第 II 編

現 地 調 査

第Ⅱ編　現　地　調　査

第1章　流　動　調　査

1－1　概　　要

1－1－1　流動調査について

本調査は汚染予測対象海域（セラヤ及びテコン島周辺海域）の流況を把握するため実施した。また本調査結果は，汚染予測シミュレーションにおいて調査海域の流況を再現させる際の基礎資料としても使用するものである。

流動調査とは，調査海域の流況を把握するために流速計を多数の観測点に設置して長期間にわたり連続の流向，流速，水温，塩分の測定データを求めて解析を行うことを云う。

調査海域の流況を把握するということは，将来工場排水が放出された場合，排水がどのように拡散（diffusion）して行くか予測する場合の基礎資料となる。

図Ⅱ 1－1①は，流況と工場排水の拡散パターン図である。図中の左側は，現地調査の結果から得られた現状の流況のパターンと河川水の拡散パターンである。

図に示すように，調査海域をカバーするように設けた観測点では長時間にわたり流動調査を実施して，現状の流況パターンを把握する。

一方，河川の前面では拡散調査（水温塩分調査）を実施して，水温，塩分の分布状況から拡散係数を求める。

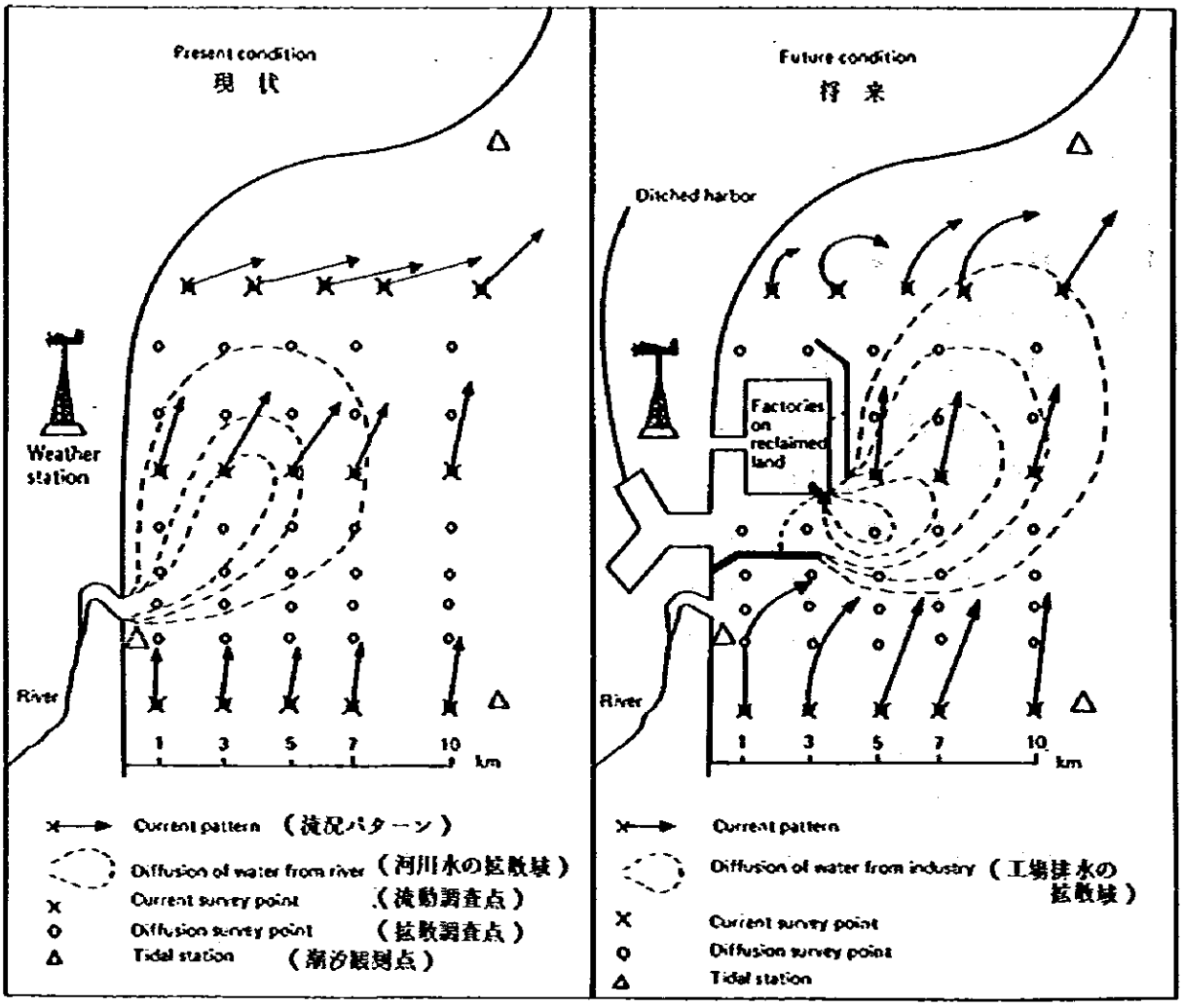
拡散係数は，拡散の強さを表現したもので，単位は㎠／secである。この係数は，拡散調査の結果からも求められるが，ある仮定の下で流動調査の結果からも求めることができる。

また同時に潮位観測，気象観測，水質調査も実施する。図の右側は，埋立，港の建設，工場の建設などにより地形が変化した場合の流況パターンと，工場排水の拡散パターンである。この将来の各パターンは，大型電子計算機により，現地調査の結果を用いて現状を再現して，将来の変化する要素を入力することによって求めることができる。

現状及び将来の流況や，工場排水の拡散状況を再現し予測することを汚染予測計算と云っている。

大気や水質の汚染予測計算の方法は，従来は風洞実験や水理模型実験（physical model）によっていたが，最近は大型電子計算機の普及により数値シミュレーションによる方法（numerical model）が最も一般的である。

参考に図Ⅱ 1－1②に汚染予測シミュレーションにおいて，調査海域の流況を再現させた



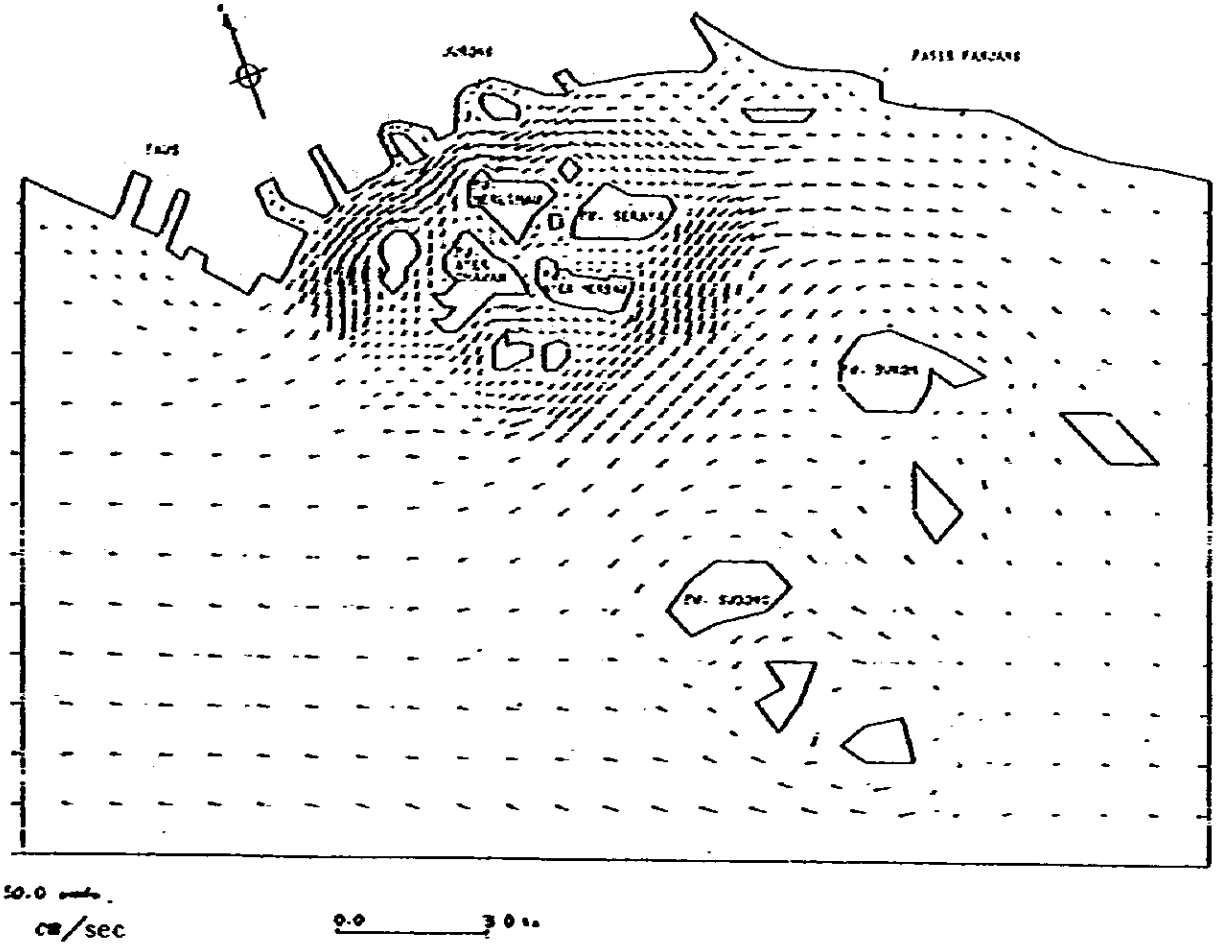
図Ⅱ１－１① 現状と将来の流況パターン及び工場排水の拡散状況

図を示す。

本図は，今回の調査海域であるセラヤ地区の流れの状況を流動調査結果を基に して，大型電子計算機により再現させたもので，セラヤ海域の流況のパターンの一部を表わした図である。

このように汚染予測シミュレーションでは，まず最初に流動調査結果を用いて現地調査時の流況を再現して図Ⅱ１－１②の形で示すことができる。次に将来において計画されている埋立計画などによる地形変化の要素を入力して，今度は将来の流況の状況を再現させることができる。

流況の再現の後，工場排水の現状及び将来における海域での拡散状況を計算し，汚濁の状況について評価を行う。



図Ⅱ1－1② 汚染予測シミュレーションでの流況再現図（セラヤ地区の例）

1－1－2 今回実施した流動調査の概要

表Ⅱ1－1①に今回実施した流動調査の概要を示す。調査の構成としては，現地調査と資料収集調査の2項目に分けて実施した。

現地調査は，表Ⅱ1－1①の上段に示すとおり，セラヤ地区とテコン地区の2海域において行った。調査方法は流速計を観測点に設置して1981年2月末～3月中旬の約20日間の定点連続観測を行った。観測点はセラヤ地区が6点，テコン地区が4点であった。観測層は1層とした。

主要観測機材は，日本からシンガポール共和国へ船便で輸送した。

機材到着後，直ちに調査準備作業に入った。JTCの配慮により当施設の一部を借り受け

て，機材の解体，機器調整などの諸作業を行った。

後述の水温塩分調査，水質調査とも調査準備，傭船手配，現地調査作業，分析室手配及び撤収作業については，JTCの全面的な協力を得て行った。

またPSAからは，観測船Pesekの提供，流速計の設置，撤収時の船上作業の協力及び港湾関係資料の提供などの供与を得た。

資料収集調査では，表Ⅱ1－1①に示すとおり，Pulau Ayer Merbau地区の流動調査資料，マラッカ・シンガポール海峡の流動調査資料の2点について資料を入手した。

以上の現地調査データ，資料収集データは，整理して大型電子計算機により種々の解析を行い，現地調査結果としてとりまとめた。

表Ⅱ1－1① 今回実施した流動調査の概要

	調査項目	観測点名と観測層	調査年月日	記事
現地調査（セラヤ地区）	流向・流速 水温・塩分	SC1 海面下 8m SC2 〃 8m SC3 〃 12m SC4 〃 5m SC5 〃 6m SC6 〃 6m	1981年2月23日 ～ 3月13日	Aanderaa Current Moter 使用
（テコン地区）	同上	TC1 海面下 7m TC2 〃 5m TC3 〃 5m TC4 〃 7m	1981年2月26日 ～ 3月17日	同上
資料収集調査（Pulau Ayer Merbau地区）	流向・流速	S11 海面下 3m S12 〃 3m S13 〃 3m S14 〃 3m S15 〃 3m	1979年8月 7日 ～ 8月25日	REPORT ON BORING AND SURVEY FOR PETROCHEMICAL COMPLEX AT PULAY AYER MERBAU OF SINGAPORE FOR PETROCHEMICAL CORPORATION OF SINGAPORE OCTOBER 1979
（マラッカ・シンガポール海峡）	流向・流速 潮位	（定点連続観測） 1～6 海面下10m （多層観測） 1～4，6 海面下25，5，10，20，25，30，35m…	（第1次） 1978年7月10日 ～ 8月19日 （第2次） 1978年11月9日 ～ 12月20日 上記期間内の1～2日間	マラッカ・シンガポール海峡潮汐・潮流共同調査に関する報告書

1－1－3　流況について

海の中には，陸に大小の河川があるように，色々な流れがある。これ等の流れは海面に浮かんだ木片などが流れて行く様子などから観測することができる。

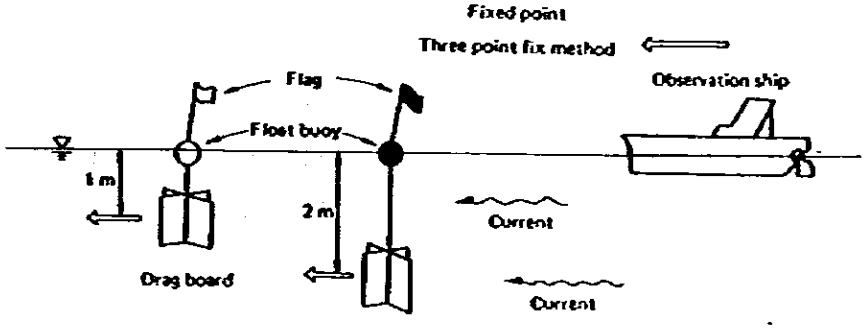
これ等海水の流れの現象は，図上ではベクトルで表現することができる。ベクトルの方向は流向で海水の流れ去る方向を指している。ベクトルの大きさは流速で，単位はcm／secや1ノット（knot）などで示される。（1 knot ≒ 51.4 cm／sec）

海の流れを測ることを測流（current measurement）と云う。流動調査とは，この測流の大がかりなものである。

測流の方法には，(1)漂流物の追跡による方法（Lagrange系の方法）と，(2)流速計による方法（Eyler系の方法）とがある。またこの他に，水温と塩分（salinity）とから密度（density）の分布を求めて間接的に海流を計算する力学計算（dynamical calculation）があり黒潮（Kuroshio）など大洋中の海流を推定するのに用いられている。

(1)の方法は，2枚の板を図Ⅱ1－1③のように組み合せたものを海中に流して，その位置を適当な時間間隔毎に追跡して，その流程から流れを求めるものである。

通常，海中に放流した抵抗板付の浮標を観測船で追跡して，その位置を計測する場合が多いが，浮標にレーダーの受信，送信装置をセットして，陸上でいながらにして電波により流れて行く浮標を追跡するシステムも開発されている。



図Ⅱ1－1③　ラグランジェ系による測流の例

(2)による方法は最も良く用いられる方法である。このために種々の流速計が開発されている。日本国内の調査で使用される主な流速計について表Ⅱ1－1②に示す。

これ等の流速計は調査の目的によって使いわけられている。例えば，今回のシンガポール共和国において実施した長期間にわたる流動調査では，表の③や④のタイプの流速計が使用される。

外洋域の流れを調査する場合には，⑤のG.E.Kが使用される。

①及び②の流速計は，特殊な流速計で，③，④，⑤の流速計より測定精度が高く，微流速の測定に用いられる。

以上の流速計による測定は⑤を除いて，流速計を観測点に設置して行う。

これ等の流速計の設置方法は，海況条件に応じて種々工夫されている。

表Ⅱ1－1②　日本国内調査で使用している主な流速計

流速計名	センサー
① 電磁流速計	電位差測定電極
② 超音波流速計	超音波トランスジューサー
③ 小野式流速計	プロペラ
	ベーン
④ Aandera流速計	ローター
	ベーン
	水温センサー
	塩分センサー
⑤ G.E.K	電位差測定電極

海の中には，図Ⅱ1－1④に示すように，種々の原因によって起る流れがある。

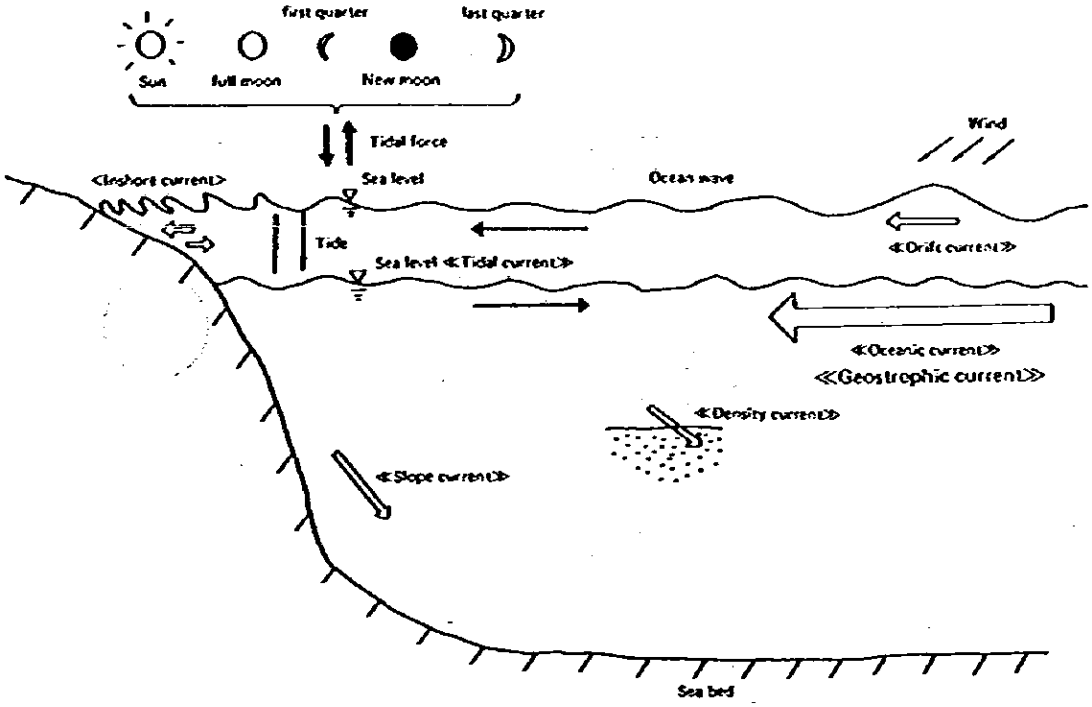
海の流れは，これ等の種々の流れが一体となったものである。これ等の海の中の流れの中で最も良く知られているのが，海流（oceanic current）と潮流（tidal current）であろう。一般概念的には，海流は大洋の中を流れる大河で，大局的には定常的な流れではあるが，年変動，季節変動などがあって，その振いは統計的な側面をもつ。

一方，潮流は潮汐（tide）の運動に伴って海水が移動するために起る流れで，規則正しく流れが変化する。そのためその地点で観測を行ってデータを解析すると，決定論的に流況を予測することができる。

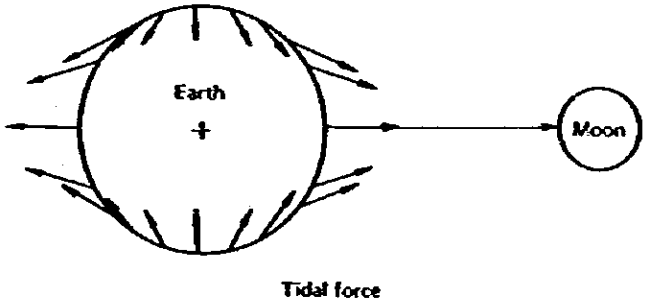
潮流（tidal current）とは，潮汐（海面の周期的な昇降）によって起こされた海水の周期的な流れのことである。

潮汐の現象は，後で詳しく述べるが（Ⅱ－2　潮汐調査参照），太陽や月の起潮力（tidal force）によって生ずる海面の周期的な昇降を潮汐（tide）と云っている。

図Ⅱ1－1⑤に地球表面上の起潮力の分布を示す。



図Ⅱ１－１④　海の中の流れの模式図



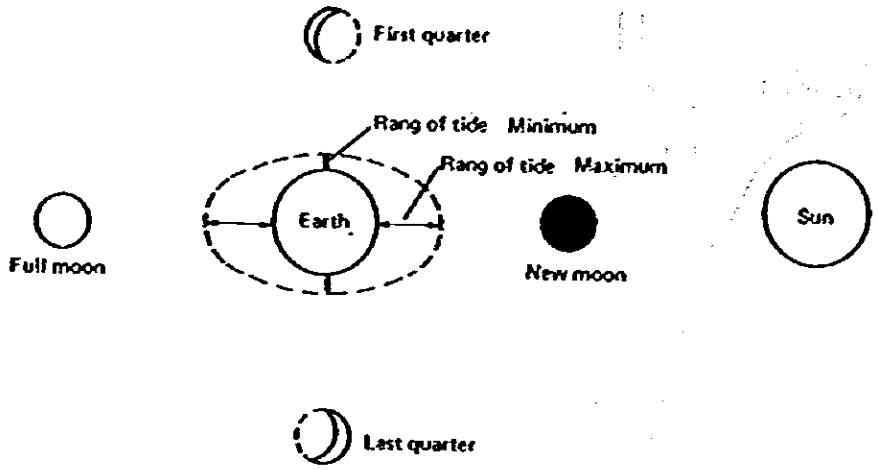
図Ⅱ１－１⑤　地球表面上の起潮力（tidal force）の分布

潮汐の現象は，海岸や港の岸壁に立って海面をみていると，一定時間（約24時間50分）の間に最も海面が高くなった状態（高潮と云う）が２回みられる。

高潮や低潮が１日各々１回しかみられない場合もある。前者を半日周潮（semi－diurnal tide），後者を１日周潮（diurnal tide）と云って区別する。

潮汐の大きさつまり，潮差（tidal range）は，月のみちかけ（月齢）によって変化し，新月（朔）や満月（望）の頃は大きく，これを大潮（spring tide），上弦や下弦の頃は小

さく小潮（neap tide）と云う。その様子を図Ⅱ１－１⑥に示す。



図Ⅱ１－１⑥　月の運行と潮汐の関係

潮流は，このような潮汐の運動によって起された海水の水平方向の流れを云う。従って，潮流と潮汐は密接な関係がある。この場合，その場所において，潮汐と潮流がまったく同一のふるまいをするとは限らず，場所によって違いがみられる。

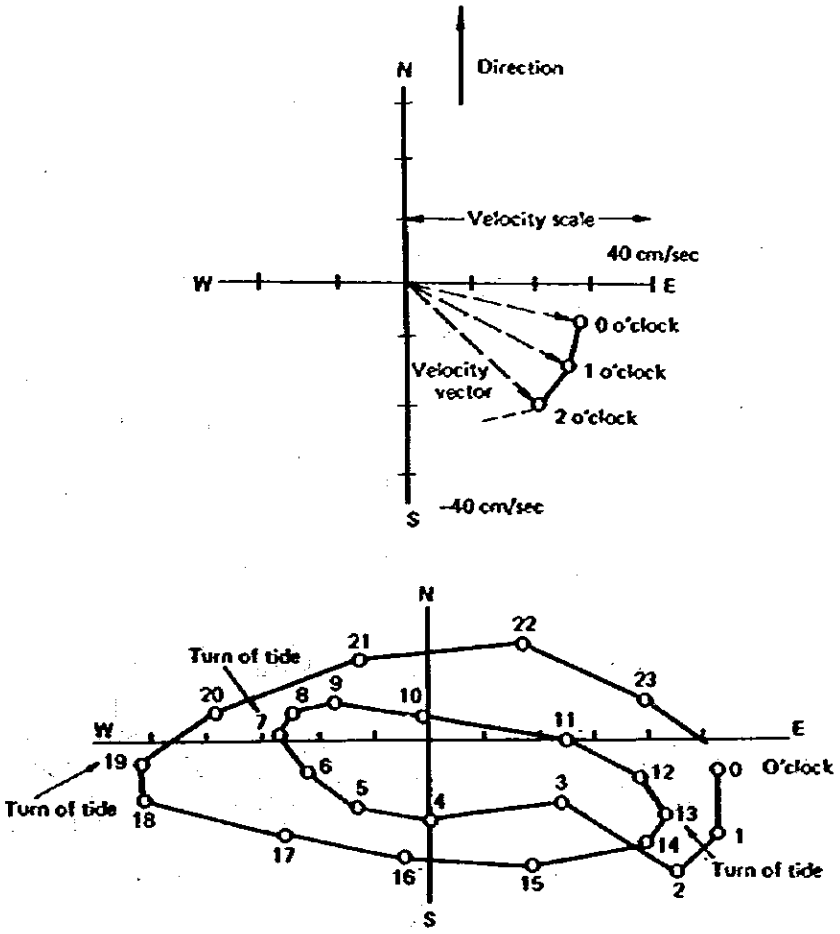
例えば，潮汐の現象は規則正しく１日２回の高潮・低潮がみられるが，潮流は地形などの影響により１日１回の変化しかみられない事がある。これと反対の現象もみられる。

潮流は，海流が卓越している大洋の中では弱く，海峡や湾口では著しく強い。例えば，日本の沿岸部では東京湾，伊勢湾，瀬戸内海，有明海などでは，潮汐の影響が強く，潮流が支配的である。

潮流の一般的な現象は，海峡や狭い水路及び湾口などで観測をすると良くわかる。

その観測点で，観測を実施すると流れがM_2分潮の場合12時間25分の周期で往復をくりかえす。つまり，最強流速から流速がだんだん弱まり停止して（この状態を憩流と云う）流向が正反対の方向に転ずる（これを転流と云う）。そして再び流速が強まる。この間，最強流速時～転流時～最強流速時の間が約12時間25分である。これを周期的にくりかえす。

この流向と流速の変化を方向座標にベクトルで表示してみると，図Ⅱ１－１⑦のようになる。この図は，潮流図表（tidal current hodograph）と呼ばれるものである。

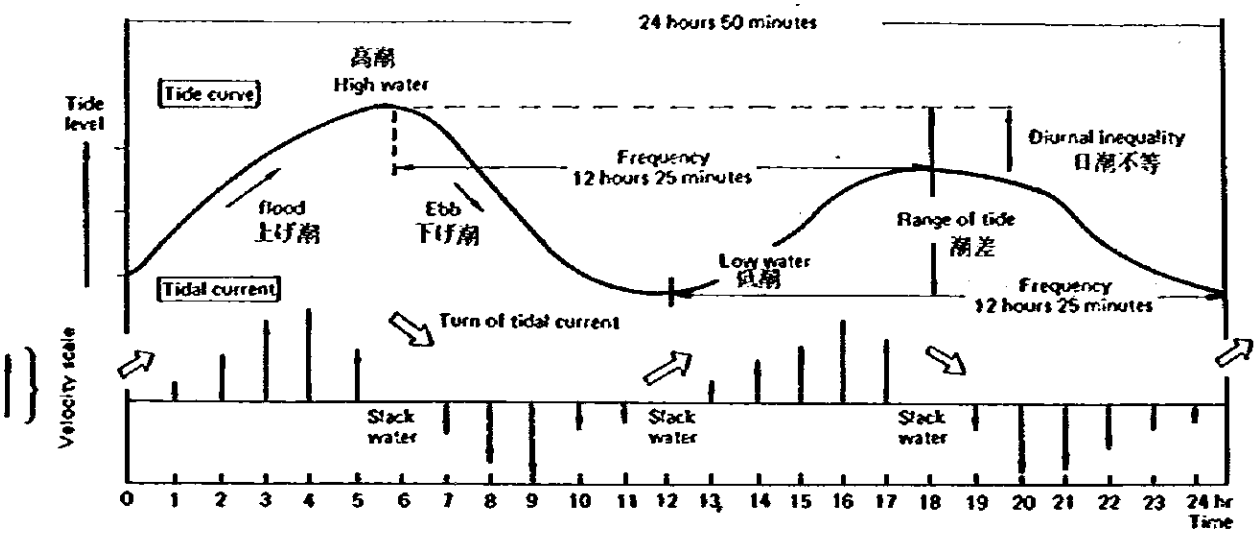


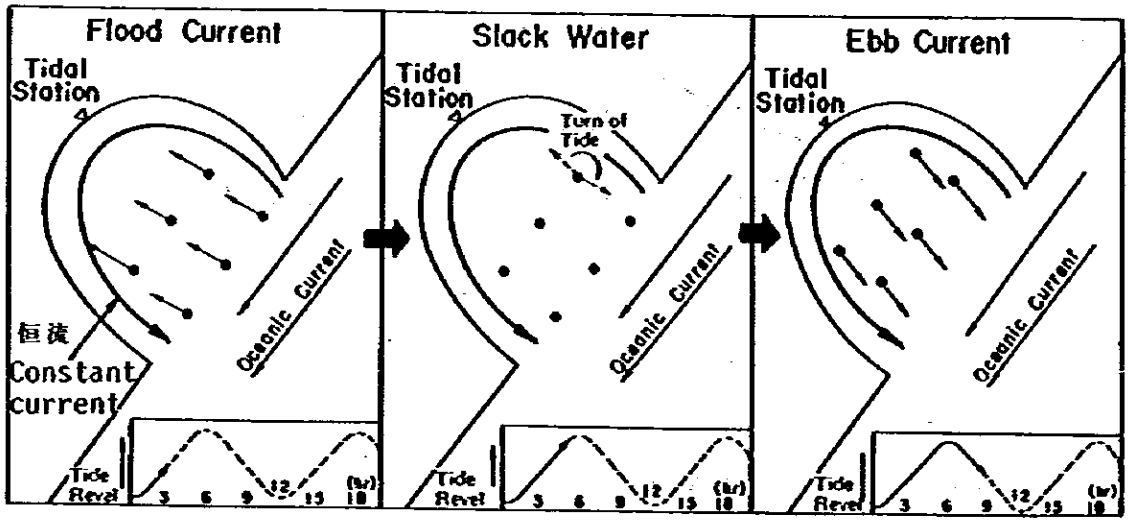
図Ⅱ１－１⑦　潮流図表の例

本図で曲線の部分は毎時の流速のベクトルの先端を結んだもので，数字はその時刻である。

図Ⅱ１－１⑦からは，約１日間の潮流の変化をみることができる。０時から７時の間に流速は変化して流向は180°反対の西の方向に向いてしまう。そして再び元の方向（東）に流向が転じ始める。この７時の状態を転流（turn of tide）と云う。そして１３時になると再び最初（０時）と同じ流向（東）になり，流れが元にもどったことになる。ここが２回目の転流である。そして再び西へ向い始め以後同じように，19時が３回目の転流で２４時に再び元にもどる。これ等のことから，流れが決った周期で変化していることがわかる。１日４回，転流がある場合の流れを半日周潮流，１日２回転流がある場合の流れを日周潮流と云う。

図Ⅱ１－１⑧に潮汐と潮流の関係を示した模式図を示す。





実際の海域では，この模式図に示したパターンが種々変化して観測される。

半日あるいは１日周潮の潮汐の１回分を１潮汐と云う。１潮汐の後海面がまた元に戻ったならば，その観測点にあった海水も，本来ならば転流して元の点に戻らなければならない。

しかしながら，実際の海域では多くの場合最初あった点には戻らない。これは潮流の観測データを全期間にわたり平均すると，零にはならず，ある流速値が得られることからわかる。

これは，地形，防波堤などの構造物，地球の自転，大きな河川の流入，海流などの影響による潮流外の流れがあるためである。

このような流れを恒流（ constant current ）と云っている。（図II 1－1⑧参照）

1潮汐の間に，海水が動く範囲をTidal Excursionと云う。

潮流の流速値が大きくても，潮流の挙動が往復流であるため，Tidal Excursion は小さくなる。従って，そこに存在する恒流によって，最終的な海水の動きが決められる。恒流成分が小さなオーダーでも，長い期間のスケールでみた場合，この恒流はその海域の拡散状況を決めるものである。従って，潮汐卓越海域の調査では，潮流と潮汐の解析の外に，この恒流の解析も重要な解析項目である。

汚染予測シミュレーションでは，この恒流の再現が重要となる。

今回のシンガポール共和国での調査は，事前に既存資料を検討した結果，当海域が潮汐卓越海域であることがわかったため，調査期間を15日間以上として調査を行い，潮流と恒流を中心に解析を行った。

1－2　現地調査の実施状況

1－2－1　現地調査項目と調査測点

1）現地調査項目

流動調査の現地調査において測定した項目の内容を表Ⅱ1－2①に示す。これ等の項目はアンデラーRCM－4型流速計により同時に測定した。

この流速計はロータ一型の自記式流速計（self-recording current meter）でノルウェーのAandera Instruments Ltd.の製品である。日本国内の潮流調査で，最近最も良く使用されている。取扱いの簡単な自記式流速計で，長期間連続測定が可能である。測定記録は流速計内蔵のレコーダーで磁気テープに収録されるので，調査終了後，大型電子計算機によりデータ処理を迅速に行うことができる。また本流速計は流向，流速の他に，水温と塩分（電気伝導度より測定）を同時に測定できる点も特長の一つとなっている。本流速計の仕様の詳細は調査機器の項で述べる。

日本国内の調査では，本流速計の他にプロペラー型の自記式流速計の一つである小野式流速計も良く使用されている。（表Ⅱ1－1②参照）

これ等の調査項目で留意しておく点は，①流向は風向とは違って流れていく方向で示されていること，②流速は5分間の平均値，③流向，水温，塩分は5分毎の瞬間値である点である。

表Ⅱ1－2① 流動調査の現地調査の測定項目の内容

Measurement Item	Range	Sampling Intervals	Senser Type
① Current Direction (流向)	0 to 360°	5 minutes (mean datum)	Magnetic compass
② Velocity (流速)	2.5 to 250 cm/sec	〃 (moment datum)	Rotor and Electronic counter
③ Temperature (水温)	10.08℃ to 36.04℃	〃 (moment datum)	Thermistor
④ Conductivity (電気伝導度)	0 to 70 mmho/cm	〃 (moment datum)	Inductive cell

2) 調 査 測 点

現地調査の実施前の調査測点の検討は最も重要な作業の一つである。検討のための項目と資料名を表Ⅱ1－2②に示す。

表Ⅱ1－2② 調査測点検討のための資料

項　　目	資　料　名
① 海岸地形	海図及び陸図
② 水深	海図
③ 海底地形	海図，海底地形図
④ 海底地質	海図，海底地質図
⑤ 港湾の範囲と港の位置	海図，港湾資料
⑥ 灯浮標の位置	海図，港湾資料
⑦ 投錨海域と航路の位置	海図，港湾資料
⑧ 河川の位置	陸図
⑨ 漁業権の範囲	漁業権範囲図
⑩ 既設工場の位置	漁業権範囲図，工場位置図
⑪ 埋立計画（将来）	埋立計画図
⑫ 工場建設計画（将来）	工場建設計画図
⑬ 現地海域の流況	潮流図

表Ⅱ１－２②で①～⑧は海図や陸図，港湾資料等により事前にかなり容易に検討することができる。しかしながら⑨～⑬は，すぐには資料を入手できない場合があり難しい。おおむね次のように対処している。

⑨の漁業権範囲は，予備調査の段階で，地元の漁業関係機関より入手する。

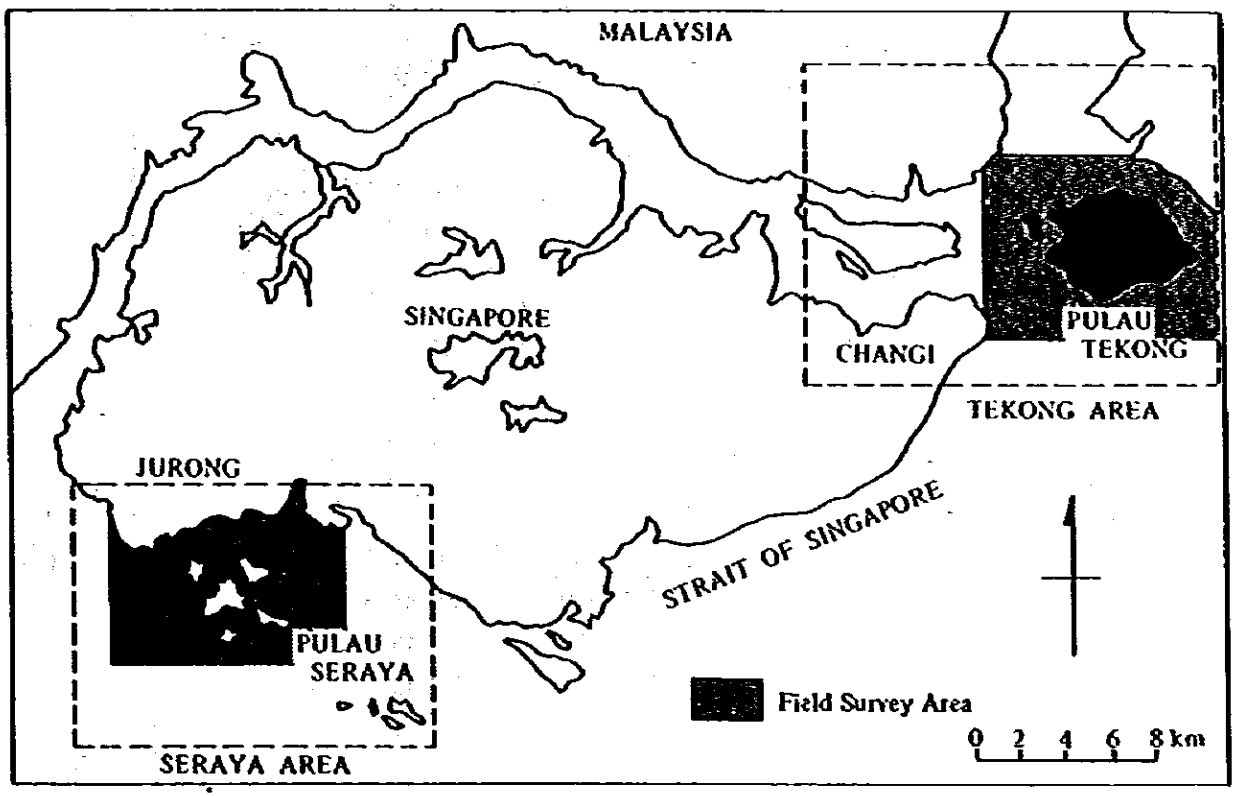
また場合によっては，⑤～⑦の項目についても調査開始時点で現地の状況が変化している場合があるので，これも予備調査で，地元の海上保安庁，港湾事務所などで最終確認を行う。

⑩～⑫は，できる限り最終の情報を基礎にして検討を行う。特に⑪，⑫については，計画の変更，縮少などがあり注意を要する。⑬は潮流図などの他に過去の調査資料などにより確認する。

さて，今回のシンガポール共和国での現地調査でも，表Ⅱ１－２②に示した項目を十分に検討して決定した。

現地調査は，セラヤ地区とテコン地区にわけて実施された。

図Ⅱ１－２①に両地区の現地調査範囲図を示す。



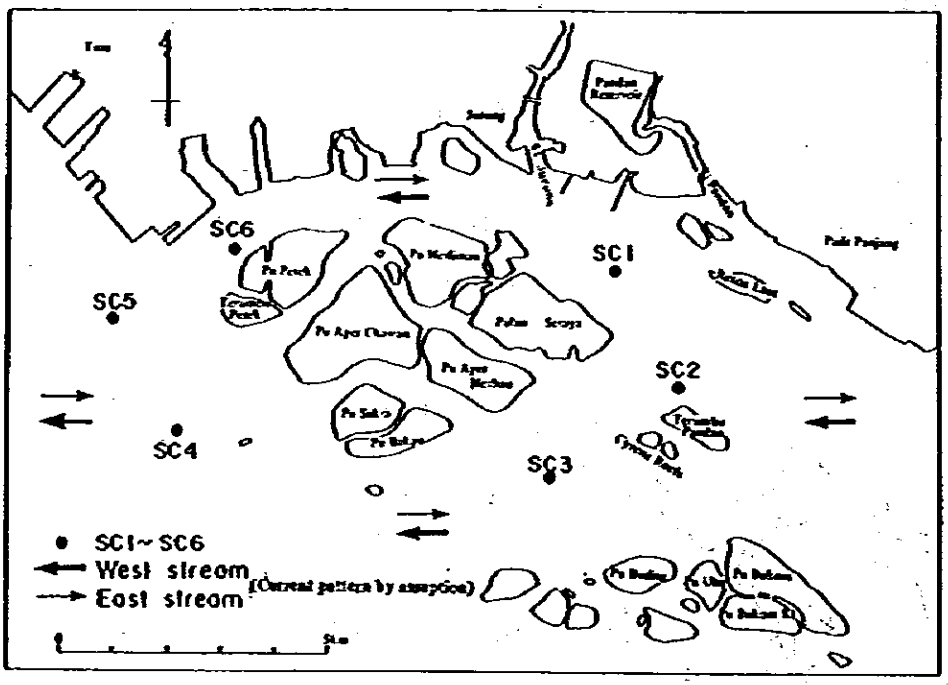
図Ⅱ１－２①　現地調査範囲図

（セラヤ地区）

セラヤ地区は，シンガポール共和国の南西部Jurong地区の前面に位置し，Pulau Seraya，Pulau Merlimau，Pulau Ayer Merbau，Pulau Ayer Chawan，Pulau Sakra Plau Pesekなどの島々がある。

又，東南側には，Pulau Bukom，Pulau Semakau，Pulau Sebarok，Pulau Sudong，Pulau Pawai，Pulau Senanyなどの島々がひかえている。

図Ⅱ1－2②にセラヤ地区の測点図を示し，表Ⅱ1－2③に測点の緯度（Lat，N）と経度（Long，E）を示した。同地区海域の等深線図を図Ⅱ1－2③に示す。



図Ⅱ1－2②　セラヤ地区流動調査測点図

表1－2③　セラヤ地区流動調査測点緯度経度

Station Number	Name of Buoy and Beacon	Position		Depth (m)	Observation Layer (m)
		Lat. N	Long. E		
SC1	Pusing Beacon	01° 17′ 01″	103° 44′ 31″	14	11
SC2	North Cyrone Buoy	01° 15′ 53″	103° 45′ 09″	23	15
SC3	Sawa Buoy	01° 15′ 05″	103° 43′ 57″	20	12
SC4	Essoy No. 1 Buoy	01° 15′ 26″	103° 40′ 12″	16	8
SC5	Triton Beacon	01° 16′ 27″	103° 39′ 33″	13	8
SC6	Pesek Beacon	01° 17′ 18″	103° 40′ 51″	15 (average 16.8m)	10

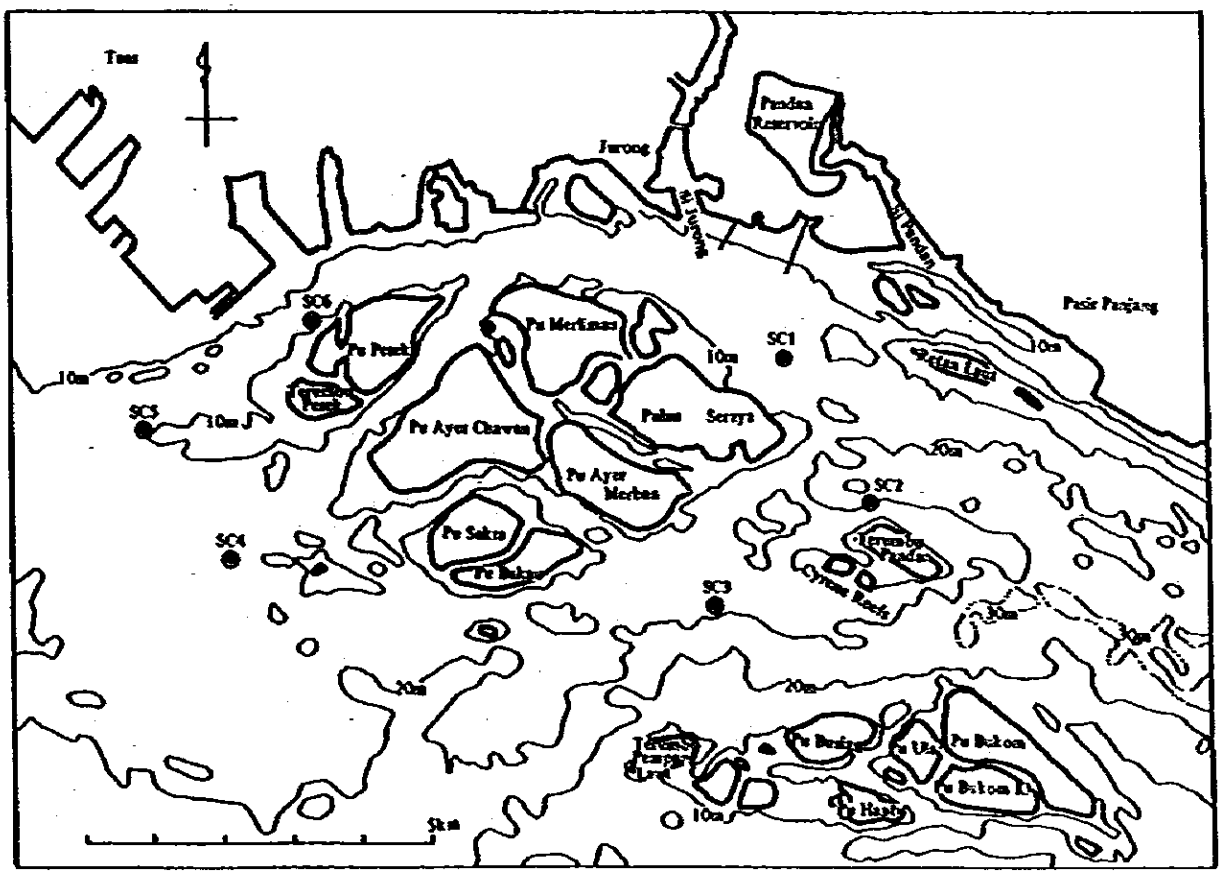
図Ⅱ１－２②に示すように，調査測点は Pulau Seraya その他の島々（以下「Seraya 諸島」と云う）をとりまくように設定した。これは Seraya 諸島を中心として，東から来る流れ（西流）と西側から来る流れ（東流）があると想定したためである。その想定流況パターンは，図Ⅱ１－２②内に矢印で示した。

調査測点付近の水深分布は，全体としてはセラヤ地区の東側が深い。最深部はセラヤ諸島と Pulau Bukom の島々の間の海域である。－20ｍの等深線が東西方向に走り，水路の形をとっている。従って，この海域に設定したＳＣ２とＳＣ３の地点の水深が，６測点のうち一番深い。ちなみに６測点水深の平均は16.8ｍであるが，ＳＣ２は23ｍ，ＳＣ３は20ｍである。

これ等の調査測点は，表Ⅱ１－２③にも示したように，既設の灯浮標やビーコンタワーなどを利用し，それ等の側に流速計を設置するようにした。

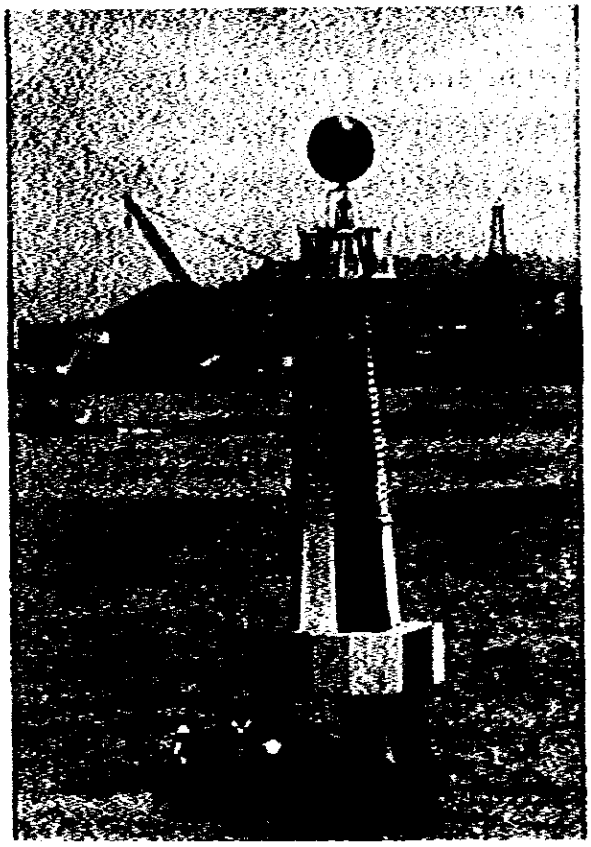
これは，設置した流速計が航行船舶などの通行にじゃまにならないように考えたためである。

図Ⅱ１－２④にＳＣ１～ＳＣ６での灯浮標とビーコンタワーの写真を示す。



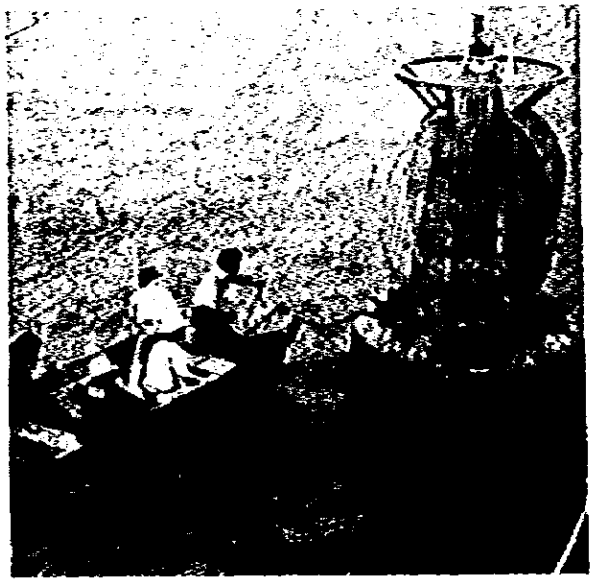
図Ⅱ１－２③　セラヤ地区の等深線図

SC1

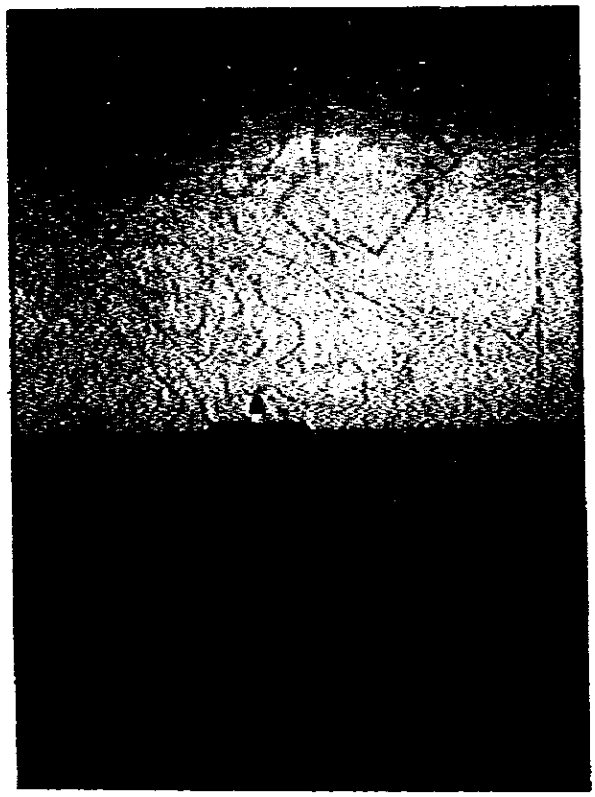


SC2

SC3

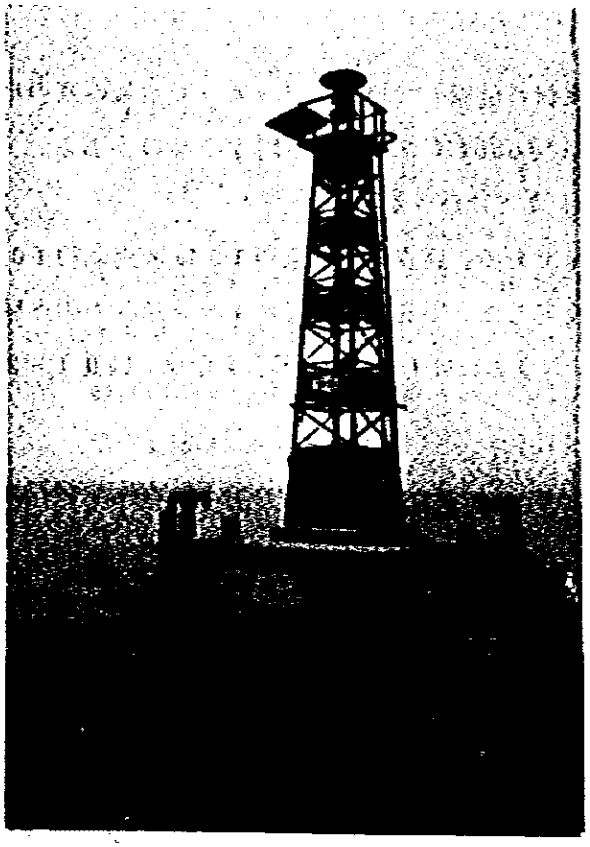


SC4

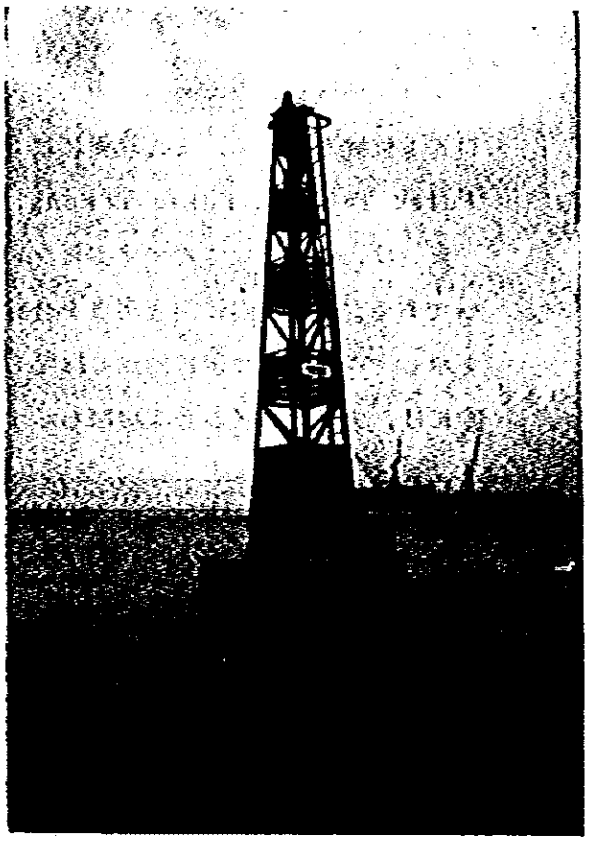


図II 1－2④　SC1～SC6での灯浮標とビーコンタワー(1)

SC5



SC6



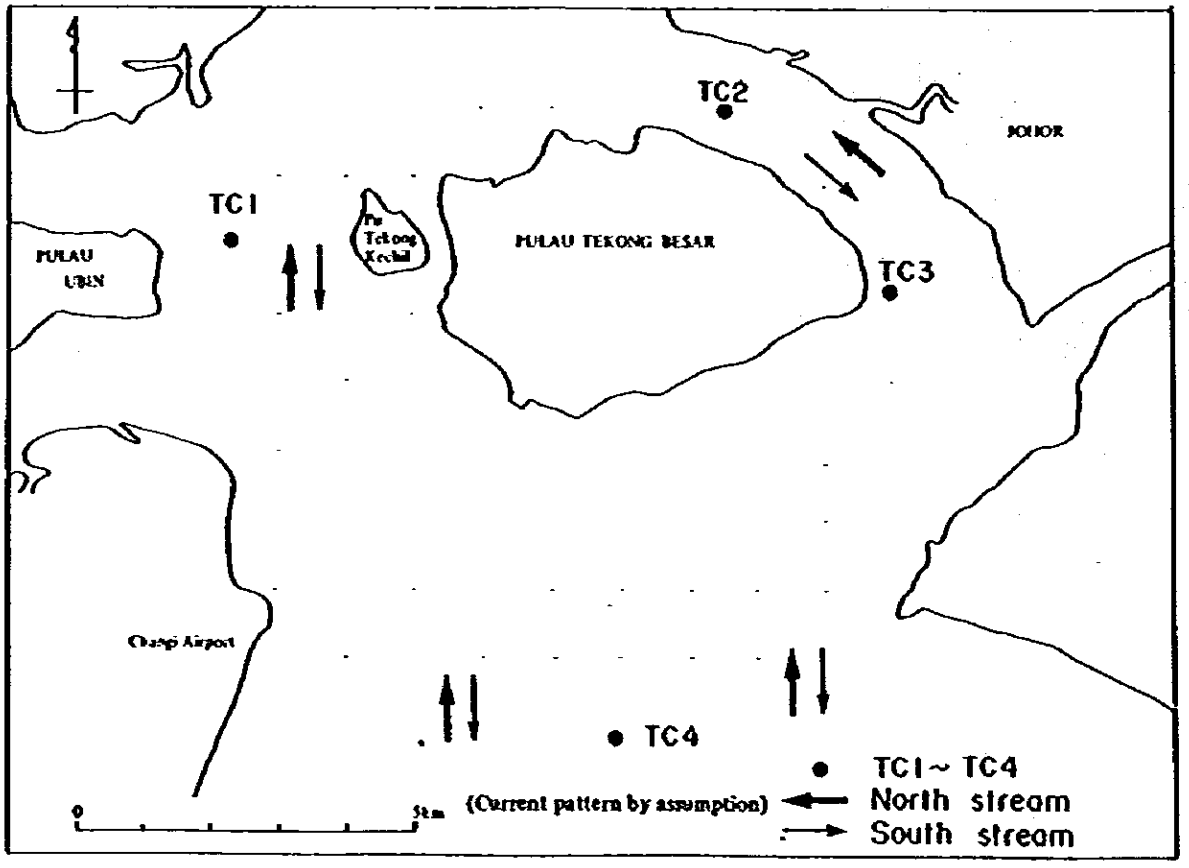
Light buoy for SC1 ~ SC6

図Ⅱ１－２④　ＳＣ１～ＳＣ６での灯浮標とビーコンタワー(2)

（テコン地区）

テコン地区は，シンガポール共和国の北東側に位置していて，ジョホール水道の東の出口にも位置している。また北側にはSungai Johor（ジョホール川）の河口がある。Pulau Tekong，Pulau Tekong kechil などの島々がある。

東側は，水道をはさんですぐにマレーシャである。調査範囲は東西15km×南北約10kmである。本範囲内に調査測点を合計4点設定した。図Ⅱ1－2⑤にテコン地区の測点図を示し，表Ⅱ1－2④に測点の緯度（Lat，N）と経度（Long，E）を示す。図Ⅱ1－2⑥には，テコン地区の等深線図を示す。



図Ⅱ1－2⑤　テコン地区流動調査測点図

表1－2④　テコン地区測点緯度経度

Station Number	Name of Buoy and Beacon	Position		Depth (m)	Observation Layer (m)
		Lat. N	Long. E		
TC1	Angler Buoy	01° 25' 00"	104° 00' 08"	26	18
TC2		01° 26' 03"	104° 04' 03"	12	7
TC3		01° 24' 39"	104° 05' 20"	12	7
TC4		01° 21' 06"	104° 03' 07"	16	8
				(average 16.5m)	

図Ⅱ１－２⑤に示すように調査測点はPulau Tekongをとりまくよう設定した。

これは，当地区の流況がPulau Tekongを中心として南北方向の流れがあると想定したためである。

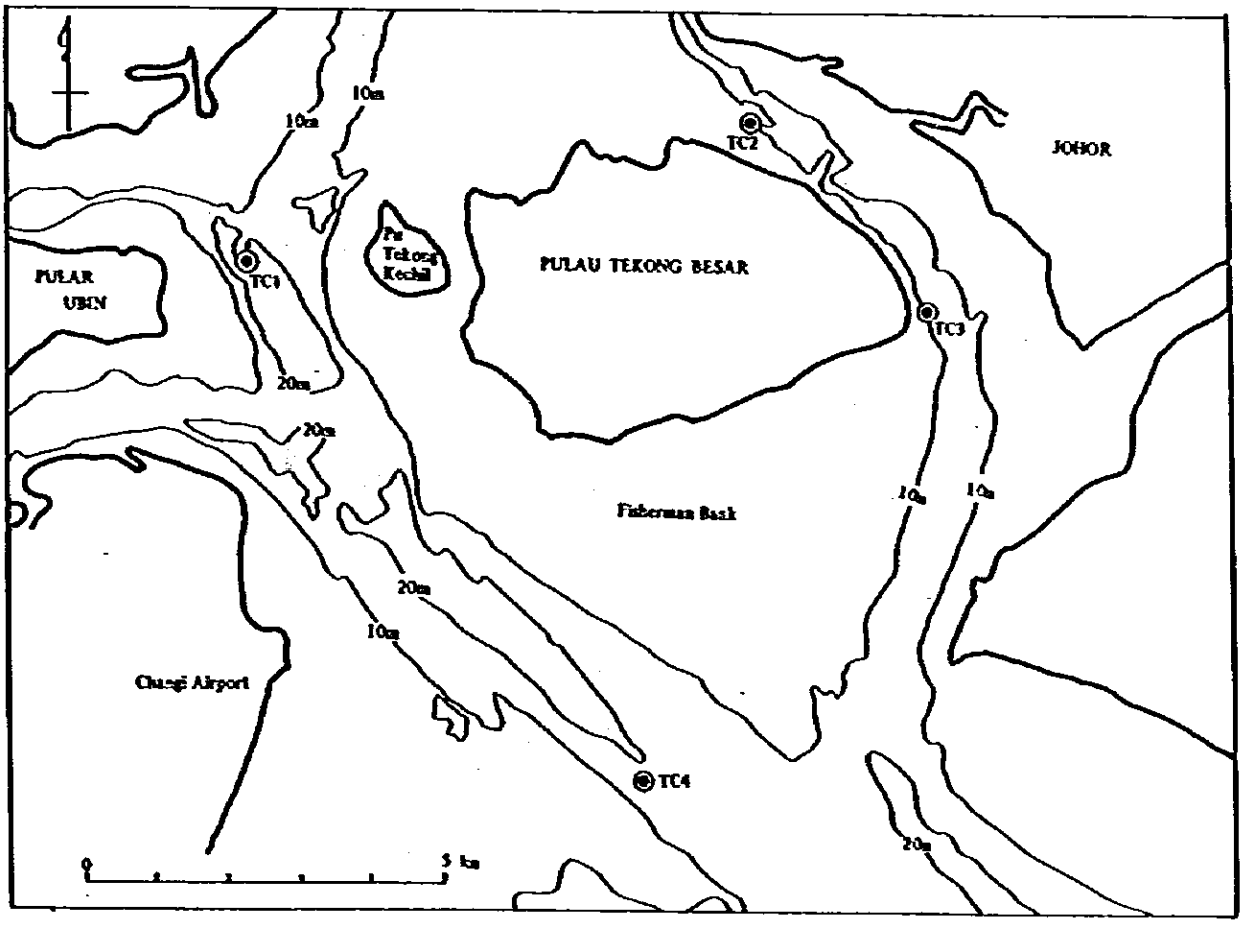
その想定流況パターンは，図Ⅱ１－２⑤内に流速ベクトルで示した。

調査測点付近の水深分布は，Pulau Tekongの南側Fisherman bank付近が１ｍ以下の非常に浅い水深域で，Pulau Ubin，ChangiとPulau Tekongの間の海域，つまりテコン地区の西側が深い域となっている。従って，この海域に設定したＴＣ１の地点の水深が４測点のうち一番深い。ちなみに４測点の合計の水深の平均は，16.5ｍであるが，ＴＣ１は26ｍである。

ＴＣ１～ＴＣ４の４測点のうち，ＴＣ１～ＴＣ３は既設の灯浮標やビーコンタワーなどの施設物がないので，大型ライトブイを日本側で用意して設置した。

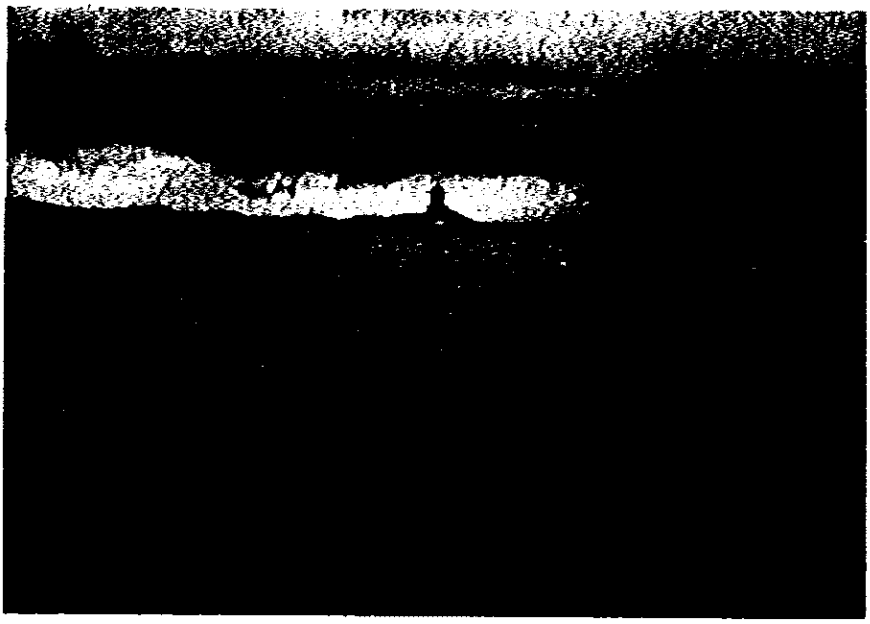
ＴＣ４は，既設の灯浮標を使用した。

図Ⅱ１－２⑦にＴＣ１～ＴＣ３に設置した大型ライトブイとＴＣ４の灯浮標の写真を示す。



図Ⅱ１－２⑥　テコン地区の等深線図

Zeni-Light buoy for TC1 ~ TC3



Light buoy for TC4

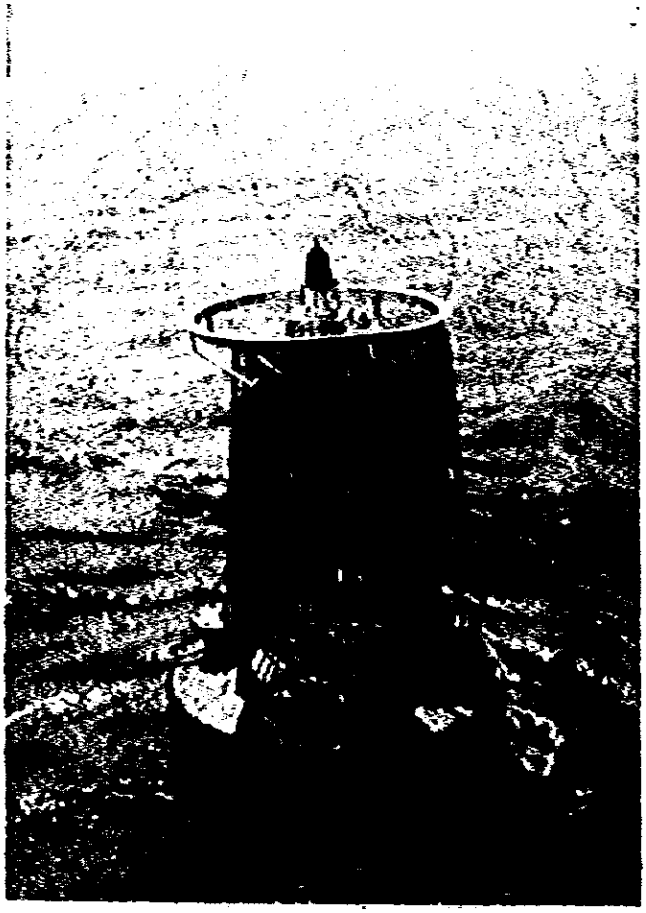


Fig. II-1-2-(7) ＴＣ１～ＴＣ３に設置した大型ライトブイとTC4の灯浮標

1－2－2 調 査 経 過

1) 全 体 の 経 過

表Ⅱ1－2⑤に全体の調査経過表を示す。本表内には後述の水温，塩分調査，水質調査の経過も含めてある。

表Ⅱ1－2⑤からさらに全調査期間（1981年2月15日～同3月26日，合計40日間）の経過を大きく分けると次のようになる。

1981年2月15日	調査員現地着
2月16日～2月22日	調 査 準 備
2月23日～2月27日	流速計設置
2月28日～3月12日	流速計見廻り点検，水温塩分調査，水質調査他
3月13日	セラヤ地区流速計撤収
3月17日	テコン地区　〃
3月18日～3月25日	あとかたずけ　他
3月26日	調査員帰国

現地では，JTCの全面的な協力を得て調査を実施した。また流速計の設置撤収ではPSAの多大な協力が得られた。

現地での行動は，日本側調査団とJTC担当者で打合せ上の行動予定表及び人員配置表を作成し，それに従った。

それ等の表の一部を表Ⅱ1－2⑥，表Ⅱ1－2⑦に示す。

表Ⅱ1－2⑤　シンガポール環境調査水質関係現地調査団作業日程

月　日	曜日	作　業　概　要
2月15日 晴	日	○団員9名JAL715便にてシンガポール入国 （宿舎　アポロホテル）
16日 晴	月	○JTC[1]への挨拶と調査計画説明会 ○JTCと打合せ ○輸送機材の確認 ○JTC土質研究所への挨拶と打合せ
17日 晴　一時スコール	火	○調査現地の視察（セラヤ地区及びテコン地区）
18日 晴	水	○PSA[2]への挨拶と打合せ ○輸送機材について税関説明 ○輸送機材荷ほどき ○ダイバーに作業方法説明会 ○JTCと打合せ　○大森氏JAL711便にてシンガポール着
19日 晴	木	○調査機材の整備 ○シンガポール大学挨拶と打合せ ○JTCと打合せ　○EDBへの挨拶と打合せ
20日 晴	金	○流速計設置作業準備 ○シンガポール大学へ分析機材搬入と分析機材整備 ○JTCと打合せ ○JICAシンガポール事務所
21日 晴	土	○JTCと打合せ ○流速計設置作業準備 ○分析機材の整備 ○ストレートタイムス新聞記者会見
22日 晴	日	休　日
23日 晴	月	○クレーン船"ペセック"への流速計設置機材積込み ○セラヤ地区流速計の設置　（SC－1, 2, 3）

月　日	曜日	作　業　概　要
2月24日 晴	火	○セラヤ地区流速計の設置　（SC－4, 5, 6）
25日 晴　一時スコール	水	○セラヤ地区流速計見廻りとテープ交換　（SC－1） ○回収テープのデータ処理 ○分析準備　○大森氏JAL 002便にて帰国
26日 晴　一時スコール	木	○テコン地区流速計設置　（TC－1, 2, 3） ○セラヤ地区流速計見廻り
27日 雨	金	○テコン地区流速計設置　（TC－4） ○セラヤ地区流速計見廻り ○分析準備
28日 晴	土	○JTCと打合せ ○テコン地区流速計見廻り ○水質調査機材準備
3月　1日 晴	日	○稲垣氏JAL 002便にて帰国 休　日
2日 晴	月	○セラヤ地区水質調査　（49測点）
3日 晴	火	○セラヤ地区流速計テープ交換　（SC－3, 4, 5, 6） ○テコン地区流速計見廻り
4日 雨	水	○水質分析 ○テコン地区水質調査の予定であったが雨のため中止 ○回収テープのデータ処理
5日 晴	木	○テコン地区水質調査
6日 晴	金	○セラヤ地区流速計見廻り ○テコン地区流速計テープ交換　（TC－1, 2, 3, 4） ○水質分析

月　日	曜日	作　業　概　要
3月　7日 晴	土	○セラヤ地区流速計テープ交換　（SC−1,2） ○テコン地区流速計見廻り ○回収テープのデータ処理 ○水質分析
8日 晴	日	○笠原，田村氏JAL002便にて帰国 休　日
9日 晴	月	○セラヤ地区流速計テープ交換　（SC−3,4,5,6） SC−5流速計用ブイ流失を発見，流速計を回収 ○テコン地区流速計見廻り ○水質分析
10日 晴	火	○セラヤ地区SC−5流速計再設置 ○テコン地区流速計見廻り ○回収テープのデータ処理 ○水質分析及び分析機材をJTC Hallへ輸送
11日 晴	水	○近，糸永氏JAL002便にて帰国 ○セラヤ地区流速計見廻り ○テコン地区流速計テープ交換　（TC−1,2,3,4）
12日 晴	木	○セラヤ地区流速計テープ交換　（SC−1,2） ○テコン地区流速計見廻り ○稲垣氏JAL715便にてシンガポール着
13日 晴	金	○セラヤ地区流速計撤収　（SC−1～6）
14日 晴	土	○回収テープのデータ処理 ○JTCと打合せ
15日 晴	日	休　日

月　日	曜日	作　業　概　要
3月16日 晴	月	○テコン地区流速計見廻り ○回収テープのデータ処理 ○JTCと打合せ ○輸送業者 Mac Nells と打合せ
17日 晴	火	○テコン地区流速計撤収　（TC−1～4）
18日 晴	水	○クレーン船"ペセック"より流速計設置機材引取り ○調査機材の整理 ○回収テープのデータ処理 ○セニライトブイ（3ケ）JTCへ引渡し
19日 晴	木	○日本への返送機材荷造
20日 晴	金	○日本への返送機材輸送業者 Mac Nells へ引渡し
21日 晴 一時スコール	土	○ウル・パンダン ゴミ焼却場，汚水処理場視察
22日 晴 一時スコール	日	休　日
23日 晴	月	○ジュロン火力発電所視察 ○シンガポール大学へ挨拶
24日 晴	火	○JTCへの挨拶と調査概要報告 ○PSAへの挨拶と調査概要報告
25日 晴	水	○稲垣氏JAL002便にて帰国 ○セニライトブイJTCへの引渡し書類手続
26日 晴	木	○鈴木，岩田，河田，有沢SQ012便にて帰国

注）1) JTC ; Jurong Town Corporation
　　2) PSA ; Port of Singapore Authority

TENTATIVE SCHEDULE

表II 1 − 2⑥ 行動予定表

Sunday, 15 Feb 81

6:55 pm	Arrival at Paya Lebar Airport by JL 715

Monday, 16 Feb 81

9:00 am	JTC coach to pick up team from Hotel for Jurong Town Hall
9:30 am - 12:00 pm	Meeting with JTC officers
12:00 pm - 2:00 pm	Lunch
2:15 pm - 5:00 pm	Inspection of SIU facilities Checking equipment at Town Hall JTC coach to send team back to Hotel

Tuesday, 17 Feb 81

8:30 am	Contractor's coach to pick up team from Hotel
9:00 am - 12:00 pm	Inspection of 6 monitoring points around Pulau Seraya by boat
2:00 pm - 5:00 pm	Inspection of 4 monitoring points around Pulau Tekong by boat Coach to send team back to Hotel

Wednesday, 18 Feb 81

8:30 am	Contractor's coach to pick up team from Hotel
9:00 am - 10:30 am	Meeting with PSA officers
11:00 am - 12:00 pm	Adjustment and preparation of equipment
2:00 pm - 5:00 pm	Job briefing for all involved, including divers Adjustment and preparation of equipment Coach to send team back to Hotel

Thursday, 19 Feb 81

8:30 am	Coach to pick up team from Hotel
9:00 am - 12:00 pm	i) Meeting with JTC officers ii) Preparation of equipment
2:30 pm - 5:00 pm	Meeting with EDB officers Preparation of equipment Coach to send team back to Hotel

Friday, 20 Feb 81

8:30 am	Coach to pick up team from Hotel
9:00 am - 12:00 pm	Meeting with JTC officers Preparation of additional minutes of meeting Preparation of equipment
2:00 pm - 5:00 pm	Preparation of equipment Coach to send them back to Hotel

Saturday, 21 Feb 81

8:30 am	Coach to pick up team from Hotel Meeting with JTC officers Preparation of additional minutes of meeting
9:00 am - 1:00 pm	Adjustment of equipment Coach to send team back to Hotel

Monday, 23 Feb 81

8:00 am	Term Contractor to provide 1 no 3T crane and 2 nos 3T lorries at Town Hall Contractor's launch to be at Jurong Town Pier Contractor's coach to pick up Team from Hotel Contractor's labourers to report at Town Hall Divers to report to Town Hall with equipment
8:30 am - 9:30 am	Loading equipment onto lorries
9:00 am	PSA's buoy tender 'Pesek' to arrive at Jurong Marine Base (JMB)
9:45 am - 11:00 am	Loading equipment onto 'PESEK' at JMB
11:30 am - 3:00 pm	Setting up equipment at 3 points around Pulau Seraya
3:00 am - 5:00 pm	Reserved Patrol around Pulau Seraya Coach to send team back to Hotel

Tuesday, 24 Feb 81

8:00 am	Contractor's coach to pick team up from Hotel Contractor's labourers to be at Jurong Town Pier PSA's 'Pesek' to be at Jurong Town Pier Contractor's launch to be at Jurong Town Pier
8:30 am	Depart Jurong Town Pier for Pulau Seraya area
9:00 am - 12:30 pm	Setting up equipment around Pulau Seraya area
2:00 am - 5:00 pm	Reserved Patrol around Pulau Seraya Coach to send team back to Hotel

Wednesday, 25 Feb 81

8:00 am	Contractor's coach to pick up team from Hotel Divers to report at Jurong Town Pier PSA's 'Pesek' to be at Jurong Town Pier Contractor's launch to be at Jurong Town Pier Contractor's labourers to be at Jurong Town Pier
8:30 am	Leave Jurong Town Pier for Pulau Seraya area
9:00 am - 12:30 pm	Reserved for setting up equipment around Pulau Seraya area
2:00 pm - 5:00 pm	Reserved Patrol around Pulau Seraya Coach to send team back to Hotel

Thursday, 26 Feb 81

8:00 am	Contractor's coach to pick up team from Hotel Divers to report at Jurong Town Pier Contractor's launch to be at Jurong Town pier Contractor's labourers to be at Jurong Town Pier PSA's 'Pesek' to go for refuelling and proceed to station at Pulau Tekong
8:30 am	Leave Jurong Town Pier for Pulau Seraya area
9:00 am - 5:00 pm	Patrol around Pulau Seraya area Coach to send team back to Hotel

Friday, 27 Feb 81

8:00 am	Coach to pick up team from Hotel Contractor's labourers to be at Hotel Divers to report at Changi Point Pier PSA's 'Pesek' to be at Changi Point Contractor's launch to be at Jurong Town Pier and Changi Point Pier
9:00 am - 5:00 pm	Group 1 : Depart Changi Point Pier Group 2 : Depart Jurong Town Pier Group 3 : NUS
9:00 am - 5:00 pm	Setting equipment around Pulau Tekong area Patrol around Pulau Seraya area Coach to send team back to Hotel

Saturday, 28 Feb 81

8:00 am	Coach to pick up team from Hotel Contractor's labourers to be at Hotel Divers to report at Changi Point Pier PSA's 'Pesek' to be at Change Point Pier Contractor's launch to be at Changi Point Pier and Jurong Town Pier
9:00 am - 1:00 pm	Group 1 : Depart Changi Point Pier Group 2 : Depart Jurong Town Pier Group 3 : NUS
1:00 pm - 3:00 pm	Setting equipment around Pulau Tekong area Patrol around Pulau Seraya area Coach to send team back to Hotel

表II 1－2② 人員配置表

TENTATIVE TIME SCHEDULE, PERSONNEL, TRANSPORT, EQUIPMENT REQUIREMENTS
ENVIRONMENTAL STUDY – WATER QUALITY, 1981

1981/Date	Description	Personnel				Transport					
		Engr	Tech Off	Diver	Labourer	Motor Coach	Land Rover	Buoy Tender	Boat W/Crane	Motor Launch	
Sun 15 Feb.	Arrival in Singapore					1	1				Paya Lebar Air port.
Mon 16 Feb	Meeting with JTC officers Checking equipment at Town Hall					1					
Tue 17 Feb	Survey tour of 1V monitoring points Checking equipment at Town Hall Meeting with various authorities	2	1		5	1	1			2 (TP) (CC)	
Wed 18 Feb	Adjustment of equipment Briefing on job schedules	2	1	2	5	1					
Thurs 19 Feb	Adjustment and preparation of equipment	1	1		5	1					
Fri 20 Feb	Adjustment and preparation of equipment	1	1		5	1					
Sat 21 Feb	Adjustment and preparation of equipment	1	1		5	1					
Sun 22 Feb	Rest Day										
Mon 23 Feb	Setting equipment at 3 points around Pulau Seraya	1	1	2	5	1	1	1 (TP)		1 (TP)	
Tue 24 Feb	Setting equipment at 3 points around Pulau Seraya	1	1	2	5	1	1	1 (TP)		1 (TP)	
Wed 25 Feb	Reserved for setting and patrol around Pulau Seraya			2	5	1		1 (TP)		1 (TP)	
Thurs 26 Feb	Loading equipment for transportation to Changi Point Patrol around Pulau Seraya			2	5	1	1			1 (TP)	*See detail
Fri 27 Feb	Setting equipment at 2 points around Pulau Tekong Patrol around Pulau Seraya	1	1	2	5	1	1	1 (CC)		1 (TP)	
Sat 28 Feb	Setting equipment at 2 points Pulau Tekong Patrol around Pulau Seraya	1	1	2	5	1	1	1 (CC)		1 (TP)	
Sun 1 Mar	Rest Day										
Mon 2 Mar	Measurement and sampling at Pulau Seraya Patrol around Pulau Tekong	1	1	2	5		1			5 (TP) 1 (CC)	

Notes:
- JTC
- PSA
- Term Contractor
- PSA/Hire
- Hire/Quotation
- TP: Town Pier
- CC: Changi Creek

1. Motor coach to pick up Japanese Team from Hotel in the morning and send Team back to Hotel in the evening.
2. Launch and sea transport to be at location indicated at appointed time in the morning.

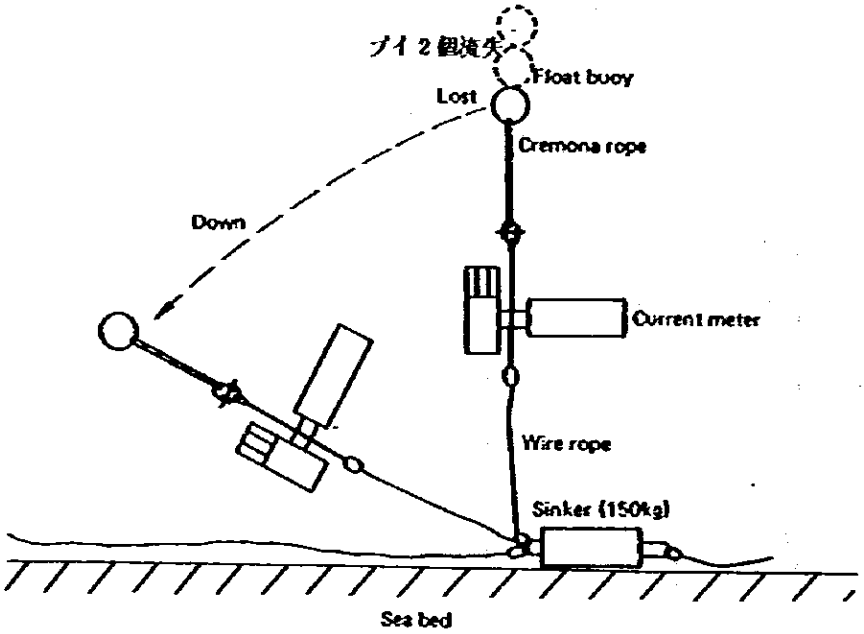
2) 流動調査の経過とデータ取得状況

表Ⅱ1－2⑧に流動調査の経過表を示す。流動調査での主な作業は，①流速計の設置，②流速計の見廻り，③流速計の記録回収，④流速計の撤収の4作業である。

これ等の作業を表Ⅱ1－2⑧に示したとおり実施した。また，表Ⅱ1－2⑨にデータ取取状況を示す。

SC5とSC4で調査期間中，小規模の事故が発生し，一部のデータが欠測となった。

SC5の事故は，図Ⅱ1－2⑧に示すように3月9日頃流速計をつるすFloat buoy 3個のうち2個が流失し，流速計が海底の方へ傾いてしまい，3月10日に再設置を行った。このため欠測となった。



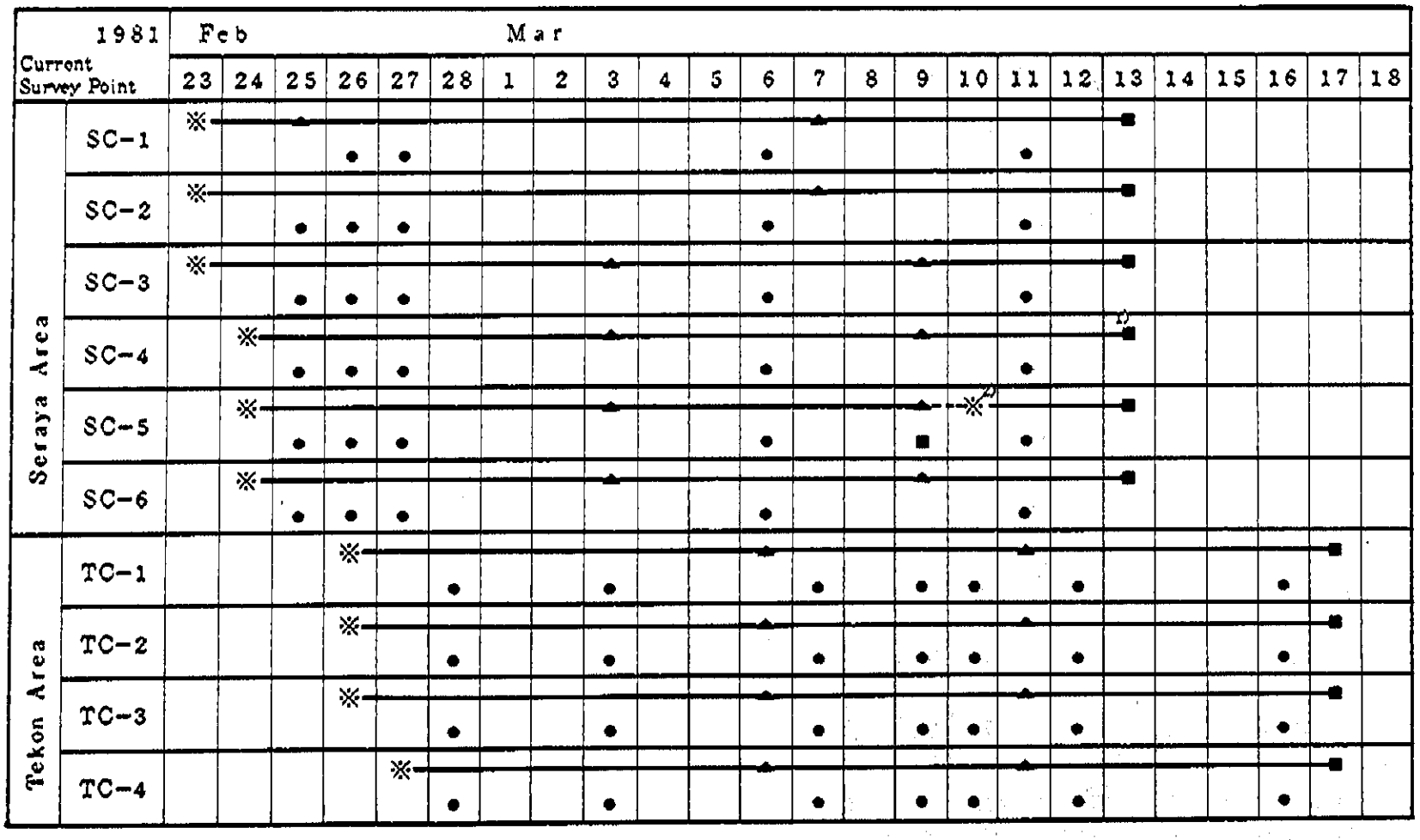
図Ⅱ1－2⑧　SC5の事故の状況

SC4の事故は，3月12日の夕方頃，SC5と同じく流速計をつるすフロートブイ3個全部が流失し，このため流速計が海底に落下して以降撤収の日迄欠測となった。

図Ⅱ1－2⑨に後日撤収終了後，船上にて写したSC4の流速計の写真を示す。流速計をつるすFloat buoyが流失し，ロープの切れ跡が残っている。

図Ⅱ1－2⑨　SC4の事故の流速計

表II 1 − 2(8) 流動調査経過表



凡例

※ : Current Meter Setting (流速計設置)
■ : Current Meter Withawal (〃 撤収)
▲ : Current Meter Tape Change (記録回収)
● : Current Meter Patrol (見廻り)

1) 事故発生 (SC4)
2) 〃 (SC5)

表Ⅱ1－2⑨ 流動調査データ収得状況

Station	Start Time　End Time	記　事
SC1	Feb.23.12:30 ～Mar.13.10:35	No Trouble
SC2	Feb.23.14:15 ～Mar.13.11:35	Velocity Trouble Mar. 8.19:30 ～Mar.13.11:35
SC3	Feb.23.15:35 ～Mar.13.12:20	ALL　Trouble Mar. 9.13:10 ～Mar.13.12:20
SC4	Feb.24.11:35 ～Mar.13.13:50	Velocity Trouble Mar. 12.18:25 ～Mar.13.13:15
SC5	Feb.24.12:35 ～Mar.13.13:40	ALL　Trouble Mar. 9.11:30 ～Mar.10.11:20
SC6	Feb.24.13:20 ～Mar.13.14:25	No Trouble
TC1	Feb 26.11:50 ～Mar.17.09:55	No Trouble
TC2	Feb.26.13:30 ～Mar.17.11:35	No Trouble
TC3	Feb.26.14:45 ～Mar.17.12:00	No Trouble
TC4	Feb.26.15:00 ～Mar.17.13:00	No Trouble

1－2－3 調 査 方 法

1) 調　査　船

調査船は，流速計を設置し，調査終了後それを撤収する船と調査期間中設置した流速計の記録回収（以下「tape change」と云う），流速計作動状況の確認，係留箇所の点検（以下「patrol」と云う）を行う船の２種類の船を使用した。表Ⅱ1－2⑩に使用船舶の一覧を示す。

表Ⅱ1－2⑩ 流動調査で使用した船舶一覧

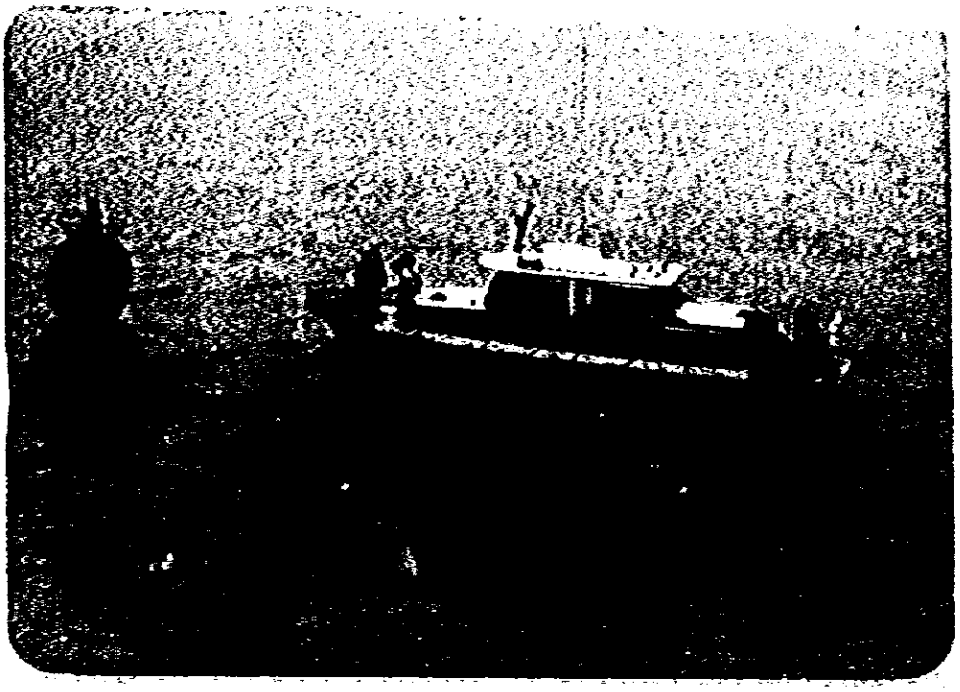
項　目	使用船舶の内容	所　属
(1) 流速計設置及び撤収	PSA "Pesek" 同上モーターボート	PSA (Port of Singapore Authority)
(2) tape change 及びpatrol	中型ランチ船	JTC手配の（Jurong Town Pier, Changi Pier）の地元船舶

図Ⅱ1－2⑩に Pesek 及びその他の船の写真を示す。なお，調査員の移動，現地海域の視察は上表の(2)の船を使用した。

PSA survey boat Pesek.

Motor-boat

図II 1 − 2⑩　PSAの観測船"Pesek"の写真
（流速計の設置，撤収に使用）



Launche at SC3

Launche at Change Pier

図Ⅱ 1－2⑰　地元中型ランチ船
（テープ交換及びパトロールに使用）

2) 流速計の設置と撤収

今回の調査で，流速計の設置に関しては次記の点が事前にわかっていたので，設置方法，係留システム，見周方法，記録回収方法，撤収方法について種々の検討を行った。

(1) 調査海域は航行船舶が多いこと

(2) 設置物の流失事故が多いこと

(3) 既設の灯浮標，ビーコンタワーの側に設置すること

(4) テコン地区のTC1～TC3については，大型ライトブイを設置すること

(5) 流速計をつるすFloat buoy及びその他の係留物は一切海面上には出さないこと。

(6) 流速はかなり早いこと

(7) 転流が急激に起ること

以上の点を留意し，設置方法は日本国内調査で行っている「底上設置法（sub-surface buoy system）」（図Ⅰ3－2⑦参照）を基本にすることとした。また，現地においてもJTCの協力のもとにPSAの担当者たちと協議し，最終の設置方法を決定した。

その設置図を図Ⅱ1－2⑪に示す。

図Ⅱ1－2⑪に示した設置図に従ってセラヤ地区は1981年2月23日，24日に，テコン地区は1981年2月26日，27日に設置作業を行った。

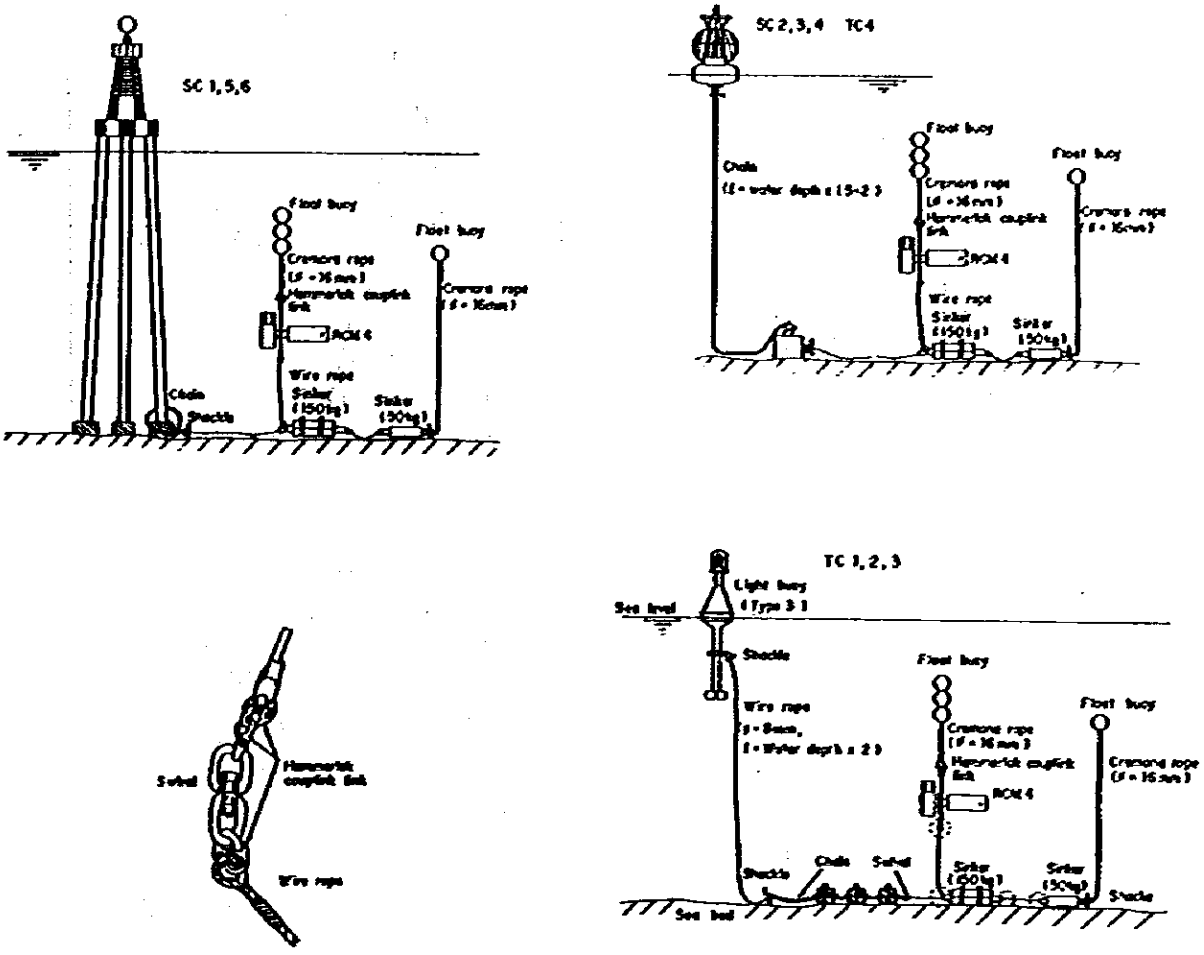
設置作業の当日は，日本側調査団員，JTC担当者，PSA担当者，"Pesek"関係者，ダイバー，現地傭員などによって設置作業を行った。

設置機材は，設置当日の朝，JTCの倉庫よりトラックでJurong Marine Base（JMB）に運び，そこで観測船"Pesek"に積み込んだ。

図Ⅱ1－2⑫，(A)，(B)に流速計及び係留システムの設置の手順を示す。本作業はダイバーによる海中作業，船上作業，操船の3つに分けられる。

流速計及び係留システムの撤収は，セラヤ地区を1981年3月13日に，テコン地区を1981年3月17日に行った。

図Ⅱ1－2⑬に流速計及び係留システムの撤収の手順を示す。



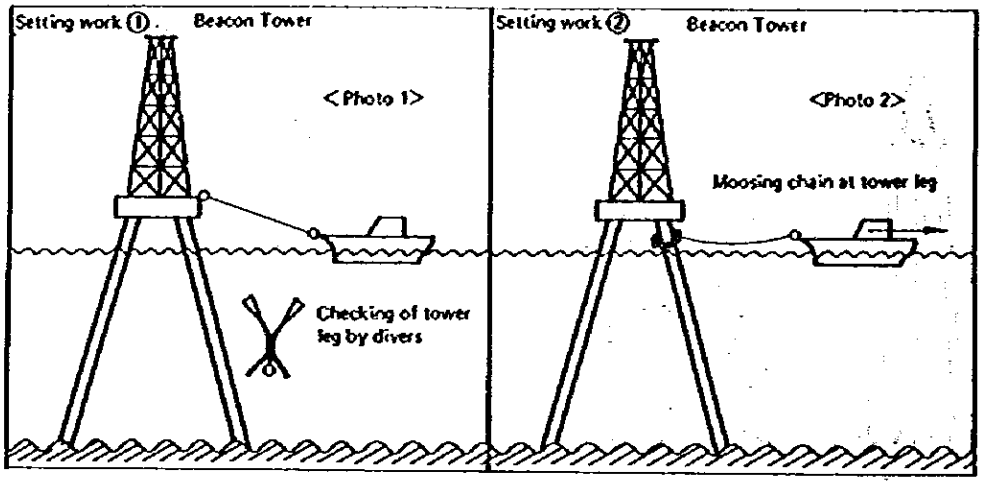
図Ⅱ１－２⑪　流速計設置図

図Ⅱ１－２⑫　セラヤ地区流速計設置手順

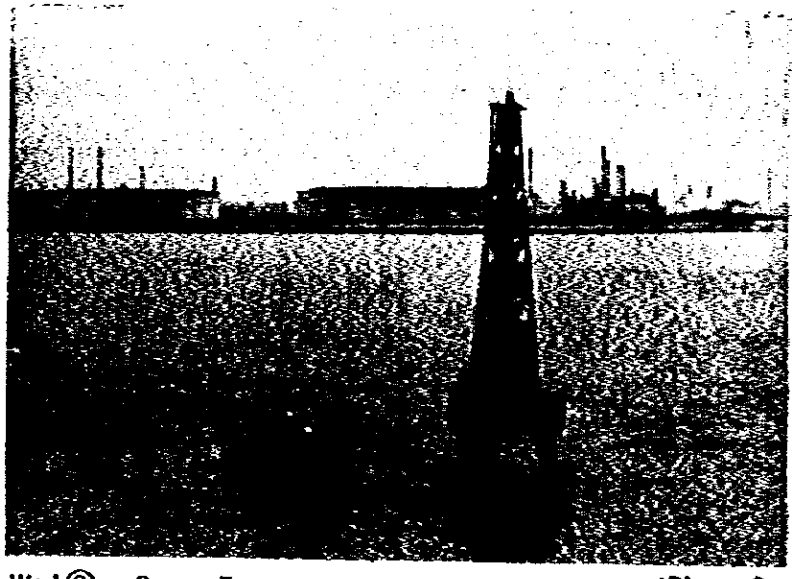
作業①　～　作業⑪　　設置手順

Photo 1　～　Photo 27　　状況写真

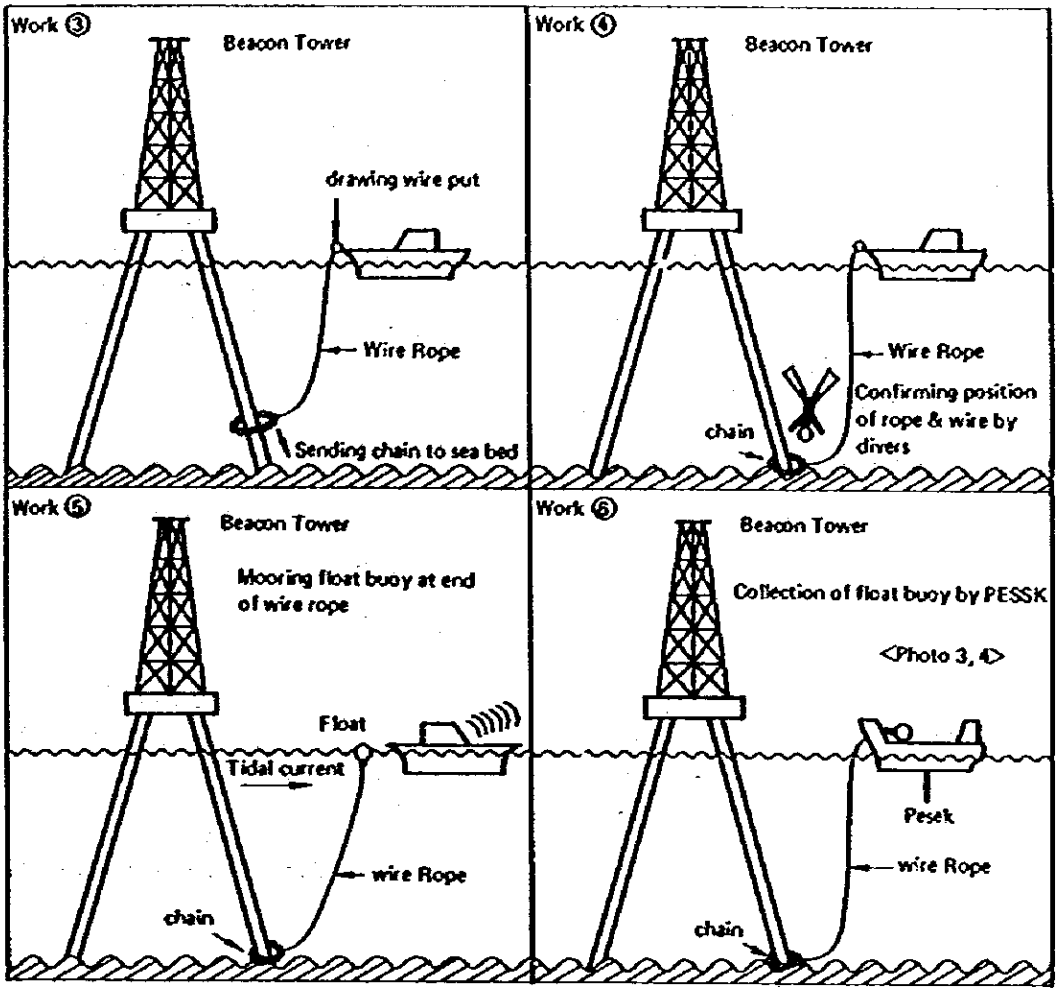
（次頁）



Work ① Beacon Tower <Photo 1>



Work② Beacon Tower <Photo 2>

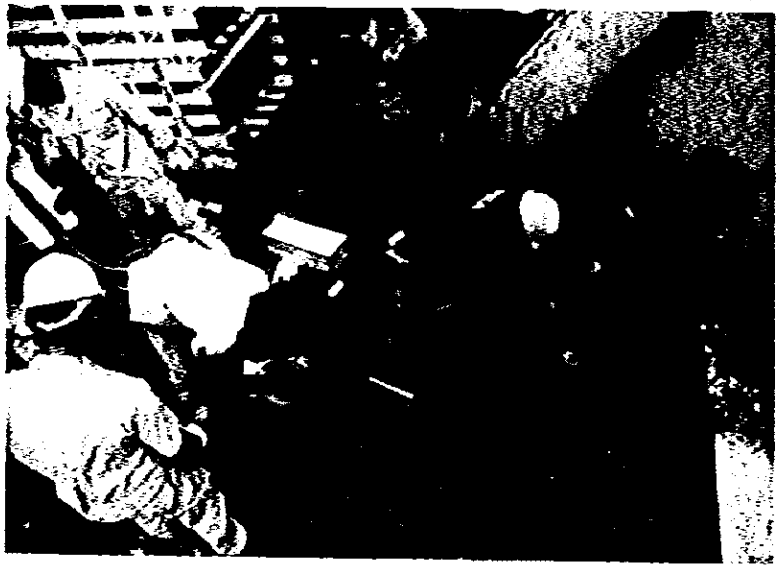


Setting work ⑥ <Photo 3>

<Photo 4>

Sinker mooring to current meter

<Photo 6>



Connecting wire rope with sinker

<Photo 7>

Sinker mooring to float for collection

<Photo 8>

<Photo 9>

Checking of current meter by printer

<Photo 10>

Connecting recording unit with vane

<Photo 11>

Connecting recording unit with vane

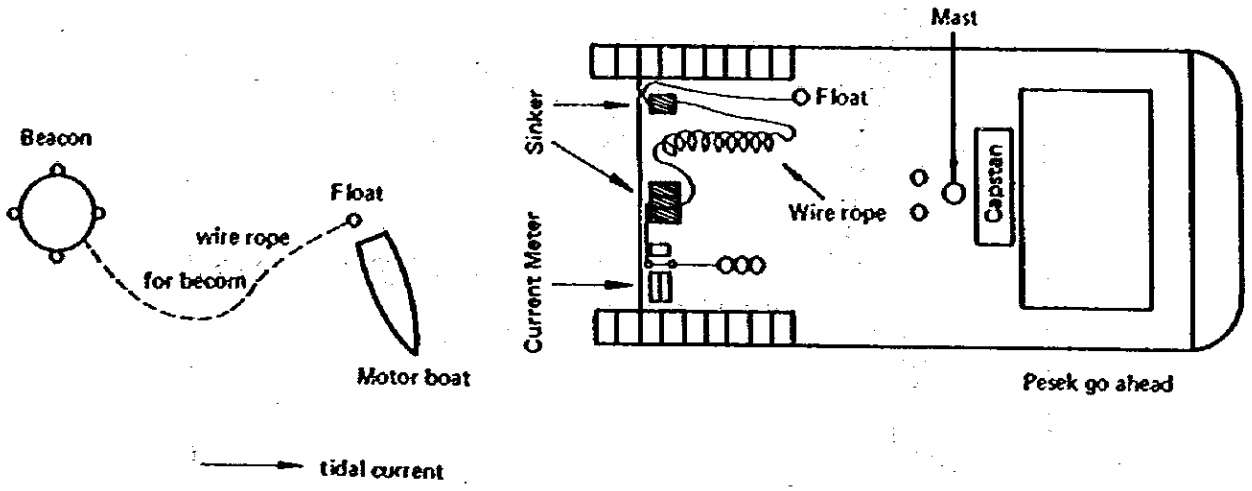
final checking

<Photo 12>

Ready for setting

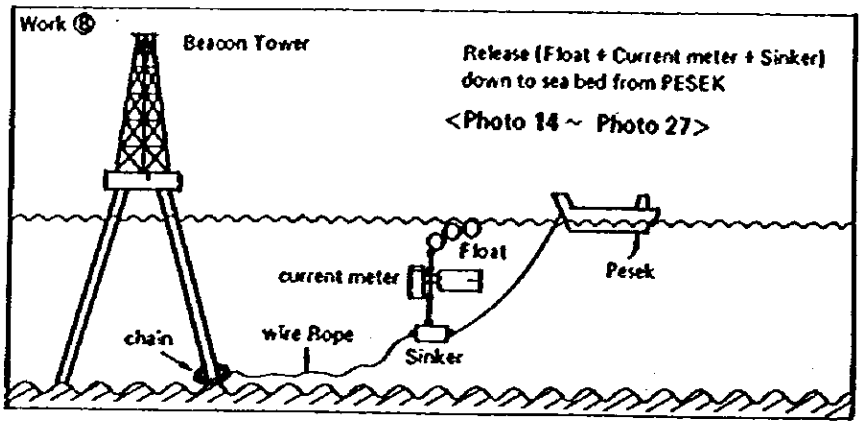
<Photo 13>

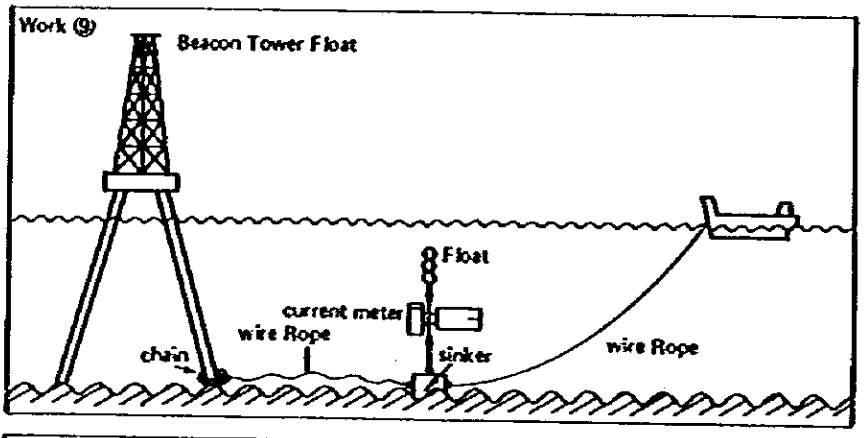
⑦　Pesekでの船上作業（本作業は作業⑥の時点では終了）

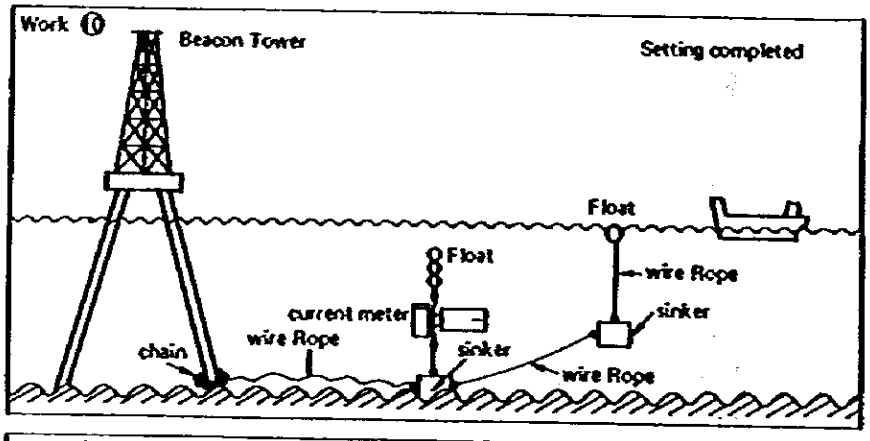


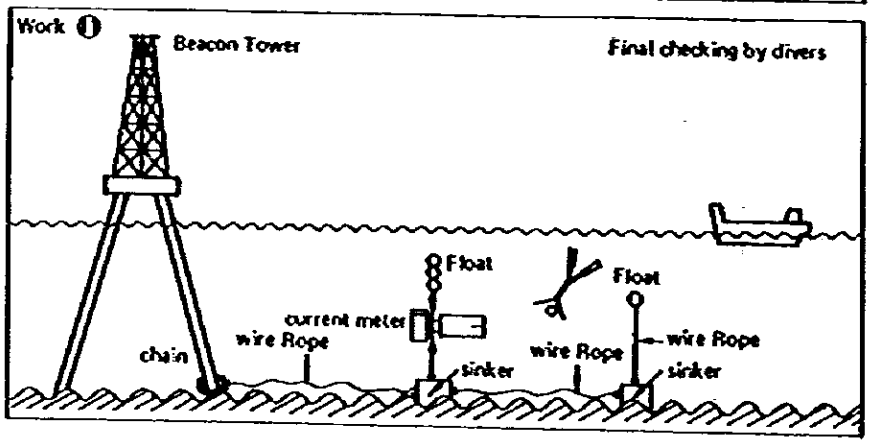
Current meter prepared for setting　　<Photo 5>

以下<photo 6～photo 13 に船上でのSinker 他の組み立て状況を示す>


Work ⑧
Beacon Tower
Release (Float + Current meter + Sinker)
down to sea bed from PESEK
<Photo 14 ~ Photo 27>
Float
current meter
Pesek
chain
wire Rope
Sinker

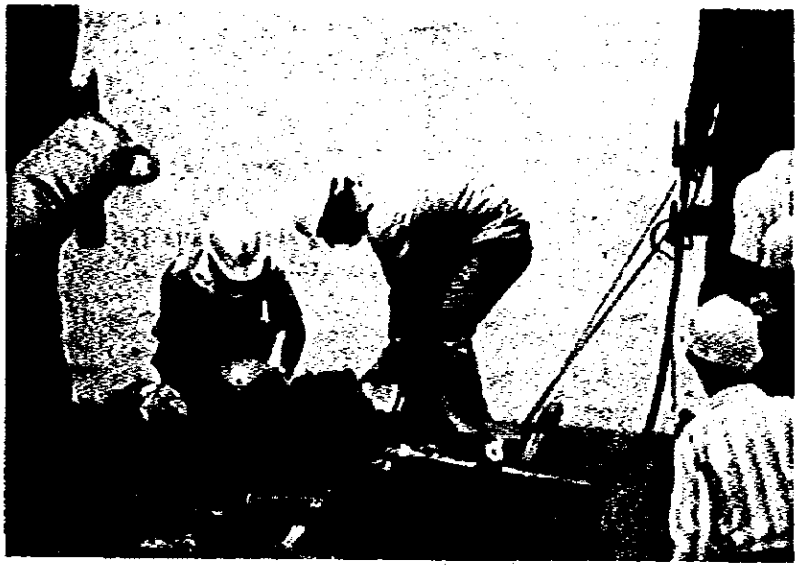

Work ⑨
Beacon Tower Float
Float
current meter
wire Rope
chain
sinker
wire Rope


Work ⑩
Beacon Tower
Setting completed
Float
Float
wire Rope
sinker
current meter
wire Rope
chain
sinker
wire Rope


Work ⑪
Beacon Tower
Final checking by divers
Float
Float
current meter
wire Rope
chain
wire Rope
wire Rope
sinker
sinker

Collection of float buoy released from motor boat.

<Photo 14>

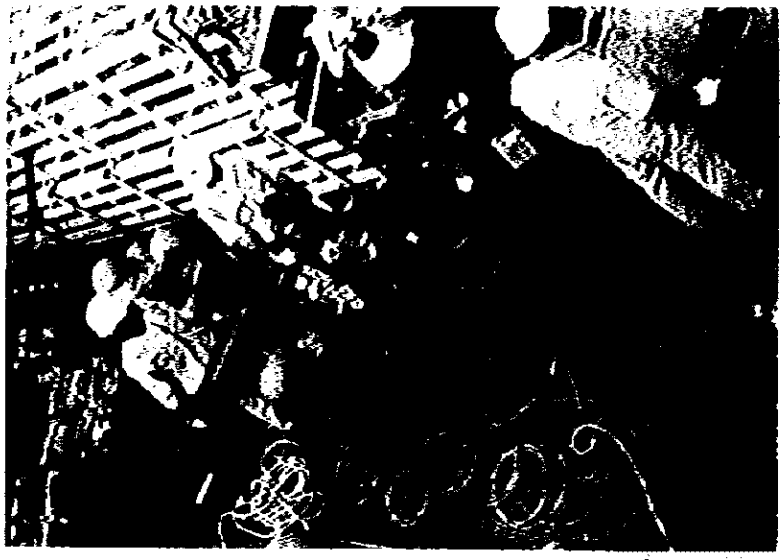


Wire rope after taking off from float connects with sinker of current meter side.

<Photo 15>

Ready for setting and final checks on connectings.

<Photo 16>



Checking of wire turist by holding current meter.

<Photo 17>

Send signal to captain for commencement of setting.

<Photo 18>

Sinker of current meter side is just throwing into sea.

<Photo 19>

Following to sinker, current meter & float buoys are going to throw down into sea.

<Photo 20>

Current meter is just throwing down.

<Photo 21>

Current meter is getting into sea.

<Photo 22>

Float buoys are following after current meter.

<Photo 23>

Float buoys are following after current meter.

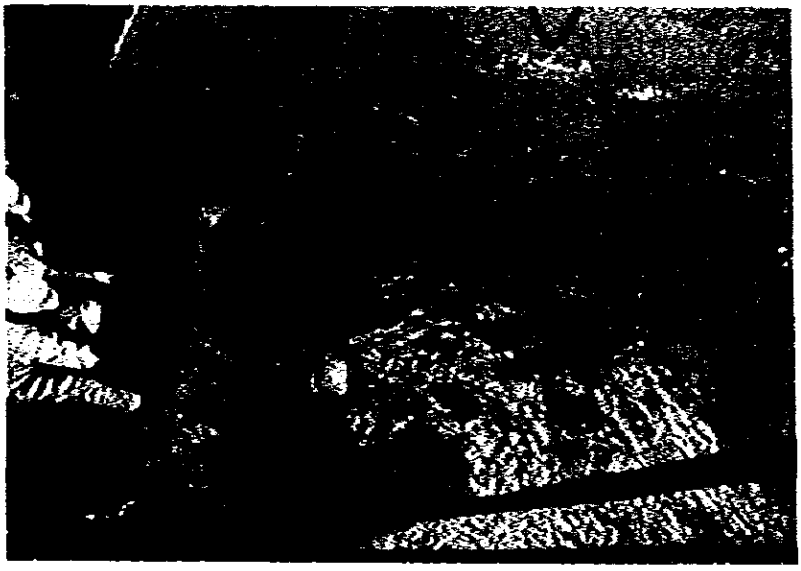
<Photo 24>

Float buoys are following after current meter.

<Photo 25>

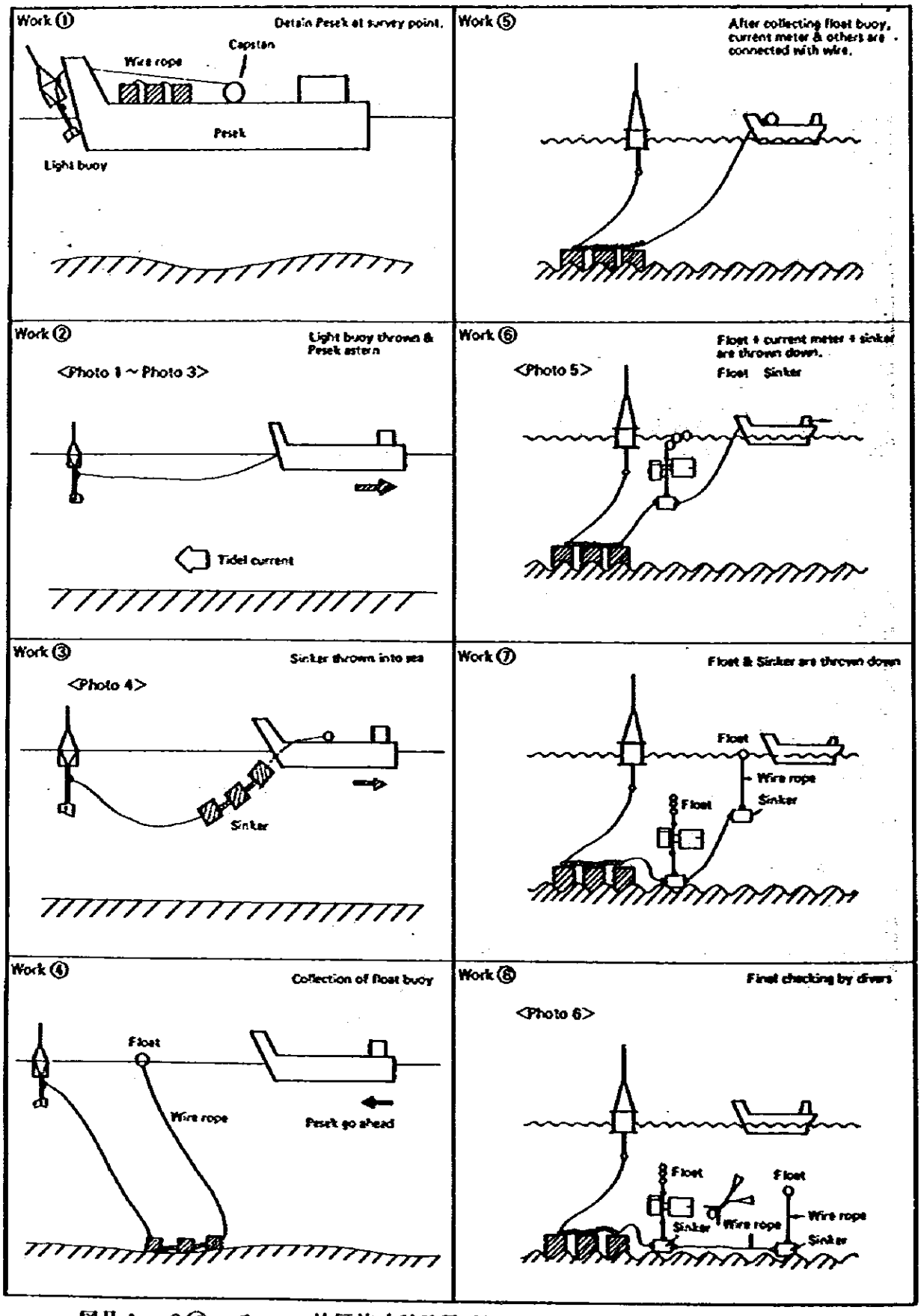
Sinker connected with float buoy for collection is ready for setting.

<Photo 26>



Float buoy for collection is throwing down.

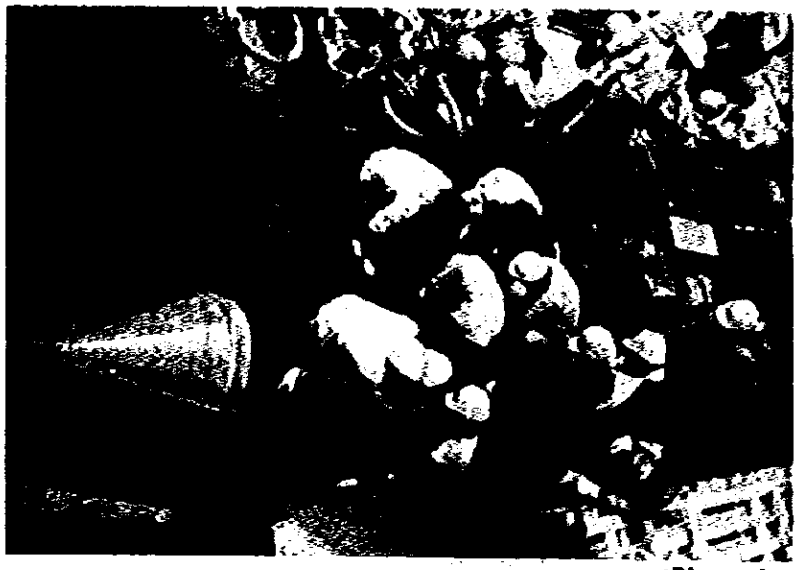
<Photo 27>



図II 1－2⑬　テコン地区流速計設置手順

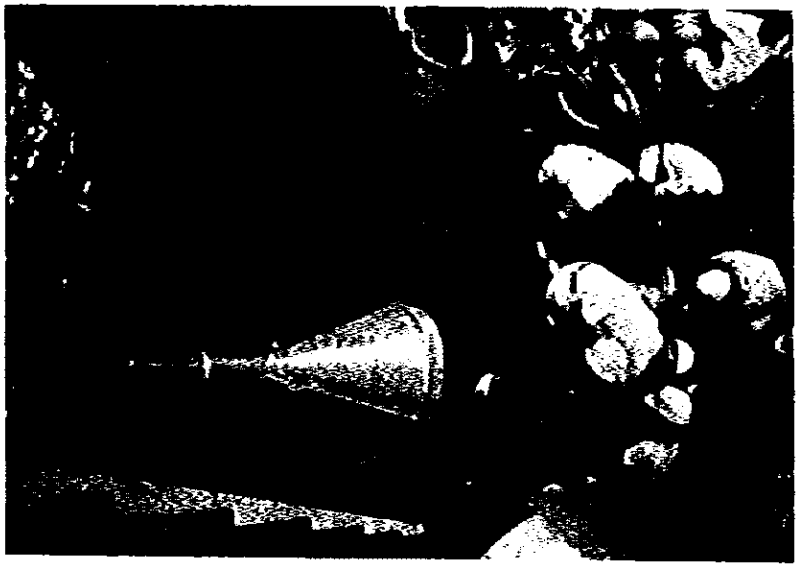
作業①　～　作業⑧　　設置手順

Photo 1　～　Photo 6　　状況写真



Preparation works for Zeni-light buoy setting

<Photo 1>

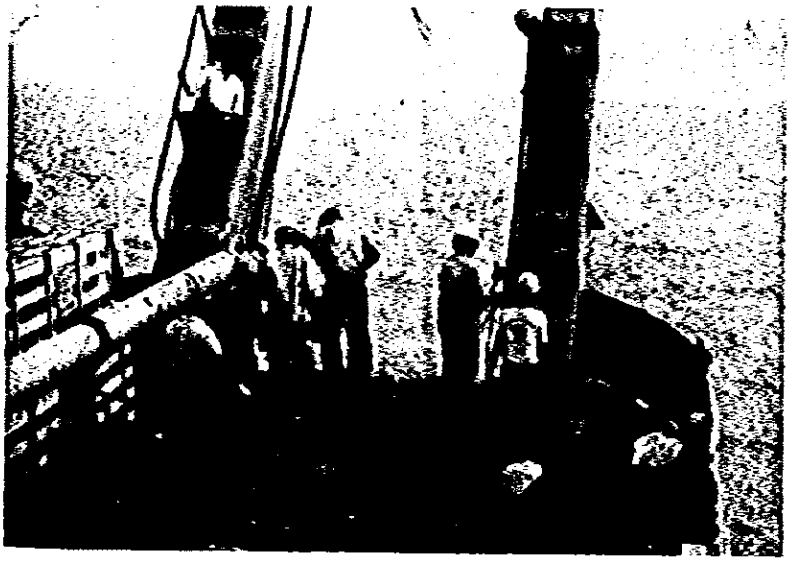


<Photo 2>

Setting work of Zeni-light buoy

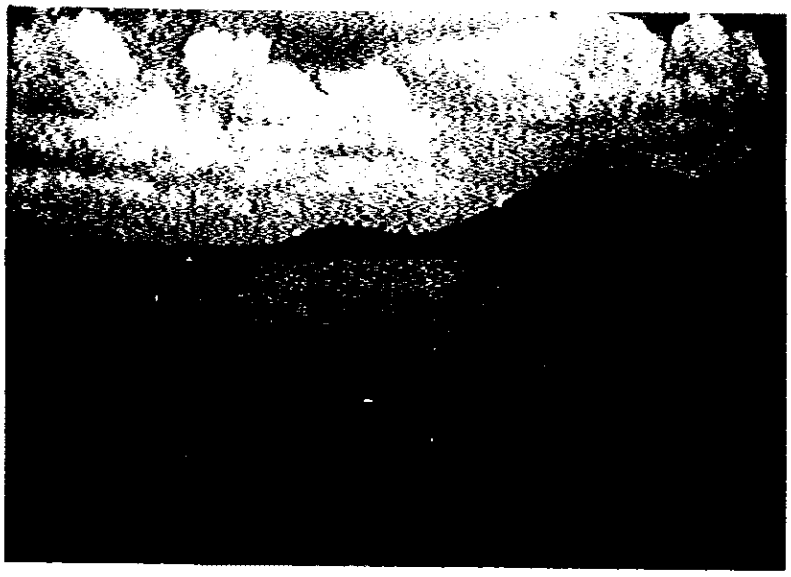
<Photo 3>

<Phtoo 4>



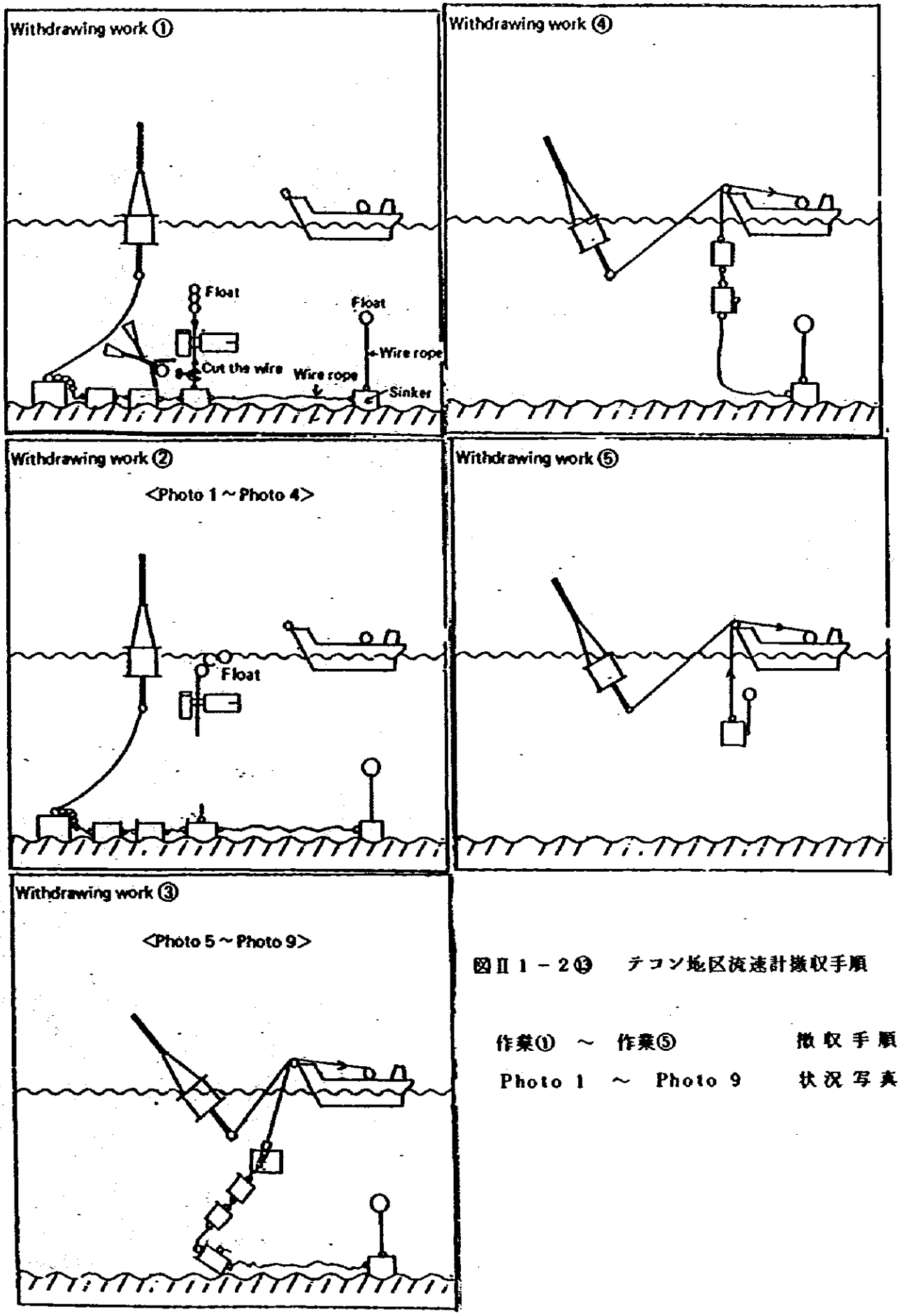
Setting work of current meter

<Photo 5>



Setting completed

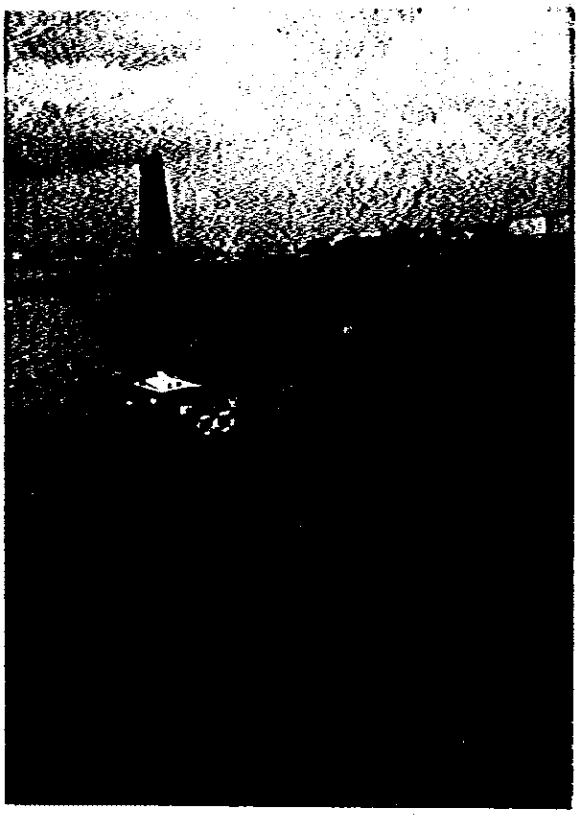
<Photo 6>



図Ⅱ１－２⑬　テコン地区流速計撤収手順

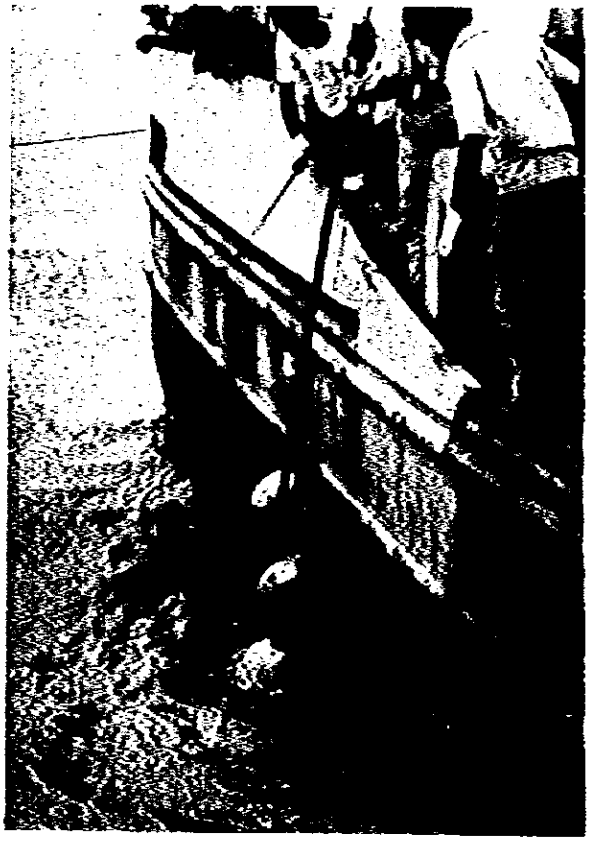
作業①　～　作業⑤　　撤収手順

Photo 1　～　Photo 9　　状況写真



<Photo 1>

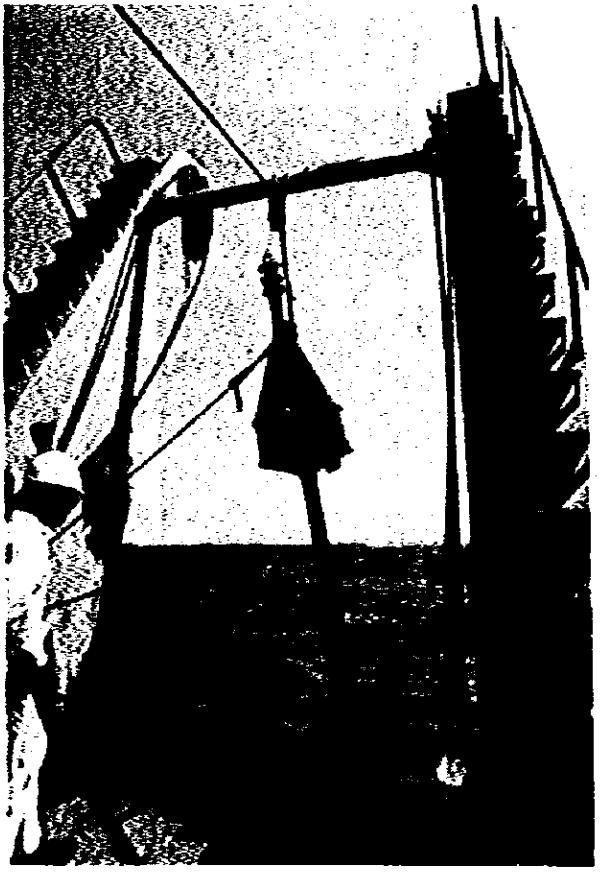
<Photo 2>



<Photo 3>

<Photo 4>

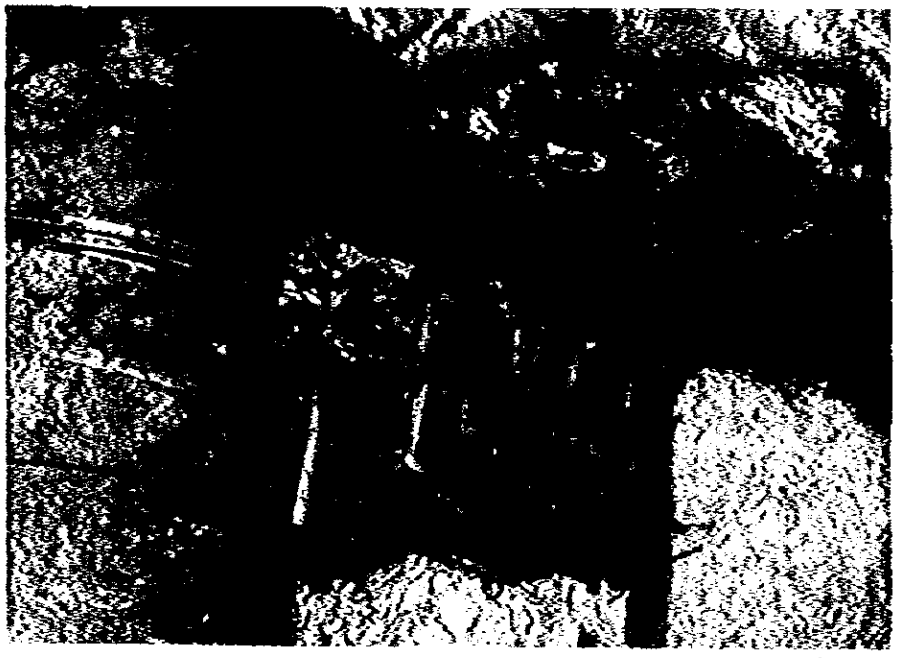
<Photo 5>



<Photo 6>

<Photo 7>

<Photo 8>



<Photo 9>

3) 流速計の見廻点検と記録回収

調査期間中，中型ランチで流速計の見廻点検，記録回収を行った。それ等の実施日は表Ⅱ1－2⑧に示してある。実施回数は表Ⅱ1－2⑪のとおりである。

表Ⅱ1－2⑪ 流速計の見廻点検と記録回収の回数

地区名 Name of area		見廻点検 Patrol	記録回収 Tape change	調査期間 Duration
Seraya	SC1	4 回	3 回	約19日間
	SC2	5	2	〃
	SC3	5	2	〃
	SC4	5	2	約18日間
	SC5	5	2	〃
	SC6	5	2	〃
Tekong	TC1	7	2	約20日間
	TC2	7	2	〃
	TC3	7	2	〃
	TC4	7	2	約19日間

（見廻点検）

見廻点検は，流速計の作動状況の確認，係留システムの点検のために行う。

Aanderaa 流速計には，オプションとして作動状況を確認するモニターシステムがセットしてある。このモニターシステムの装置の一覧を表Ⅱ1－2⑫に示す。また各装置の概観図や仕様などは，この後「1－2－4 調査機器」の項で示す。

見廻点検時に，水中に Hydrophone receiver を降下させて流速計の Acoustic transducer からの信号をキャッチして，これはリファレンス（reference），水温（temperature），電気伝導度（conductivity），深度（depth），流向（direction），流速（velocity）の順番で発信されている。この状況を図Ⅱ1－2⑬に示す。

表Ⅱ1－2⑫　Aanderaa流速計のモニターシステム一覧

名　　称	性　　能	取付箇所
(1) Acoustic Transducer（超音波モニター発信部）	記録を超音波信号として水中より発信する。	流速計のRecording unit 部
(2) Electrical Terminal	記録を電気信号として発信する。	同　上
(3) Hydrophone Receiver	Acoustic Transducer から信号をキャッチする。	単　独（流速計オプション）
(4) Deck Unit	同上のキャッチ信号を表示する。	同　上
(5) Printer	有線モニターの電気信号を数値化してプリントする。	同　上

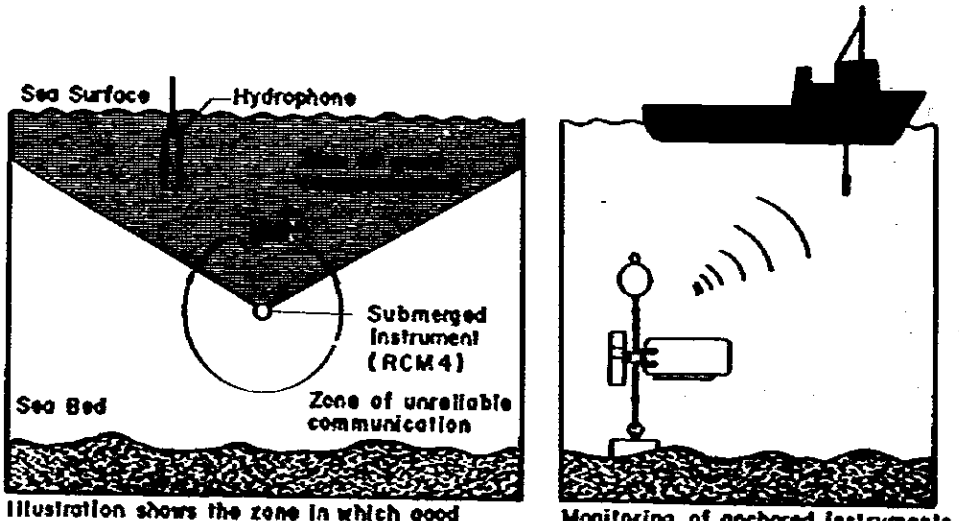


Illustration shows the zone in which good communication can be expected.

Monitoring of anchored instruments.

図Ⅱ1－2⑬　Hydrophone Receiverによる見廻り点検状況

（記録回収）

流速計の記録回収は，流速計の流失，その他のトラブルなどによる記録の流失にそなえるためと，流速計の記録状況のチェックのために行った。作業はダイバーによる水中作業と船上での記録の抜き取り作業にわけられる。

ダイバーによる水中作業の項目は次記のとおりである。

(1) 流速計のRecording unitの回収と再設置

(2) 流速計の点検（ローター，水温センサー，塩分センサー）

(3) 係留システムの点検（ワイヤーロープ，シャックル，クリップ，その他）

(4) 大型ライトブイの水中部の点検（係留部，係留ロープ，その他）

船上作業は，水中からダイバーを通じて回収した流速計のRecording unitの中からそれまでの記録（magnetic tape）を抜き取ることである。記録はSpoolに巻き取られているので，このSpoolを抜き取る。その後，新しいSpoolをセットして再び元の状態にもどす。そして作動状況を確認するため，Electrical terminalにプリンターのケーブルをさしこむと，流速計の記録作動時に記録の信号が印字される。（表Ⅱ1－2⑬参照）

表Ⅱ1－2⑬ Printerで打出した
モニター信号

01	0322	……	リアレンス
02	0855	……	水　　温
03	0000	……	電気伝導度
04	1023	……	深　　度
05	0441	……	流　　向
06	0065	……	流　　速

図Ⅱ1－2⑮にRecording unitの回収方法を，図Ⅱ1－2⑯，⑰に記録回収の現場写真を示す。

1) Tools for withdrawal of recording unit （使用工具）

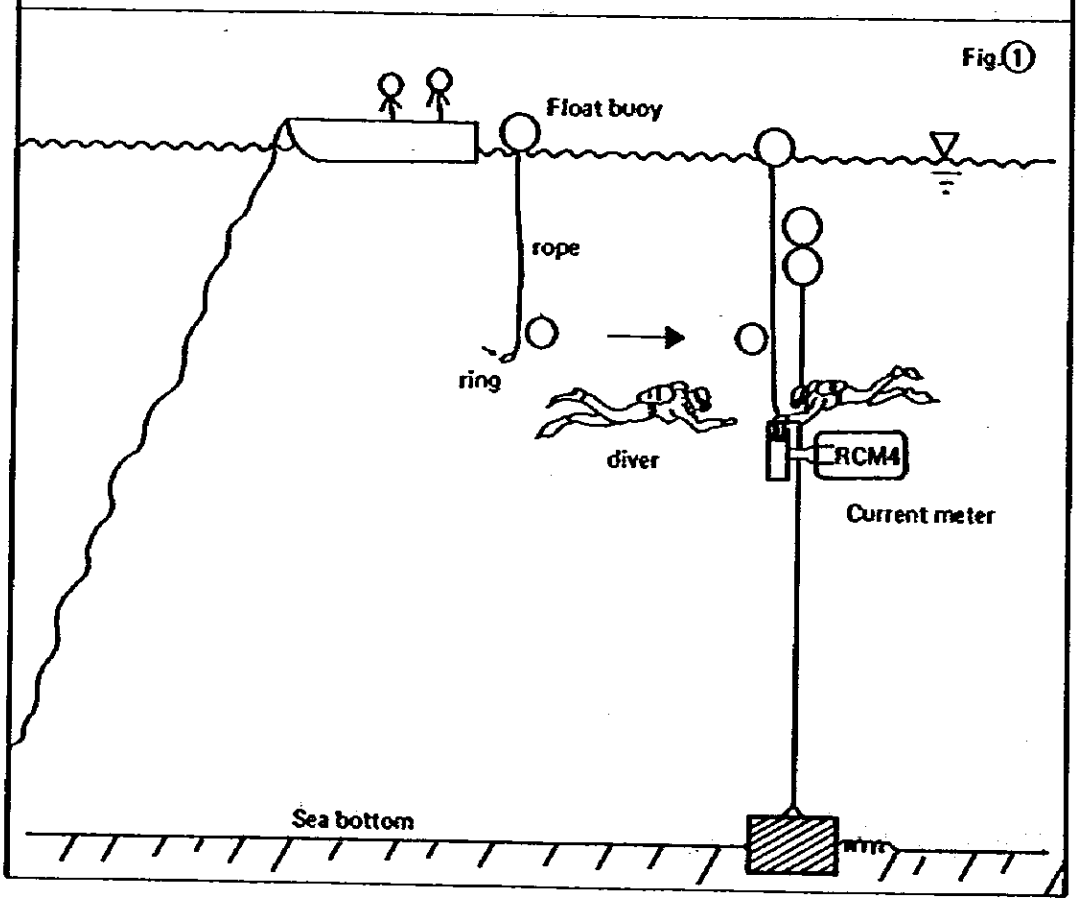
A. Float buoy (30 cm φ)

B. Rope with ring

2) Operation （方法）

2-1 Divers tie the rope (with ring and float buoy: Photo 1)

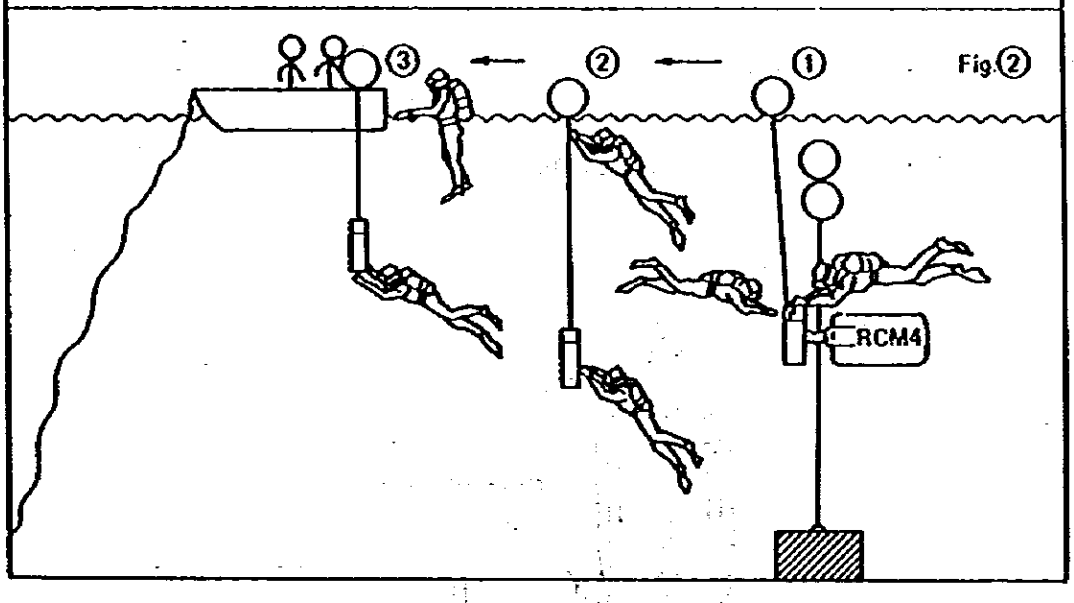
to recording unit (Fig.①)



図Ⅱ1－2⑤　　Recording Unit の回収方法(1)

2-2 Pull out a pin and release the fastened band.

Pick up a recording unit on the boat (Fig. 2, Photo 5-8)

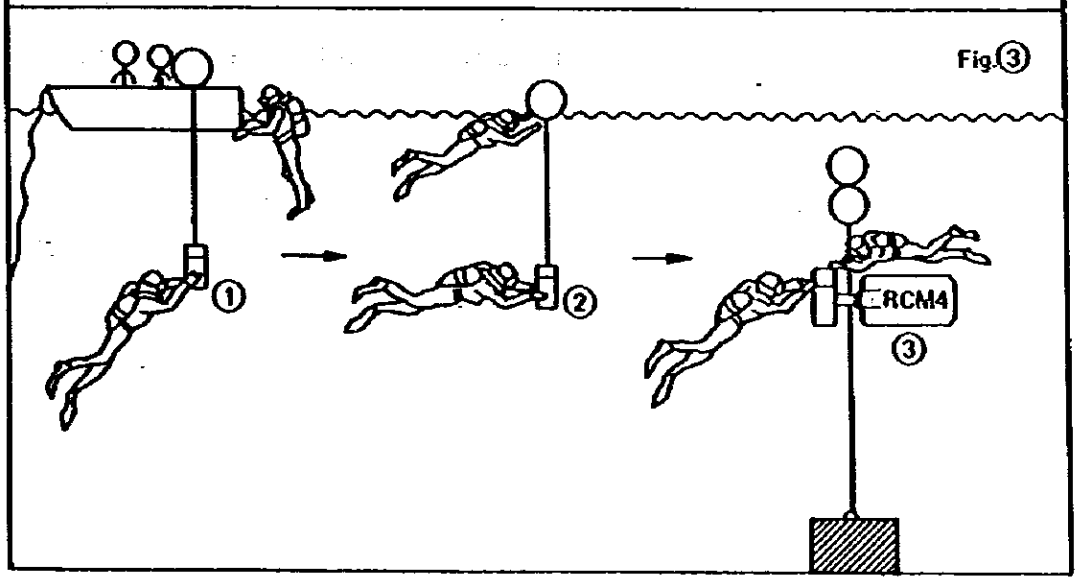


2-3 Exchange magnetic tape on the boat.

Reset a recording unit to vane plate of the current meter (Fig. 3).

Put a recording unit tied with rope, float buoy and ring

into the water (Fig. 3).



図II 1 − 2⑮ Recording Unitの回収方法(2)

3) Releasing method of recording unit

3-1 Tie the rope (with ring and float buoy) to recording unit (Fig. 4).

3-2 Pull out a pin (Photo 9).

3-3 Release a fastened band (Photo 10).

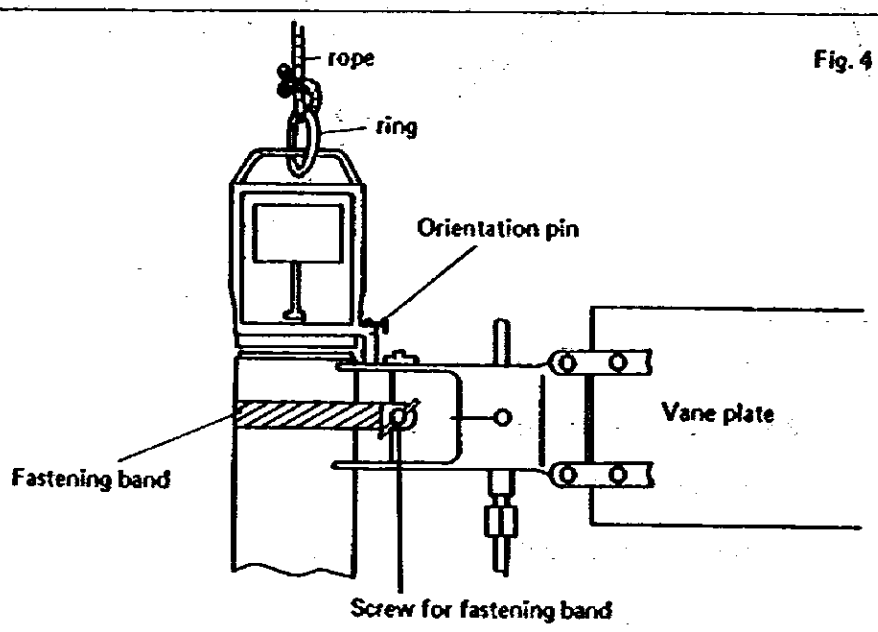
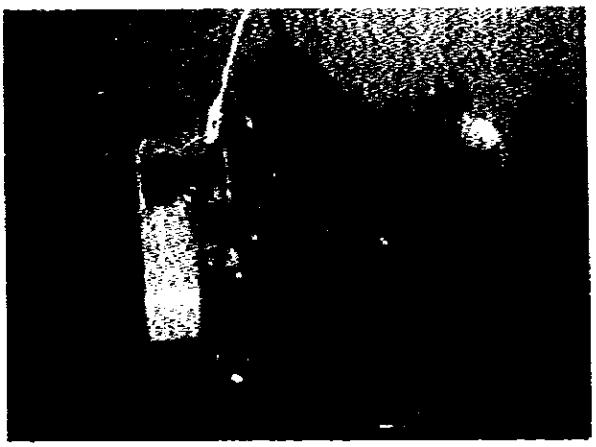


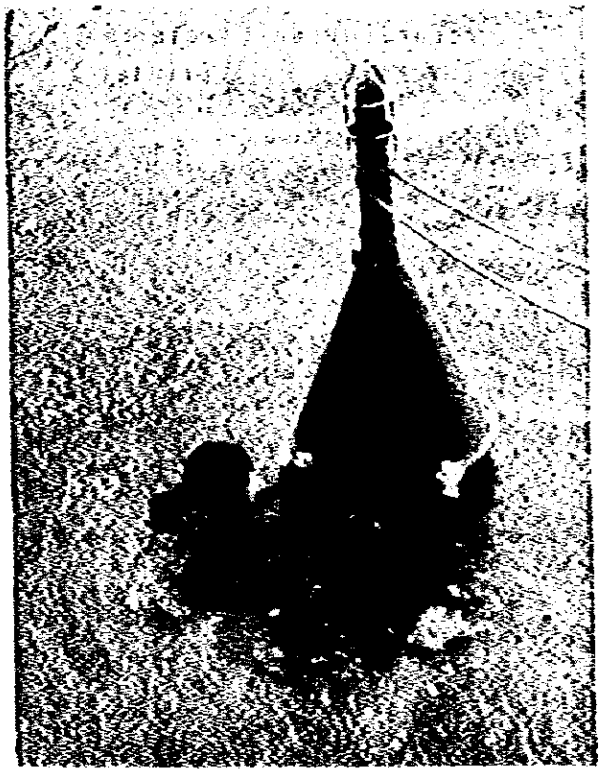
Fig. 4

図II 1 − 2⑲　Recording Unit の回収方法(3)

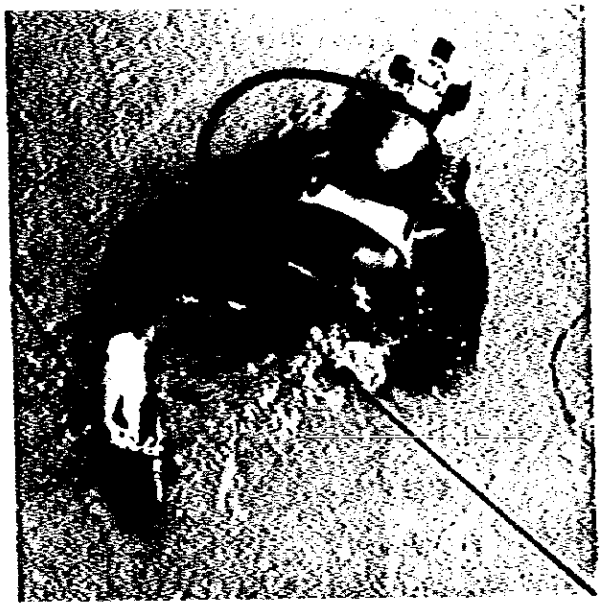
(Collection of recording unit on boat)



Releasing recording unit from current meter



Checking of Zeni-light Buoy



Replacing recording unit to original position

図II 1 − 2⑯　ダイバーによる流速計記録回収のための水中作業の写真

（spoolの抜き取り作業）

（recording unitのclampをはずす作業，手前はprinter）

図Ⅱ1－2⑰　流速計記録回収の給上作業の写真

4）流速計の記録状況のチェック

記録回収で回収した記録は，ただちにJTC内に設置したデータ処理システムでデータ化し，記録状況のチェックを行った。これはデータの取得の完璧化をはかるために行った。

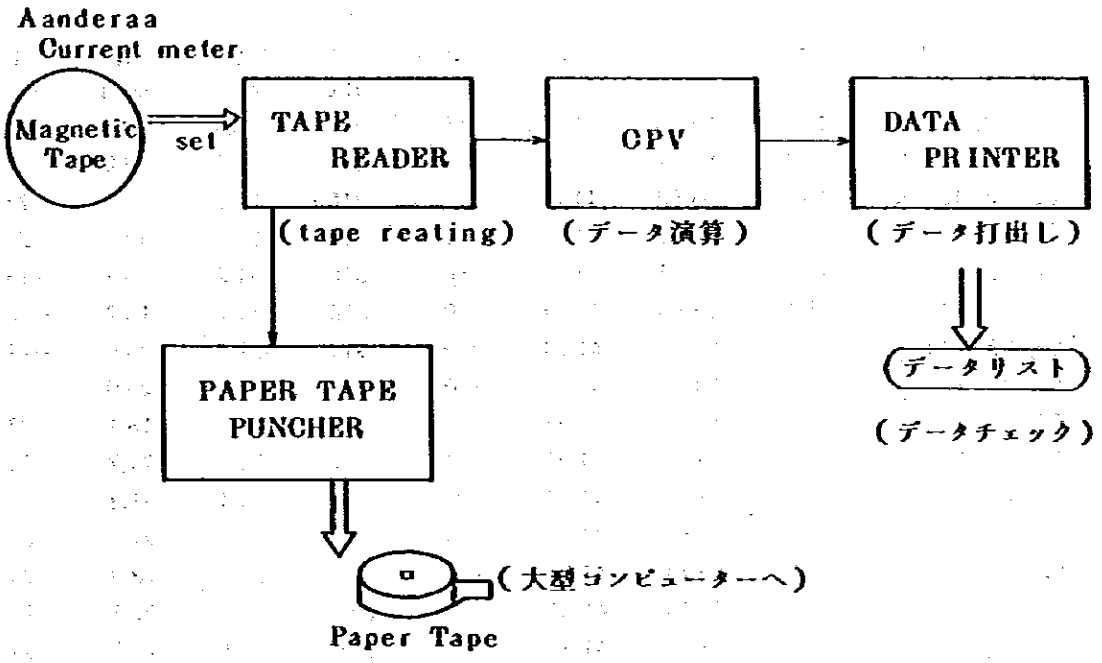
記録状況をチェックし，もし計器上のトラブルがあった場合，直ちに新しい計器（流速計）ととりかえる事ができるからである。もし途中で記録を回収せず，チェックを実施しなかった場合，計器が途中で故障したりすると全期間トラブルデータとなる事があるためである。

データ処理システムは，Aanderaa流速計の記録（magnetic tape）を直ちにデータ処理する装置である。

本システムは，記録を読取るテープリーダーとデータ演算ミニコンピューターとデータ

プリンター及び紙テープパンチャーから成り，AC電源で作動する。

その構成図を図Ⅱ1－2⑱に示す。



図Ⅱ1－2⑱　データ処理システムの構成図

図Ⅱ1－2⑲に，データ処理装置によるデータ処理の状況の写真を示す。

図Ⅱ1－2⑲データ処理状況（訪 JTC会議室）

表Ⅱ1－2⑭にData Printer で打出したデータリストの例を示す。

このデータリストによりデータをチェックする。

表Ⅱ1－2⑭ データリストの一例

R.NO	DATE TIME M D H M	TEMP. C	COND. mmhos	SAL. ppt	DEPTH m	DIR DEG	SPEED cm/s	N cm/s	E. cm/s
341	02, 29, 16:40	18.4	53.44	41.08	0.0	314	28.4	19.5	−20.6
341	02, 29, 16:45	18.4	53.27	40.90	0.0	310	29.5	19.0	−22.6
341	02, 29, 16:50	18.4	53.59	41.21	0.0	310	31.2	20.0	−23.9
341	02, 29, 16:55	18.4	53.59	41.18	0.0	309	31.2	19.8	−24.1
341	02, 29, 17:00	18.4	53.66	41.27	0.0	310	31.2	20.2	−23.8
341	02, 29, 17:05	18.4	53.66	41.27	0.0	306	31.7	18.7	−25.6
341	02, 29, 17:10	18.4	53.66	41.24	0.0	310	31.7	20.4	−24.3
341	02, 29, 17:15	18.4	53.81	41.40	0.0	308	32.9	20.0	−26.0
341	02, 29, 17:20	18.4	53.74	41.31	0.0	308	29.5	18.1	−23.3
341	02, 29, 17:25	18.5	53.74	41.25	0.0	311	32.9	21.7	−24.6
341	02, 29, 17:30	18.4	53.81	41.34	0.0	310	33.4	21.3	−25.7
341	02, 29, 17:35	18.5	53.81	41.31	0.0	309	35.1	21.9	−27.4
341	02, 29, 17:40	18.4	53.74	41.33	0.0	309	37.3	23.3	−29.2
341	02, 29, 17:45	18.4	53.74	41.36	0.0	313	40.1	27.3	−29.4
341	02, 29, 17:50	18.4	53.81	41.37	0.0	308	42.4	25.8	−33.6
341	02, 29, 17:55	18.4	53.81	41.42	0.0	308	41.8	25.5	−33.1
341	02, 29, 18:00	18.4	53.88	41.46	0.0	307	45.2	26.9	−36.3
341	02, 29, 18:05	18.4	53.88	41.46	0.0	307	44.1	26.4	−35.2

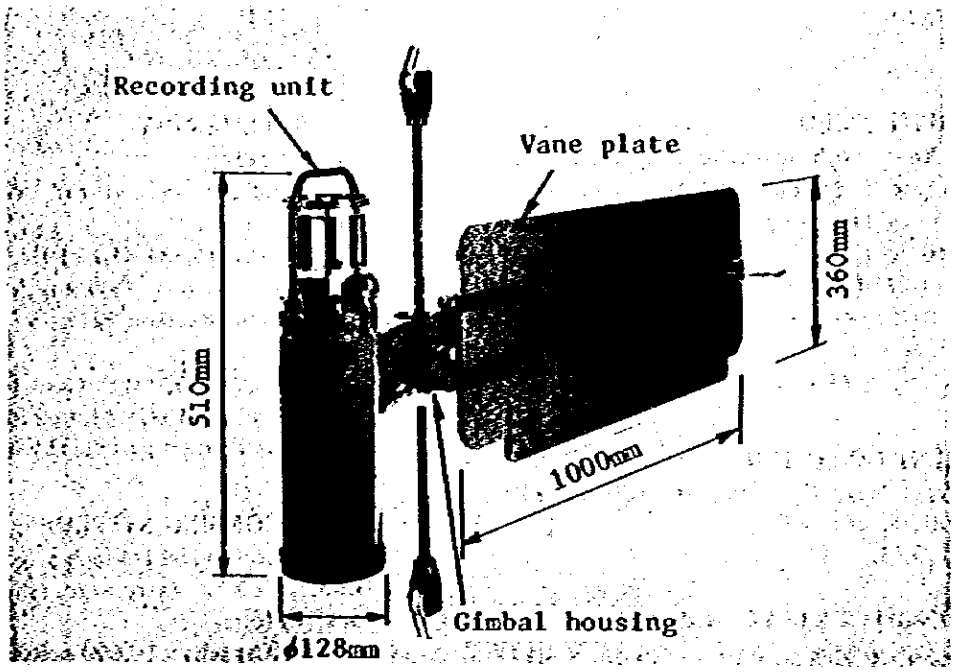
1－2－4 調 査 機 器

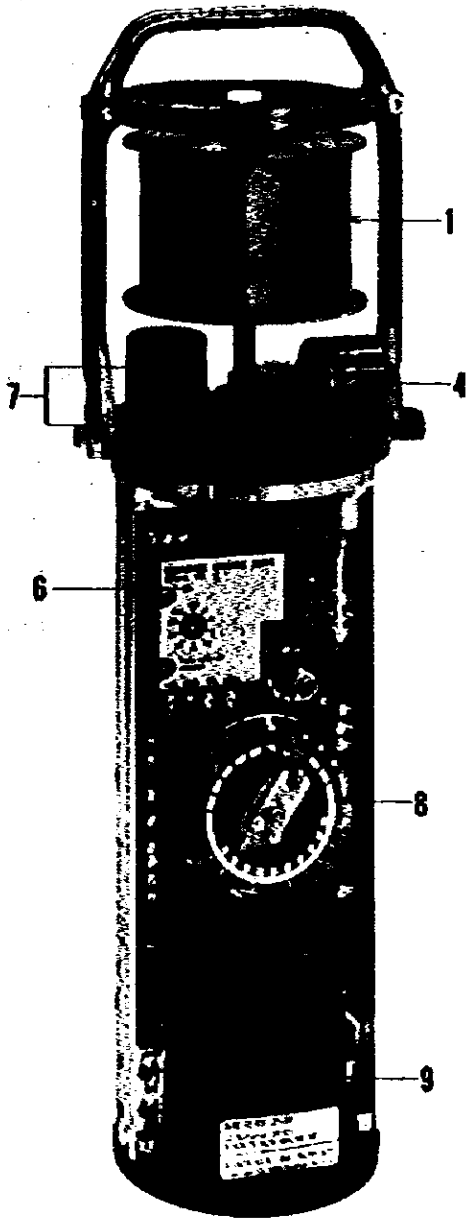
本調査に使用した機器の概略説明及び図を次に示す。

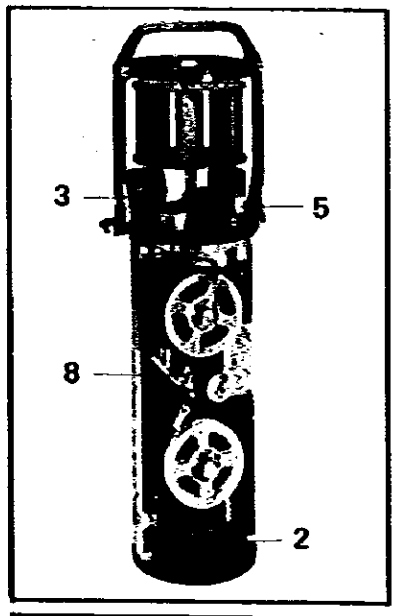
1) アンデラーRCM－4型流速計の仕様

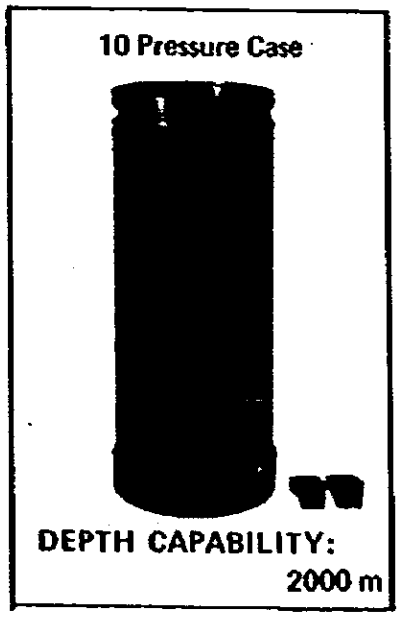
本器は長期間連続測定可能な自記式流速計（self recording current meter）で，レコーディングユニット（recording unit）とベーン部（vane plate）より構成される。レコーディングユニット上部には，ロータータイプ流速センサー，水温用サーミスターセンサー，電気伝導度センサー，水圧センサー（オプション），モニター用Acoustic transducer 及び有線モニター用Electrical terminalが配置される。耐圧ケース（pressure case）内にはローターカウンター（rotor counter）による流速伝達機構，流向用マグネットコンパス（magnetic compass），制御回路，時計，磁気テープ及び電源が収納されている。測定は当海域の特性を考え水温用サーミスターセンサーはハイレンジ（10.08℃～36.00℃），電気伝導度センサーは標準レンジ（0～70 mho/cm），測定間隔（sampling intenvals）は5分とした。

図Ⅱ1－2㉘にアンデラーRCM－4型流速計の概要図を示す。









図Ⅱ1－2㉔　Aanderaa Current Meter の概要図

1. CURRENT SPEED: -
Principle: Rotor with magnetic coupling through instrument case. The number of rotations during the period between two samplings are counted by an electronic counter.
Range: 2.5 to 250 cm/sec.
Accuracy: ±1 cm/sec., or ±2% of the actual speed, whichever is greater.
Starting Velocity: 2.0 cm/sec.

2. CURRENT DIRECTION:
Sensor Type: Magnetic compass with needle on to potentiometer ring.
Resolution: 0.35°
Accuracy:
±7.5° speed within 2.5 to 5 cm/sec., or 100 to 200 cm/sec.
∓5° speed within 5 to 100 cm/sec.
Maximum Compass Tilt: 12° from horizontal.

3. TEMPERATURE:
Sensor Type: Thermistor (Fenwal GB32JM19)
Range:
Low Range: −2.46°C to 21.48°C (standard).
High Range: 10.08°C to 36.04°C.
Wide Range: −0.34°C to 32.17°C.
Accuracy: ±0.15°C
Resolution: 0.1% of range selected.
63% Response Time: 12 seconds.

4. CONDUCTIVITY:
Sensor Type: Inductive cell.
Range: 0 to 70 mmho/cm., (standard).
22 to 64 mmho/cm.
Resolution: 0.1% of range.

5. PRESSURE: (optional)
Sensor Type: Bourdon tube driving a potentiometer.
Range: 0-100 PSI, 0-200 PSI, 0-500 PSI, 0-1000 PSI and 0-3000 PSI.
Accuracy: ±1% of range.
Resolution: 0.1% of range.
Calibration: Lowest calibrated pressure 14.24 PSI.

6. CLOCK:
Type: Quartz Clock 2574.
Accuracy: Better than ±2 sec/day within 0°C to 20°C.
Sampling Intervals: 0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 60 and 180 minutes, selected by interval selection switch.
External Triggering: For calibration purposes, a six volts positive pulse to terminal on top end plate will activate the instrument.

7. TELEMENTRY:
Acoustically:
By switching on and off carrier from acoustic transducer.
Frequency: 16,384 KHz ±5 Hz.
Detection Range: Typically 800 meters with Hydrophone Receiver 2247.
By Cable:
5 volts negative, short and long pulses from terminal on top end plate may be used for real time readings and for calibration purposes by use of Printer 2152.

8. RECORDING SYSTEM:
Type: Reel to reel 1/4 inch magnetic tape.
Coding: 10 bit binary words (short and long pulses) in serial form.
Storage Capacity: 10,000 samplings using 600 feet of magnetic tape on three inch reels.
Channels: 1ch Reference
2ch Temperature
3ch Conductivity
4ch Pressure
5ch Current direction
6ch Current speed

9. POWER:
Battery: 9 volts, non-magnetic.
Size: 63 x 50 x 80 mm
Capacity: suffichient for 10,000 samplings.

NET WEIGHT:

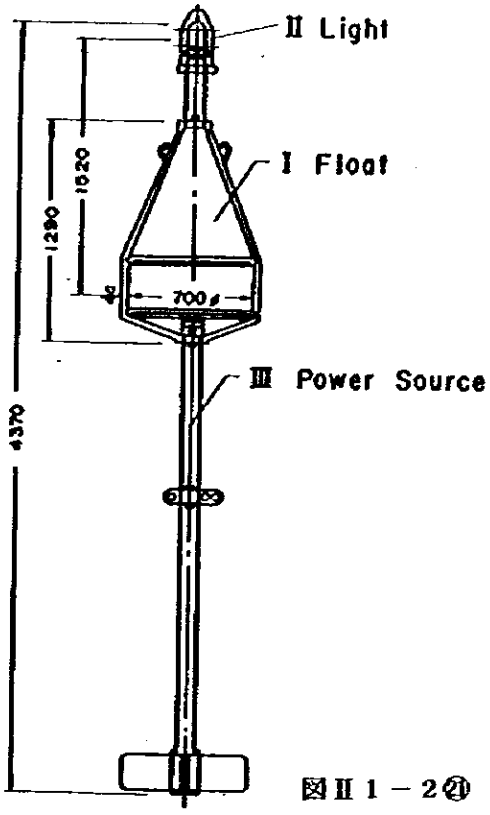
Recording Unit,	in air	13.7kg
	in water	9.2kg
Vane Assembly,	in air	12.9kg
	in water	8.1kg

2) Aanderaa 流速計係留システムの仕様

流速計を係留するため使用した機材の一覧を表Ⅱ1－2⑮に示す。

表Ⅱ1－2⑮ Aanderaa 流速計係留機材一覧

機材名	使用目的	備考
(1) Light buoy (ZENLITE BUOY TYPE 3)	標識用	TC－1,2,3のみで使用 図Ⅱ1－2㉑参照
(2) Wire rope and cremone rope	係留用ロープ	全点で使用 図Ⅱ1－2㉒参照
(3) Chain and Sinker	係留用おもり	全点で使用 図Ⅱ1－2㉓参照
(4) Shackle	とめ金具	全点で使用 Hammerlok typeのものと標準タイプのものを使用 図Ⅱ1－2㉔参照
(5) Swivel	よりもどし金具	全点で使用 図Ⅱ1－2㉔参照
(6) Mooring buoy	流速計浮力用	全点で使用 図Ⅱ1－2㉕参照



LIGHT BUOY
(ZENI LITE BUOY TYPE 3)

■ SPECIFICATIONS:

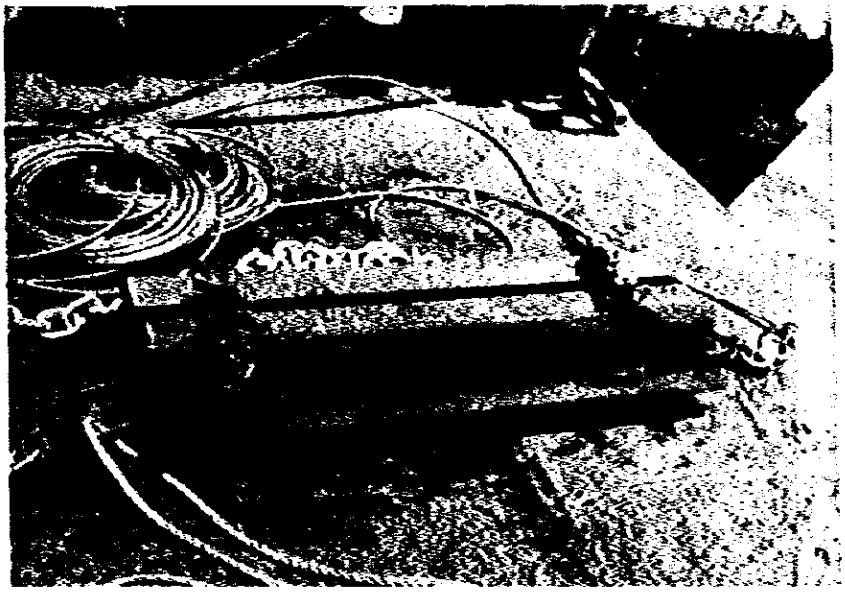
I	Float Diameter	70 cm dia.
	Overall Length	4.39 m
	Focal Plane Height	1.52 m
	Total Weight	100 kgs.
	Total Buoyancy	310 kgs.
	Pain Material	Anti-corrosive aluminum alloy (JIS A5052) Poly-urethane foam filled
	allowable Current	3 knots
II	Lantern	72 mm Lens, Marine Lantern ZL-72
	Bulb	6V, 3W (Shock Proof Type)
	Luminous Intensity	13 cd (72 mm clear lens)
	Range	2.5 mm (T = 0.74, 72 mm clear lens)
	Light Character	1 flash every 2 seconds
III	Power Source	80 pcs. of UM-1D, Double Folded Polycarbonate Case
	Service Period	4 months

図II 1－2㉑ Light buoy の概観図と仕様

図II 1－2㉒ Wire rope の写真
(Hommerlok type shackle と Swivel が装置されている)

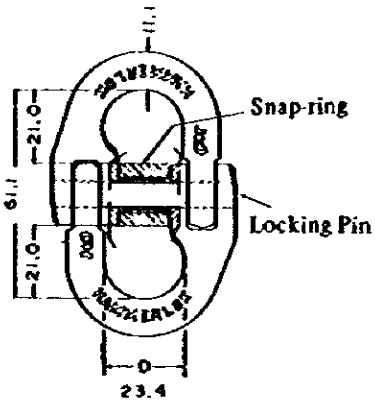
Sinker (large type)

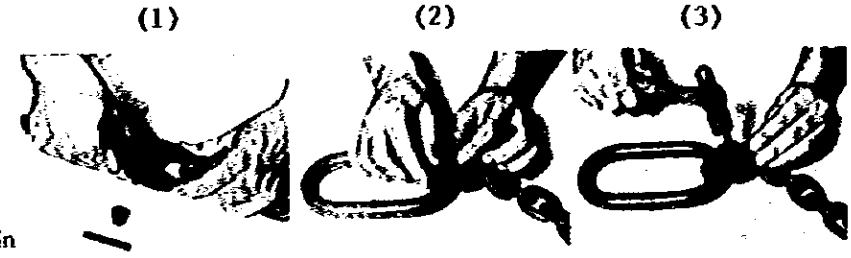
Chain



Sinker (small type)

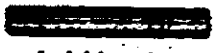
図II 1－2② Chain and Sinker の写真





<Hammerlok type Shackle of set method>

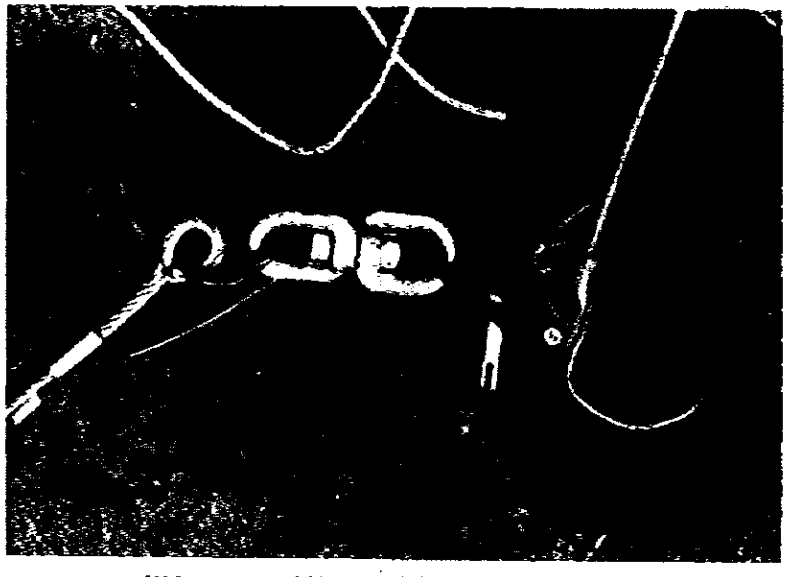
Snapring



Loicking pin

<Hammerlok type shackle>

<Standard type Shackle>



<Wire rope and Hammerlok type Shackle Swivel>

Fig. II-1-2-(24) Shacle and swievel

図II 1－2㉔ 係 留 ブ イ

3) その他の機器の仕様

（アンデラーRCM－4型流速計用モニターシステム）

当モニターシステム（ハイドロホンレシーバー（hydrophone receiver）・2247，デッキユニット（deck unit）・2675，プリンター（printer）・2152）は，アンデラーRCM－4型流速計のモニター用装置である。見廻り点検時には船上よりハイドロホンレシーバーを降し流速計のトランスジューサーから発信された水中音波信号（ultora-soni wave）を受信し，デッキユニットに測定値を打ち出す。設置及び記録回収時には流速計投入前にケーブルで流速計のElectrical terminalとプリンターを接続し，流速計の作動状況を確認する。

図Ⅱ1－2㉔にそれ等の概観写真と仕様を示す。

（データ処理システム）

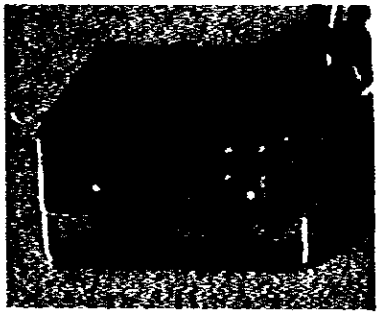
データ処理システム〈テープリーダー（tape reader 2650），テープパンチャー（tape puncher FACIT4070），CPU（UAR－80），プリンター（printer TP－80）は，アンデラー流速計で収録した磁気テープを現地にてデータ処理する装置である。データ収録状態のチェックには，磁気テープをテープリーダーにかけ，CPUにデータを転送して演算処理を行い，プリンターに演算値を打ち出す。なお詳細な解析を行うために，テープリーダーとテープパンチャーを接続し紙テープに打ち出して，現地より持ち帰り，大型コンピューターにて処理をする。図Ⅱ1－2㉕に概観写真を示す。

SPECIFICATIONS

HYDROPHONE RECEIVER 2247

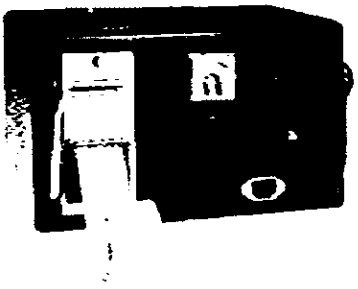
Detection Range:	Typically 800 meters
Operating Frequency:	16,384 Hz
Supply Voltage:	6 to 9 volts, supplied from Printer 2152 or Deck Unit 2675
Current Consumption:	3 mA
Operating Temperature:	−10°C to +40°C
Output Signal:	5 volts negative
Bandwidth:	200 Hz
Cable:	Three conductor, Neoprene cable
Cable Length:	25 meters
Plug:	Belling Lee L 1349 FS
Weight: (with 25 meter cable)	5.3 kilograms

DECK UNIT 2675

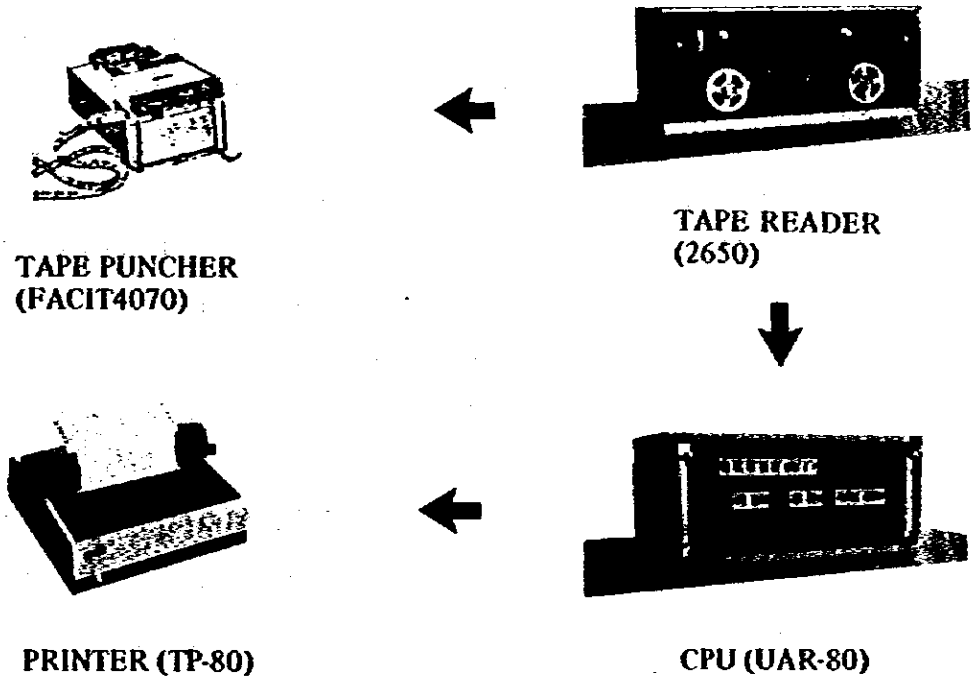


Supply Voltage:	9 volts battery, Part Not. 2591 or equivalent
Current Consumption:	8 mA maximum (will vary according to amount of data displayed)
Operating Temperature:	−10°C to + 40°C
Input Signal:	10 bit binary code, 5 volts negative
Receptacle:	Belling Lee L 1349 CP
Weight:	1.8 kilograms

PRINTER 2152



図II 1 − 2㊷ モニターシステム概観写真と仕様



図Ⅱ1－2② データ処理システムの概観写真

1－3 シンガポール海域における他機関の流動調査の実施状況

今回の調査の実施にあたり，シンガポール海域周辺の流動調査の実施状況について調べた。

その結果，(1)シンガポール共和国側で実施した調査1件，(2)インドネシア・日本・マレイシア・シンガポールが実施した調査1件，合計2件の調査結果の資料を入手することができた。

これ等の調査結果の資料は，今回の現地調査結果と比較できるよう解析を行い，コメントを付けた。

それ等の結果は，「1－6 資料収集データの解析結果」の項で述べる。

入手した報告書の名称は下記のとおりである。

(1) Report on Boring and Survey for Petrochemical Complex at Pulan Ayer Merbau of Singapore for Petrochemical Corporation of Singapore, October 1979.

以下，本調査については「Pulau Ayer Merbau周辺流動調査」と云う。

(2) Report on Joint Production of Comon Datam Charts of the Straits of Malacca and Singapore.

「マラッカ・シンガポール海峡潮汐潮流共同調査に関する報告書，昭和54年11月，イン

ドネシア・日本・マレイシア・シンガポール」

以下本調査については，「マラッカ・シンガポール海峡潮汐潮流調査」と云う。

1－4 データ解析

1－4－1 データ解析について

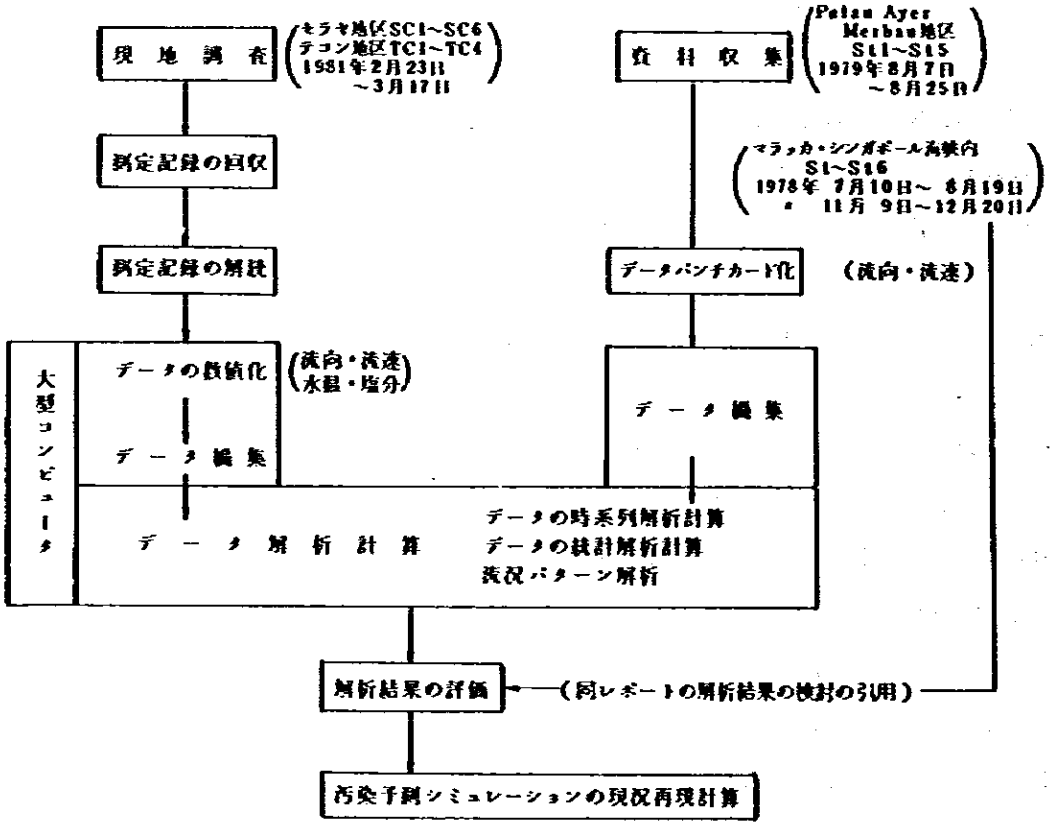
現地調査において得られた流向・流速・温水・塩分の測定記録は，解読装置を通して数値化し，大型コンピュータを用いて種々の解析を行う。

解析結果は現地海域の流況の現況把握資料として，また汚染予測シミュレーションの流況の現況再現計算の入力データとして使用する。

一方，本調査のために併せて入手したシンガポール共和国側の現地調査データも同じように大型コンピュータにより解析を行い流況の現況把握並びに汚染予測シミュレーションの参考資料として使用する。

本項では上記のデータ解析の手順と方法について記述する。

図Ⅱ1－4①に今回の調査のデータ解析の手順の概要を示す。



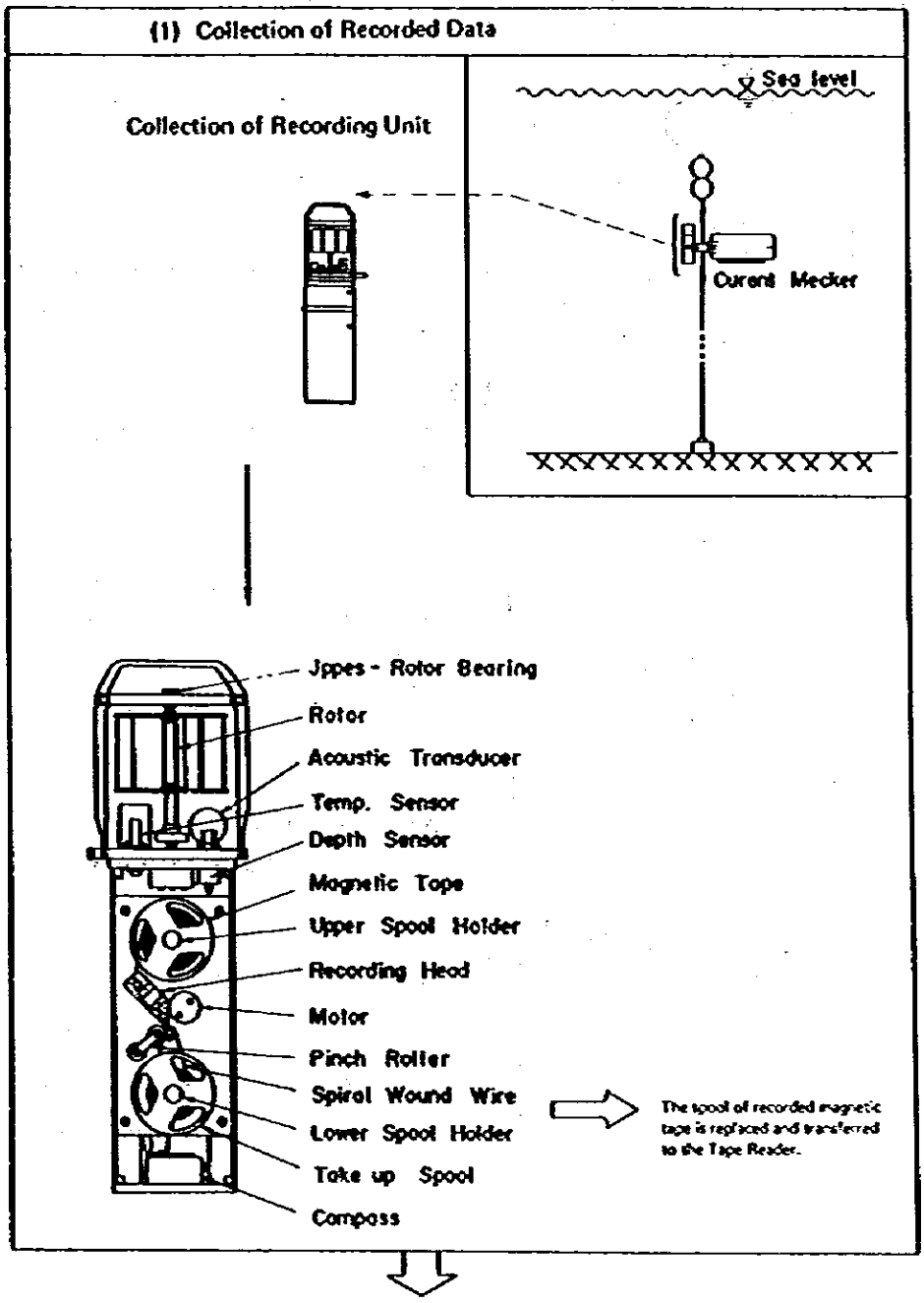
図Ⅱ1－4① データ解析の手順の概要

1－4－2　現地調査データの解析

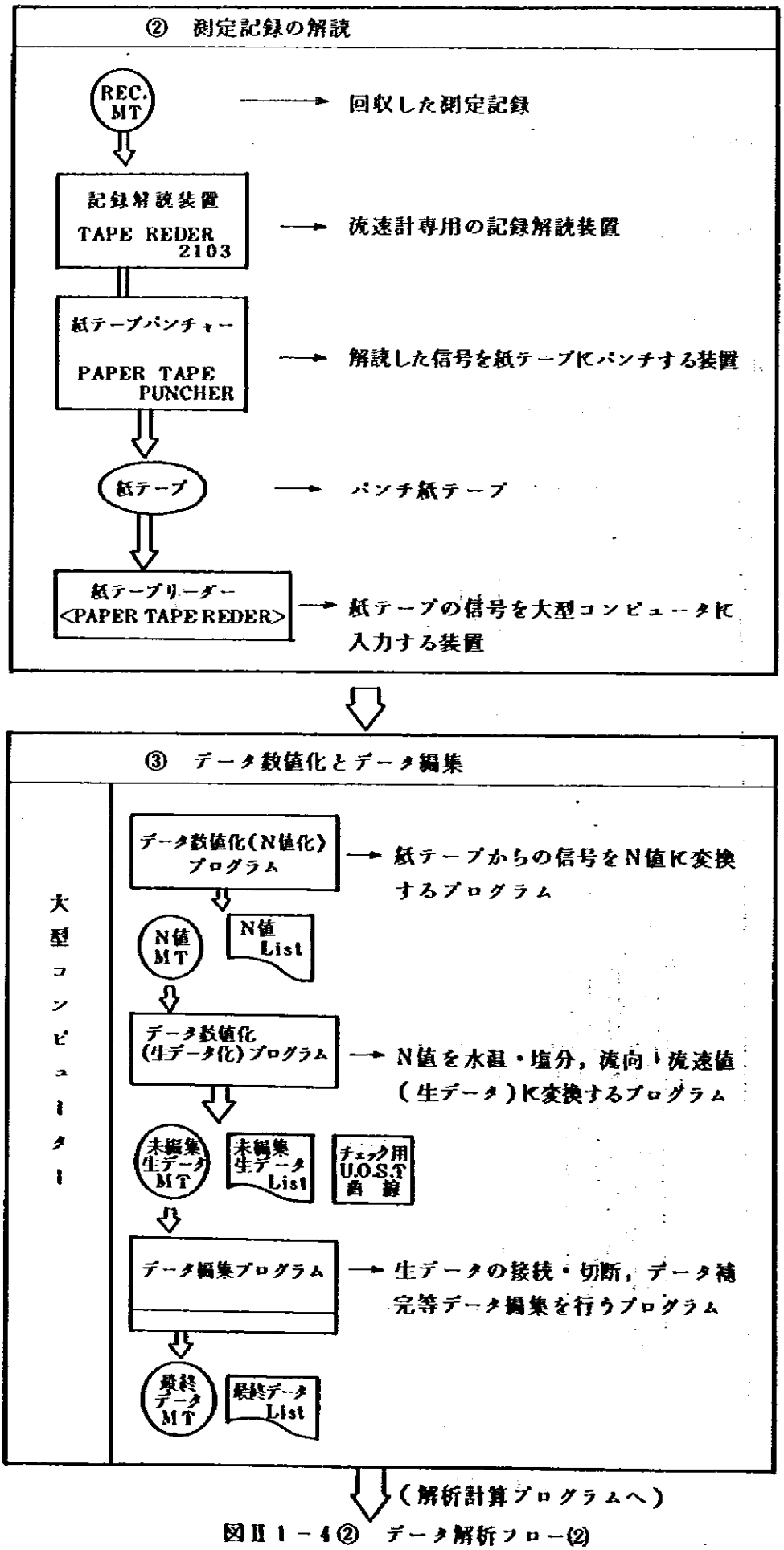
現地調査において得られた流速計の測定記録は，そのままでは判読できないので，流速計専用の解読装置を通して解読し，数値化してデータの取得状況を確認する。

数値化したデータはデータ補正，補完等のデータ編集を行って解析計算を行い現地海域の流況の現況把握資料を得る。

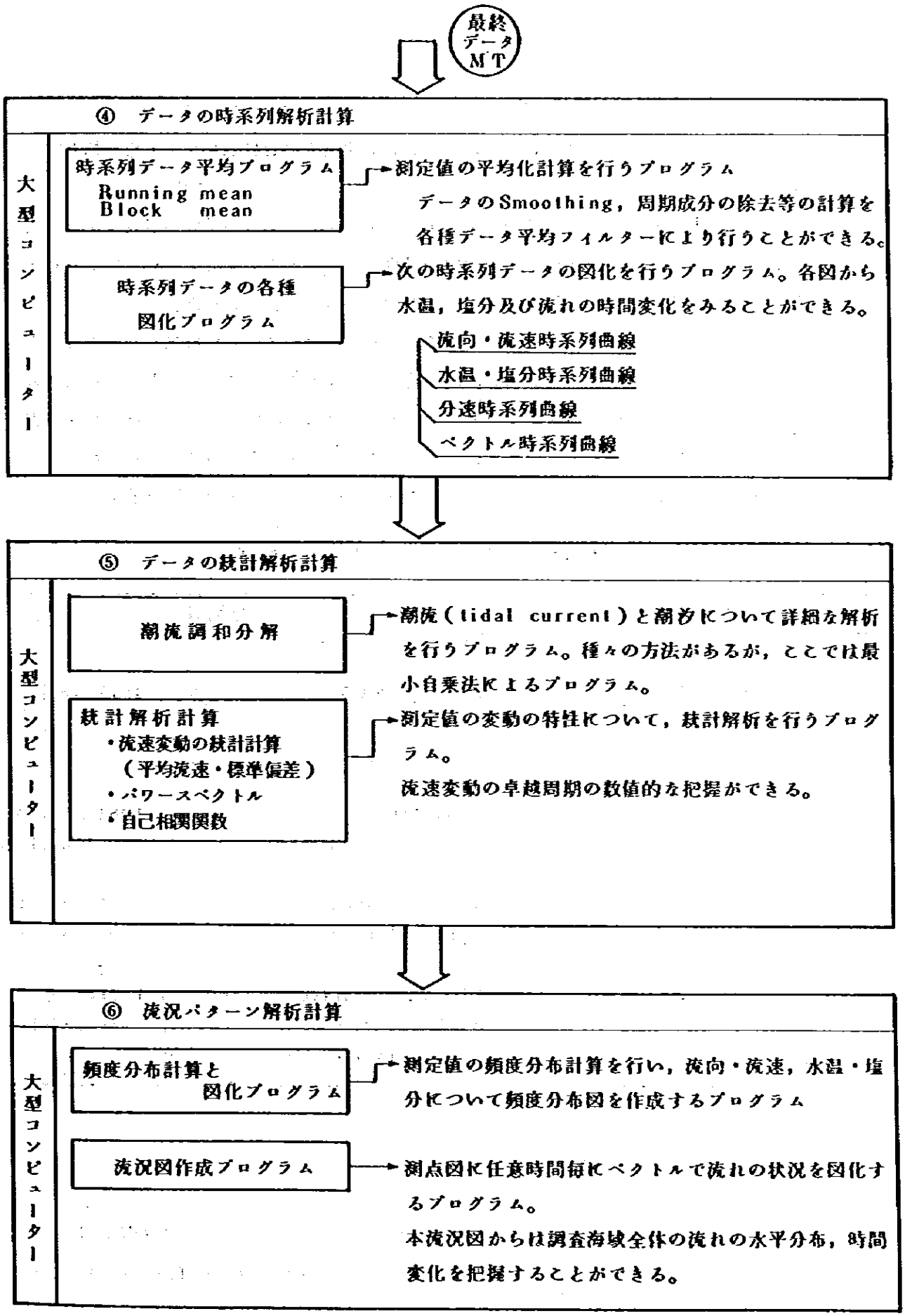
図Ⅱ1－4②に以上のデータ解析のフローを示す。このフローに従って解析を行う。



図Ⅱ1－4②　データ解析のフロー(1)



図II 1－4② データ解析フロー(2)



図Ⅱ1－4② データ解析フロー(3)

1－4－3　資料収集データの解析

収集した流動調査のデータは，他の潮位調査，気象調査の資料収集データと一括して整理を行った。

データの解析方法としては，前項「図Ⅱ1－4①　データ解析の手順の概要」で示したように，データをパンチカード化して大型電子計算機に入力した。そしてデータ編集を行って，今回の現地調査と同じデータ解析プログラムを使って解析計算を行った。

これは，今回の現地調査結果と同じ視点で，資料収集データの解析結果を見るためである。

なお，全資料収集データ（流動調査，潮位調査，気象調査データ）のうち，流動調査のマラッカ・シンガポール海峡潮汐潮流調査については，今回の現地調査と同じ解析が既に実施され，それ等の結果が報告書に発表されていたので，データ解析は特に実施しなかった。

表Ⅱ1－4①に，パンチカード化してデータ解析を行ったデータの一覧を示す。

表Ⅱ1－4①　パンチカード化したデータ一覧

調査項目	測点	観測層	期間
(1) シンガポール共和国側実施流動調査			
（Pulau Ayer Merbau 地区流動調査）	St 1～St 5	－3m	1979年8月 7日 ～ 8月25日
(2) 潮位調査			
実測調位	Slave One	—	1981年2月23日
	Jurong Wharf	—	～ 3月17日
予報潮位	Victoria Dock	—	1981年3月 1日
	Jurong Wharf	—	～ 3月31日
(3) 気象調査	Changi Air Base	—	1981年2月23日
	JTC Flatted Factory Jurong	—	～ 3月17日

1－5　現地調査データ解析結果

1－5－1　測定記録の回収

流速計の記録部ユニット（recording unit）の内部にあるスイッチをONにすると流速計のセンサー（senser）は，表Ⅱ1－5①に示すリファレンス（reference），水温，

電気伝導度（conductivity），深度（pressure），流向（direction），流速（velocity）の6要素の測定をCh 1～Ch 6の順番で開始する。

ここでCh 1リファレンスは，各流速計個有の値であり，流速計の記録のための識別用番号である。

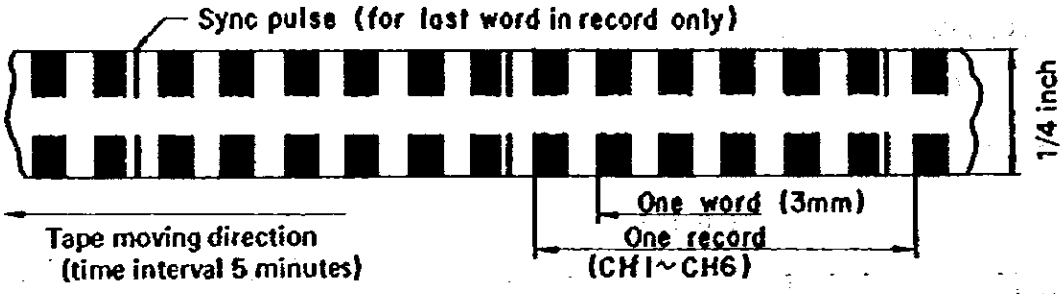
表Ⅱ1－5① 流速計のセンサー一覧

CH	要素	センサー	レンジ
1	レファレンス	固定抵抗	—
2	水温	サーミスター	W −0.34 ～ 32.17℃ L −2.46 ～ 21.48℃ H 10.08 ～ 36.04℃
3	電気伝導度	電磁誘導セル	標準 0～70 mho/cm 高感度 22～64 mho/cm
4	深度	ブルドン管	RCM－4：0～3,000 PSL RCM－5：0～8,000 PSL
5	流向	磁気コンパス	0～360°
6	流速	ローター及びローターカウンター	2.5～250 cm/sec

6要素の測定値は流速計内部の変換機構（名称rotaryencoder）により2進法10 bit binaryのデジタル信号に変換されて記録用磁気テープに記録される。

この記録用磁気テープはオープンリール（open reel）型の¼インチ磁気テープである。（以下「Rec. MT」と云う。）

今回我々は流速計の測定間隔（time interval）を5分にセットしたので，5分毎に各測定値は，CH 1～CH 6の順番で記録され，最後に区切り信号（sync pulse）が入力され1回の記録作動（onerecord）が終了する。このRec. MT上の記録の状況（recording format）を図5Ⅱ1－5①に示す。



図Ⅱ1－5① Recording Format

さて，上記の手順で測定された記録の回収は現地海域において流速計の記録部ユニットの内部からSpoolに巻かれた記録をSpoolごととりはずして行う。

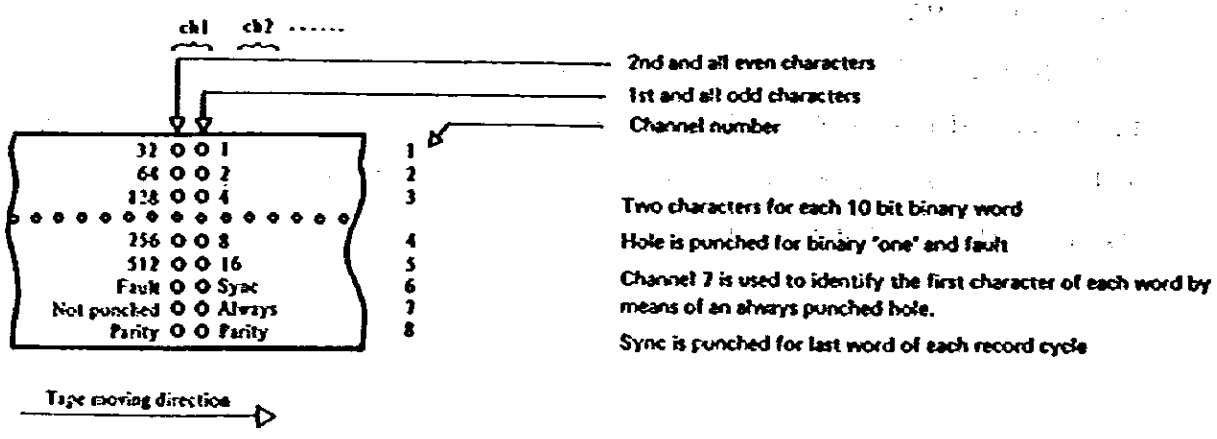
1－5－2 測定記録の解読

回収したSpoolは本流速計専用の記録解読装置（Tape reader 2103）にセットし測定値の信号を解読し，これを紙テープパンチャー（ Paper tapepuncher ）において紙テープにパンチする。ここでパンチ化の状況から記録の状況の第1次チェックを行う。

紙テープに変換したのは，大型コンピュータに入力させるためのステップで，このテープ内の測定値は紙テープリーダー（Paper tape reader）を通じて大型コンピュータに入力される。

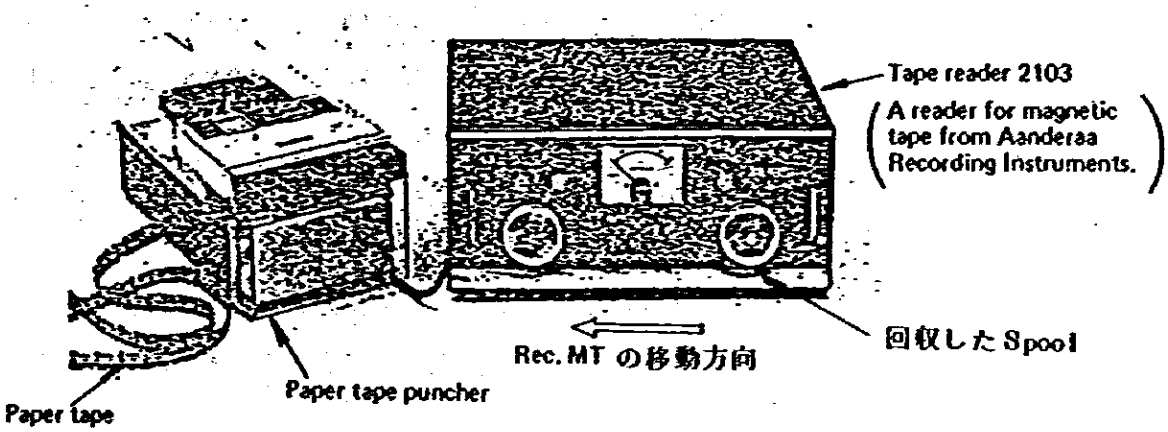
ここで使用する紙テープは25㎜巾8チャンネル，コード，FF1－PS型のものである。

紙テープには図Ⅱ1－5②に示すように2進法の値でCh 1～Ch 6の順番で1チャンネルずつデータがパンチされて並んでいる。



図Ⅱ1－5② Punched Paper Tape Format

図Ⅱ1－5③に記録解読装置と紙テープパンチャーの概観を示す。記録が巻きとられているSpool（回収したSpool）を解読装置前面パネルの右側にセットし左側の空Spoolに巻き取られるようにしてスイッチONするとRec. MTが左側の空Spoolに移動し解読が開始され，同時に紙テープパンチャーも作動してパンチされた紙テープがはき出される。



図Ⅱ1－5③ Tape RederとPaper Tape Puncher

1－5－3 データ数値化とデータ編集

紙テープリーダーを通じて大型コンピュータに入力された測定値は演算され数値化される。

数値化されたデータは，この段階では異常値（error data），欠測（例えば流速計のテープの回収の際の給上作業の間の欠測）等が含まれている恐れがあり，これは，この後の統計解析の精度にも影響を与えるため異常値のカット，データの接続，データ補完等の編集作業を行う。そして最終チェックを終えた編集データが，統計解析計算にまわされる。

データの数値化は2段階（2Step）に分れている。等1段階は紙テープ内の記録（2進法値）を10進法値に交換するもので，この10進法値は求める流向や流速に換算していない初期値で，N値と呼ばれている。

ここでこのN値のデータリストと磁気テープ（MT）が作られる。このN値のリストで記録の状況の第2次チェックを行う。

このN値のリストの一部を表Ⅱ1－5②に示す。この表の値はTC1の1981年2月26日11時50分～12時05分の5分毎の値である。

この表の値は未換算の値であるので，このままでは使用することはできない。

表Ⅱ1－5②　N値で示された各チャンネルの測定値

	Ch1（リファレンス）	Ch2（水　温）	Ch3（伝導度）	Ch4（深　度）	Ch5（流　向）	Ch6（流　速）
TC1 3/6 11h50m	210	752	695	1,023	932	47
11h55m	210	752	695	1,023	929	49
12h00m	210	752	695	1,023	928	49
12h05m	210	752	696	1,023	928	51

第2段階は，上記のN値をそれぞれの換算式により水温伝導度，流向，流速の値に直すものである。

ここで始めて測点毎の水温，電気伝導度，塩分，流向，流速，北方分速，東方分速が求まる。これ等のデータの中で塩分は電気伝導度の値から演算して求める。また，北方分速，東方分速は，流向，流速の値から演算して求める。

表Ⅱ1－5③に以上のデータの打出リストの1例を示す。

この表はTC1の1981年2月26日11時00分～13時00分のデータで11時45分から11時50分にかけて塩分や流速の値が船上での値から海中での値に変り流速計が海中に投入されたことがわかる。

表Ⅱ1－5③ 最終データリスト（TC1の例）

*** RESULTS FROM AANDERAA RECORDING METERS MODEL 4 ***

AREA : SINGAPORE
ST. : TC1 LAYER : 0.5M
MAG.N : 0.
LAT. : 1. 25.0 N LONG. : 104. 0.1 E
INSTRUMENT SERIAL NO. : 2854
SAMPLING INTERVAL : 5 MIN
SERIES BEGIN : 1981 Y 2 M 26 D 8 H 0 MIN

Reference,	Date, M D	Time, H M	Water Temperature °C	Conductivity, MMHOS	Salinity, PPT	Direction, DEG	Velocity, CM/S	North Component, CM/S	East Component CM/S
209	2 26	11 0	29.1	-0.7	-0.61	206.	0.	0.	0.
209	2 26	11 5	29.2	-0.7	-0.61	206.	0.	0.	0.
209	2 26	11 10	29.2	-0.7	-0.61	205.	0.	0.	0.
209	2 26	11 15	29.3	-0.7	-0.61	205.	0.	0.	0.
209	2 26	11 20	29.3	-0.7	-0.61	206.	0.	0.	0.
209	2 26	11 25	29.4	-0.7	-0.60	206.	0.	0.	0.
209	2 26	11 30	30.2	-0.7	-0.60	294.	2.1	0.8	-1.9
209	2 26	11 35	31.7	-0.7	-0.59	351.	4.3	4.2	-0.7
209	2 26	11 40	33.6	-0.7	-0.58	349.	0.	0.	0.
753	2 26	11 45	28.6	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
210	2 26	11 50	30.4	52.2	30.59	327.	27.8	23.3	-15.2
210	2 26	11 55	30.4	52.2	30.59	326.	28.9	23.9	-16.3
210	2 26	12 0	30.4	52.2	30.59	325.	28.9	23.8	-16.4
210	2 26	12 5	30.4	52.2	30.64	325.	30.1	24.7	-17.1
210	2 26	12 10	30.4	52.2	30.64	323.	31.2	25.0	-18.6
210	2 26	12 15	30.4	52.2	30.64	326.	31.7	26.2	-17.9
210	2 26	12 20	30.4	52.2	30.64	327.	32.5	27.7	-17.7
210	2 26	12 25	30.4	52.2	30.64	323.	31.2	25.6	-18.6
210	2 26	12 30	30.4	52.2	30.59	325.	29.5	24.1	-17.1
210	2 26	12 35	30.4	52.2	30.64	326.	29.5	24.6	-16.5
210	2 26	12 40	30.4	52.2	30.64	329.	30.6	26.1	-16.0
210	2 26	12 45	30.4	52.3	30.69	328.	32.9	27.8	-17.5
210	2 26	12 50	30.4	52.3	30.71	326.	34.5	28.7	-19.3
210	2 26	12 55	30.3	52.3	30.73	333.	36.8	32.8	-16.7
210	2 26	13 0	30.3	52.3	30.75	335.	37.3	34.0	-15.5

Table Setting current meter

1－5－4　データの時系列解析計算

最終データはコンピュータ専用の磁気テープにおさめられて解析計算の作業工程へまわされてくる。

現地調査で得られたデータは前項の表Ⅱ1－5③からわかるように各データは時間の経過ともに変化している。時系列解析計算はこれ等のデータの時間的な変化について解析するものである。

まず，(1)時系列データの平均計算，(2)時系列データの図化の2作業を行う。

時系列データの平均計算は，データの平滑化（smoothing）と任意時間の周期成分のカットを行うためのもので，平均操作の方法には移動平均（running mean），ブロック平均（block mean）がある。この計算は解析計算の準備段階にあたるもので，観測データを平均操作により処理して種々の解析計算を行う。その具体的な例は時系列データの図化の項で述べる。

時系列データの図化は，得られた流向，流速，水温，塩分のデータを測定開始から測定終了までの間大型コンピュータのXYプロッターで座標上にプロットして時系列曲線として示す作業のことで，今回の調査では表Ⅱ1－5④に示す図化作業を行った。

表Ⅱ1－5④　時系列データの図化の例

図の名称	使用データ	平均操作
(1) 流向，流速，時系列曲線	流向・流速値	―（生データ）
(2) 塩分，水温，時系列曲線	水温・塩分値	―（生データ）
(3) 分速時系列曲線	流向・流速値より演算した北方，東方の分速値	1時間移動平均
(4) ベクトル時系列図	流向・流速のベクトル値	1時間移動平均 25　〃

これ等の図を使って調査海域の流れの速さ，方向，経時変化，変動の周期，水温塩分の経時変化等について状況の把握，推定を行うことができる。

以下，各図について今回の調査結果の説明を行う。

1) 流向流速時系列曲線

この図は5分毎に測定した流向・流速値をそのまま曲線化したものである。流速は5分毎に値をプロットしてプロット間を実線で結んでいる。流向は5分毎の値のプロットのみである。この図は平均化していない生のデータの状況をみるためのものである。流速の大きさ，卓越流向，経時変化の特徴についてみることができる。図Ⅱ1－5④，⑤は今回の調査結果のセラヤ地区（SC1～SC6）とテコン地区（TC1～TC4）のものである。

これ等の図からセラヤ・テコン地区とも流向，流速は明確な周期をともなって変化していることがわかり，又その周期はセラヤ地区とテコン地区では異っていることもわかる。

本図からわかることをまとめると次のようになる。

(1) 流向，流速とも明確な周期性がみられる。

セラヤ地区 … 約1日周期

テコン地区 … 約半日周期

(2) 転流（turn of tide）の状況は上記の周期で約180°転ずる。

(3) 憩流（slack water）の時間は短かい。短時間に転流が起きるものと思われる。

2) 水温・塩分時系列曲線

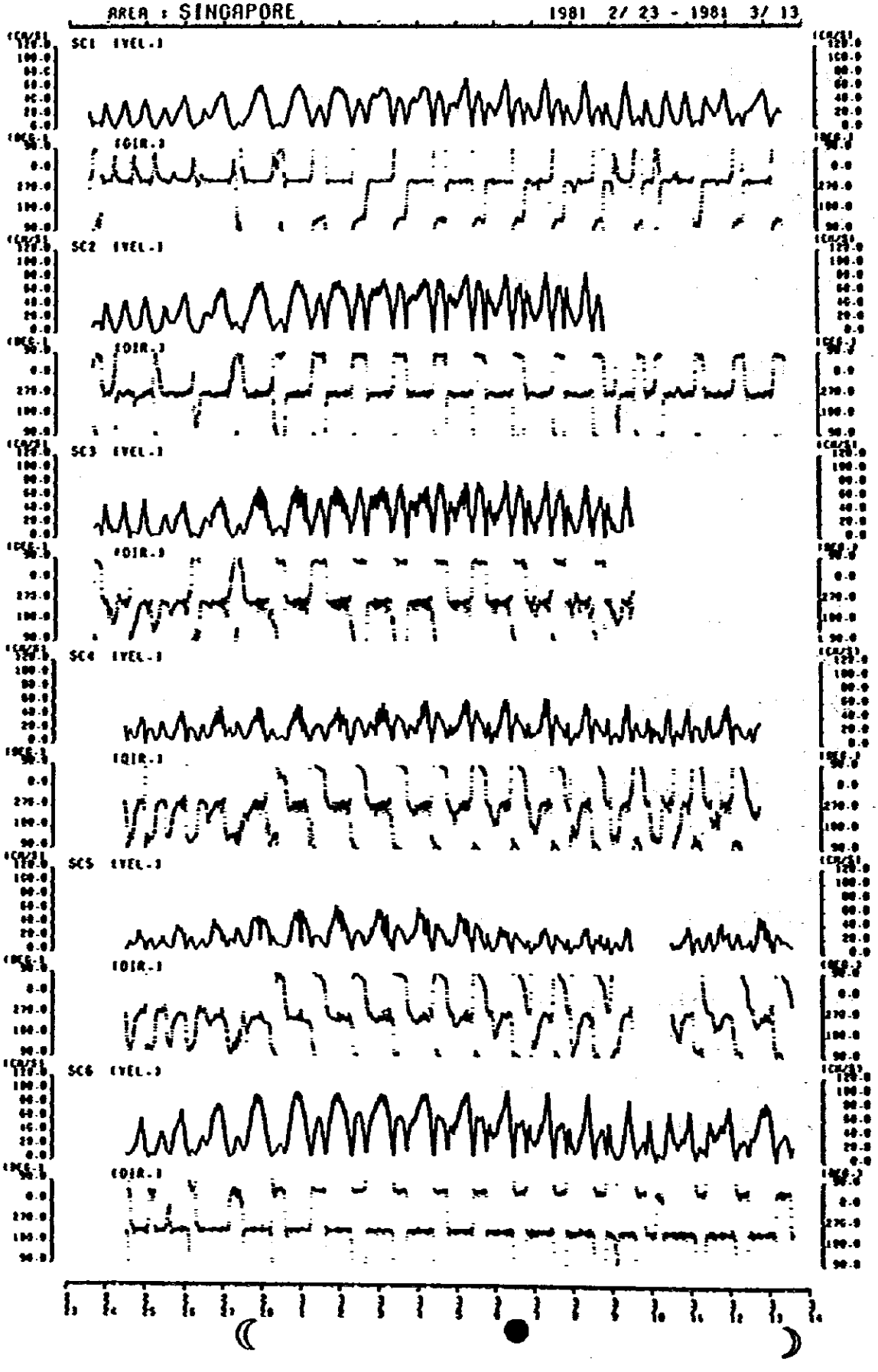
この図は前図（図Ⅱ1－5④，⑤）と同様，5分毎の水温・塩分値をそのまま曲線化したもので，5分毎のプロット間を実線で結んでいる。

この図からは調査期間中の水温と塩分の経時変化についてみることができる。また，流向，流速と同時測定なので，流れの変化との関連もみることができる。

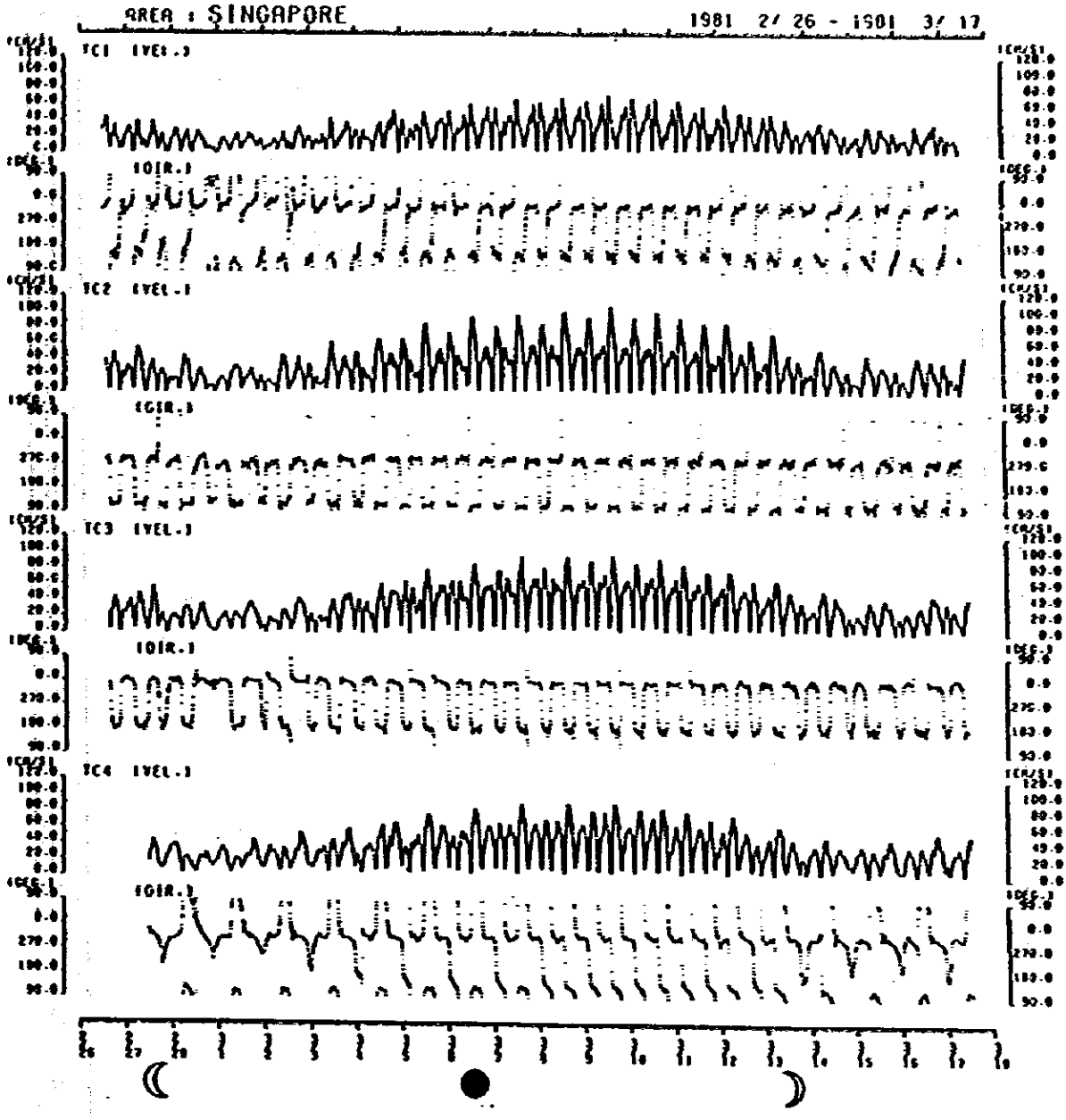
今回の調査結果のセラヤ地区とテコン地区の例を図Ⅱ1－5⑥，⑦に示す。本図からわかることをまとめると次のようになる。

(1) セラヤ地区は，塩分は大きな変化はみられないが，水温は1℃以内の変動がみられる。

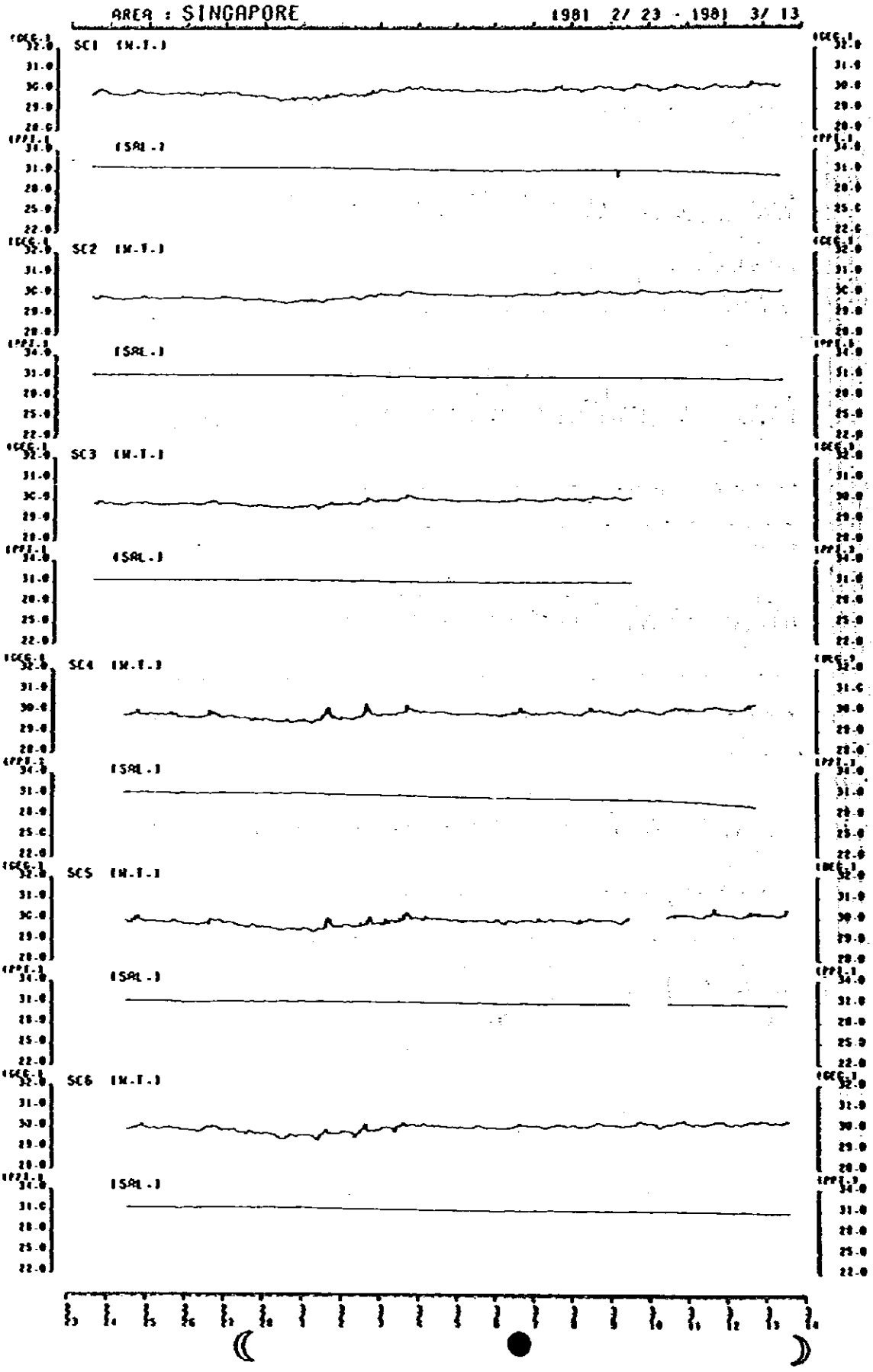
(2) テコン地区は，水温，塩分とも約半日程度の明確な周期性がみられる。これは，同地区北側に Sungai Johor，Sungai Uebam などの河川があり，約半日周期の流れがあるためと思われる。



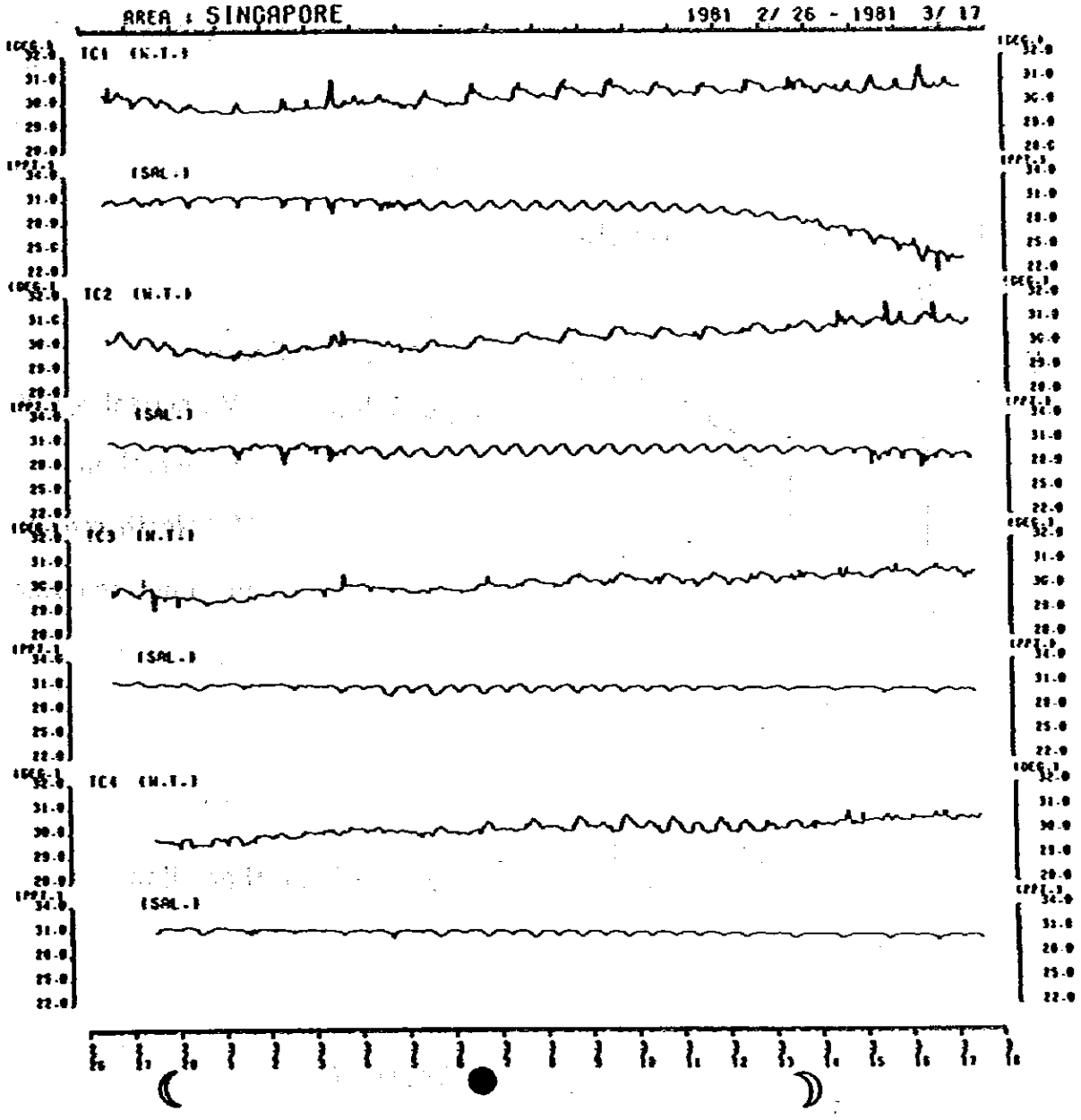
図Ⅱ１－５④　セラヤ地区の流向・流速時系列曲線



図II 1－5⑤　テコン地区の流向・流速時系列曲線



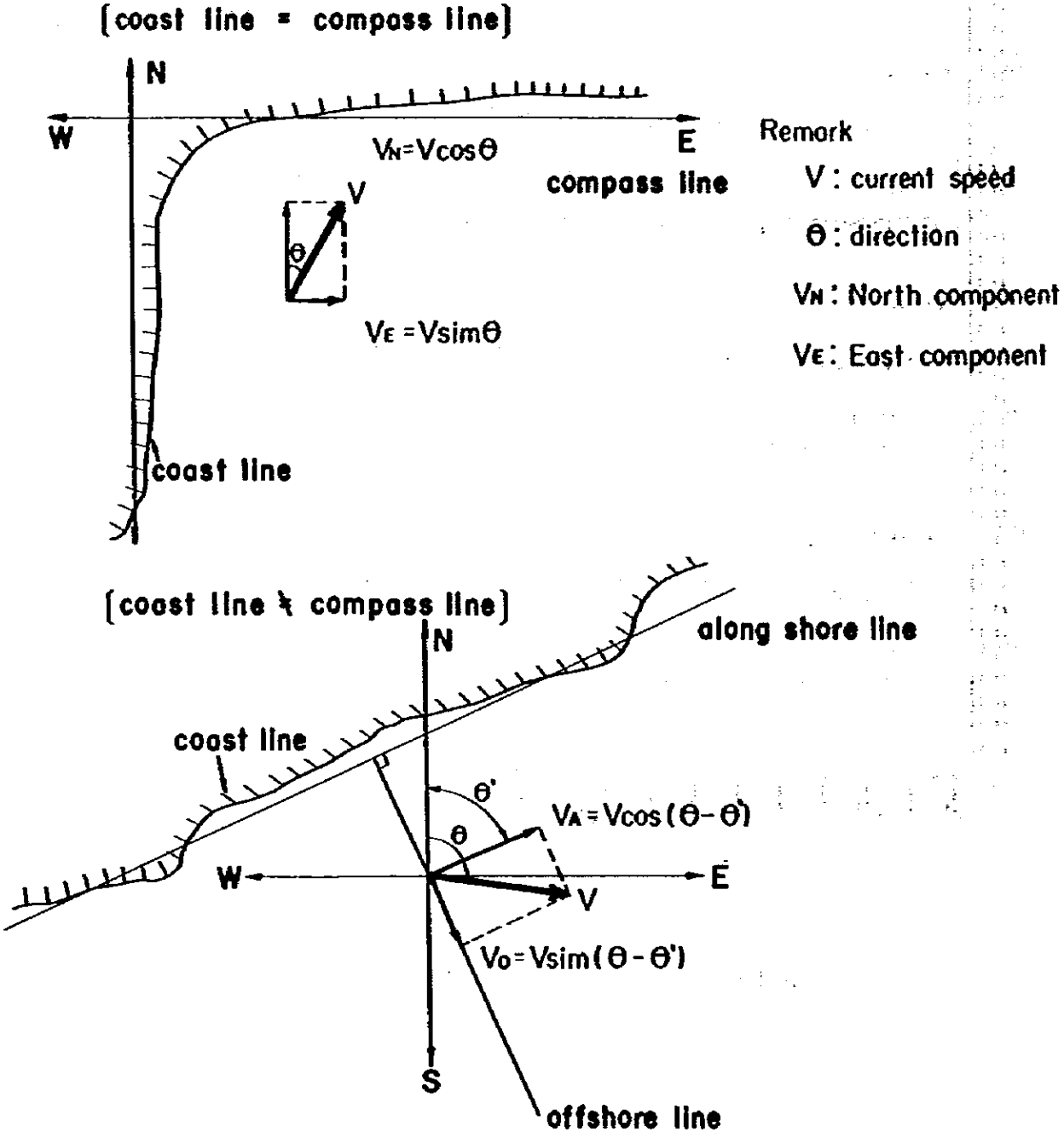
図II 1 ー 5⑥セラヤ地区の水温・塩分時系列曲線



図Ⅱ１－５⑦テコン地区の水温・塩分時系列曲線

3) 分速時系列曲線

この図は，流向θ，流速Vより南北および東西方向の分速成分（component）を求め各成分についてその分速値を時系列にプロットして曲線化したものである。また測点をとりまく海岸地形の形状によっては，海岸線に平行な成分（along shore component）と海岸線に直角な成分（offshore component）の分速値を求める場合もある。



図II 1－5⑧ 地形に応じた分速化の例

これ等のどちらかを選ぶかは，図Ⅱ１－５⑧に示すように調査海域の海岸線の方向が方位測線と平行であるか否かによって決定する。それぞれの例について分速値は図にも示すように，

coast line = compass line の時は

北方分速（N－comp）　$V_N = V\cos\theta$

東方分速（E－comp）　$V_E = V\sin\theta$

coast line ≠ compass line の時は

沿岸方向分速（along shore－comp）　$V_A = V\cos(\theta - \theta')$

沖方向分速　（off shore－comp）　$V_O = V\sin(\theta - \theta')$

となる。

さて，このようにして求めた分速値は南北成分の時は北側を＋，南側を－，東西成分の時は東側を＋，西側を－として時系列にプロットして曲線化する。そして各分速時系列曲線から調査海域の流れがどの位の周期で変動しているかを曲線の周期性をみて判断する。

実際例としては，およそその目安として通常一般の海域でみられる潮汐の影響による半日，１日の周期がみられるか？　或いは，そのようなものがみられない場合は，その周期はどれ位か？　こういった点を念頭において図の観察を行う。

今回の調査結果のセラヤ地区とテコン地区の例を各Component別に図Ⅱ１－５⑨，⑩に示す。本図は上段が平均化をしない５分毎値の分速時系列図，中段が１時間移動平均値の分速時系列図，下段が25時間移動平均の分速時系列図である。

この図からまず上中下段の３図（RAW，1 HRUN. M，25 HRUN. M）を比較してみると，平均操作をした分速時系列図は５分毎値の図よりも曲線が平滑され，なめらかになっていることがわかる。

これは，平均操作によってデータがsmoothingされたためである。本図の場合，１時間と25時間の移動平均操作をしているので，１時間の場合はそれ以下の周期成分がカットされる。25時間の場合は約１日の周期成分以下のものがカットされるので，曲線は１日よりも長い周期成分の変動を表わしていて，潮汐以外の原因による変動の周期についてみることができる。

以上の事より平均操作はデータをフィルターにかけて任意時間の周期成分をカットする役目をはたしていることがわかる。

現在我々は，通常表Ⅱ１－５⑤に示す平均操作のためのフィルターを解析計算の際用いる。

表Ⅱ1－5⑤　平均操作のための各フィルター

フィルター名	内容
1 hour filter {Running mean / Block mean}	データのsmoothingの際用いる。
25 hour filter {Running mean / Block mean}	1日以上の長い周期の変動について解析する際用いる。約1日以下の周期がカットされる。

なお，図Ⅱ1－5⑨，⑩の各図の下段には潮汐との関連をみるため最下段に実測の潮汐の経時変化を図化した潮汐曲線（tidal curves）を示した。本図の場合，セラヤ地区の図Ⅱ1－5⑨には近くのJurong Wharf，テコン地区の図Ⅱ1－5⑩には近くのSlave Oneの潮汐曲線が示してある。また図中の《は下弦（last quator），●は新月（new moon），》は上弦（first quator）の記号で月齢（age of moon）を表わしている。

当海域の場合，●新月やO満月（full moon）の後，約2日で大潮（spring tide）（潮差（tidal range）が一番大きい潮汐），　下弦や　上弦の後，約2日で小潮（neap tide　潮差が一番小さい潮汐）になるといわれている。当海域の流況は潮汐に起因する潮流が卓越していると思われるので，これ等の記号を付けて潮流と潮汐の関係をみられるようにした。

以上，図Ⅱ1－5⑨，⑩からわかることをまとめると次のとおりとなる。

＜セラヤ地区＞

(1)　基本的には1日周期が卓越しているが，●（新月）の後の大潮時に半日周期の変動がみられる。

(2)　1日以上の周期性は，本調査期間のデータからはみられない。（25RUN.Mの図参照）

(3)　流速は大潮期と小潮期で違いがみられて，大潮期の方が早い。

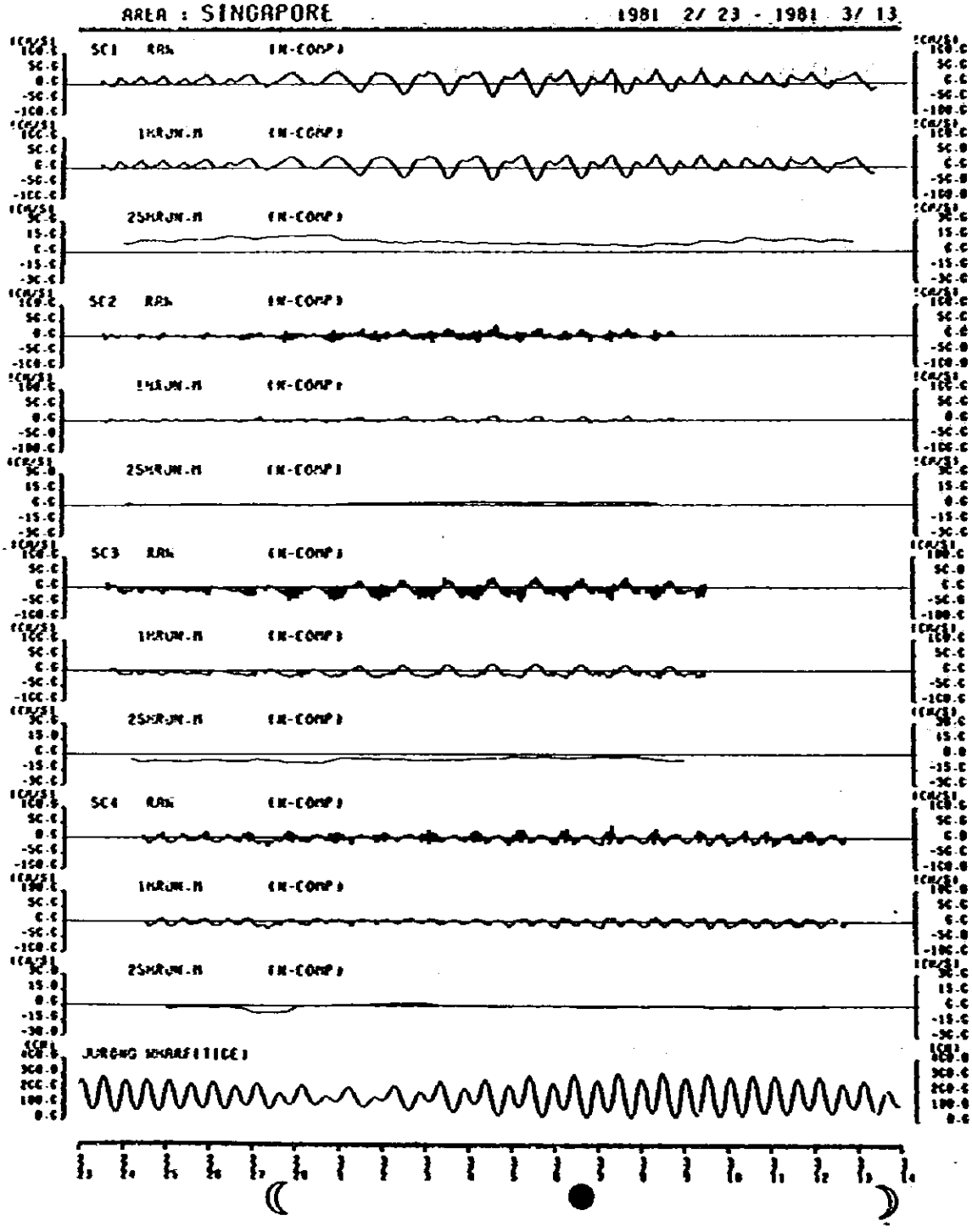
(4)　各測点をとりまく海岸線の方向と，その測点の流況の影響によりSC 2, 3, 5ではN－Comp（南北成分）の流速値は小さい。これは，これ等の測点は南北方向の流れよりも東西方向の流れが強いことを示している。

＜テコン地区＞

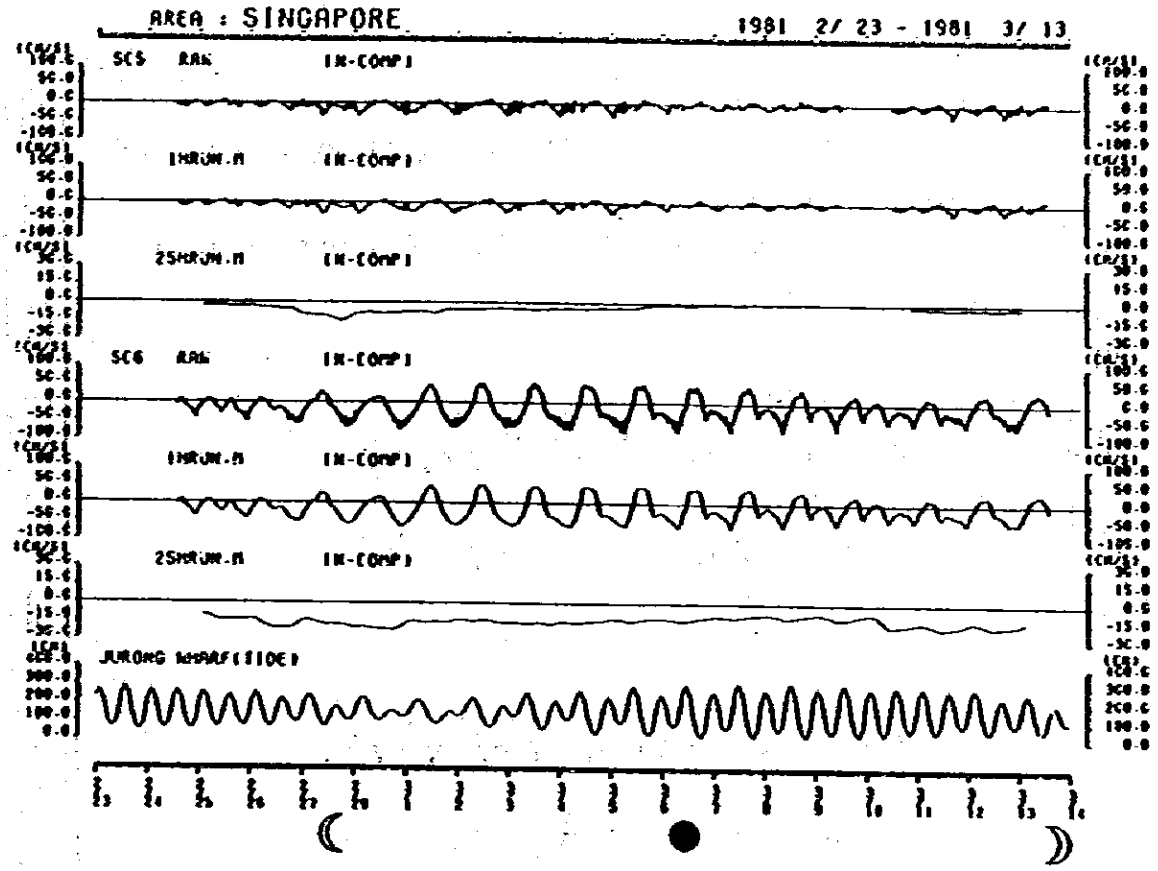
(1)　RAWや1HRUN.Mの図から，本地区は全期間にわたり半日周期の流れがみられる。

そして●新月の後の大潮の時は期間中一番流速が早い時期となっている。

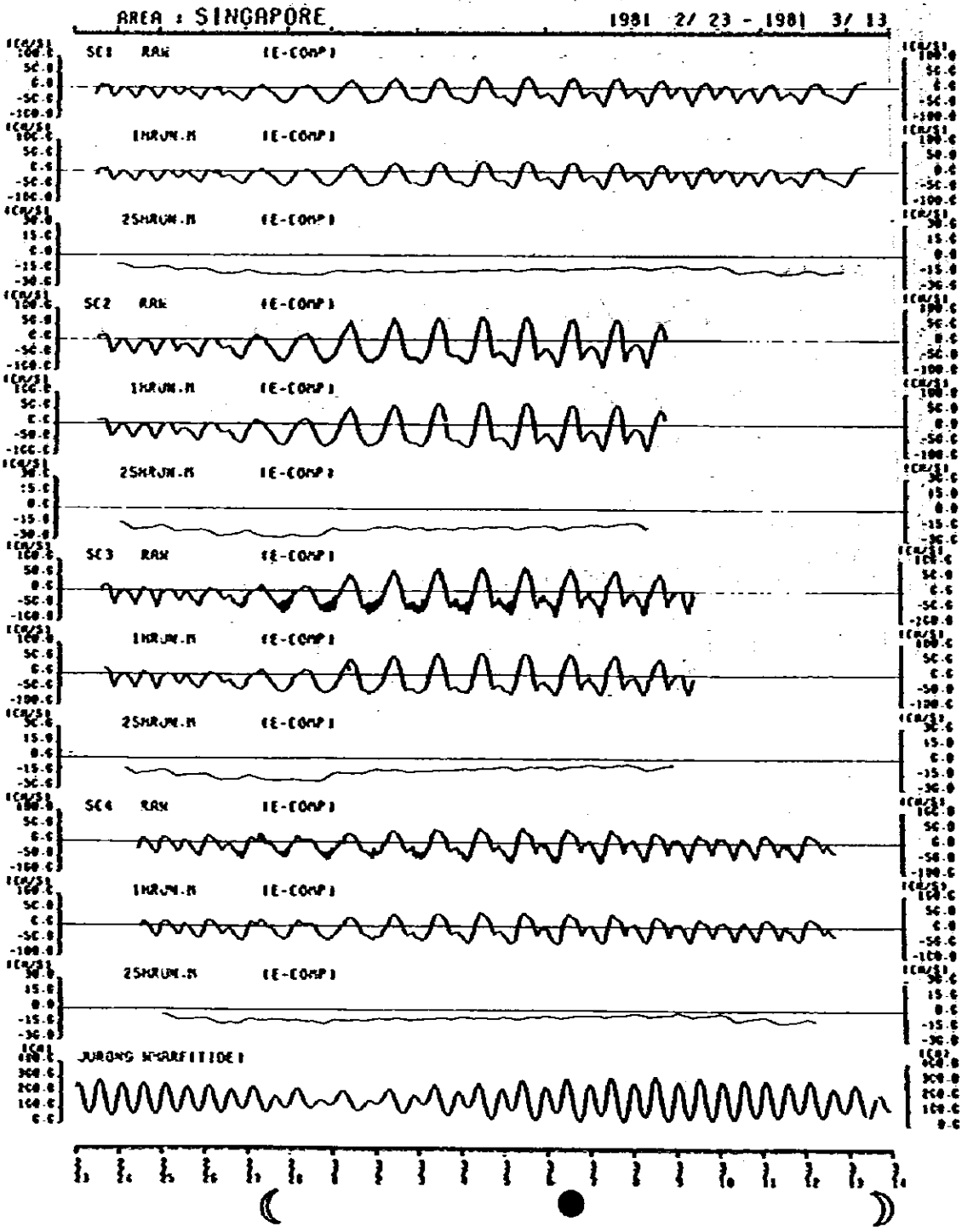
(2) 海岸線の方向，流況の影響によりTC２ではE－Comp（東西成分），TC３ではN－Comp（南北成分）の流速値が大きい。このことによりTC２は東西方向，TC３は南北方向の流れが強いことを示している。これ等の方向はTC２，TC３の海岸線の方向からも明らかである。



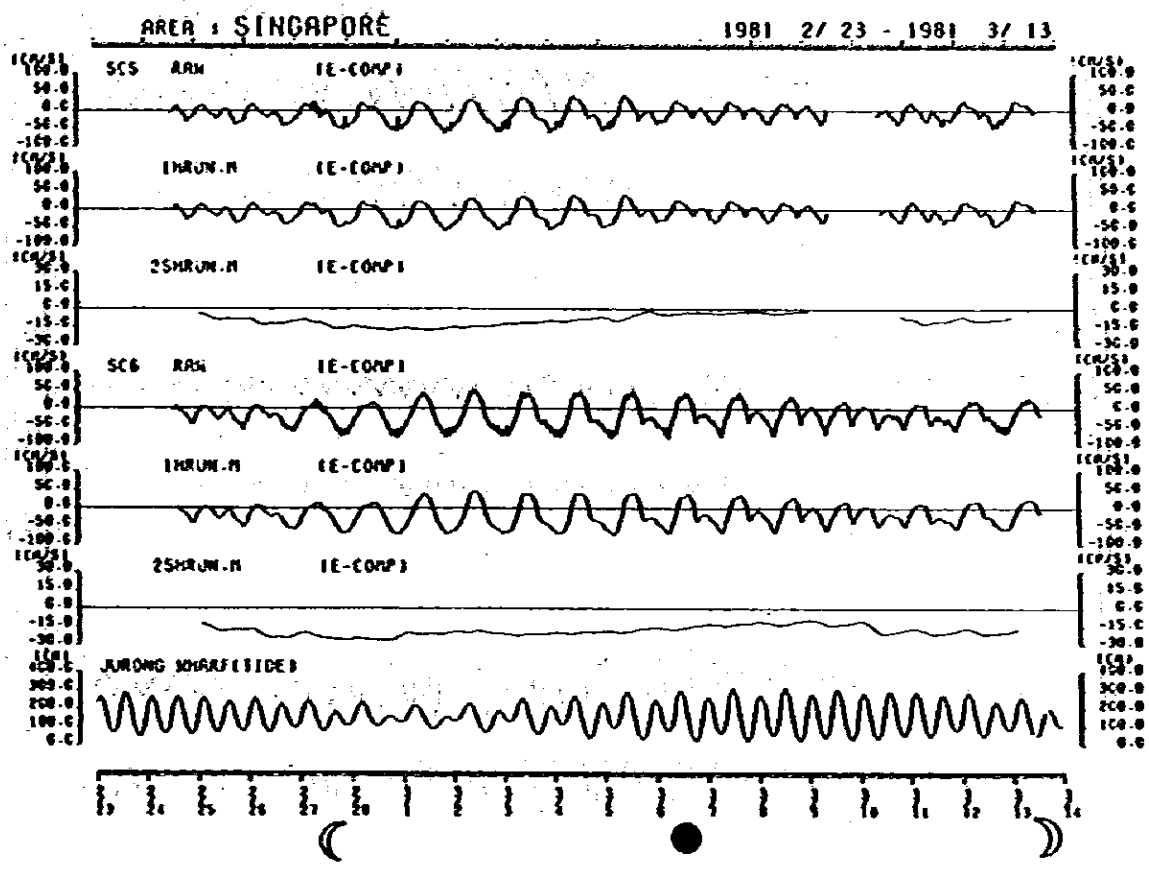
図II 1－5⑨　セラヤ地区のN－Compの分速時系列曲線(1)



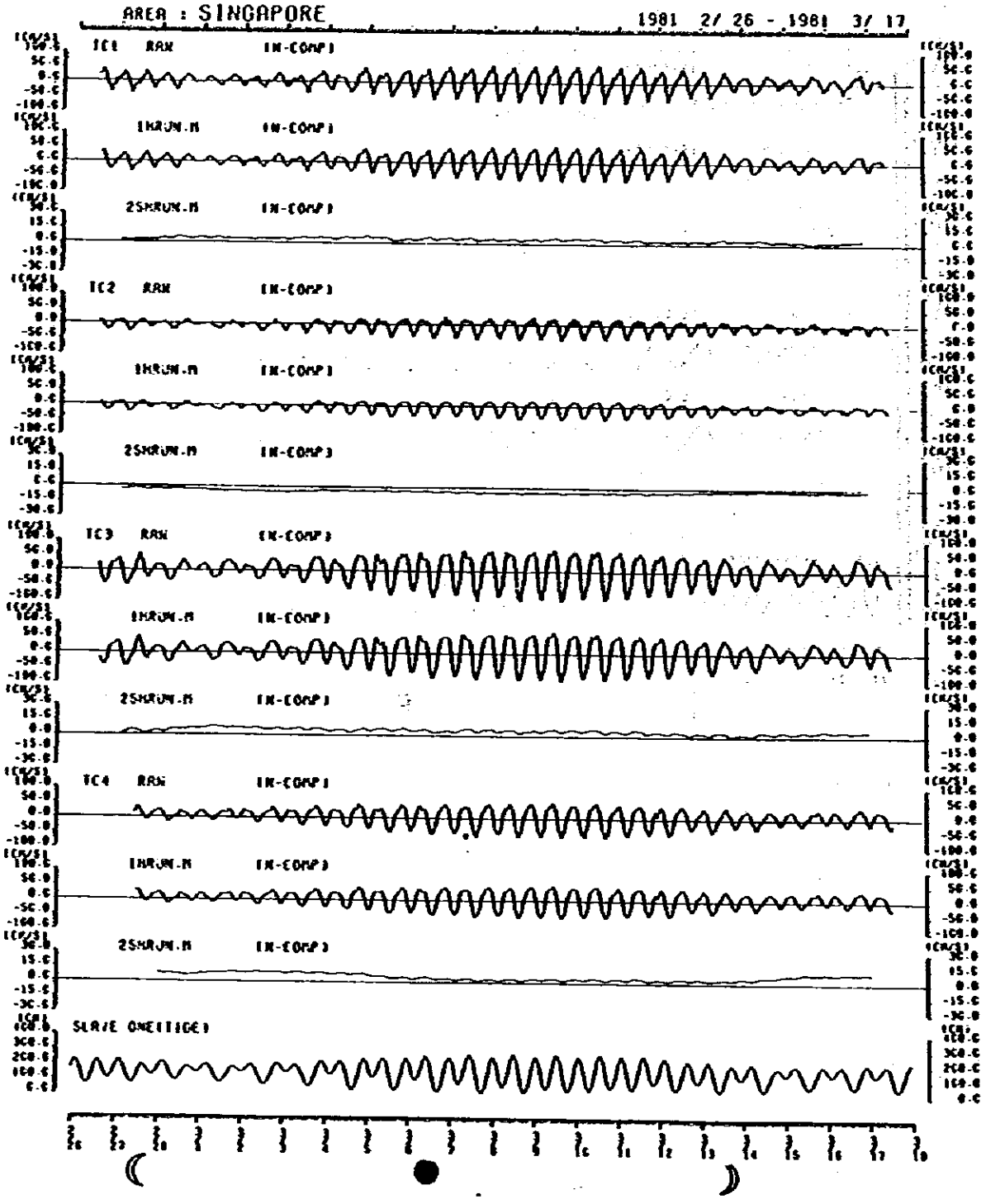
図Ⅱ１－５⑨　セラヤ地区のN－Compの分速時系列曲線(2)



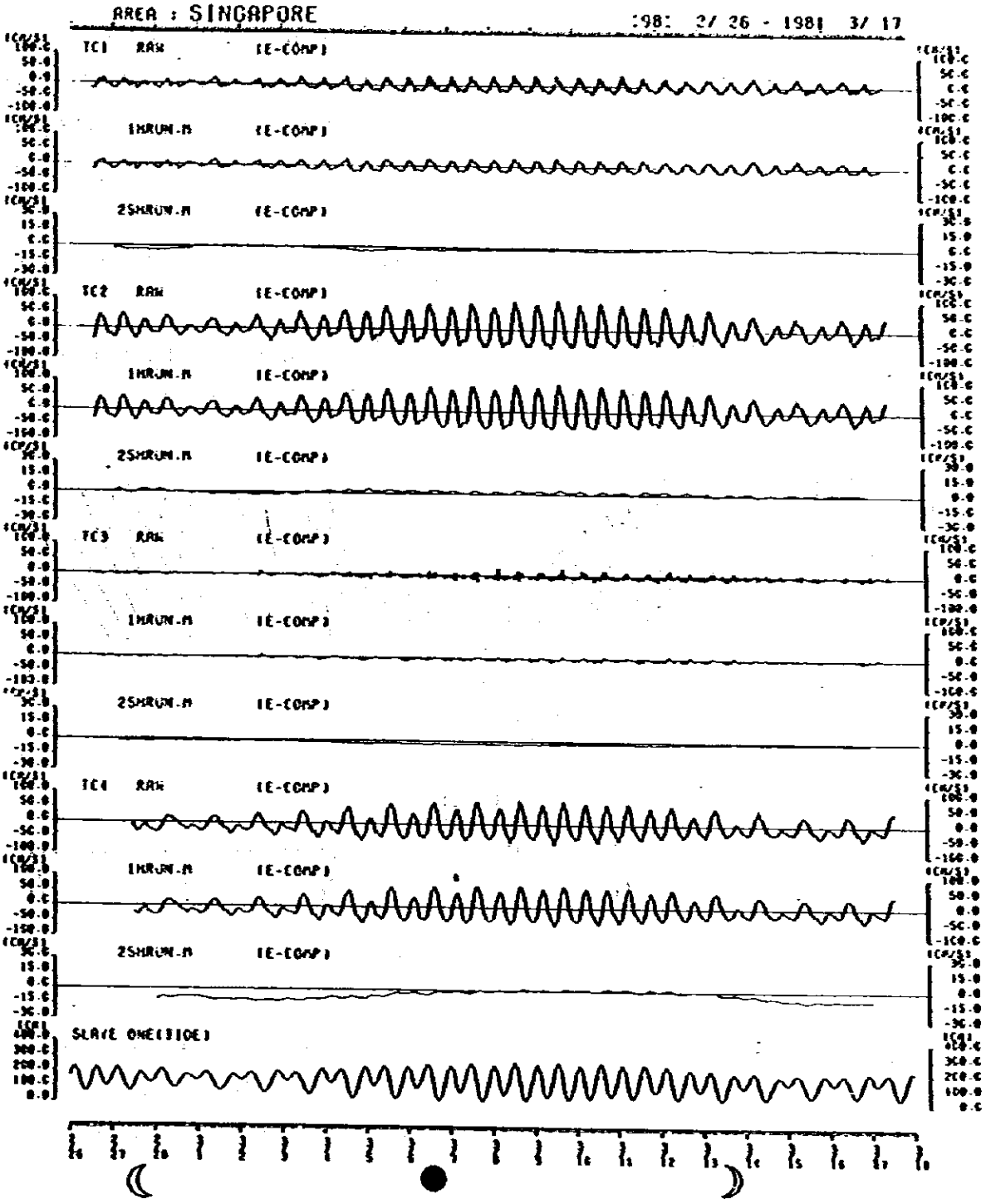
図Ⅱ１－５⑨′ セラヤ地区のE－Compの分速時系列曲線(1)



図Ⅱ 1 － 5⑨′ セラヤ地区のE－Compの分速時系列曲線(2)



図II 1－5⑩　テコン地区のN－Compの分速時系列曲線



図Ⅱ 1 − 5⑩' テコン地区のE−Compの分速時系列曲線

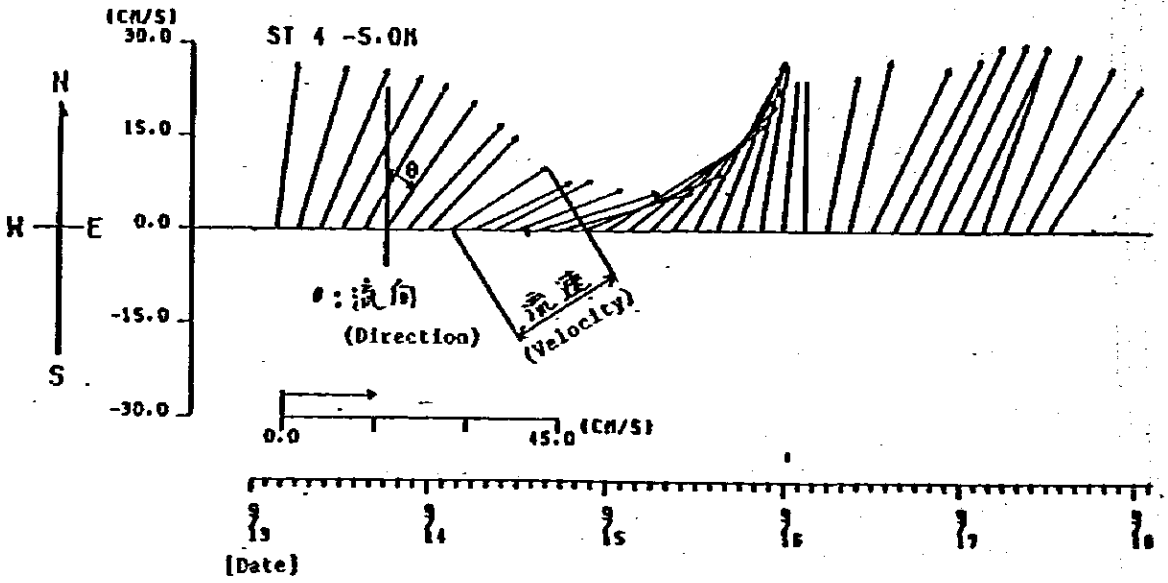
4) ベクトル時系列図

この図は，流向と流速をベクトルで表現し，時系列に図化したものである。

分速時系列曲線と比べて流向と流速をベクトルで表現しているので，実際の流速の変動を直観的にみることができる。図は，横方向が東西方向，縦方向が南北方向になるようにして，時間毎に流向と流速をベクトルで描いており，ベクトルの向きが流向，長さが流速を現わしている。図Ⅱ１－５⑪にその説明の図を示す。

ベクトル時系列図からは分速時系列曲線と同様，調査海域の流れの変動の周期成分を把握する。

特に25 hour filterによって約１日の周期をカットした図は，１日以上の長い周期変動について解析を行う場合の基礎資料となる。



図Ⅱ１－５⑪　ベクトル時系列図の説明

今回の調査結果のセラヤ地区とテコン地区の例を図Ⅱ１－５⑫，⑬に示す。図は上段がraw dataの図，中段が１hour filter，下段が25 hour filterの図である。なお，図の下段に測点図を添付して大体の流況を図Ⅱ１－５⑫，⑬から読み取って示した。

以上，各図からわかることをまとめると次のようになる。

＜セラヤ地区＞

(1) 各測点とも海岸地形に平行な流れがみられる。流速はSC６，SC１が一番早く，これは付近の地形上が狭い水路となっているためと思われる。

(2) 各測点とも転流の時間が短かいのが特徴である。短時間に流向が180°転じて流況が

変化している。

(3) 25 RUN. Mの図から，各測点の1日以下の周期がカットされた平均流をみてみると次のとおりとなる。

SC 1　北 西 流

SC 2　西　流

SC 3　南 西 流

SC 4　南 西 流，北 東 流，南 東 流

SC 5　南 西 流

SC 6　南 西 流

＜テコン地区＞

(1) 各測点とも海岸地形に平行な流れがみられる。流速は各測点ともセラヤ地区と比べると早い。これは地形が狭い水路の形となっているためと思われる。

(2) 各測点とも転流の時間が短かいのが特徴である。短時間に流向が180°転じて流況が変化している。

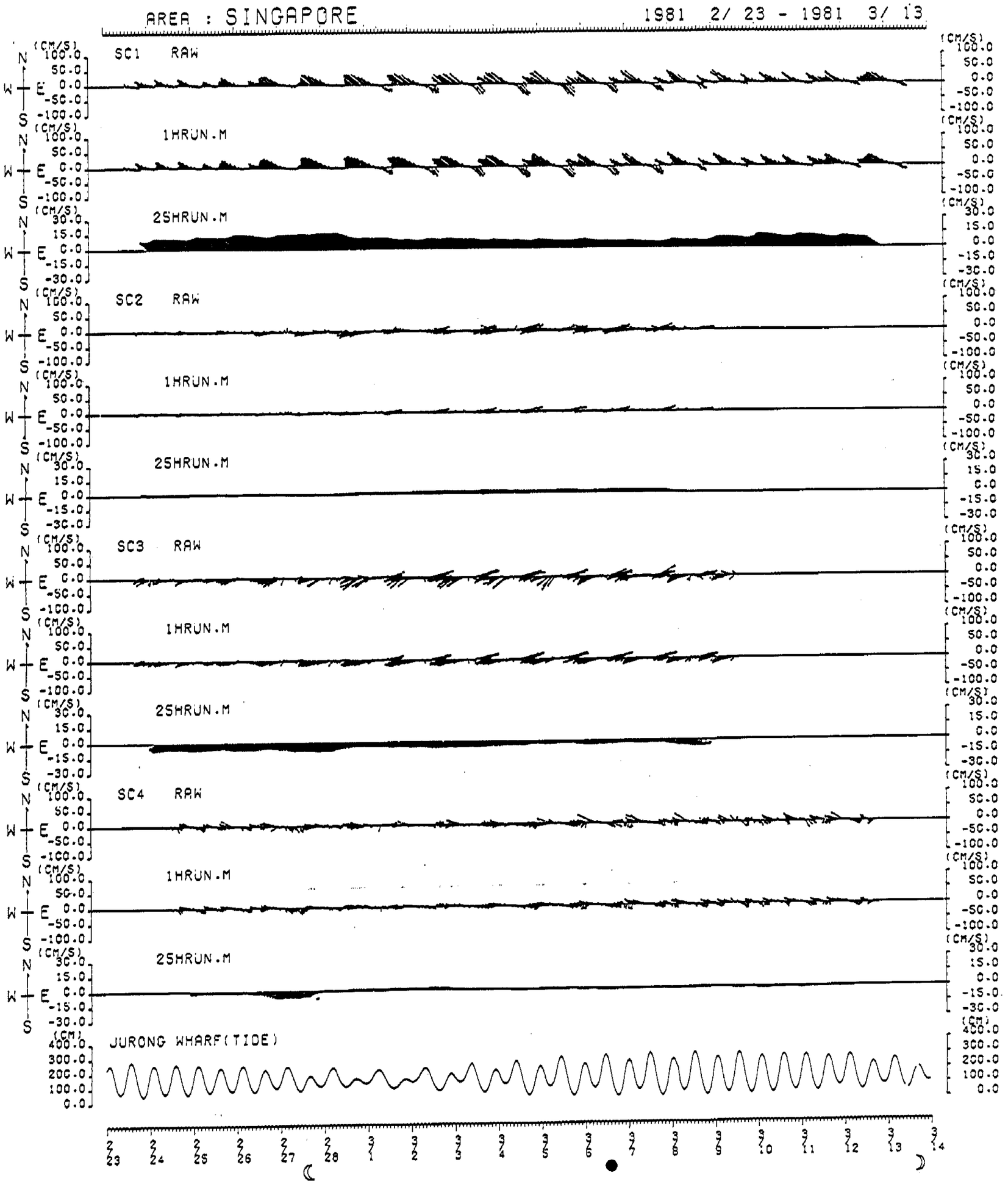
(3) 25 RUN. Mの図から，各測点の1日以下の周期がカットされた平均流をみてみると次のようになる。

TC 1　北　流

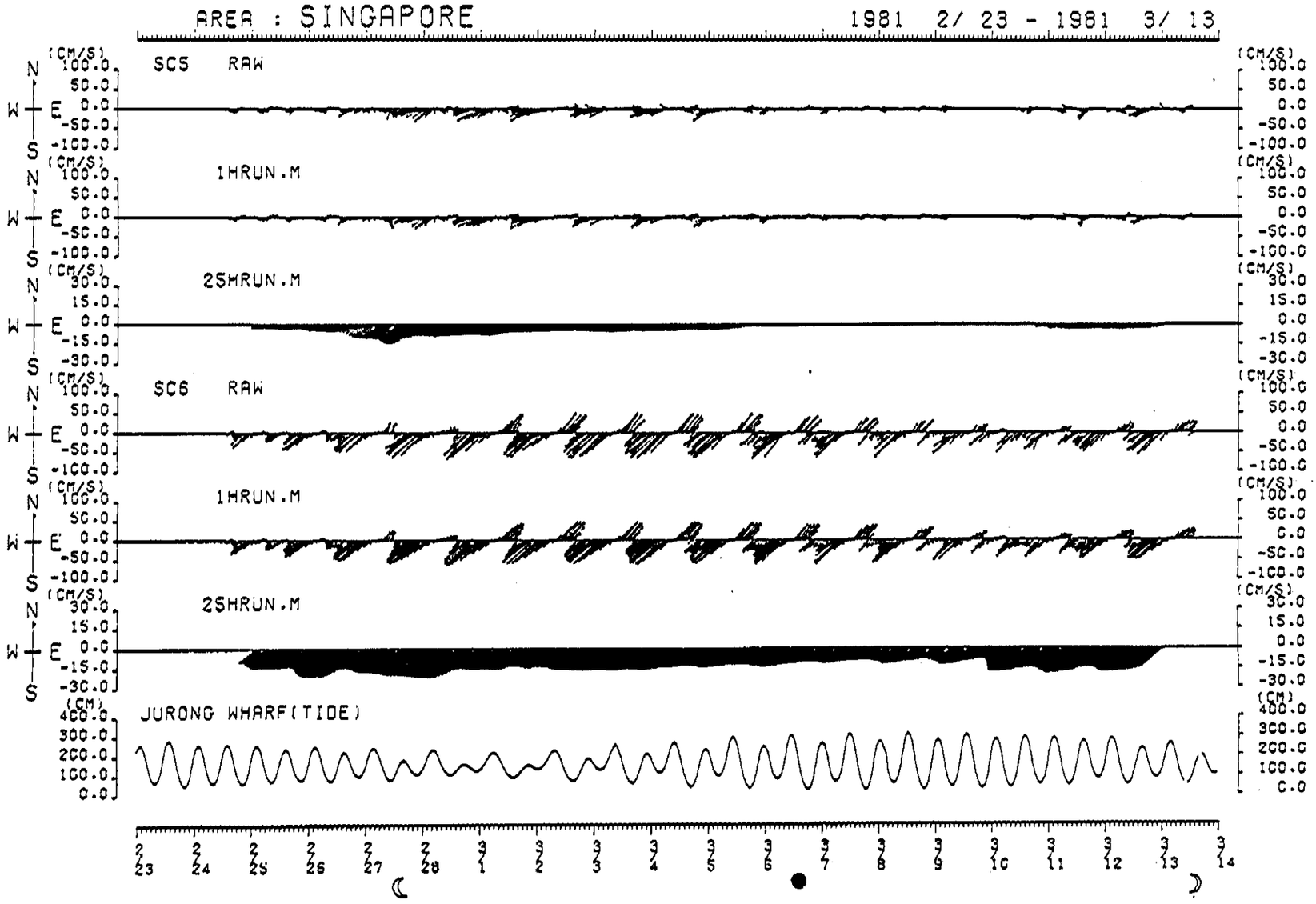
TC 2　南 東 流

TC 3　北　流

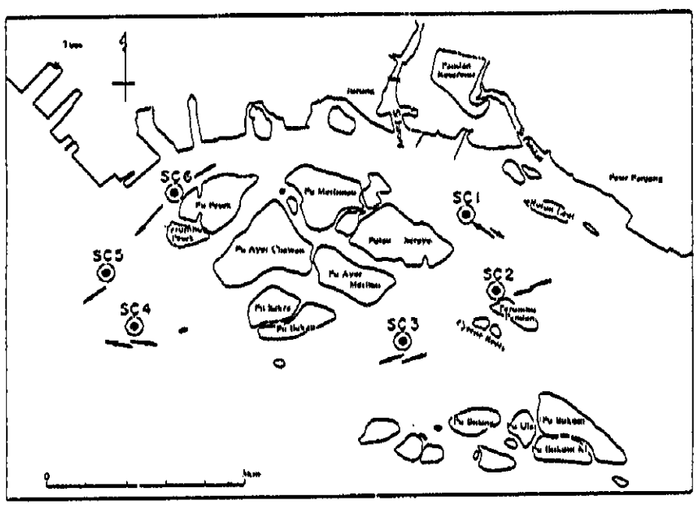
TC 4　北　流



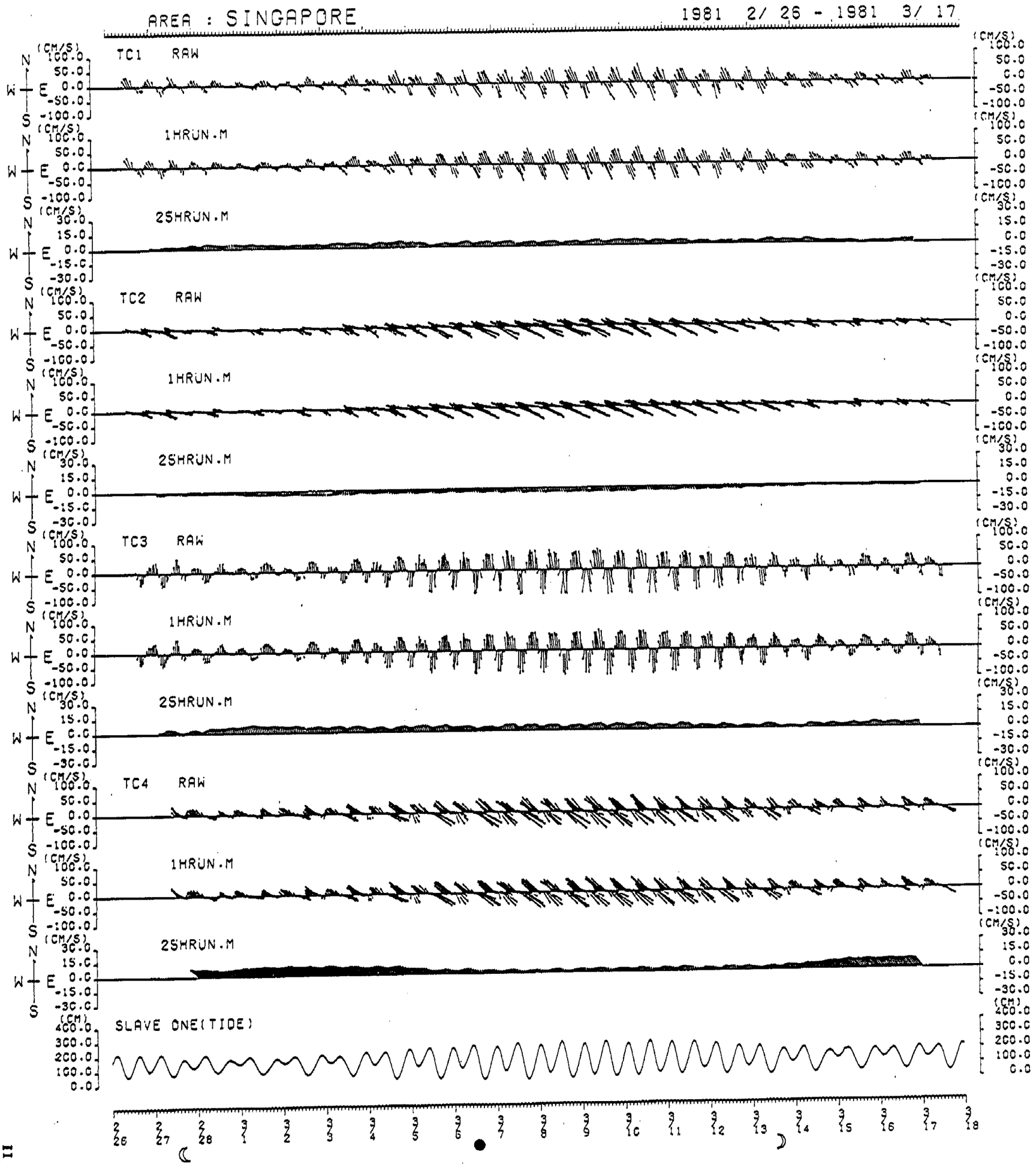
図Ⅱ1－502　セクヤ地区のベクトル時系列図(1)



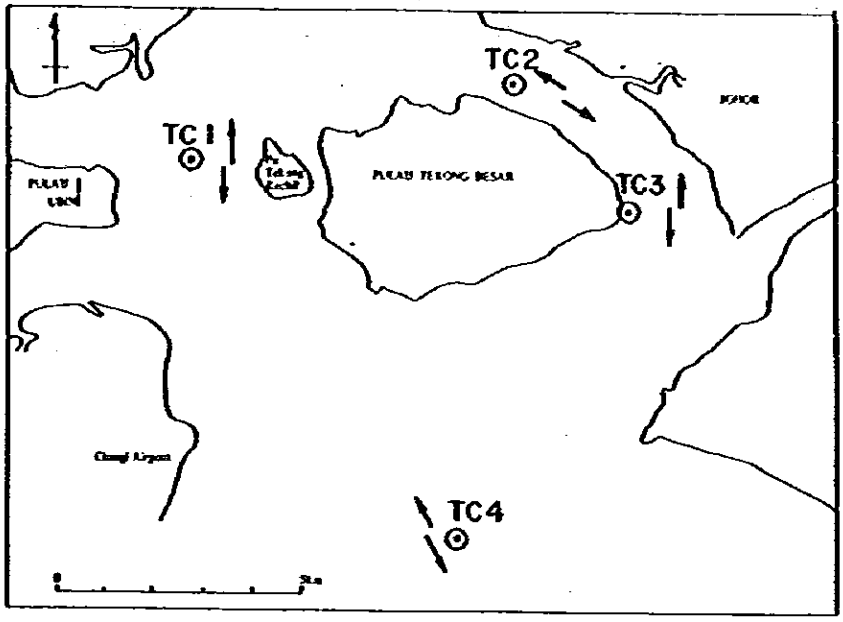
図Ⅱ1－5(2) セラヤ地区のベクトル時系列図(2)



図Ⅱ1－5(2)' セラヤ地区測点図



図Ⅱ1－503 サコン地区のベクトル時系列図



図Ⅱ１－５⑬′ テコン地区測点図