

マレーシア国サラワク州潮位測定事業

福島 繁樹 : 沿岸調査課

Tide Gauge Project in Sarawak, MALAYSIA

Shigeki Fukushima : Coastal Surveys and Cartography Div.

1. はじめに

マレーシア国サラワク州の土地測量局は、コロombo計画に基づく日本政府の技術援助を得て1987年10月に潮位測定事業を開始した。事業の目的は、標高の基準面の高さを再確認すること、また必要ならばこれを再設定することであった。

この事業が開始された主な背景は、次の三点であった。まず第一に、現在サラワク州の南部と中部で標高の基準面として使用されているラケイ島基準面は、30年前に設定されて以来一度も確認されていなかった。この基準面は、2年間（1950, 1955）の潮汐観測資料の解析結果に基づいて1960年に英国海軍水路部により設定された。その後、観測は一時中断されていたが1974年に再開され、それ以降現在まで継続して実施されてきた。しかし、これらの観測資料は、ほとんど未解析であった。第二に、州北部では、ミリ基準面が使われていた。近年中に、州内を南北に通過する主要幹線道路に沿った水準路線が完全に連結されることから、州全域で、どのような基準面を標高の基準面に採用すべきか問題になってきた。第三に、連邦政府土地地域開発省測量地図局（以後、測量地図局と記す）によって実施されていた半島マレーシアでの潮位測定事業が、水路部から派遣された3名の専門家の技術指導により終了したため、まだ未整備であった東マレーシア、サラワク州で開始される運びとなった。

この度、1987年10月から2年間、潮位測定専門家としてサラワク州土地測量局へ派遣され、この事業を援助するため様々な責務を遂行した。この中で主に実施した既存験潮所の改良、新験潮所の建設場所の選定及び潮汐観測データ処理解析システムの公式化等を本稿で紹介する。

2. 派遣機関

(1) 名称及び地理的位置

イ. 名称

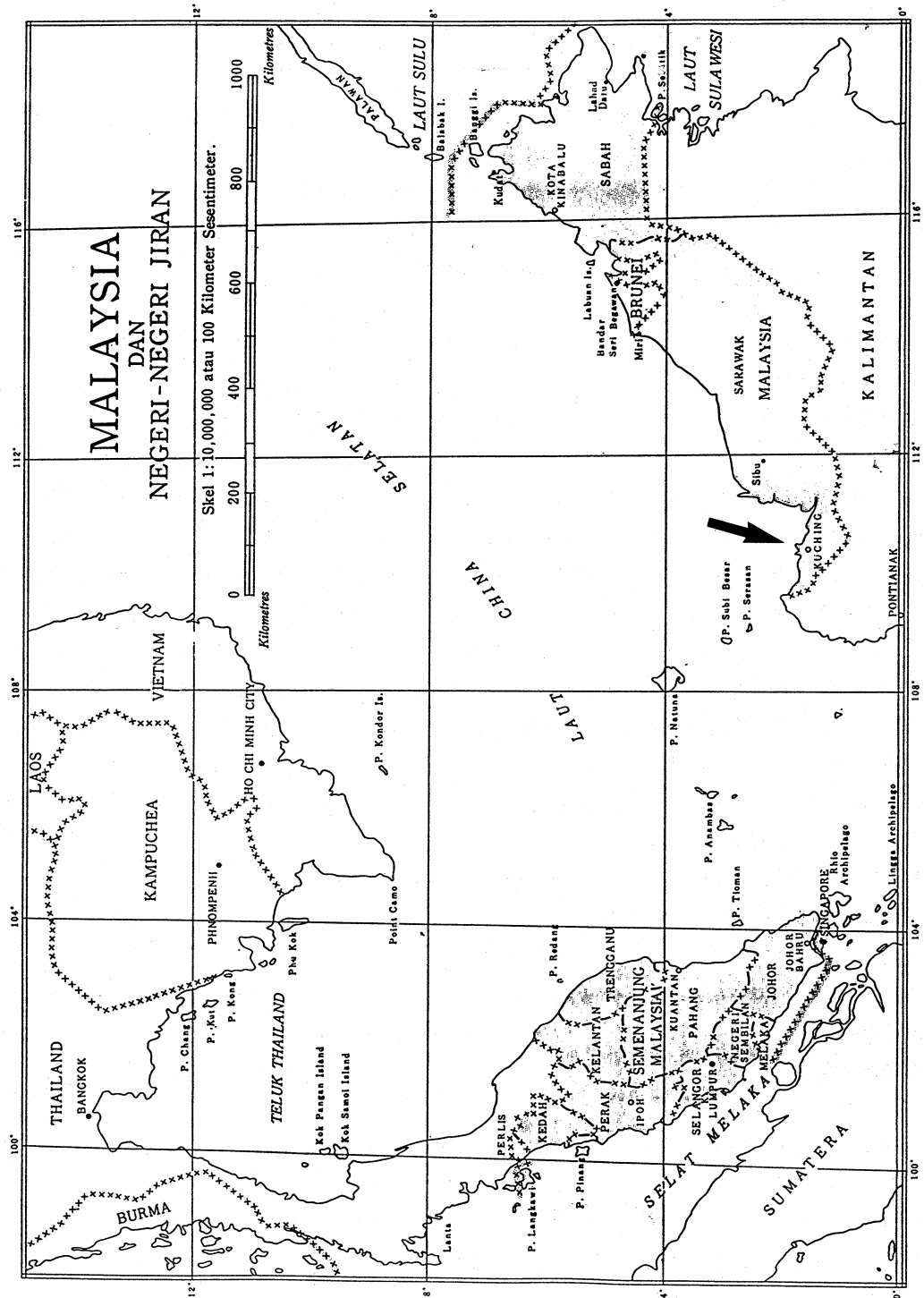
サラワク州土地測量局 (Land and Survey Department, Sarawak) (写真1参照)

ロ. 地理的位置

東マレーシア、サラワク州の州都クチンにある。この州は、ボルネオ島の北西岸の大半を占めており、その西側海岸は南シナ海に面し、南東部はインドネシア領カリマンタン、北部はブルネイとサバ州に接している。(第1図参照)

(2) 沿革及び業務内容

当局は、1932年（ブルック王国時代）に土地局として発足し、翌1933年に土地測量局と改称し、1954年（英国直轄植民地時代）に評価部門、1960年に計画部門が増設され現在に至っている。主要な業務内容



第1図 派遣先の地理的位置 (矢印の所)

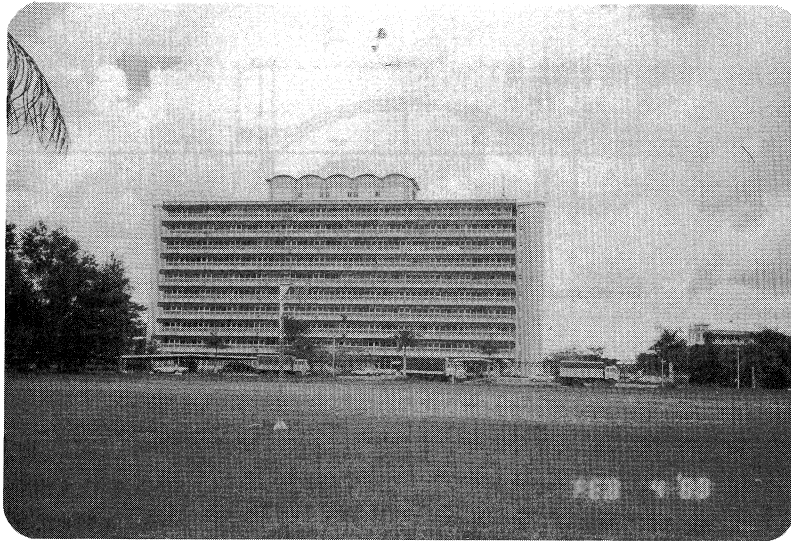


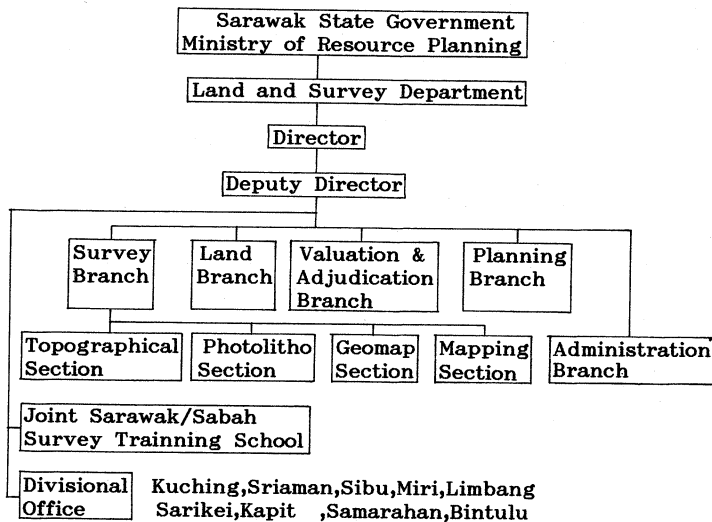
写真1 土地測量局本部正面

は、土地測量、地図の編集及び土地台帳の管理であった。

(3) 組織

当局は、サラワク州政府資源計画省に属し、州都クチンにある本部とサラワク&サバ測量訓練学校、また9つの地方区(省)にある事務所で構成され、その総職員数は約2,500名であった。本部は、5部門に分割されており、その最大部門である測量部門は、さらに地形課、写真課、編図課、地図課に分割されていた。本事業は、この地形課で行われた。(第1表参照)

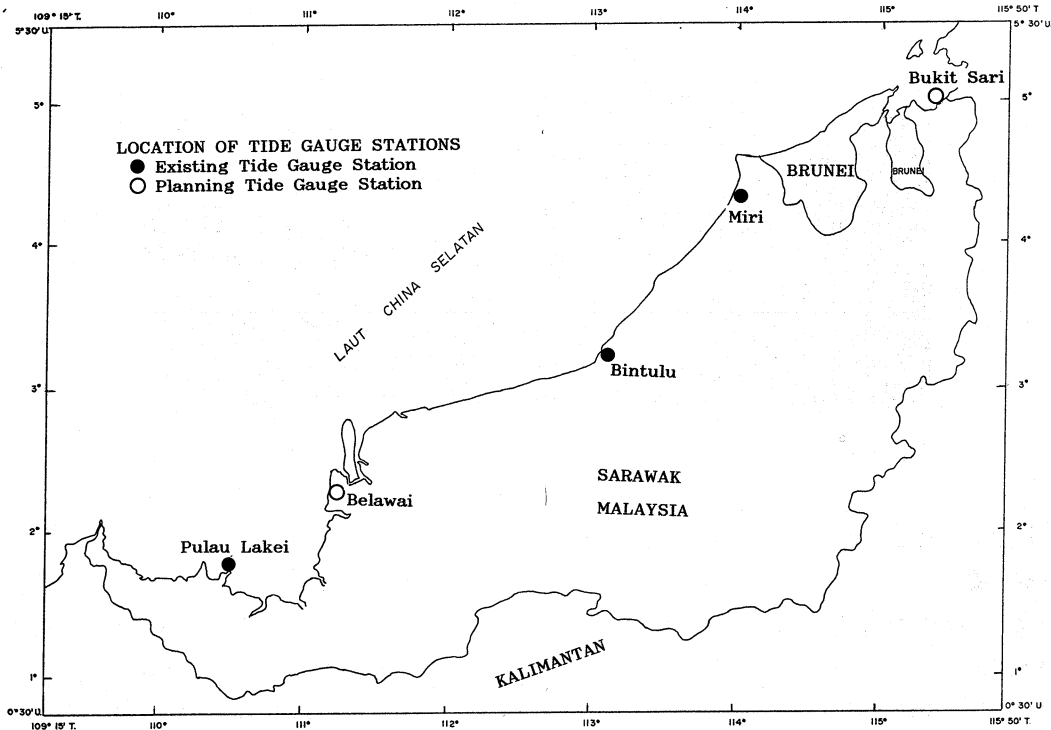
第1表 サラワク州土地測量局の組織



3. 既存験潮所の改良

(1) 現状

イ. 験潮所の位置及び構造 (第2図参照)



第2図 験潮所の位置

i) ミリ験潮所

験潮所は、1984年1月に公共企業局によりミリ市街地西方の海岸に建設された。験潮所本体は、円形ドーム型の屋根を備えた耐水強化製のコンクリートで造られていた。しかし、南シナ海に面した遠浅の海岸に建てられていたため、波浪やうねりが大きい時に験潮所全体が水平に動揺していた。

(第3図参照)

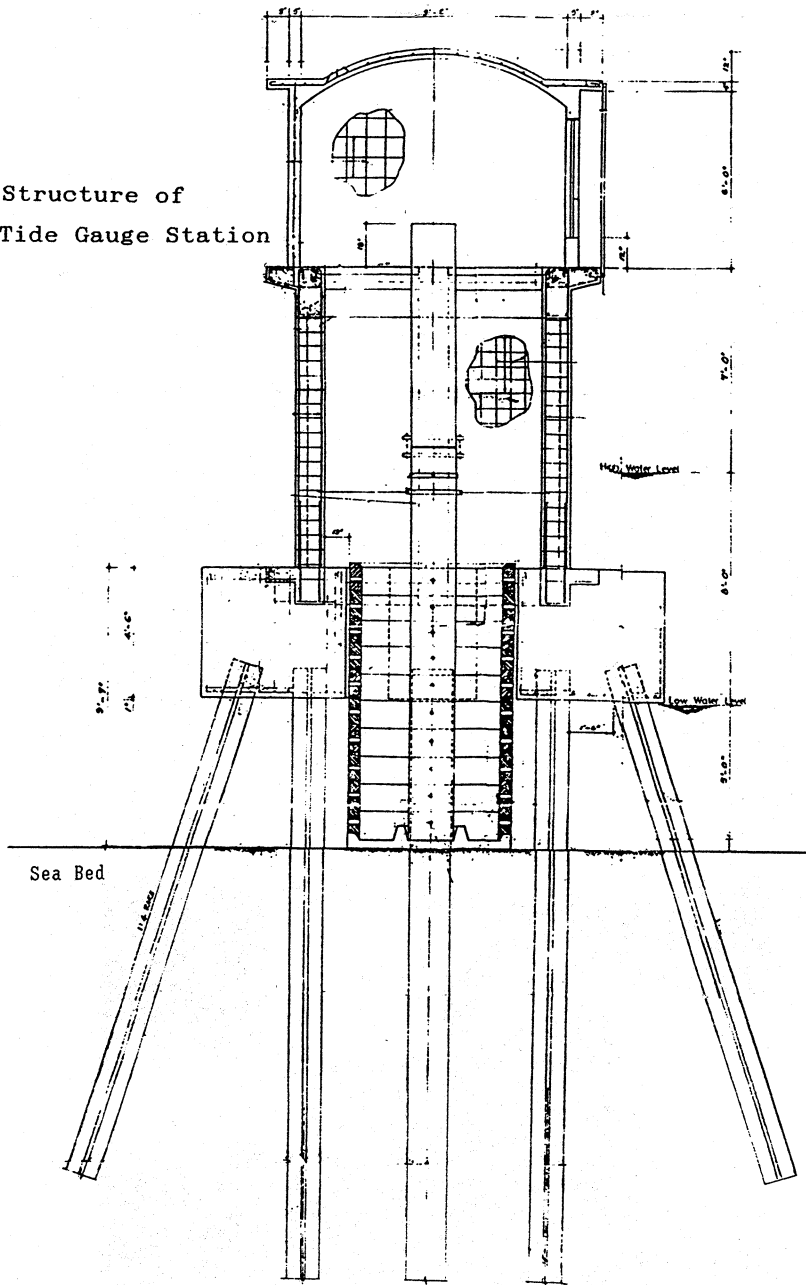
ii) ビンツル験潮所

験潮所は、1982年にビンツル港湾局と協議のうえ、液化天然ガスで有名なビンツル深海港の巨大突堤に建設された。験潮井戸の上端は、突堤の表面に開けられた穴に挿入・固定され、その下端は、支柱に固定されていた。(第4図参照)

iii) ラケイ島験潮所

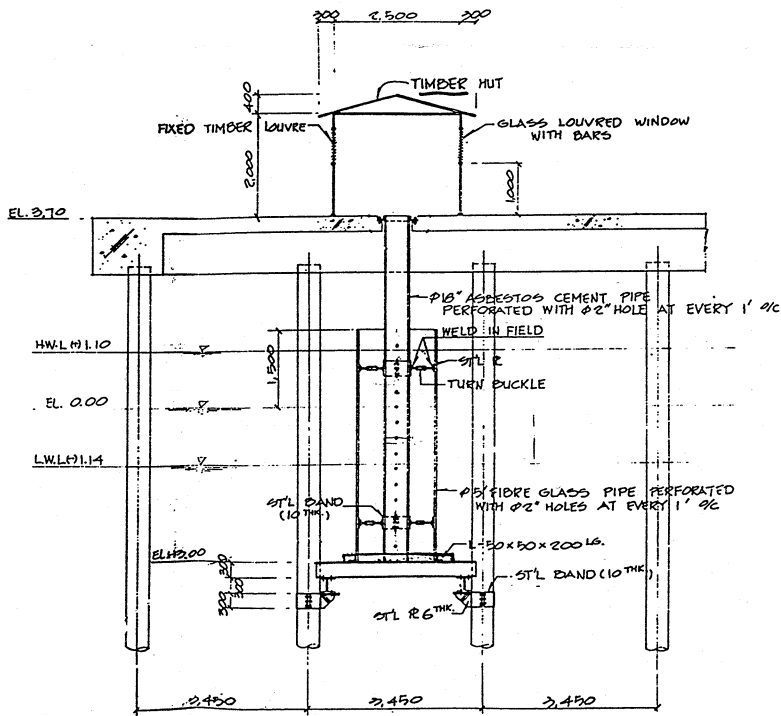
験潮所は、1949年(英国直轄植民地時代)に公共企業局により、クチンの北方にあるラケイ島の南側干出岩の近くに建設された。その後、1974年に改造され、1986年5月に新しい験潮井戸が追加設置された。験潮所本体は、硬質木材を組み合わせて造られており、干出岩上に建てられたコンクリート製のやぐらと海底上に建てられた硬質木材のやぐらとによって支えられていた。しかし、井戸周辺の水深が数十cmと浅かったため、低潮時の観測が危ぶまれた。(写真2参照)

Structure of
Miri Tide Gauge Station



第3図 ミリ験潮所の構造

Structure of Bintulu Tide Gauge Station



第4図 ビントゥル験潮所の構造



写真2 ラケイ島験潮所

ロ. 験潮器

全ての験潮所にフロート型の験潮器が設置されていた。これらの詳細を第2表に示す。

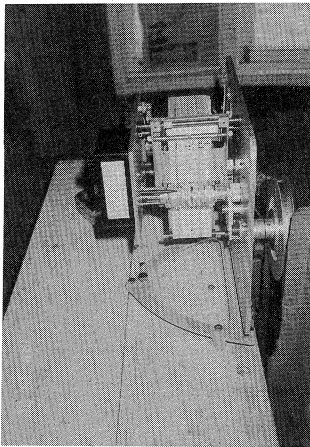
各験潮器の特徴は、次のとおりである。SDR及びFPDRは、7.5ボルトの乾電池で3～4ヶ月

第2表 サラワク州の驗潮器

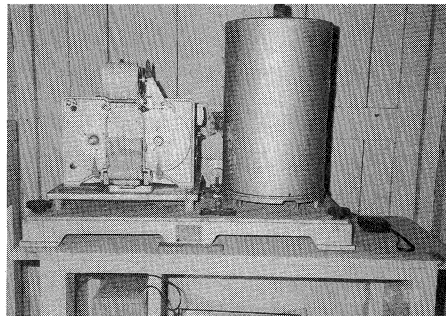
TIDE GAUGE IN SARAWAK

Station	Tide Gauge	Manufacturer	Country	Ownership
Miri	S.D.R.	Leupold & Stevens	U.S.A.	L & S
Bintulu	F.P.D.R.	Fisher & Porter Van Essen	U.K.	L & S
	R.T.M.S.		Holland	B.P.A.
Pulau Lakei	F.P.D.R.	Fisher & Porter	U.K.	L & S

- # NOTES
- S.D.R. : Stevens Digital Recorder Model No.7002
 - F.P.D.R. : Fisher & Porter Digital Recorder Model No. 1542
 - R.T.M.S. : Radio Tide Measuring System Type R.G.C. 705B
 - L & S : Land and Survey Department, Sarawak.
 - B.P.A. : Bintulu Port Authority.



Stevens Digital Recorder Model No.7002



Fisher & Porter Digital Recorder Model No.1542

写真3 稼動中の驗潮器

作動し、観測値は、15分毎に16チャンネルの紙穿孔テープに記録される。RTMSの観測値は、無線でBPAの管制塔へ伝送され同時に記録されていた。(写真3参照)

ミリ及びラケイ島の驗潮器は作動していたが、ビンツルの当局所管の驗潮器は作動していなかった。この原因は、井戸内の海面の昇降があまり速いため驗潮器の機構が追従できなかったと考えられる。

(2) 改良

イ. ミリ驗潮所

動揺防止策として、次の改修方法を提案した。

- i) 驗潮所周辺の海底の浸食を防ぐため、石を周辺の高さ1m(外側井戸下端)まで敷設する。
- ii) 波浪やうねりによる波圧を減少させるため、驗潮所側面の形状を改良する。

ロ. ビンツル驗潮所

驗潮井戸が突堤の支柱に垂下・固定され、また驗潮器が突堤上に設置されているため、測得値は突

堤自身の否みや振動等の影響を直接に受ける。このため突堤から離れて海底上に独立して再築するよう提案した。

ハ. ラケイ島験潮所

この験潮所は、老朽化が著しいため建て換えを提案した。またこれが不可能な場合として験潮所周辺の掘り下げ（-3 m）を提案した。

ニ. その他、共通事項として次の方法を提案した。

- ⅰ) 観測基準面を常に同一レベルに保持するため定期見回り時に基準測定を実施する。
- ⅱ) 観測基準面の高さを水深の基準面下1 mに再設定する。
- ⅲ) 観測インターバルを最短間隔である5分に再設定する。
- ⅳ) 副標を取り外し可能なものに交換する。

4. 新験潮所建設場所の選定

州北部の第五省リンバン地区及び州中部の第六省サリケイ地区に新験潮所の建設が計画されていたが、まだその建設場所は選定されていなかった。

サラワク州の海岸線は、数百kmにも及び、そのほとんどが砂や泥でできた遠浅の海岸であった。降水量が多いため至所に蛇行した河川が形成され、その河口付近は、マングローブやニッパ椰子が繁茂した低湿地帯であった。河口沖合では、堆積作用によってサンドバンクやサンドバーが形成され、水深が極端に浅くなっていた。また、ほとんどの人工港湾は河川の中流域にあり、外海に面した港はピンツル港だけであった。

このような環境の中で、最適な建設場所を選定するため、①験潮所の仕様基準の作成、②これに適合した験潮所の仕様設計の推薦、決定、③験潮所建設場所選定条件を作成し地方事務所から情報収集、④現地調査の実施の順序で作業を進めた。

(1) 験潮所の仕様、基準

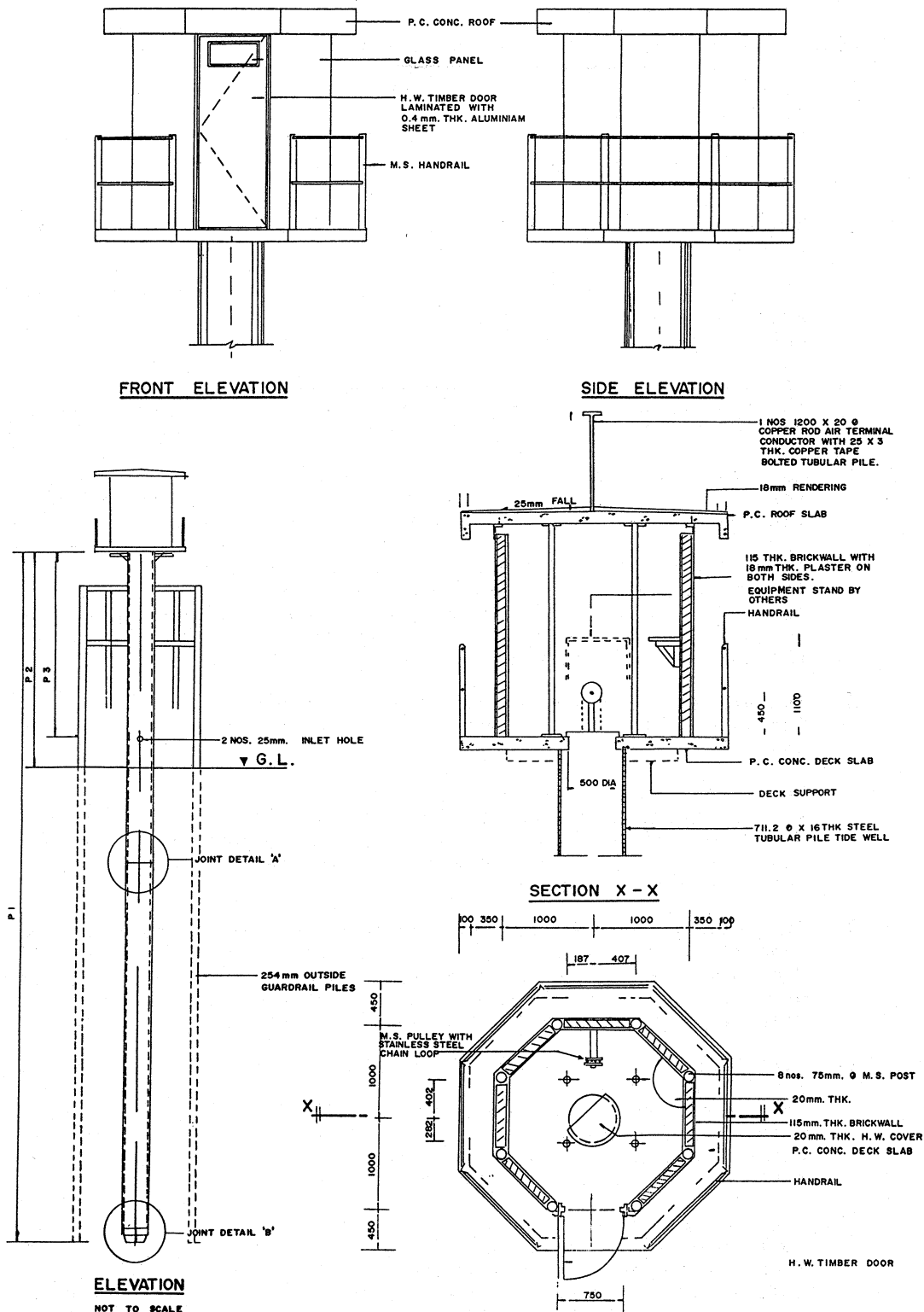
熱帯地域で平均水面を監視するための験潮所の仕様、基準を次に示す。

- イ. 起こりうる最大の嵐に堪えることができること。
- ロ. 潮汐観測に十分な高さがあること。導水口の高さは、基本水準面下1 mより下方であること。井戸上端の高さは、H. A. T上1.5 m以上であること。屋根の高さは、水準測量に十分な高さ2.5 mがあること。
- ハ. 観測及び保守管理に十分な広さ（2×2 m）があること。
- ニ. 験潮小屋の構造は、日射を避けやすく換気が良いこと。
- ホ. 験潮井戸は、岩盤上に直接建設され、その直径は少なくとも70 cmあること。もし海底の底質が、砂や泥であれば、その基礎は岩盤に達するまで打ち込まれること。
- ヘ. 使用する験潮器は、フロート型が理想的である。
- ト. 験潮器の架台は、井戸上に設置すること。
- チ. 基準測定装置を験潮器用架台の上に設置すること。
- リ. 球分体は、井戸上端に埋設すること。
- ヌ. 験潮所の近くに副標を設置すること。

(2) 推薦した験潮所の仕様・設計

験潮所を建設する場所は験潮所の形式や構造により異なる。従って、現地で調査を実施する前にそれを決

SPECIFICATIONS OF NEW TIDE GAUGE STATION



第 5 図 驗潮所仕様設計圖 (一部)

第3表 驗潮所建設場所選定條件

CONDITIONS OF SITE SELECTION FOR TIDE GAUGE STATION IN SARAWAK

1. The site should be facing the sea and the waves and swells are not so high.
At areas where waves and swells are fairly high, the station can be easily destroyed by the pressure of the waves and swells.
2. The areas should be pollutant-free and covered with fresh water.
At a specific point, such as the outflow of the factory, living houses and river mouth, the seaweed grow rapidly, the abnormal sea level is also observed as a result of varying water density.
3. The places where high currents do not occur.
The sharp headlands, channels and straits where high coastal current and tidal current occur, should be avoided.
4. The ground at the site should be stable.
The ground on which the installation is to be constructed must be stable, not being liable to ground subsidence.
5. The areas where sand and mud do not move and silt.
The river mouths, deltas, narrow bays and long shallow sloping beaches should be avoided, because of measuring the uncharacteristic level and blockage of the inlet hole due to the moving sand and mud.
6. The areas should have enough depth clearance.
The water depth must extend at least three metres beneath the Chart Datum.
7. The vicinities of the wharf or jetty.
A tide gauge station should not be sited on the wharf structure itself, but a site in the wharf area can be constructed if the station can be adequately from distortion, shock, vibration and so on.
8. The places where a long term consecutive observation can be done at a fixed point.
The places where it is expected to re-construct the station due to future development plans and obstructed by the shipping, mooring and loading should be avoided.
9. The places where station can be connected to precise levelling route.
The place should be sited at either a stable area closeby where a reference Bench Mark can be established or the area where the station can be connected to the precise levelling route of the country in future.
10. The places where the station can be constructed and the routine maintenance can be done easily.
Firstly, during the construction of the stations, there are sufficient materials around. Secondly, the site can be fairly accessible to permit regular changing of the tide gauge record, checking and maintenance.

定しておかなければならない。次の理由により第5図に示す験潮所仕様設計を推薦した。

- イ. サラワク州の験潮所は、この地域が高温、多湿、強日射である熱帯域にあるため中緯度地域より老朽化が速い。従って、験潮所の保守は度々要求される。新験潮所を一度に高額な経費を費して建設し、この経済的寿命の間、定期保守をするよりも、むしろ構造が簡単で安価な験潮所を建設し、これが老朽した時に建て換える方が得策と考えられる。
- ロ. この験潮所の原形は、1977年から1979年まで沿岸三ヶ国と日本により実施されたマラッカ・シンガポール海峡潮汐・潮流共同研究の際に採用された、その後、前任の専門家により改良され、現在半島マレーシアで順調に稼動している。この構造の特徴は、次のとおりである。
 - ⅰ) この設計・仕様は、験潮所が海底に独立して建設されるため平均水面を監視する常設験潮所に適している。
 - ⅱ) 験潮小屋は、白色で八角形状の耐水強化コンクリート製であり、また換気が良いため、熱帯地域に特有な高温、多湿、強日射に耐えることができる。
 - ⅲ) 構造が簡単なため建設が容易である。験潮所は主に験潮小屋と鋼鉄製の験潮井戸により構成されている。験潮井戸は、バージ船上の機動ハンマーで海底に垂直に打ち込まれ、験潮小屋は、陸上で事前に作成、現地で組み立てられる。
- ⅳ) 建設経費が比較的安価である。半島マレーシアの場合、その価格は験潮井戸の長さにより多少異なるが、12～14万リングギットである。(1リングギット≒50円 1988年12月現在)
- ⅴ) 験潮所の維持管理が容易である。水準測量のための十分な高さ、保守管理をするための十分な広さがある。導水口は、特別な輪状鎖により簡単に清掃できる。また、験潮小屋が八角形状であるため入口の方向が自由にとれ、験潮所に近接した水準測量が容易にできる。

(3) 験潮所建設場所選定条件

現地での調査範囲を限定するため第3表に示す験潮所建設場所選定条件を該当する地方事務所へ送付して現地の情報を収集した。

(4) 現地調査

イ. 準備

調査を実施する前に海図、陸図、水路誌、潮汐表等の既存資料並びに地方事務所から得た港湾や道路の現状及び開発計画等を利用して調査範囲を限定し、実施計画を作成した。この地域が、以前に英国の植民地であったことから、英版の海図、水路誌及び潮汐表が特に役立った。

ロ. 一般調査

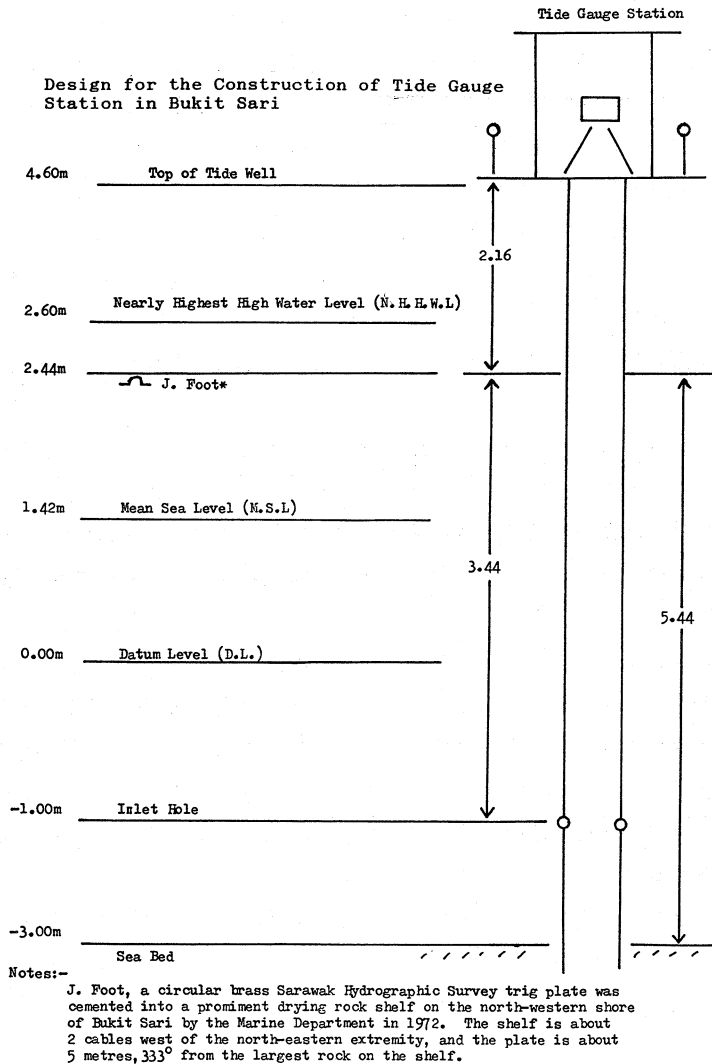
カウンターパートや地方事務所の職員と共に小型高速艇で多数の場所を調査し、その中から選定条件に最も適合する地点を選び出した。

ハ. 詳細調査

候補地で測深、採泥、目視潮汐観測、見取図の作成及び直接水準測量を実施した。

ニ. 成果

このような調査により、最終的に第五省リンバン地区ではブキットサリ、また第六省サリケイ地区では、ベラワイを選定した。(第2図参照) また、験潮所建設仕様を作成したのでこの一部を第6図に示す。



第 6 図 驗潮所建設仕様 (一部)

5. 潮汐データ処理解析システムの公式化

当局では、多量な潮汐観測資料が保管されているにもかかわらず、観測記録の読み取りを初めとする資料の整理及び解析は、ほとんど行なわれていなかった。ただ、ラケイ島驗潮所の一部の観測記録が英国のコンサルタント会社である Sir William Halcrow 社によって読み取りされていただけであった。

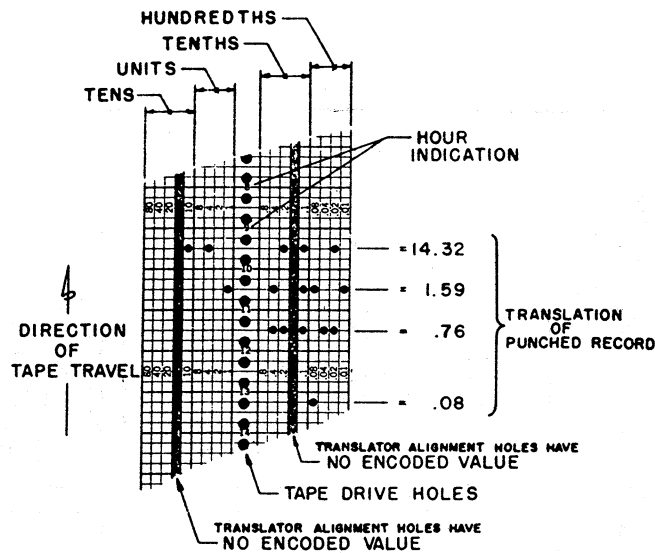
これらの多量なデータをパソコンで処理、解析するためのシステムを設計し、これを公式化した。

(1) 既存資料

記録の媒体は、四桁の B C D (Binary Coded Decimal) コードによる 16チャンネルの紙穿孔テープであった。(第 7 図参照)

保管されていた測得データの期間は、次のとおりであった。

ラケイ島驗潮所 1974年 7 月～1989年 4 月、ミリ驗潮所 1985年 7 月～1989年 4 月



第7図 16チャンネル紙穿孔テープ記録例

(2) 処理解析システム

イ. 機体の構成

本システムは、主に日本電気社製のパソコン (P C - 98シリーズ) と Leopold & Stevens 社 (US A) 製の紙穿孔テープ読取機で構成される。この読取機とパソコン本体とは、RS - 232C ケーブルで接続した。機器の構成及びその接続方法を第8図に示す。

ロ. ソフトウェア

データ処理の流れとプログラムの機能を第9図に示す。この概要は、次のとおりである。

- i) 16チャンネルの紙穿孔テープを読取機 (S T R - 1000) で読み取りパソコンへデータ転送する。
- ii) 個々の観測値に時刻を付加すると共に観測個数のチェック及びリードエラーやノイズの除去を行ない、ファイルの再編集をする。
- iii) 観測値の平滑化、驗潮器時刻の遅進の調整及び毎時観測値の抽出をする。
- iv) 新毎時観測値ファイルを旧マスターファイルに結合する。
- v) 新マスターファイルを点検後、もし誤りが発見された場合、ファイルを再編集する。
- vi) 毎時観測値マスターファイルをベースとして、驗潮月表や各種平均水面等の作表、潮汐曲線 (1日, 4日, 1ヶ月毎) の作図、潮汐長期調和分解、非調和定数の算出及び毎時観測値の頻度分布を作成する。

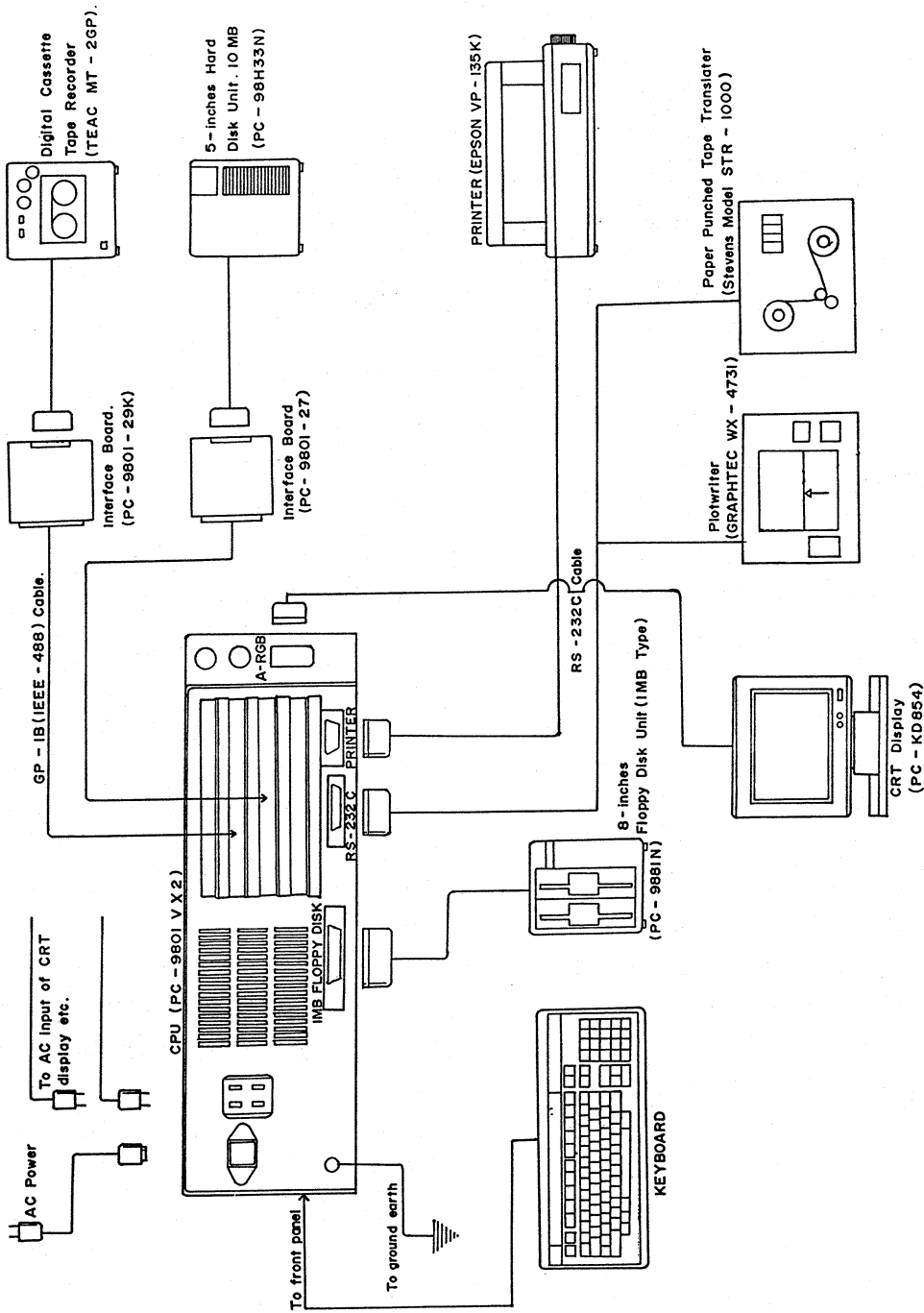
ここで、i ~ iii は、新規に開発したものであるが、iv ~ vi は、半島マレーシアの潮位測定事業で採用されている潮汐解析プログラムを再編集したものである。

また、メニュー総合画面と四種の区分画面を表示する索引プログラムを作成してオペレータが本システムを容易に運用できるようにした。

ハ. 潮汐観測報告の編集

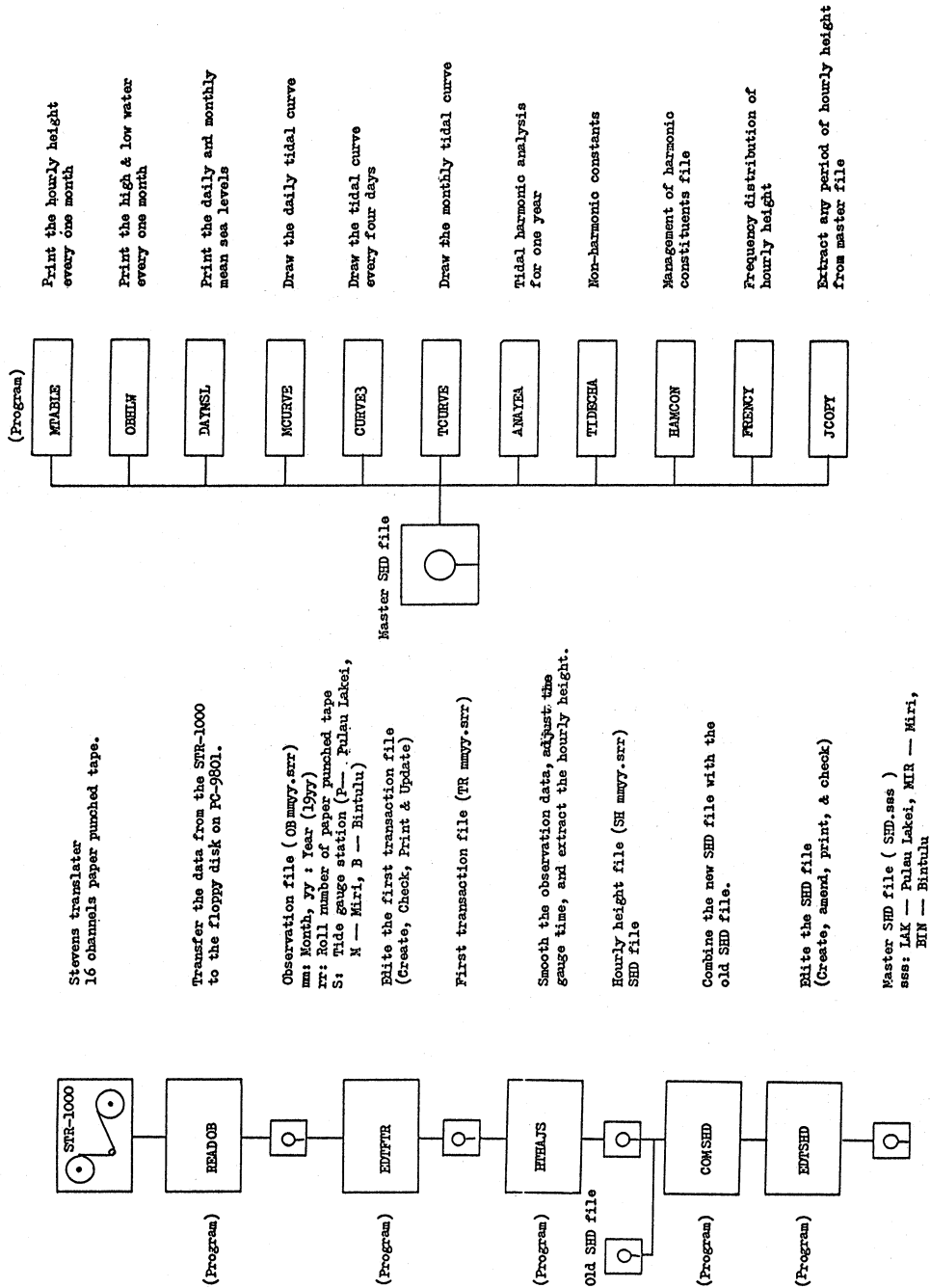
本システムを使って全ての既存資料 (紙穿孔テープ18年分) を磁気ディスクに入力して潮汐マスターファイルを作成し、任期内にラケイ島驗潮所 (1983~1988) 及びミリ驗潮所 (1985~1988) の潮汐

SYSTEM CONFIGURATION AND CONNECTION



第8図 機器の構成及び接続法

Procedure of Data Processing
Flowchart showing Data Processing of Tidal Observation.



第9図 データ処理の流れと各プログラムの機能

観測報告を編集した。この報告書には、基準測定成果、毎時潮位頻度分布図、平均水面表、平均水面季節変動図、年平均水面変動図、月毎最高最低潮位、潮汐調和定数表、月毎潮汐観測曲線、驗潮月表等を掲載した。

6. おわりに

2年の任期中に、紙穿孔テープ読取機の故障を初めとした様々なトラブルがあったが、カウンターパート他、地形課職員の協力により、任期内に全ての要請事項を無事達成することができた。

しかし、これで当事業が全て終了した訳ではない。その一部が終わったにすぎない。第六次マレーシア新経済計画に向け、総額約130万リングットのサラワク州潮汐観測網整備関係予算要求書が、1989年6月に測量地図局本局へ提出された。この要求書は、測量地図局サラワク支局が以前提出していた調査報告書を基に作成したものであった。1989年10月には、後任専門家がこのサラワク支局へ派遣された。その定期報告書によると、州政府が所掌していた潮汐観測業務は、1990年初頭に連邦政府へ移管され、潮汐観測網整備関係予算は、結局、200万リングット承認されたということであった。現在、この事業は後任者へ受け継がれ、潮汐観測網は着々と整備されつつある。

最後に、本事業が無事終了することを期待すると共に、本稿が今後、熱帯地域に派遣される専門家や国内の驗潮業務に少しでも役立てば幸いである。

参考文献

- UNESCO: Manual on Sea Level Measurement and Interpretation, Intergovernmental Oceanographic Commission (1985).
- H. A. Harmer: Tidal Datum Planes, Coastal and Geodetic Survey, USA (1951).
- Haji Ahmad Daud: Requirements and Maintenance for Tide Gauge for Mean Sea Level, Directorate of National Mapping, MALAYSIA (1969).
- 桑木野 文章: マレーシア国における潮汐観測, 水路部技報, 5, p. 99 ~ 114 (1987).

報告者紹介



Shigeki Fukushima

福島 繁 樹 平成3年1月現在
本庁水路部沿岸調査課 沿岸調査官