

## はじめに

### — 波浪等観測塔建設20年を迎えて —

波浪等観測塔は、国立防災科学技術センターの共用的観測実験研究施設として、雪害実験研究所に続きその設置が認められ、昭和39年から建設に着手した。その建設目的は、外洋に面する沿岸において、風による波浪の発達過程のように複雑な周波数特性をもったもの間の応答の解明など、その当時における先端的研究を中心に、外洋における海象・気象現象についての観測研究を総合的に、かつ継続的に行うことになった。

わが国で強風による波浪の発達は、日本海側では冬季の北西季節風により、太平洋岸では台風と発達した低気圧により、それぞれみられ、その発達様式はそれぞれ異なる。このようのことから、研究とはいえ波浪等観測塔はわが国に一基あればよいとは考えないが、少くとも当初建設するものは、関係機関の地理的分布を考え、東京から遠くない所で、海象・気象に関する関連データも入手できる相模湾に建設されることになった。

当時、臨海工業施設の建設、大型タンカーの建造等沿岸における土木工事が活発ではあったが、外洋における橋や塔の工事は皆無に近かった。そもそも外洋などで恒久的工事を必要とするものは海底炭田や海底油田のような沿岸海底資源開発を行うもの以外にはない。炭鉱の場合は軍艦島が代表であり、鋼管製のものは石油や天然ガスの採鉱用ジャケットである。メキシコ湾では海底石油掘削用リグがハリケーンで倒れ、流失するなどの事故も起っているときくので、筆者らは帝国石油株式会社から知見をえ、石油資源開発株式会社の秋田沖天然ガス採鉱用ジャケットを見学したりしてまず初步的知識を得た。

工事可能な水深については、当時の技術水準では20mが限度と考えられており、設計用の波力の計算も行えたが、海底の地盤調査法は、海上ボーリング調査が有明湾などで行われていたが、まだ参考になるものに乏しかった。しかも、相模湾はかぶと岩（茅ヶ崎）などで岩礁や磯が認められるように海面下に暗礁が処々にあり、設置場所により地盤条件がかなり異なると思われていた。建設場所は、神奈川県、平塚市、地元漁協等の協力をえて最終的に現位置に観測塔の設置場所が定まった。これより前、東京大学海洋研究所の淡青丸の試航海が相模湾で行われることを知り、奈須紀幸同研究所教授（現放送大学教授）にスパーカーとなるべく沿岸浅部（出来るだけ水深20m以浅）まで行うようお願いしてあった。その結果をみると、設置予定地点を含む馬入川河口から花水川河口の間は、その外側両地域にみられるような新第三系からなる暗礁やその海底に埋没したものはまったくなく、探査下限まで均質な碎層であった。ところが、この年の6月16日に発生した新潟地震では砂の液状化現象による落橋や建物の沈下・傾倒が多数発生した。そこで、京都大学の吉住永三郎教授（当時）や吉川宗治教授らの協力をえて、海底ボーリング調査に加え、同孔を中心に海底電気探査とP波・S波探査を実施し、砂地盤の性質の把握に努めた。これら調査法の開発の成果は、東

名高速道路浜名湖北縁部の基礎調査や船橋港建設のための観測調査等に非常に役立ったときいた。ただ、その実施責任者であった高木光哲氏（当時八千代エンジニアリング）が本調査2年後にバングラディッシュの工事現地で亡くなられたことは誠に残念なことである。

塔の構造についても種々検討がなされ、今日みるようなものとなった。構造物とともにそのデータ伝達と処理について、統計数理研究所赤池宏次氏（現同所第5研究部長）の協力をえて最先端の方式を検討した。すなわち、塔からは多数の検出器出力をデジタル方式で伝送し、陸上施設には多種目の観測値のデータ受信とそのオンライン処理・ファイリング用に作られた小型電子計算機を設ける方式である。このような目的に専用の小型電子計算機システムは、当時米国で開発され実用化されていた。しかし、電子計算機は国産機を使うことが政府の方針であり、その他の制約もある中、本文にみるようなものが実現した。なお、研究用の計算は電話回線により本所（当時東銀座）の電子計算機を使う計画であった。

観測に当っても研究目的に適う最新の方式の採用に努め、今まで本文に記されたような観測がなされてきた。特に最近は、人工衛星による観測技術の進歩にともない海を面向て観測できるようになり、その測器の開発と解析上信頼性の高い海上観測値の提供に研究が進展した。また、陸と海上にかかる気象現象の解析上、海側における唯一の連続観測点であり、塔における20年間の観測資料が役立ちはじめた。このように塔の一点観測から発足した研究が、相模湾を中心に広くかつ多面的に展開してゆく条件が客観的にも主体的にも出来てきた。さらに注目すべきことは、日本海中部地震の津波を北海道から韓国沿岸にいたるまで調査したり、わが国の古津波・古地震の研究を進められるようになっただけでなく、海底傾斜計の試験観測の行われるようになったことである。申すまでもなく、本邦に甚大な被害をもたらす巨大地震は海溝沿いに発生するので、その震央域での先行的地殻変動をとらえるための深海用海底傾斜計のパイロットモデルである。海洋観測は今や海底地殻中の現象にまで及ぶ時代である。これは、初島における海洋科学技術センターの海底重力計や海底磁力計、海底強震計等の試験観測とともに深海底地殻活動観測の一連の開発研究のひとつである。また観測塔における潮位の連続観測は相模湾の海象にとってだけでなく、地震予知上も重要な観測となってきた。すなわち、伊東付近の地震性異常隆起は、伊東と油壺の検潮記録の比較から検討されている。塔は両地点の中間にあたり、不動ないし小変動地側のより近い地点にある。さらに最近注目されている神奈川県西部のM=7級の地震の予知にとって、その推定発生域の東側に位置する観測塔での観測結果は特に重要となってくる。このように波浪等観測塔の観測は、海象・気象だけでなく地殻現象の研究にも重要となってきた。

わが国は四面海に囲まれており、昔から海から多大の恩恵をうけ、海を最も活用してきた海国である。また、平地はその殆んどが、特に広大なものが海に接して形成されており、水に恵まれ温暖であり、縄文の昔から稻作が発達し、工業化も臨海部で発達し、高度成長はまさに臨海工業地帯の飛躍的発展が中心となって進められた。最近の遠洋漁業の国際的緊張

をみると、改めて沿岸における漁業の振興、魚を中心に海産資源の増殖をはからなければならぬ。レジャーに限らず、海域の活用は今後一層活発になるであろうし、四全総でも沿岸域の開発は重視されるようである。ただし、開発と自然または環境の保全および防災は物の両面であり、後者についての知識及び技術の進歩は開発を促進させる。海に関する基本的知識をこれからは今までと比較にならないほど広く、深く探求することを強く求められる時代となろう。

波浪等観測塔が建造されてから20年を経たのを機会に塔に関する基礎資料を整理し、これから波浪等観測塔、或いは塔を中心に求められる観測研究の見直しをし、さらに今後の20年の研究を展開してゆくための足場となることを期待して緒言とする。

国立防災科学技術センター所長 高橋 博



## 目 次

はじめに一波浪等観測塔建設	3.2.2 海底地質調査 ..... 24
20年を迎えてー 高橋 博 .....	3.2.3 観測塔本体の設計、製作 ..... 25
第1章 概 要 ..... 1	3.2.4 設 置 工 事 ..... 27
第2章 波浪等観測塔の構造と機能 ..... 4	3.2.5 ケーブル製造敷設工事 ..... 29
2.1 波浪等観測塔 ..... 4	3.2.6 付帯工事（送受電設備、 観測支柱、その他） ..... 29
2.2 観測塔の設計構造 ..... 6	3.2.7 記録映画の作成 ..... 30
2.2.1 観測塔の基本構造 ..... 6	3.3 観測艇「さがみ」の建造 ..... 30
2.2.2 観測塔に加わる想定荷重 ..... 7	3.4 観測塔腐食状況調査 ..... 32
2.2.3 部材断面の決定 ..... 7	第4章 波浪等観測塔における観測業務 33
2.3 各部構造と機能 ..... 8	4.1 観測塔における観測の変遷 ..... 33
2.3.1 下部観測作業デッキ ..... 8	4.2 定時観測 ..... 33
2.3.2 観測室内部 ..... 9	4.2.1 風向・風速観測 ..... 33
2.3.3 上部観測作業デッキ及び 観測室外部 ..... 10	4.2.2 気温・湿度の観測 ..... 33
2.3.4 増設部分（波高計支持柱、 検潮管） ..... 11	4.2.3 振動計観測 ..... 34
2.4 関連設備 ..... 13	4.2.4 波浪観測 ..... 35
2.4.1 電力通信ケーブル ..... 13	4.2.5 潮位観測 ..... 38
2.4.2 観測艇「さがみ」 ..... 15	4.2.6 表面水温観測 ..... 39
2.5 観測塔の位置及び水準測量等 について ..... 17	4.2.7 各層水温観測 ..... 39
2.5.1 陸上水準点との照合測量 ..... 17	4.2.8 流向・流速観測 ..... 40
2.5.2 観測塔の地図上の位置決定 ..... 19	4.2.9 長周期波観測 ..... 41
2.5.3 ケーブル埋設位置について の調査及び標識柱の設置 ..... 19	4.2.10 海底傾斜観測 ..... 41
第3章 波浪等観測塔工事の記録 ..... 22	4.3 実験観測 ..... 44
3.1 建設までの経緯 ..... 22	4.3.1 3次元風速変動の観測 ..... 44
3.1.1 計画と予算 ..... 22	4.3.2 マイクロ波散乱計による海 上風の測定 ..... 46
3.1.2 設置場所の選定 ..... 22	4.3.3 二周波マイクロ波散乱計に よる波浪計測実験 ..... 46
3.1.3 漁業補償 ..... 23	4.3.4 表層水温の観測 ..... 49
3.2 建設工事記録 ..... 23	4.3.5 吊下げ圧力式波浪計による 波浪観測 ..... 50
3.2.1 設計仕様書及び試設計 ..... 23	4.3.6 波浪計測ブイの開発実験 ..... 51

4.3.7	C S T D観測	51	5.2.5	停電対策	71
4.3.8	流速変動観測	53	5.3	観測艇の維持管理	72
4.3.9	波と風の干渉の観測	55	5.4	台風による観測塔被害	73
4.3.10	塔の周りの風速分布の観測	56	5.5	観測塔における安全対策	75
4.4	他機関との共同観測等	58	5.5.1	緊急時の連絡方法	75
4.4.1	東京大学海洋研究所との共同観測	58	5.5.2	観測塔での作業の安全	75
4.4.2	気象研究所との共同観測	58	5.5.3	観測塔での宿泊・滞在	75
4.4.3	海洋科学技術センターとの共同観測	59	5.5.4	大規模地震に関する「警戒宣言」が発令された場合の措置	76
4.4.4	宇宙開発事業団との共同観測	60	5.6	観測艇「さがみ」の安全対策	76
4.4.5	神奈川県水産試験場との共同観測	61	第6章	総括	77
4.4.6	その他の共同観測、施設利用、視察、見学等	61	編集後記	竹田 厚	79
4.5	データ収録システムと定時観測データファイル	62	付録	1. 波浪等観測塔建設工事完成図…	81
4.5.1	データ処理装置の変遷	62		2. 波浪等観測塔関連の20年間の年譜	89
4.5.2	定時観測システム	63		3. 波浪等観測塔設計仕様書	101
4.5.3	データストックの利用について	66		4. 国内外の海洋観測塔	106
第5章	波浪等観測塔に関する管理業務	67		5. 観測塔に関する成果報告書のリスト	107
5.1	観測塔の維持・管理	67		6. 参考資料リスト	111
5.1.1	電気防食	67			
5.1.2	塗装工事	67			
5.1.3	腐食部材の付替え	67			
5.1.4	観測室床の張り替え	69			
5.1.5	防舷材の取り替え	69			
5.2	測器の維持・管理	69			
5.2.1	波圧対策	69			
5.2.2	腐食対策	70			
5.2.3	付着生物対策	70			
5.2.4	無人管理に起因する問題	71			

# 国立防災科学技術センター“波浪等観測塔”20年の記録 —技術資料集—

国立防災科学技術センター平塚支所

Twenty Years of the Hiratsuka Marine Observation Tower  
of the National Research Center for Disaster Prevention

— Technical Documents —

By

Hiratsuka Branch, National Research Center for Disaster Prevention  
9-2, Nijigahama, Hiratsuka, Kanagawa-ken, 254, Japan

## Abstract

Twenty years have passed since the Hiratsuka Marine Observation Tower built. The tower is a large-sized facility provided for basic and commonly interesting researches for coastal disaster prevention, and has been used in many oceanographic and meteorological field studies. This volume describes technical information about the structures, functions, construction documents, observation operations and managements of the tower as the 20years anniversary document.

## 第1章 概 要

波浪等観測塔は沿岸防災科学技術の推進にあたり欠くことのできない沿岸の海象・気象のデータを収集するために、国立防災科学技術センターの研究施設として、平塚海岸沖1kmの相模湾内に、昭和40年に設置された。

この観測塔においては、波浪・潮流・潮位・水温・風などの諸要素が、長期にわたり連続的に観測され、それらのデータは、塔内の電子計算機端末から海底ケーブルを通じて陸上の平塚支所内のデータ処理装置に送られ、定時観測と異常時の特別観測についてのデータファイルの作成、統計処理、スペクトル解析などの情報化が行われている。これらの情報は、沿岸災害要因である津波、高潮、高波など異常現象の予知予測の研究、あるいは沿岸諸施設の防災技術の発展に役立っているほか、地域の防災対策のために、あるいはわが国の沿岸海象の代表的統計資料として、各方面で利用されている。

また、この観測塔は、マイクロ波散乱計などリモートセンシング技術による波浪計測など各種の海象計測技術の開発研究や、他の関係機関が短期間、観測を行う共同研究の場としても重要な役割を担ってきた。

外洋性の海中に、このような大規模で、恒久的な観測塔を建設することは、当時、わが国でははじめての試みであったし、20年を経た今日でさえ、全国の沿岸についてみても、このような観測施設の数はきわめて少ない。さらに上述のように各種の海象・気象要素を長期間、連続的に観測し、情報化している海洋観測塔は、世界的にも稀な存在であるといえる。

国内外を問わず、沿岸地域の開発は進む方向にあり防災の立場からでなくとも、このようなデータや情報の需要は増しているはずである。それにもかかわらず例が少ないので、やはり、必要な機能をもった海中施設を維持、管理、運転して行くのに、技術的な困難が多いからであると思われる。

波浪等観測塔の20年の歴史は、大げさにいえば、これらの困難との戦いの歴史であった。20年の間には、観測や研究についての多くの成果が論文や資料集の形で印刷刊行されたが、それらの中には書かれていらない、多くの試行・錯誤、暗中模索の過程があった。そして今日完全とは言えないまでも、いろいろな観測に対して、それぞれ最も確実な手法というものが経験的に定まってきたといってよい。いわば「波浪等観測塔」に関する利用技術というべきものが整理されてはいないものの、かなり蓄積されてきたと考える。さいわいにして観測塔には、現在大きな損傷もなく、とくに老朽化のきさしもないで、少くともあと10数年は十分使用に耐えるであろう。

一方、建設後20年を経て、当時の記録・文書は残っているものの、必要なものは、今のうちに整理し、印刷して保存することを計らないと、やがて散逸してしまい、今後の観測塔の利用に大きな支障を生じることにもなる。

本書は、20年という節目を機に、さらに高度な観測塔の利用に備えて、構造や機能、工事等の来歴、観測業務の経験、運用などに関する技術的な資料を集積しておくことをねらったものである。しかしこれが内部資料的なものにとどまらず、もとより共用施設である波浪等観測塔が広く関係者に活用されることに、多少でも役立てることができ、あるいは、防災や海洋開発など、多くの分野で海洋の観測にたずさわる人々に何らかの寄与ができるれば、刊行することに十分の意味があると考える。

まず、第2章においては観測塔本体ならびに付属施設等の構造、配置、機能等についての現在の状態（原則として）を記述した。参考用に観測塔工事完成図の主要なものを3枚、付録として巻末に収録した。この章は、塔の使用に際しては、ぜひ読んでほしいところである。

つぎの第3章は、この塔ならびに付属施設の建設当時からの工事の記録を、資料等にもとづいてまとめたものである。20年の年月の間には、人の異動も多く、現在の職員の中には当時の関係者はほとんどいない。さいわいにして、資料の多くは、かろうじて保存されていた

のでこれをできるだけ散逸しないためにも、この章の中で整理しておくことを考えた。なお巻末の付録2の年譜、付録3の観測塔設計仕様書、および付録6の参考資料リストに掲げた資料を、とくにこの章を読む場合には参照していただきたい。

第4章では、この観測塔の本来の目的である沿岸防災科学技術の発展に不可欠な観測業務に関して、20年間に経験し、培い、そして現在実施している技術を、項目別にのべてある。内容は、あるいは当たり前で平凡なものもあるかも知れないが、海上という困難な条件の下で研究成果を生み出すための、裏方（うらかた）的な基本技術を、一通り紹介しておくつもりもある。本書は何回も言うように、研究成果を報告したり紹介しようという意図のものではない。あくまでそれを支える雑多な技術的情報を整理しておくことをねらったものである。したがって関連する研究成果については、論文リストのみを巻末の付録5に掲げてある。

第5章は、観測業務と共に関係者が、最も腐心してきた観測塔の管理業務についてのべてある。海中という特殊な環境下の大型の研究施設を、小規模な研究機関が維持・管理して行くことには多くの困難・危険がつきまとうが、さいわいなことに、最新技術と職員・関係者のパイオニア精神に支えられて、20年間大過なく、その目的を果して来ることができた。

最後に第6章ではこの観測塔の20年間の評価・位置づけと、将来への発展を述べる。

## 第2章 波浪等観測塔の構造と機能

### 2.1 波浪等観測塔

波浪等観測塔は平塚市虹ヶ浜地先の海岸から約1kmの沖合、水深20mのところに昭和40年8月に設置された。本体は3本の鋼管製の主柱からなる下部構造の上に、昇降用ラセン階段を内蔵する円筒柱（下部は円錐状）、そしてその上に直径7.4mの観測室をのせた上部構造が載った形をしている（写真2.1.1）。くわしい図面については付録1を参照されたい。

下部構造をなす3本の鋼管主柱は海底から18.3mの深さまでうめこまれて固定されており、平面上正三角形に配置されて、中心からみて北側の柱はほぼ真北に位置している。

最低潮位を基準として、水深は20m、下部の作業デッキの高さは約3.0m、上部の観測室の床面の高さは17.0m、観測室の屋根の中心は20.0mであって、結局、海底から計った塔の正味の高さは40.0mである（図2.2.1）。

塔は下部構造、観測室を含め上部構造ともほぼすべて溶接構造で製作されている。

この施設の製作に先立つ昭和39年には海底地質調査が行われ、昭和40年度に塔本体と海底ケーブル、および陸上施設が整備され、昭和41年度以降、観測計器とデータ伝送施設が整備された。

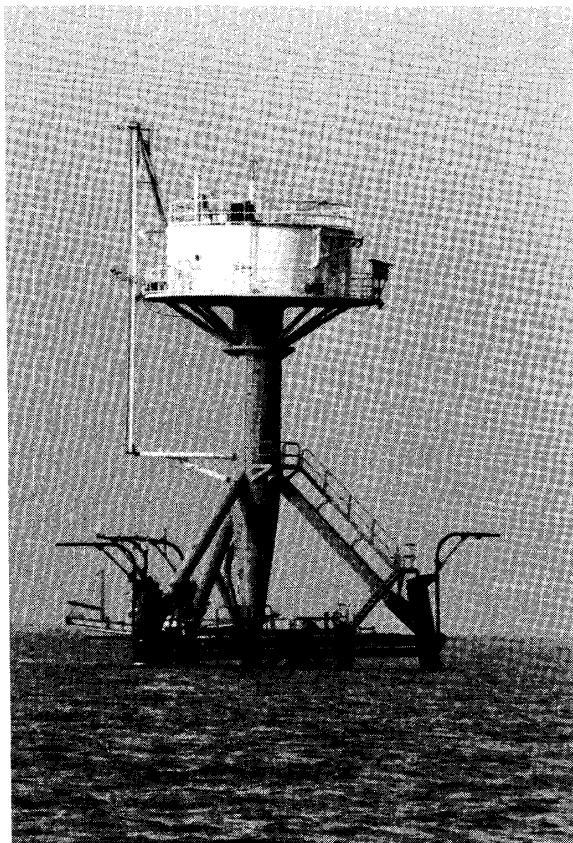


写真2.1.1 波浪等観測塔

この観測塔は、高さ20mの波と、風速60m/secの風に耐えられるように設計されている。

塔の南面には海象観測用・気象観測用のウィンチが各1基、北東面には荷揚げ用のウィンチが1基取り付けられている。

観測塔には、図2.1.2に示すようなさまざまな海象・気象観測器が取り付けられており、波浪、潮位、流速、水温、風速、気温、塔の振動などの観測がなされている。

海底ケーブルは、塔への電力供給と、塔で測定された観測データの送信、および陸上施設との相互電話連絡という3つの役割を果たしている。

観測項目の中には、波高、水温、風速などのように常時継続的に観測されているものと、塔の振動など台風接近などの

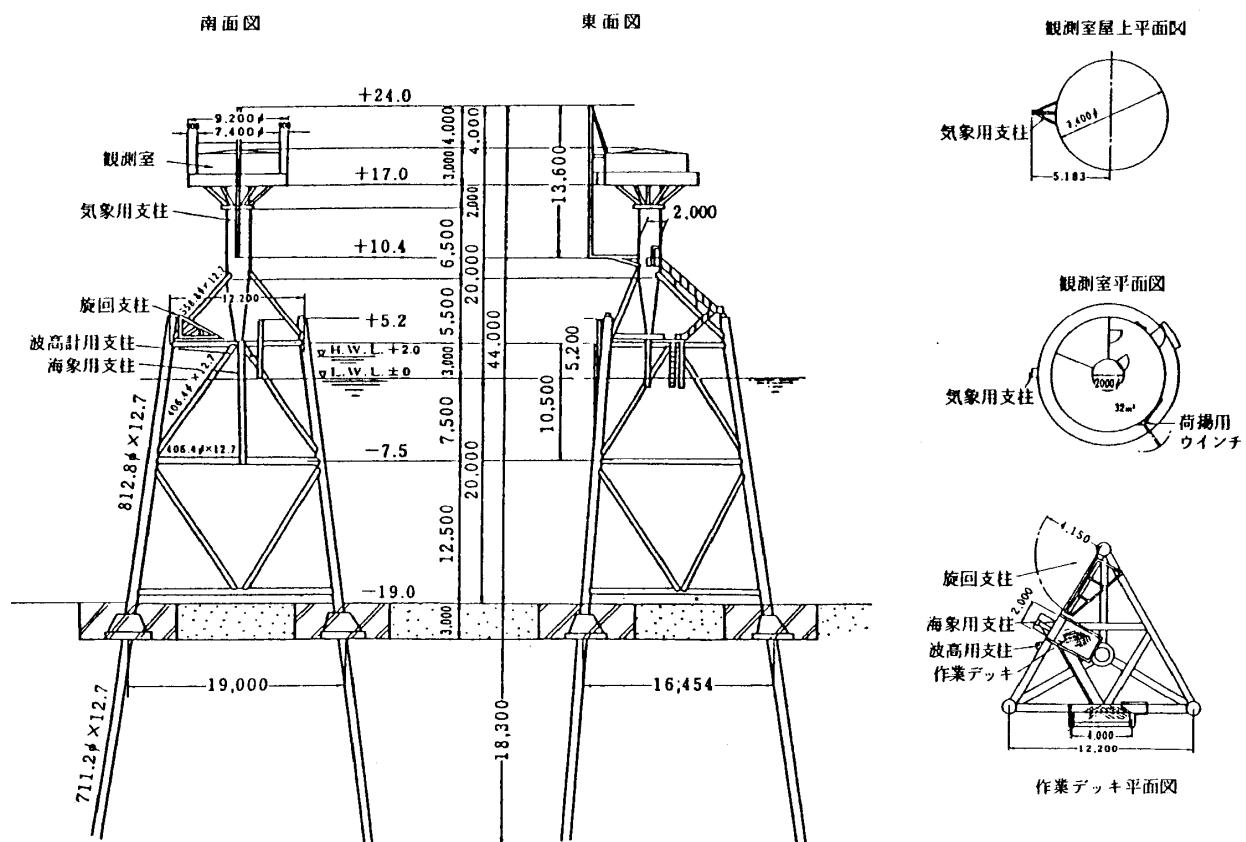


図 2.1.1 波浪等観測塔構造図

1. プロペラ型風速計
2. 2周波マイクロ波散乱計
3. 乾湿計
4. 振動計
5. 超音波風速計
6. 容量型波高計測システム
7. 檜潮儀
8. 表層水温計
9. 各層水温計
10. 流向流速計
11. 長周期波計

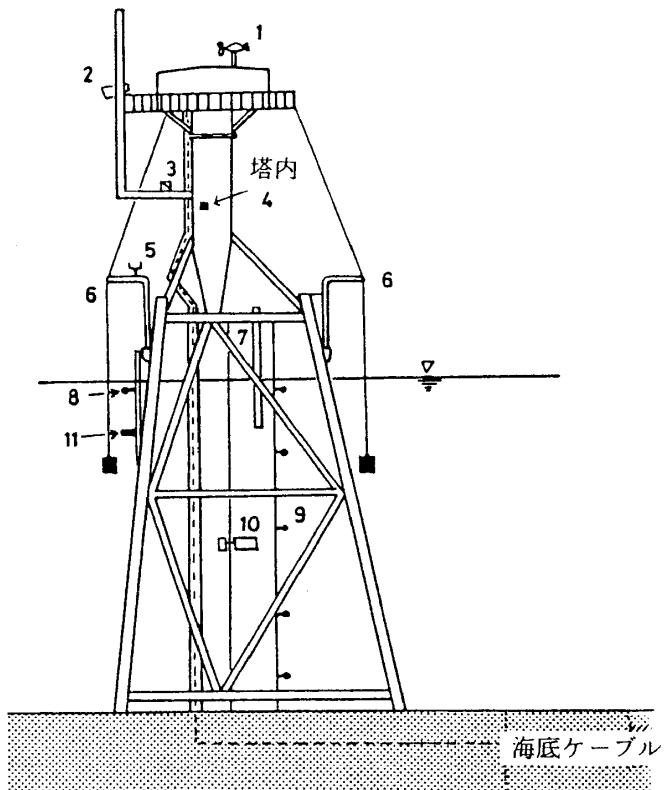


図 2.1.2 常時破置された測器

異常時のみに密に観測される項目があり、電子計算機システムでは、これら性質のことなる観測方法の両方に対処できるようにプログラム設計がなされている。

観測塔で作業がなされるときには、相模川の河口から約 500 m 上流にある須賀港から、平塚支所所属の観測艇「さがみ」によって、人と物質の輸送がなされる。

## 2.2 観測塔の設計構造

## 2.2.1 観測塔の基本構造

波浪観測塔は平塚沖の海岸汀線から約 1km, 水深約20m（低潮位面 LWL から測って）のところに、図 2.2.1.1 のような構造体をもつものとして設計計算が始められた（3.2.3 及び付録 3 参照）。

この図で④と書かれた高さより下の部分を下部構造、④から⑦までを上部構造、⑦より上を（上部）観測室と呼ぶ。

下部構造は3本の主柱と、②、③、④のそれぞれの高さに水平に配置された「水平（つなぎ）材」、それに3つの側面に斜めに配置された「斜め材」からなっている。

3本の主柱は直径 8.5 m, 厚さ 2.7 m のコンクリートの基礎ウェートで海底に固定された上に、更にこれを貫いて地中 18m の深さまで埋めこまれている。この主柱・水平材・斜材からなる下部の構造部材の材質は SS 41, または STK 41 からなる鋼管製であって、部材相互は溶接接合されている。

上部構造は、上の観測室を支え、これに上がるための螺旋階段を内蔵した主柱と、これを支える3本のステー（斜材・支持材）からなるが、これらは、観測室を含めて、普通鋼材（SS41相当品）である。

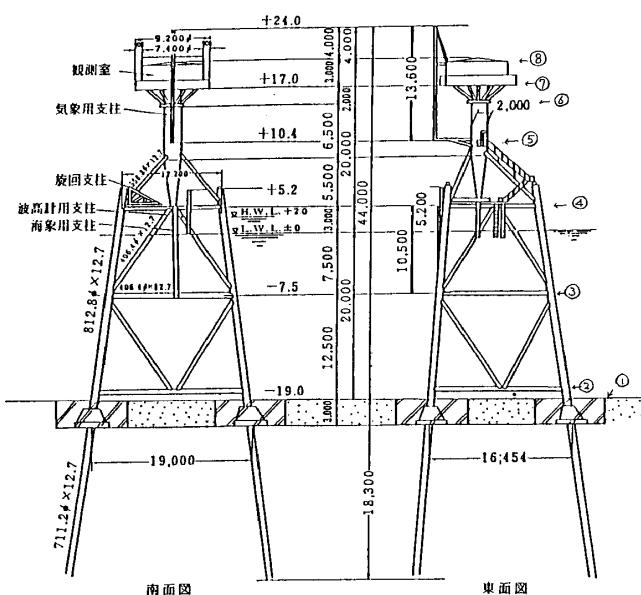


図 2.2.1.1 観測塔構造図

### 2.2.2 観測塔に加わる想定荷重

観測塔の基本構造をなす各部材の断面（直径と肉厚）の決定には、 i. 固定荷重、 ii. 積載荷重、 iii. 浮力、 iv. 風荷重、 v. 長期波荷重、 vi. 短期波荷重、および vii. 地震荷重、の7種類の外力が想定された。

このうち、 i. の固定荷重というのは、「死荷重」ともよばれ、構造を形成する部材自身の重さであり、 ii. の積載荷重としては、上部観測室に 1 m<sup>2</sup> 当り 250 kg として設定された。観測室の床面積は 40 m<sup>2</sup> であるので、 10 t が積載荷重の設計値である。

風荷重 (iv) については、設計風速を  $V = 60 \text{ m/sec}$  とし、風圧  $p$  を、  $p = K_p V^2 A$  として計算された。ここで、  $\rho$  は空気の密度で 0.125 ton/m<sup>3</sup>、  $A$  は風向きからの投影面積である。  $K$  は風圧係数で、円形断面に対して 0.7、平板に対して 1.2 とされた。投影面積 1 m<sup>2</sup> 当り、円形断面で 315 kg、平板に対して 540 kg、となる。

地震荷重は、塔体の重量に対して 0.5 倍の水平力が最も危険な方向に加わるものと想定された。

波の力と地震力については、「台風接近などの異常時で波が非常に高い時（短期波）に、偶然、水平加速度 0.5 g（震度 VII に相当）にも達する地震がおきることは、まずありえない。ただし、このように強い地震がおきたとき、日常的にさして稀とは言えない程度には起きている高い波（長期波）であった、ということはありうる」と、想定している。そして、短期波として、波高 15.1 m が想定された。これは、塔の場所での水深（満潮時） 22 m に対する孤立波の最大理論値（水深の約 0.68 倍）に相当する値である。周期はこの場合の孤立波の解である 16 秒とされた。長期波としては、波高 10 m、周期 16 秒が採用された。

$$\text{波圧 } f \text{ の計算式は, } f = C_D \frac{W_o}{2g} DU^2 + C_M \frac{W_o}{2g} \frac{\pi}{4} D^2 \frac{du}{dt}$$

である。ここで、  $D$  は円柱の直径、  $W_o$  は海水の 1 m<sup>3</sup> 当りの重量で 1.02 ton/m<sup>3</sup>、  $U$  は水粒子の水平速度、  $C_D$  は drag 係数で 0.5 であり、  $C_M$  は慣性係数で 2.0 とされた。流速  $U$  の計算には微小振幅波理論から求められた。

### 2.2.3 部材断面の決定

以上の外力に対して、(a) 短期高波時、と (b) 地震、プラス長期波時、という、2つの異なる条件のもとに、観測塔を静定トラス構造とみなして各部材にかかる軸方向応力と曲げモーメントが計算され、使用すべき鋼管の断面が決定された。いま、例として、図 2.2.1 の下部主柱の高さ②と③の間の部分 C<sub>23</sub> なる部分について言うと、この部分にかかる軸力は (a) の場合に 402.0 t、(b) の場合に 334 t と計算される。また、この部分にかかる曲げモーメントの最大値は、(a) で 470 ton · cm、(b) で 272 ton · cm となる。主材として、直径 812.8 mm、肉厚 12.7 mm の鋼管が使われているが、この肉厚が腐食によって、2 mm 減じ、10.7 mm となってもこの部材内部に生ずる最大圧縮応力は、(a) の場合 1.59 ton/cm、(b) の場合 1.30

ton/cmとなつて、この鋼管の材質であるSS 41の保証強度2.1 ton/cm以下であることが確かめられる。

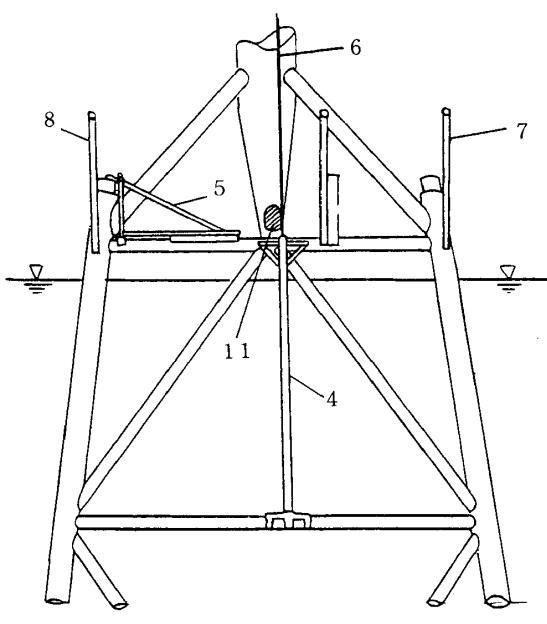
同様にして、部材として使う鋼管の断面が定められているのであるが、鋼管の太さはさまざまであつても、設定された腐食厚は常に2mmと一定であることに注意すべきである。言いかえれば、鋼管が腐食して、もとの厚さが2mm以上失われると、塔は構造的に黄色信号がともることになるのである。

### 2.3 各部構造と機能

#### 2.3.1 下部観測作業デッキ

図2.3.1.1でエキスパンダ・メタル張のところが観測作業デッキである。常設の実験用架台としては波高計 $\Gamma$ 型支柱、海面付近の特性の計測器用の旋回支柱、水温計・圧力計・流速計用のスライドチャンネルがある。これは沖側に開口した管の中に、センサーを取り付ける支柱があり、その支柱はワインチケーブルで上下する構造をもつ。また塔での潮位を計測するための検潮管が塔の内側に敷設してある。ケーブル取り入れ口はここで設置された計器の出力ケーブルを観測室に取り込む口である。防舷材は硬質ゴムでできており、船の塔への安全な接岸のためにある。

(a) 沖側から見た構造



(b) 上から見た構造

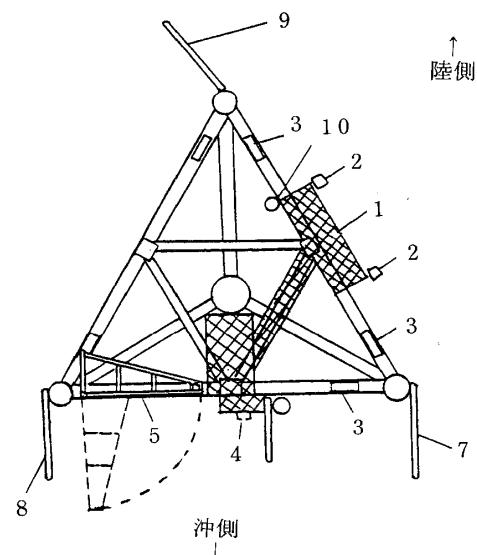


図2.3.1.1 下部観測作業デッキの概要

- 1. エキスパンド・メタル張
- 2. 防舷材
- 3. 足場板
- 4. 旋回支柱
- 5. スライドチャンネル
- 6. スライドチャンネル用ワインチケーブル
- 7, 8, 9. 波高計 $\Gamma$ 型支柱（通称象の鼻）
- 10. 検潮管
- 11. 記号ケーブル取り入れ口

### 2.3.2 観測室内部

観測室は外壁（直径 7.4 m）と、中心部の階段室との壁（直径 2 m）の、二つの円筒によって区切られたドーナツ状の空間に天井と床をつけた形をしている（図 2.3.2.1）。鋼板の壁、天井、床の内面はそれぞれ、合板、断熱材、アスファルトと合板で内装がされている。ドーナツ状の部屋の一部、約 6 分の 1 は電源室として扇状に鋼板壁で区切られている（この部分は内装されていない）。残った部分約 32 m<sup>2</sup> が実質的な観測室となる。この部分の半径方向の幅は 2.6 m あるが、壁が両面とも曲面なので空間の使い方は工夫を要する。観測室には外側の上部作業デッキへのと内側の階段室へのと、二つの出入口がある。これら出入口、および電源室の通路には、大型船のハッチと同型の厚い鋼板製で締具が多数付いている水密性のドアがある。これらのドアを締めると、観測室は外気と完全に遮断される。外壁には 3ヶ所、はじめころし型のポールド（船用の丸窓）がある。室内東側には空調除塩装置が置かれ、常時、運転されているため、一般の計測器の使用条件として支障のない清浄空気と適温の環境になっている。計測器類は両面の壁を背に置かれたラック内に収納されている（写真 2.3.2.1）。

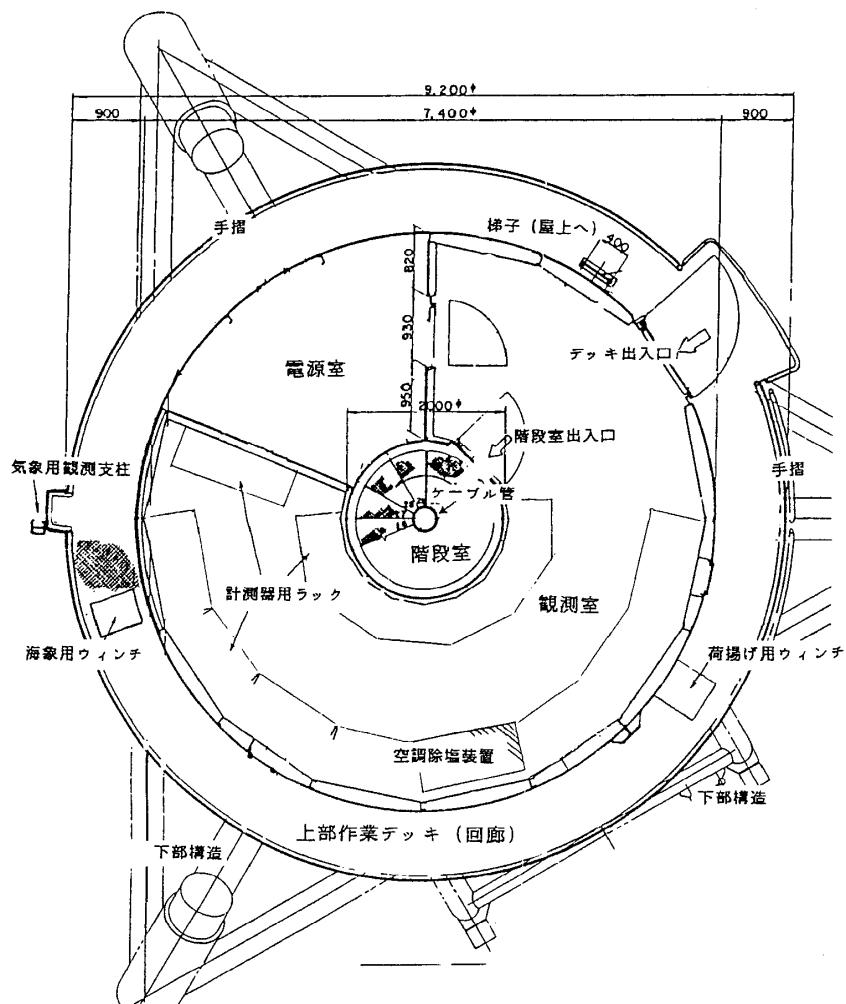


図 2.3.2.1 観測室及び上部作業デッキ（回廊）

ラックの形、大きさは統一されてはいない。ラックには、定時観測用の測器、実験観測用測器、電子計算機の端末やデータ伝送装置のような共通基本機器等があるが、最後のものを除いて、恒久的に固定され、場所を占有すべきものではない。しかし現状では、多くのラックが固定されていてスペースの余裕は少ない。室内には、AC 100 V 及び 3 相 200 V のコンセントがそれ数ヶ所ある。電力の容量は十分ある。照明は天井直付の蛍光灯である。室内には、机、椅子、ロッカーなどの他に電話、テレビ受像機、冷蔵庫等の生活用品も常備してあるが、これらについては5章でくわしく述べる。観測室の外側や屋上に取付けてあるセンサーと室内の計測

器を結ぶケーブルは観測室と階段室の隔壁にあるケーブルホールから階段室天井の通気孔を通して配線する。また下部作業デッキや海中のセンサーからのケーブルは上部構造の円筒支柱の下端から階段室の中心軸に沿って通っている直径 32 cm の鋼管製のケーブル管内を通して、階段室上部へ導き、ケーブルはホールから室内に入れる。また陸上からの通信ケーブルは電源室で電源ケーブルと分岐し、観測室内側壁の端子盤に接続されている。

電源室への立入は原則として禁止されている。

### 2.3.3 上部観測作業デッキ及び観測室外部

観測室は外径 740 cm の円形をしており、周囲に幅 90 cm の上部作業デッキ（回廊）が設置されている。この周辺には観測のための種々の測器センサーや、塔の機能を維持するための機器が常備してある。前項の図 2.3.2.1 を参照されたい。図中の気象用観測支柱の上端には避雷針が取付けられている。またこの支柱には上方に超音波風速計センサー、中段には CW2 周波散乱計アンテナが取り付けられている。図の 3 個のレーダ・アンテナからの入出力は導波管でもって室内に伝送され、各々の装置本体で処理される。屋上中央にある通気孔は室内と外部センサーを繋ぐケーブルの出入口となっている。回廊は高さ 1 m の手摺で囲われているが、北側の幅 2 m の部分は取り外すことができ、荷揚用ワインチで船から揚げられた荷物等を取り入れ易くしている。屋上にはまた工作中に必要なアルミパイプ等の機材が少量置かれている。写真 2.3.3.1 は下部作業デッキから見た気象用観測支柱であり、中央部に見えるのは CW2 周波散乱計アンテナ、上方に突き出しているのは超音波風速計センサー、上端の細長い棒は避雷針である。写真 2.3.3.2 は屋上の気象用観測支柱のスライドチャンネル用ワインチである。



写真 2.3.2.1 観測室内部

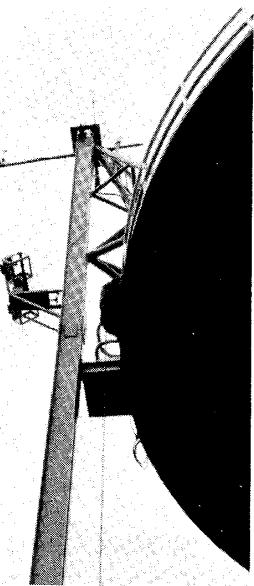


写真 2.3.3.1 気象用観測支柱

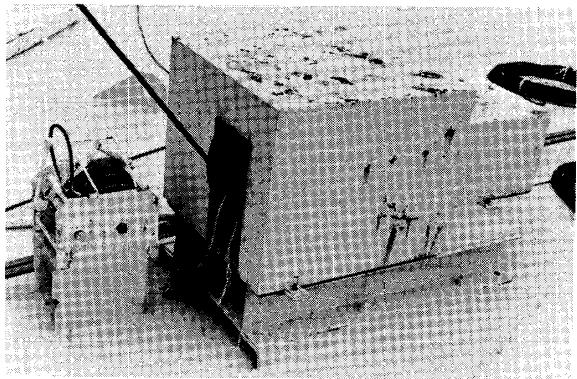


写真 2.3.3.2 気象用観測支柱のスライドチャンネル用  
ワインチ (観測室屋上, 56 年度更新)

#### 2.3.4 増設部分

観測塔が完成した後、新たに塔本体に一体となって取り付けられた構造は、3本の主柱と南面に1本の計4本の波高計 $\Gamma$ 型支柱と、検潮井である。

##### (1) 波高計 $\Gamma$ 型支柱 (通称「象の鼻」)

これは容量型波高計のセンサーを設置するための支柱で、昭和54年度に観測塔の3本の主要支柱と南側にある観測支柱にそれぞれ設置した。合計4台の $\Gamma$ 型支柱を作ったのは3本以上のセンサーを同時に設置し、波向観測を行うためである。構造は図2.3.4.1と写真2.3.4.1に示した。材質は一般構造用炭素鋼管である。3mの張出しあは塔の主柱(80cm $\phi$ )による波の反射の影響が減衰する距離(主柱の直径の約3倍)から決定した。 $\Gamma$ 型支柱の先端には滑車が取り付けてあり、その高さは平均水面から約5.5mで、これによって最大波高11mまで測定可能とした。滑車は海水等に腐食しないナイロン性のものでできており、波高計のセンサーの掃除や検定の際のセンサーの上下の移動を滑らかにするためのものである。

##### (2) 検潮管

観測塔で津波を観測し、かつ地盤変動の検出をするため、昭和57年1月21日、塔の南面に長さ4.5m、内径15cmのステンレス製の検潮管が取り付けられた。取り付け方法は塔の本体へ電気溶接することによりなされた。同年3月から小笠原計器社製の自記水位計を管内にセットして水位観測をはじめたが、不幸なことには、この年の9月12日の台風18号による高波のために溶接部分を残して検潮管ごと流失した。異種金属の溶接部が海水を常時浴びる環境下にあったために、電気的分極作用を起こし、溶接部の金属腐食が進行していたのが、

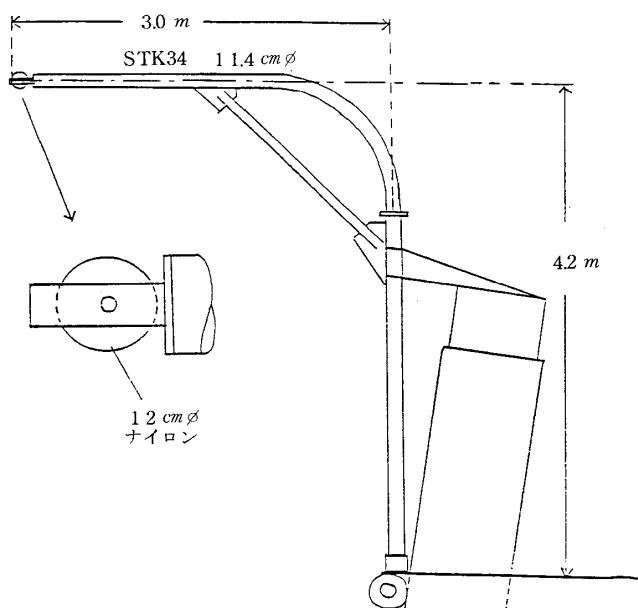


図 2.3.4.1 容量型波高計センサー用の  
Γ型支柱(象の鼻)の構造

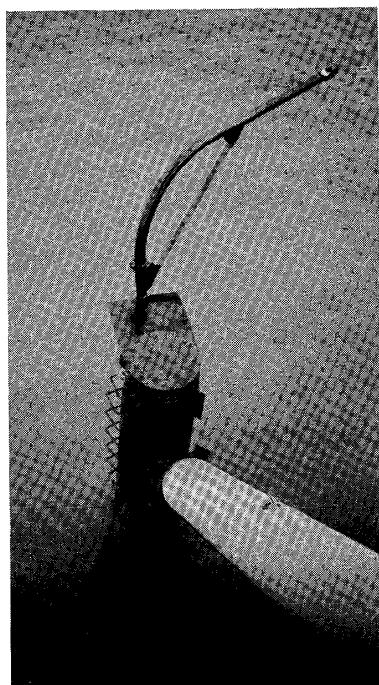


写真 2.3.4.1 容量型波高計センサーの $\Gamma$ 型支柱  
(象の鼻)の構造



写真 2.3.4.2 1983年3月設置の検潮管  
バンド式鋼製金具によるボルト締めによって  
塔本体に取り付けられている。

容易に流失させることになった原因と推定された。

翌昭和58年3月1日、階段の上り口の内側に前と同じ寸法材質の検潮管を設置した。こんどはステンレス製の管をゴム板をはさんで鋼製のバンドでボルト締めをするという方法によったため、検潮管・鋼製バンド・塔本体の三者ともたがいに接触することがなく、したがって電気的分極作用を心配する必要がなくなった。

検潮管は上下端とも6本のステンレス製のボルトで蓋されるようになっており、カキ落とし清掃作業が行われるときには、これらの蓋が取外される。

検潮管の下端付近には直径20mmの孔が2ヶ所にあけられており、管内への導水の役目をしている。

導水孔の詰まりを解消し、水位計センサーを保護するために、年に2~3回程度、カキ落としがなされる。カキは冬から春にかけてはあまり成長せず、9~10月に最も成長するので10月の終りから11月にかけての時期には必ずカキ落としを行い、このほか、7月ごろもう1度行うのが合理的である。

## 2.4 関連設備

### 2.4.1 電力通信ケーブル

観測塔と陸上施設間約1.35kmに電力供給用(6600V)の電力回線とデータ伝送用に使用される通信回線(35対)の複合海底ケーブルが敷設されている。海底ケーブルの陸上側の端は、キューピクル内で電力ケーブルと通信ケーブルに分離され、通信ケーブルはデータ処理室内に設置された通信線保安装置により保護を行い

アナログ端子、遠方制御装置、テレメータ装置などにつながれている。一方観測塔側の端も同様に電源室内で電力ケーブルと通信ケーブルに分離され通信ケーブルは保安装置に導かれている。

ケーブルの敷設ルートは、陸上施設から国道134号線を横断し砂丘、汀、観測塔とほぼ直線である。陸上・砂丘は深さ約2~3mにコンクリート側溝で保護し埋設されたが周辺の地形が変わったこともありケーブルの埋設位置を示す標識は見当らない。砂丘部については、防砂柵の工事等も行われることが多いので昭和59年にマイクロ波探知機を用いて位置を確認し標識柱を建てた。海中部分は深さ1~1.5mに埋設されている。観測塔での立ち上りから電源室まではSGP、139φ、4.5tのケーブル保護管により

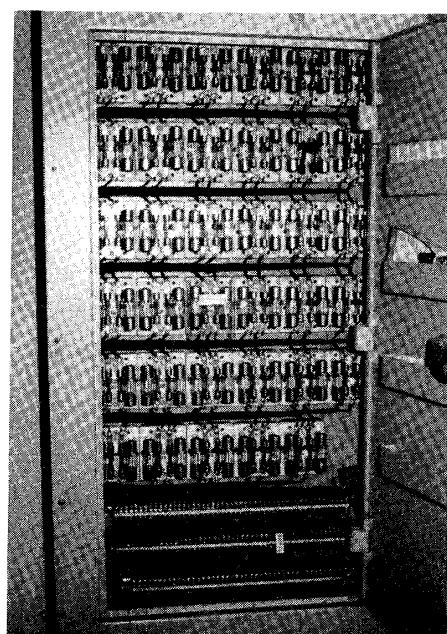


写真2.4.1.1 遠方制御装置

保護されている(図2.4.1.2)。このケーブル保護管の水面上約7mの部分は腐食により昭和54年に取替え補修工事を実施した。

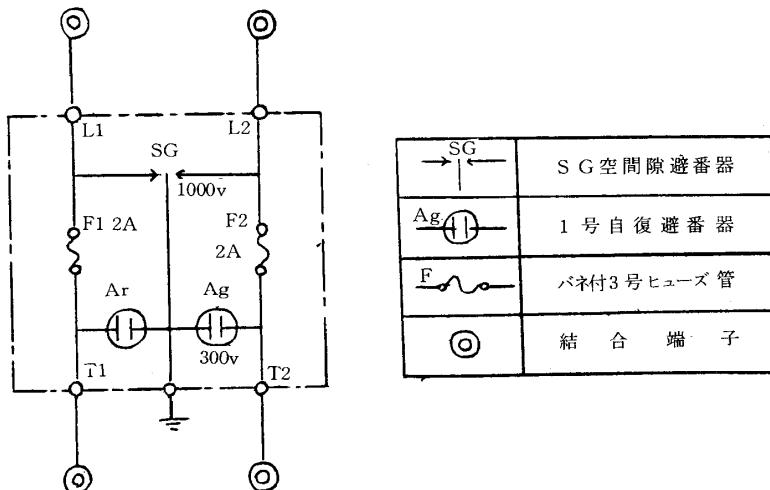


図2.4.1.1 通信線保安装置  
海底ケーブルの立上り両端の室内に  
通信線保安端子函を設置しその内部  
に下記回路を35回路収容してある

表2.4.1.1 複合海底ケーブル

- 1 平塚波浪観測塔と陸上施設間約1.35kmに敷設される電力供給用とデータ伝送  
によるケーブル埋設位置の調査 波浪の主方向特性の観測例
2. ケーブル構造表

電力用	導体	材 料	軟銅撲線
		構 成	7/1.2
		外 径	3.6 mm
	絶縁	材 料	PE
		厚 さ	約 5.0 mm
	遮蔽	外 径	約 13.6 mm
通信用	導体	材 料	導電性綿テープ及び軟銅テープ
		構 成	各1枚横巻
		撲合	3心撲合(ジュート充填)
	絶縁	撲合上抑巻	軟銅テープ厚さ 0.1 mm PEテープ厚さ 1 mm
		材 料	軟銅線
		構 成	単線
ケーブル心	導体	直 径	0.9 mm
		材 料	PE
		厚 さ	約 0.4 mm
	絶縁	外 径	約 1.7 mm
		撲合	対撲
		材 料	PEテープ及びポリエスチル 厚さ 1 mm
抑卷	材 料	中心層	電力用3心
	材 料	1層	通信用0.9×35対
	材 料		PEテープ及びポリエスチル 厚さ 1 mm
	材 料		
シース	材 料	材 料	PE
	材 料	標 準 厚	3.0 mm
	材 料	外 径	約 47 mm
外装	内 層	材 料	ジュート厚さ約 3 mm
	鉄 線	材 料	直径 6.0 mm Ø
	外 层	材 料	ジュート厚さ約 4 mm
ケーブル	仕上外径	材 料	約 73 mm
	概算重量	材 料	10,400 kg/km

表 2.4.1.2 海底ケーブルの電気特性 (20°C)

電力用	導体抵抗	2.360 Ω/km 以下
	絶縁耐力	AC 18 KV 10分間
	絶縁抵抗	5,000 MΩ-km 以上
	静電容量	200m μF/km 以下
通信用	導体抵抗	29.2 /km 以下
	絶縁耐力	AC 1,000 V 1分間
	絶縁抵抗	10,000 MΩ-km 以上
	減衰量	1 KHz 約 0.8 db/km 10 KHz 約 1.9 db/km
漏話減衰量	1 KHz	70 db/1.5 km 以上
	10 KHz	60 db/1.5 km 以上
静電容量		平均 60 mμF/km 以下

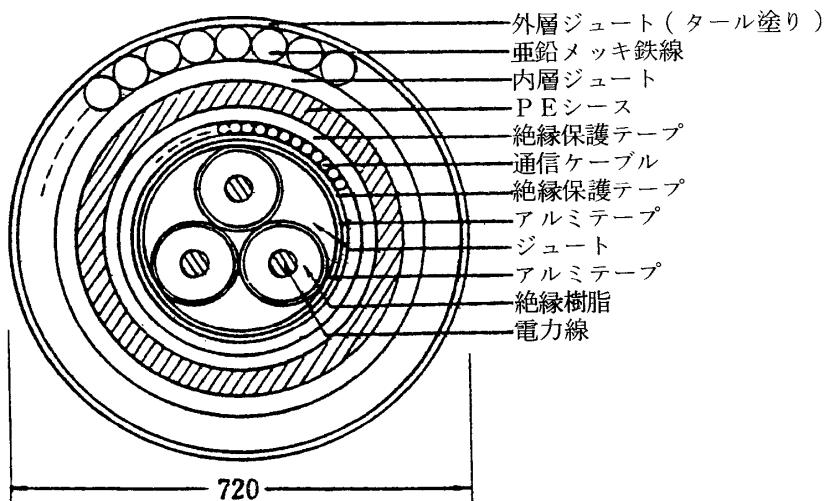


図 2.4.1.2 海底ケーブルの電気特性 (20°C)

#### 2.4.2 観測艇「さがみ」

観測塔への通船及び沿岸での観測のため観測艇「さがみ」が昭和41年に建造され以来19年間活躍したが、老朽化のため、昭和60年3月に更新された。建造にあたり相模川河口は浅瀬で常に波が高いため12ノット以上の速力を必要とし、また観測塔の接触による衝撃に耐える強度をもつことを主な仕様とした。又、ロランC航法装置、音響測深儀、巻揚げウインチが備わり、観測艇としての機能が充実した。新・旧「さがみ」の比較は次のとおりである。

表 2.4.2.1 新・旧「さがみ」の比較

	旧さがみ	新さがみ
材質	木造船(ケヤキ, 杉, ベニヤ)	F R P船(強化プラスチック)
全長	8.25 m	10.0 m
巾	2.4 m	3.0 m
総トン数	4.9トン	5.8トン
機関	いすゞマリンM 240, 40 HP (ただし3度目の更新)	いすゞUM 6 B D 1 TC 180 HP
速力	8ノット	15ノット
定員	7名	12名
建造年月	昭和41年9月	昭和60年3月
建造業者	北函造船KK	早美造船KK



写真 2.4.2.1 旧「さがみ」

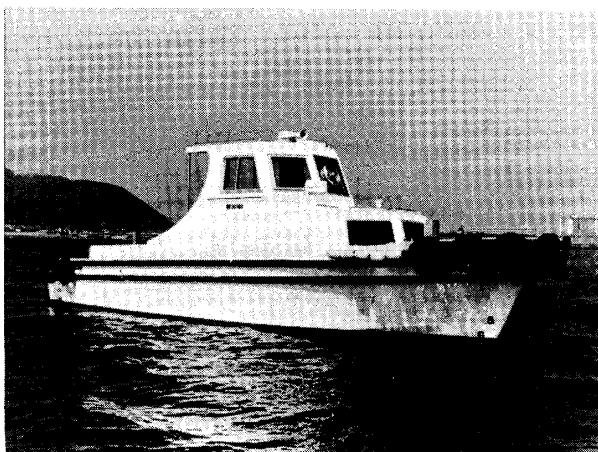


写真 2.4.2.2 新「さがみ」,  
昭和60年3月竣工

## 2.5 観測塔の位置及び水準測量等について

### 2.5.1 陸上水準点との照合測量

昭和55年3月にセオドライト（トランシットの一種）を購入したことによって、観測塔図面上に記された平均海面（MSL）、あるいは高潮位面（HWL）、および低潮位面（LWL）と、陸上の地図の基準である東京湾中等潮位海面（TP）とがどういう関係にあるかを測量によって決定することが可能となった。

いくどかの予備測量ののち、昭和55年5月22日に本格的な水準測量を実施した。その結果を次に述べる。

平塚支所の正面ゲートの東方約100mのところに平塚市が設置した標高7.249m(当時)のベンチマークがあり、これを起点として、「マイクロ波散乱計収納塔（レーダ塔）」の1階床コンクリート面の高さが、7.026m(TP)と測定された。「レーダ塔」の鉄骨構造図面により、同塔の各階の水平H構の上面の高さなどの標高を定めた（表2.5.1.1）。なお、4階水平H構上面と同階床面の高度差0.185mは実測によるものである。

いっぽう、「レーダ塔」と「観測塔」の間の水平距離を三角測量法によって定めた。原点は平塚支所の南西国道134号線のT字路交差点の歩道上的一点（図2.5.1.1）とし、東向きにX座標、北向きにY座標を設定して「レーダ塔」および「観測塔」の各点を表示すれば、表2.5.1.2のようになる。この表により、「レーダ塔」屋上パラボラアンテナと「観測塔」の中心との水平距離は1187.4mと求められた。

地球の丸みのため、「レーダ塔」上から正しく水平に向かれた望遠鏡で「観測塔」を見ると、望遠鏡の標高より11.0cmだけ高い点を視野の中心に見ることになる。

「レーダ塔」の屋上床面のTP標高値と、そこから「観測塔」までの水平距離が決定したので、ここにセオドライトを据えて、観測塔上の図2.5.1.2に示したA～Rの18個の点の仰角・伏角を10秒の精度で決定し、これらの点のTP標高値を表2.5.1.3のように算出した。これらの点のうち、A～Oの15点は、塔の上部構造上の点であり、図面上の標高値より約平均1.51mだけ小さな値になっている。つまりO点より上の点に対しては、TP. 0mの線は

表2.5.1.1 「レーダ塔」の各点の標高

「レーダ塔」上の各点	標高(TP)
1階床面	6.856 m
2階床H鋼上面	9.456
3階床H鋼上面	12.456
4階床H鋼上面	15.456
屋上床H鋼上面	18.406
4階観測室床面	15.641

LWL. 0mの線の1.51mだけ上にある、と考えてさしつかえない。これに対して、下部構造上の三点P, Q, Rは、このずれが平均1.73mであって、上部構造と21cmの不整合がおきている。これは、塔の建設当時、下部構造が完成した時、水平であるべき三角形に組まれた水平部材が若干の「かしげ」を生じていたため、その上に上部構造を架設するさいあらためて中心軸が正しく鉛直になるよう

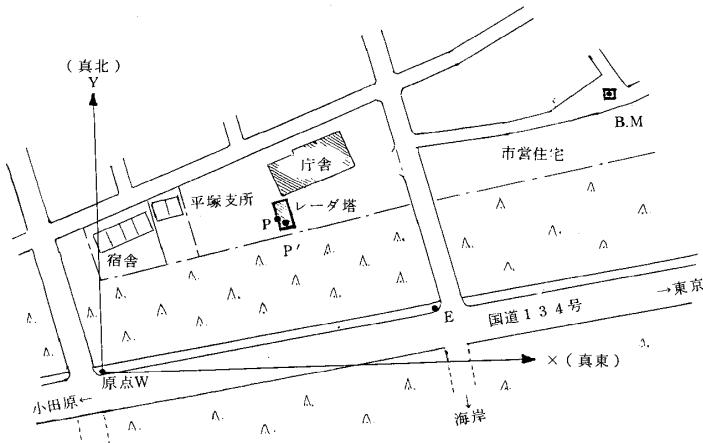


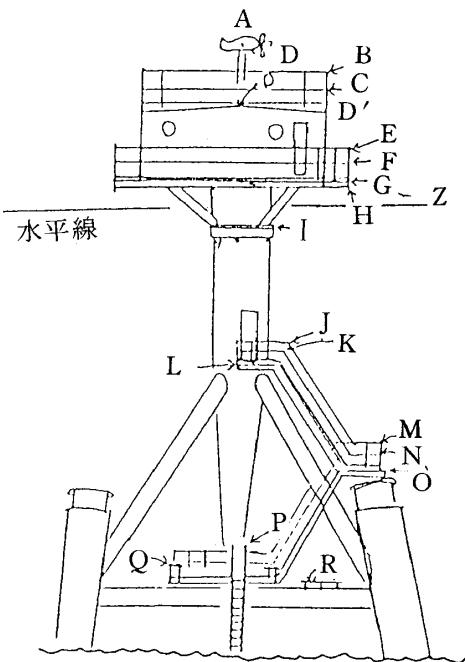
図 2.5.1.1 測量原点 (W)

表 2.5.1.2 各点の座標値 (X, Y)

位 置	座 標 値(m)
「レーダ塔」避雷針	( 59.6, 50.1 )
「レーダ塔」パラボラアンテナ	( 61.4, 49.1 )
3階バルコニー南西角	( 61.0, 46.3 )
3階バルコニー南東角	( 64.6, 47.4 )
「観測塔」中心軸	( 505.4, - 1052.5 )
「観測塔」北柱上端	( 505.8, - 1045.4 )
「観測塔」南東柱上端	( 511.4, - 1056.2 )
「観測塔」南西柱上端	( 499.3, - 1056.0 )

表 2.5.1.3 観測塔上の各点(図 2.5.1.2 参照)の実測標高  
(TP基準)と図面上標高(LWL基準)

点	実測標高	図面上標高	点	実測標高	図面上標高
A	20.94 m	—	J	9.48	11.1
B	19.25	20.8 m	K	9.02	10.6
C	18.74	20.3	L	8.50	10.1
D	18.39	20.0	M	5.48	6.9
E	16.47	18.0	N	4.94	6.4
F	16.02	17.5	O	4.50	5.9
G	15.47	17.0	P	2.59	—
H	15.32	16.8	Q	2.08	3.81
I	13.69	15.0	R	1.77	—



高度標定点は次の通り

- A 風速計中央
- B 屋上手すり上材
- C 屋上手すり中材
- D 屋上板中央
- D' 屋上板外縁
- E 観測デッキ手すり上材
- F 同 上 中 材
- G 同 上 床 面
- H 同上床材下面
- I 斜材受け板上面
- J ハッチデッキ手すり上材
- K ハッチデッキ手すり中材
- L ハッチデッキ床面
- M おどりば手すり上材
- N 同 上 中 材
- O 同 上 床 面
- P 昇降はしご上端
- Q 繁船柱上端
- R 横構足場上面
- Z 水平線

図 2.5.1.2 観測塔の高度標定点

に製作されたことに由来する(3.2.4節参照).

下部構造上での標高を議論するときには、TP. 0 mは図面上のLWL. 0 mの1.73 mだけ上有る、ということになる。

### 2.5.2 観測塔の地図上の位置の決定

昭和54年7月24日に、平塚支所前面の海岸の定点と、湘南平山頂上のテレビ塔から平板測量を行い、観測塔の位置を2万5千分の1の地図上に定めた(図1.7.2.1)。この位置を図上測定して、塔の位置は、北緯 $35^{\circ}18'08''$ 、東経 $139^{\circ}20'57''$ と求まった。いっぽう海上保安庁水路部測量課は昭和54年3月独自に陸地測量を実施して塔の位置を決めて、より詳しく北緯 $35^{\circ}18'07.9''$ 、東経 $139^{\circ}20'56.5''$ と発表しており、われわれの結果もほぼこれと一致している。

### 2.5.3 通信ケーブル埋設位置についての調査及び標識柱の設置

平塚支所と塔とを結ぶ電力供給、および通信用のケーブルは、海岸国道134号線の舗装の下を通り、海岸の人工砂丘と砂浜の地下を通って、海底へと敷設されている。昭和48年9月、海浜地工事をしていたブルドーザーのパワーショベルが、砂丘の陸寄り斜面のケーブルの埋設位置付近を掘り返し、ツメの先をケーブルに引掛けて、ケーブルの鎧装鉄線を引きちぎるという事故が発生した(写真2.5.3.1)。幸いにもこのときには大事にいたらず発見されて直ちに修復されたが(写真2.5.3.2)。今後もありうる事態であるということから、ケーブルの埋



図2.5.2.1 観測塔の位置  
国立防災科学技術センター平塚支所  
観測塔 (139°20'57" E, 35°18'08" N)  
'79-V 11-24 測量  
'79-VII-24 測量



写真2.5.3.1 昭和48年の埋設ケーブル損傷事故

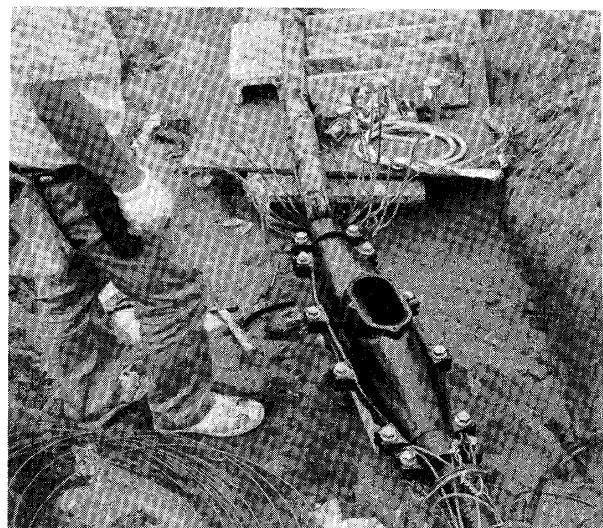


写真2.5.3.2 損傷ケーブルの修復

設位置の測量がなされ、平面地図上にプロットされた。

その後、昭和59年、再び海岸付近での各種の工事が取りざたされるようになり、同年8月マイクロ波埋設物探査法によって国道と汀線の間のケーブル埋設位置の確認調査が行われ（写真2.5.3.3）再度埋設位置が図上に描かれたが、11年前の測量位置と全く同一の図となつた。

この間の3地点に「高圧ケーブル埋設地点」と標記したプラスチック擬木の標識柱を同年9月設置した（写真2.5.3.4）。



写真2.5.3.3 マイクロ波地中埋設物探査機によるケーブル埋設位置の調査  
(昭和59年8月)

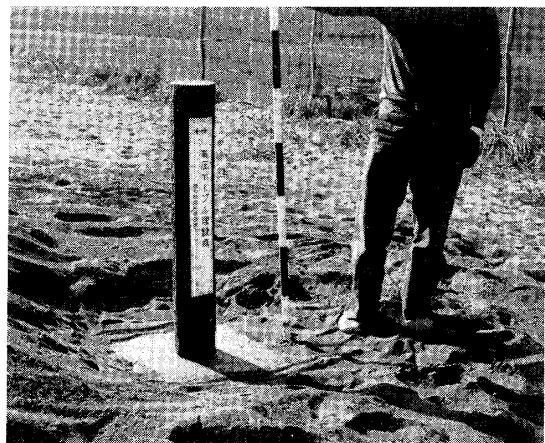


写真2.5.3.4 海浜地の砂丘に埋設された「ケーブル埋設点標識柱」(昭和59年9月)

### 第3章 波浪等観測塔工事の記録

#### 3.1 建設までの経緯

##### 3.1.1 計画と予算

国立防災科学技術センター「創立十五周年記念誌（昭和53年刊）」にはつぎのような記述がある。

「臨界工業地帯の造成、大規模港湾の建設、沿岸増養殖や海岸土地利用等の発展に伴い、沿岸災害をもたらす種々の自然要因を探求し沿岸防災科学技術の総合的推進を図る必要性が高まり、特に波浪、高潮、津波等の観測が要望されており、また海洋科学技術審議会の諮問第1号に対する答申においても強く述べられていることもあり、関係試験研究機関の共用に供することのできる研究施設、特に外洋に直接に面して観測する施設として、波浪等観測塔が平塚市海岸沖に昭和39年から建設され、40年12月に完成した。」（40年12月となっているのは、ケーブルや陸上施設などの付帯施設の工事を含んだ完成を意味する）。

そもそも防災センター設立の大きなきっかけになったのが、伊勢湾台風の高潮によって約5000人の死者を出したあの未曾有の沿岸災害であったから、沿岸防災のための大型の研究施設を作る話は昭和38年4月の設立当初から進められていたらしく早くも昭和39年度予算で波浪等観測塔の建設（昭和40年度の国庫債務負担行為を含む）が認められた。しかし施設の具体的な形状や機能、あるいはその設置場所についての検討は予算案が決まった昭和38年度末から始められたようである。

昭和39年4月、予算が実行されるようになり、所内に「波浪等観測塔建設委員会」が組織され、月に1～2回開催され、まず仕様書の作成作業が行われた。

##### 3.1.2 設置場所の選定

設置場所の候補地としては、当初、千葉県の九十九里海岸沖等も検討されたもようであるが昭和38年度内に、神奈川県平塚海岸沖の相模湾内に絞られていた。現在位置が決定した経緯については現存資料からは明らかでない。

ちなみに、陸上施設用地については、昭和39年5月1日付で有賀第1研究部長（当時）のつきのようなメモが残っている。

##### 「波浪観測塔の陸上施設用地の取得について」

4月1日以降、神奈川県各課、横浜財務部管財第2課及び関東財務局総轄課等と接渉してきたが下記の結論に到達する見込みである。

#### 記

1. 神奈川県は県内国有地との等価交換の条件で次の県有地をセンターに所管換えする（5月2日、県の部長会議で方針決定のうえ）

第1候補 平塚市海岸道路わき C地区

平坦砂地、植樹なし 坪数 約 1000 坪 三方に道路が走り好条件

第2候補 平塚市県職員寮わき D地区

平坦砂地 松林 1/2 以上あり 坪数 最大 約 1000 坪、最小 約 500 坪

(最大とは道路より 50 m の線まで伐採したとき)

第3候補 平塚市海岸道路わき A地区

砂地 松林 2000 本以上あり。これを路側に植えかえる必要あり。坪数 約 1000 坪

(道路より 30 m まで用地とできれば四角い 1000 坪の土地が取得できるが伐木費大)

2. 大蔵省横浜財務部は、次の書類をセンターから提出されれば国有地との交換についての事務処理を進める用意がある。

イ. 波浪観測塔及び陸上施設、用地、爾後の維持管理業務等にわたる業務計画書、予算書等(図面、写真付)。

ロ. 平塚海岸道路付近に用地を確保せねばならぬ理由書、同じく 1000 坪を要する理由書

ハ. 陸上施設(コンクリート 3 階建)の概略図

ニ. 協力を求める旨のセンター所長の公文書

3. 大蔵省関東財務局は事前の趣旨了解の意味で、第 1 管財課長、部長、次長及び総轄課長がセンターの説明を求める。

以上

### 3.1.3 漁業補償

波浪等観測塔の設置運営に伴って生じる漁業権に基づく漁業上の影響について、国立防災科学技術センター所長和達清夫と平塚市漁業協同組合組合長後藤徳次郎の間で、昭和 39 年 10 月 15 日、協定が締結され協定書が交わされた(参考資料 No. 2)。それによれば、組合側は観測塔の中心点から半径 50 m の円内の区域における漁業権を放棄する代りに、センター側は、それによって漁業経営に与える損失を補償することになっており、漁業補償契約が同時に両者の間で締結された。補償金額は 5,869,012 円であった(参考資料 No. 2)。

## 3.2. 建設工事記録

### 3.2.1 設計仕様書及び試設計

昭和 39 年 4 月に設置された「波浪等観測塔建設委員会」は、設計仕様書作成作業を進め同年 5 月 29 日、仕様書ができ上った。仕様書全文は本書の付録 3 として巻末に掲載してある。設計条件等についてはすでに 2.2.2 項で述べてあり、付録の仕様書にくわしく記されているのでここでは省略するが、一つだけ触れておきたいことは、寿命が 30 年と設定されていることである。

同月この仕様書を、清水建設、三菱重工、石川島重工、八千代エンジニアリング、日本鋼管、呉造船、三井建設の 7 社に呈示して、各社独自の設計案を作成するよう依頼している。

これに対する各社の試設計案は7月に出揃い、それぞれについてのヒアリングが実施されている。

この間、6月には、塔建設地点の海底地形、地質調査工事を八千代エンジニアリングと随意契約し、調査を同年7月から8月にかけて実施している。この結果については次の項でくわしく述べる。

8月には7社の試設計案の検討結果として、八千代エンジニアリング案と日本鋼管案の2案を選定し、両案についてとくに精密な審査を行っている。その結果、日本鋼管案が最適であるという結論に達し、同年9月、同社に対し、さらに細部の設計・計算を依頼している。これに対し同社は同年10月～11月に詳細設計を行っている。

7社から掲案された試設計の見積金額は最高が125,000千円、最低が47,834千円であった。

結局、波浪等観測塔の建設工事は随意契約によって日本鋼管株式会社が請負うことに決定した。工事金額6,565万円、工期は昭和39年12月15日着工、40年7月31日完成予定で39年12月10日に契約が行われた。

日本鋼管案が選定された理由は、「業者選定理由書」によればつぎのとおりである。

『1. 時価にくらべて著しく有利な価格をもって契約することができる見込みである。

(1) 日本鋼管株式会社は塔構造物の建設工事経験が豊富であり、かつ塔材料の主体をなす鋼管を多量に所有し、低廉な価格で調達することができる。

(2) 国立防災科学技術センターが呈示した仕様書にもとづく各社設計案に対する見積価格では、日本鋼管株式会社見積額が有利である。なお、呉造船株式会社の見積価格が著しく低廉なのは、算定に無理があるためである。

2. 設計、技術が特殊な性質を有する。

(1) 設計内容において、基礎の安定に対して確実で施工上無理がなく、また、塔自体の形状が観測業務の遂行上有利である。

(2) 塔構造物を設計施工するのに必要な専門技術者が多く、また製作の経験が豊富である。

(3) 塔本体を工場製作後、海上に降し、曳航運搬するのに地理的条件に恵まれている。

なお工事請負契約書(写)は参考資料-3として保存されている。

センター側では企画課の西川泰氏が監督職員に任命され、完成までの監督・指示にあたった。

### 3.2.2 海底地質調査

昭和39年夏、平塚沖、波浪等観測塔設置候補地点(現在の観測塔位置)において、海底地質調査が実施された。その結果、調査を実施した八千代エンジニアリング株式会社(東京)から「波浪観測塔海底地質調査報告書」(参考資料No.4)として同年9月に提出されている。その要点は同報告書1～2頁の「2. 調査の内容および結果」で、次のように述べられている。

### 調査の内容および工程

本調査は、平塚市営プールより真南約1km沖の相模灘の水深約20mの地点に海中橋を設け、海底面下40mまで標準貫入試験を伴うコアーボーリングを実施し、土質試験試料を採取し試験を行うとともに、ボーリング孔を利用する特殊な弾性波探査ならびに比抵抗探査法による電気探査とによってボーリング孔周辺の地質を調査検討して、塔設置に適当な地点の選定と、塔本体の設計、施工に必要な海底地質に関する資料を得ることを目的とする。

### 調査の結果

調査の結果をまとめれば次の如くであるが、調査範囲内全般にわたりほぼ一様な構成の砂層で、塔設置に適当な地点を選定するにあたり、とくに地質的条件から避けなければならない場所はないとの判断される。

- (a) ボーリング孔における地質は海底面より深度40mまで砂分60%以上の暗灰色砂質土であって、深度28mまでは細砂で、それ以下は粗くなる傾向である。相対密度は深くなるほど締っていて、標準貫入試験によるN値は深度0~3mまでが約10, 3m~10mが10~20, 16m以下ではN=50以上である。
- (b) 弾性波探査によるボーリング孔周辺の地下構造はP波から求めた結果では海底面から50~60mの深さまではほぼ一様であるが、S波から求めた結果では深さ2.5mまでは横波の伝播速度が63m/Sの層で、その下に105m/Sの層が13.9mの深さまで続いている。13.9mから深いところは250m/Sの層となっている。このことは海底からだんだん深くなるにしたがって剛性率が大きくなっていることを意味し、上記ボーリングの標準貫入試験結果の傾向と全く一致している。またUP HOLEの走時曲線からこの付近の地層は平行層であることが証明出来る。
- (c) 電気探査によるボーリング孔周辺の地下構造の解析結果も地層は平行層であることを示し、海底面下20mまで比抵抗値が海水の2倍程度の層とその下にさらに19倍程度の層が存在していることがわかる。このことは深くなるほど締った地層がほぼ水平に分布していることを意味している。

### 3.2.3 観測塔本体の設計・製作

#### A. 設計

観測塔本体の設計は下記のようにおこなわれた。これについてはすでに2.2節でも触れてあり一部重複するが、ここでは「東亜」の報告（参考資料-9）に依った。

- (1) 構造 本構造は鋼管造で下部構造、上部構造、観測室からなる。下部構造は径812耗3本の主柱と補強材からなり、主柱内を貫通し基礎地盤内に入る鋼管杭と、主柱上端で溶接接合しており鋼管杭を経て基礎地盤に力を伝える構造である。なお転倒に対して安定するよう主柱下端にコンクリートのウエイトを設けた。上部構造は観測室を支える主柱及び下部構造と主柱間のステーからなる。

(2) 設計仕様 使用鋼材は杭及び塔本体等主要部材は SS 41, STK 41 及び STK 41 相当品とする。観測室、階段、型枠その他付属品は普通鋼材 (SS 41 相当品) とする。

杭耐力計算については日本建築学会「鋼構造計算規準」及び「鋼管構造計算基準」による。鋼材腐蝕厚は 2mm とする。杭耐力計算は「港湾工事設計要覧」及び「建築鋼杭基礎設計施工基準」による。

### (3) 設計外力

(a) 水深、潮位：水深 10 m 潮位 + 2 m (異常潮位を含めて) とする。

(b) 風：設計風速は 60 m/sec とする。

計算式は次式によった。

$$p = K_p V^2 A$$

但し  $p$  : 風圧力 (kg)

$K$  : 風圧係数 — 円型 0.7, 平板 1.2 とする。

$\rho$  : 空気密度 0.175 ( $t/m^3$ )

$V$  : 風速 (m/sec)

$A$  : 見付面積 ( $m^2$ )

(c) 波浪：波向は海岸線に直角とする。波高は水深 22m に対する孤立波とし、短期波は波高 15.1 m 周期  $T = 16$  sec, 長期波は波高 10.0 m 周期  $T = 16$  sec とする。波圧計算式は次式によった。

$$f = f_o + f_m$$

$$f_o = C_d \frac{W_o}{2g} Du^2$$

$$f_m = C_m \frac{W_o}{2g} \cdot \frac{\pi}{4} D^2 u$$

但し  $f$  : 波圧 ( $t/m$ )

$f_o$  : 抗力 ( $t/m$ )

$f_m$  : 質量力 ( $t/m$ )

$C_d$  : drag 係数 = 0.2

$D$  : 円柱の直径 (m)

$u$  : 水粒子の水平速度 (m/sec) および加速度 ( $m/sec^2$ )

$C_m$  : invitia 係数 : 2.0

$W_o$  : 海水の比重 : 1.02

なお波の衝撃圧は考慮しないことにした。

(d) 地震力：海底地盤上の塔体重量に対して水平震度 0.5 の地震力を危険方向による。

- (e) 浮力：波頂高以下の部分に対して考える。
- (f) 積載荷重：観測室の床面積載荷重を  $250 \text{ kg/m}^2$  とする。

(4) 荷重の組合せ

長期=固定荷重+積載荷重+浮力+風荷重+長期波荷重

短期(1)=固定荷重+積載荷重+浮力+風荷重+短期波荷重

短期(2)=固定荷重+積載荷重+浮力+風荷重+長期波荷重+地震荷重

なお塔付属品および観測材料に対する風圧、波圧、重力、浮力等は無視することにした。

(5) 基礎地盤 科学技術庁防災センターより示された地質報告書即ち波浪観測塔海底地質調査土地試験報告書 (S 39-8-20 八千代エンジニアリング株式会社) に依ると、調査範囲内全般に亘りほぼ一様な砂層で、塔建設地点を選定するにあたり特に地質的条件から避けなければならない点は見当らないと判断された。ボーリングに於ける地質は海底面より深度40mまで砂分60%以上の暗灰色の砂質土で深度28mまでは細砂それ以下は粗くなる傾向である。相対的密度は深くなるほど締っており標準貫入試験によるN値は深度0~3mまではN=10, 3~10 mがN=10~20, 16 m以下ではN=50以上である。

(設計計算はN. K. K. 橋梁鉄構部にて行われた。)

B. 製作

製作は下部構造と、観測室を含む上部構造とに分けて日本鋼管鶴見造船所で製作された(後者については同社生麦工場で製作されたという記事もある)。

下部構造及び上部構造部の支柱として使用されている鋼管を除いて、他の部分は、鋼板を曲げて溶接によって成型されている。使用された鋼材の規格証明書と、各部を成型した際の主要溶接部についてのX線透視試験報告書が保存されている。

製作は39年度内に終了する見込みであったが、海底地質調査の結果、全層が砂層であったため、仕様書の変更があり、契約締結が遅れ、順次作業が遅れて40年度に繰越されている。工場検査は下部構造が昭和40年4月22日、上部構造及び観測室が同年6月18日に、それぞれ行われている。

3.2.4 設置工事

日本鋼管鶴見造船所で製作された観測塔の、平塚沖の現場での建設工事は昭和40年3月から開始されている。この工事は日本鋼管グループの東亜港湾工業(現、東亜建設工業)の下請で行われているが、責任者は日本鋼管KKの現場代理人、浦島久男氏になっている。工程は次のとおりである。

A. 測量

設置位置及び水深を仕様書通り決定するため、陸上2地点と測量船によって行われた。

B. 浚渫工事

設置場所の海底を3mの厚さで浚渫した。工事はガット船及びプリストマン各1隻を使用して行われた。

#### C. 遣方工事及び型枠据付工事

設置位置を定めるため、鋼製の遣方と型枠を、浚渫後の海底に設置固定した。

#### D. 下部構造物の据付工事

90トンの重量の下部構造物を600トンクレーン船で、鶴見造船所から現場まで吊上げたまま運搬し、予め海底に設置してある型枠の中心に3本の脚がのびるように据付けた。傾きはジェットポンプで修正されたが、40年5月30日の台風6号通過後、沖側の2脚が基準高より32cm沈下し、陸側の1脚（基準高より+13cm）との間に45cmの差が生じ、沖側に傾いた状態になった。



写真3.2.4.1 昭和40年8月、塔本体完成時の写真  
—観測支柱はこの直後に台風の高波で破損したため  
設計変更をおこなって現在の形状のものになった。

#### E. 杣打ち工事

据付けが終った下部構造物の3本の脚（直径812mm, 長さ28m）の中には予め、直径711mmの鋼管杭がさし込まれており、これを杭打機によって、海底に貫入量18m以上で打込んだ。

#### F. 上部構造物および観測室

階段室をとりまく部分と、観測室及び上部デッキ（3本の脚と上部構造を結ぶ斜の支柱はあとでとり付けた）はそれぞれ日本鋼管生麦工場で製作され、東亜港湾京浜支店で一体に組立てられたうえ、クレーン船で現地へ輸送、ジャケット（下部構造物）の上に据付けられた。

#### G. プレパックドコンクリート工事

すでに据付けてある海底の型枠にコンクリートを流し込み、3本の脚のまわりを固めて重錘の役目をもたせるものである。型枠内に溜った砂をエアーで取除き、厚さ2.7m、直径8.5mをコンクリートで埋めた。

このようにして、観測塔の現場設置工事は昭和40年8月11日に完成しているが（写真3.2.4.1），この年は例年にくらべて時化の日が多く、また杭打工事などの作業が可能な、「うねりの波高50cm以下」の条件の日数も30日程度と少なく、工事関係者は施工方法をいろいろと工夫したりして、苦労しながら工程を進めたようである。この間の詳しい状況については資料9および10を参照されたい。

#### 3.2.5 ケーブル製造敷設工事

観測塔観測室と陸上施設（現支所庁舎）との間の電力通信ケーブルの建設工事は昭和40年度の研究設備整備費によって行われた。これにはケーブルの製造も含まれている。

昭和40年4月9日に仕様書が作られ、同月27日に古河電工他指名業者6社による入札が行われ、住友電工が落札した。金額1050万円、納期昭和40年12月27日で、5月1日付で契約が結ばれた。納入検査は昭和41年1月10日に完了（検査職員、福沢久勝）している。

ケーブルの構造及び電気的特性については2.4.1で述べてあるがこのような混合ケーブルは特殊なものといえる。

敷設工事については埋設の深さを次のように定めた。

海底部、水深（最低潮位から、以下同様）4m以深の部分は海底面より1m以上、4m以浅では2m以上。埋設は、作業船のケーブル埋設機または潜水夫によるジェット式埋設工法により行う。

陸揚部（最低潮位面と最高潮位面の間）、2m以上。

陸上部 砂丘部、コンクリートトラフに納めその上端の深さを1.2m以上とする。

道路横断部、路面下2m以上の深さに保護管（ヒューム管または鋼管）に貫入して通す。

敷地内、砂丘部に同じ。

#### 3.2.6 付帯工事

##### (1) 送受電設備工事

この工事は「波浪等観測塔用送受電設備工事」として昭和40年度、防災センター研究設備整備費により実施された。内容は観測塔と陸上施設建屋内の電源設備の製作及び据付についてのもので高圧引込工事、陸上施設受電設備工事、観測塔変電設備工事、観測室照明、動力、その他の工事、避雷針工事等の設計、製作、据付、配線、試験および検査の一切を含むものである。但し標識灯用の蓄電池は除く。昭和40年10月12日に住友電工東京支社と230万円で工事請負契約が結ばれ、同年12月27日に完成納入が行われている（参考資料No.7）。

#### (2) 観測支柱工事

気象用、海象用および波高用の各観測支柱、旋回支柱ならびに気象用と海象用の支柱に付属する観測ガイドの製作、設置工事は、「波浪等観測塔観測支柱その他の工事」として、昭和40年度の特調費「相模灘における海象等に関する研究」によって、塔本体の工事とは別契約の工事として実施された。

昭和40年6月30日に日本鋼管KKと金額245万円で工事請負契約が結ばれ、契約書通り昭和40年12月25日に納入されている。工事は事実上、塔本体の工事と同時に進められ、同年8月11日の塔本体引渡時には支柱本体は取付済であったが、その後の8月21日、台風17号の高波を受け気象用観測支柱の下部が大きく破損するという被害を受けた。当初の設計では気象用支柱は下部作業デッキの高さまで伸びていたが、この事故を検討した結果、予想外に大きな波圧が加わることが分り、強度、形状に設計変更を行って修復し、現在のものが完工された。

#### (3) その他の付帯工事

観測塔の設備として行われた付帯工事には、以上その他に起重機（ワインチ）据付工事－荷揚用ワインチ（昭和40年度）、空調除塩装置設置工事（昭和40年度）などがある。

##### 3.2.7 記録映画の作成

波浪等観測塔建設工事の記録映画を作成することについて40年3月、防災センター側から希望があり3月22日に日本鋼管側との打合せが行われている。この席で、予算120万円で16ミリ、白黒、長さ720フィート（約20分）の映画を作ることが提案されている。費用の約半額（50万円を限度）を防災センターが負担し、第一通信社が製作することになっている。

映画の内容は、完成場面に始り、工事の過程に従って計画の打合せ、工場内の組立、海上輸送、現場での測量、基礎工事、設置作業、杭打作業、検査風景、再び完成場面、……という構成になっている。工事期間中、撮影が行われ、40年9月3日に1時間のラッシュフィルムの試写会が行われている。

なおこの映画フィルム（1巻）は現在平塚支所に保存されている。

#### 3.3 観測艇「さがみ」の建造

波浪等観測塔への交通艇および沿岸の観測艇として、旧「さがみ」は昭和41年度に研究設

備整備費 330 万円で建造された。指名競争により有限会社北函造船鉄工所（函館市末広町20-18、取締役社長 本間寅吉）が工事を請負うこととなり 41 年 6 月 13 日に契約が結ばれ、履行期限の同年 9 月 15 日に完成し、同月 19 日に平塚市須賀港および相模灘で検査を完了している（検査職員、有賀世治）。

競争入札には、墨田川造船（東京都）、横浜ヨット（横浜市）、日立造船（東京都）などが参加しているが、入札価格はいずれも 400 万円以上であった。

「さがみ」（旧）の諸元については第 2 章に記してあるが、仕様書では船体の構造・材質について詳しく規定し、ほとんどすべての主要部材に檣材が使われている。これは塔への接触時の強度を考慮したもので、この点は新「さがみ」と同様であるが、河口の安全航行に必要な速力については、とくに考慮した形跡はなく、30 馬力のエンジン（新「さがみ」は 180 馬力）で最大速力 7 ノットとなっている。

旧さがみは修理を重ねながら木造船としての寿命をはるかに超えて 60 年 3 月まで実に 18 年余り使用された。代船の新さがみの竣工後廃棄され、60 年 4 月、油壺造船所に売却されたのち船籍も抹消された。

なお船名の「さがみ」命名については、文書の記録はないが、伝聞によれば、防災センター所内で、船名の公募をして審査した結果、決定したことである。この名前を提案したのは当時、総務課の深谷新一郎氏（のちの管理部長）であった。

新観測艇建造に際しても、長年呼び慣れて愛着のある「さがみ」という船名を引き継ぐことで、船名募集等は行わなかった。

新「さがみ」の建造は昭和59年度におこなわれた。旧「さがみ」の老朽化がはげしく、安全性を著しく欠くことになったため更新を要求してきたが同年度の研究設備整備費として予算が認められた。年度初めから会計、企画、及び平塚支所の間で検討会がもたれ、渡部技官を中心に具体的な検討に入った。設計の基本条件としては、河口通過時の凌波性と、塔接触時の衝撃に耐えうることの 2 点をとくに重視した。とくに木造の旧「さがみ」と異り、FRP 構造しか考えられない時代なので、衝撃に対する強度の問題に関して専門家の指導を必要とした。そのため FRP 船工学の第一人者である千葉大学工学部の竹鼻三雄教授（東大名誉教授）にとくにお願いして現場の観察を含め、仕様書作成の各段階で細かく指導していただいた。この他海上保安庁工務部からも示唆をいただいた。

参考見積や既製船の価格から推定すると予算額程度の工費ではむずかしいとも思われたが、昭和59年11月19日に行われた入札の結果、伊勢市の早美造船株式会社（仲林寿治代表取締役）が 1380 万円で落札した。

早美造船 KK とは 11 月 19 日、契約が結ばれ、直ちに仕様書にもとづいた設計が開始され、昭和 60 年 1 月 11 日に起工、2 月 25 日に工場検査が行われ、3 月 5 日高橋所長列席のもとに進水式（写真 3.3.1）が挙行されたのち、鳥羽近海で公試テストを実施、トラックによる陸

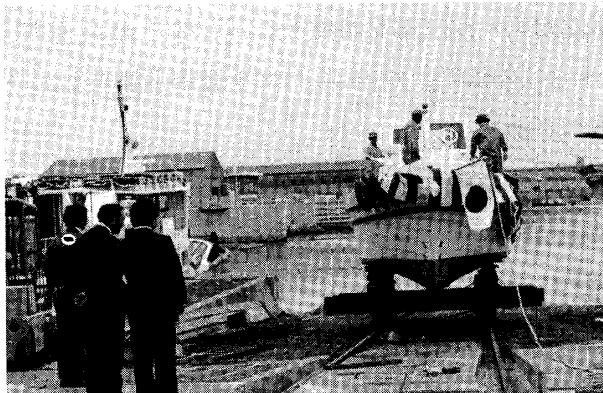


写真3.3.1 新「さがみ」の進水（昭和60年3月5日）

送で平塚に運ばれ、3月14日、防災センターに引渡された。竣工式は、3月27日、多勢の来賓を迎えて、つり宿浅八丸で盛大に行われた。この席上、平塚市漁業協同組合、大谷福松氏および早美造船KKのいくたの協力に対し国立防災科学技術センター所長より、感謝状と記念品が授与された。

### 3.4 観測塔腐食状況調査

波浪等観測塔の本体を構成する鋼管杭や補強鋼管の腐食状況を調べ、構造物の耐力を検討するための調査が塔建設後9年を経た、昭和49年7月22・23日、東亜建設工業によって実施された。

調査方法は鋼管杭3ヶ所、補強鋼管5ヶ所（補強鋼管の1ヶ所が最低潮位面LWL上3mの高さであるほかはすべて水中の個所）について、厚み測定、水中写真撮影、電位測定（電気防食の効果の確認のため）を行った。

厚み測定の結果によれば電気防食の効果のある水中部分については侵食度は年 $0.03\text{ m/m}$ 程度であり、肉厚 $12.7\text{ m/m}$ から考えると50年程度の耐用年数を考えられる。しかし、空中にあって電気防食が効かず、塗装だけに頼っている補強鋼管は、5倍の年 $0.15\text{ m/m}$ の速さで腐食が進んでおり、これらの部分によって塔の寿命は決まるとしている。

電位測定の結果は、水中部分はすべて良好で、写真撮影の結果でも鋼管の表面に錆は見られない（参考資料No.13）。

## 第4章 波浪等観測塔における観測業務

### 4.1 観測塔における観測の変遷

建設当初より定時観測の長期・連続的実施を目標に設備の拡充を計ってきたが、センサーの耐久性、信頼性等の問題や保守管理、データ処理などの体制が整わず、観測は、「大気と海洋の相互作用」等の研究課題に沿った実験観測に重点をおく時代が昭和50年前後まで続いた。

昭和52～3年頃からは実験観測も、波浪や海上風のリモートセンシング技術開発のような大型のものが実施されるようになった。また多くの経験の蓄積によって、定時観測についても信頼性の高いデータを連続的に収集し、高度な処理によって情報化し、沿岸防災の基本資料として定期的に刊行されるまでに至った。これらの資料を活用して沿岸防災科学技術をさらに発展させるようにつとめなければならないが、世界的にも余り例のないこれら資料については国際的な評価をも高めるよう考える必要があろう。

### 4.2 定時観測

#### 4.2.1 風向・風速観測

風向風速はプロペラ型風向風速計を観測室屋上に設置して行われている。センサーは屋根の中心に2mのポールを立てて取り付けられ、平均海面より21.5mの高さにある（写真4.2.1.1）。昭和55年より風向風速の10分間平均値を陸上データ処理装置に伝送し収録している。

#### 4.2.2 気温・湿度の観測

気温と湿度は白金抵抗体をセンサーとした乾湿計によって連続的に観測してきた。乾湿計からの出力すなわち乾球示度と湿球示度は塔内で自記紙に記録された。測定位置は観測室

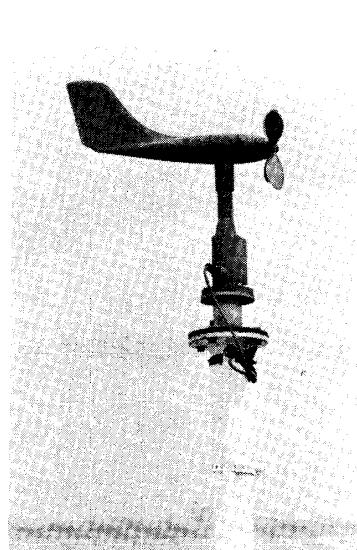


写真4.2.1.1 プロペラ型風向風速計

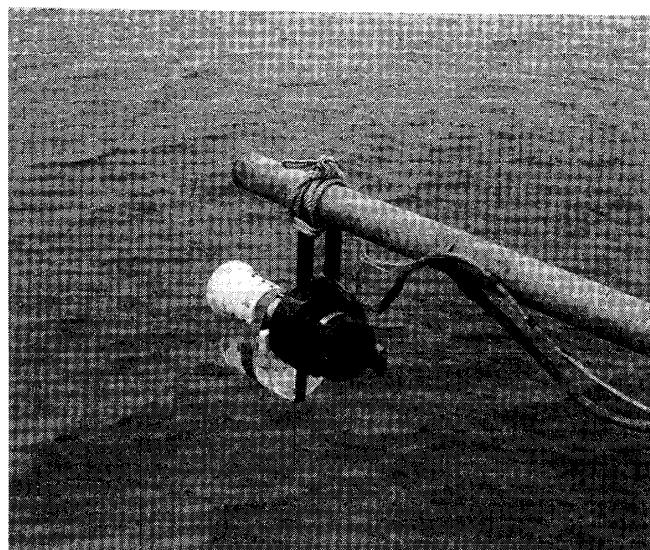


写真4.2.2.1 支柱先端に取り付けられた乾湿計

外廻廊の北西側にある小型百葉箱内(昭和41年より現在まで)と高度約10mの $\Gamma$ 型支柱先端である(写真4.2.2.1)。海洋上での乾湿計による湿度の測定は困難である。強風が吹く条件下では高さ約20mまでの大気層は海水飛沫の粒子群で覆われ、ファンにより吸引した空気は湿球及びファンの羽根に大量に付着する。そのため湿球をつつむガーゼは硬化し、ファンは腐触して壊れる。従って湿球示度は不正確であり、乾湿計自体作動しなくなる。観測塔においても連続的な湿度観測は保守が困難な点も相まって成功していない。気温も同様に通風型にする事が出来ないが、風が全くなくて日射が強い日が少ないため、かなり長期間にわたって有用なデータを採集している。

#### 4.2.3 振動計観測

波や、風の力によって観測塔は絶えず振動している。この波力・風力の大きさを解明する目的で、昭和57年4月に地震計(サーボ式加速度計、水平2成分、日本航空電子工業製、MA 101-02型)を螺旋階段内部の手摺の上に設置した。この計器の諸元は表4.2.3.1の通りで、出力は電子計算機の塔側の入力端子の29および39チャンネルに接続されており、台風接近時などデータを取りたいときにはテレメータ・データ採集プログラムを起動させればよい。塔全体は0.5秒程度を基本周期として振動するので、40 m sec、または60 m sec程度のサンプリング間隔で風浪、風、及び長周期波とともにデータ採集され磁気テープに記録されるのが普通である。相模川等から流木が流れ出し、それが塔に打ちつけるときには、塔の振動は異常に大きくなることがある。

将来は、鉛直振動成分のセンサーも設置し、さらに塔の下部、あるいは観測室内にも設置して塔の振動の全体のようすを把握することができるようしたい。

表4.2.3.1 サーボ式加速度計の諸元

型 名	MA 101 - 02
測 定 範 囲	± 2 G
感 度	2 V/G
直 線 性	± 0.15 %
出 力 抵 抗 (ノミナル値)	1.1 K $\Omega$
周 波 数 応 答	DC ~ 100 Hz
分 解 能 (DC)	0.0001 G以下
作 動 モ ー ド	DC, オートゼロ



写真4.2.3.1 サーボ式加速度計

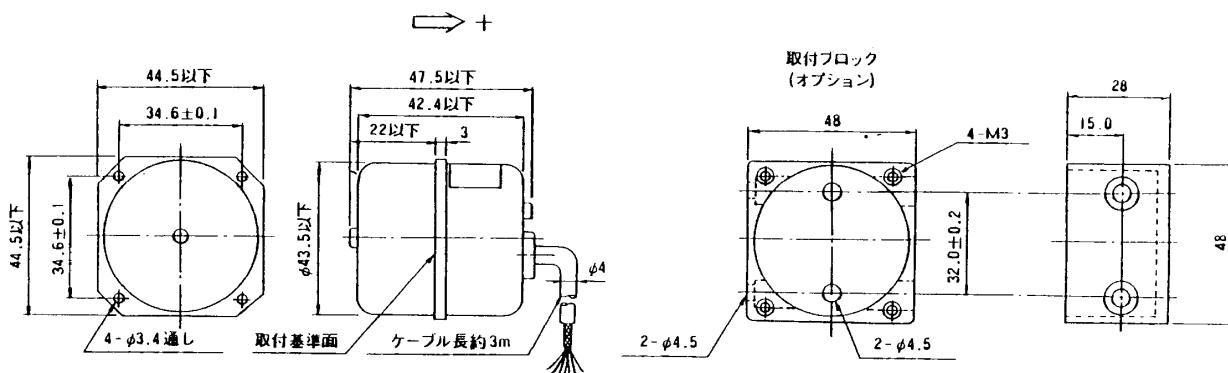


図 4.2.3.1 サーボ式加速度計と取付プロックの図面（単位：mm）

#### 4.2.4 波浪観測

波浪の波高と方向スペクトルの定時観測を行っている。

##### (1) 計測システムの概要

構成は波高計測部、データ伝送部、データ処理部となる。このうちデータの伝送と処理については3.4で示される。ここでは主に波高計測部について述べる。

波高計の性能は表4.2.4.1に、入出力特性は図4.2.4.1に示す。特徴として、波高計は幅広いダイナミックレンジを有することである。

構造は写真4.2.4.1と図4.2.4.2に示す。これらの寸法と重量は表4.2.4.1にまとめた。これらの特徴はセンサーの海面上の端だけを固定し、海面下の端を固定しないで錘を吊したことにある。このようなセンサー構造は横揺れの問題があるが、細いセンサーと重い錘によ

表 4.2.4.1 容量型波高計の特性

##### 性 能

(1) 測 定 範 囲：±5 m, 最大10 mの波高

(2) 精 度：±5 cm

(3) 測定周波数：0～5 Hz

(4) 範 囲：

(5) 出 力 電 壓：±5 V

##### 構 成

(1) 锤 : 15 kg

(2) センサーワイヤ : 3本, 5mm $\phi$ の引込用被覆動力線 (35 m)

(3) 同軸ケーブル : 3本, 10mm $\phi$  (35 m)

(4) 増 幅 器 : 3 チャンネル

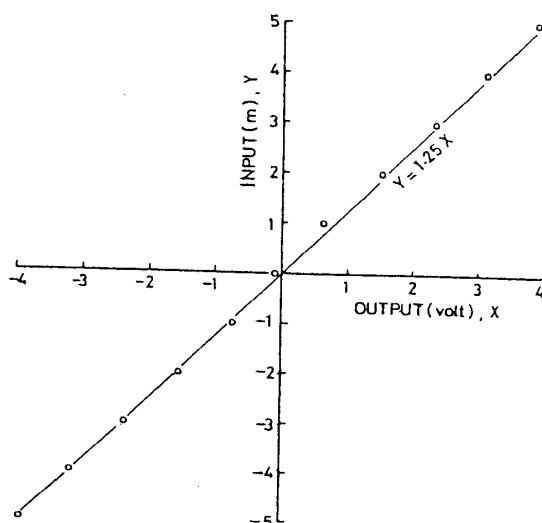


図 4.2.4.1 波高計の入出力特性

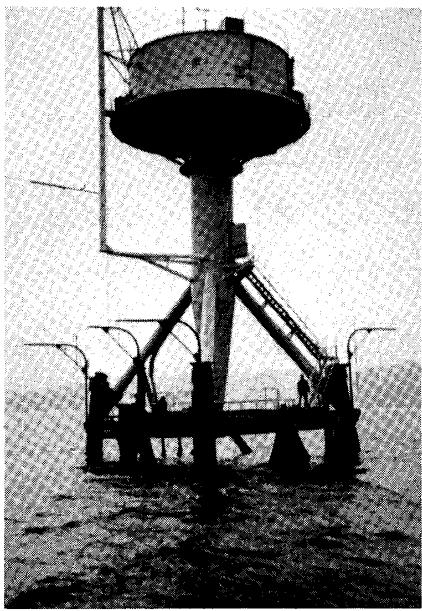


写真 4.2.4.1 波高計センサー設置状況

りほとんどの波浪に対して横揺れは無視される。この方式は精度的に保証され、センサーを常に鉛直に張り、耐久性に優れ、メンテ及び検定の作業の容易にするものである。

センサーの設置は 2.3.4 で説明した  $\Gamma$  型支柱を使用する。波高観測は北側のセンサー (A) を、方向スペクトル観測は 3 本のセンサー (A, B, D) によって行う。

## (2) 成 果

定時観測は波高に対して 1978 年 11 月から、方向スペクトルに対して 1983 年 11 月から開始した。本システムで観測されたもっとも高い波高は、1979 年 10 月の台風 20 号（瞬間最大風速 42.0 m/s）で 7.3 m となった。波高計は台風来襲中に破損したので、実際はもっと高い波高であったと考えられる。

図 4.2.4.3 はこのシステムで得られた平塚沖の波浪特性の季節変化を示す。これによると、平均的な波は周期 6~7 秒で波高 50 cm の波となり、春と秋の季節が荒れる海になる。

方向スペクトル観測から、波浪成分の主方向について代表的な観測例（図 4.2.4.4）を得た。それによると、卓越する外洋波（うねり）はほとんどが南から伝播してくることが分った。これは水深が 20 m で、かつ等深線がほぼ東西にあるためである。南からずれる場合は、南以外の方向から強い風が長く吹いて発達する風浪成分波の場合で、その主方向は風向と一致する。

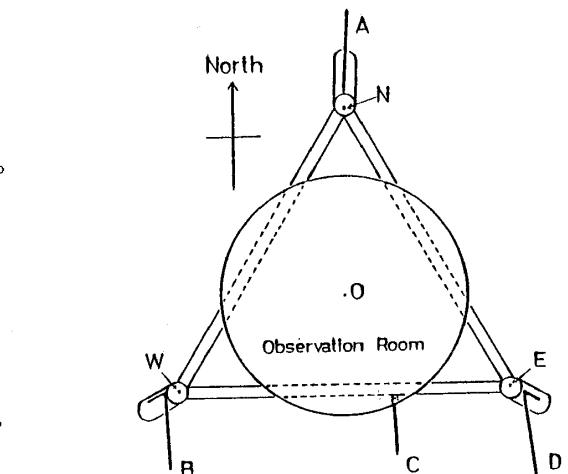
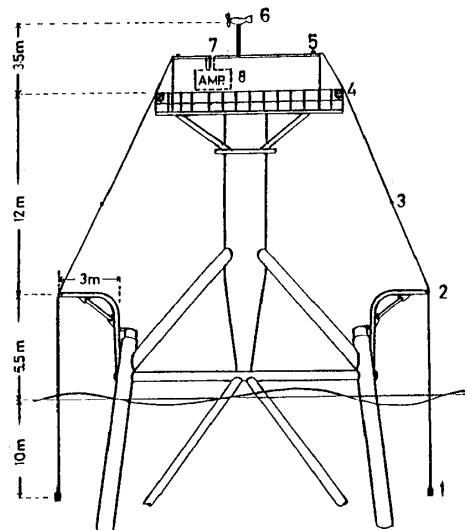


図 4.2.4.2 容量型波高計測システムとセンサーの配置

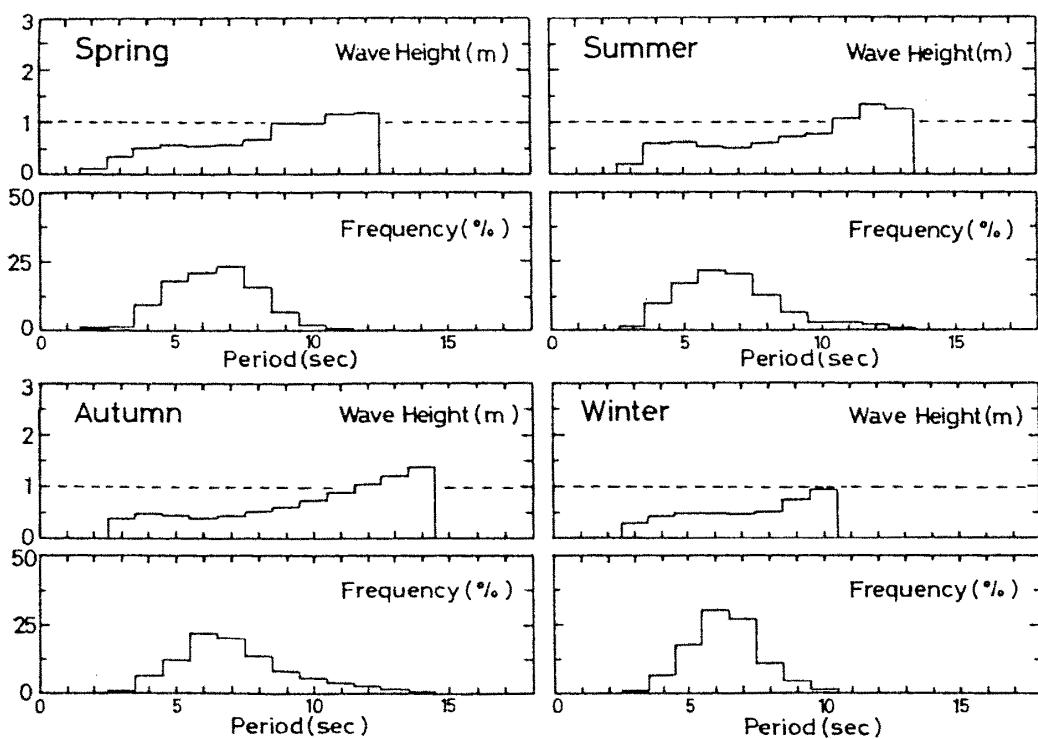


図 4.2.4.3 平塚沖の波浪の季節的な特性  
データは1978年12月から1982年8月までのものである。

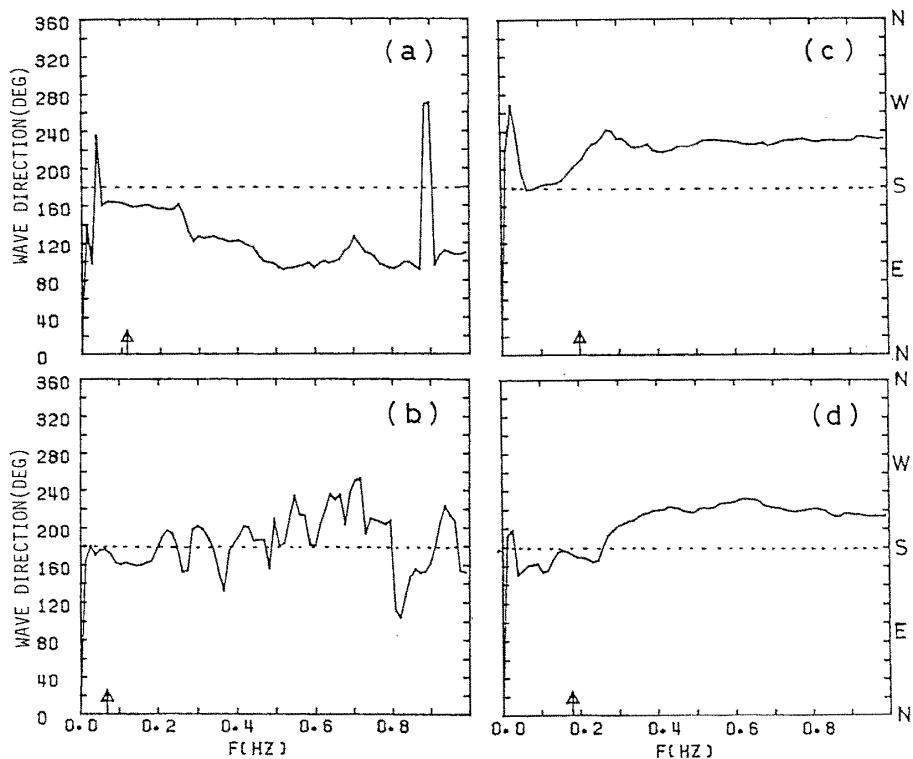


図 4.2.4.4 波浪の方向特性の観測例

- (a) 南南東からのうねりと東風(4 m/s)の風浪 (b) 南からのうねりと北風(12.8 m/s)の風浪  
(c) 強い南西風(19.7 m/s)の風浪 (d) 強い南風(12 m/s)の風浪

#### 4.2.5 潮位観測

地震に伴って発生する津浪や、台風による高潮、さらに南関東地方の地震の予知のための基本データとしての地震の変動を検出するために、塔にはステンレス製の検潮管を設置しており、昭和57年2月以来、検潮観測が行われている。

当初、検潮管は塔の南面に溶接で取り付けられており、センサーとしては、液体を封入したベローズ・システムを用いていて、非電気的に計測していた。不幸なことに、設置の後、7ヶ月たった同年9月12日の18号台風のため検潮管がセンサー毎流失し、観測は中断した。

昭和58年3月には、以前に製作した鶴見精機社製の長周期波形を改造したものをセンサーとして測定、ルーチン観測データの一項目として定時観測されている。

検潮管については2.3.4節を参照のこと。

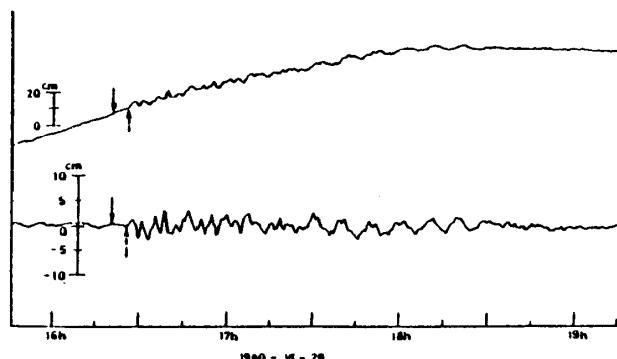


図4.2.5.1 伊豆半島東方沖地震津波の塔での観測記録

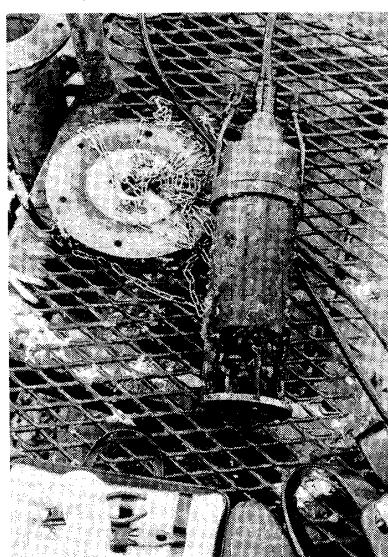


写真4.2.5.1 検潮観測センサー部

#### 4.2.6 表面水温観測

定時観測システムの充実が進むと共に各種計測器も自動計測に適したものにする必要があり昭和58年2月測温抵抗体による表層水温計（北斗理研KK）を海象用スライドチャンネル（深さ約3m）に取り付けた。この計器により以前は自記記録紙に収録された水温データが自動的に定時観測の一要素として収録されている。図3.1.6.1は1985年7月の水温の変動をプロットしたもので春から夏にかけての著しい水温の変化の様子が判る。

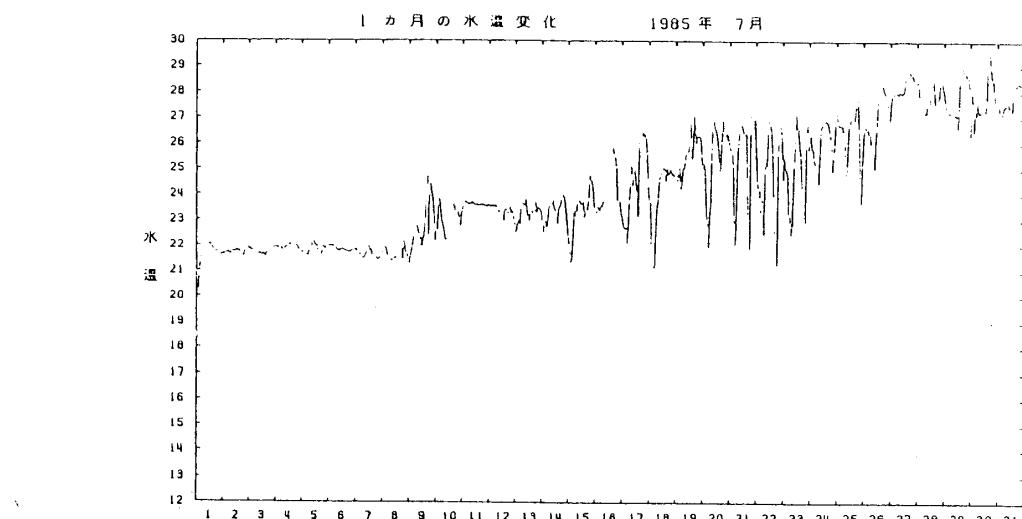


図4.2.6.1 1カ月の水温変化 1985年7月

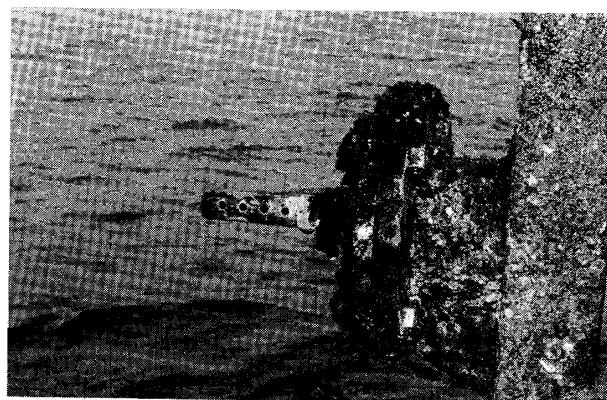


写真4.2.6.1 塔南面のスライドチャンネルに取り付けられた表面水温計

#### 4.2.7 各層水温観測

ステンレス製の保護管に封入された白金抵抗測温体のサーミスター・チェーンによる、観測塔での各層水温連続観測は昭和50年7月14日の12時にスタートした。レコーダは横河電機製のER型12打点記録計を用いている。

当初は、水深5m以深は2.5m毎に、それ以浅は1m毎にセンサーを配置して、合計12本のサーミスターによって観測していたが、現在は、海面直下から20m深の海底までに、5m

おきに、合計5本のサーミスターを配置して計測している。

現在は、サーミスター・チェーンは海底に約100kgの鉄の重りを固定し、径12mmのステンレス・ワイヤーを結んで、上端は北側水平部材にクリップ止めをし、このステンレス・ワイヤーの途中に測温体を取り付けてある。設置した当初は普通のワイヤーを用いていたため、台風のたびごとに、ほぼ全体が壊滅するような被害を生じていたが、ステンレス・ワイヤとして以後は2~3度の台風にあっても破壊するセンサーの数はずっと少なくなった。

付着するカキなどの生物の廃棄物による金属腐食、あるいはリード線取り付け部分のこすれ等による断線など、長期的には避けることのできない原因のため、センサーの平均的な寿命は2~3年であり、この程度の時間ごとにセンサー全体の更新が行われている。

水温は季節的な大気の温度よりも1ヶ月ほど位相が遅れて、3月ごろ最低水温13度前後を記録し、8月半ばごろ海面水温25度以上となって最高となる。9月から3月ごろまでの水温下降期には海面から海底まで水温はほぼ一定となるのに対し、4月から8月までの上昇期には、鉛直水温の差が大きくなる。7、8月の鉛直水温差の大きいときには、水温の変化は、海表面近くよりも海底近くのほうが水温変化が大きいのがふつうである。

昭和50年8月には大急潮を経験し、わずか2~3時間のうちに水温構造が急変して、鉛直水温差がなくなり、それが一昼夜近く続くという現象を記録した(図4.2.7.1)。

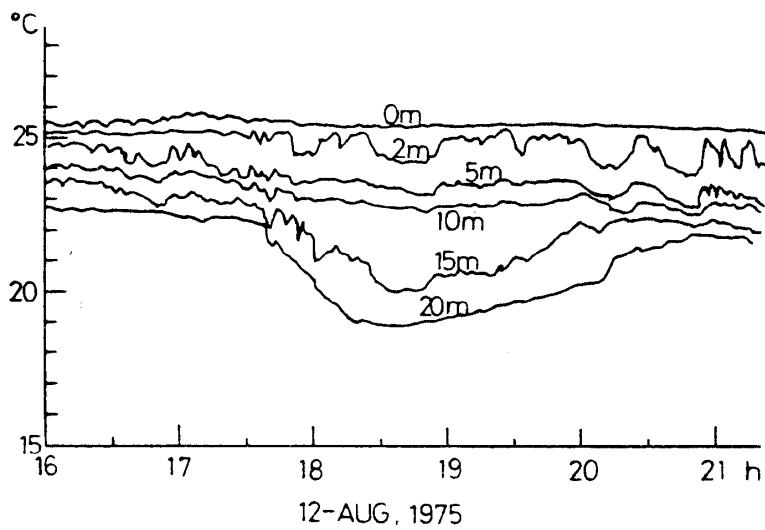


図4.2.7.1 各層水温の観測例

#### 4.2.8 流向・流速観測

平塚支所における様々な研究において、流向流速データは最も基本的な要素の一つである。そのため過去において超音波式、プロペラ式、電磁式等の流向流速計を導入し成果を上げた。

しかしながら生物の付着などによりセンサーの維持管理が困難な事等により長期間に亘るデータの著積がなされなかった。その後生物付着に効果のある塗料が開発されたこともあり昭和49年に購入した電磁流速計（北辰電機製）を調整し昭和59年7月から定時観測を行った。この流速計の受感部はドアのノブ状をしたもので4つの電極があり、それぞれ流れのEW成分、SN成分を検出し、流速、流向を得ることができる。この流速計は信号処理部が老朽化し、長時間使用すると零点のドリフトが起き、その都度静水による調整を必要としたため昭和60年5月棒状の電磁流速計（ユニオン・エンジニアリング）に更新された（写真4.2.8.1）。

#### 4.2.9. 長周期波観測

「相模湾周辺における長周期波の研究」のために昭和50年に三崎（神奈川県水産試験場）、江ノ島（江ノ島ヨットハーバー）、平塚（観測塔）、早川（早川漁港）、真鶴（真鶴漁港）、伊東（気象研究所観測塔）の6ヶ所に長周期波計が設置された。この長周期波計は圧力センサーにより海面の変動を電気信号に変換し、ハイパスフィルターにより潮位変動を除いた周期1分以上の長周期波とローパスフィルターにより潮位変動をそれぞれ得ることができ、データはデジタル化し時刻を加えてカセット磁気テープに収録されるもので、毎月このカセット磁気テープを回収し、データ処理を行った。昭和54年観測塔に設置された以外の5ヶ所の長周期波計は撤去された。昭和57年定時観測の要素として潮位・長周期波のデータを収録できる様に長周期波計の改造を行った。今日では、陸上施設において自記記録紙に連続的にモニターしており潮位変動および津波計として用いられている。

#### 4.2.10 海底傾斜観測

日本における被害地震の多くは、列島周辺の海溝やトラフ沿いに発生してきている。これ

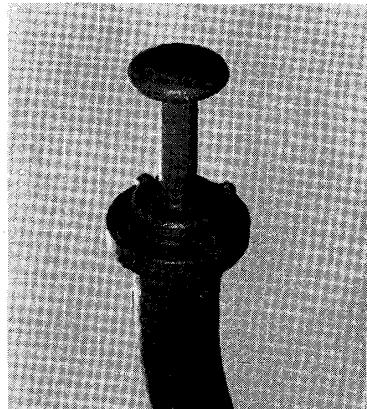


写真4.2.8.1 電磁流速計受感部  
青色は生物付着防止塗料

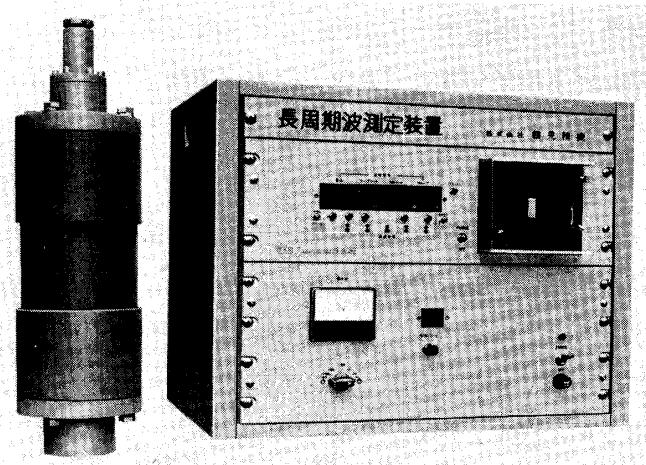


写真4.2.9.1 長周期波計の受感部（左）  
とアナライザー（右）

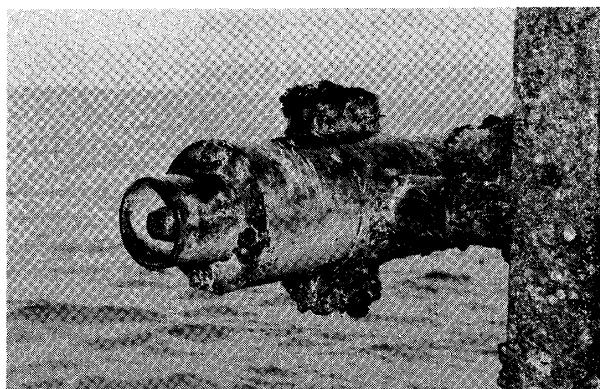


写真 4.2.9.2 塔南面のスライドチャンネルに取り付けられた長周期波計

らの地震の短期的予知を行うためには、震源に近い海底域において、地震や地殻変動の連続観測を行えれば非常に有効である。ケーブル式の海底地震計は気象庁によりすでに実用化されているが、海底での地殻変動観測用機器は、数年前の段階では何もなかった。そこで、まず海底傾斜計から開発を始めようと、昭和53年度から研究を行ってきた。

海底傾斜計で最も重要なことは、その海底への設置方式である。海底に基盤まで達するボーリングを行い、その孔底部に、傾斜計を設置すれば問題はないであろうが、大きな費用がかかるし、また失敗の危険性も高い。そこで、より簡便・確実なものとして、海底面自由設置や、海底浅部埋設の方式について、これらが可能であるかどうかについて試験観測を行うこととした。

製作した海底傾斜計は、円筒形の耐圧容器（直径44cm×169cm）と鋼制枠（215cm×150cm）よりなる。耐圧容器は、内部に、傾斜センサつき強制ジンバルと伝送装置を収容している。傾斜センサーとしては、当センターが陸上で観測に使用しているものとほぼ同じタイプの振子型を2台、別に気泡型を1台の合計3台を使用している。伝送には周波数変調方式を採用している。

最初の実験は、昭和56年秋、この海底傾斜計を、波浪等観測塔付近の水深約20mの海底面に自由設置することにより、始められた。耐圧容器からの同軸ケーブルは、観測塔脚に添い立ち上げられ、観測室内部で電力分離3波器を介し、既設ケーブル中の1対に接続される。この既設ケーブルからの信号は、平塚支所内の陸上復調装置に導かれる。観測を開始したものの、ドリフトが非常に大きく、おさまることがなかった。特に、台風時等悪天候の時のドリフトは大きく、2時間で $500 \mu\text{rad}$ を越えるようなこともあった。

このように大きなドリフトの原因是、水深20mという浅海であるため、波浪の影響が海底面にまで及び、これによる往復流により、鋼製枠周辺の海底砂層が洗掘されることにあると考えられる。このような状況が以後も継続することとなれば、この実験観測本来の目的である、海底砂層での傾斜観測の可否を調査することができない。そこで、人為的に傾斜計を海底砂層中に埋設し、波浪の影響から逃がれることに決定した。

最初に設置してからちょうど1年後の、昭和57年秋、初期位置のすぐ隣りに埋設設置を行った。図4.2.10.1に埋設状況を示す。今回新たに採用した鋼制架台は、その4本の脚により、傾斜計をより密な砂層と一体化させることを目的としている。この埋設工事の3ヶ月後、平塚－筑波間は専用電話回線によりテレメータ化された。これにより、姿勢制御およびデータ収集が効率的に行えるようになった。

次に観測結果についてであるが、埋設後ドリフトは激減し、1か月後にはほぼ定常状態となり、埋設が効果的であったことを示している。図4.2.10.2は、気泡型傾斜センサーによる連続観測記録である。東西成分はよく安定し、ドリフトは概略 $5\mu\text{rad}/\text{月}$ におさまっている。これは、通常の陸上のボアホール式傾斜計のドリフトの約10倍である。それでも $1\mu\text{rad}$ 程度の短期的変動は十分検出できると考えられる。南北成分のところどころに見られるステップは台風などによるものであるが、その他はますます安定しているといえよう。

このようにして、浅海においてさえも、海底砂層中に埋設し、波浪の影響を小さくした海底傾斜計により、有効な傾斜観測が行えることがわかった。この結論は、今後の深海底への海底傾斜計設置方法について、有益な指示となるものである。

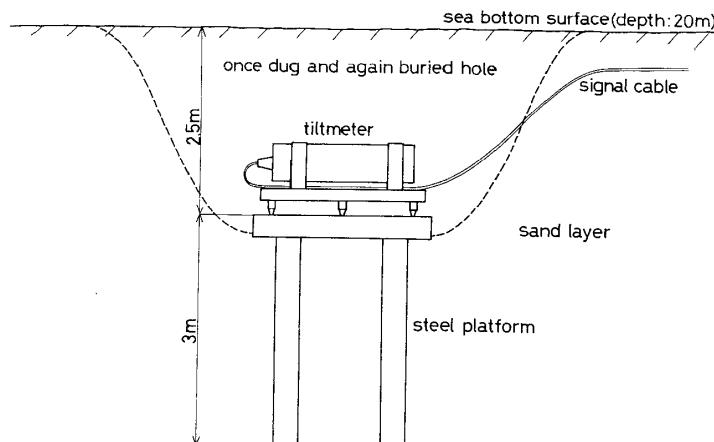


図4.2.10.1 傾斜計の埋没状況

(埋設位置は観測塔中心から平塚支所  
アンテナを結ぶ線から反時計回り $1276^\circ$ ,  
塔中心から約32cm。図で右側が北方)

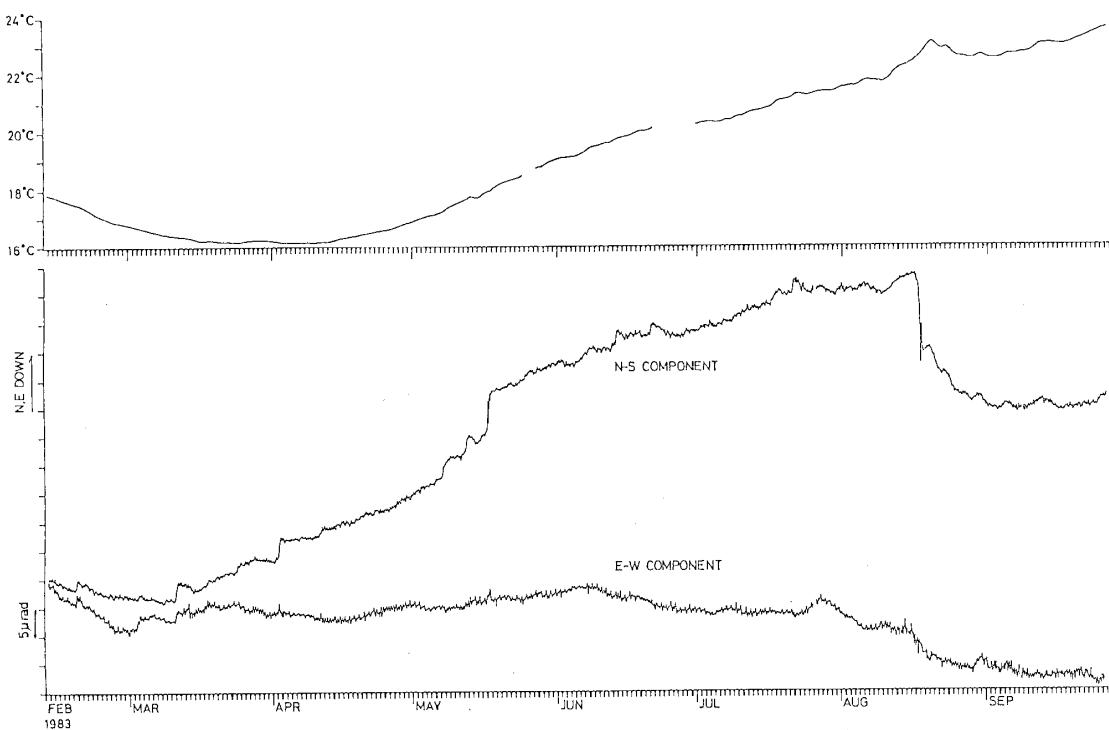


図4.2.10.2 傾斜計測定結果の一例

海底傾斜計連続観測記録

(上は、耐圧容器内部の温度であり、  
周囲の海水温度を反映している)

### 4.3 実験観測

#### 4.3.1 3次元風速変動の観測

1973年より超音波風速計を用いて風速変動の3ベクトル成分の測定が行われるようになつた。これ以前の風速変動は小型3杯風速計を用いて水平風速に関してのみ測定されていた。観測塔はかなり大きいため塔自体によって気流が乱される。また上部に観測室を持つ構造で

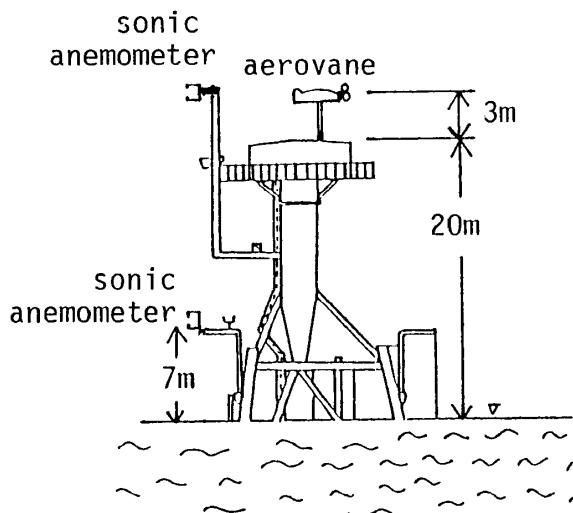


図4.3.1.1 超音波風速計の配置

あるので、超音波風速計の受感部を塔の影響がない所まで離すためにはかなり長い支柱を必要とする。強風時の安定性を考慮すると取付け位置は限定され、海面より10m以下の位置及び塔屋上の上方で海面より23m近傍（上部観測支柱先端）のみに配置が可能である。風速計は1台ないし2台を実験目的に従って適当な位置に取付け（図4.3.1.1），測定されたデータはオンラインで陸上の電子計算機に送られたのち収録される。これらのデータから海上風の乱れの強さ、レイノルズ応力、突風率及びパワースペクトル等多くの解析結果が生み出され、海上風独特の統計的性質、空間的挙動が明らかにされた。風ベクトルの観測は現在も隨時行われており、とくに台風等の強風の性質を解明するため測定条件を調整してある。海面のレイノルズ応力あるいは抵抗係数を渦相関法で測定するためには海面近くに受感部を配置することが望ましいが、高波による破壊が避けられない事例がある。収録したデータは磁気テープで保存されている（写真4.3.1.1，4.3.1.2）。

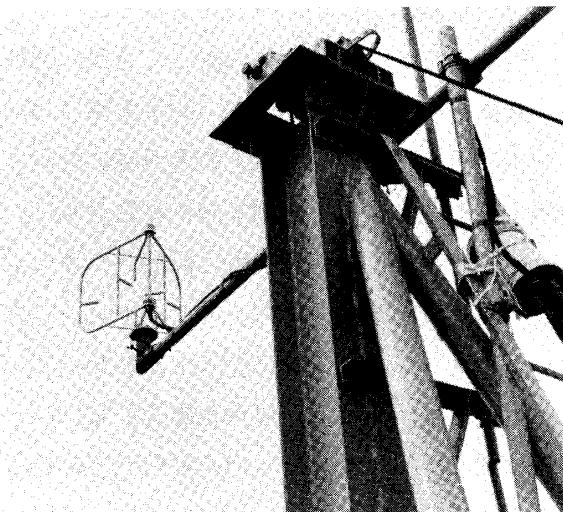


写真4.3.1.1 観測塔上部支柱に取り付けられた超音波風速計受感部

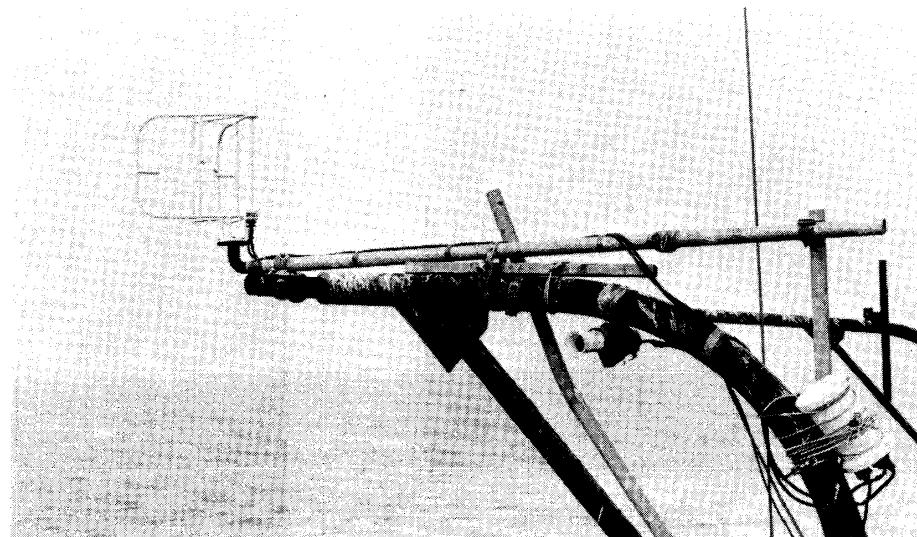


写真4.3.1.2 下部Γ型支柱にとりつけられた超音波風速計受感部

#### 4.3.2 マイクロ波散乱計による海上風の測定

海洋現象の広域観測を可能にするリモートセンシング技術の開発の一環としてマイクロ波散乱計（単周波）が開発された。同装置は風浪に覆われた海面のさざなみを探査することによって風ベクトルを推定するコーヒーレントパルスレーダである。幅2度のペンシル・ビームによって海面を照射し、受信されたレーダーシグナルは解析され後方散乱断面積を与える。この後方散乱断面積は多くの海面情報を含んでいるが、今回設定された16.0 GHz の送信周波数（波長1.875 cm）は海上風に対しても良い関数関係を持つ。

装置完成後海上観測塔での測定実験は1979年より始まり、現在も稼動している。散乱計空中線装置は上部観測室屋上の南西端に設置され、手動で入射角及び方位角を設定する。空中線を除く他の装置は観測室内に設置されていて、屋根を貫通して導波管で結ばれている。データの収録は信号処理装置と同期したカセット・ディジタル・データレコーダで行う。

レーダ波の送受信に関してサイドローブの効果をできるだけ除去する必要があり、またビームのスラントレンジにゲートがかかっているため観測範囲は限定される。測定された海面の後方散乱断面積は、超音波風速計又はエーロベーン風速計で求めた実測風と照合され、両者の関係がレーダビームの入射角と方位角をパラメーターとして示される。

今までの実験結果では北寄りの風（陸風）に対しては実測風と後方散乱断面積の相関は悪く、南寄りの風（無限吹送距離をもつ海風）に対してのみ良い結果を得ている。解析されたマイクロ波の後方散乱の特性は航空機搭載実験の結果とともに報告されている。

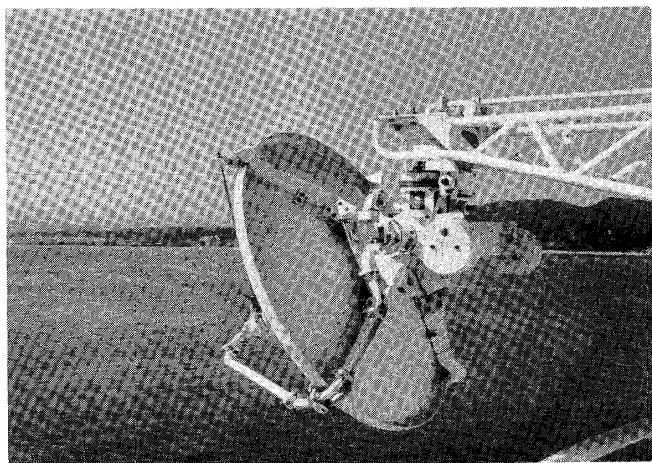


写真 4.3.2.1 マイクロ波散乱計空中線装置

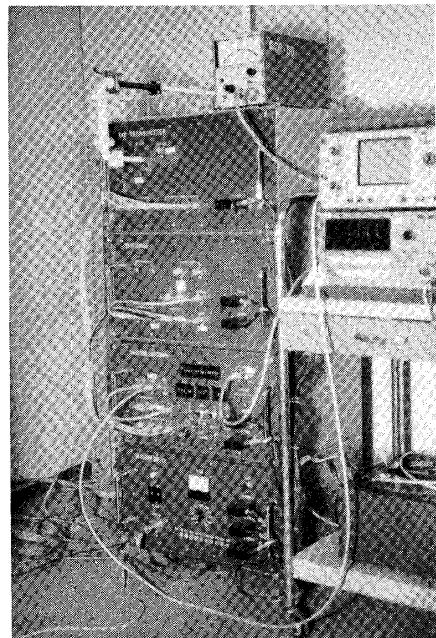


写真 4.3.2.2 マイクロ波散乱計解析部

## 4.3.3 二周波マイクロ波散乱計による波浪計測実験

今まで波浪の特性をリモートセンシングできる技術がなかった。最近二周波散乱計の原理が提案され、米国とヨーロッパで実用化の研究が進められている。この原理は2つの相近接する周波数のマイクロ波から大きな波長のビート波を作り海面に照射し、ビート波と共に鳴する波浪成分の波からの散乱波を受信することによって、波浪の情報（波長、波高、波向）を計測するものである。

波浪の情報のうち、波長と波向すなわち方向スペクトルについての開発研究を57年度から開始した。第1段階としてCW方式の散乱形による開発研究を57年度から58年度の2年間で行った。写真4.3.3.1に示したように観測塔に設置して照射実験を行い、この技術開発の見通しが得られた。第2段階は上記の成果をもとに、パルス方式の散乱計による開発研究を58年度から59年度にわたって行った。パルス方式は航空機及び衛星に搭載可能なものであるが、技術的により困難な方式と言える。58年度に装置を製作し、観測塔で照射実験を行い59年度に航空機実験を行った。

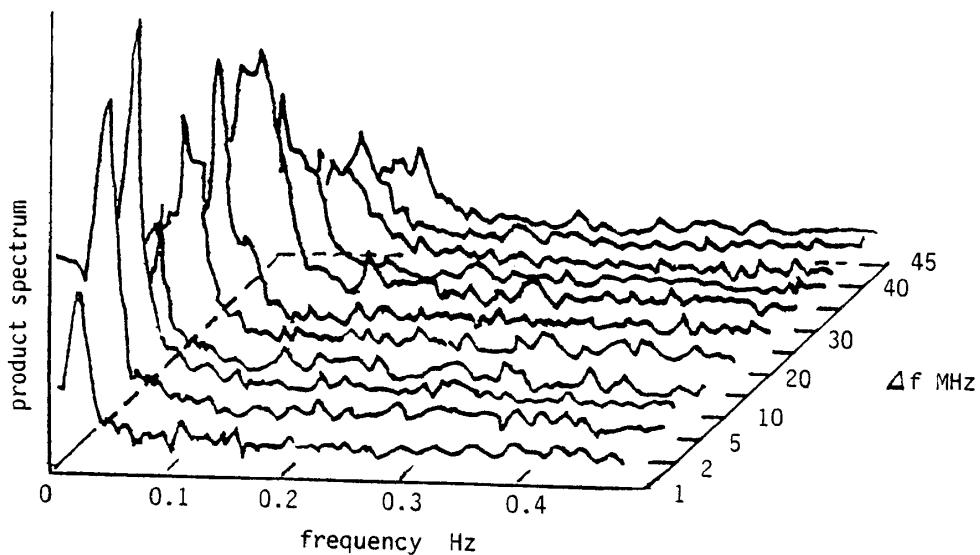


図4.3.3.1 周波数 $\Delta f$ のビート波と共に鳴する波浪成分波からのエコーのパワースペクトル(CW方式の実験結果)。  
波浪の方向スペクトルはこれらのスペクトルピークの分布から評価される。

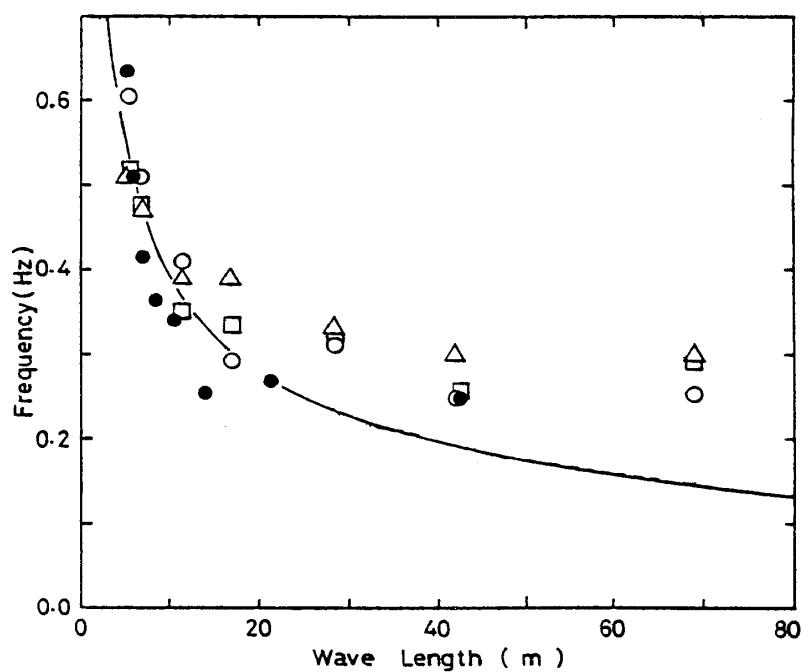


図4.3.3.2 二周波散乱計から得られた波浪の分散関係  
(パルス方式実験結果)  
海面の照射面の大きさより小さい波長をもつ波浪に対して理論値(実線)と一致した. 黒点はCW方式の実験結果である.



写真4.3.3.1 二周波散乱計の設置状況  
左側がパルス方式で、右側がCW方式の散乱計である。

図 4.3.3.1 と 4.3.3.2 は観測塔で得られた CW 方式及びパルス方式の結果である。60年度以降は波浪の波高計測技術の開発を行うとともに、上記の方向スペクトル計測技術の精度を上げる実験的研究を遂行していく予定である。

#### 4.3.4 海面表層水温の観測

海面下薄層の水温鉛直分布は大気と海洋間の熱交換を直接表現するものである。測定を試みた表層は数cmから10数cmの厚さであるが、海面には常に波浪が存在するため、表層の厚さに比べて変動が大きく測定が容易でない。実験は1975年から76年にわたって行った。表面温度は赤外線放射温度計 ER 2002 型（松下通信製）で測定した（写真 4.3.4.1）。薄層の水温分布の測定は銅・コンスタンタン熱電対を5個から10個丸い棒の片面に取り付けた特製センサーにより行った（写真 4.3.4.2）。熱電対は3mmから1cm間隔で配置され、水面上にあるときは気温を、水面下では水温を測定する。実験は下部構造デッキ上で行い、出力は自記紙に記録された。写真 4.3.4.3 は風浪で覆われた海面へセンサー付きの棒が入る直前を示す。赤外線放射温度計と熱電対により取得されたデータは水面の上下の薄層の温度構造を明らかにする事例研究となった。海表面の物理的化学的現象は複雑であり、大気の条件と相まって再現性のない観測データを示すことが少くない。また熱電対は応答性を良くするため直径0.4mm以下の細い線を裸線のまま用いるため、腐蝕が速く、実験のたびに使い捨てとなる。

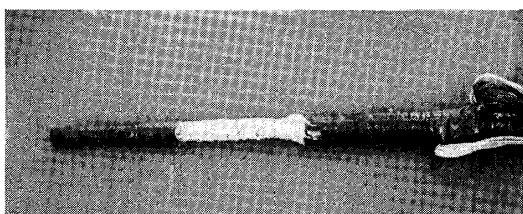


写真 4.3.4.2 热電対温度計



写真 4.3.4.1 赤外線放射温度計



写真 4.3.4.3 热電対による海面表層水温の観測

## 4.3.5 吊り下げ圧力式波浪計による波浪観測

沿岸波浪の予測を行うためには沿岸域の定点の観測のデータばかりでなく、湾内の観測データが必要である。このために、本観測は定点観測として平塚沖観測塔での容量型波浪計による観測と同時に、小型船舶による観測を行うものである。使用している測器は吊り下げ圧力式波浪計である（写真4.3.5.1）。構造は波によく追従するブイに50mのケーブルを吊り下げ、その先端に圧力センサーを取り付けたものである。測定原理は波面の上下によってブイ及びセンサーが上下して、それによる水圧変動から波高を検出する方法となる。

観測はほぼ毎年1回、1979年から行った。観測点は図4.3.5.1に、得られた成果は観測塔の値を基準としてまとめ、図4.3.5.2に示した。それによると、外洋から入射する波浪は大島から平塚海岸に伝播する間に、波高が約40%に減衰することが明らかにされた。

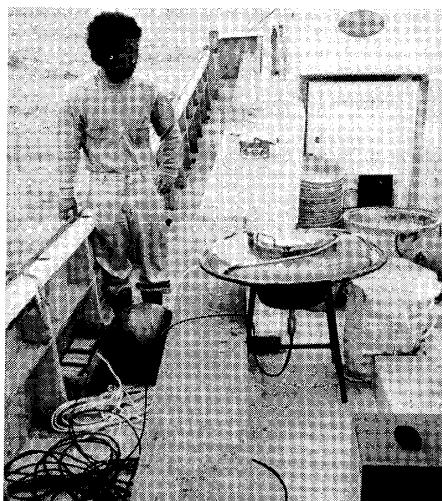


写真4.3.5.1 吊り下げ圧力式波浪計  
中央のところにブイ、50 m のケーブル、  
その先端に圧力センサーがある

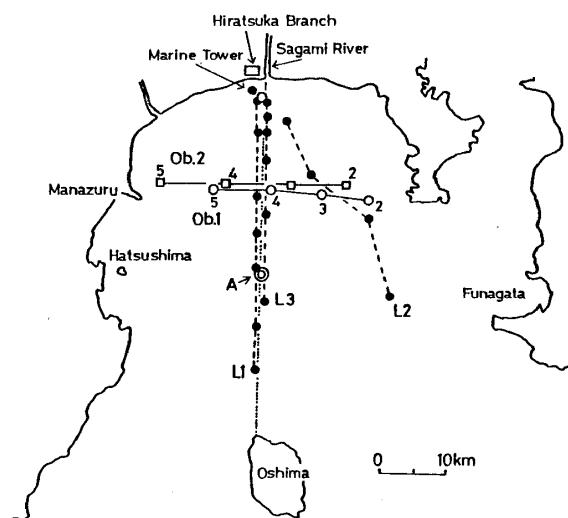


図4.3.5.1 小型船舶による波浪観測の観測点

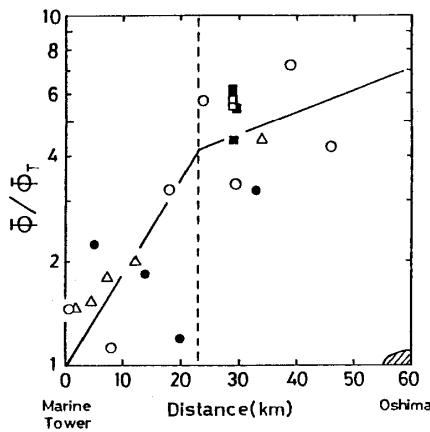


図4.3.5.2 周期10秒前後の波浪のスペクトルピーク波の減衰

#### 4.3.6 波浪計測ブイの開発実験

第3.2.6で示した波浪観測には、波浪計測ブイが必要である。このために1981年以来、波浪計の開発を行って来た。開発する波浪計は圧力式のものとした。その理由は次のことによる。波浪計測ブイには加速度計と圧力式がある。圧力式は50mのところまで圧力センサーを吊り下げる点で取り扱いが複雑となるが、より安定した精度を有し、かつ簡単な構造をもつ長所を有するからだ。

第1段階として、吊り下げ圧力式波浪計と塔の容量型波高計の同時観測を塔付近の海域で行い、波浪計の特性を明らかにする研究を行った。図4.3.6.1に示すように、圧力式波浪計は波高計測に関して実用的に十分な精度を有することが明らかにされた。第2段階として、波高ばかりでなく波向も計測できるブイの開発研究を行った。1982年に圧力式ジンバル波浪計を考案・試作を行い、性能実験を行ったが、波向計測に関して十分に満足すべき結果が得られなかつた。この原因は複雑な2軸ジンバル機構のために、常に安定した鉛直性が得られなかつたことによる。これを克服するために、丸太型の吊り下げ圧力式波浪計を考案し設計を行つた。これは構造的に簡単な1軸ジンバルのために安定な精度の波向計測が期待される。上記の研究により、2つの特許の申請を行つた。

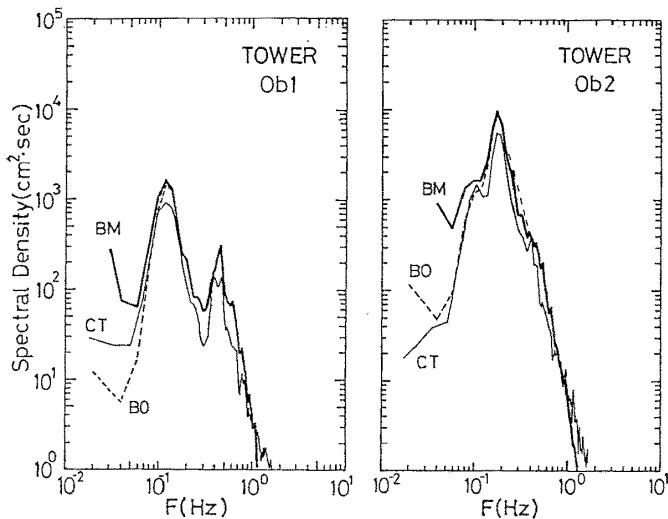


図4.3.6.1 波浪計測ブイ(BM)と容量型波高計(CT)との比較

#### 4.3.7 CSTD観測

CSTD観測装置というのは、海中に吊して海水の電気伝導度、塩分濃度、水温を、その時の水深とともに測定するものである(写真4.3.7.1)。当センターで所有するものは、1974年末に鶴見精機社によって製作されたもので、水深50mまでの測定が可能である。電気伝導度に対して30~56 mmho/cm、水温に対して5~40°C、水深に対して0~50mが測定可能範囲で、おのおのこれらの測定範囲内で0~5Vが出力される。塩分濃度は、測定範囲を三段

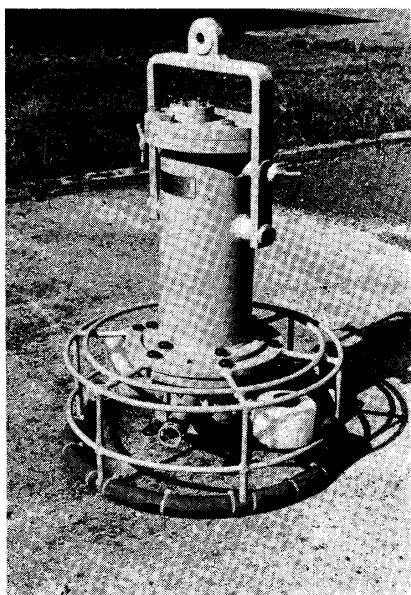


写真 4.3.7.1

に切り替えることが可能で、測定レンジはそれぞれ、22～27, 26～31, 31～35パーミルの範囲に設定されており、これも測定範囲ごとに0～5Vに変換されて出力される。測定精度は塩分に対して0.01パーミル、水温に対して0.01°Cである。測定値はアナライザーについているメーターによってモニターすることができる。この装置は、手動式のワインチで上下する。塔で使用する時には、ワインチとアナライザーは上部実験室内と周辺通路に設置して観測することにし、これらを下部の実験台上に置かないのが安全である。漁船などで作動するときには、300W程度の発電機からパワーを供給するのがよい。

波浪観測塔での河川水の拡散現象の観測や、相模湾縦断波浪観測のさい使用してきた（図4.3.7.1および4.3.7.2）。

この装置は1982年に回路、センサー、および金属製匡体に対して、やや大規模なオーバーホールをほどこした。

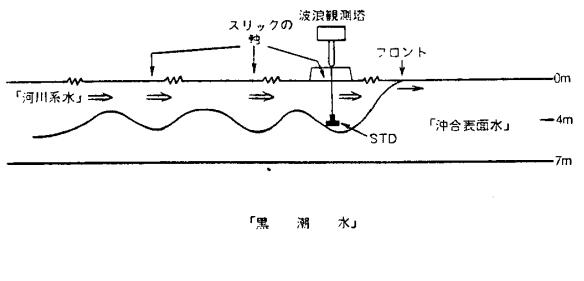
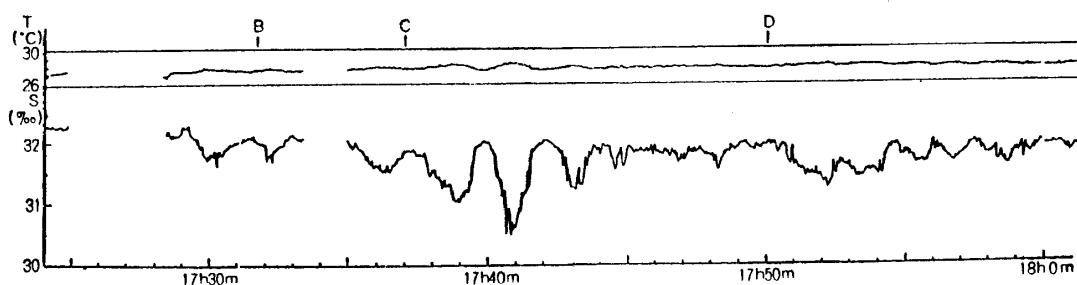


図 4.3.7.1 CSTD測定装置による河川系水の進行測定

図 4.3.7.2 CSTD装置の実測例。1976年7月29日夕刻  
塔で水深4mに固定したときの記録

#### 4.3.8 流速変動観測

沿岸流に関して、十分に長期にわたる連続観測はなされていない。それは次のような技術的困難な点があるからである。

- (1) 波浪の影響を含む流れに十分に応答でき、かつ安定した精度を有する流速計が少ないとこと。
- (2) センサー部につく付着生物の対策。
- (3) 異常波浪に対しても安定した計測ができる設置法の確立。

これらの点を研究するために、アンデラ流速計を図4.3.8.1に示すように観測塔に設置し、1982年から2年間にわたって観測を実行した。

アンデラ流速計は写真4.3.8.1に示したように、波浪の往復運動のような高周波の流れ、とくに流向に対して応答できないものである。よって(1)に対して、波浪の影響を少くするために、流速計は海底付近(17mの深さ)に設置した。(2)に対して、流速計は記録用テープの交換のために2カ月に1度引き上げるので、

2カ月間の付着生物防止の対策をすればよい。これは測器全体に毒性の強い船底塗料(ユニドール)を塗ることによって解決した。

(3)に対して、最初の試みは次のようにした。流速計の設置ロープとしてナイロンロープ(16mmφ)を使い、吊り下げロープの一端を塔の手摺に固定し、他の端に40kgの重りを付けてほぼ海底に置き、ロープ全体に張力がかかるように長さを調整した。この試みは4.2で説明するように失敗した。問題点を検討し、次のような設置法に改めて、これ以後の観測に

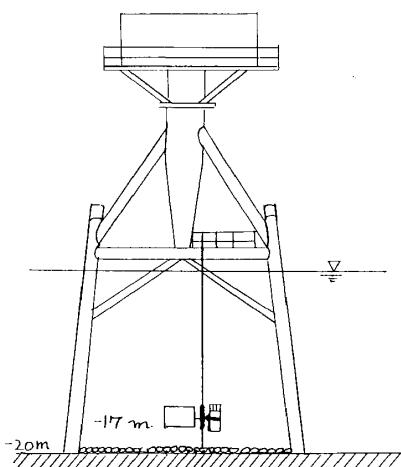


図4.3.8.1 アンデラ型流速計の設置図

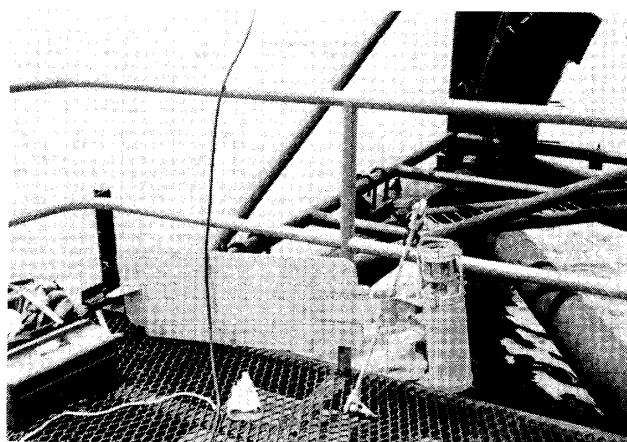


写真4.3.8.1 アンデラ流速計  
流速計全体が青色になっているのは生物付着防止塗料のため

成功した。ロープはステンレスワイヤー（9 mm φ）にし、海底側のワイヤーの固定の方法として、重りの代りに、塔の支柱間に張った鎖（13 mm φ）にワイヤーを固定するものである。この方式の欠点として、流速計の回収・設置には潜水夫が必要なことである。

2年間の流速観測から次の成果が得られた。

- (1) 外洋波浪の影響を受ける浅い海で流速計を設置する場合、設置ロープとして小さい断面積をもつ強いステンレスワイヤーを使用し、ワイヤーの両端の固定はできるだけ構造物を利用すること。
- (2) 観測期間が1カ月以上にわたる場合、測器全体に生物付着防止塗料を塗ること。
- (3) 平塚沖の沿岸流の特徴が明らかにされた。図4.3.8.2より東西方向（海岸線に沿う方向）は振幅約10cm程度の潮流が、南北方向は吹送流が卓越する。
- (4) 図4.3.8.2から分るように、測定された南北方向の流れは波浪の影響を受けて実際より大きくなつた。このために今後は、波浪による流れの変動も計測できる早い応答性を有する超音波流速計又は電磁流速計を使用すべきである。アンデラ流速計による流速観測を行う時、設置水深は40m以上の深さにすべきである。

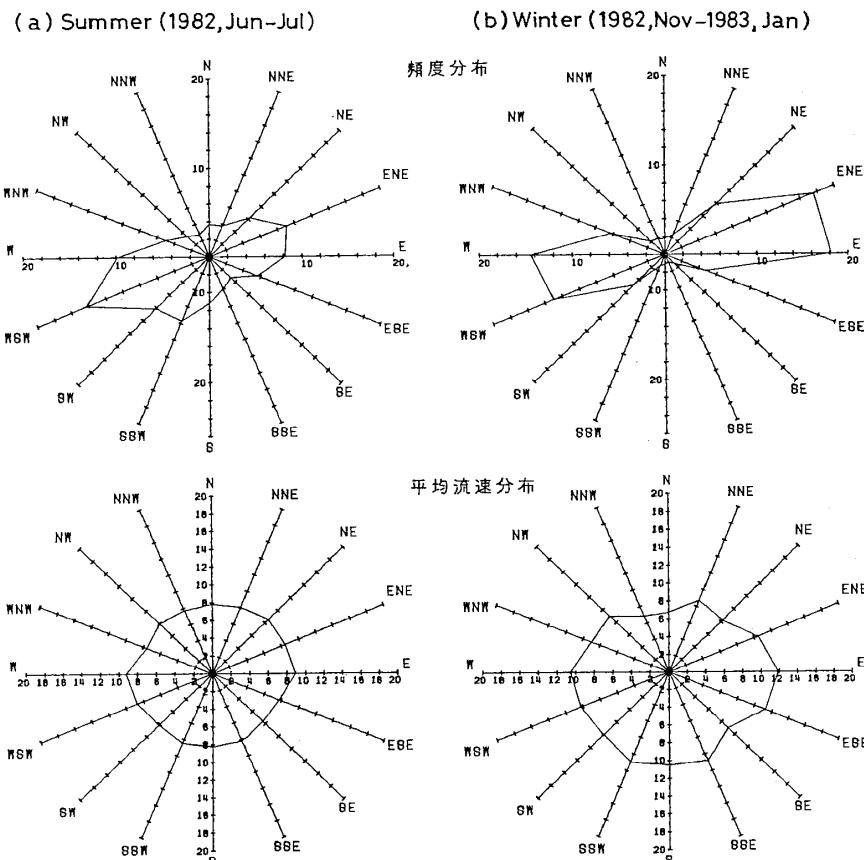


図4.3.8.2 アンデラ型流速計によって測定された平塚沖の平均沿岸流

## 4.3.9 波と風の干渉の観測

大気乱流による運動量の鉛直輸送すなわち平均風のシアーストレスが海面に作用して波浪や吹送流を生む。しかし大気と海面の干渉は複雑であり、海洋上でそのメカニズムを直接的に明らかにする測定も容易でない。実験は次の4つのテーマを中心として行われた。(1)海洋上における波浪によって誘起された気流の測定、(2)平均風速の鉛直分布から求める海面粗度、(3)海洋最上層の流速分布、(4)碎波・白波・波浪高周波成分の測定。これらの一連の測定は、1969年から1972年にわたって行われた。風速測定は3杯型微風速計を最大6台まで同時に使用した。また海面の水位変動は速い追従性を要求されるため、極く細い被覆銅線を受感部とした容量型波高計を用いた。これらのデータの出力は同期されていて、自記紙に記録されるとともに電子計算機によって収録された。実験にはカメラ等他の計測器類も援用した。図4.3.9.1は観測塔の周辺に配置された波高計及び風速計の平面図である。また図4.3.9.2は波浪（点線）と気流（実線）が時間とともに変化する状態を立体的に示したもので、図中に測定高度（Z）が示してある。観測塔上部からカメラを用いて海面の写真を求めたとき、白波等の面積を求めるのは容易でない。図4.3.9.3は実際に行った測定及び解析を示す概念を示す。図中の実線で囲まれた台形部分が解析された。

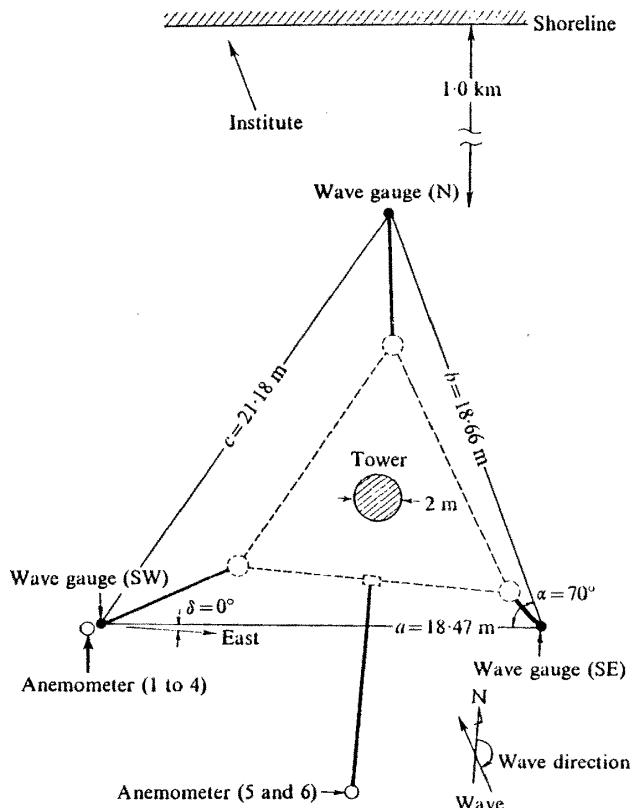


図4.3.9.1 波高計および風速計の配置

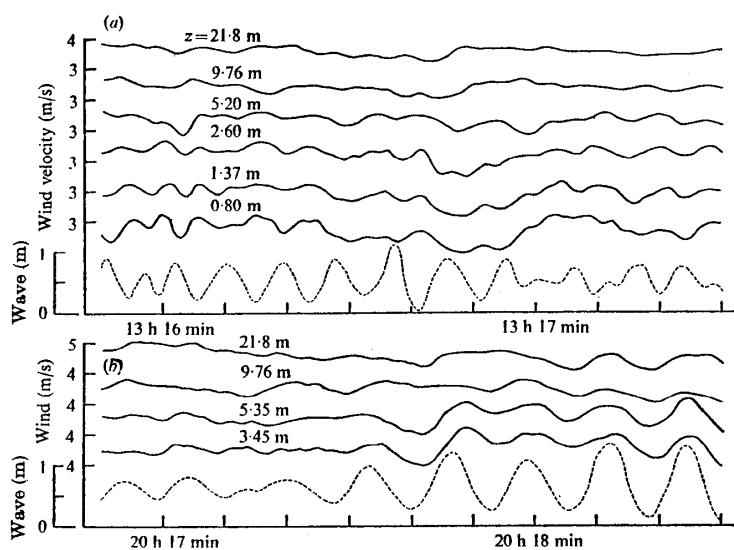


図 4.3.9.2 波に誘起された気圧変動の観測例

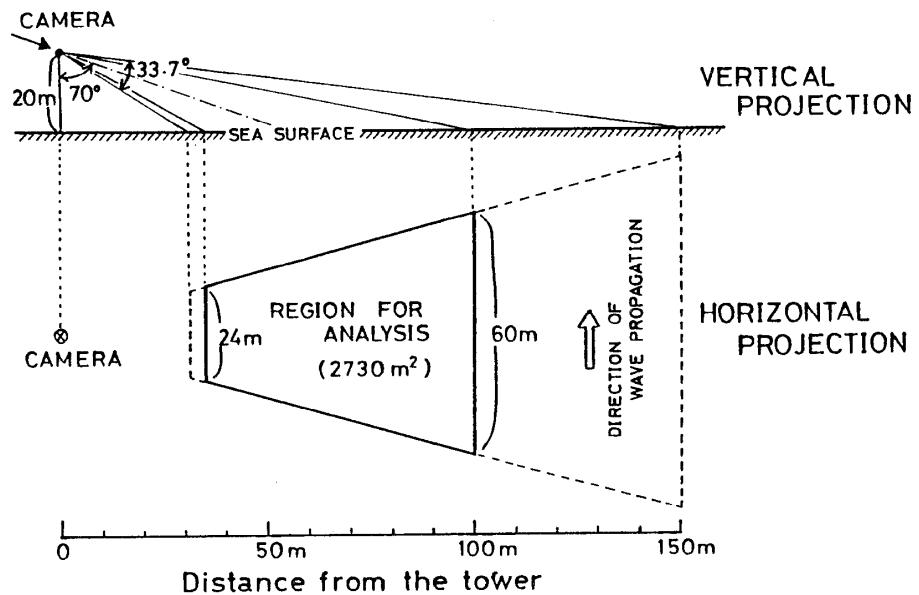


図 4.3.9.3 塔上に設置されたカメラによる白浪の測定

#### 4.3.10 観測塔の周りの風速分布の観測

1970年から1971年にかけて数個の3杯型微風速計を用い、観測塔のまわりの平均風速の強度分布を測定した。塔の形状は単純でないため、直径2mの本体周辺の水平分布および屋上上方での鉛直分布を求めた。これらの分布は陸上にて模型による実験と数値実験によって検討を加えられた。塔に測器を取り付ける場合、塔自体によって引き起される気流の乱れは

種々の測定値に大きな誤差を生む。従って測定条件を考える点からも無視できない問題である。図 4.3.10.1 は塔屋上上方での風速分布である。基準風速を 1.0 として強度で示されている。また図 4.3.10.2 は本体中心周辺の水平風速分布である。実線は測定値から求めた分布の等価線、破線は大気の流れがポテンシャル流として計算したときの分布である。塔の影響の範囲が予期したよりも遠くへ及ぶことが分かる。

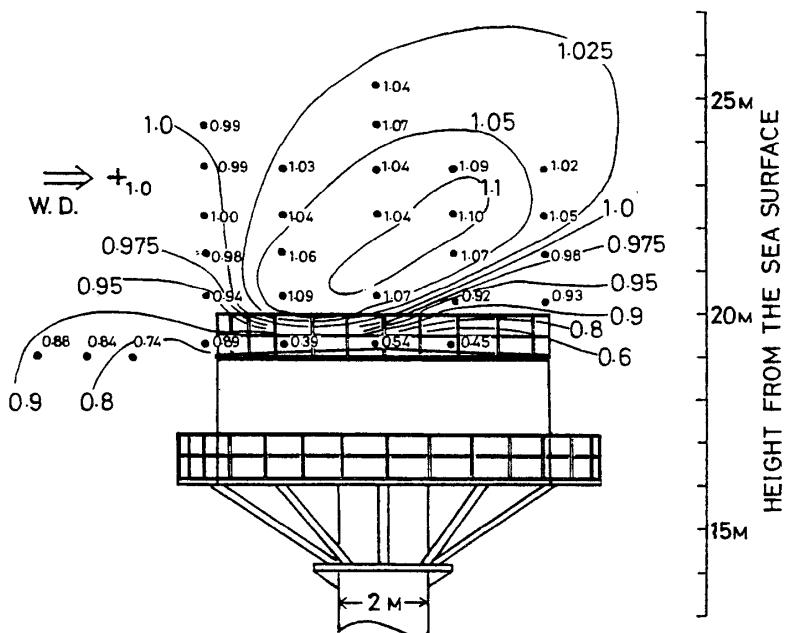


図 4.3.10.1 塔の屋上上方での風速分布

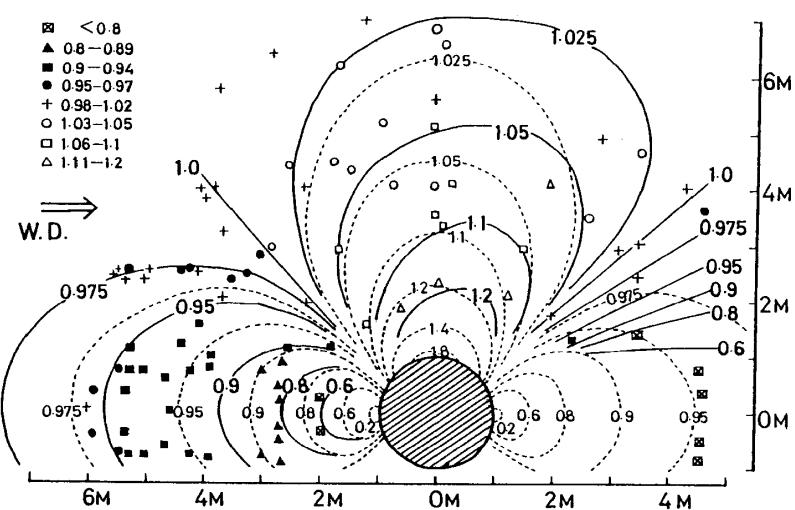


図 4.3.10.2 塔本体中心周辺の水平風速分布

#### 4.4 他機関との共同観測等

##### 4.4.1 東京大学海洋研究所との共同観測

昭和41年から昭和50年ごろまでの、波浪等観測塔の初期の時代、おもに、大気と海洋の相互作用の研究に関連して東京大学海洋研究所海洋気象部門との間で共同研究が行われた。この研究では放射温度計による海面表皮温度の測定や、超音波風速計を用いた波浪上の風の乱流構造や風から波への運動量輸送の測定など、当時の実験的研究にいくつかの新しい試みが導入された（写真4.4.1.1）。

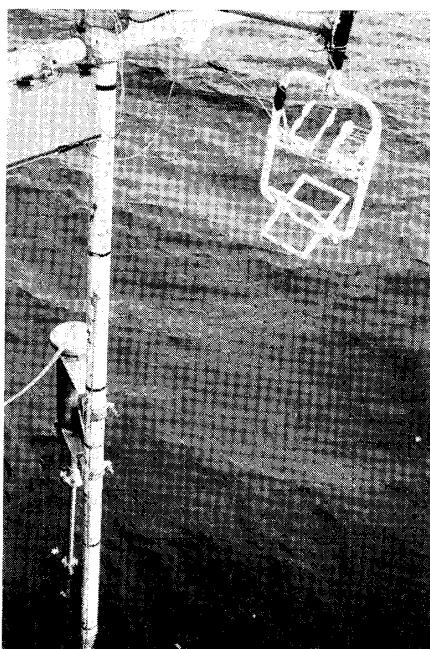


写真4.4.1.1

東大洋研究所以との共同観測  
— 3成分超音波風速計、白金線乾湿計（右上）及び容量型波高計（左下）を使って大気—海洋相互作用の観測がおこなわれた。

（昭和42～44年）

##### 4.4.2 気象研究所との共同観測

###### a. 海面からの水蒸気・顯熱輸送の測定

大気と海洋間の熱輸送の直接測定を1980年1月と1981年3月に気象研究所と協同で行った。大気乱流によって鉛直輸送される顯熱及び水蒸気の潜熱を渦相関法によって評価した。計測器類は双方より持ち寄って構成した。風ベクトルは超音波風速計、気温は熱電対2台、水蒸気（比湿）はライマン・アルファ湿度計3台を用いた。各々からの出力は自記紙に記録させるとともに、陸上のコンピュータ・システムに伝送し収録した。測器受感部の高度は水面上150cmから21mであって、中程度までの風速条件下で実施された。写真4.4.2.1は計測中の測器の状態を示す。アルミパイプ先端の四角な測器がライマン・アルファ湿度計である。これらの実験に加えて実用的な乱流輸送量測定装置であるフラックス・メーターのテストも行われた。収録されたデータから各種の乱流輸送量を求めるとともに輸送のメカニズムを調べるスペクトル解析もなされた。

###### b. マイクロ波放射計による海象の計測

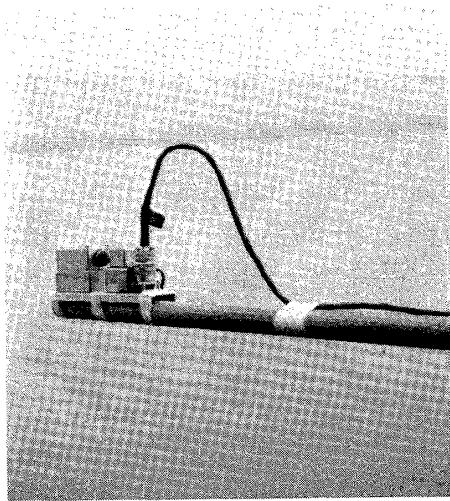


写真 4.4.2.1 ライマン・アルファ湿度計

この研究は気象研究所海洋研究部と行うもので、観測塔において海面のマイクロ波放射及び海象・気象の観測を行い、マイクロ波放射計(MSR)による海象のリモートセンシングに関する技術開発の基礎資料を得ることにある。研究分担として、気象研は水面のマイクロ波放射、風速、乾湿温度そして表面水温の観測・解析を行い、防災センターは波浪及び流速の観測・解析を主として実行し、これらの結果をもとに海面のマイクロ波放射の特性を明らかにするものである。

昭和57年11月と昭和58年7月の2週間にわたりて観測が行われた。写真4.4.2.2は使用したマイクロ波放射計を示す。このような観測から次のことが明らかにされた。観測された海面輝度温度はよく晴れた、風のない天候に対して、ほぼ理論値と一致することが示された。この場合、大気補正として館野と八丈島のゾンデの観測データを用いた。雲と水蒸気の影響については、天空からの放射が海面で反射するため高い値の温度が得られることである。また海上風の依存性は入射角50度付近で0.4～0.7 K/m/sとなった。

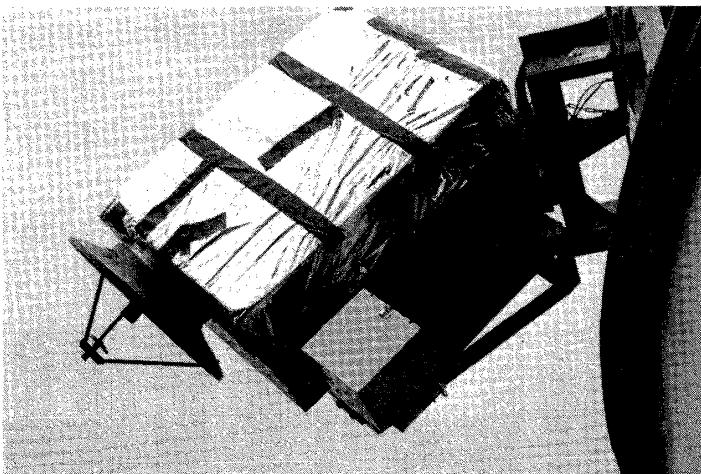


写真 4.4.2.2  
観測室の屋上に設置した  
マイクロ波放射計

#### 4.4.3. 海洋科学技術センターとの共同観測

##### a. マイクロ波放射計による海面輝度温度の測定

海面情報に含まれる物理的生物的特性を探査する受動型マイクロ波センサーとして海洋科学技術センターは、18.6 GHzと6.7 GHzの放射計を開発した。これら2台の放射計は1983年より随時観測塔上部観測室外側の回廊に設置され、海面輝度温度の測定を中心とした実験

に供されている。写真4.4.3.1は塔の南東側に取り付けて測定中の放射計で、大きいアンテナを持つ方が6.7GHzの受感部である。出力は室内までケーブルで送り、パーソナルコンピュータでデータ処理する。海面のマイクロ波放射特性は、海面の粗度や天空放射の海面反射等に依存し、海面固有の温度情報を解析するのは容易でない。実験に際しては防災センター側から海面水温や、粗度を与える風向風速、気温等が照合データとして提供されるとともに、準備・本観測ともに協力して行っている。

#### b. 曙航式海洋開発システムの開発

昭和49年度から昭和51年度にかけて、当センターと海洋科学技術センター、および海上保安庁の三者の共同で「曳航体」とよぶSTD（塩分・水温・水深）測定システムを開発研究した。この「曳航体」というのは、長さ約1.5mの飛行機の形をした匡体のなかにSTDを搭載し、観測船の後ろに曳航しながら海の塩分・水温構造をすばやく測定しようというものである。測定量の精度を高め、また測定の時定数を小さくするために、観測塔と浜名湖で開発したセンサーによる測定をすると同時に、サンプルとして海水を採取して持帰り、室内で厳密な塩分測定を行うという操作をおこない、塩分センサーの精度を高めることに成功した。また、水温測定時の時定数を0.6秒以下とするという条件を与え、外洋での観測でこの条件を満足させるセンサーを開発した。

この研究によって、電気伝導度と水温を与えて、塩分を精度よく算出する簡単な数式を導いた。

この研究の成果は、このあと海洋センターでの「高速曳航体の開発研究」へと引き継がれた。

#### 4.4.4 宇宙開発事業団との共同観測

海洋リモートセンシング技術及び海洋観測衛星の開発とその沿岸防災科学技術への利用に関する、宇宙開発事業団とは今までにつきの2種類の共同研究が行われている。

1. 合成開口レーダ（SAR-580）データの解析及び評価に関する研究（昭和58年度～）
2. 海上風等によるマイクロ波放射計のラジオメトリック性能評価に関する研究（昭和59年度～）

このうち1は、沿岸波浪の2次元的データを得るための手段として、また2は海洋観測衛

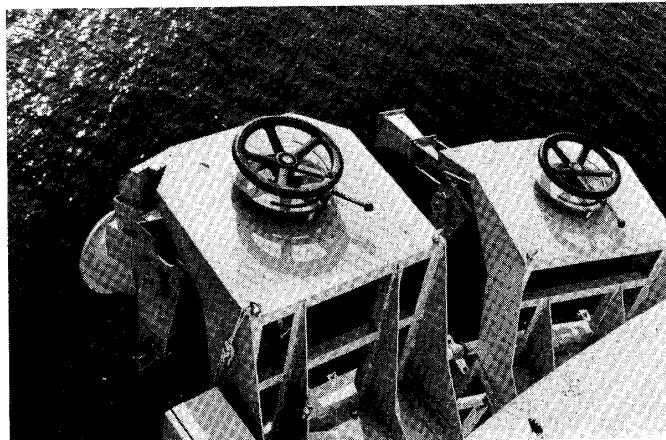


写真4.4.3.1 マイクロ波放射計

星MOS-Iによる海上風観測の実現に寄与するものとして平塚支所としては積極的に参加してきた。

1についての共同観測は昭和58年10月、平塚沖で実施され、宇宙開発事業団側が行う航空機搭載合成開口レーダの観測に呼応して、波浪等観測塔およびその周辺において、海上の風、波浪、水温等のシートルースデータの収集をおこなった。

2についての共同観測は昭和60年2月、平塚沖の相模湾上で行われ、事業団がMOS-I搭載のと同種のセンサーによる航空機観測を行うのに合わせて、センター側では観測塔、チャーター小型船及びチャーター航空機（2周波散乱計用）による、海上風、波浪、水温等のシートルースデータの観測を実施した。なおこの観測には、気象研、土研、県水産試験所等も参加した。

#### 4.4.5 神奈川県水産試験場との共同観測

相模湾の気象・海象について神奈川県水産試験場（以下県水試という）とはお互いに協力しあうことが多い。

##### 1. 水温観測

県水試は相模湾の広域の海況状況として水温変動の観測を行っているが、観測塔での水温も観測点の一つとして毎日10時の水温を加えている。

##### 2. 水温・流速観測

県水試は投込み型水温・流速計を用いて、三崎、沖ノ山、米神、走水等における観測を長年行っている。これらの観測から塔での観測を含め広域の水温・流速変動の比較観測を行っている。

##### 3. 定置網等の被害

台風時に定置網の被害があり、波高、流速、水温との関係を総合的に検討し、今後の被害を軽減する為の努力がなされている。

##### 4. MOS-I を用いた海況状況

リモートセンシング技術の発展に伴ないMOS-Iからの観測データをもとに広域な海況状況を得る為の研究会等が行われている。

#### 4.4.6 その他の共同観測、施設利用、視察・見学等

以上の他にも、波浪等観測塔では多くの共同観測が実施された。昭和55、56年度には理化学研究所海洋物理研究室と海中の光に関する実験観測が行われている。またそれ以前には運輸省船舶技術研究所あるいは同港湾技術研究所とそれぞれ波浪計測技術の開発についての観測を行っている。

また施設利用による便宜供与という形であるが、日本海洋開発産業協会が、通産省のプロジェクトである「海洋石油生産プラットフォーム」開発のための現場実験を昭和59年秋から60年春にかけて、観測塔西方250mの地点で実施した（写真4.4.6.1）。これは実物の10分の

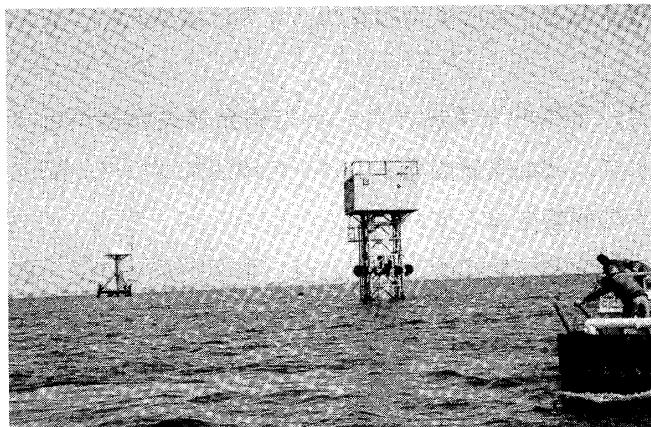


写真 4.4.6.1

波浪等観測塔の西 250 m の位置に設置された日本海洋開発産業協会の「海洋石油生産プラットフォーム」の10分の1模型（右）  
(昭和 59 年 10 月～昭和 60 年 2 月)



写真 4.4.6.2

科学技術庁生活科学技術課長の波浪等観測塔視察（昭和 59 年 5 月）

1 の模型を海中に設置して海象・気象条件に対応した安定性や耐久性のテストを行ったもので、波浪等観測塔から電力を供給した。双方で取得したデータは、予め、測定方式等を統一してあり、交換を行った。その意味では実質的には共同観測であった。

観測塔の施設や観測・実験状況についての外部からの視察や見学も多い。科学技術庁関係者、内外の研究者、専門コースの学生、防災関係者、技術関係者、地元関係者等、個人、団体を合わせた件数は今までに延 200 件近くにのぼる（写真 4.4.6.2）。

#### 4.5 データ収録システムと定時観測データファイル

##### 4.5.1 データ処理装置変遷

昭和 42 年 3 月に最初のデータ採取制御装置として米国製の SDS 92 型システムが導入された。システム構成は主記憶が 1 語 12 ビットの 8 K 語で入出力装置はカセット磁気テープ、紙テープ読取装置、紙テープさん孔装置、ラインプリンタの他に 80 チャンネル、サンプリング間隔 0.1 秒のデータ送受信装置が備わっている。今日のシステム構成から比較すると、かなり小規模なシステムであるが、当時としては電子計算機はそれ程普及しておらず、特にデジタル伝送は珍しかった時代であった。ソフトウェアシステムは全て紙テープベースで行われ使用言語もアセンブリであり一つのプログラムを作成するのに多大な労力を必要とした。このような状態であったがデータ収集は勿論、波浪統計、パワースペクトル等の処理を行うことができた。

昭和 47 年 7 月 NEAC-3200 モデル 50 型（日本電気）に更新された。構成は、主記憶 1 語 16 ビットの 16 K 語で補助記憶装置として磁気ドラム装置（917 K 語）が備った。入出力装置は紙テープ読取・さん孔装置、ラインプリンタで他に処理結果を図形化するため XY プロッタ

ーが導入された。テレメータ装置は、通信回線を10対用いて4800ビット/秒で伝送し、48チャンネル、サンプリング間隔20m秒という高速データの収集を可能にした。ソフトウェアシステムも磁気ドラムベースで行うことができ操作性が大幅に改善された。昭和52年9月MELCOM-COSMO 500システム（三菱電気）に更新。主記憶1語16ビット、64K語、補助記憶は50Mバイトの磁気ディスク装置、入出力機器は磁気テープ装置、カード読取装置、紙テープ読取・さん孔装置、XYプロッタ、ラインプリンタが備わり、テレメータ装置は40チャンネル、1チャンネル当り20m秒のデータ伝送速度である。磁気テープ装置の導入により今迄の紙テープに比べて高速・多量のデータが効率よく収集できた。何よりも画期的であったのは、マルチジョブ機能を有しておりデータ収集とデータ処理の同時並行処理が行えた事で、昭和58年11月より毎時の波浪等のデータを定常的に収集・保存する定時観測を開始した。昭和57年10月、MELCOM-COSMO 700 Sシステムに更新。システム構成を図4.5.1.1に示した。このシステムにより高速データ収集と定時観測が同時に実行可能となり、処理プログラムもマルチジョブ機能により、その殆んどが待ち時間なしで実行でき操作性・効率性が著しく向上した。

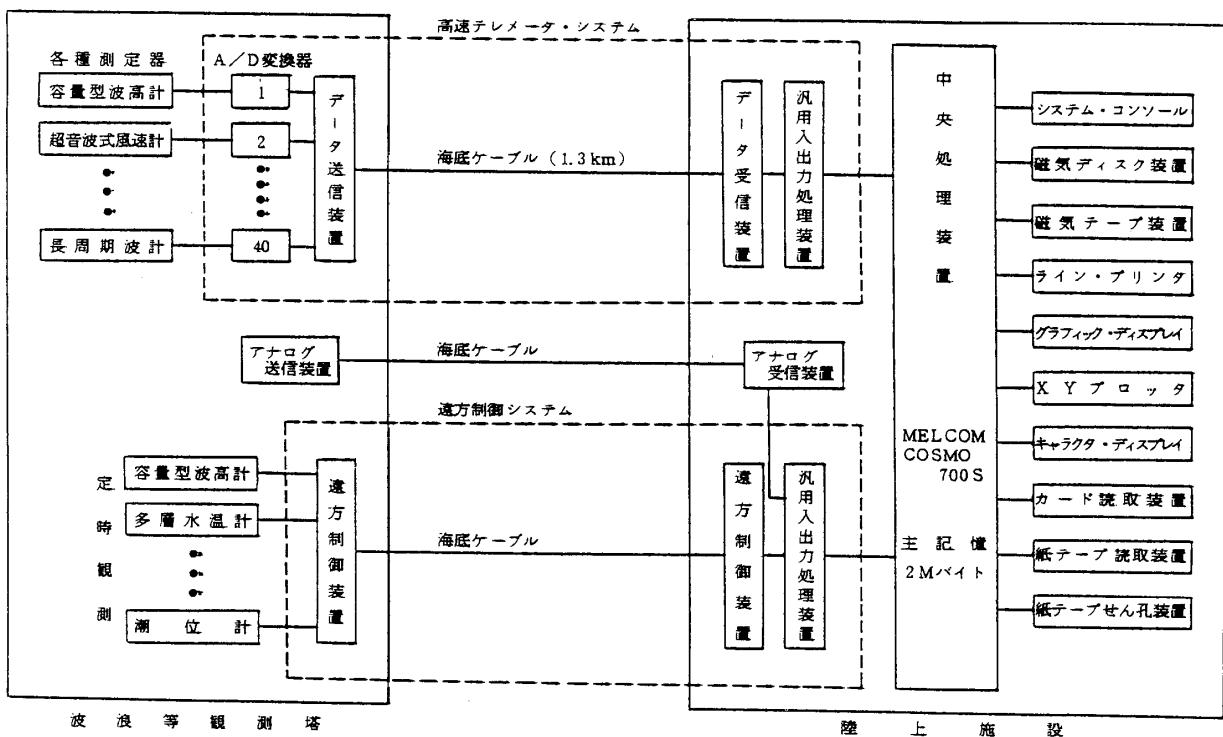


図4.5.1.1 MELCOM-COSMO 700 Sによるデータ収録システム

#### 4.5.2 定時観測システム

定時観測により作り出されるファイルは次のようなものがある（図4.5.2.1）。

TEMPFL

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
LOOP 60	年	月	日	時	分	水温 1	"	"	"	"	"	"	"	水温	波の 1分間 平均	風速	風向
						1	2	3	4	5	6	7	8	温	平均	速	向
19	20	21	22	23	24												1010
流速	流向	長周期	潮位	水温 1	" 2	"	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				(1010ワード)

TLEFILE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
波高 係数	流速	流速	潮位	水温	風速	風向	水温	気温	露点					データ 個数	波の 1分間 平均	年	月	日
	EW	SN	位	温	速	向	温	温	点									
19	20	21	22	23												4018	4019	4020
時	分	データ	"	"										データ	データ	データ		
		1	2	3										3998	3999	4000		

TLFL2

図 4.5.2.1 定時観測によって作り出されるデータの配列マップ

(1) TEMPFL

多層水温(8成分), 表層水温, 風速, 流速, 潮位などの16種の生データの1分平均値を連続的に収録したもの.

(2) TLFILe

正時における流速, 水温, 潮位, 10分間平均の風速, 前後20分間における4000個の波のデータが収録されている.

(3) TLFL 2

TLFILe から波浪統計, パワースペクトル, 風速等の生データ(電圧値)を数値変換する等の処理を行ったもの.

(4) WAVE 3

3本の波高計による波の生データを収録.

(5) DRWAVE

WAVE 3 からそれぞれの波のパワースペクトルから波向を求める処理を行ったもの. 各ファイルは35日分を磁気ディスクに収録しており, それ以前のファイルは磁気テープに収録され保存されている. これらのファイルを作り出すまでの手順を図4.5.2.2に示した. 観測塔からの波高等のデータは, 遠方制御装置およびアナログデータ伝送により汎用入出力装置に送られ32チャンネル, 速度0.3秒で収集されORIGINALファイルに収納される. また1分毎

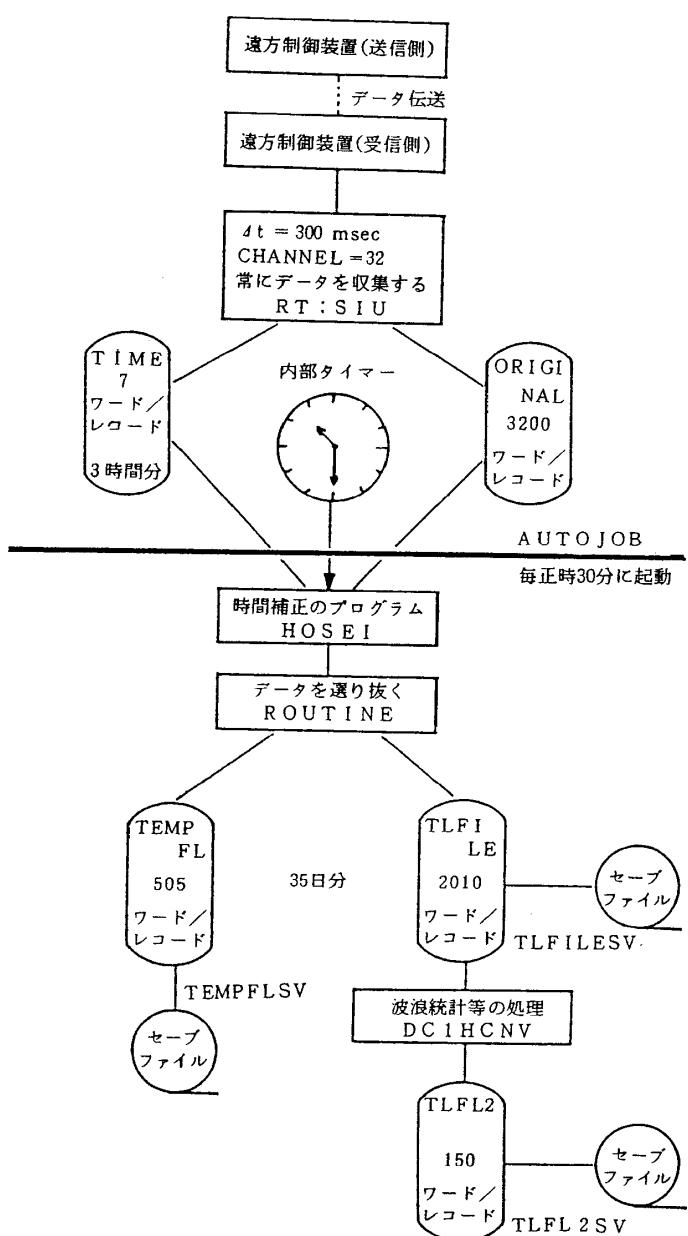


図4.5.2.2 データファイル作成の流れ

の時刻も TIME ファイルに書き込まれる。このプログラムは常時実行する必要があるため主記憶常駐となっている。タイマーが正30分に AUTO JOB が起動され、時刻の補正を行ったのち、前述のファイルを作りだす複数のプログラムが順次磁気ディスクから読み込まれ実行される。これら処理に要する時間は約3分で終了し、次の AUTO JOB まで待機する。これが定時観測システムで毎月の磁気テープへのセーブを除いて全て自動的にくり返し行われている（図 4.5.2.3）。

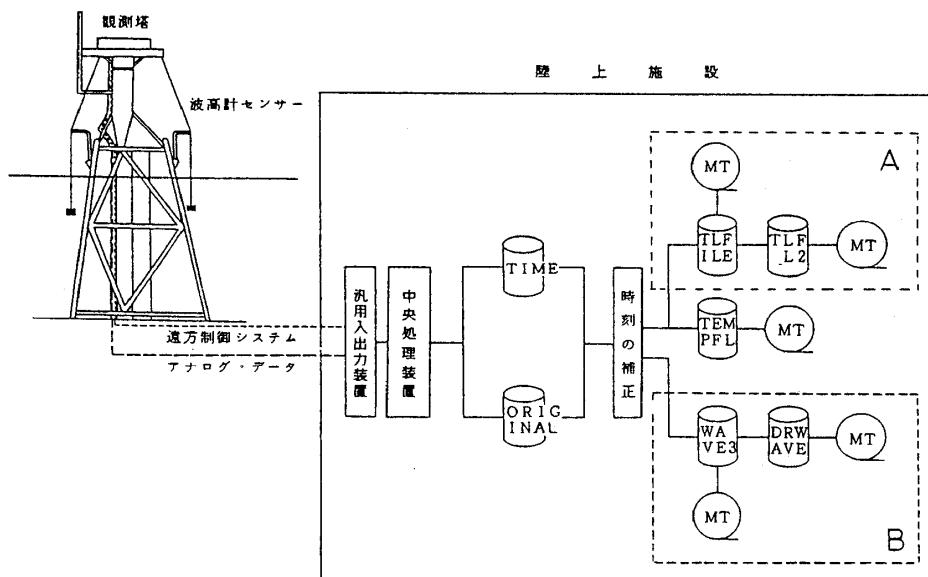


図 4.5.2.3 データ収録システム全体図

#### 4.5.3 データ・ストックの利用について

前項の定時観測により定常的な波高や風速等の記録は平塚沖波浪観測資料 1～4 として刊行されている。その他公共事業体のを中心とした港湾設計、防波堤の設計等の基礎資料、台風被害時の波高等の問合せ等必要に応じて利用されている。

## 第5章 波浪等観測塔に関する管理業務

### 5.1 観測塔の維持・管理

観測塔の管理は、観測、研究とともに平塚支所の大きな業務である。昭和56年以降、支所には専任の管理係が常駐しなくなったため、観測塔をはじめとする諸施設及び庁舎の、日常の管理業務は、研究職の職員の手で行われており、かなりの負担になっている。

観測塔及び付属施設の設置に関しては、海面、海浜地、港などの占用または使用許可が必要で、県など管理者との間で定期的に協議をおこなっている。

観測塔の機能が正常に働くこと、および作業の安全性からも塔本体や附属部材の腐食防止や腐食したり破損した物の取替工事を行う等の保守を行っている。

#### 5.1.1 電気防食

常時海水に浸っている個所の腐食防止については電気防食による方法が行われている。この装置の概略を図5.1.1.1に示す。この装置により観測塔の電極間に電圧7V、電流20Aを流している。点検は年1回電圧・電流のチェックの他に、水中部分の電位を3本の支柱を利用して1m間隔に海底まで測定して防食の効果を調べている。なお、昭和60年3月に電極リード線の保護管が腐食したため取替工事を行った。

#### 5.1.2 塗装工事

海上構造物である観測塔は塩害による錆を防止するため毎年塗装工事を実施している。塗装面は毎月全面塗装が望ましいが予算の制約もあり主として海水が飛沫する下部は毎年、上部は3年サイクルで塗り替るように行っている。陸上にある施設と違い足場の設定や荒天時の高波による足場の流失等の障害がある等の困難がある。

期日は比較的波の穏やかな冬場に行われる。

方法は先ず現在の塗装、錆および付着物等のケレンを3種Aで素地調整を行い錆止め塗装の後、下部についてはエポタール塗装、上部についてはコボン系塗装で下塗、中塗、上塗の重ね塗りで仕上げている。

#### 5.1.3 腐食部材の付替え

前述の塗装による維持管理が行われているが、部分的に錆が進行し危険な状態になるため新たに付替工事も行われている。

##### (1) 下部梯子（タラップ）

船から塔へ乗り移る時の安全を確保するために下部梯子が防舷材の横側に備っている。この梯子は手摺の部分が60.5φのパイプでステップが20φの丸鋼

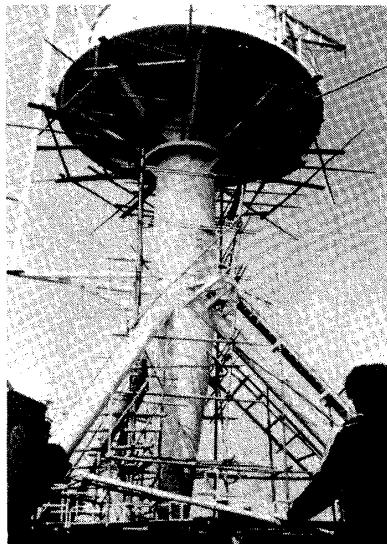


写真5.1.2.1  
塗装工事のために足場を組んだ観測塔

電気防食装置

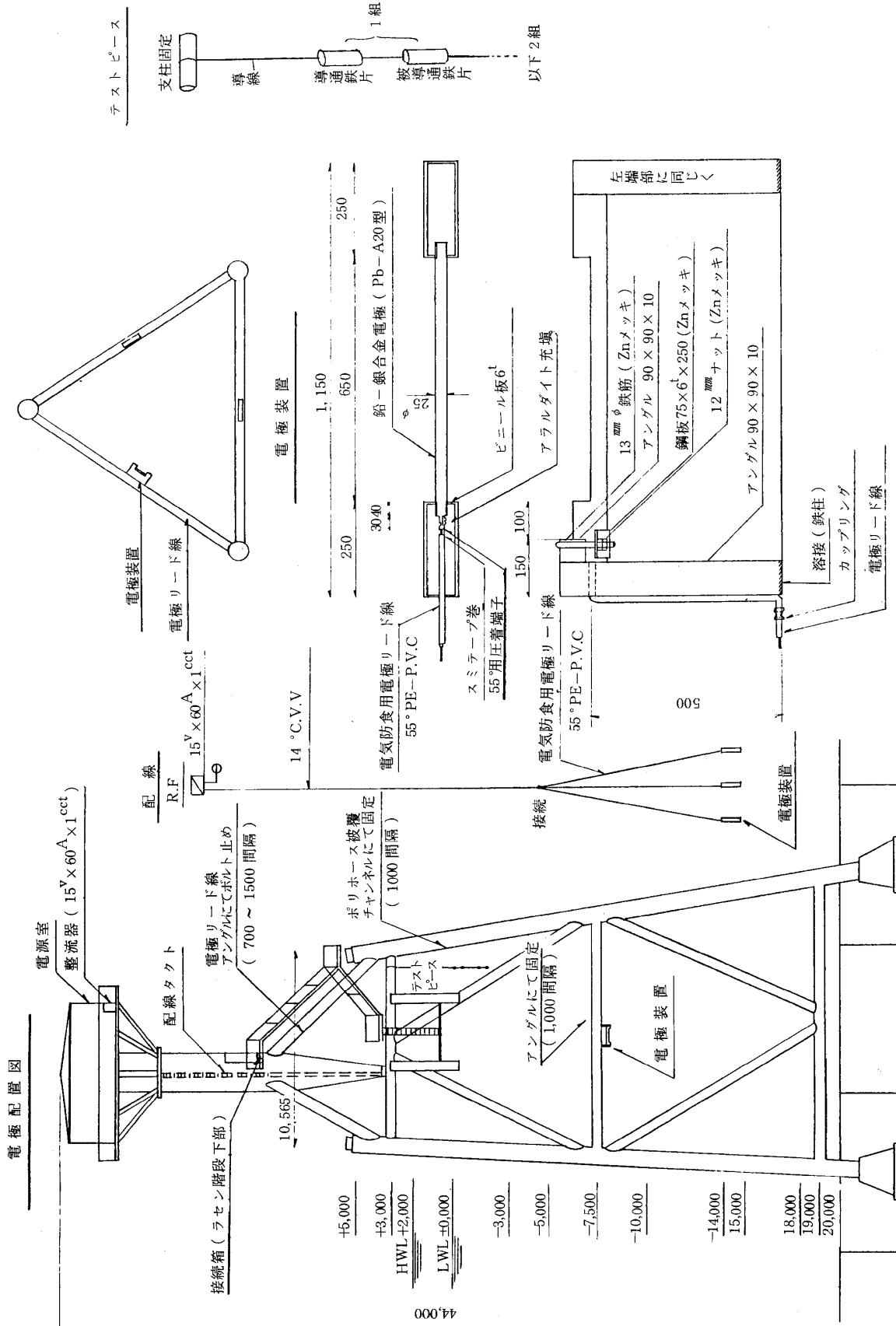


図 5.1.1.1 電気防食装置

で出来ている。この梯子の腐食が激しく昭和46年と昭和56年の2度付替え工事が行われた。一部海中に浸っているため水中溶接を必要とした。

(2) 階段

腐食が遂行していた上に台風による高波のため大きく破損したため昭和57年に付替工事を行った。

(3) エキスパンドメタル

下部作業台は波による抵抗を少なくし破損を防ぐためエキスパンドメタルが張られている。このエキスパンドメタルも毎年塗装が実施されているが腐食が早く昭和52年に張替え工事を行った。その後昭和57年腐食の激しい作業場、踊場についてステンレス製のエキスパンドに試験的に張り替えた。当所、心配された異質の材料での溶接による電食もなく、近年中にステンレス製にする予定である。

(4) 手摺り

下部作業台、観測室回廊および屋上に高さ約90cmの手摺りが張り廻らされているが、これらについても腐食のため昭和48年に補修を行い昭和54年には全面的に付替え工事を実施した。

(5) ウインチワイヤ

荷揚げ用ウインチと海象用ウインチのワイヤーの腐食が著しく昭和56年ステンレス製のワイヤに取り替えた。

5.1.4 観測室床の張り替え

観測室の床は当初アスファルト床であったため観測機器等の重量物が沈み込みを起こしたため昭和46年3月に厚さ24mmのベニヤにPタイル仕上げの床に張り替え工事を行った。その際計測器類のケーブルが収納できるダクトを設けた。

5.1.5 防舷材の取り替え

船が接舷する時の弦衝材として観測塔に防舷材が4m間隔で2条設置されている。当所この防舷材は松材であり長年使用していると腐食が起き昭和52年までに2度取り替え工事を行った。その後昭和59年3月船の保護も考慮に入れ材質をゴム製にした防舷材に取り替えた。

## 5.2. 測器の維持管理

### 5.2.1 波圧対策

波圧は波の状態によって著しく異なる。とくに波の碎けの波面の前端に薄い空気層を巻き込んで物体に当る場合、強力な衝撃圧が生じ構物を破壊する。このために、観測塔で測器を設置する時次の点を注意する。

1. センサーの設置場所はできるだけ深い水深のところで、かつ塔の南側（沖側）より北側（陸側）のところにすること。
2. センサーの形は流線形で小さい断面積のもの。

3. センサー以外の部分（例アンプ）は下部の実験台でなく、観測室（17mの高さ）の中に置くこと。

異常波浪の波圧による破損の例としては波高計センサー（4.2.4）、流速計（4.2.8）、各層水温センサー（4.2.7）等で、測器の設置架台に対しては検潮管（2.3.4）と波高計架台（2.3.4）等である。これらの例から分るように、塔での異常波浪による測器の破損は波圧ばかりでなく、流木等の漂流物の衝突によるものが考えられる。

### 5.2.2 腐食対策

これは測器のセンサーと設置架台の材質にある。ステンレス性の材質にすればほとんど解決される。鉄やアルミの材質の場合十分な塗装を必要とする。海水の場合とくに注意するところがある。第一に、水面付近に設置するセンサーは海水ばかりでなく空気にもさらされるので、腐食をもっとも受けやすいことである。第二に、異なった金属間に生ずる電気的な腐食がある。例えば流速計の設置に用いるワイヤーの場合である。ワイヤーをステンレスとし、その端末につけるシンブルをアルミとすると、1ヵ月ぐらいでアルミはボロボロになって解けてしまうことである。第三に、センサーを水面上近くに設置する場合の塩害である。海塩は粘着性が強く、センサーの機能の低下をもたらし、かつ腐食を早めるものである。

### 5.2.3 付着生物対策

この問題は海象観測で、とくに長期にわたるものに対して重大な問題である。写真5.2.3.1は4ヵ月間放置した時の測器に付いた付着生物の状況を示す。平塚沖で問題となる付着生物は、動物性のものとしてフジツボ類、二枚貝類、ホヤ類、コケムシ類があり、植物性のものとしてヌタ類がある。付着する生物の順序は、初めにヌタ類がつき、その後動物性のものが付着するものである。



**写真 5.2.3.1**  
スライドチャンネル（2.3.1）に  
設置された測器に付着した生物

これらを防止するために、センサーにあらかじめ船底塗料を塗ることを試みて来た。その結果、もっとも効果のある塗料は日本油脂の高田のLL2号であった。この塗料は自己研磨型で有機錫と亜酸化銅の成分を含んでいる。これらの成分は少量でかつ酸化作用によって海水に

溶けるとすぐに毒性を失うものである。よってこの塗料は生物を殺すものでなく、生物の接近付着を防止する効果をもつために効果的であると言える。効果の例を波高計センサーワイヤーの例で示す。塗装しない場合最大1ヵ月しか正常な計測はできないが、塗装を行うと、

2～3ヶ月間正常な計測が保証される。計測が正常かどうかはモニター用の記録計の波形記録（2時間おきに出力）によって判断するものである。

#### 5.2.4 無人管理に起因する問題

観測は実験的な短期観測とルーチン的な長期の定時観測に分けられる。前者は観測塔で、後者は陸上施設（平塚支所）で計測の監視を行う。よって無人管理の問題は後者の定時観測にある。陸上の監視は図5.2.4.1に示したモニター用記録計で行う。異常が発見されればすぐに塔に船を出し修理を行う。このような体制であるので、上記問題は次の点以外にはほとんどないと言える。

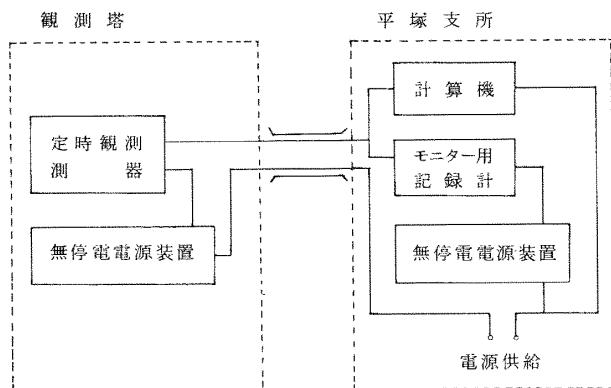


図5.2.4.1 定時観測におけるモニター用記録計と無停電電源装置

されやすい。膜の電気的な絶縁性が少しでも破損されると、波高計測は不可能となるからである。現在のところ、釣人の塔への接近防止の有効的な対策はない。

#### 5.2.5. 停電対策

観測室内に停電対策として無停電電源装置が用意されている。本装置は停電時に電池を電源として、DC-AC変換器よりAC100Vを供給するもので、主として充電器、蓄電池、DC-AC変換器から構成される（写真5.2.5.1）。これは台風等によって停電した場合、瞬断することなく定時観測用の測器及びAC100Vを約6時間供給し、データの欠損を防止するものである。図5.2.4.1に示したように、独立した2台から構成され、1台は100VAの容量で観測塔に、もう1台は200VAの容量で陸上の平塚支所に設置するものである。容量が非常に小さいので、

観測塔は1km沖にあり非常に良い魚礁となるために、釣人が小舟で集まり、とくに水面付近に設置してある計測類にトラブルを起しやすい状況にある。代表的なものが4.2.4に示した容量型波高計センサーである。このセンサーは細い5mmφの引込用被覆動力線であるために、被覆膜が破損

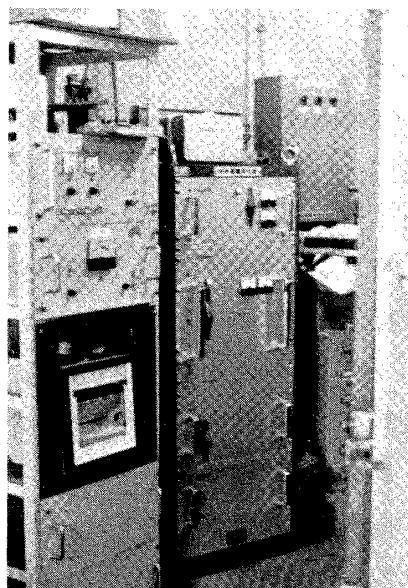


写真5.2.5.1  
観測塔の観測室にある無停電電源装置（写真の中央部）

定時観測のデータの収集と処理を行っている電子計算機を稼動させることはできない。よって停電の回復後に記録計のアナログデータを A/D 変換し、計算機でデータ処理をしなければならない。計算機を稼動させるためには 30 KVA の容量を必要とし、装置は非常に高価となる。

### 5.3 観測艇の維持管理

観測艇「さがみ」の管理は、観測艇（さがみ）管理基準および同管理基準細に拠って実行されている。「さがみ」は通常、船籍港である須賀港（平塚漁港）に係留されている。港の使用については港の管理者である平塚市長から協議という形で、無料での使用（係留）が認められており、係留場所については平塚市漁業協同組合の協力により定められている。この協議は毎年手続を行って更新されている。

職員が観測艇を使用する場合、管理者である平塚支所長より所定の手続によって許可をもらい、支所長が保管している鍵（操舵室入口錠用及びエンジンスターター用）を受取り、港において操縦者（船長）に手渡す。

観測艇の操縦は専任の船長に全面的に委託してあり、それ以外の者は、小型船舶運転免許をもっていても、原則として運転しないことにしてある。船長には、操船が経験が豊かで、かつ、この海域の気象・海況をよく知っている地元の漁業関係者をあてている。昭和46年以来、大谷福松氏に船長を委託している。

港に係留中の観測船は操作室扉に施錠する。須賀港への出入港は地元の限られた漁業関係者のみであるので観測艇を平常、無人で係留しておいても不都合な点は生じていない。増水・強風などの異常時には船長が監視することになっている。観測艇の小修理、清掃、給油は特定の職員の手でおこなわれている。旧さがみの場合には漏水のかい出しなど作業は重労働であったが、新さがみになってからは軽減された。須賀港から観測塔までは、約 3.5 km あり、片道旧さがみでは約 20 分を要したが、新さがみでは 7~8 分で到着する。しかし燃料の消費は大きく、往復で約 7 ℥ の軽油を消耗する。観測艇さがみの運航日数は、旧さがみの場合で年間 100 日前後であった。新さがみは性能が向上したため天候条件の制約が少くなるのでこれを多少上まわるであろう。運航の中には塔往復以外の海上観測も含まれるが、平均して 1 運航日には観測塔へ 2 往復分の航走をしている計算になる。

観測艇さがみは小型船舶として登録されており（登録番号 243-15029），定期検査及び中間検査が義務づけられている。この検査に先立って入渠による整備が必要であり、新さがみの場合、FRP 製の新造船であるので補修はまだ少ないが、それでも塗装、防舷材や船体のキズの補修、エンジンの整備等に毎年最低限 30 万円程度の整備費を要するであろう。

#### 5.4 台風による観測塔被害

＜昭和 46 年 19 号台風＞ この台風は 7 月 31 日硫黄島付近に発生、8 月 5 日に九州西海岸を北上し、日本海に抜けて 7 日朝北海道西方海上で消滅した。平塚では 6 日 14 時に  $17 \text{ m/s}$  を観測した。うねりは 5 日 7 時に最大波高  $5.8 \text{ m}$ （周期約 11 秒）を記録した。容量型波高計による観測が行われ、スペクトル解析が行われた。塔に被害はなかった。

＜昭和 46 年 23 号台風＞ この台風は 8 月 24 日南鳥島西方に発生、29 日 18 時ごろには屋久島付近に達して中心気圧  $915 \text{ mb}$  の大型台風となった。その後進路を東北東に変え、九州・四国・紀伊半島・伊豆半島に次々上陸して 31 日 18 時房総半島から東方海上に抜けた。平塚では 31 日 6 ~ 8 時に南風最大風速  $25 \text{ m/s}$  を記録した。容量型波高計による観測がなされていたが 31 日 11 時頃、センサーが破壊された。

＜昭和 54 年 20 号台風＞ 10 月 4 日 15 時トラック島南東海上に発生、11 日には中心気圧  $890 \text{ mb}$  という、史上空前規模の超大型台風になった。18 日早朝沖縄の南  $250 \text{ km}$  に達し、19 日 9 時 40 分、 $965 \text{ mb}$  で紀伊白浜に上陸、岐阜市、新潟市付近を通って 20 日早朝岩手県宮古市付近から三陸沖に抜けた。平塚では 15 時に最低気圧  $977.0 \text{ mb}$ 、14 時 20 分に瞬間最大風速  $42 \text{ m/s}$  を記録し、この前後 5 時間にわたって  $20 \text{ m/s}$  の平均風速が記録された。19 日 13 時 00 分から 17 時 10 分まで停電、主要な観測項目が中断した。停電の復帰時には容量型波高計センサーは流失していて、24 日に復帰するまで欠測となった。停電直前に観測された容量型波高計による最大有義波高は  $3.8 \text{ m}$ 、最大波高は  $7.3 \text{ m}$  で塔で観測した新記録であるが、塔の螺旋階段入口のエキスパンドメタル床上にくくり付けてあった直径  $4.5 \text{ mm}$ 、肉厚  $2 \text{ mm}$  のアルミパイプが波力により打れ曲がったので、台風の最接近時には波高  $10 \text{ m}$  に達していたと推定される。

この台風による被害は、容量型波高計センサーが流失したほか、各層水温計がすべて流失した。下部  $\Gamma$  型支柱（象の鼻）の上に設置した旧型超音波風速計が流失した。

＜昭和 57 年 10 号台風＞ この台風は南鳥島の南南東海域で 7 月 24 日に発生、北西に進みながら急速に発達し、29 日 9 時には中心気圧は  $900 \text{ mb}$  にまで降下した。8 月 1 日の夜、愛知県渥美半島に上陸、2 日早朝能登半島から日本海に抜けた。平塚では 2 日 1 時に  $992 \text{ mb}$  の最低気圧を、0 時 27 分に南南東  $37.8 \text{ m/s}$  の最大瞬間風速を記録している。容量型波高計は 1 日 23 時に  $5.3 \text{ m}$  の  $1/3$  有義波、 $6.7 \text{ m}$  の最大波を記録してセンサーが壊れた。北側  $\Gamma$  型支柱に取り付けてあった超音波波高計のセンサーが破損した。観測塔の支柱間に設置してあったアンデラ型流速計が一部破壊し計測ができなくなった。

＜昭和 57 年 18 号台風＞ この台風はグアム島の西南西海域に発生し、北西に進んで 9 月 9 日には中心気圧が  $950 \text{ mb}$  となった。12 日の夕方御前崎に上陸し、東北地方を北上した。横浜気象台の観測では、12 日 20 時 10 分に南南東の最大平均風速  $18.1 \text{ m/s}$  を記録、また 19 時 30 分に瞬間最大風速  $36.8 \text{ m/s}$  を記録した。この台風が来る 2 ~ 3 日前から降雨量が多く、川から流出した大量の流木が海上に散乱していて、塔にぶつかり被害を大きくした。この台風で

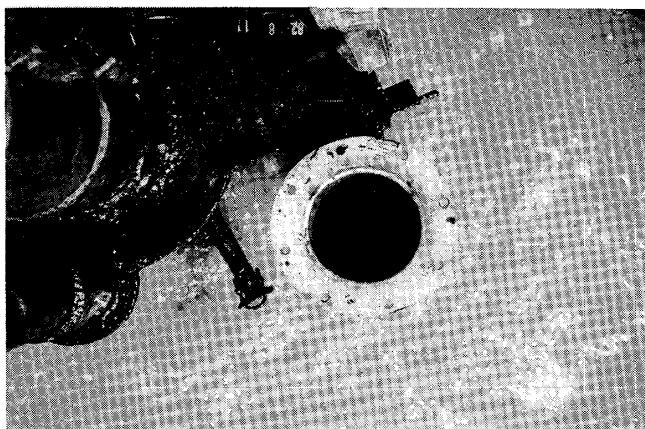


写真 5.3.1 流失前の検潮管

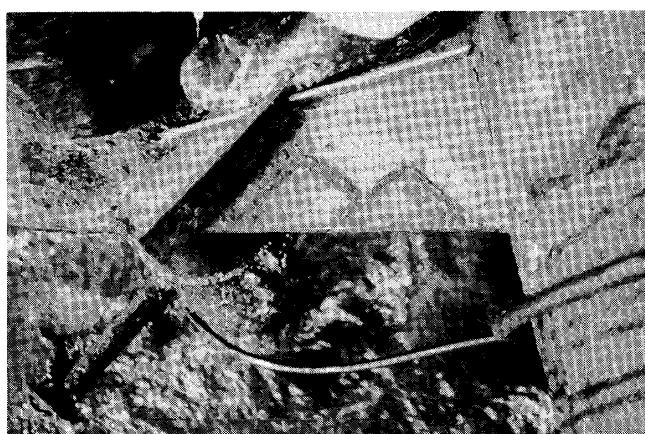


写真 5.3.2 昭和57年18号台風によって  
流失した検潮管の溶接部

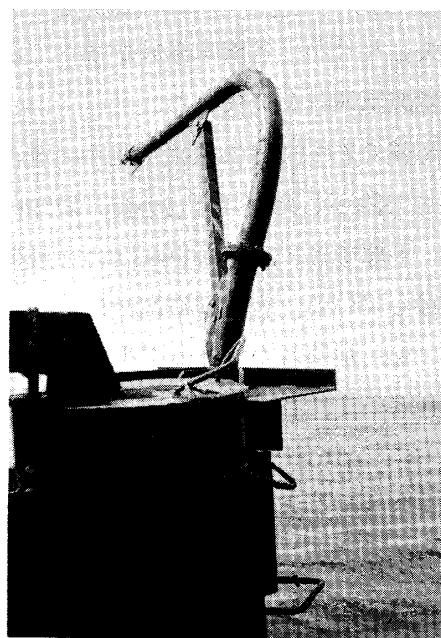


写真 5.3.3 昭和57年台風  
によって曲った「象の鼻」



写真 5.3.4 昭和57年台風18号  
によって被害を受けた手すり  
など、サーミスタチェーンも  
ひきちぎれている。

塔の南面に取り付けられていた検潮管が流失した。また南西側支柱の「象の鼻」が曲がり、階段の手摺りがなくなり、黒色の塗装が広範囲に剥がれるなど最大級の被害を生じた（写真 5.3.1～5.3.4）。

＜昭和58年5号台風＞ 沖縄のはるか南東海上に発生した台風5号は8月13日ごろ中心気圧915 mbまで発達した。一方小型の台風6号は八丈島南東海上に発生、北北西に進んで8月15日に関東地方の南方海上に接近、ここで15号に吸収された。台風15号は17日に975 mbぐらいの勢力で中部地方に上陸し、18日の朝福島県沖に抜けた。平塚観測塔では17日6時に18.0 m/sの南東の最大風速を観測し、また15～19時にかけて最低気圧989 mbを観測した。17日20時に最大1/3有義波2.9 m, 3.9 mの最大波高を観測して、容量型波高計のセンサーが断線した。この台風により、超音波式風向風速計のセンサーがねじれ、取り付け部分が破損した。

＜昭和60年6号＞ 7月1日の6号台風では平塚で3時に最大平均風速27.8 m/sの南南東風を記録し、最低気圧は午前4時に974 mbを記録した。風浪は非常に大きく、1/3有義波が6.0 m、最大波高が9.1 mとともに4時に記録された。この台風で超音波式風向風速計のセンサーが破損した。

## 5.5 波浪等観測塔における安全対策

観測塔上における業務は、その性質上、あるいは塔の構造上、いろいろの危険が伴う。これに対する安全対策は「波浪等観測塔における業務安全基準（60年平塚所第9号）」により実施している。さらにこれに加えて「観測塔における業務安全心得」を設け、日常、これを守ることにしている（安全基準と安全心得については付録6のNo.14参照）。以下に、これらに基づく具体的な事例についての対応を述べる。

### 5.5.1 緊急時の連絡方法

通常の陸上との連絡に使われる構内電話（磁石式、有線）及び局線電話（0463-33-3635、一陸上FAXと切換式）を使って行う。また近隣の船に救助を求める場合には、発炎筒、携帯拡声器等を用いる。

職員が、観測塔で業務を行う場合は観測業務予定の届出（掲示板への記載を含む）を、外部の人が作業を行う場合は作業計画書の提出を予め行うこととし、緊急連絡体制は明確にしてある。

### 5.5.2 観測塔での作業の安全

墜落、感電その他の危険を避けるため、保安帽、安全ベルト、ゴム引き手袋、救命胴衣、救命浮環、ロープ、安全靴またはゴム長ぐつ、医薬品、懐中電灯等が塔上に常備されており安全基準に従ってこれらを着用、使用することになっている。

### 5.5.3 観測塔での宿泊・滞在

観測塔における業務は、原則として、その日の日没前に終了して陸上に引揚げることにな

っているが、業務の都合、天候の急変等でしばしば、塔上に滞在、宿泊をよぎなくされる場合がある。このような場合に備えて塔の観測室内に飲料水、寝具の他、最小限の非常用食料が常備されている。観測室内の環境条件は計測器のために一定に保たれており、人体にとっても不都合は少ない。炊事等の熱源はすべて電力によって賄われるが、火災予防のため、その使用にはとくに注意が必要で、観測室内では、その他の火気の使用、喫煙は厳禁されている。消火器は常備されている。用便のための設備はないが簡易な器具は用意してあり各自で処理することになっている。ゴミはその都度、持ち帰って処分する。天気予報等の情報収集のため観測室内にはテレビ、ラジオが設置されている。

#### 5.4.4 大規模地震災害に関する「警戒宣言」が発令された場合の措置

職員等が観測塔で業務中、大規模地震対策特別措置法第9条に規定する地震災害に関する「警戒宣言」（いわゆる「東海地震」の警戒宣言）が発せられた場合、津波の危険のため観測艇による救出は不可能であり、平塚市消防本部（119番）に救助を求めることになっている（平塚地区は東海地震の地震防災対策強化地域に指定されている—国立防災科学技術センター平塚支所地震防災対策業務計画（59防庶第167号）及び同実施細則（59平塚所第17号）参照）。

#### 5.6 観測艇「さがみ」の安全対策

波浪等観測塔への通船として使用される観測艇「さがみ」の安全対策は「国立防災科学技術センター観測艇（さがみ）管理基準（56防災会第59号）及び同細則（60平塚所第10号）」によって実施している。

「さがみ」には、小型船舶として法規上、必要とされる緊急用機材（救命胴衣—定員分12着、救命浮環2個、錨、ロープ、バケツ、消火器、号鐘、発火信号筒、コンパス、黒色球標識及びラジオ受信機）のほかに支所と交信するための無線機（パーソナル無線）、測深儀（魚探型）及び電波航法装置ロランC等が備えられており安全には万全を期している。

艇の操縦は、経験の深い、地元の漁業者に委託してある。乗船者はすべて、安全に注意を払い、保安帽、救命胴衣、軍手の着用を励行することになっている。

観測塔への通船の航路で、とくに危険を伴う場所は、相模川河口と、塔への接舷時である。昭和59年に完成した新「さがみ」の設計にあたっては、とくにこの問題に留意し、最高速力の増大、船体構造の強化、防舷材の重点装備などが計られている。

## 第6章 総 括

わが国でも、水産調査や生物学研究を目的とする沿岸・臨海観測施設は戦前から存在した。沿岸防災上、問題となる、波浪、潮位、潮流、水温、海上気象などの要素を総合的に観測しようという施設は昭和30年代になって、京都大学防災研究所の白浜海洋観測塔及び気象研究所の伊東沖の観測塔（既に撤去）が設置された。これらは当時としては画期的なものであったが、いずれも岸近くの内湾にあり、基礎的な研究を目的としたものである。また港湾建設などに関連して、波高計や潮流計が短期間海中に設置されることもあった。

したがって沿岸災害をもたらす、津波、高潮、高波といった異常現象を量的に評価するのに必要な、外洋の平常状態を知るための観測データを欠いていた。つまり陸上においては明治初年以来、各地に気象台や測候所を設けて日々として蓄積してきた気象データに相当するものが、海については、人間が頻繁に活動する沿岸域においてさえなかったのである。

波浪等観測塔は、外洋性の海で、長期間に亘って、波浪などの海象を連続的に観測するという、我が国初の「海の測候所」的使命を担っている。しかし、観測方法や測定技術が確立されておらず、それを目指すことが、いわばこの観測塔に課せられた、最初の試験研究課題であった。これに対しては、本文中でも述べたように、多くの試行錯誤を経験しながら1978年（昭和53年）頃から、ようやく継続的な定時観測と効率的なデータ処理による情報化ができるようになり、波浪、その他の海象及び気象についての資料集が定期的に刊行できるようになった。これは防災研究の基礎資料として貴重なものであるほかに沿岸防災、港湾建設、水産事業の安全、海洋開発などの実用面からの需要も多く、多方面で利用されている。世界的に見てもこのような資料集は稀有な価値があると思われる所以、今後は国際的にも評価され、利用されるべく、英文の表現を取り入れたいと考えている。

波浪等観測塔は、その設置場所の地理的条件、構造の形状、規模、安定性に加えて、陸上施設と海底ケーブルで結ばれてデータの送受信、送電が行えるところに大きな特色がある。とくに陸から商用電力（6600 V）が充分供給されていることは、この塔に、世界でも余り例のない本格的海上固定実験室の機能をもたらした。そのため初期の時代には、風浪の発達機構などに関連した「大気と海洋の相互作用」のような基礎研究で多くの成果を上げ、また、最近においては、広域の海上風や波浪を計測するためのリモートセンシング機器の開発研究で大きく貢献をしている。一般にこの種の施設では電力の充分な供給がむずかしく、実験や観測に使用される機器が大きな制約を受ける場合が多いが、その点、この塔の企画・設計にたずさわった人々の先見性に深く敬意を表したい。

波浪等観測塔の20年のあゆみをふりかえってみると、たしかに、防災技術の開発に直結したような利用のされかたは少ないといわざるを得ない。塔における波浪観測データから相模湾内の定置網流失の危険度を予測することなどはそのひとつである。この理由は、災害要因

となる海の異常現象を、科学的にとり扱うためには基礎資料の収集から始めなければならないといふこの分野の立遅れが最初からあったためといえよう。

わが国では経済の発展にともなって沿岸地域の土地利用はますます高度化し、海上での生産活動も多元化している。また国民生活の多様化から沿岸海域でのレジャーも盛んになる一方で、もはや、一部の人々の行楽として行政が無関心でいられない段階にある。たとえば、日本海中部地震津波による死者の半数は、レジャーを楽しむ人々であった。

沿岸防災研究も、新しい時代に即応した展開が要求されなければならない。

異常現象に対して災害を未然に防止するような施設を建設することは、もちろん重要である。それと同時に、異常現象の実態をよく知って、防止施設の構造を効果的・経済的に改良すること、時間的、地域的な発生の予知予測の精度を向上させることが期待される。

そのためには、異常現象の実態を2次元的、広域的にとらえるための観測が必要である。従来、先駆的な立場にある波浪等観測塔における観測でさえ、塔という一点を現象が通過していく過程、すなわち1次元的な姿しかとらえることができなかつた。

2次元的な観測網としては例え相模湾のような海域をモデル海域として沿岸や海底に各種の測器を設置してテレメータとともに、衛星や地上からのリモートセンシングによって広い範囲に亘って異常現象が伝播し変化していく様子を追跡し、各沿岸地点におけるその分布状況を把握するといった方式が必要である。この場合、精密な観測を行う規準観測点が観測網の中核としてなければならない。この点において長期間の観測データを蓄積している波浪等観測塔の存在はきわめて重要な意味をもつ。災害の予知予測に直結した高度の利用法を計るべきである。

波浪等観測塔は平塚海岸沖に建っている。平塚海岸は日本の代表的な海岸、湘南海岸の一部である。多くの人々が海に親しむこの場所は、新しい時代の沿岸防災科学技術の拠点として、最適の立地条件を有していると考えるべきである。

最近、国道134号線を走る多くの観光バスの中では、平塚にさしかかると車窓に見えるこの観測塔の説明が行われるようになった。沿岸の安全のためのシンボルとしての評価が、広く定着するよう努めなければならない。

さて、この観測塔の寿命は一応30年となっている。3章で述べたとおり昭和49年の腐食検査では水面上に出る部材の腐食率で寿命が決まるとしており、当時の速度0.15mm/年で厚みが減少しているとすればすでに3m/m減少して、最初の肉厚12.7m/mの約3/4になってしまことになる。現在、塗装工事を毎年のように実施しており、その効果は十分あって腐食の進行は余りないように見受けられるが20年目を迎えるにあたり、ぜひ、再度腐食検査を行いたかったが経費的な問題からまだ実現していない。できるだけ早期に実現したいと思っている。

なお、観測塔の維持費としては、直接的なものとして塗装工事費（200数十万円）を含め

て300万円前後、観測機器の更新として約200万円、観測艇の運航や保守に約200万円、データ伝送処理装置（電子計算機で、オフラインでも使用する）の借料に約2000万円の諸費用が毎年、経常的に支出されていることを付記しておきたい。

### 編集後記

昭和60年8月、波浪等観測塔は建設から20周年を迎えた。この塔は、いうまでもなく国立防災科学技術センター平塚支所の「生命」ともいるべき施設である。当然、なにか記念行事を考えられたが、実は、支所の開設20周年が2年後にひかえている（支所の前身は観測塔「付属」の陸上施設なのである！）。そこで記念行事は、そのときまとめて実施することとして、今年度は観測塔の20年のあゆみを、技術的な立場から記録にとどめておこうということになった。

そもそも発想は、最近増えてきた、観測塔本体や付属の機器の更新・修理・改造などに関して、それらの仕様や来歴を知る必要に迫られることが多く、建設時の資料などが散逸しないように一括・保存しておこうということから始った。それと同時に、世界的に例も少く少人数の支所の職員が、試行錯誤をくり返しながら、日常の業務の中で育て上げてきたこの観測塔の観測手法の「ノウハウ」も、この機会に記録に残そうということもあった。さらに共同施設であるこの観測塔をもっともっと多くの関係者に利用してもらうためにも、また、将来この施設を使って観測や研究をし、管理、運営をして行く人々のためにも、観測塔の利用方法について「マニュアル」を作つておくべきだという考え方もある。一方、この観測塔によって、20年間に生み出された、研究成果をまとめて、その有用性を世に示し、将来の発展に備えるべきだという意見もあった。いずれも20年という節目に行うのにふさわしい作業ではあるが、逆に、今まで、それらを明確な形でしていなかった怠慢に対しても、われわれは大いに反省をしなければならない。

しかし、これらを全部徹底しておこなうことは容易ではない。すでに支所の旧職員だけでも十指を超える人数の方々がおり、この他に観測塔の計画段階を含めて、建設や管理、運営に努力をされてきた歴代の所長はじめ、国立防災科学技術センターの職員、旧職員の方々によってこの観測塔は支えられてきているのである。これらの人々の、それぞれの立場での業績は大きく、また、多くのご意見を持っておられることと思う。上述のような趣旨で記録を残すとなれば、当然そのことも考慮しなければならないのが本筋である。

しかし、小さいながらも記念事業的な意味があるからには、限られた時間内に、たとえ不完全なものであってもよいから、仕上げてしまわなければならない。とにかく、もとになる印刷物がゼロという状態から脱却することが先決である。そこで、まず現職員ができる範囲で作業に着手し、各自の記憶の確かなことがらの記述と、支所及び管理部にすでに一部ボロ

ボロになりながら保存されている図面や契約関係の書類などを全部集め、整理し、そこから読みとれる客観的事実を要約し、若干の説明を加えてできた記述とともに編集してきたのが本書である。

その意味では、本書は内部資料にとどめて、刊行すべきではないという批判もあると思うが、あえて、印刷し、諸先輩や関係各位からご意見・ご叱咤をうけながら、より完全なものへと改め、次の機会に、改訂したいと考えている。

波浪等観測塔の建設に関して忘れてならないのは、伊藤宗夫氏の功績である。伊藤氏は昭和39年3月、名古屋工大土木工学科を卒業し同年4月国立防災科学技術センターの第一期生として採用され、新設の第1研究部沿岸防災研究室に配属された。そこで彼を待ち受けていたのが、波浪等観測塔建設の仕事である。彼は土木工学の専門家として、仕様書の作成や試設計案の検討に、豊富な知識と、優れた能力をフルに駆使して没頭した。おそらく彼なくしては塔の建設も順調には進まなかっただろうし、またこのように機能的にも構造的にも優れた塔もできなかっただろう。本書の編集作業で集めた古い資料の中に、彼の手による図面や、文書が非常に多いのを発見して、改めて彼の業績を高く評価する次第である。伊藤氏は塔の完成後退職し、設計事務所を営んでいたが、昭和49年30台半ばの若さで急逝されたことは残念でならない。

本書の編集にあたっては、多くの文書の保存につとめて下さった管理部各位に敬意を表したい。また塔の完成図を複写提供して下さった日本鋼管株式会社重工事業部海外事業部海洋プロジェクト室石倉郁夫氏、建設当時の資料を提供下さった元東亜建設の鈴木利夫氏（現寄神建設顧問）に厚くお礼を申し上げたい。また岩田静夫氏（神奈川県水試）、平啓介氏（東大洋研）、長島秀樹氏（理研）の各位に資料をいただいた。ここに記してお礼を申し上げたい。

なおこの編集作業の多くを、都司嘉宣（現、東大地震研究所）が担当した。資料の収集、整理、要約という非常に困難な仕事を精力的に進めてくれた。他の職員も彼に劣らず精力的に執筆を分担し協力した。また、刊行に際しては出版編集委員の諸氏と、資料調査室の斎藤政敏氏の手を煩わした。本書中の不都合、不手際は全て編集責任者に帰せられるべきものである。

（編集責任者 竹田 厚 記）

〔この本の執筆者〕 \*編集担当

高橋 博（所長）、竹田 厚\*（平塚支所長）、内藤玄一、徳田正幸、渡部 勲、都司嘉宣\*  
(以上 平塚支所)、坂田正治（第2研究部）

（1986年2月3日 原稿受理）

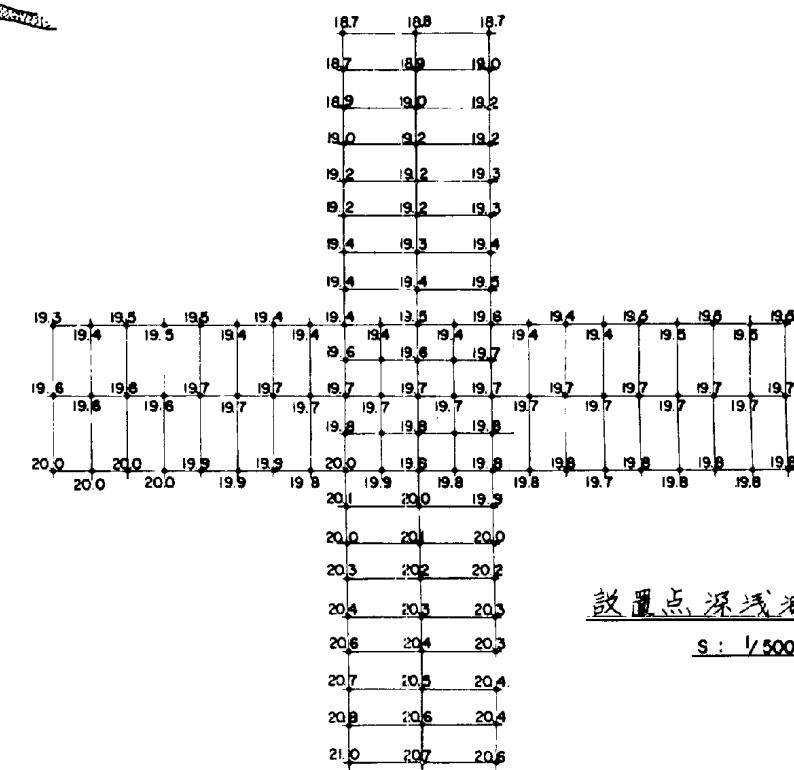
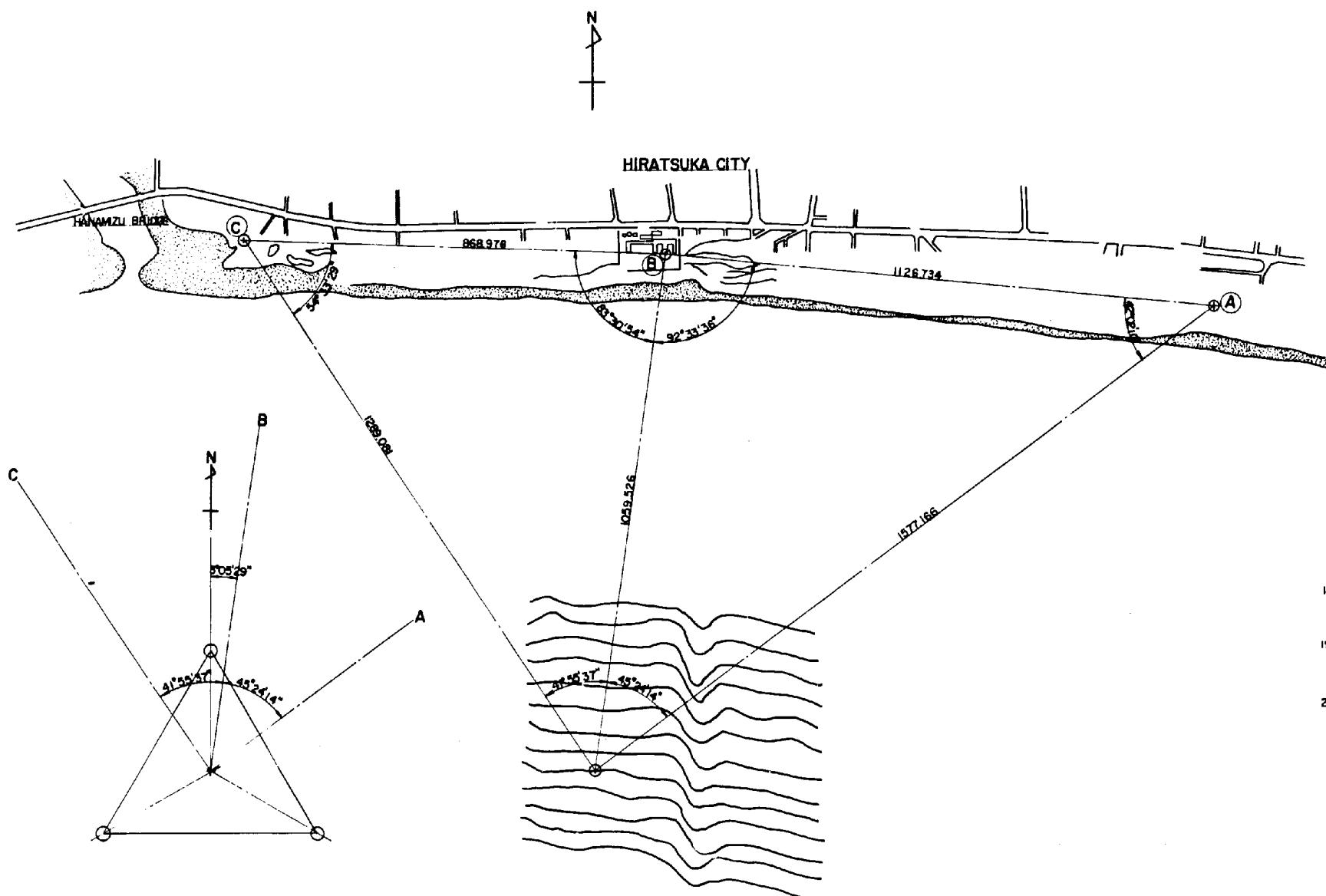
## 付 錄

1. 波浪等観測塔建設工事完成図
2. 波浪等観測塔関連の 20 年間の年譜
3. 波浪等観測塔設計仕様書
4. 国内外の海洋観測塔
5. 観測塔を使った研究成果（論文リスト）
6. 参考資料リスト

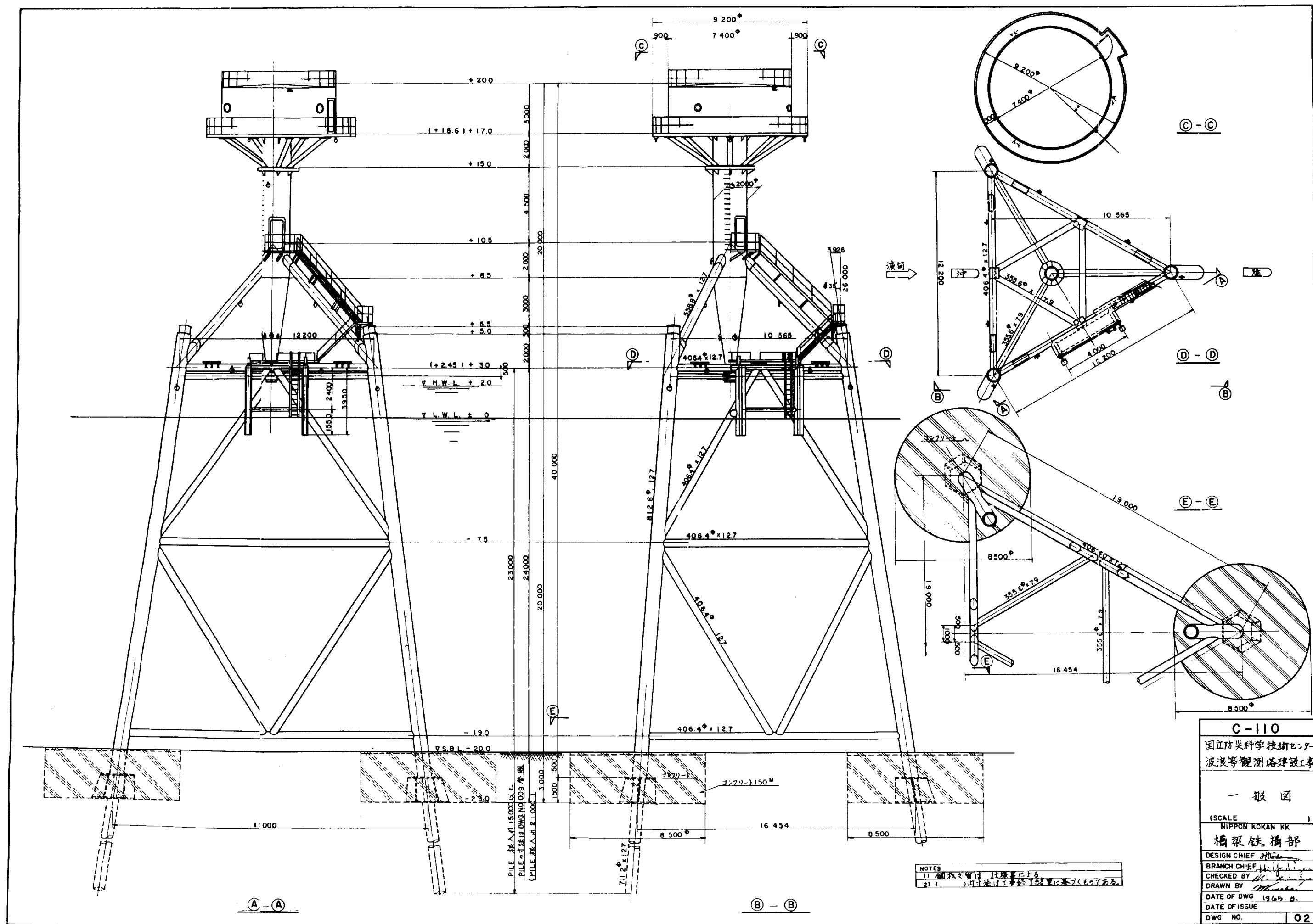


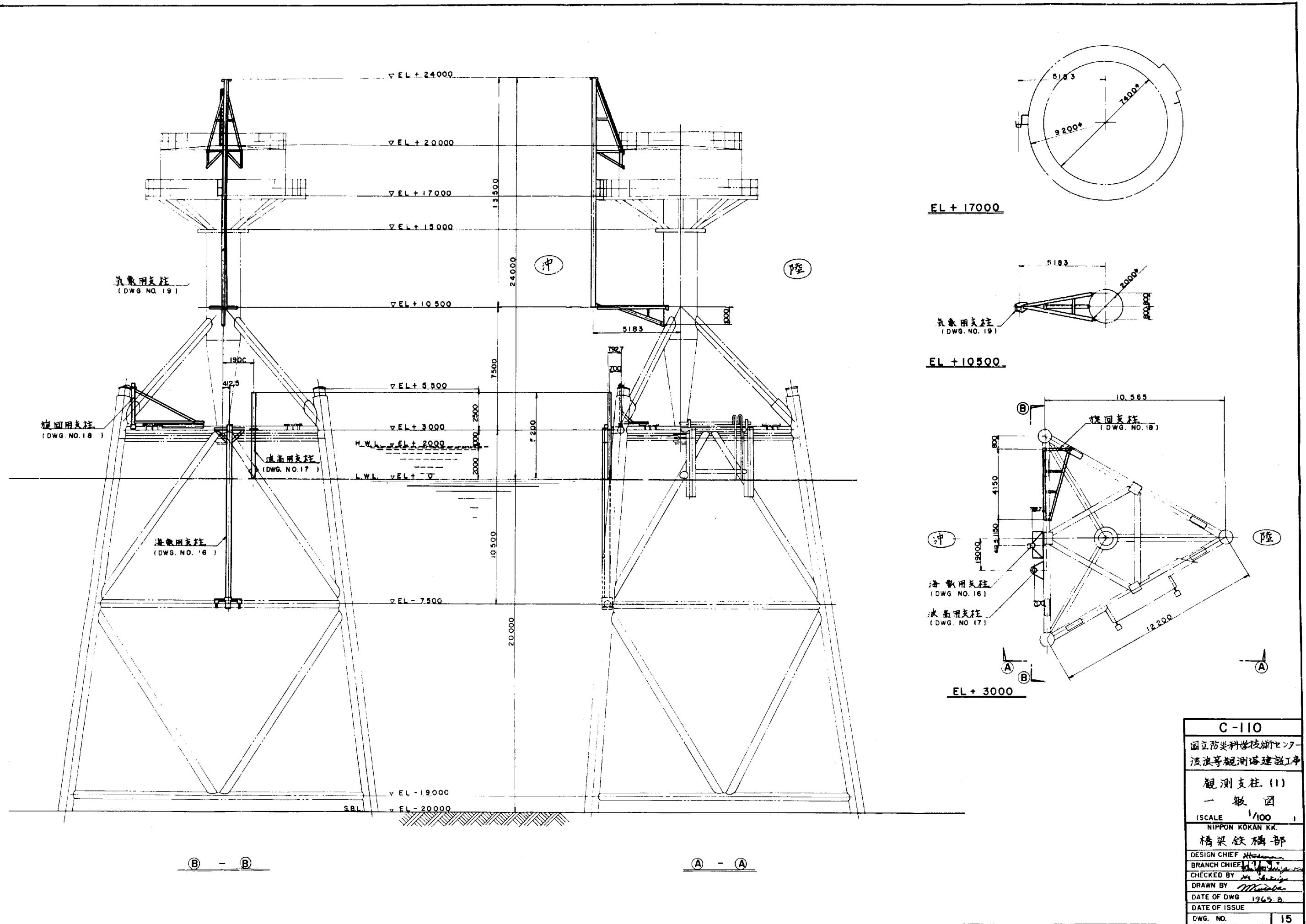
**付録 1. 波浪等観測塔建設工事完成図**

昭和 40 年の観測塔完成時に製作者の日本鋼管 KK から提出された全 20 枚の図面のうち主要な 3 枚を縮少して収めた。平塚支所所蔵のものは変色が甚しく複写が困難であるため、日本鋼管 KK の好意により、同社に保管してあるマイクロフィルムから複写したものによった。



C - 110	
国立防災科学技術センター 波浪等観測塔建設工事	
配 置 図	
(SCALE	1
NIPPON KOKAN KK	
構造 鉄構部	
DESIGN CHIEF	Hidemasa
BRANCH CHIEF	Ishiguro
CHECKED BY	Yoshiaki
DRAWN BY	Mitsuharu
DATE OF DWG	1965.8
DATE OF ISSUE	
DWG. NO.	O 1





C-110
国立防災科学技術センター 波浪等観測塔建設工事
観測支柱(1)
一般図
(SCALE 1/100)
NIPPON KOKAN KK.
構梁鉄構部
DESIGN CHIEF
BRANCH CHIEF
CHECKED BY
DRAWN BY
DATE OF DWG 1965.8.
DATE OF ISSUE
DWG. NO. 15

**付録 2. 波浪等観測塔関連の20年間の年譜**

各年度の頭に研究課題（①, ② …… で示す）及び組織、職員に関する記事を記載してある。

西暦 昭和

- |         |  |   |
|---------|--|---|
| 1963 38 | 4月 1日  | 防災科学技術センター発足<br>第一研究部沿岸防災研究室発足 職員：岩田憲幸（室長）、伊藤宗夫、稻田亘<br>(7月より)、竹田厚（非常勤）<br>①砂浜海岸の生成過程に関する研究（新規）<br>〔特別研究促進調整費〕相模湾における海象等に関する研究、昭和39～41 |
| 1964 39 | 4月 18日   | 波浪等観測塔建設委員会発足   |
|         | 5月 29日   | 設計仕様書完成   |
|         | 7月 4日  | 地質調査用櫓設置  |
|         | 7月 20日   | 深浅測量、ボーリング調査  |
|         | 9月   | 地質調査報告書完成（八千代エンジニアリング）  |
|         | 10月 15日  | 平塚漁業協同組合へ漁業補償費支払  |
|         | 10月 27日  | 風浪測定装置納入（電子工業）  |
|         | 11月 30日  | 波浪等観測塔仕様書・図面承認  |
|         | 12月 10日  | 日本鋼管（株）と契約  |
| 1965 40 | 1月 10日   | 塔電力通信ケーブル、および送電設備完成・検査確認  |
|         | 1月 18日   | テレメータ、およびデータ処理機検討委員会発足  |
|         | 2月 20日   | 長期巻直結型自記波高計設置（協和商工）   |
| 昭和40年度  | ①, ②波浪等観測塔の整備<br>第1研究部沿岸防災研究室、職員：岩田憲高（室長）、伊藤宗夫、稻田亘、藤繩幸雄<br>8月 11日 波浪等観測塔最終検査、日本鋼管（株）より引渡し  |   |
| 1966 41 | 2月 25日   | 測機ワインチ製作  |
|         | 3月 4日  | 振動計設置   |
|         | 3月 12日   | 遠方制御装置完成、バイプロトロン潮位計設置   |
|         | 3月 25日   | 空調除塩装置設置  |
|         | 3月 26日   | 磁歪式波圧計設置、三杯型瞬間風速計購入   |
| 昭和41年度  | ②, ③大気、海洋、海岸間の相互作用に関する研究<br>第1研究部沿岸防災研究室は平塚分室となる。職員：岩田憲幸（室長）、伊藤宗夫（4月30日辞職）、稻田亘、藤繩幸雄、内藤玄一、田中孝紀<br>9月 10日 流向流速計購入<br>9月 20日 電子式自動平衡記録計購入<br>12月 9日 超音波流速計（沖電機） |   |
| 1967 42 | 2月 1日  | データ採取装置（SDS-92型）導入  |
|         | 2月 28日   | プロペラ式風向風速計購入（協和商工）  |
|         | 3月 27日   | 波圧計購入   |
| 昭和42年度  | 「平塚支所」開設、組織 支所長、管理係、沿岸防災第1研究室及び同第2研究室、定員8名<br>③沿岸防災に関する海象気象相互作用の研究<br>6月 10日 平塚支所開設<br>8月 5日 塔塗装工事（東亜港湾）<br>8月 31日 塔電気防食設備工事（中川防食）<br>9月 15日 このころからの波高記録あり   |   |
| 1968 43 | 3月 31日   | 大型電子式受信記録計（太陽社）   |

昭和43年度	③, ④海面近くの大気と水中における運動量、エネルギー物質輸送の研究（新規） 〔特別研究促進調整費〕 富山湾の海岸浸食に関する総合研究、昭和43～45 職員：岩田憲幸、稻田亘、藤繩幸雄、渡辺英雄、田中孝紀、内藤玄一、渡部勲、 蓑島秀子（11月2日退任）、西山恵美子
1969 44	7月31日 光電式微風速計（東邦電探）購入 1月 5日 塔、塗装工事 3月 15日 2ペン記録計（東亜電波）購入 3月 31日 電磁流速計オーバーホール
昭和44年度	③沿岸災害の発生機構に関する研究 ④異常な気象・海象解明の基礎となる大気海洋間の相互作用に関する研究 新庄支所発足
1970 45	11月10日 水圧式波高計（鶴見）購入 2月 28日 塔、作業デッキ取り替え工事
昭和45年度	③, ④ 小課題名 i 波浪・高潮・津波、及び海洋内部波の研究 ii 海面近くの大気と水中における運動量エネルギー物質輸送の研究 iii 波浪の方向スペクトルと沿岸流漂砂との相関に関する研究 特別調査研究 富山湾の海岸浸食 職員：岩田憲幸、近藤純正、藤繩幸雄、内藤玄一、稻田亘、渡部勲、田中孝紀、 河村重雄、西山恵美子（12月まで）、綾部洋子、功刀ウメ子
1971 46	4月 1日 データ採取制御装置（SDS 92）借入 " 「さがみ」の運転、及び保守員として後藤健三氏を雇上 4月 20日 “水面近くの薄い層の水温について”「天気」別刷請求、近藤純正 5月 7日 “蒸発についての問題点”「気象学会誌」別刷請求、近藤純正 " 光電式微風計のオーバーホール " 記録計・大型電子式・ERBI-30-123 購入、稻田亘 5月 11日 高感度記録計のオーバーホール 5月 13日 バイブロトロン潮位計のオーバーホール 7月 7日 「富山湾海岸浸食に関する研究」推進のため電磁流速度計・水圧式波高計取 り付け台を富山県西岩瀬海岸おき 70mに設置（請求）、田中孝紀 8月 20日 超音波風速計検出器・海上電機より購入 " 電接時計購入 " 電磁流速度計・沿岸流演算装置購入 9月 7日 「さがみ」の船体・グラブレール・フェンダー修理、塗装 10月 5日 代船雇上 9月 28日 直流電位差計オーバーホール 10月 27日 平塚海滨ホテルにて、波浪観測計の設置打ち合わせのため会議。漁業組合・ 金子長太氏、県会議員鳥海博氏ら6氏と協議。 10月 31日 竜城ヶ丘プールより碎波帯付近の波高および速度を測定するため、電気配線 工事を発議 11月 26日～12月 5日 碎波帯付近の波高および速度を測定するため、「測器取り付け 台設置工事」（東亜港湾） 12月 10日 「富山湾海岸浸食に関する総合研究」報告書1,000部印刷（請求） 1月 13日 タケダ理研「ディジタル・マルチメーター」購入 1月 27日 観測塔梯子取り替え、77千円、（東亜港湾） " 観測塔荷揚げ用ワインチ1台、海象及び気象観測用ワインチ各1台の合計3 台の修繕、68千円。（中央工機産業）

国立防災科学技術センター“波浪等観測塔”20年の記録 — 技術資料集 —

- 1月 30日 観測塔塗装工事, 下部実験台, 及び上部観測室周囲の廊下床面と手摺, 346千円, (東亜港湾)
- 2月 10日 観測塔観測室床面修繕工事, 290千円, (新田工務店)
- 2月 23日 観測艇エンジン等修繕  
" 超音波風速計(海上電機)構入
- 3月 中→観測艇カバー購入
- 昭和46年度 ⑤波浪・高潮・津波及び海洋内部波の研究  
⑥海面境界層の乱流構造の研究  
職員 岩田憲幸, 近藤純正, 藤繩幸雄, 内藤玄一, 稲田亘, 渡部勲, 渡辺英雄(9月まで), 田中孝紀, 永田菊彦, 紗部洋子(47年2月まで)
- 4月 1日 データ採取制御装置(SDS 92)借入  
" 大谷福松船長雇上
- 4月 13日 ウシタカの測量機器(簡易トランシット)購入
- 5月 1日 超音波式流速計修理
- 6月 18日 バイブロトロン潮位計修理
- 8月 5日 台風19号による高波, 午前7時うねり最大(藤繩, 内藤, 田中, 渡部)
- 8月 16日 観測艇修理  
" 塔電気防食
- 8月 31日 台風23号のパワースペクトルを25日~31日のデータにより求める。
- 10月 22日 高圧受電設備改造工事  
" 音波風速計取り付け金具購入
- 11月 11日 川崎市崖崩れ実験事故発生
- 11月 29日 富山湾侵食に関する報告書印刷
- 12月 21日 塔塗装工事(東亜港湾, 下部のみ)
- 1972 47 1月 25日 市営プール前波浪観測測器の撤去  
「碎波帯付近の波高および流速の測定」
- 2月 8日 気象観測装置修繕  
" 磁気流速計購入  
" プロペラ式風向風速計購入(コーシンベベン), 塔用  
" SDS撤去
- 3月 6日 塔用冷蔵庫購入
- 昭和47年度 ⑦風浪の発達と伝播・変形に関する研究  
⑥海面境界層の乱流構造の研究  
職員 岩田憲幸, 近藤純正, 藤繩幸雄, 内藤玄一, 稲田亘(7月5日退任), 渡部勲, 田中孝紀, 永田菊彦(7月末迄), 中野照明(8月から), 近藤セツ子, 功刀ウメ子
- 4月 27日 電子計算機NEAC-3200型搬入
- 5月 10日 さがみ保護カバー購入
- 5月 13日 さがみ修繕
- 6月 23日 風速計用カップ購入
- 9月 7日 海上風記録開始
- 9月 14日 台風20号
- 9月 22日 XYプロッター購入
- 9月 27日 バイブロトロン潮位計修理
- 9月 29日 風速計アンプ修理
- 12月 4日 八丈島東方沖地震, 弱い津波あり
- 1973 48 1月 電磁流向流速計購入
- 3月 2日 塩分計(東邦電探)購入
- 3月 20日 塔塗装, 手摺修理
- 3月 20日 横河ERBレコーダ購入, 塔用

- 昭和48年度 I. 積雲対流がもたらす災害発生機構に関する研究（特別研究、第1研と共同）  
 ⑧波浪などの重力波と海洋乱流に関する研究  
 職員 岩田憲幸、近藤純正（7月迄）、藤繩幸雄、内藤玄一、渡部 勲、都司嘉宣（8月から）、中野照明、近藤セツ子（12月まで）、功刀ウメ子
- 4月 2日 エアコン保守  
 5月 28日 ファンクション・ジェネレーター購入  
 5月 31日 観測艇修繕  
 6月 29日 白金線、およびサーミスタ購入  
 7月 11日 塔エアコン修理  
 7月 26日 超音波式風速測定装置（GARP=AMTEX用）購入  
 9月 17日 測量器具（平板・箱尺）購入  
 9月 26日 白金抵抗測温体購入（AMTEX用、10月9日にも）  
 " ケーブル埋設しなおし、標識敷設工事  
 11月 14日 電気防腐装置補修工事  
 11月 22日 光電風速計購入（AMTEX用）  
 12月 18日 塔上部露場塗装補修工事  
 1974 49 1月 7日 バイプロトロン潮位計修理  
 1月 24日 定温度法熱線流速計購入  
 " 波圧計修理、AMTEX用サーミスター購入  
 2月 7日～3月 7日 AMTEXにて沖縄観測
- 昭和49年度 I. 積雲対流がもたらす災害発生機構に関する研究（特別研究）  
 ⑨東京湾・相模湾を中心とした津波・長波の研究  
 ⑩波力、内部波および海洋乱流に関する研究  
 <1>曳航式海洋観測システムの開発  
 <2>伊豆半島沖地震の総合研究、津波の伝播に関する研究  
 職員：岩田憲幸、藤繩幸雄、内藤玄一、渡部 勲、都司嘉宣、中野照明（8月まで）、筒本利行（9月から）、功刀ウメ子
- 4月 1日 エアコン点検・調整  
 4月 25日 ミニデータ収録装置（国際電子）購入  
 5月 4日 赤外線放射温度計購入  
 5月 14日 伊豆半島沖地震津波、弱い津波を観測  
 5月 29日 塔腐食状況調査  
 5月 30日 波浪等観測塔における津波高潮の研究会議  
 7月 22日 電磁流速計購入（北辰電）  
 8月 1日 さがみ修繕  
 10月 7日 風速計取り付け台製作  
 10月 30日 海面水温、海上気温記録開始  
 11月 12日 CSTD測定装置（鶴見）  
 12月 9日 カセット・紙テープ変換装置購入  
 12月 10日 塔塗装工事（田中工務店）  
 1975 50 1月 24日 風向風速計修理  
 " AMTEX準備（白金抵抗測温体、器材運搬）手配  
 2月 6日 測定機庫建設  
 2月下旬～3月上旬 AMTEX沖縄  
 3月 14日 ディジタル・マルチメータ購入  
 3月 13～22日 浜名湖CSTD試験観測  
 2月 15日 タケダ理研、電圧電流計購入  
 " 塔荷揚げワインチ取り替え工事

3月 7日 電接時計修理  
" さがみエンジン修理

昭和50年度 I. 積雲対流がもたらす災害発生機構に関する研究（特別研究）  
⑩波力・内部波・高潮に関する研究  
<1>曳航式海洋観測システムの研究  
<3>相模湾周辺における長周期波の研究  
職員：岩田憲幸、杉森康宏（5月から）、藤繩幸雄、内藤玄一、渡部勲、都司嘉宣、筒本利行、功刀ウメ子  
6月 26日 塔エアコン修理  
" 光学フーリエ変換装置購入  
7月 1日 海面放射測定装置（英弘精機）購入  
7月 4日 さがみエンジン修理  
7月 15日 12時各層（12層）水温記録開始  
8月 4～5日 相模湾大急潮発生  
9月 19日 台風6号による破損のため気象観測支柱（露場）取り替え工事  
" 曳航式CSTD測定装置発注（沖電気へ）  
" 白金抵抗測温体、および記録装置購入  
10月 3日 超音波風速計修理、このころ、各層水温観測開始  
10月 8日 さがみ大修理  
10月 23日 水温計測用直流増幅器購入  
11月 18日 北原式採水瓶購入  
11月 20日 塔はじめ相模湾内6ヶ所に長周期波計設置  
11月 25日 塔の下部塗装工事  
" ウエーブ・ライダー製作  
12月 1日 荷揚げ用ワインチのワイヤー取り替え  
1976 51 1月 5日 海面放射測定装置購入（ネオ日射計・示差放射計）  
1月 22日 電磁流向鈍速計修理  
1月 29日 長周期波データ処理補助員雇入  
3月 8日 塔動力制御盤取り替え工事  
3月 8日 電磁流速センサー購入（北辰電）  
このころ、「わかしお」による曳航体試験

昭和51年度 ⑩波力・内部波海洋乱流に関する研究  
⑪沿岸に災害を及ぼす大気、海洋海岸間の相互作用の研究  
⑫津波・高潮の発生、伝播に関する研究<3>  
職員：岩田憲幸、杉森康宏、藤繩幸雄、内藤玄一、渡部勲、都司嘉宣、筒本利行、功刀ウメ子  
5月 このころ杉森氏相模川内の波高測定  
5月 20日 四つめのアンカー購入、水圧式波高計ケース購入（開発工業）  
" 計測機倉庫拡張  
6月 28日 風速測定装置CSコネクター取り替え  
7月 22日 ゼニライト購入  
9月 海上気温記録開始  
9月 13日 超音波風速計プローブセット（TR-31）購入  
9月 18日 卓上塩分計（鶴見E-2）購入  
9月 21日 アンデラ型水位計（可搬式長周期波計）購入  
" カセットデータ収録装置購入  
10月 16日 磁気テープ記録式流向速度計（鶴見）購入  
10月 23日 さがみ修繕塗装、シートカバー付替え  
11月 25日 塔防舷取り替え、下部塗装工事

- 1977 52
- 11月30日 サーミスター風速検定装置の解体・運搬・すえ付け
  - 12月 1日 CTD改造（沖電気・曳航体）
  - 1月 4日 長周期波データ処理要員（松本氏）雇上
  - 3月12日 標準海水購入  
" バイプロトロン波高計修理
  - 3月18日 アンデラ型流速計購入
- 昭和52年度
- ⑩, ⑪, ⑫ [海洋開発] 波浪長周期波に関する研究  
職員: 岩田憲幸, 杉森康宏, 藤繩幸雄, 内藤玄一, 渡部 熊, 都司嘉宣, 簡本利行（6月まで）, 久場健三（7月から）, 功刀ウメ子
  - 5月20日 バイプロトロン波高計修理
  - 5月21日 大気放射記録開始
  - 6月20日 日射計放射計用アナログ積算演算器購入
  - 6月30日 超長時間型カセット式データレコーダ（共和電業）購入
  - 7月11日 容量型波高計（野外用）購入
  - 8月 9日 ゼニライト購入
  - 8月17日 ウェーブライダー観測の塔30km沖で実施
  - 9月14日 ステレオ航空写真による外洋波浪の観測
  - 10月 4日 長周期波データ整理補助員雇上
  - 10月24日 さがみ修繕塗装
  - 10月～53年9月 神奈川水試, 相模湾にて2層流速観測, 塔にも設置
  - 11月 4日 外洋型容量式波高計購入（電子工業）
  - 11月12日 ステレオ航空写真解析のため石廊崎測候所へ気象データ提供依頼
  - 11月21日 石廊崎沖約5tmにて流速観測
  - 11月25日 塔, 踊り場以下の塗装及びエキスパンド・メタル張替（東亜港湾）
  - 12月 2日 国連派遣研修生, Dr. Z. S. Tarapone（インド中央水理研究所）, Mr. P. C. Saxena（同）来所見学
- 1978 53
- 1月14日 伊豆大島近海地震, 弱い津波を観測
  - 2月 3日 露場気象観測装置（日本気象協会）設置
  - 3月 1日 露場測風塔撤去
  - 3月14日 CTD手動ワインチ修理
  - 3月25日 陸上風露場支柱上にて記録開始  
" 気圧記録開始
- 昭和53年度
- ⑩, ⑪, ⑫及び [海洋]  
職員: 岩田憲幸, 藤繩幸雄, 内藤玄一, 渡部 熊, 都司嘉宣, 久場健三, 山崎道代（11月から）
  - 6月 5日 塔, エアコン修理
  - 6月19日 静電容量式湿度計購入（塔用）  
" 超音波風速測定装置修理（プリアンプ故障）
  - 7月15日 マイクロ波収納塔設計発注  
" 塔階段蛍光灯取り替え
  - 7月28日 マイクロ波散乱計修理
  - 8月25日 塔東南脚柱に気象観測支柱（象の鼻）取り付け
  - 9月28日 Texas大, 市栄教授塔見学
  - 10月23日 24日 平塚・大島往復観測
  - 10月25日 マイクロ波収納塔設計変更
  - 12月 3日 長周期波水中センサー点検, 塔はじめ相模湾5ヶ所
  - 10月14日 塔長周期波計修理
  - 10月25日 マイクロ波散乱計収納塔建設工事発注
  - 11月 7日 電子計算機による定時観測開始, 項目は波高, 風向, 風速, 気圧

- 11月 11日 塔踊り場以下の塗装工事  
 12月 1日 FM記録增幅再生器（共和電業）購入  
 12月 8日～21日 さがみ修繕塗装（油壺造船）
- 1979 54 1月 5日 電子計算機による定時観測に流速と潮位を追加  
 1月 20日 塔ワインチ取り付け台、手摺取り替え  
     " 長周期波計塔および5ヶ所撤去  
 2月 3日 雪害・新庄管理係長、人事係長塔見学  
 2月 16日 所長ら塔見学  
 3月 1日 風速測定装置、熱電対直流修繕  
     " 塔エアコン修理  
 3月 5日 塔手摺、および階段部分塗装  
     " 各層水温測定用ブリッジ修理  
     " 電磁流速計にケーブル取り替え、センサーのオーバーホール  
     " マイクロ波散乱計のアンテナを収納塔に設置  
     " 電気防食装置点検  
 3月 15日 ストレーン・ゲージアナライザー3台購入
- 昭和54年度 ⑬津波の発生・伝播および沿岸地上の研究  
 ⑭沿岸海況変動の予測手法に関する研究  
 ⑮リモートセンシング技術を応用した沿岸災害の予測手法に関する研究  
 [海洋]  
 職員 岩田憲幸、竹田 厚、内藤玄一、徳田正幸、渡部 熱、都司嘉宣、  
     久場健三（6月まで）、市川 清（7月から）、山崎道代  
 5月 1日 各層水温計用ナイロンロープ購入  
 5月 15日 ライマン・アルファ湿度計購入  
     " 超音波風速温度計購入（海上電機、DAT 300）  
 6月 1日 MELCOM-COSMO 記憶増設  
     " ストレイン・ゲージ購入  
 6月 9日 2研究部長・坂田室長塔見学  
 6月 20日 動歪み測定器購入  
 7月 9日 オンロスコープ購入（ソニーテクトニクス475）  
     " マイクロ波散乱計保守計器（パルス変調器、検波器サーミスタマウント）  
 7月 19日 アレイ式波高計測システム発注（ケネック）  
     " さがみ修理  
 8月 11日 「接近禁止」の看板取り付け  
 8月 14日 遠方制御装置（大倉電機）購入  
 9月 6日 マイクロ波散乱計波浪観測塔すえ付け工事発注  
 10月 1日 マイクロ波散乱計用付加装置製作  
 10月 20日 台風20号紀伊半島上陸→長野→東北地方へ進み、湘南・静岡沿岸高潮、観測  
     塔下部に設置した計器殆ど流失  
 10月 23日 塔から一部器材搬出（田中工務店）  
 10月 22～11月 2日 波高計復旧工事  
 11月 6～7日 マイクロ波散乱計の観測塔工事  
 11月 12～13日 平塚・大島往復観測  
 11月 12日 容量型波高計のワイヤー改造  
 11月 26日 ウェーブライダー改造  
     " 塔塗装工事（下部・胴体・階段・上部観測室周囲と外壁・最上部床）  
 12月 3日 アンデラ型流速計バンド購入  
     " 容量型波高計の電源・アンプ部改造  
 12月 10日 溫湿度計シェルター購入  
     " 超音波風速温度計（海上電機DAT-300）購入

- 12月10日 コーシンベン用平均装置（KL-111 風向、風速計の出力を電子計算機に送ることを可能にするもの）  
 " 白金抵抗体 12本購入  
 12月19日 塔計測器用ケーブル保護管補修工事発注（東亜港湾）
- 1980 55  
 1月 7日 無停電装置購入  
 1月12日 磁気流速計の台風20号被害修理  
 1月21日 海洋センター、投下式センサーファミリー飛しょう着水実験  
 1月28日 塔荷揚げ・測器ワインチの配線工事  
 1月30日 観測艇修繕  
 1月31日 風速計（中浅測器）購入  
 2月 9日 直流増幅器（乾湿計・水温測定、三栄測器）購入  
 2月18~3月 7日 さがみ油壺にて修理  
 3月13日 抵抗減衰器購入  
 3月15日 ゼオライト（トランシット）購入
- 昭和55年度 ⑬, ⑭, ⑮, [海洋]  
 4月22日 ER型記録計修理  
 4月26日 観測艇エンジン取り替え  
 5月26日 トランシーバー購入  
 6月26~27日 三崎・真鶴線の波浪・CTD観測  
 6月19日 マイクロ波散乱計航空機搭載実験（11月予定）発議  
 7月 4日 オシロスコープ（ソニーテクトニクス製）購入  
 7月10日 波浪計測ブイ（北理研）製作  
 8月15日 二周波マイクロ波散乱実験装置（日本無線）製作  
 9月29日 顕微鏡購入（オリンパスBHT-311M）  
 10月13日 観測用ボイスレコーダー購入  
 10月31日 無停電装置購入  
 11月12日 遠方送信装置増設（大倉電気）  
 11月14日 精密波高計（電子工業）購入  
 11月20日 空調設備取り替え  
 11月28日 ER型1ペン記録計（波高記録用）購入  
 12月 1~6日 気象研究所高層物理研究部・嘉納宗靖氏、大気混濁度測定、同時期理化学研究所・宇野木早苗氏、海洋遠隔探査の基礎研究のため塔利用  
 12月 5日 塗装工事（胴体以外）  
 1981 56  
 2月 4日 周波数計購入  
 2月 6日 測温抵抗体5本購入  
 2月10日 ストレインゲージ購入  
 2月18日 アレイ式波高ケーブル購入  
 2月26日 オシロスコープ修繕  
 3月 6日 遠方送信装置増設（大倉電機）作業実施
- 昭和56年度 ⑬, ⑭, ⑮, [海洋]  
 5月25日 チェーンブロック購入  
 " 荷揚げ・測器両ワインチのワイヤーをステンレス製に付替え  
 6月10日 さがみ修繕・塗装  
 7月14日 カセット・磁気テープ変換装置製作  
 " 現場用超音波式水位計（ケネック）購入  
 7月27~31日 理化学研究所、遠隔探査の基礎研究のための観測  
 9月 7日 台風15号による北側、及び南西側観測支柱の破損復帰  
 9月12日 市川 清死去  
 10月17日 東大地球物理、尹氏および学生5人塔見学

- 10月 27～29日 海底傾斜計工事  
11月 10日 水圧式自記水位計・検潮装置発注  
11月 16～20日 マイクロ波散乱計搭載航空機実験、相模湾中央点 (139°22, 5' E, 35°02, 0' N) での波浪観測  
11月 12日 風向風速計修理調整 (コーシンベン, 塔)  
11月 17日 二周波マイクロ波散乱実験装置波浪計測部購入  
11月 2日 波浪計測ブイ修理  
12月 7～16日 理研共同流速観測  
12月 14日 超音波式風速測定装置修理  
1982 57 1月 14日 塔電動起重機取り替え工事  
1月 26日 ウインチのワイヤ取り替え  
1月 27日 検潮管清掃用手動ポンプ購入、もっこ購入  
2月 5日 ステレオ写真による海面波浪撮影・解析作業 (アジア航測)  
2月 10日 アレイ式波高計測システム用 100キロ手動ウインチ改造  
" さがみエンジン小規模修理  
3月 12日 検潮観測開始 (9月 12日まで)  
3月 13日 アレイ式波高計検出ワイヤー 1本購入  
(日付なし) SSB ミキサー (マイクロ波散乱計修理用) 購入  
山崎道代退任
- 昭和57年度 ⑬津波の発生・伝播・沿岸週上に関する研究  
⑭沿岸海況変動の予測手法に関する研究  
⑮沿岸災害情報として二次元波浪スペクトルの研究、沿岸域の風害等にかんする研究  
⑯波浪等観測塔における沿岸災害要因の長期変動に関する観測研究  
〔海洋〕  
事務に小出和成兼任、安藤結花着任  
4月 28日 塔での流速観測発注 (ユニオン・エンジニアリング)  
6月 1日 長周期波修理  
6月 21日 「さがみ」大修理発注  
7月 6～8日 相模湾観測  
7月 9日 平均装置修理  
7月 10日 CSTD装置修理発注  
7月 19日 フレキシブル・ケーブル購入  
8月 1～2日 台風10号渥美半島に上陸、塔器材に被害発生  
8月 6日 アレイ式波高計改造  
8月 23日 MELCOM-500撤去  
8月 25日 測温抵抗体 5本購入  
9月 12日 台風18号御前崎上陸、検潮管流失、階段手摺、アンデラ流速計等に重大被害、  
検潮観測中断  
9月 23日 計算機MELCOM-700搬入  
10月 6日 流速通年観測の変更  
10月 13日 台風の被害調査・清掃のため潜水作業  
10月 18日 振動観測装置 (加速度計) 2台購入  
10月 28～30日 海洋センター、生物付着研究  
11月 4日 塔の階段等台風被害箇所補修工事発注  
11月 9日 表層水温計設置 (北斗理研)  
11月 19日 テレメーター取り付け作業  
12月 1日 ステレオ・ビデオ撮像解析装置購入  
12月 14日 検潮センサー改造  
" 平均装置改造  
12月 23日 流速観測等請負発注

- 1983 58      1月 5~6日  2周波散乱計実験  
                 1月 26日 波浪計（北斗理研, WA-701）購入  
                 "      塔塗装工事（踊り場以下, 上部手摺）  
                 1月 28日 オシロスコープ購入  
                 1月 31日 ステレオ写真による海面波浪撮影・解析作業（アジア航測）  
                 2月  8日 波浪計等架台補修（台風10, 18号被害）発注  
                 2月 21~24日 マイクロ波散乱計照合流速観測  
                 2月 24日 波高計修理（電子工業）  
                 2月 28日 導波管型抵抗減衰器購入  
                 3月  1日 検潮管復帰工事（東亜港湾）  
                 3月  4日 フレキシ・ケーブル購入  
                 3月 10日 容量波高計用同軸ケーブル購入
- 昭和58年度     ⑬, ⑭, ⑮, ⑯, [海洋]  
                 5月 17日 大磯漁業協同組合より1981年12月29~30日の波高データの問い合わせ,  
                     漁船衝突事故の裁判に供する。  
                 5月 18日 遠方制御装置修繕  
                 5月 24日 精密自記気圧計購入  
                 5月 25日 アレイ式波高計の改造発注  
                 5月 26日 「日本海中部地震・津波」発生  
                 5月 25~27日 海洋センターと波浪共同観測（ステレオ写真撮影）  
                 5月 30日 アンデラ流速計の修繕  
                 6月 23日 神奈川県水産試験場にて流速・水温のデータ処理講演（渡部）  
                 6月 29日 検潮管, アンデラ流速計の潜水清掃・再設置作業  
                 6月 10日 広域観測用マイクロ波散乱計の製作  
                 7月  1日 二周波散乱計のエコーに影響をおよぼす流れの解析（ユニオン）  
                 7月 13日 ステンレス・ワイヤ等購入  
                 8月 31日 アンデラ流速計の電食亜鉛板購入  
                 9月  5日 検潮管, アンデラ流速計の潜水清掃  
                 9月 20日 相模燃料タンク取り替え  
                 9月 26日 超音波式温度風速測定装置修繕  
                 10月 28日 SAR観測実験, 石廊崎へ波浪問い合わせ  
                 11月  2日 塔, プロペラ型風向風速計更新  
                 11月  4日 検潮管, アンデラ流速計の潜水清掃  
                 11月 10日 安全ベルトなど購入  
                 11月 16日 平塚→沖の州波浪, STD観測, マイクロ波散乱計のsea truth  
                 11月 21~22日 平塚→真鶴観測  
                 11月 30日 高橋博所長ら塔見学  
                 12月  5日 散乱計調整  
                 12月 22日 海洋センターとの共同観測
- 1984 59      1月 17~24日 観測支柱工事  
                 1月 23日 塔, 塗装工事発注（胴体部分, 下部足場プレート）, 工事は3月21~28日  
                 "      無停電装置修繕  
                 2月  6日 流速通年観測解析（ユニオン）  
                 2月 13日 電気防食発注, 流速観測  
                 2月 15日 簡易中層水温計購入  
                 2月 18日 自動上皿天秤購入  
                 3月  2日 波浪計センサー購入, アンデラ流速計修繕  
                 2月 27~3月 10日 二周波散乱計観測実験  
                 3月 12日 観測支柱と屋上タラップの補修発注  
                 3月 15~17日 塔, 防舷材2本, ゴム製に取り替え工事（東亜港湾）

3月19日～さがみ補修

3月31日 岩田支所長退任

昭和59年度 ⑯, ⑰, ⑱, [海洋]

4月 高橋所長支所長併任(～6月), 7月 竹田支所長就任

観測艇更新決定, 検討開始, 担当 渡部

4月 1日 海洋センター佐々木氏, フランス留学生3人塔見学

5月 7日 測温抗体5本購入

〃 海像用ワインチの遠隔スイッチ購入

5月 11～18日 海洋センター観測

5月 21日 広域観測用2周波マイクロ波散乱計の改造発注

5月 23日 電磁流速計取り付け金具改造

5月 31日 科学技術庁大橋生活科学技術課長視察

6月 14日 ケーブル埋設位置標識柱(擬木)設置工事発注

6月 18日 さがみ, 発炎筒など装備

6月 22～7月 2日 レーダー観測

6月 29日 檢潮管清掃, 海洋センター生物付着調査(7月23日も)

7月 4日 ウインチ取り付け工事

7月 10日 各層水温計取り付け用ステンレスワイヤ購入

7月 11日 流速計取り付け

7月 12日 電磁流速計修繕

7月 24日 塔に切換え式一般電話取り付け

7月 25日 無停電装置修繕

7月 27日 Prof. David E. Weissman, Hofstra大, ニューヨーク, 塔見学

8月 1日 Dr. Frank I. Gonzales, NOAA, シアトル, 塔見学

8月 3日 竹鼻三雄東大名誉教授, 観測艇建造の助言のため来所

8月 4日 ソウル大安希教授, 東大・宮田, 申弘烈氏塔見学

8月 9日 海浜地ケーブル埋設位置調査(光電製作所)

8月 14日 流速観測

8月 21日 塔塗装工事(下部, 及び上部手摺)

9月 12～13日, 27～28日 海洋センターとマイクロ波共同観測

9月 19日 公害資源研, 山本氏見学

9月 20日 東大地球物理, 学生16名見学

9月 25日 韓国海洋研究所安道氏, 権文相氏塔見学

9月 27日 無停電装置修繕, 風速計取り付け

9月 29日 ケーブル標識柱設置工事終了

10月 2日 アレイ式波高計修繕

10月 23日 (社)日本海洋開発協会, 石油生産プラットフォーム実験始る(60年3月まで)

11月 17日 ウェーブ・ライダーによる波浪観測, 平塚沖3km

11月 19日 観測艇建造, 早美造船(株)落札

11月 27日 檢潮管清掃, 海洋センター生物付着調査

12月 18日 直流安定化電源購入

12月 19日 各層水温計一部撤去

1985 60 1月 11日 観測艇起工式(伊勢市)

1月 31日 ホンダ発電機更新

〃 超音波風速計修理

〃 ビデオカメラ購入

〃 アンデラ流速計修繕

2月 1日 音響測深器購入

〃 電気防食装置点検

2月 7～9日 MOS-1航空機検証実験(観測塔, 小型船舶(平塚→三崎), 航空機)

宇宙開発事業団, 気象研, 土研と共同研究

- 2月 19日 企画課大石紹介ビデオ作成のため撮影  
3月 1日 無線機購入、ユニオン電磁流速計購入  
3月 5日 観測艇進水式（伊勢市）  
" チリ国バル・パライソ沖地震、弱い津波観測  
3月 19日 各層水温計固定作業  
3月 27日 「新・さがみ」竣工式、横浜海上保安部次長、平塚経済部斎藤係長、高橋所長ら列席、同時に協力者等に対する感謝状授与（大谷氏、平塚漁協、早美造船）
- 昭和60年度 ⑯ [海洋] 二周波マイクロ波散乱計による波浪計測実用化のための開発研究  
⑰ 津波の伝播、および沿岸週上の研究  
⑱ 古地震・古津波の史料地震学的研究（二研と共同）  
⑲ 沿岸異常波浪の予測手法の研究  
⑳ 波岸災害の発生に関する強風等の研究  
4月 30日 ビデオカセット・データレコーダー（ティック）購入  
5月 17日 二周波散乱計の改造及びアンテナ架台の製作（新日本無線）発注  
5月 29日 中国青島、国家海洋局第一海洋研、林、Liao、崔3氏塔見学  
6月 23日 2月10日、4月7日に続き今年三度目のモーター艇転覆死亡事故が相模川河口で起る。  
6月 26日 平塚警察署よりモーター艇転覆事故について波浪観測データについての捜査関係事項照会あり、高橋所長名で回答  
7月 1日 台風6号により観測塔測器被害（超音波温度風速計、各層水温計）  
8月 6日 塔換気扇取り替え  
1986 61 1月 9日 科学技術庁内田研究調整局長、高多生活科学技術課長視察、海況不良のため塔行は中止め

### 付録3. 波浪等観測塔設計仕様書

#### 第1章 総則

1. 本仕様書は相模灘平塚海岸の海中に設置する波浪等観測塔（以下単に塔という）の設計のための仕様書である。
2. 塔の設置位置は平塚海岸沖合約1km, 水深（基本水準面下）20mで海底勾配1/40のところである（附図第1参照）。
3. 塔は風、波、潮流、漂砂等の海象観測を連続的に行うためのもので、常時は無人であり、電纜により送られた動力によって動く自記計器を備え、又観測結果を電纜で陸上へ送信する機能をもつものである。
4. 塔は堅牢であり、耐風、耐波、耐震性、耐蝕性大で、安定なものでなければならない。耐用年数は30年とする。
5. 設計は合理的、かつ、経済的なもので実質を旨とし、かつ、施工の容易なものでなければならない。
6. 本仕様書に掲げる事項以外のことについては、日本建築学会発行の鉄塔構造計算基準、鋼管構造計算基準、鋼構造計算基準、建築基礎構造設計基準及び運輸省港湾工事設計要覧、港湾工事共通仕様書に準拠するものとする。
7. 設計に関し疑義を生じた時は監督官に質し、その指示をうけるものとする。

#### 第2章 設計の基礎条件

##### 1. 設計外力

###### (1) 潮位

H.W.LはDL+2.0Mとする（異常潮位を含めて）。

###### (2) 潮流

一般に考慮しない。但し根固さの設計にあたっては海底流速3m/secを仮定する。

###### (3) 風

設計風速60m/secとし、波頂高以上の部分について考え、風向範囲はSW～SEとする。

風圧力は下記の式で算出する。

$$P = K_p \cdot V^2 A$$

但し、P：風圧力(kg)  $\rho$ ：空気の密度  $0.125 \text{ t/m}^3$  V：風速(m/sec)

A：見付面積m<sup>2</sup> K：風圧係数 円形に対し0.7、矩形に対し1.2とする。

###### (4) 波浪

###### イ. 波向範囲 SW～SE

###### ロ. 設計波高（以下2つの場合について計算を行う）。

i) 短期許容応力 短期許容支持力、引抜力を用いる場合、水深22mに対する孤立波の限界波高とし、T=16sec, H=15.1m, L=394m

但し、T：周期 H：波高 L：波長

ii) 長期許容応力、長期許容支持力、引抜力を用いる場合、T=16sec, H=10mの孤立波

###### ハ. 波圧

円柱の単位長さに働く、波圧を下記の式で求める。

$$f = C_D \frac{W_0}{2g} D |U| U + C_M \frac{W_0}{2g} \frac{\pi}{4} D^2 U$$

f：波圧(t/m)

但し、UU：水粒子の水平速度及び加速度 (m/sec)

D：円柱の直径(m) g：動力加速度(9.8m/sec<sup>2</sup>)

C<sub>D</sub>：drag係数=0.8とする。 C<sub>M</sub>：inertia係数2.0とする。

W<sub>0</sub>：海水の比重

###### ニ. 波の衝撃圧

一般には考慮しないが、衝撃の考え方される（荒天時の流木、船舶片の衝撃）範囲には最少限の緩衝の処置を行う。

###### (5) 地震力 波高10mの波の波圧計算の際、海底地盤上の塔重量に対し、地震力を考え、危険方向

へ水平震度0.25をとる。

(6) 浮力 浮力、波頂高以下の部分に対して考える。

2. 基礎地盤 精密な地質及び土質調査の結果を待って、細密設計を行うが、試設計においては下記の仮定をする。

地質 均質な砂質度（海底面より50mまで）

土の単位体積重量  $r = 1.02$  (水中) 横方向地盤反力係数  $k = 0.689 \times N^{0.352}$

内部摩擦角  $\phi = 38^\circ$  標準貫入試験値  $N = 40$

静止土圧係数  $K_N = 1/2$  (但し、杭頭では 50)

### 第3章 材料の許容応力度等及び応力の算定

#### 1. 材料

杭及び塔本体は鋼管を主体とし、観測室は普通鋼材を用いる。材種はSM 50及びSTK 50を用いる。観測室内面は防音、防湿で空気調節方式のとれる事務室様式とする。

#### 2. 材料の定数及び許容応力度

##### 1. 鋼材の定数

ヤング弾性係数  $2100 \text{ t/cm}^2$  ポアソン比 0.3 普通弾性係数  $810 \text{ t/cm}^2$

##### 2. 許容応力度

A. 鋼材及び鋼管の許容応力度 (単位  $\text{t/cm}^2$ )

材 料	応力種類	長 期						短 期	備 考
		引張り	圧 縮	曲 げ	せん断	側 圧	接 触		
普通鋼材*		1.4	1.4	1.4	0.8	2.6	4.0		
S. M. 50		2.2	2.2	2.2	1.3	4.1	6.3		
S. T. K. 50	厚さ 4mm未満	2.0	2.0	—	1.2	3.8	—	長期応力の 1.5倍	
	厚さ 4mm以上	2.2	2.2	—	1.3	4.1	—		

B. アーク溶接継目の許容応力度 ( $\text{t/cm}^2$ )

材 料	応力種別	作業の 方 法 (施行令)	長 期				短 期	備 考		
			つきあわせ							
			引張り	圧 縮	曲 げ	せん断				
普通鋼材	S. M. 50	(1) (2)	1.2	1.2	1.2	0.7	0.7			
		(2)	2.0	2.0	2.0	1.2	1.2			
		(1)	2.2	2.2	2.2	1.3	1.3			
S. T. K. 50	厚さ 4mm未満	(1) (2)	2.0	2.0	2.0	1.2	1.2	長期応力に に対する値の 1.5倍		
	厚さ 4mm以上	(2)	2.0	2.0	2.0	1.2	1.2			
		(1)	2.2	2.2	2.2	1.3	1.3			

注 作業方法 (1)は回転ジグ・ポジショナーなど常に下向きで作業できるような設備で作業する場合。

(2)は(1)以外の場合

## 3. 応力の算定

## イ. 杭の支持力及び引抜抵抗

砂質地盤であり、深基礎地盤であることを考慮し、杭は周辺摩擦及び先端支持で支えられるものとし、

## i) 支持力の算定

次式による。

$$R_u = 43 \text{ NAP} + \bar{N} A_s 16$$

$$R_a = 1/3 R_u \quad R_{a1} = 2/3 R_u$$

但し、

- $R_u$  : 杭の極度支持力 (t/本)
- $R_a$  : 杭の長期許容支持力 (t/本)
- $R_{a1}$  : 杭の短期許容支持力 (t/本)
- $A_p$  : 杭の先端面積 ( $m^2$ )
- $A_s$  : 支持層に貫入した部分の杭周表面積 ( $m^2$ )
- $N$  : 杭の先端地盤の  $N$  値
- $\bar{N}$  : 杭の支持層中の貫入深さに対する平均  $N$  値

## ii) 引抜低杭の算定

次式による。

$$R_t = \pi \cdot r \cdot \mu \cdot K_N \cdot r \cdot \ell^2$$

$$R_{at} = 1/3 R_t \quad R_{a1} = 2/3 R_t$$

但し、

- $R_t$  : 杭の極限引抜力 (t/本)
- $R_{at}$  : 杭の長期許容引抜力 (t/本)
- $R_{a1t}$  : 杭の短期許容引抜力 (t/本)
- $\mu$  : 砂質上と鋼管の摩擦係数  $\mu = \frac{1}{2}$
- $K_N$  : 土の静止土圧係数 (この場合  $K_N = \frac{1}{2}$ )
- $r$  : 土の単位容積重量 (水面下) 1.02
- $r$  : 杭の平均半径 (m)
- $\ell$  : 杭の全貫入長 (m)

## ロ. 部材の応力計算

## i) 塔本体

## a. 架橋構造と杭が一体又は剛結された場合

地盤に固定された片持梁として部材の応力計算及び撓計算ならびに震動特性の計算を行う。  
なお鋼材腐蝕代は 2mm とする。

なお、トラス又はラーメン計算は平面計算で近似解を求めてよい。

## b. 架橋構造と杭がピンで連結された場合

地盤上の 2 点でピンで結合された突桁として諸計算を行う。

## ii) 観測室

主要柱、主要梁についてのみ計算を行う。

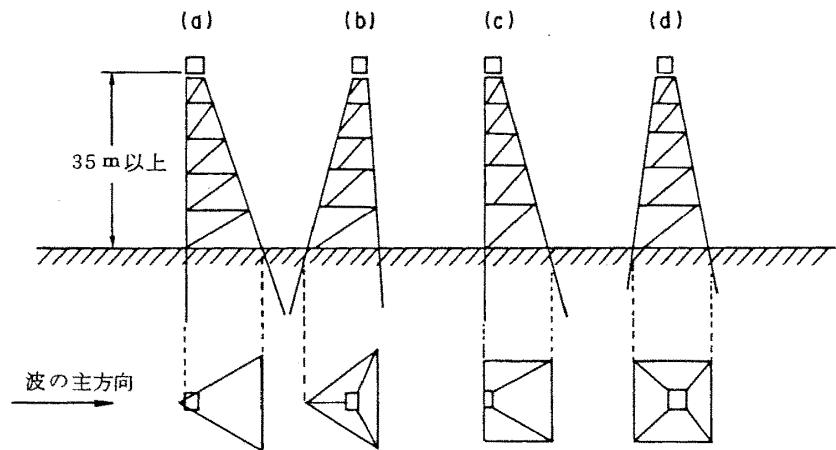
## 第4章 塔の形状と構造

## 1. 塔

## イ. 塔は 3 脚又は 4 脚とし、トラス構造架又はラーメン構造とする。

波力の抵抗を少くするよう配慮する。

基本形は次の 4 種のうち何れかとする。



- 塔の部材及び杭は鋼管構造とし、muller type の自動ガス切断機を使用し、切断し、相貫断面を溶接する。斜杭の場合は垂直面となす角度は最大 20°とする。
- △ 塔は地盤上 35 m 以上のところで観測室を載せるものとする。
- △ 塔には観測員昇降のための鉄製階段を附するほか、衝撃緩和のための防舷材を設ける。
- 2. 基 础
  - △ 塔の基礎は杭打による。
  - 杭と上部支柱が一体でない場合はピンで連結させるものとする。
- 3. 根固工
  - △ 海底における土砂の移動、洗掘を防止するため、テトラポット、コンクリートブロック又は木工沈床類をもって支柱間の地質及びこれに接する適当な範囲に地盤を被覆するものとする。
- 4. 観測室
  - △ 観測室は内積 36 m³、高さ 2.8 m、室内の天井の高さ 2.3 m とする。
  - 観測室の形は、主風向に対し風圧を少ならしめるようなものとし、扉及び廻廊を附する。
  - △ 観測室の構造は、主架構及び外壁とも普通鋼材を使用する構造とする。
  - △ 室内構造は、エアコン装置の可能な実験室様式とする。特に防湿、防熱に留意する。  
観測室の床面載荷重は 250 kg/m² とする。

## 第5章 施 工

1. 塔本体及び杭の製作
  - 部材の材質検査、強度試験、寸法検査及び仮組立検査に合格後現地に搬入するものとする。
2. 部材の運搬
  - 部材は数個のブロックにわけて江の島湘南港へ運搬し、ここで待機する。
3. 基礎工の施工
  - △ 海面上の作業船（碇着したもの）よりガイドパイプを用いて、基礎工を打込む。この際地盤の状況によって地盤、地質の土質試験、杭の打込試験又は簡易な載荷試験を行わしめることがある。
  - 杭と主体がピン接合の場合は潜水夫の作業を併用する。
4. 塔本体の据付
  - 前項同様船上より行う。  
(備考) 施工可能時機としては 4 月～6 月の間であり、この時期における現地の海象等の最近 5 ケ年間の記録は別紙第 1 に示すとおりである。
5. 根固工
  - 予め設置地盤の数均しを行った後、船上より沈設し、主柱の附近は潜水夫の作業により行い必要の場合は不良土砂の除去を行う。

4. 観測室

塔の据付検査完了後施工する。

第6章（工事費の算出）、第7章（提出書類）は省略

## 付録4. 国内外の海洋観測塔

波浪等観測塔は外洋性の海で長期間連続して定時観測を実施している恒久的観測施設として世界的にも特異な存在であるが、一般的に見ても海洋観測塔は数少ない。国内外の海洋観測塔を下表に掲げる。調査は完全ではないので漏れているものもある。但し、工事用に一時的に設置したもの、主目的が海洋観測以外にあるもの、非固定式のもの（ブイ式を含む）は除いてある。

名 称	設置海域	位置 (岸から)	水深	塔の高さ (平均水面上)	所 属	設置年	主な目的
<b>(国 内)</b>							
白浜海洋観測塔	田辺湾	300 m	5 m	9.5 m 7	京大防災研	1961.10	海象一般研究用
波浪観測塔	博多湾	2 km	16 m	4 m	九大応力研	1976	波浪観測
海洋技術総合研究施設	駿河湾	250 m	7.4 m	16.8 m	建設省土木研	1982	海岸防災、海洋構造物試験研究用
苫小牧東港観測塔	苫小牧沖	港 外	10 m		北海道電力	1979	発電所用
千葉港海象気象自動観測塔	東京湾	3 km	9 m	約 15 m	千葉県	1980	海象・気象
大阪湾海況自動観測塔	大阪湾		7 m		大阪府水試	1973	海況観測調査用
<b>(国 外)</b>							
Oceanographic Research Tower	カリフォルニア サンディエゴ沖			約 12 m	U. S. Navy		海象一般、 実験研究用
Stage I	フロリダ				U. S. Navy		
Stage II	パナマ市沖						
Argus Island Tower				約 30 m	Office of Naval Res.		
Research platform	北海 North Sea	70 km ドイツ沖	30 m	約 25 m	西 独		

## 付録5. 波浪等観測塔に関する成果報告書のリスト

表中次の略号を用いた。速報=国立防災科学技術センター研究速報、報告=国立防災科学技術センター研究報告、資料=防災科学技術研究資料、防災科技=防災科学技術、総合報告=防災科学技術総合研究報告。

## A. 当センター職員による成果

年 月

1966. 3 相模灘における海象等に関する研究、速報、1, 1-47.
1969. 3 容量型波高計について、稻田 亘・渡部 眞、報告、2, 57-68.
1969. 3 重力波における波高と水圧の関係(I)一水圧変動の深さによる減衰ー、報告、2, 69-74.
1970. 1 発達過程にある風浪、岩田憲幸・田中孝紀、報告、4, 1-21.
1970. 1 波浪のスペクトル幅と統計量(I)、岩田憲幸・稻田 亘・田中孝紀・渡部 眞、報告、4, 23-43.
1970. 1 平塚沿岸の風・水温および波について、近藤純正・稻田 亘・内藤玄一・渡部 真、報告、4, 45-64.
1971. Estimation of directional properties of wind waves by ultrasonic current meter, Iwata, N., and W. Inada, La Mar. 9, 1.
1971. Response of cup anemometer in turbulence, Kondo, J., G. Naito, and Y. Fujinawa, J. Meteorolog. Soc. Japan, 49, 63-79.
1971. 3 台風によるうねり、岩田憲幸・田中孝紀・渡部 真、報告、5, 59-79.
1971. 3 波浪のスペクトル幅と統計量(II)、岩田憲幸・稻田 亘・渡部 真、報告、5, 81-87.
1971. 3 A model of turbulence: Statistical treatment of an ensemble of vortex filaments, Fujinawa, Y., 報告、5, 89-95.
1971. 3 "Overshooting" in wind-generated waves, Fujinawa, Y., 報告、5, 97-103.
1971. 3 破碎と沿岸流、岩田憲幸・藤繩幸雄・田中孝紀・浅田康夫・関本道夫、総合報告、25, 87-95.
1971. 11 Similarity of the spactral flow of wind waves in earliear stages of their development, Iwata, N., 報告、7, 35-45.
1972. Disturbed wind fields around the obstacle in sheared flow near the ground surface, Kondo, J., and G. Naito, J. Meteorolog. Soc. Japan, 50, 346-354.
1972. Wave-induced wind fluctuation over the sea, Kondo, J., Y. Fujinawa, and G. Naito, J. Fluid Mech., 51, 751-771.
1972. 海水温度の半日周変化、近藤純正・内藤玄一・藤繩幸雄、海と空、48, 2, 53-59.
1972. 海上風の乱れの解析、近藤純正・内藤玄一・藤繩幸雄、海と空、48, 2, 61-71.
1972. Errors in estimation of drag coefficient for sea surface in light winds, Kondo, J., and Y. Fujinawa, J. Meteorolog. Soc. Japan, 50, 2, 145-149.
1972. 2 破碎帶内の沿岸流、岩田憲幸・田中孝紀・総合報告、28, 113-119.
1973. High frequency components of ocean waves and their relation to the aerodynamic roughness, Kondo, J., Y. Fujinawa, and G. Naito, J. Physical Oceanogr., 3, 2, 197-202.
1974. Measurements oif directional spectrum of wind waves using an array of detectors, Part I. A new technique of evaluation, Fujinawa, Y., J. Oceanogr. Soc. Japan, 30, 10-22.
1974. 10 破碎・白波・波浪高周期波成分の観測と海面粗度、近藤純正・藤繩幸雄・内藤玄一、報告、10, 1-23.
1974. 10 海上風の乱れのスケールと軸の傾き、近藤純正・内藤玄一・藤繩幸雄・渡部 真、報告、10, 25-40.
1974. 10 海面と大気間の運動量・顯熱・水蒸気に対する輸送係数、近藤純正、報告、10, 41-65.
1974. 10 風による海洋最上層の流速、近藤純正・内藤玄一・藤繩幸雄、報告、10, 67-82.
1974. 10 海面近くの風速変動の相関と乱渦の3次元モデル、報告、10, 83-96.

1975. 7 伊豆半島沖地震による津波について, 都司嘉宣, 活洋科学, 7, 775 - 783.
1975. 8 風浪の方向スペクトルの測定, 藤繩幸雄, 報告, 11, 1 - 30.
1975. 8 風浪の発達の機構—一つのモデル, 藤繩幸雄, 報告, 11, 31 - 47.
1975. 8 水温躍層を伝わる内部波の減衰, 都司嘉宣, 報告, 11, 49 - 66.
1976. 3 Tow dimensional surface wave on theshearing current, Sugimori. Y., 報告, 13, 75 - 87.
1976. 10 陸棚斜面による長周期波の部分反射, 都司嘉宣, 報告, 15, 145 - 157.
1976. 10 波浪に伴う長周期波(サーフ・ビート)の特性(I), 藤繩幸雄・岡田憲司・渡部 勲, 報告, 15, 159 - 191.
1976. 10 A study of generation of shallow water waves over the continental shelf, Sugimori. Y., 報告, 15, 193 - 209.
- 1977 A study of time-dependent and fetch-limited wave growth spectra in the ocean, Sugimori. Y., Bull. de la Societe Francaise-Japonaise d'Oceanographie.
1977. 3 波浪に伴う長周期波(サーフ・ビート)の特性(II), 藤繩幸雄・岡田憲司・渡部 勲, 報告, 17, 111 - 166.
1977. 3 海水混合に果す潮汐の役割—緩やかに水深が変化する海域を伝わる内部波に対するKdV方程式について, 都司嘉宣, 報告, 17, 167 - 188.
1977. 3 海面近くの大気境界層における運動量, 顕熱輸送の直接測定, 内藤玄一, 報告, 17, 189 - 213.
1977. 6 模型飛行機, 観測塔による沿岸のリモートセンシング, 都司嘉宣・靴山 隆, 海洋科学, 9, 6, 12 - 19.
1978. 3 相模湾内の津波の特性(I), 藤繩幸雄・渡部 勲, 大池高保, 報告, 19, 117 - 165.
1978. 3 海面上の大気境界層における風速, 気温変動の空間相関(I), 内藤玄一, 報告, 19, 167 - 189.
- 1978 短い風浪の波速について, 藤繩幸雄・松本一朗・渡部 勲, 報告, 20, 245 - 265.
- 1979 平塚波浪観測資料(I), 渡部 勲・藤繩幸雄, 資料, 38, pp 107.
- 1979 湾曲傾斜海岸にトラップされるエッジ波, 藤繩幸雄, 報告, 21, 75 - 88.
- 1979 Some properties of Surf-beats, Fujinawa. Y., J. Oceanogr. Soc. Japan, 35, 9 - 25.
- 1980 Short Gravity Wave の方向スペクトル幅について, 藤繩幸雄・松本一朗・渡部 勲, 報告, 23, 185 - 192.
- 1980 平塚波浪観測資料(2), 渡部 勲・徳田正幸, 資料, 47, pp 179.
- 1980 波浪・長周期波等に関する研究, 内藤玄一・徳田正幸・渡部 勲, 海洋遠隔探査技術の研究・研究成果集, 昭和54年度, 65 - 105.
- 1980 マイクロ波散乱計による海上風の遠隔測定実験, 内藤玄一・徳田正幸・渡部 勲, 報告, 23, 193 - 213.
- 1980 平塚で観測された異常潮位, 渡部 勲・岩田憲幸, 資料, 52, pp 33.
- 1980 Testing of a towed CTD. Fujinawa. Y., Y. Tsuji, I. Watabe, K. Sasaki, M. Nomoto, T. Hara, and Yoshito Tsuji, J. Oceanogr. Soc. Japan, 36, 253 - 258.
- 1981 1979年20号台風による高波・高潮について, 都司嘉宣, 報告, 25, 155 - 168.
- 1981 SEASAT衛星の散乱計データによる海上風向・風速場の解析, 竹田 厚, 報告, 25, 169 - 189.
- 1981 High tide and wind waves generated by typhoon 8920. Tsuji. Y., /3th UJNR, 627 - 681.
- 1981 実験用散乱計の施策と海上風の測定, 内藤玄一, 航水研ノート, 空と海, 4, 25 - 41.
- 1981 波浪・長周期波等に関する研究, 内藤玄一・徳田正幸・渡部 勲・竹田 厚, 海洋遠隔探査技術の研究・研究成果集, 65 - 74.
- 1981 散乱計と海面粗度, 内藤玄一, 海洋リモートセンシング天城シンポジウム論文集, 1 - 14.
- 1981 Statistical characteristics of individual waves in laboratory wind waves. (I)
- Individual wave spectra and similarity structure, Tokuda. M., and Y. Toba, J. Oceanogr. Soc. Japan, 37, 243 - 258.
- 1981 平塚沖波浪観測資料(3), 渡部 勲・徳田正幸, 資料, 59, pp 127.

- 1981 圧力式波浪計による相模湾での波浪観測・I, 徳田正幸・内藤玄一・都司嘉宣・渡部 勲, 報告, 26, 133 – 154.
1981. 8 Effects of water wave motions on spectral characteristics of wind fluctuation in the marine atmospheric surface, Takeda, A., J. Meteorol. Soc. Japan, 59, 4, 487–509.
- 1982 圧力式ジンバル波浪計の開発研究, 徳田正幸・江口純弘, 報告, 27, 247 – 278,
- 1982 Statistical characteristics of individual waves in laboratory wind waves, (II). Self-consistent similarity regime, Tokuda, M., and Y. Toba, J. Oceanogr. Soc. Japan, 38, 8 – 14.
- 1982 海洋学における衛星資料の利用, 一海面水温, 水色, 海流, 渦, 波浪等の観測ー, 竹田 厚, 気象研究ノート, 145, 195 – 246.
- 1982 Three dimensional space structure of turbulent eddy in the atmospheric boundary layer above the ocean, G. Naito, J. Meteorol. Soc. Japan, 60, 1299 – 1315.
1982. 10 三つの波高計センサーによる波浪の方向特性の算出法ー I, 徳田正幸, 報告, 29, 157 – 192.
- 1983 海洋上の観測塔で測定された強風の性質, 内藤玄一・渡部 勲・徳田正幸・高橋 博, 第15回UJNR, 139 – 152.
- 1983 海上風の乱流特性, 内藤玄一, 日本風工学会誌, 16, 61 – 62.
- 1983 Spatial structure of surface wind over the ocean, G. Naito, J. Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 13, 67 – 76.
- 1983 1982年10号, および18号台風に伴う潮位偏差について, 都司嘉宣・竹田 厚・小西達男・高橋 博, 第15回UJNR, 903 – 920.
- 1983 相模湾の波浪特性 II, 徳田正幸・渡部 勲・江口純弘, 報告, 31, 219 – 239.
1983. 3 三つの波高計センサーによる波浪の方向特性の算出法ー II. 観測塔で観測されたうねりの方向特性, 徳田正幸, 報告, 30, 167 – 187.
1983. 11 マイクロ波散乱計による波浪および海上風の広域観測方法の開発研究, 竹田 厚・徳田正幸・渡部 勲, 海洋遠隔探査技術(海洋リモートセンシング)技術の開発研究・研究成果集, 科学技術庁研究調整局, 49 – 54.
- 1984 波, 海のはたらき, 竹田厚, 「地球とその変化」(現代総合科学教育大系, "SOPHIA 21" 第2巻), 講談社, 130 – 145.
- 1984 合成開口レーダー(SAR)による波浪情報の高度化, ー沿岸防災のための衛星データ利用技術ー, 海洋科学, 17, 8, 487 – 495.
1984. 3 台風による定置網被害時の波浪特性・I, 徳田正幸・渡部 勲・平元泰輔・池田文雄・長谷川保, 速報, 54, pp 51.
1984. 10 沿岸波浪観測システムに関する研究・I, 波高の定時観測, 渡部 勲・徳田正幸, 速報, 61, pp 24.
1984. 10 マイクロ波散乱計による波浪および海上風の広域観測方法の開発研究, 徳田正幸・竹田 厚・渡部 勲, 海洋遠隔探査(海洋リモートセンシング)技術の開発研究・研究成果集, 科学技術庁研究調整局, 46 – 51.
1984. 11 マイクロ波散乱計による海上風の遠隔実験(II), 内藤玄一・渡部 勲・徳田正幸, 報告, 33, 277 – 319.
1984. 12 沿岸波浪観測システムに関する研究・II, 方向スペクトルの定時観測, 渡部 勲・徳田正幸, 速報, 67, pp 33.
- 1984 長時間吹送時の海上風の性質, 内藤玄一, 第8回風工学シンポジウム論文集, 日本風工学会, 1 – 6.
1984. 6 散乱計データから決定された海上風スペクトル, 内藤玄一, 「宇孝からの海洋学・II」, 海洋科学技術センター, 219 – 236.
- 1985 Measurements of directional sea wave spectra using a two-frequency microwave scatterometer, Takeda, A., M. Tokuda, and I. Watabe, The Ocean Surface, 269 – 274. D. Reidel Publishing Co.
- 1985 台風通過時の海上擾乱の性質, 内藤玄一, 高橋 博, 第17回UJNR議事録.

## B. 他の機関の研究者による成果

本表は編集の際に判明した範囲において作成した。本表に載せるべき未調査の文献が少なからずあるはずであることを了承願いたい。カッコ内は論文発表当時の所属機関名。

1967. 1 海洋物理観測と電子計測, 寺本俊彦(東大海洋研), 電子計測, 1-11.
- 1969 On the response characteristics of a sonic wave gauge, Taira, K., and A. Takeda, (東大海洋研), J. Oceanogr. Soc. Japan, 25, 6, 27-34.
- 1970 Observation of sea surface temperature by an infrared radiation thermometer, Kim Kimura, R., N. Misawa (東大海洋研), J. Oceanogr. Soc. Japan, 26, 1, 22-37.
1972. 10 海面から大気へのエネルギー供給—その大きさと変化—, 竹田 厚(東大海洋研), 海洋科学, 4, 10, 39-46.
- 1975 海洋上の大気境界層過程—大気と海洋の相互作用のマイクロプロセスー, 竹田 厚(東大海洋研), 海洋学講座3, 「海象気象」, 東京大学出版会, 7-46.
1977. 6 相模湾の急潮について, (1) 1975年に起こった急潮について, 松山優治(東水大), 岩田静夫(神奈川水試), 水産海洋研究会報, 30.
1978. 5 相模湾の海洋学, 岩田静夫(神奈川水試), 「相模湾の環境保全と水産振興」シンポジウム, 水産海洋研究会報, 32.
1980. 3 相模湾類型指定調査結果報告(水質及び流動調査結果), 神奈川県相模湾水質調査委員会, pp131.
1981. 9 海水の光学的特性に関する研究(その一)ー海中および海面直上における放射輝度の伝達に関する研究ー, 宇野木早苗・岡見 登・岸野元彰・杉原滋彦(理化学研), 海洋遠隔探査(海洋リモートセンシング)技術の研究・研究成果集, 科学技術庁調整局.
1982. 1 「大気境界層の科学ー大気と地球表面の対話ー」, 近藤純正(東北大), 東京堂出版, pp219.
1983. 11 マイクロ波放射計による海象の計測に関する研究, 磯崎一郎・植野耕治・林 重昭・多田利義・柴田 彰(気象庁気象研究所), 海洋遠隔探査(海洋リモートセンシング)技術の開発研究・成果報告集, 科学技術庁研究調整局, 41-48.
1984. 3 海洋構造物の付着生物ー付着状況の実態と保守管理との関連ー, 伊藤信夫(海洋科学技術センター), 海洋科学, 16, 3, 167-172.
1984. 6 海面のマイクロ波放射観測, 磯崎一郎・植野耕治・柴田 彰(気象研究所)・五十嵐保・石田 中(宇宙開発事業団), 「宇宙からの海洋学Ⅱ」, 広域の海洋環境情報の応用と情報管理办法の研究・成果報告書, 海洋科学技術センターなど, 267-280.
1984. 10 マイクロ波放射計による海象の計測に関する研究, 磯崎一郎・植野耕治・林 重昭・飯田隼人・柴田 彰(気象庁気象研究所), 海洋遠隔探査(リモートセンシング)技術の開発研究・成果報告集, 科学技術庁研究調整局, 39-45.
- 1985 海洋構造物における付着生物(Ⅲ), 一平塚市沖の波浪観測塔の生物ー, 伊藤信夫・梶原 武, 海洋科学技術センター試験研究報告, 14, 193-202.
- 1985 On the effects of ocean surface roughness on emissivity and reflectivity of micro-wave radiation, Sasaki, Y., I. Asanuma, K. Muneyama, G. Naito, and Y. Tozawa, "The Ocean Surface", D. Reidel Publishing Company, 311-318.
- 1985 海面のマイクロ波放射特性に関する研究(Ⅱ)ー天空輝度の海面反射分の評価法ー, 佐々木保徳・浅沼市男・宗山 敬・内藤玄一, 海洋科学技術センター試験研究報告, 14, 119-126.

## 付録 6. 参考資料リスト

ここに掲げた資料は、波浪等観測塔関係参考資料として一括して平塚支所内に、いつでも閲覧できるよう保存されている。

1. 波浪等観測塔建設工事完成図
2. 波浪等観測塔設置に伴う漁業補償関係書類綴（昭 39）
3. 波浪等観測塔工事関係書類綴（昭 40）
  - 建設工事仕様書
  - 工事請負契約書
  - 観測塔計算書 (NKK)
  - 鋼材規格証明書 (NKK)
  - X線試験結果報告書 (NKK)
  - 検査成績表 (NKK)
  - 工事内訳明細書 (NKK) 他
4. 波浪等観測塔海底地質調査報告書（昭 39）八千代エンジニアリング
5. 波浪等観測塔 観測支柱工事関係書類綴（昭 40）
6. 波浪等観測塔電気防食関係書類綴（昭 40）
7. 波浪等観測塔送受電設備工事関係書類綴（昭 41）
8. 波浪等観測塔用電力通信混合ケーブル建設工事関係書類綴（昭 41）
9. 観測艇建造関係書類綴（昭 41）
10. 沿岸実験観測施設概要（沿岸海洋研究ノート 5巻1号—昭 41）岩田憲幸
11. 波浪等観測塔設置工事について、その1、その2（東亜、No.12, 13 昭 41），東亜港湾工業大磯作業所
12. 平塚沖波浪等観測塔建設工事作業記録（昭 40），東亜港湾工業
13. 波浪等観測塔腐蝕状況調査報告書（昭 49），東亜建設工業京浜支店
14. 国立防災科学技術センター規程集
  - 事務分掌規程
  - 波浪等観測塔における業務安全基準
  - 観測艇（さがみ）管理基準
  - 観測艇（さがみ）管理基準細則
  - 平塚支所地震防災対策業務計画
  - 平塚支所地震防災対策業務計画実施細則
15. 創立十五周年記念誌（昭 53），国立防災科学技術センター