置の環境整備 (雑木・雑草・藪除去)	小	↔								
資材機材搬入(砂利・砂 ・セメント・建設機材一式)	大		↔							
観測器材の搬入(FRP局舎 ・太陽電池・支柱・GPS ・水・プロトン磁力計関係)	大				↔					
観測施設位置の墨出し・ 根切作業/観測施設局舎 基礎部・太陽電池支持台 ・別置き地震計台・重力 計測定台各種型枠設置 (※:型枠の事前製作)	小			↔			重力計 測定台 設置			
現場コンクリート打ち作業・他	小				↔					
GPS・プロトン磁力計等 の設置作業・他	小					↔				
基礎台型枠解体作業	小							↔		
観測局舎組立作業 太陽電池組立作業	小							↔	↔	
各種観測機器設置作業他	小								↔	
建設器材の搬出・他	小									↔
竣工検査・観測開始	小									↔

(注) 小:小型船・大:大型漁船・7/27-31(半日13-16時)・8/3-8(気象条件の良い日)
 ※:現場の建設工事を早めるため、型枠等は事前に製作しておく。

ついて適切なご助言を頂いたうえ、工事届けを提出した。また海上での人員輸送・資材搬入については安全確保に十二分に配慮して工事を進めるよう指導を受けた。工事届の書類については用度掛赤塚健一主任が敏速に進め、無事下田海上保安部長宛に提出(3部)することができた。後日、工事届の許可書1部(受付)を返送して頂いた。表3に工事届の許可書と添付資料の一部(表4~6)を示す。表4に手石島総合観測施設建設工事の連絡系統、表5に建設工事の実行計画、表6に建設計画の工程表を示す。

資材の搬入

全ての関係書類が完了し建設工事の準備にとりかかったが、必ずしも計画どおりに作業が進んだわけでない。一つは、建設工事を請け負ってくれる業者の選定であった。工事用の機材(電源、機具、工具)や、資材(水、砂、砂利、セメント、木材、他)が揃わない小島での建設工事を思う

と絶望感を覚えた。何とか工事業者を決めなければと焦り、困惑を覚えながらの日々であったが、川崎市内2カ所に観測点建設をお願いしていた鈴木工務店の社長に相談を申し上げた。一度は辞退されたが再度お願いし、条件を整えることで引き受けて頂くことになった。条件とは、地震研究所側が責任をもって工事機材や資材の搬入と人員(職人)の輸送を行う事であった。

鈴木工務店の社長に手石島の状況を説明し、工事開始前に事前調査のために上陸する予定で進めていたが、時間調整ができず実現できなかった。そこで工事計画を説明したが、現場環境のイメージがつかめずあまり役には立たなかった。7月28日に観測点場所の再調査と環境整備(雑木・藪・雑草の除去)を兼ね、坂上、高橋、平田、中尾、小山、世田が手石島に上陸した。図6に観測場所の環境整備の様子を示す。その後、工事の日程も決まり、工事機材や資材の搬入準備を急いでもらった。資材は手渡し可能な



観測局舎・太陽電池設置位置の雑木、雑草等の除去



観測局舎・太陽電池基礎台の位置決め

図 6. 観測施設建設現場の環境整備

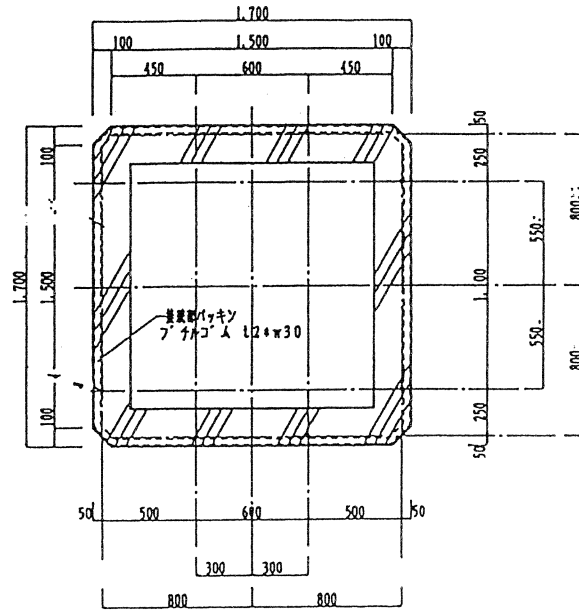
表 7. 手石島に搬入した主な建設機材や資材の内訳

第一陣・8月8日	機材	発電機 2台, 電動ハンマ (打撃専用), ハンマドリル 2台, 電気丸ノコ, 電気ドリル 2台, ディスクサンダ, コードリール 2台, 建設用測量計器, スコップ 4本, ツルハシ 2本, 掛矢, 他建設工具一式 (工具箱 4個)
	資材	セメント50袋(1袋25kg), 砂利60袋(1袋25kg), 砂80袋(1袋25kg), アンカーボルト 200本(ステンレス M10φ x200mm), 配筋用鉄筋20本 (10φ x2000mm), ネット状鉄筋 2枚 (1800x900mm), コンクリート混和材 5缶, 型枠材10枚(コンクリート合板1800x900x10mm), 型枠用角材20本(40x30x2000mm), 工専用ブルーシート10枚,
第二陣・8月10日	観測機材	独立電源付地震計上屋 (EQA-1600) 1. 観測局舎組立寸法 (W:1740xD:1740xH:1680mm). (※) 移動用として二つに分離. 組立用部品 (ダンボール箱 2個) 2. 太陽電池組立寸法 (W:2226xD:2585xH:1733mm). (※) 全て現場組立 主な組立用附属品: 太陽電池モジュール 8枚, ステンレス架台 (ビーム・レグ) 8本, サイクロン鉛蓄電池 4個, 他附属部品一式 (ダンボール箱 5個)
	資材	信号ケーブル保護用可とう管 (70φ x50m), ポリタンク10個, 他資材 (ダンボール箱 2個), アルミアングル 8本 (65x65x1500mm), 他工具一式 (アルミトラック 2個), GPS・プロトン磁力計関係の資材 (ダンボール 4個) (※: 1コダンボール:500x400xH400)

大きさにまとめてもらった。整った資材から順次、伊東市漁協資材置き場(駐車場)に運び入れを行った。搬入した主な建設機材や資材を表7に示す。

8月8日に、伊東市漁協関係者総出で、すでに運び込まれた観測施設の建設機材や資材を大型漁船1隻、小型船3隻を駆使しながら手石島に搬入して頂いた。我々も観測機材等を官用車に満載して伊東市漁業に午後2時過ぎに到着した。既に一陣の搬入作業は終了していた。漁協に居合わ

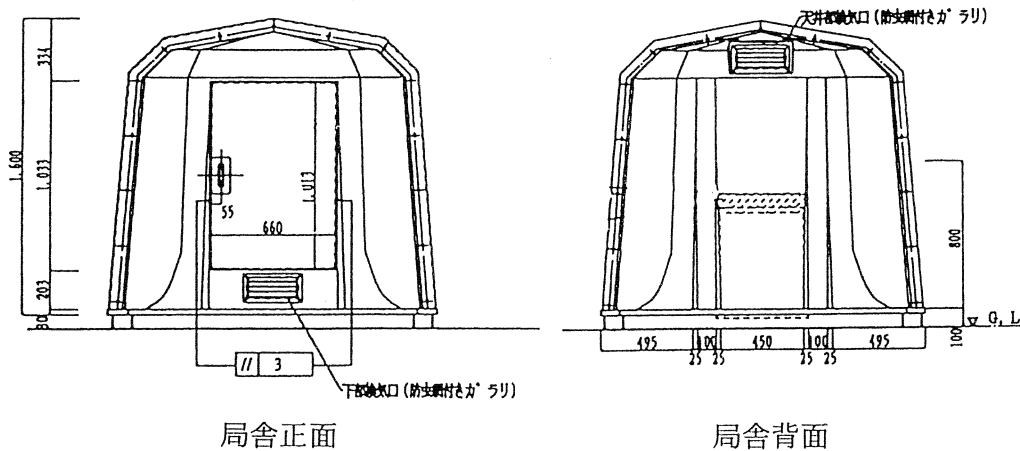
せた馴染みの漁協関係者に搬入のお礼を述べると、皆さんが異口同音に搬入作業の厳しさが語られた。また東大の仕事は二度としないと言う半ば本音の言葉も聞かれた。すでに後戻りができないので、ひたすら漁協関係者にお礼と詫びを交互に申し上げていた。3時を過ぎた頃に、地震研究所から発送した観測局舎の本体(組立後の大きさ幅:1,740mm×横:1,1740mm×高さ:1,680mm)が届き、二つに分解された局舎を建設資材置き場に一時収めたが、二陣の搬



局舎基礎部

観測局舎仕様

品名: コスモテック社製観測局舎
 形式: FRP製 (ガラス繊維強化プラスチック)
 型式: EQA-1600
 大きさ: 横1,740×幅1,740×高さ1,680 (mm). 重量110 kg



局舎正面

局舎背面

図 7. 手石島総合観測局舎

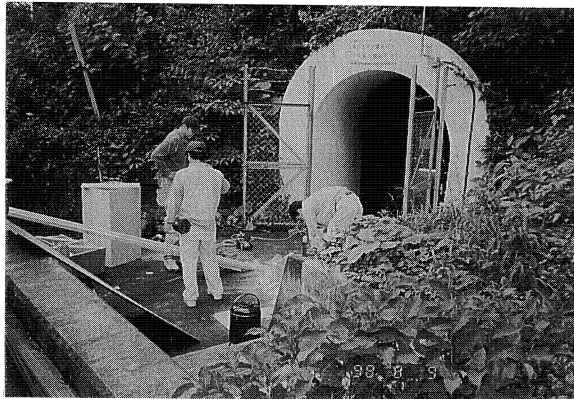
入資材も驚くほど多量にあった。夕刻には仕様書や工程表の手はず通り、観測施設建設に携わる関係者が集合した。明日の段取りを相談し、宿へ向かった。宿は夏休み中もあり大混雑で、布団を敷くと畳が見えない状態であった。図7に、搬入する手石島総合観測施設の観測局舎を示す。

総合観測施設の建設作業

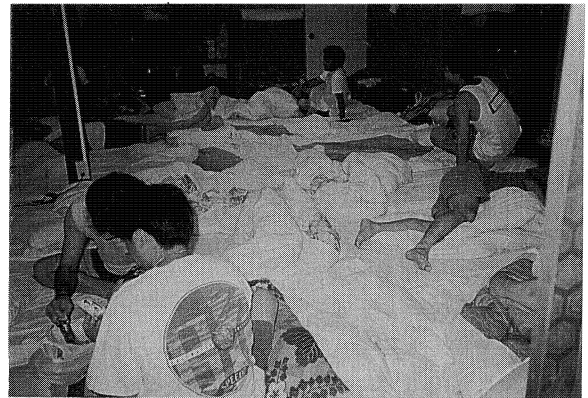
8月9日午前8時過ぎには、かねてからの手はず通り、観測施設建設に携わる関係者が各自弁当と飲料水を持参して伊東漁協に集合した。悪天候で波浪注意報もでており、漁協の鈴木氏は手石島に船が着けられないとの判断で、手

石島に渡ることに観測資材の搬入作業を中止にした。

そこで鈴木工務店に、既存の熱海市下多賀観測点で観測施設基礎台の型枠製作を行って頂いた。我々は手石島への搬入器材や資材の点検をし、一日を終え宿に戻った。我々に用意された部屋は大広間で、以後一週間ほど10名以上の団体生活をするようになった。図8に型枠製作および宿の様子を示す。翌日(10日)には天候も回復し、午前8時過ぎには各自弁当・飲料水を持参して伊東漁協に集合した。すでに漁協関係者は来ており、早速、搬入作業を相談した。9時頃には漁協関係者が集まり、観測施設の建設機材や資材の搬入作業に取りかかった。我々も大型漁船への



観測点前広場で型枠製作



宿泊場所の大広間の風景（民宿：「大上」）

図 8. 既存熱海市下多賀観測点での型枠製作と宿の様子

資材の積み込みを手伝い、一段落したところで小型船で手石島に渡った。上陸後、直ちに全員で弁天様に建設工場の無事竣工と安全祈願を行った。また、藪蚊対策として多量に仕入れてきた蚊とり線香を、工事現場周辺の樹木に吊した。これが作業開始前の重要な仕事となった。建設工事は限られた日数で行うため、すでに配布済みの「工事仕様・工程表」の手順に沿って進行することにしていたが、現場の状況が悪く大幅の修正を要した。鈴木工務店には観測点局舎・太陽電池の基礎台施工に着手して頂いたが、建設現場は凸凹が激しく、基礎台の施工図は役に立たず、全て現場協議で進める事になった。筆者は、建設職人からは親方と呼ばれ、寸法・位置に関する瞬時の判断を求められながら作業を進めた。また基礎台施工も佳境に入った頃、観測資材を載せた大型漁船が手石島前に到着したが、観測施設の現場前（南側）の岩礁地帯は波が高く、小型船でも近づけないため、資材の陸揚げは西側に変更になった。

陸揚げ地点から観測施設の建設現場までは、ほぼ 200 m の足場の悪い岩礁地帯を、人力で全て運ぶことになった。資材の中には 1 個の重量が 25 kg を超えるサイクロン蓄電池も含まれており、真夏の炎天下での搬入作業は想像をはるかに超える重労働であった。観測局舎 (FRP)、太陽電池支柱 (ステンレス製)、アンテナ支柱など、海水に濡れても支障のない資材は、沖に停泊している大型漁船から手石島間にロープを渡して引き揚げを行った。また、コンクリート用の水は船のタンクに真水を入れ、船上でポリタンク (10 個) に詰め替え、ロープを利用して搬入した。島側では子供用プールに貯蔵したが、結局、貯蔵した水は不足し、毎朝の人員輸送のときにポリタンクで運び入れを行うことになった。午前中は陸揚げ作業を中心に進め、午後からは岩礁地帯の波打ち際に陸揚げされた建設資材 (砂・砂利) を観測施設の建設現場まで搬入する作業であった。資材は多量にあり、たかだか 15 m 程度の距離ではあっても 1 袋 20 キロ以上の砂・砂利を足場の悪いところを肩に担いで

の作業は、午前中の疲労と暑さが重なり難渋した。この搬入作業に関わった方々は汗で全身ずぶ濡れ状態で、全て運ぶことは危険と考え、この日は途中で取り止めた。余談ではあるが、飲料水の有難さを痛感した。図 9 に建設工事開始頃の状況と資材の搬入状況を示す。

一息入れた後は、各班 (GPS、電磁気) ごとに観測点設営に取りかかった。夕刻になると迎えの船で伊東漁協に戻り、宿に帰る日々が一週間続くことになる。観測施設の建設工事現場は、平坦地がなく、殆どが岩盤地帯であるため、局舎基礎台座および太陽電池支持台の型枠製作には難渋した。特に局舎基礎台座は、幅 1,700×横 1,700×地表からの高さ 100 (mm) の寸法で、完成後に FRP 製の局舎 (EQA-1,600) が載るため、大きさの精度が要求され、熟練を要した。また局舎・太陽電池支持基礎部の掘削が不可能であった。全てアンカーボルト (10Φ×200mm) を基礎部の岩盤に打ち込み、若干の配筋を施してコンクリート基礎部と岩盤を固定する方法を用いた。特に傾斜計設置台には、強固な岩盤上にアンカーボルトを密に打ち込み、重力計測定台にも同様の固定方法を行った。強震計検出器の取り付け台の工事は、観測局舎地点から 10 m ほどの山側の岩盤上で、表面の風化・摂理している部分を削岩機で完全に除去して、岩盤とコンクリート製の地震計台をアンカーボルトを 8 本打ち込んで固定した。この建設工事のためにアンカーボルトを 200 本用意したが、岩盤とコンクリート固定に全て使用した。なおコンクリートは全て現場手練りである。図 10 に、工事に搬入した発電機、局舎基礎台座及び太陽電池支持台の工事状況、岩盤へのアンカーボルトの打ち込み作業などを示す。

建設工事でも中間段階に入り、徐々に観測施設の体をなしてきた。観測局舎、太陽電池支持のコンクリート基礎台は、2 日間の養生を置き、型枠解体作業に取りかかった。全て突貫工事の連続ではあったが、想像以上に仕上がりが状態が良好で、心配された図面寸法も無事確保された。FRP 製の



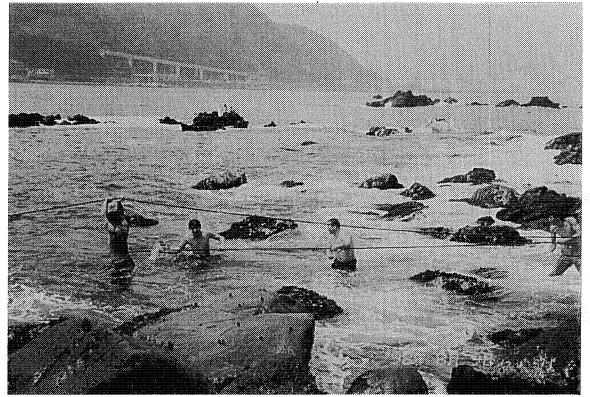
地震研究所から持ち込んだ観測資材



手石島工事現場前に到着した大型漁船



観測施設建設前に到着した大型漁船から工事現場前の岩礁地帯に資材搬入用ロープを渡す漁師さん



海に入って搬入作業を行う漁師さん



搬入作業状況と搬入された観測局舎の本体



搬入されたコンクリート用の真水の貯蔵

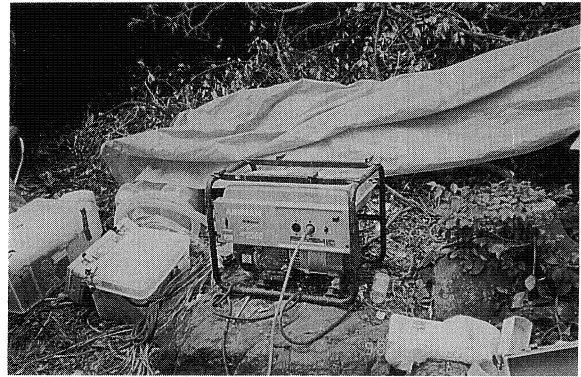


北側からの搬入資材を工事現場付近に人力で運び終え昼食とる風景

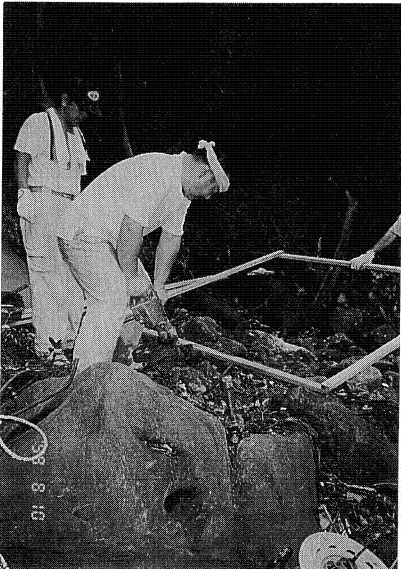
図 9. 観測施設の資材搬入



工事開始の観測局舎基礎台の位置決め



工事に搬入した発電機



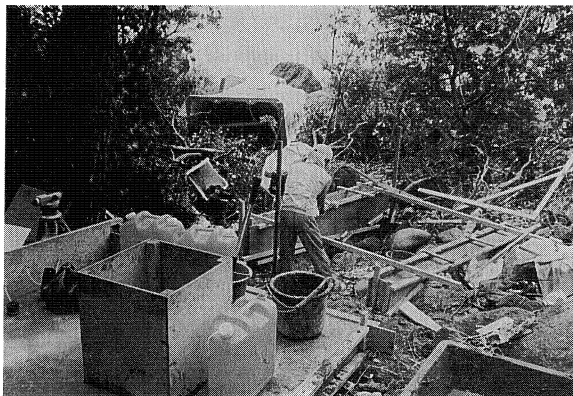
露頭岩盤にアンカーボルト打ち込み作業



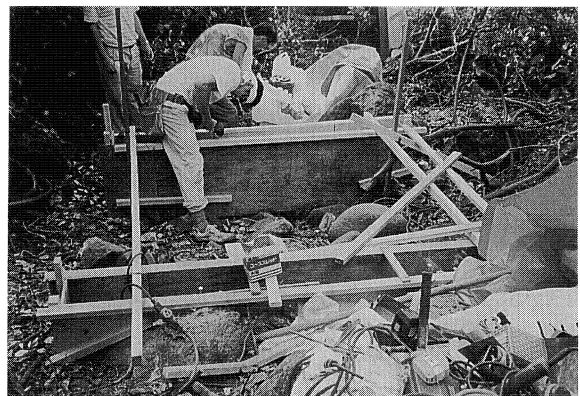
観測局舎基礎台の型枠製作



信号ケーブル引き込み用エフレス管 (黒色)



傾斜計設置場所の型枠 (中央)

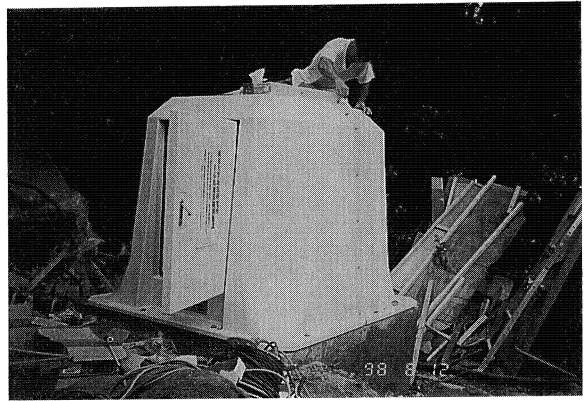


太陽電池架台の支持基礎台製作

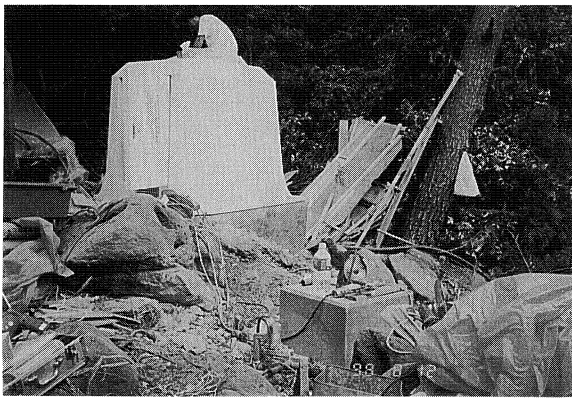
図 10. 観測局舎及び太陽電池の基礎台工事



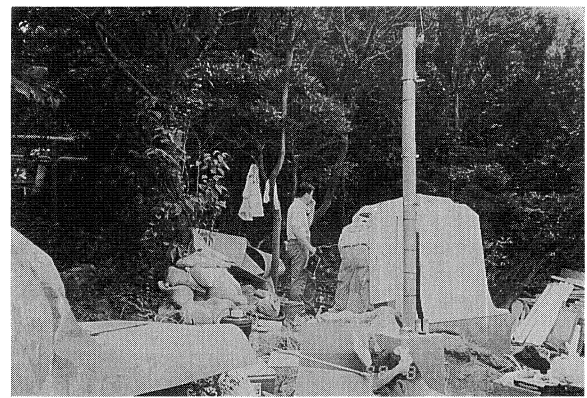
太陽電池架台支持基礎台の型枠解体



観測局舎 (FRP 製) の組立作業



観測局舎手前の重力計測定台



アンテナ支柱の取り付け状況

図 11. 基礎台の型枠解体, 観測局舎組立作業と重力計測定台, アンテナ支柱の設置

観測局舎も図面通りに組み建て作業が進んだ。また、GPS・地磁気班の設営作業も順調に運んでいた。後は局舎横への重力計測定台の設置とアンテナ支柱の取り付け工事のみであった。重力計測定台とアンテナ支柱の設置は、この場合も周りが岩盤地帯のため掘削での設置が不可能であった。そこで露頭岩に直接取り付ける施工方法を用いることにした（岩とコンクリートの密着にはアンカーボルトを用いた）。図 11 に、型枠解体と観測局舎の組み立て作業、重力計測定台、アンテナ支柱の設置状況を示す。

最終工程と各種計器の設置

観測施設の建設も一段落し、最終工程である各種計器の設置と太陽電池モジュールの組み立て作業を残すだけとなった。8月13日からは計器設置作業班も加わって12名が手石島に上陸したこともあり、建設現場は一挙に賑いを増した。観測施設の要でもある太陽電池モジュールの組み立て作業を急ぎ、太陽電池ステンレス架台がコンクリート基礎台に図面通りに正確に固定された。次に局舎内に太陽電池チャージコントローラ装置の取り付け作業を行った。強震計・GPS・地磁気・傾斜計の各班への電源供給は、全

て独立した保安器（ヒューズ）を経由したシステム設計にしている。それは、一部計器の電源故障などで他の班の計器に影響を与えないことへの対策である。図 12 に総合観測施設の電源システムのブロックダイアグラムを示す。強震計用のサイクロン蓄電池の設置を行い、強震計（K-NET 95）の設置と調整作業に取りかかった。しかし観測局舎は真夏の太陽に照らされていたこともあり、換気が全く効かず、局舎内部は熱気で長時間の作業は無理であった。そこで、局舎入口でウチワを用い、風を送る係を設けた。また局舎内部は手狭のため複数での作業は困難のため、各班交代しながら設置作業を行った。別置き地震計台への強震計検出器（加速度計）の取り付けは、コンクリート台にアンカーボルトを使って行った。信号ケーブルの保護としてエフレス管を用いた。図 13 に太陽電池の組み立て作業と設置状況を示す。図 14 に太陽電池、観測局舎、強震計検出器、GP センサー、プロトン磁力計等の設置状況を示す。表 8 に手石島総合観測施設に設置した各種の観測計器を示す。

別置き地震計台および観測局舎付近の岩盤上のノイズレベル調査も、高橋、坂上（1996）の方法により行った。調

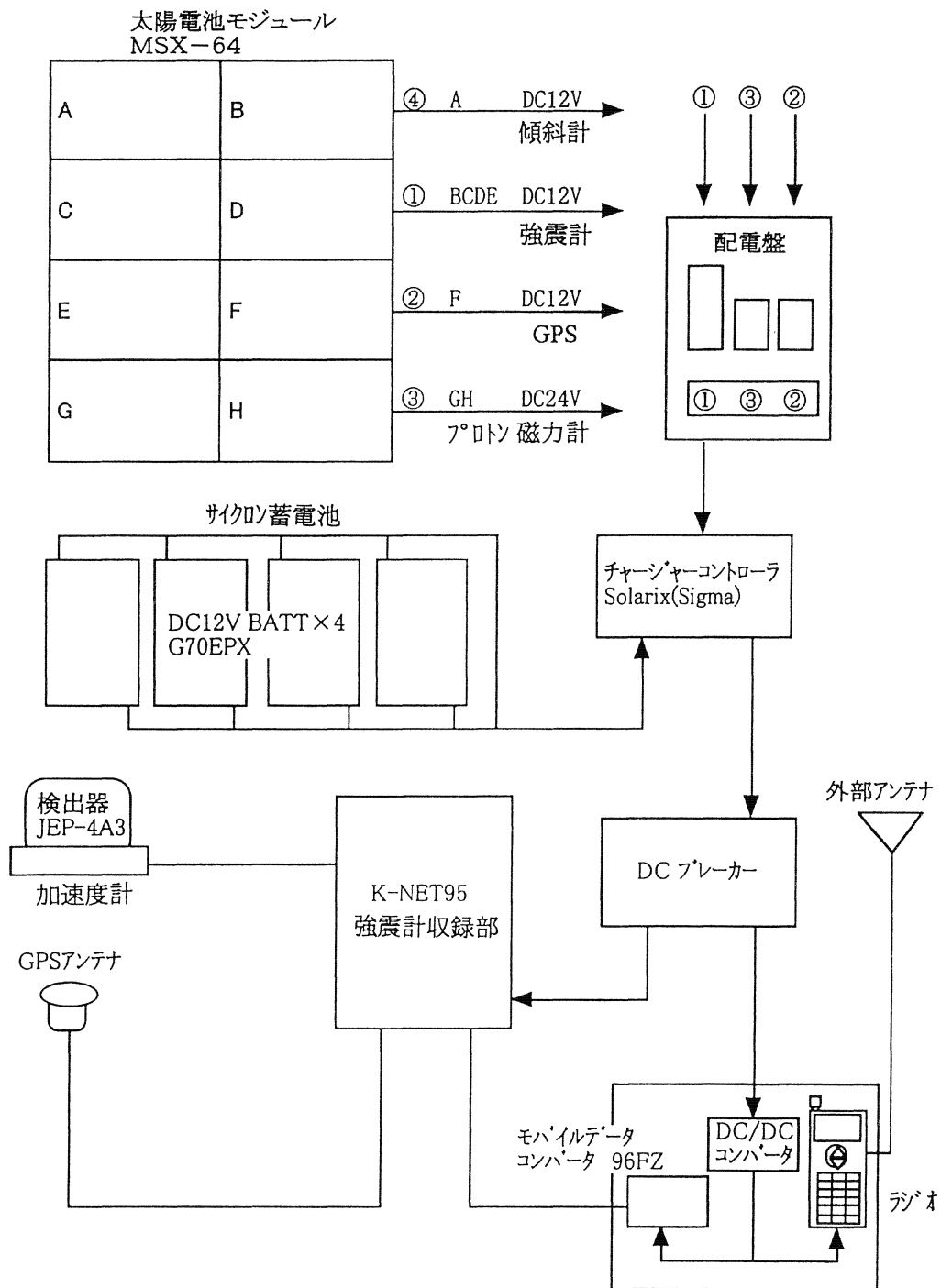
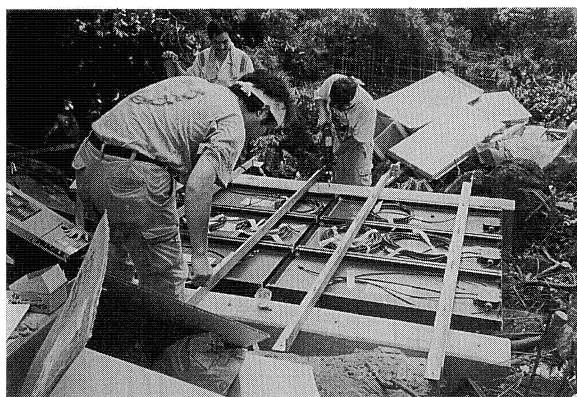


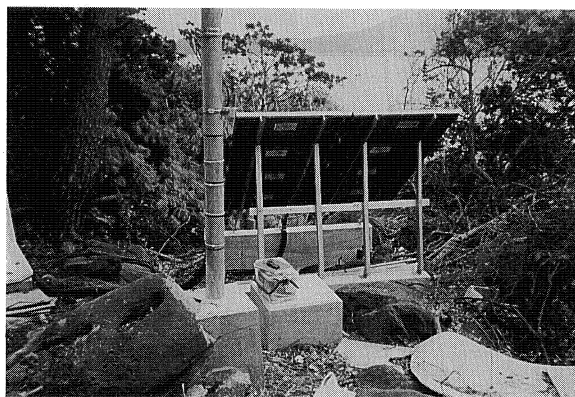
図 12. 観測施設の電源システム

査に使用した速度計はL-22E-V（マークプロダクト製）の上下動1台、 $h=0.7$ （オープン）、感度は 1.7 V/kine 、記録計はピコハイコーダ（日置電機製）である。観測環境は晴天で風もなく、海上の波もなく穏やかな状況であった。観測結果は、山側（別置き地震計台）と局舎地点とも $50\mu\text{ kine}$ 程度が保証され（筑波地震観測所と同程度のノイズレベル）、高感度地震観測にも適した地点であることが実証された。

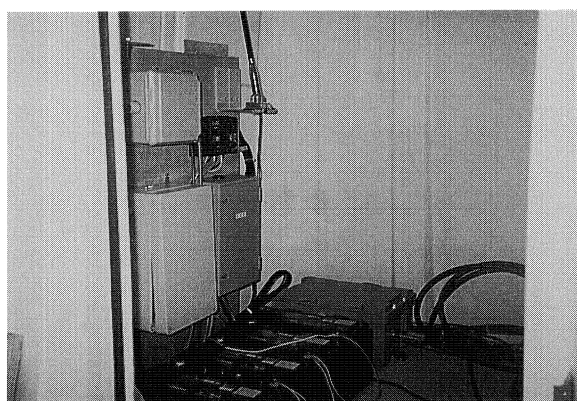
8月14日の午後には観測計器の設置が予定通り終わり、手石島と東京（地震研究所）間でデータ伝送の最終テストを行ったが、 $9,600\text{ bps}$ の接続でも再送が発生せず、陸側の伊東市新井観測点（IAR）での通信テスト同様 650 bps 程度の伝送速度が実証された。また手石島に搬入していた建設機材の搬出作業は、当初予定の大型漁船から小型船に変更し、手石島と伊東漁港間のピストン輸送で開始した。夕刻頃には全ての機材搬出を終え伊東漁協に戻った。翌15



太陽電池モジュールの組立作業



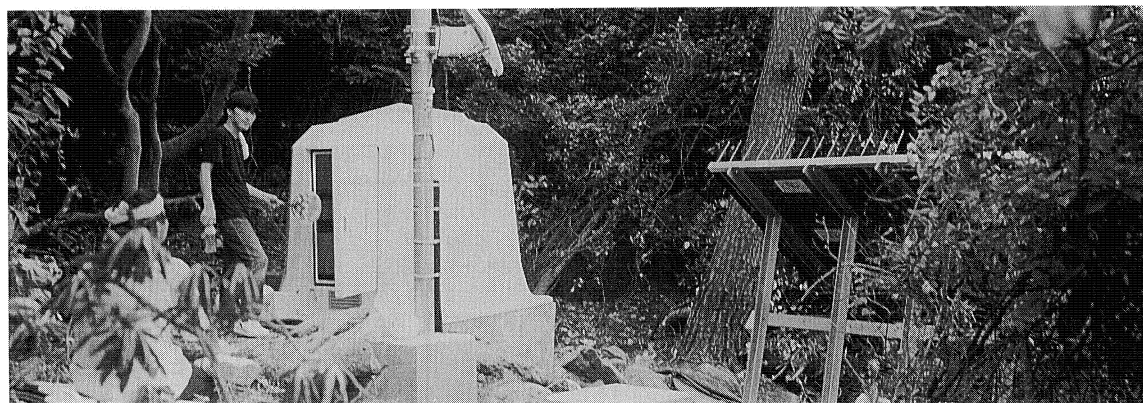
太陽電池架台の取り付け完了状況



太陽電池チャージコントローラの取り付け状況と左下サイクロン蓄電池、局舎奥強震計 (K-NET 95) 収録部



別置地震計台への検出器 (加速度計) の設置



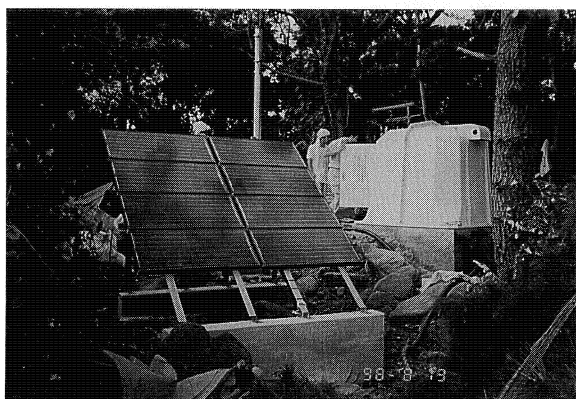
観測施設の設置状況と局舎内熱射のため作業者に風を送る様子

図 13. 太陽電池モジュールの組立と電源部の取り付け作業及び強震計の設置状況

日には手石島総合観測施設の竣工および導入物品検査が行われ、また完成した重力測定台で重力計による測定が行われた。伊東市漁業協同組合関係者も多数上陸され、完成した総合観測施設の見学をして頂いた。図 15 に手石島総合観測施設の完成状況と GPS、重力測定台での観測状況、観測局舎扉の看板および観測局舎前などでの記念撮影の様子

を紹介する。昼頃、観測局舎ドアに施錠し、弁天様に総合観測施設の無事完成を報告し、全員手石島を後にした。

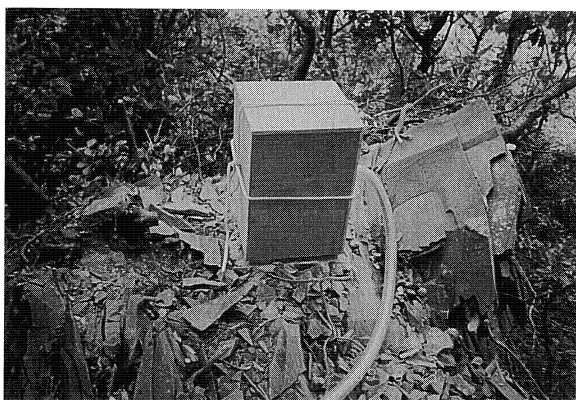
観測施設が完成後、8月27日早朝、手石島付近で発生した地震（気象庁速報震源：35.0°N, 139.2°E, 深さ10km, M3.6）が観測された。図 16 に観測記録を紹介する。



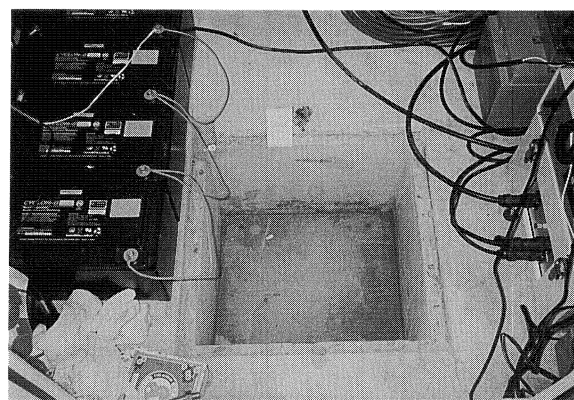
手石島総合観測施設の完成
(太陽電池と右奥局舎)



観測局舎の完成



強震計検出器の塩害防止用木製カバー
(手前白色管：ケーブル保護用エフレス管)



観測局舎内の傾斜計設置場所
(観測局舎内中央部)



GPS 受信機の設置状況
(手石島東側やや平坦地に設置)



プロトン磁力計の設置状況
(手石島東側の平坦地樹木の中)

図 14. 観測施設・機器の設置状況など

表 8. 手石島総合観測施設に設置した各種の観測計器

設置計器の機種	主な機器仕様	データ伝送手段	機種メーカー	備考
強震計(K-NET95)	加速度分解能 0.1m Gal 以上 A/D 変換器分解能 18ビット以上 サンプリング周波数100Hz 記録容量 8M バイト 時刻精度 1msec以内 (GPS)	携帯電話 (手石島⇄ 地震研究所)	ア卡西社製	検出器別置 (アンカーボルト 固定)
重力計	精度: 1 マイクロガル	現地観測	ライオン・ロンバーク社	
プロトン磁力計	精度: 0.1 ナンテスラ	携帯電話 (手石島⇄ 地震研究所)	テラテックニカク社製	センサー別置
平行 2枚板式河搬型傾斜計 (震研93型傾斜計) 2 成分	固有周期: 約 0.5秒 分解能: 1 nano rad 感度: 3.06mV/マイクロ rad (N-S成分) 8.19mV/マイクロ rad (E-W成分)	現地収録 (データロガー)	傾斜計: 地震研究所開発 データロガー: 白山工業社製	99年度に携帯電話による収録予定
1周期 GPS観測システム	精度: 基線長500m~10km で基線長方 (水平方向) 3mm, 高さ方向 (上下) 7mm の変化検出可能 手石島: 1 周期 GPS受信機, 特定小電力無線送信機 伊東側: 特定小電力無線受信機, リム・バブル ハードディスク, 装置容量 1GB	手石島⇄地震研究所伊東地殻変動総合観測井へ無線送信, 観測井内のハードディスクに収録	記録システム: 地震研究所の独自開発受信機 基板 GS-74: 古野電気社製	手石島側は 1 周波 GPS 受信機と送信機で消費電力 3W 5 秒サンプリング 200 日間連続記録可能 重量: 2.9kg 消費電力: 1.2 kw

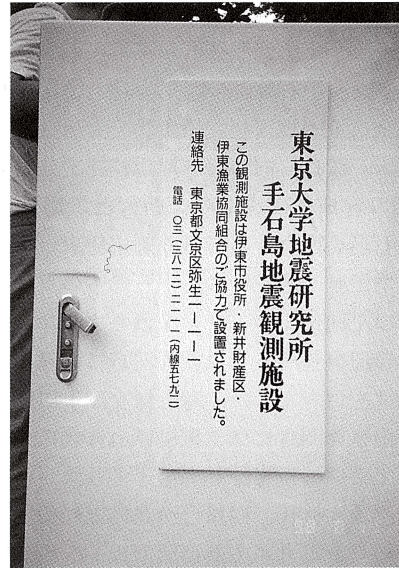
ま と め

本報告では、観測点設営に関し初段階の観測点候補地選びからスタートし、場所決定に至るまでの経過と建設実行に入るまでの事務折衝や手続き方法などについて紹介した。また、建設計画が具体化する中でさまざまな状況判断が求められたが、敏速に対処することで問題解決を図り、観測施設の実現に向けてとった行動なども報告した。また短

期間に建設工事を行う上で手石島総合観測施設の「工事仕様と工程表」を綿密に作成し、この建設に関わる関係者全員に配布して建設工事の周知徹底と円滑化を図った。しかし当初の小規模な観測点設営計画から総合観測施設に拡大したことなどにより、観測施設の完成までには多くの問題が生じた。共同事業の難しさを象徴したできごとであった。また、大人数の共同作業で観測施設実現に向かって突き進んだことが印象的であった。



重力の観測風景



観測局舎扉の看板



完成した観測局舎前で記念撮影
(左から渡邊, 坂上, 手前高橋, 瀬瀬, 小山, 手前大久保, 大西)



ご協力を頂いた伊東市漁協の皆さんと観測施設前の岩礁地帯で記念撮影

図 15. 観測風景と観測施設の前で記念撮影

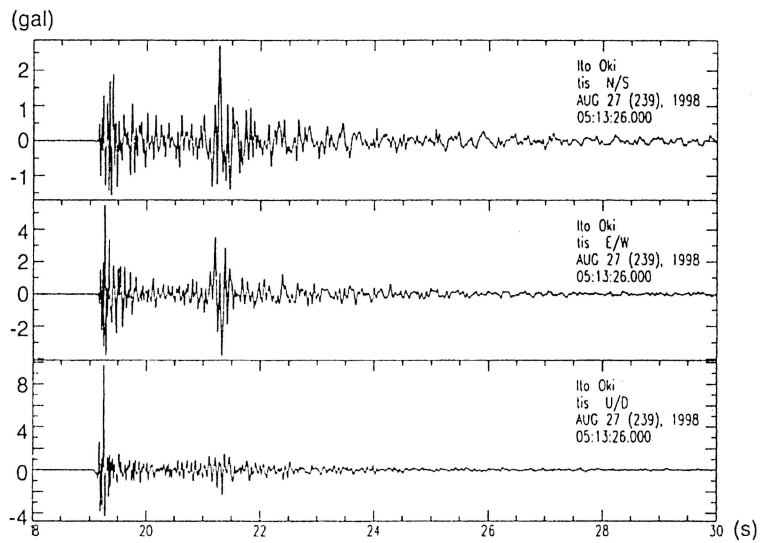


図 16. 8月27日5時13分の伊豆半島東方沖地震 (M 3.6) の加速度記録 (上から南北, 東西, 上下成分)

現在、手石島総合観測施設は、地殻変動観測用の傾斜計の設置も終え、全ての観測機器が正常に稼働している。

謝辞：伊東沖手石島総合観測施設の建設に際して、伊東市役所安全対策課地震防災係藤公男係長、同市庶務課財産区係八木一彦氏、同市市外地調整課国立公園担当木梨又三郎技師の皆様には適切なお助言とご協力を頂きました。また手石島を所有されております伊東市新井財産区区議会ならび増田基昭議長には、手石島への上陸と島内調査の許可ならび土地借用のご許可を頂きました。環境庁自然保護局沼津管理事務所五十嵐毅管理官には適切なお助言と協議書の指導を頂きました。海上保安庁下田海上保安部警備救難課西内務専門官には工事届けの作成について、適切なお助言と工事届の指導をして頂きました。伊東市漁業協同組合総務課鈴木眞氏、同組合漁業無線局菊地隆雄局長、漁協関係者の三軒町丸船主飯島康則氏（弁天様総代）、太仙丸船主太田修一氏をはじめ、皆様には観測施設設営計画の初期から献身的に設営計画のお力添えをして頂きました。また多くの漁協関係者（総勢85名）には忙しい時期にも関わらず、建設機材や資材の搬入搬出作業のご協力を賜りました。工事期間中には、連日人員輸送をして頂いたご好意に対し感謝を申し上げます。工事開始前の観測施設建設地点の環境整備（雑木雑草等の除去）に地球計測部の世田学氏にご協力頂きました。鈴木工務店鈴木伸一氏および社員の方々には難工事の観測施設建設工事一式を請け負って頂きました。テラテクニカの大西信人氏には足場の悪い手

石島で建設機材や資材の運搬にご協力を頂きました。強震計メーカー、アカシの浜田和男、斗沢俊雄両氏には、強震計（K-NET95）のデータ伝送テストに同行して頂き適切な技術指導をして頂きました。アカシの酒井隆一氏には手石島での計器設置に協力をして頂きました。サイスマックの飯沼裕昭氏をはじめ安達美紀、船順孝両氏には強震計の設置および太陽電池関係の組み立てと、取り付け調整を実施して頂きました。コスモテックの吉田勇介氏はじめ社員の丸山芳男氏、山上日出男氏、平田淳氏、皆様には、観測局舎及び太陽電池関係について適切なお助言を頂きました。また民宿「大上」さんには、夏休み中の最中、宿を提供して頂きました。

手石島総合観測施設の完成は、多くの皆様方のご支援とご協力の賜と深く感謝を申し上げます。また今後、自然現象の聴診器地点としての手石島総合観測施設の維持管理に努めて参ります。

文 献

- 坂上 実・高橋正義, 1997, 強震観測室の変遷・観測点選定・観測点建設・強震計設, 東京大学地震研究所技術研究報告, No. 2, 102-119.
- 坂上 実・額綱一起, 1998, 伊東沖手石島の総合観測点の建設, 東京大学地震研究所広報, No. 22, 7-9.
- 高橋正義・坂上 実, 1996, サーボ型加速度計のノイズ評価, 東京大学地震研究所技術研究報告, No. 1, 96-100.