

5.1.3 油汚染事故の事例研究

(1) 目的

5.1.1項においてアブダビ島周辺海域及びUmm Al Nar 取水口近傍の流況を予測した結果、対象海流の流速の大きさやその向き及び潮流の通り道等が明らかとなった。また、様々な外力により起因する流れ（潮流、海流、吹送流、取放水流）が油の移流拡散にどのように寄与するかが概略把握することができた。

しかしながら、前項で求められた結果はある固定点における流速・流向の変化を表したものであり、実際の対象海域に侵入した油は時間の変化とともに流れに乗って移動していくことから、前項の予測結果だけでは、油の移動経路や移動時間等の情報が十分に捉えることができない。すなわち、油汚染モニタリングシステムや油汚染防衛システムの検討への十分な基礎資料とはならない。

したがって、ここでは、油の移動経路や移動時間の情報を得るために、ある地点（この地点がモニタリングシステムや防衛システムの設置位置の検討対象となる）に到達した油がどのような経路を通り、またどの程度の時間を費やして取水口近傍域や油汚染防衛システム設置位置に達するのかを予測する。

(2) 予測の考え方

前項で示したように対象海域の流れは、「潮流」「海流」「吹送流」「取放水流」等の様々な流れ要素が絡み合った合成流であることが明らかとなった。更に、この4要素の中でも流速の大きさという面から見れば「潮流」がそのほとんどを支配していると考えられる。この潮流成分は12時間周期を基本としており、上げ潮で流入した海水は6時間後には次の下げ潮で流出するという単純な往復運動を示している。しかしながら、この単純なる往復運動では、流入した油は12時間後には全く同じ場所に戻ることもなるが実際には「潮汐残差流」や「恒流（海流、吹送流、取放水流）」の影響を受けて、元の位置には戻らず複雑な移動形態を示す。

したがって、ここでは、5.1.1項で得られたオイラー場の流動結果を用い、ある地点に投入した粒子の移動を時空的に追跡するというラグランジェ的手法を用いて、その移動経路や移動時間を求める。

(3) 予測条件

1) 予測時間

モニタリングシステムの設置位置は、基本的にはある地点で油を感知してから油

が「取水口近傍域」や「油防御システムの設置位置」に到達するまでに、プラント管理者が緊急体制を施す時間を十分に確保できるような位置に設置する必要がある。したがって、予測時間は、「様々な緊急体制を施す時間」を基本として設定する必要があるが、その具体的な数値となる対策等によっても様々であり、一義的に決定できない。

よってここでは、対象海域の流れ状況から予測時間の設定を行う。対象海域の流れの主体は往復運動を起す潮流であり、その移動経路（図 5.1.40 参照）を見ると、ある地点に上げ潮開始時に投入した油は半周期後（6 時間）には最遡上点に達し、投入地点の方に再移動するため、上げ潮開始時から下げ潮開始時までの 6 時間の半周期間の移動経路をとらえれば、ここでの目的を果たせると考えられる。したがって、ここでは上げ潮開始時から 6 時間の粒子追跡を行う。

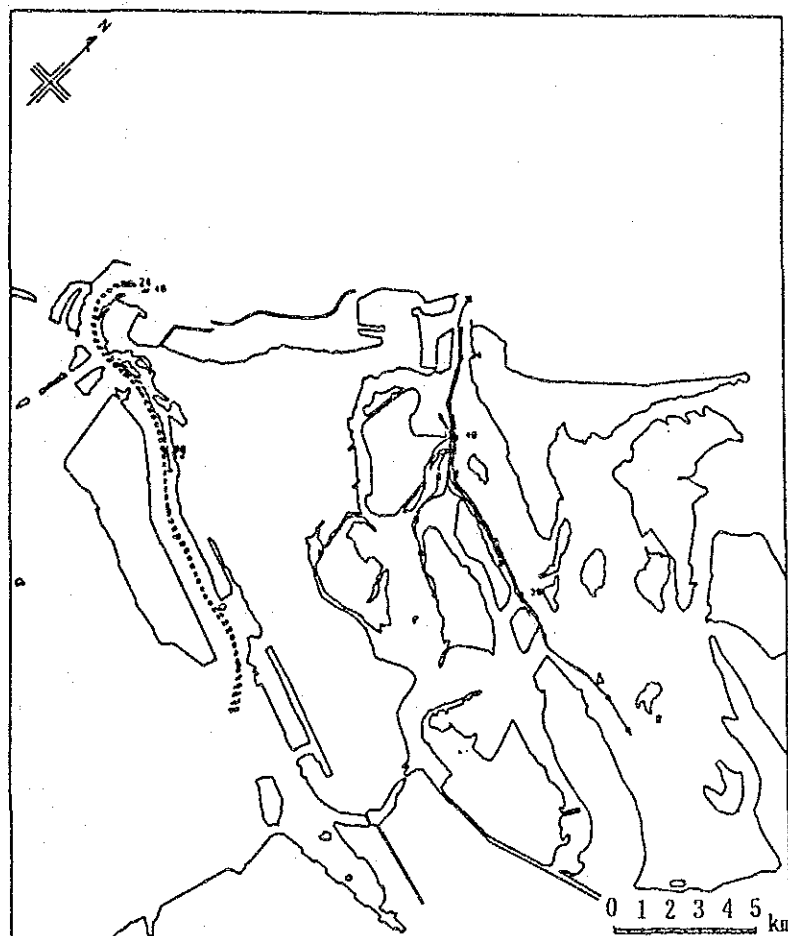


図 5.1.40 粒子の移動経路（上げ潮開始時投入）

2) 粒子投入位置

粒子投入位置は図 5. 1. 4 1 に示す各断面とする。

なお、断面は取水口ぬら離れた箇所と断面 1～断面 7 を、取水口近傍域に断面 A～断面 F の合計 13 断面を配置した。

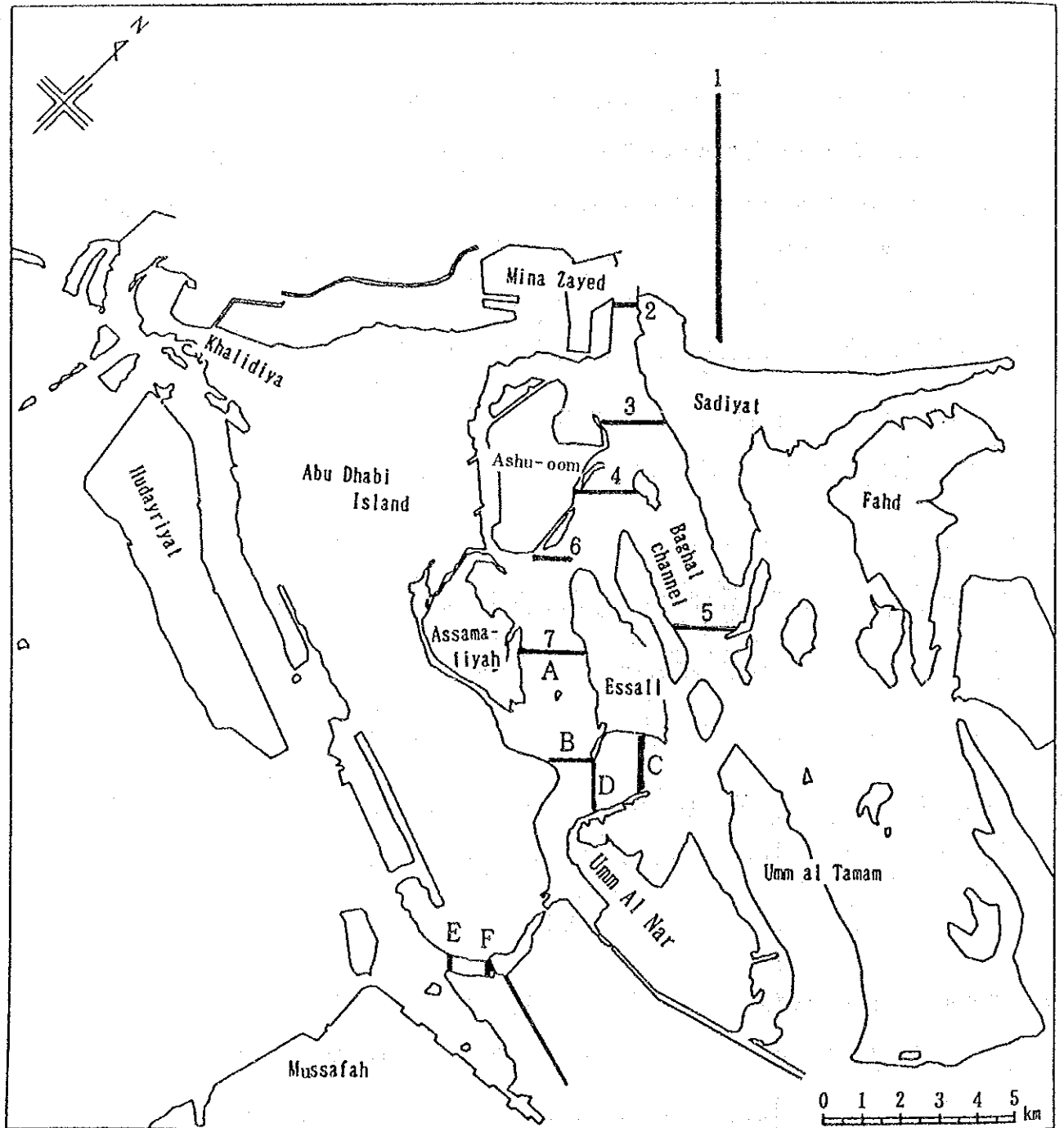


図 5. 1. 41 粒子の投入断面

3) 予測ケース

対象海域の流れは四つの要素の合成流で説明出来ることを前述したが、その発生起源により次のように分類できる。

●恒常的な要素 …………… 潮流成分、取放水流成分

●一過性的な要素 …………… 吹送流成分、海流成分

なお、一過性とはその出現頻度や継続時間が不確定である要素とした。

したがって、予測に当たっては、対象海域全体のマクロ的な検討を加える時は「恒常的な要素」により予測し、取水口近傍域では侵入してきた油が「一過性的な要素」により、その経路が大きく支配される可能性があるために両者の要素を考慮することとする。表 5.1.7 にその予測ケースを示す。

表 5.1.7 予 測 ケ ー ス

潮流	取放水流	吹送流	海流	投入断面	
最大大潮期	取水量	×	×	断面1～断面7の合計7断面	
平均大潮期	126.4 m ³ /s				
中潮期	放水量				
小潮期	123.3 m ³ /s				
最大大潮期	取水量 126.4 m ³ /s 放水量 123.3 m ³ /s	風向：N	×	断面A～断面Fの合計6断面	
平均大潮期		風向：NW			
		風向：S			
		風向：N	×		
中潮期		風向：NW			
		風向：S			
		風向：N	×		
小潮期		風向：NW			
		風向：S			
		風向：N	南西流		断面A～断面Fの合計6断面
最大大潮期		風向：NW			
		風向：S			
	風向：N	南西流			
平均大潮期	風向：NW				
	風向：S				
	風向：N	南西流			
中潮期	風向：NW				
	風向：S				
	風向：N	南西流			
小潮期	風向：NW				
	風向：S				
	風向：N				

(注) 表中の × はその流れ成分を加味しなかったことを意味する。
取放水量は設計値である。

(4) 予測結果

1) 取水口から遠方域での粒子移動状況

① 断面1 (図 5.1.4.2 参照)

ラグーン入口部から北東 2.5 km の断面に投入した粒子は、最大大潮期には、沖合 5 km 地点の水塊もラグーンに取り込まれる。そしてラグーン内へは最大 1.4 km まで流入することとなる。また平均潮である中潮で見ると、湾口から沖合 1 km までの水塊が取り込まれるが、その流入域は入口部から約 2 km の地点までである。

② 断面2 (図 5.1.4.3 参照)

ラグーン入口部の 3 点に投入した粒子は、Baghal 水路や Ashu-oom 島沿岸部に沿って流入する。これらのうち Baghal 水路の強流域に乗った粒子は約 1.6 km の流跡となる。また中潮でも約 9 km まで流入するものの、Umm Al Nar 取水口近傍域には半周期では到達しない。

③ 断面3 (図 5.1.4.4 参照)

断面3に投入した粒子は Baghal 水路に沿って南東の方向へ遡上する。遡上経路としては、断面1や2で Baghal 水路に流入した場合と同じ傾向を示す。

④ 断面4 (図 5.1.4.5 参照)

断面4に投入した粒子は Baghal 水路を遡上するものと、Fssail と Assamaliyah 間の水路を通るものに分かれる。後者を遡上した粒子は最大大潮期には、取水口から 1 km の位置まで接近する。

⑤ 断面5 (図 5.1.4.6 参照)

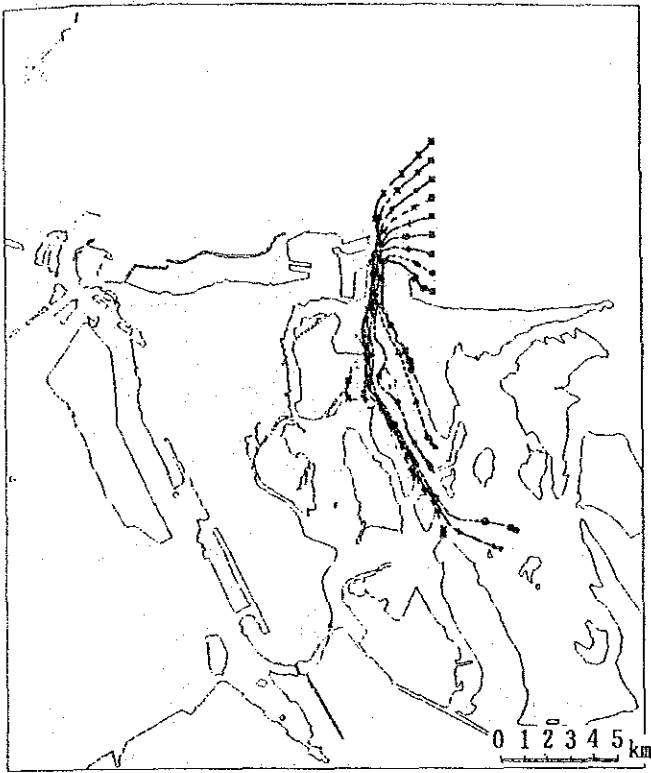
この断面に投入した粒子は、その一部は取放水口の方へ通ずる水路に流入するものの、大部分は Al Jubail や Umm Al Tamam 方に拡がって行く。Baghal 水路を通った水塊の一部は取放水口の方へ通ずる水路に侵入するが、流入した時点ではほぼ転流する。

⑥ 断面6 (図 5.1.4.7 参照)

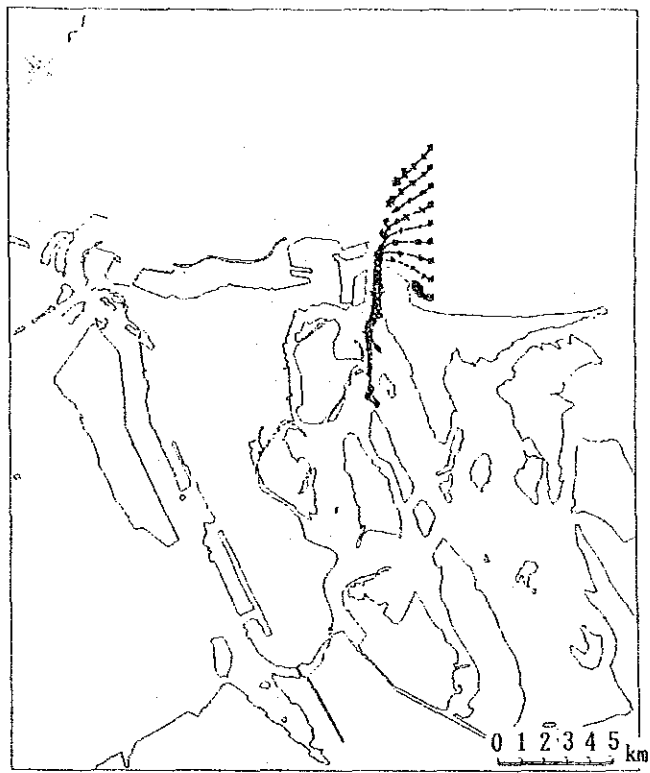
最大大潮期には、取水口近傍域まで粒子は到達することとなる。Essal と Assamaliyah 間の水路が取水口近傍域への主流路であると推察される。

⑦ 断面7 (図 5.1.4.8 参照)

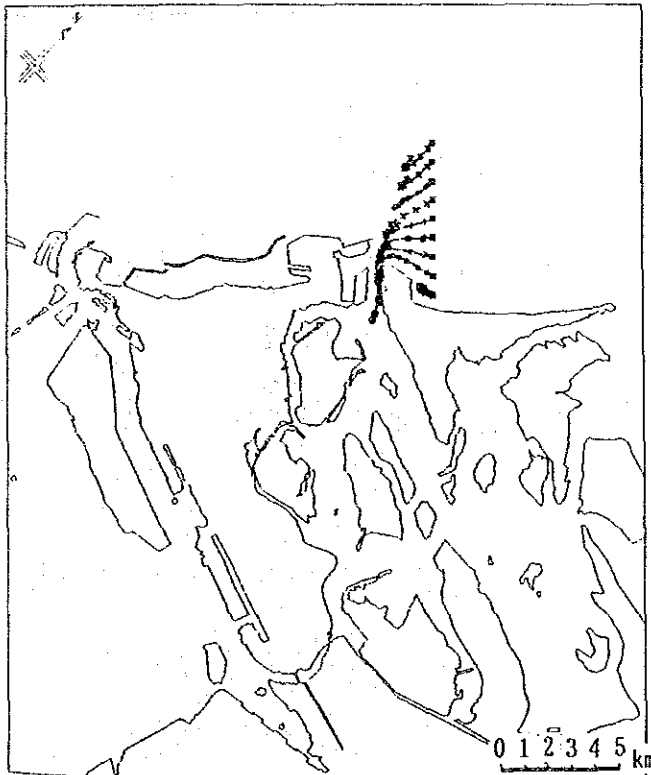
最大大潮期には、取水口近傍域まで 5～6 時間で粒子は到達することとなる。その他の潮期の場合には、近傍域に到達しない。



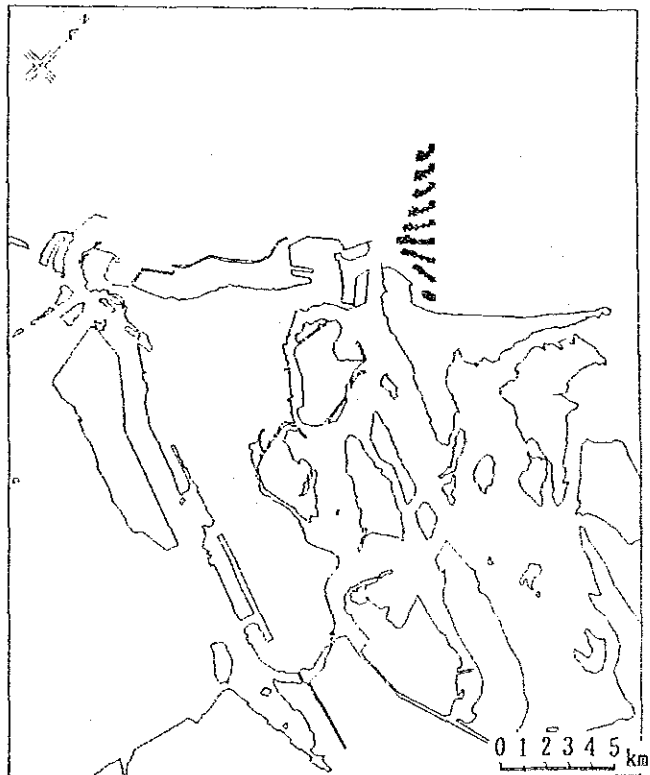
<最大大潮期>



<平均大潮期>



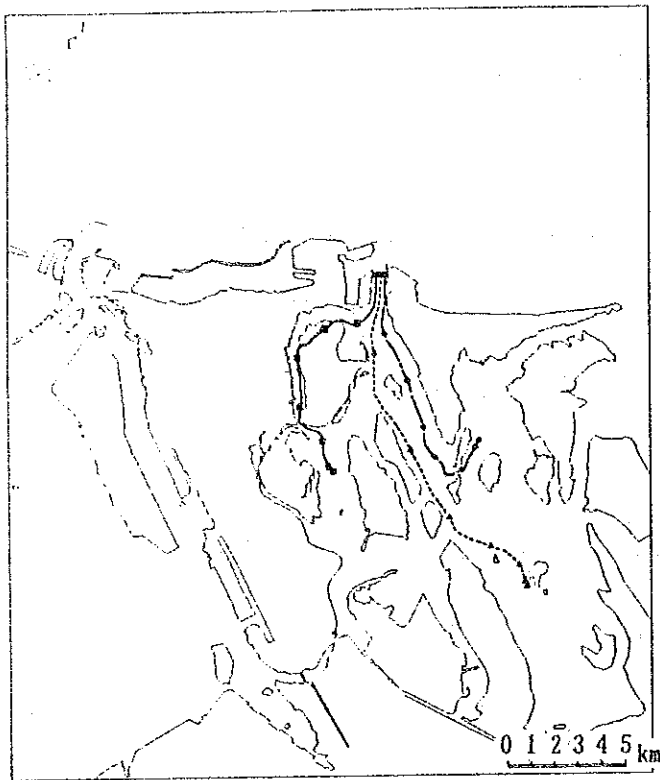
<中潮期>



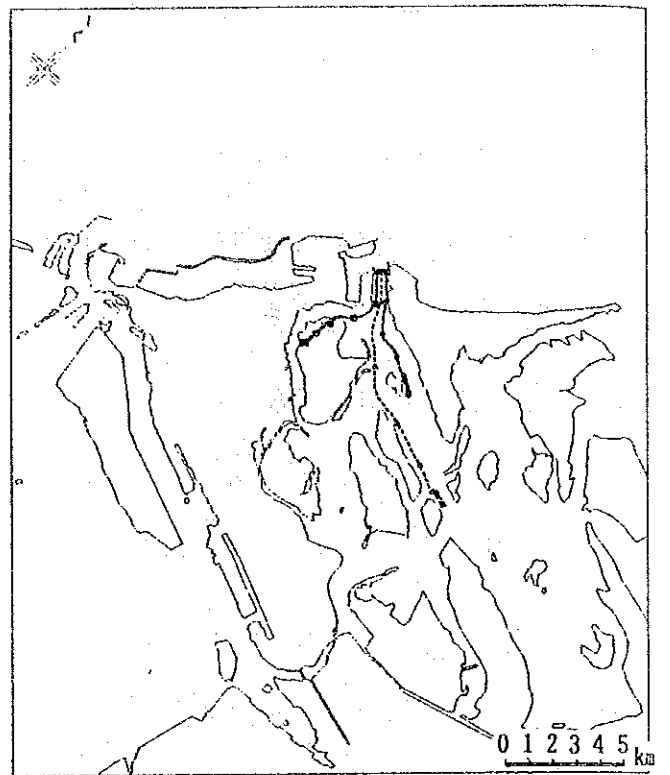
<小潮期>

* : 投入地点 ただし、1時間毎にマ-クを記載

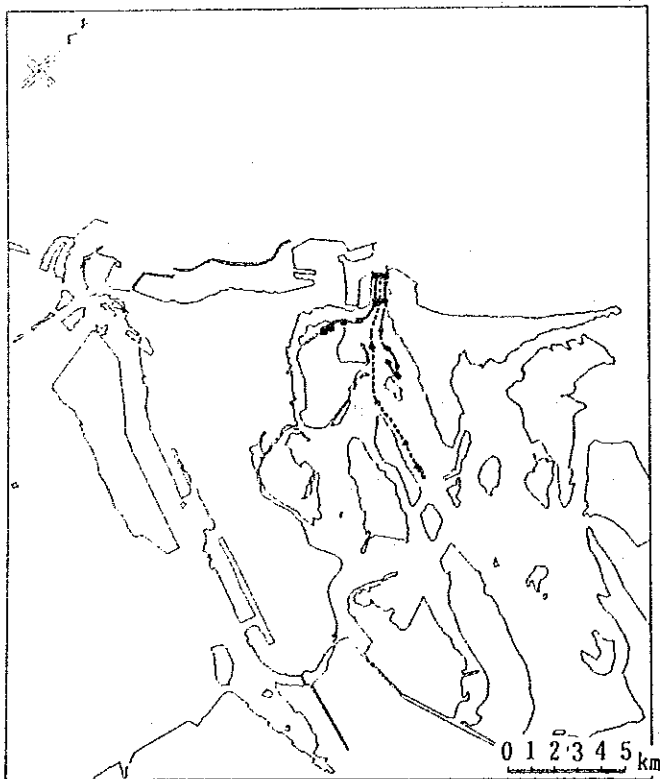
図 5. 1. 42 粒子追跡結果 (上げ潮開始時投入) <断面 1>



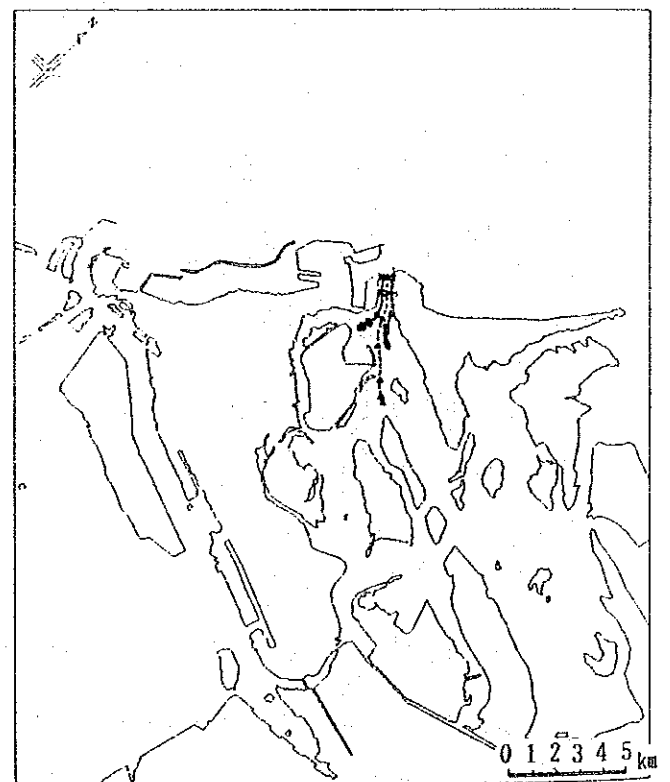
<最大大潮期>



<平均大潮期>



<中潮期>

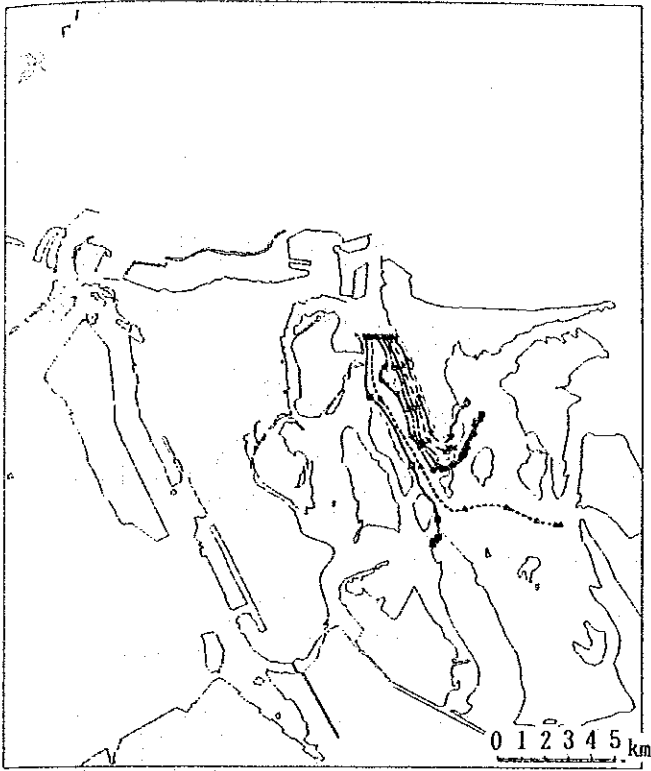


<小潮期>

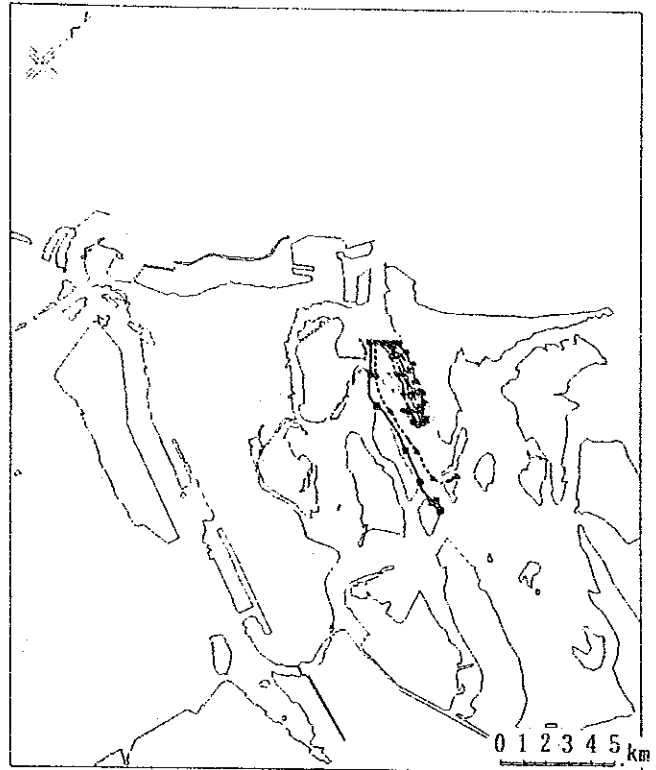
* : 投入地点

ただし、1時間毎にマ-クを記載

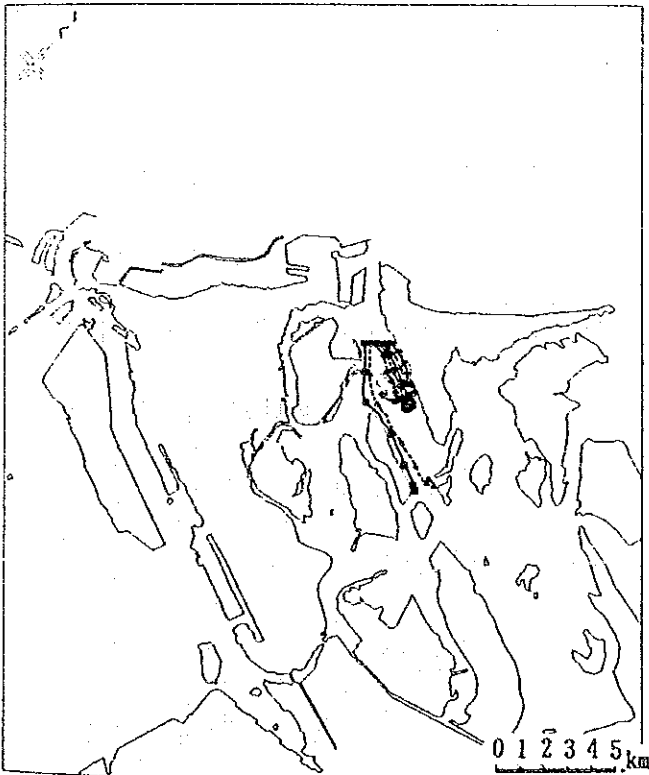
図 5. 1. 43 粒子追跡結果 (上げ潮開始時投入) <断面 2>



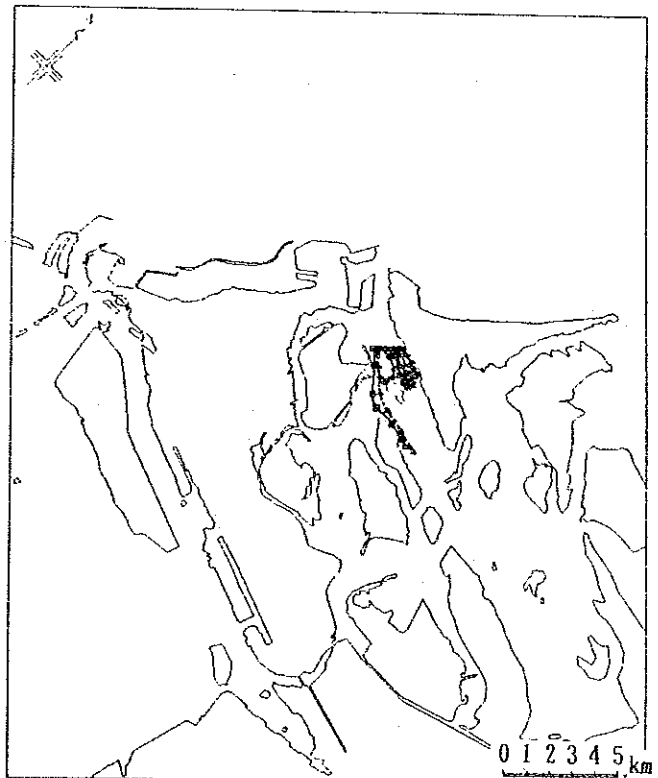
<最大大潮期>



<平均大潮期>



<中潮期>

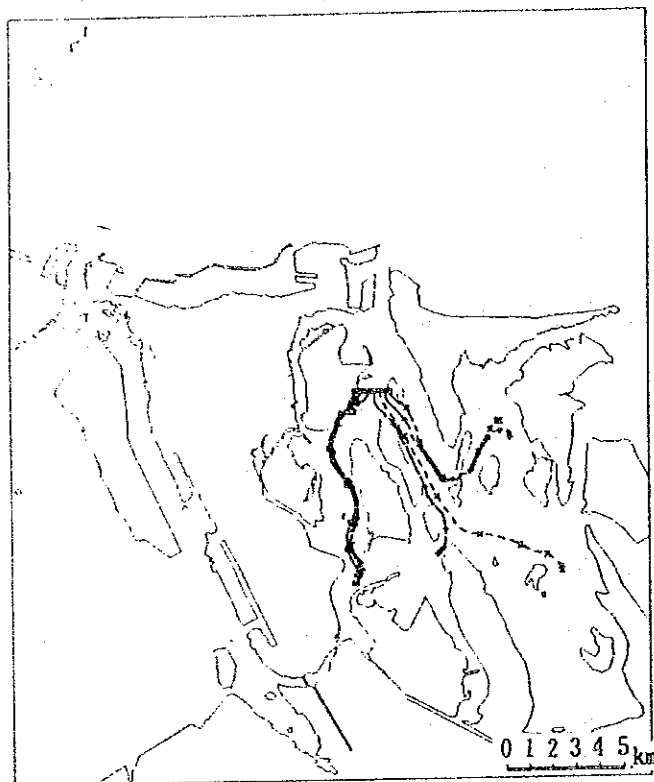


<小潮期>

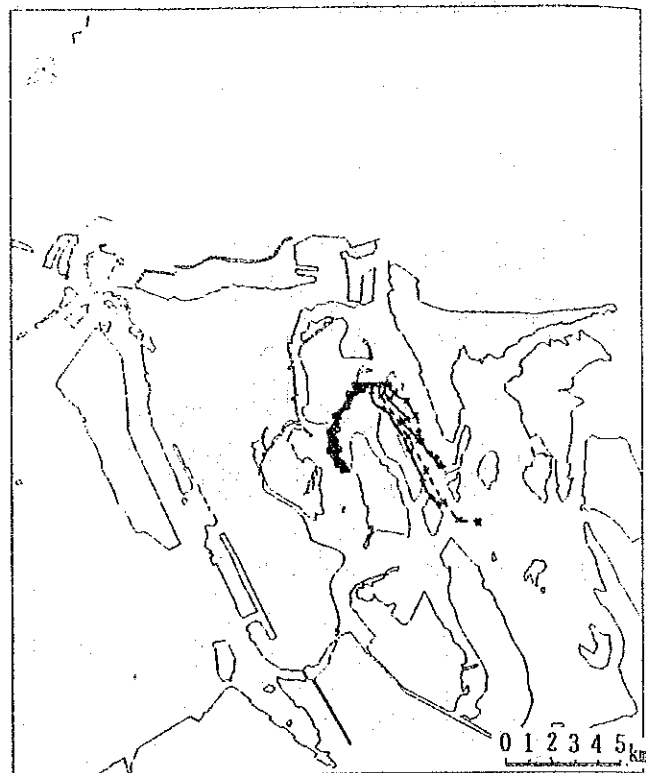
* : 投入地点

ただし、1時間毎にマ-クを記載

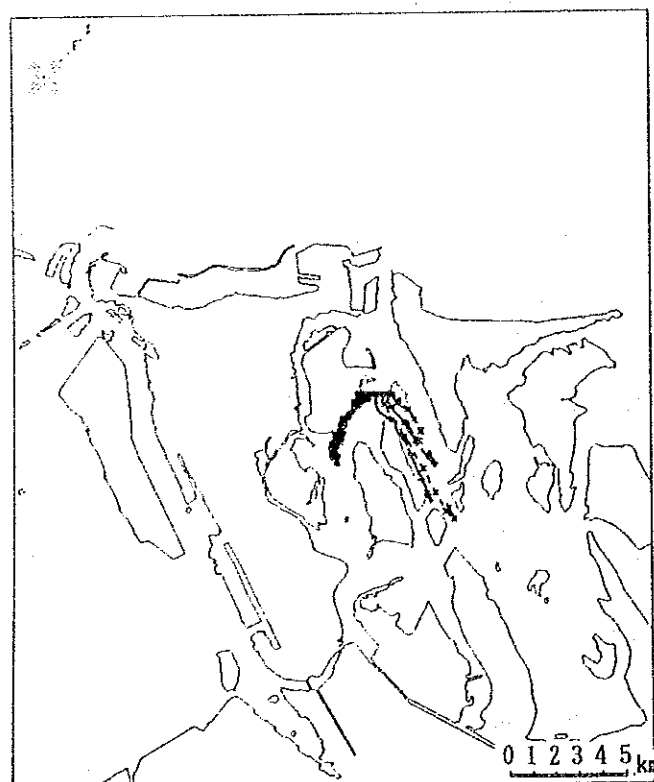
図 5. 1. 44 粒子追跡結果 (上げ潮開始時投入) <断面 3>



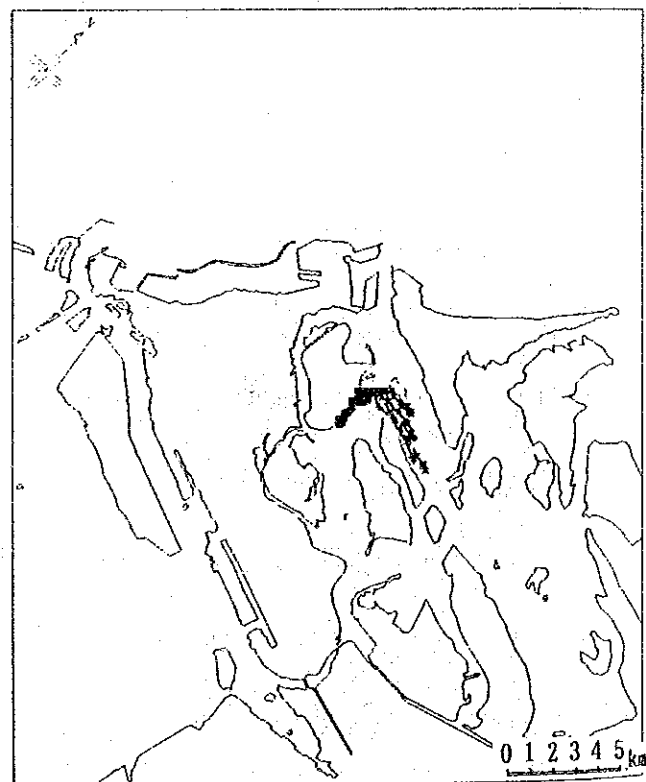
<最大大潮期>



<平均大潮期>



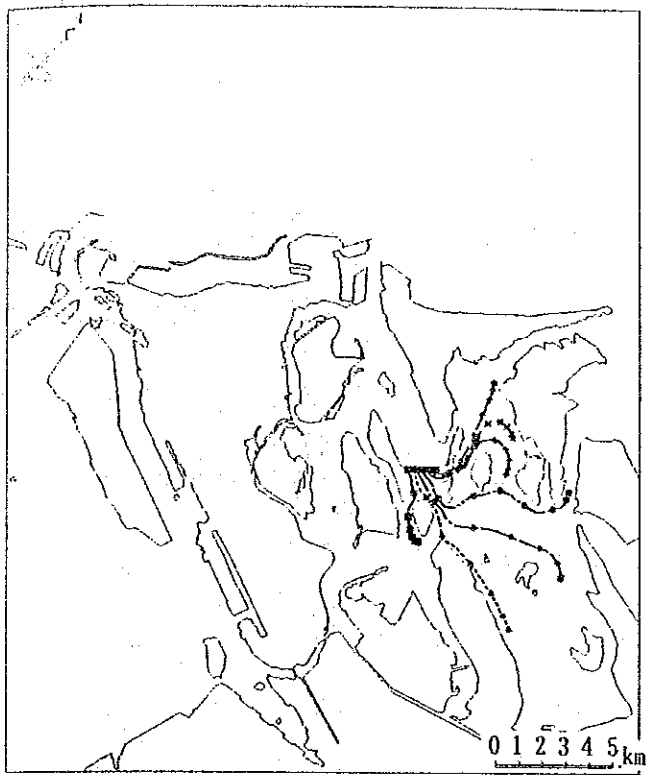
<中潮期>



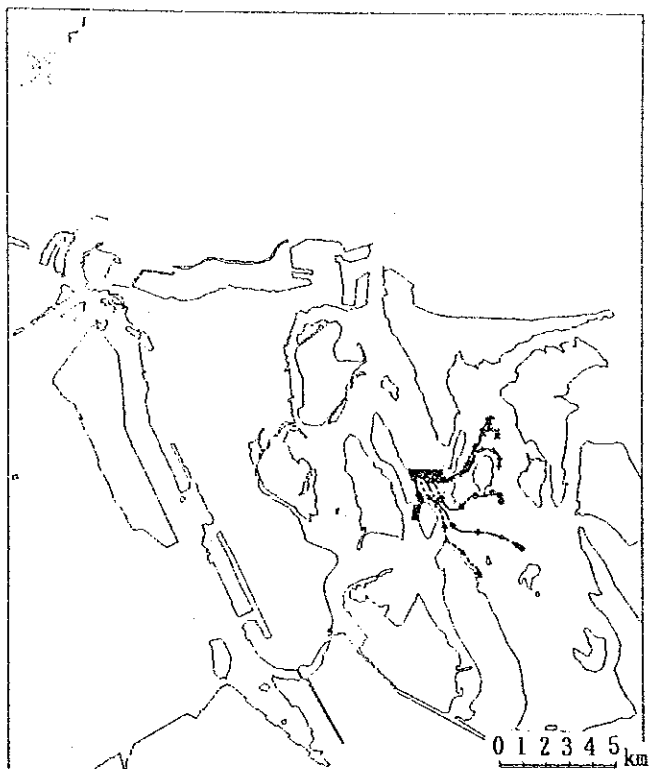
<小潮期>

* : 投入地点
 ただし、1時間毎にマ-クを記載

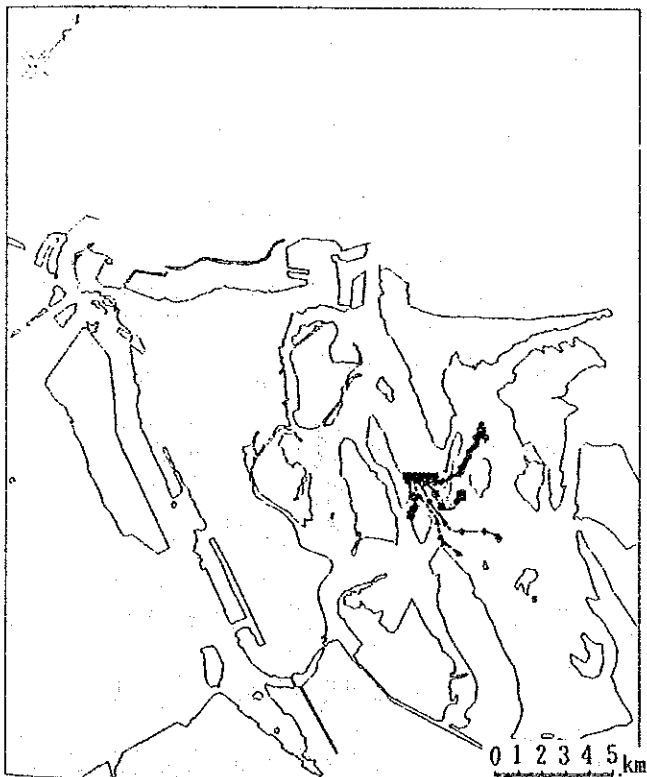
図 5.1.45 粒子追跡結果 (上げ潮開始時投入) <断面 4>



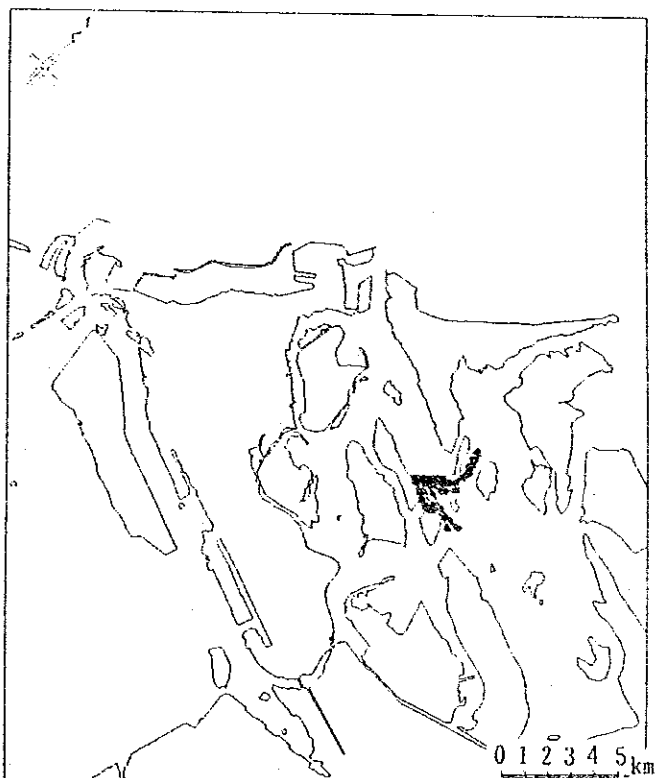
<最大大潮期>



<平均大潮期>



<中潮期>

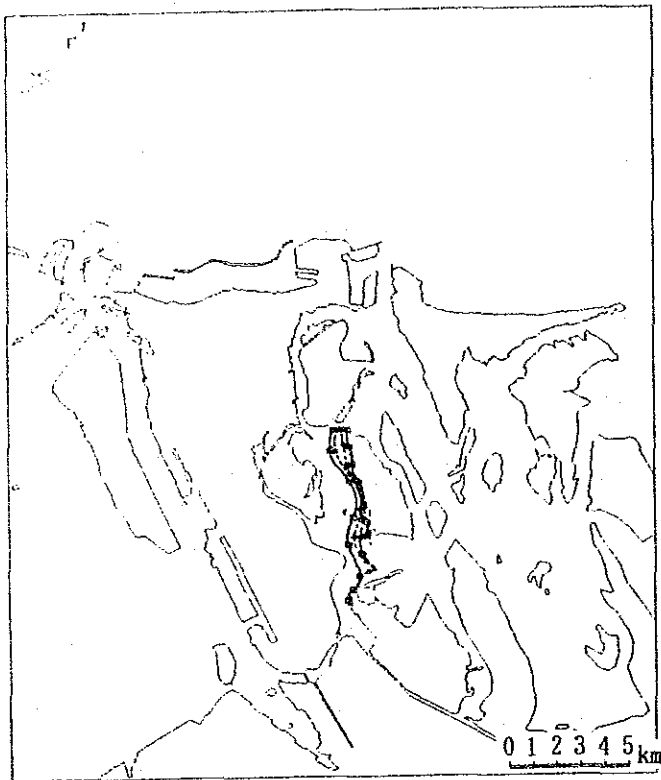


<小潮期>

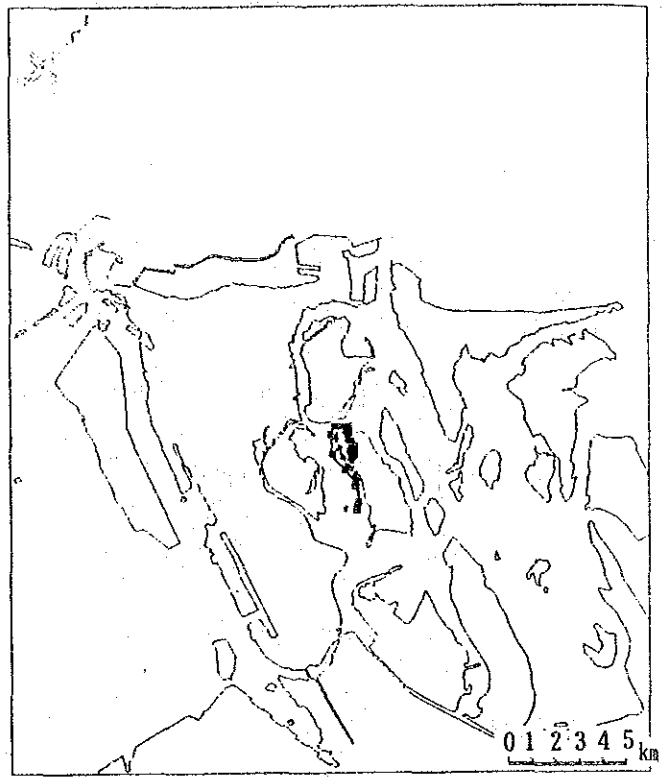
* : 投入地点

ただし、1時間毎にマ-クを記載

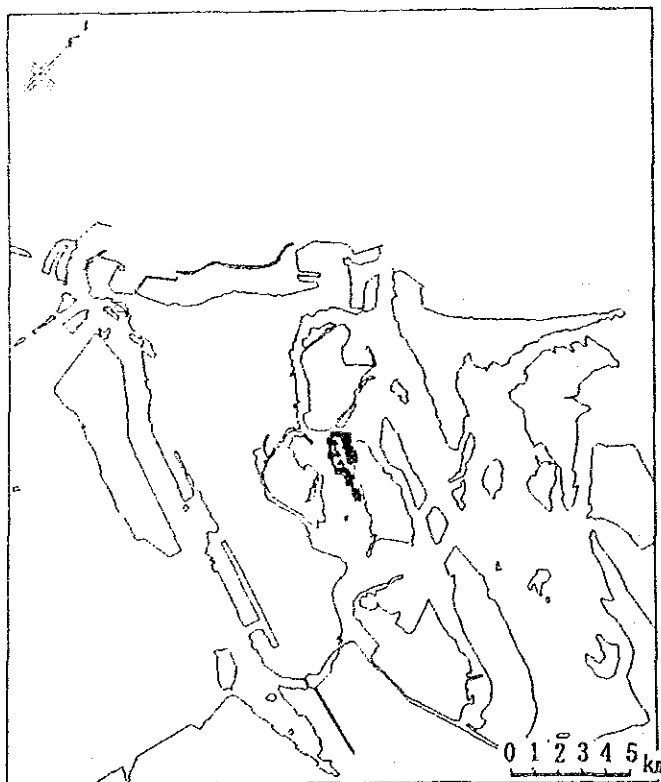
図 5. 1. 46 粒子追跡結果 (上げ潮開始時投入) <断面 5>



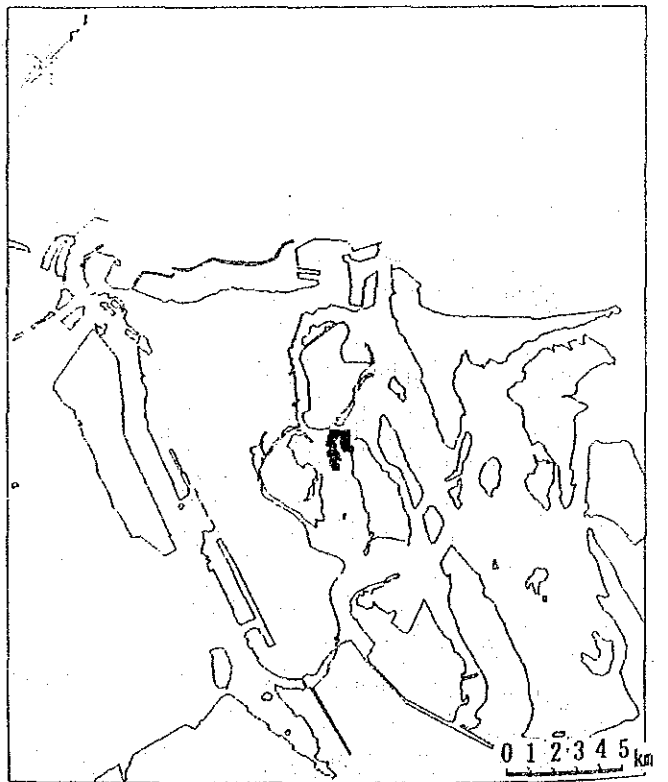
<最大大潮期>



<平均大潮期>



<中潮期>

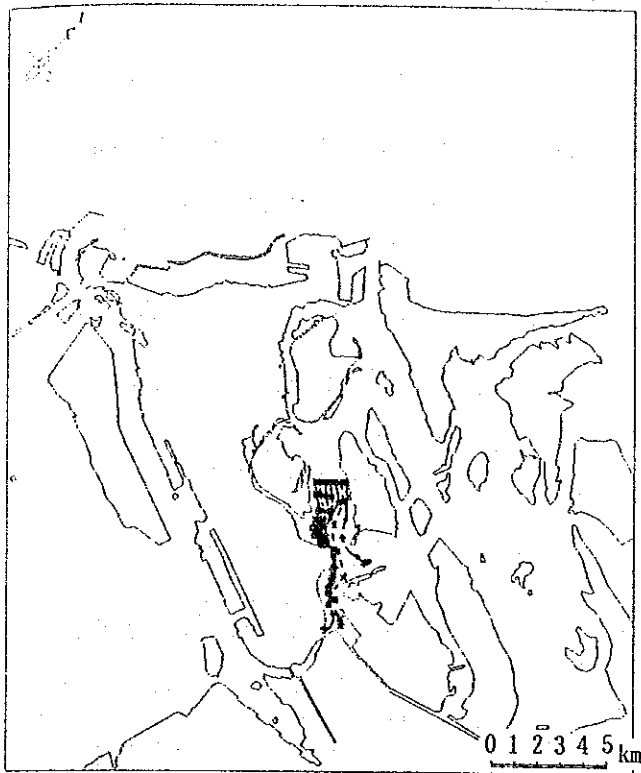


<小潮期>

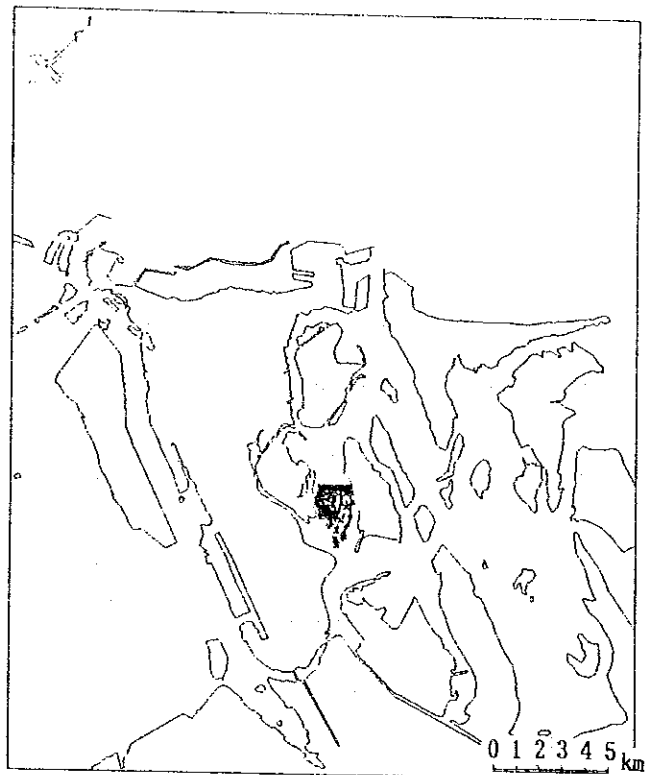
* : 投入地点

ただし、1時間毎にマ-クを記載

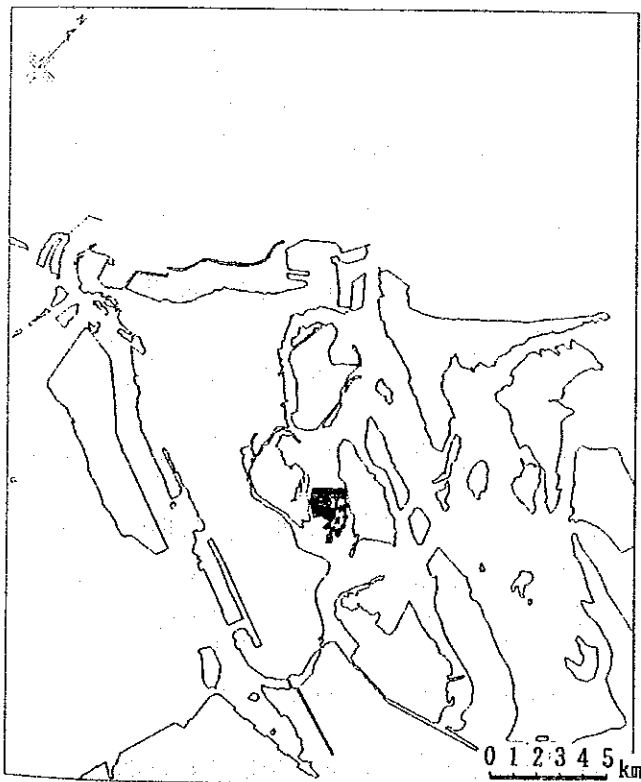
図 5. 1. 47 粒子追跡結果 (上げ潮開始時投入) <断面 6>



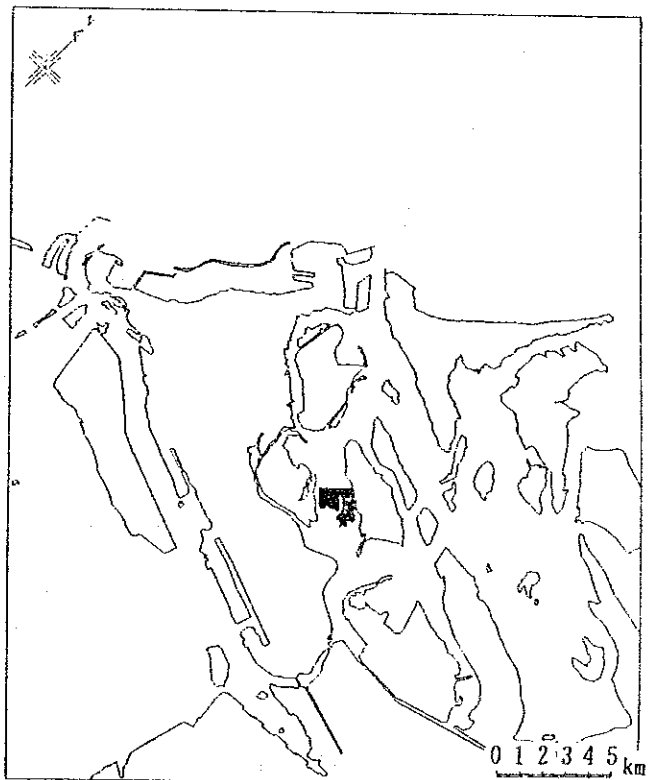
<最大大潮期>



<平均大潮期>



<中潮期>



<小潮期>

* : 投入地点

ただし、1時間毎にマ-クを記載

図 5. 1. 48 粒子追跡結果 (上げ潮開始時投入) <断面 7 >

2) Umm Al Nar 取水口近傍域での粒子の移動状況

取水口近傍域での粒子の移動状況については、図 5.1.40 に示した断面 A～断面 F の合計 6 断面について検討を行った。以下各断面からの粒子の移動状況について結果をまとめてみる。

① 断面 A (図 5.1.49～図 5.1.52 を参照)

最大大潮期には、風による吹送流の有無に関係無く上げ潮開始時から 5～6 時間後に取水口近傍域に到達する。その他の潮期では、平均大潮期でも取水口近傍域から約 3 km にしか到達しないこととなる。

② 断面 B (図 5.1.53～図 5.1.56 を参照)

最大大潮期には、上げ潮開始時から 3～4 時間後に取水口近傍域に到達する。その他の潮期では、吹送流が存在しない場合(潮流と取放水流のみ)には取水口近傍域の 1～2 km 近くまで接近することとなる。しかし、吹送流が存在する時には、Essall の南側海域での複雑な地形性渦流により、油塊の移動は複雑な経路を示すが、取水口と反対の北東の方向に移動することとなる。

③ 断面 C (図 5.1.57～図 5.1.60 を参照)

断面 C は、最大大潮期には Baghal 水路を通ってくる海水と、Assamaliyah と Essall との間水路を通っている海水との潮目に位置していることにより、油塊の大きな移動は認められない。一方、その他の潮期においては、Baghal 水路を通ってくる海水が取水口側の水路に流入することにより、油塊は Umm Al Nar 西側の半島沿いに移動してくる。これに北寄りの風の吹送流が加わると 4～6 時間で取水口近傍域に到達する。

④ 断面 D (図 5.1.61～図 5.1.64 を参照)

断面 D は取放水による流れの影響を受けている海域であり、最大大潮期には 3 時間程度で取水口に連行される場合がある。その他の潮期でも南からの風による吹送流以外の場合には、遅くとも 6 時間程度で取水口近傍域まで達する。

⑤ 断面 E (図 5.1.65～図 5.1.68 を参照)

最大大潮期には、取水口近傍域に油塊は到達する。その他の潮期でも南の風の吹送風の場合にのみ、取水口近傍域に油塊は到達する。その最短の時間は、最大大潮期で南寄りの風による吹送流が発生した時の約 3 時間である。

⑥ 断面F（図 5.1.6.9～図 5.1.7.2を参照）

断面Eとは約1 kmしか離れていないために、油塊の移動は、断面Eと同様の傾向を示しているが、約1 km取水口に近いため取水口近傍域に接近する可能性は断面Eに比べて多い。

(5) まとめ

本章においては、プラント管理者が緊急体制を施す時間や油汚染防御システムを稼働させるために必要な時間を稼ぐために、対象海域への油の侵入を感知する油汚染モニタリングシステムの適切なる位置選定や油汚染防御システムを検討するために予測を行ったがその結果をまとめると次のようになる。

●外海からラグーン内への油の取り込み範囲

最大大潮期には、ラグーン入部から沖へ約5 km地点までの水塊はラグーン内へ取り込まれる。その取り込みまでの時間は、2～5時間程度である。

●ラグーン入口部周辺域の油塊は6時間（半周期）では取水口近傍域まで到達しない。

最も流速が速い最大大潮期においても、6時間（半周期）の間には油塊は取水口近傍域には到達せず、次の下げ潮でラグーン入口部の方に移動するという往復運動を示す。

したがって、ラグーン入口付近にはモニタリングポイントを設けなくても良いと考えられる。しかし、夜間の事故などを考えると、併せて入口部に設けることは、さらに安全な方策であると考えられる。

一方、上げ潮で侵入した油塊が海岸等の沿岸域に付着し、そこを基点として次の上げ潮で取水口の方に向かうようなこととなれば、最短で24時間（2潮汐）で取水口近傍域まで達する可能性がある。

●モニタリングポイントの選定に当たっては、Baghal水路を通ってくる油塊よりも、AssamaliyahとEssallとの間（断面A、B）の水路を通ってくる油塊に着目する必要がある。

●取水口近傍域において断面A～Fの合計6断面で油塊の移動経路や時間を予測したが、今後どの地点にモニタリング地点を設定するのかは、油汚染防御システムの設置位置や方法等により検討する必要がある。

取水口近傍域での第1の油汚染防御システムとして図 5.1.7.3に示す箇所にお

オイルフェンスを計画するれば、緊急体制への指示時間やオイルフェンスの展張時間等を考えると、この地点での油汚染システムに対しての油汚染モニタリングシステムの設置位置は、油塊の到達時間が3～5時間である断面B、D、Eとする必要がある。

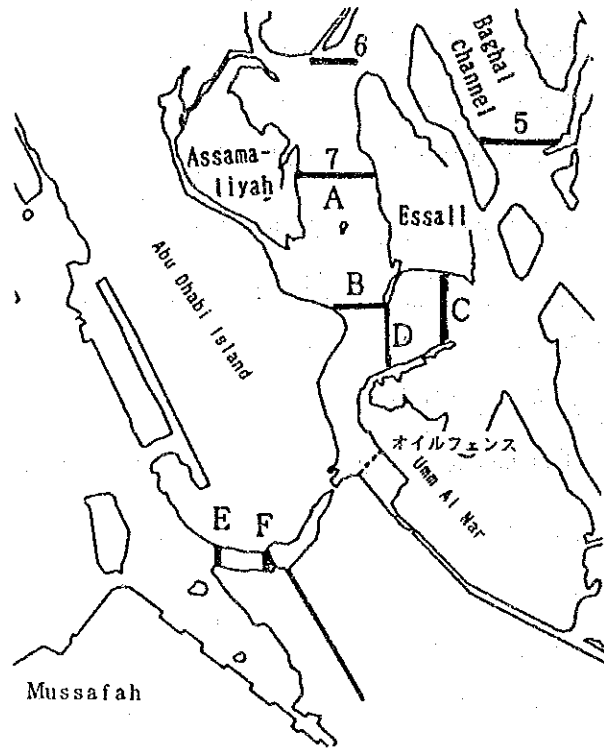


図 5. 1. 73 オイルフェンスの展張位置

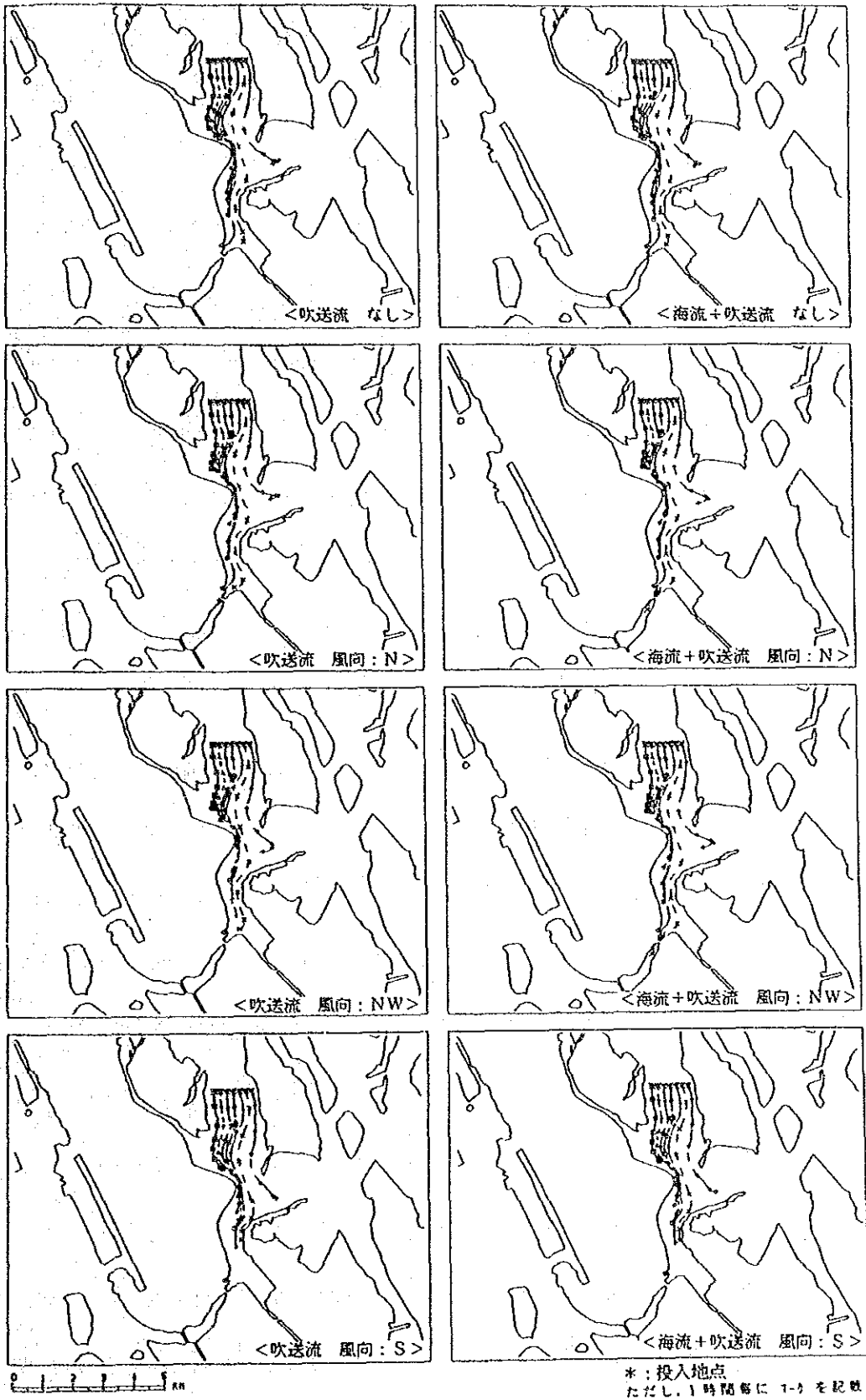


図 5. 1. 49 粒子追跡結果 (最大大潮期+取放水流) <断面 A>

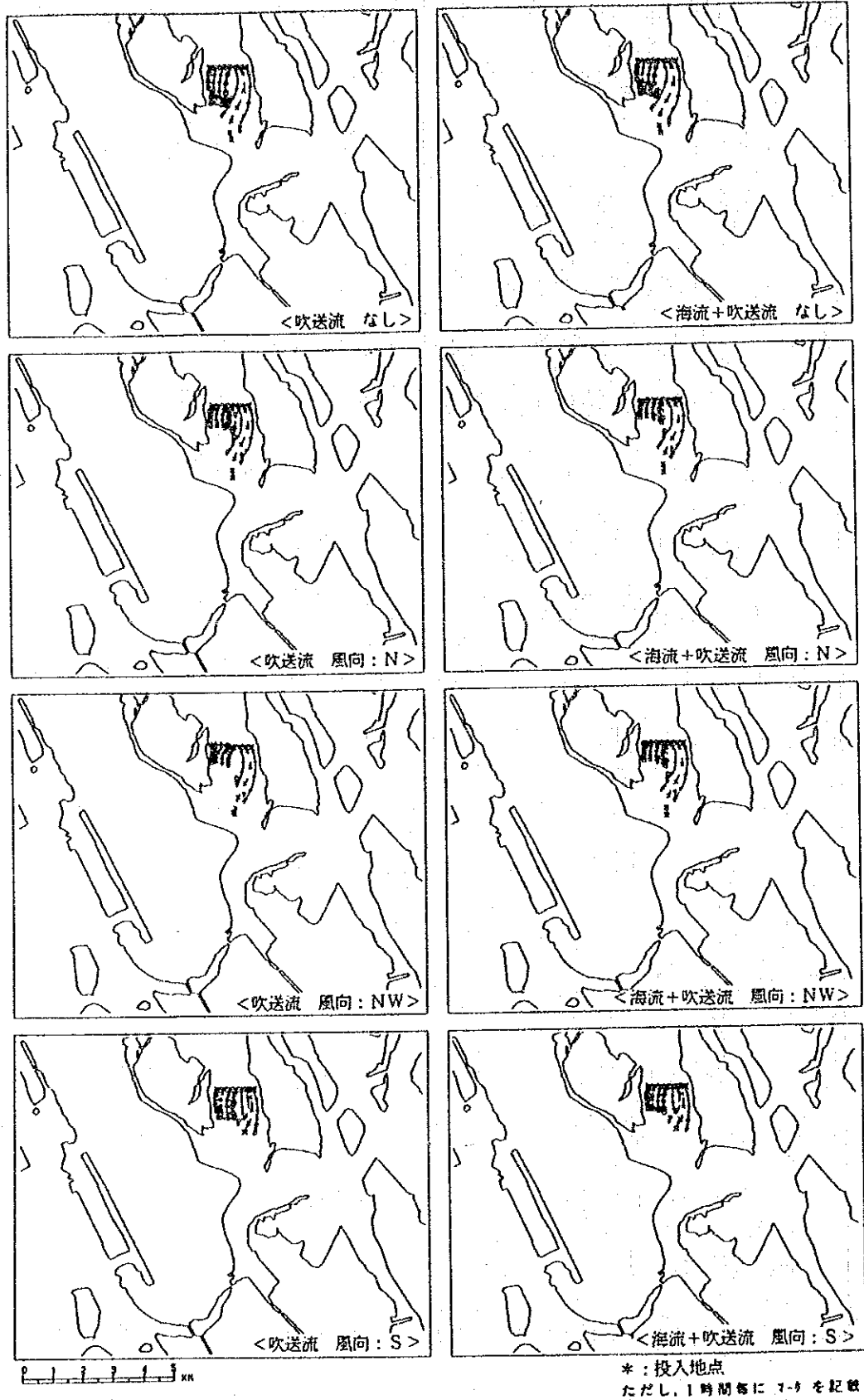


図 5.1.50 粒子追跡結果 (平均大潮期+取放水流) <断面A>

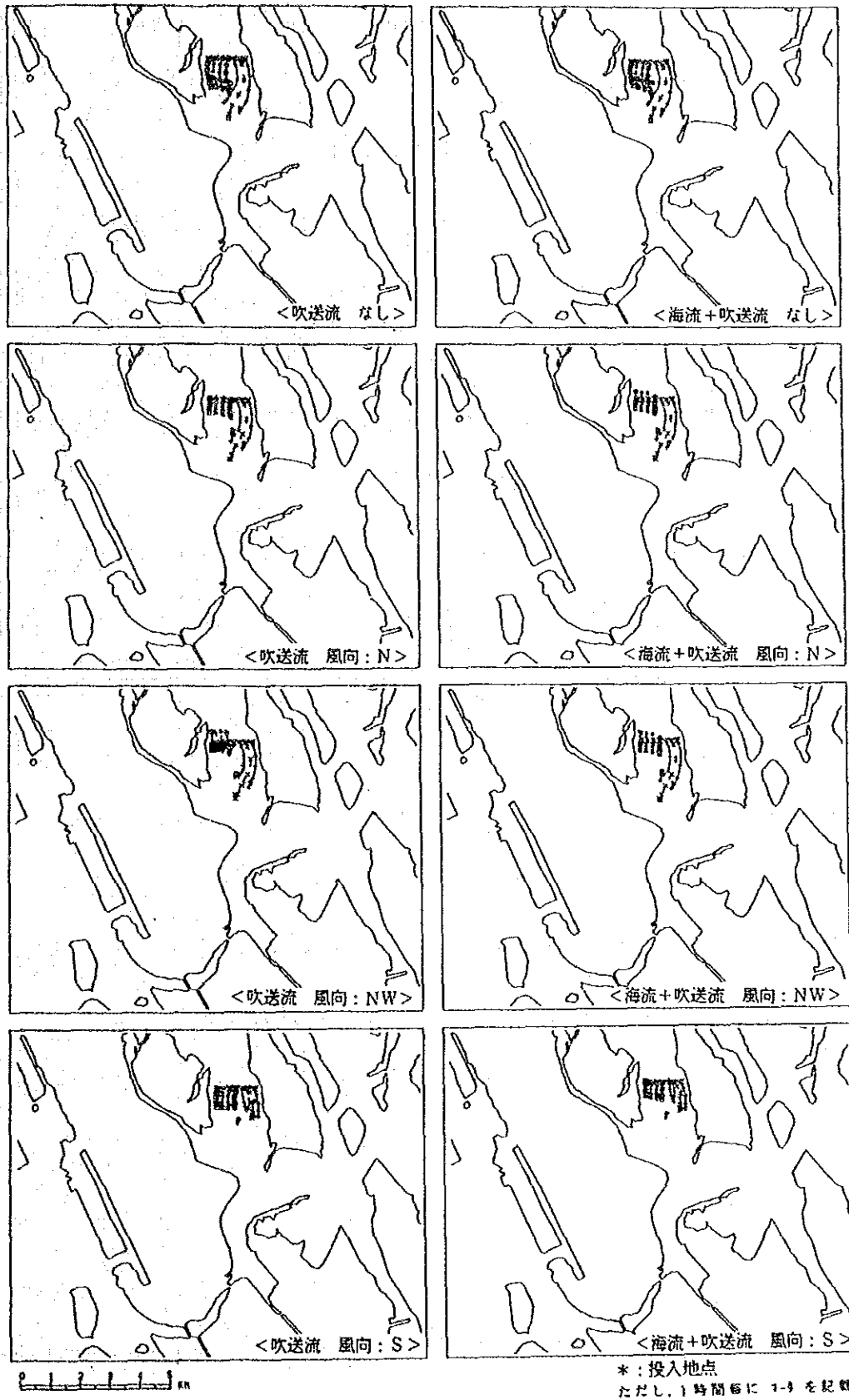


图 5.1.51 粒子追跡結果 (中潮期+取放水流) <断面 A>

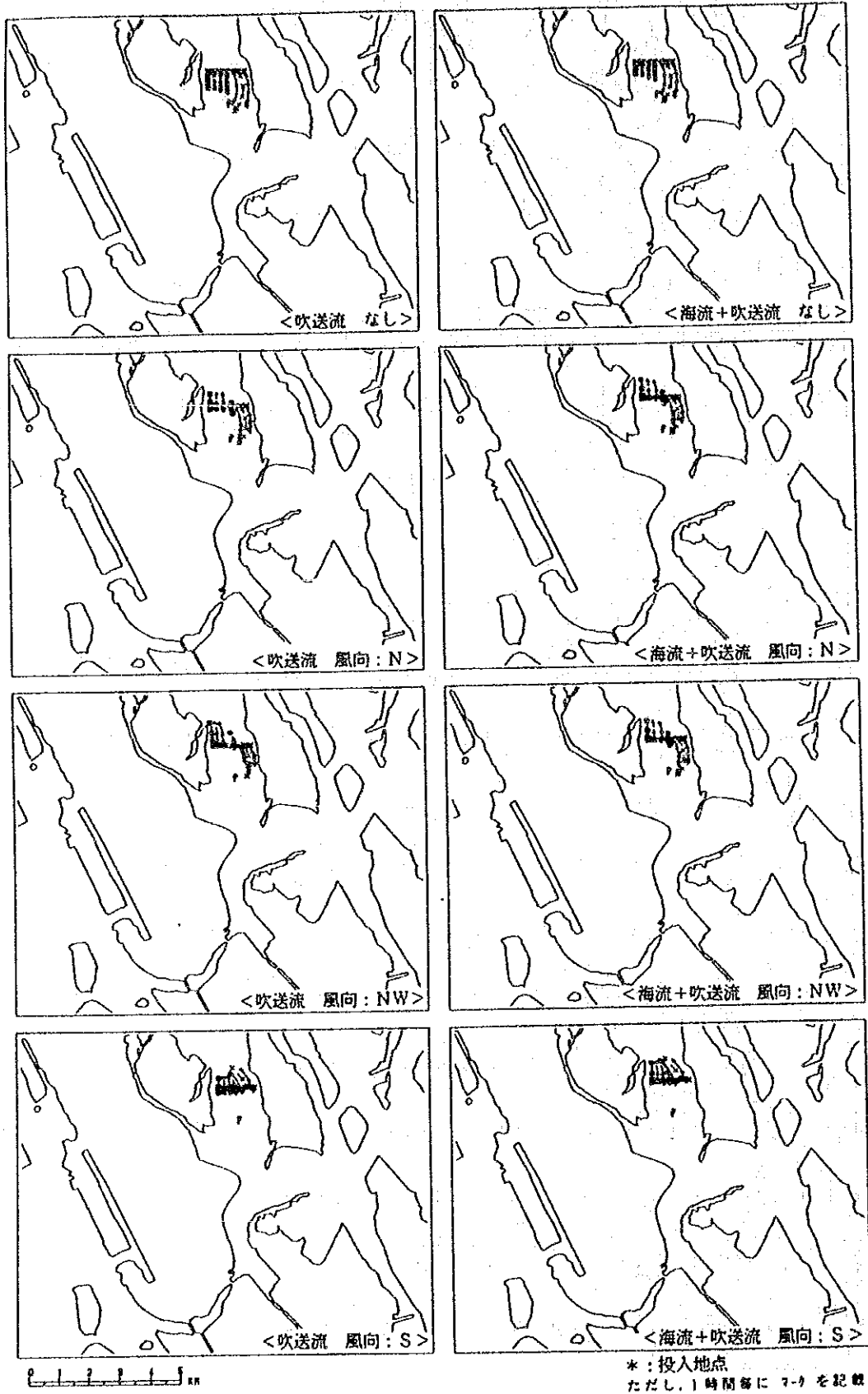


図 5.1.52 粒子追跡結果 (小潮期+取放水流) <断面 A>

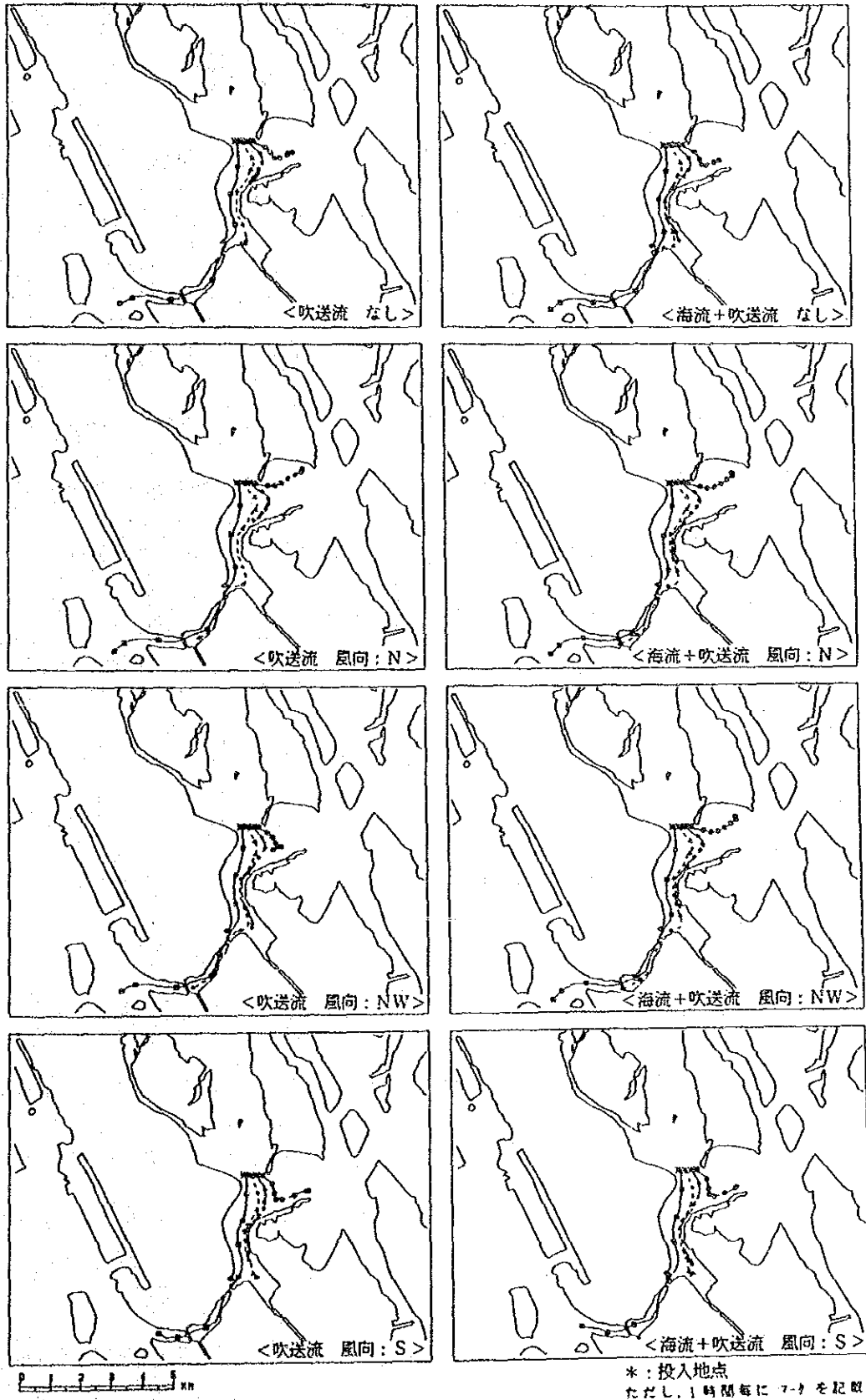


図 5.1.53 粒子追跡結果 (最大大潮期+取放水流) <断面 B>

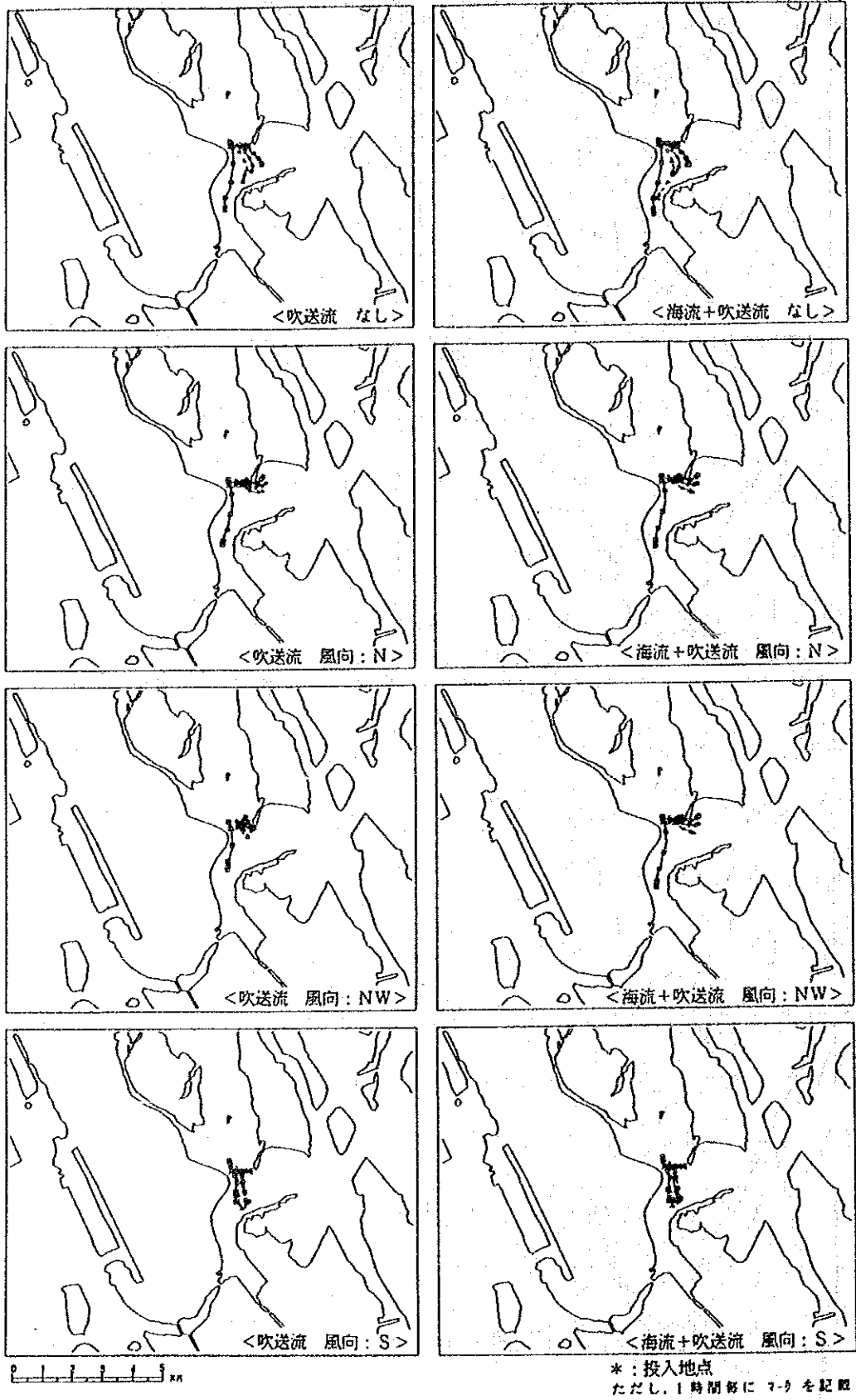


図 5. 1. 54 粒子追跡結果（平均大潮期+取放水流）<断面 B>

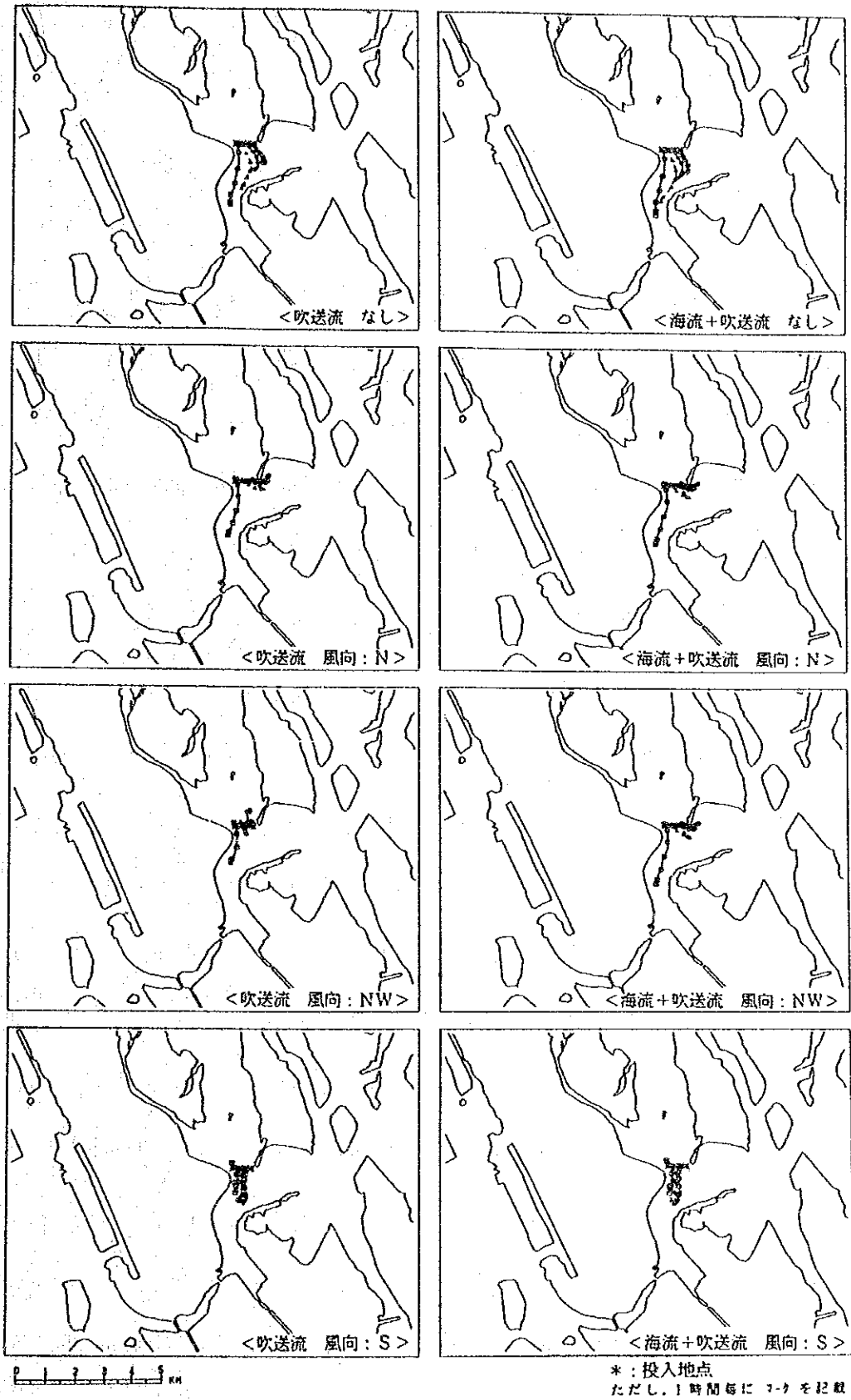


図 5.1.55 粒子追跡結果 (中潮期+取放水流) <断面 B>

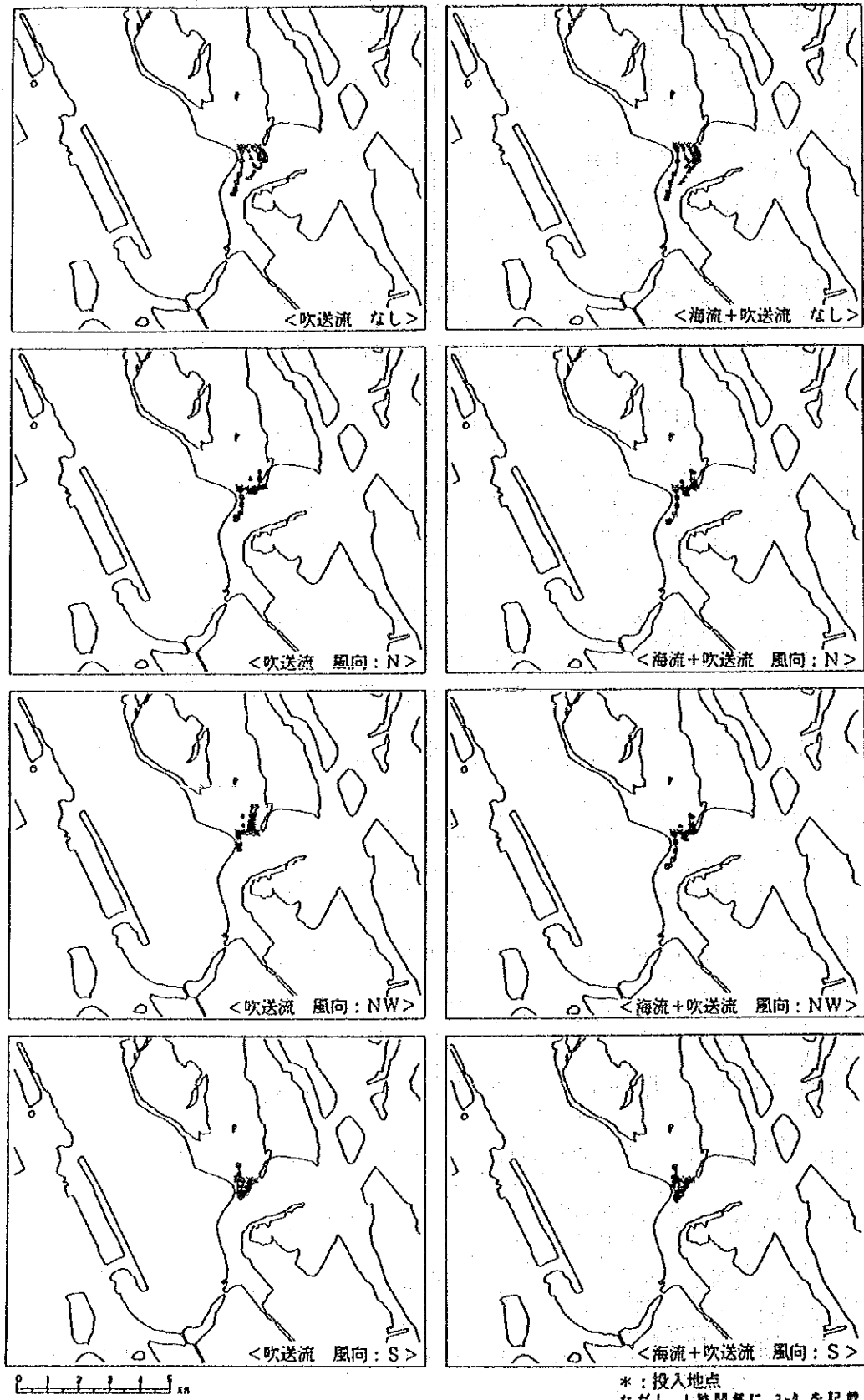


図 5. 1. 56 粒子追跡結果 (小潮期+取放水流) <断面B>

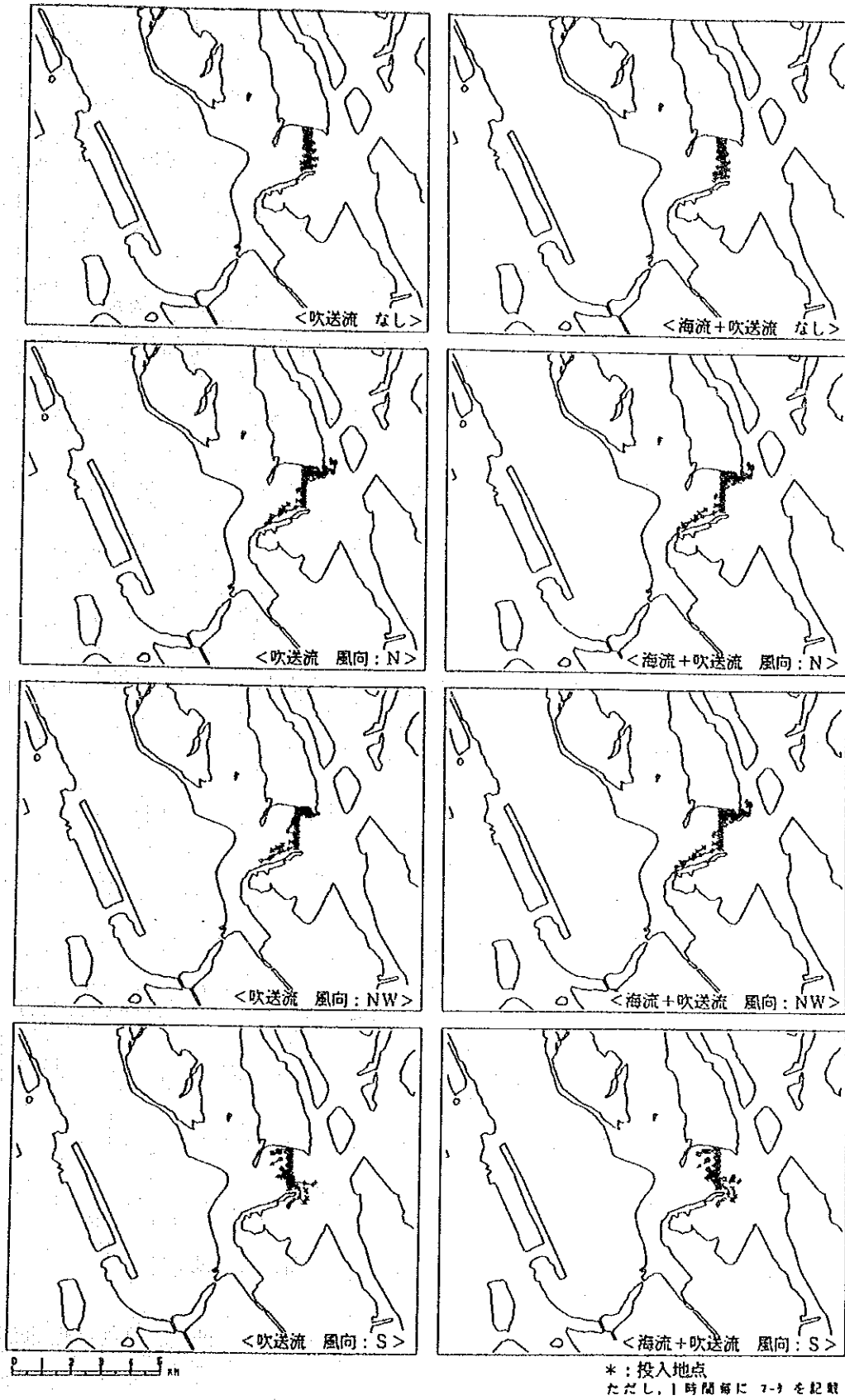


図 5. 1. 57 粒子追跡結果 (最大大潮期+取放水流) <断面C>

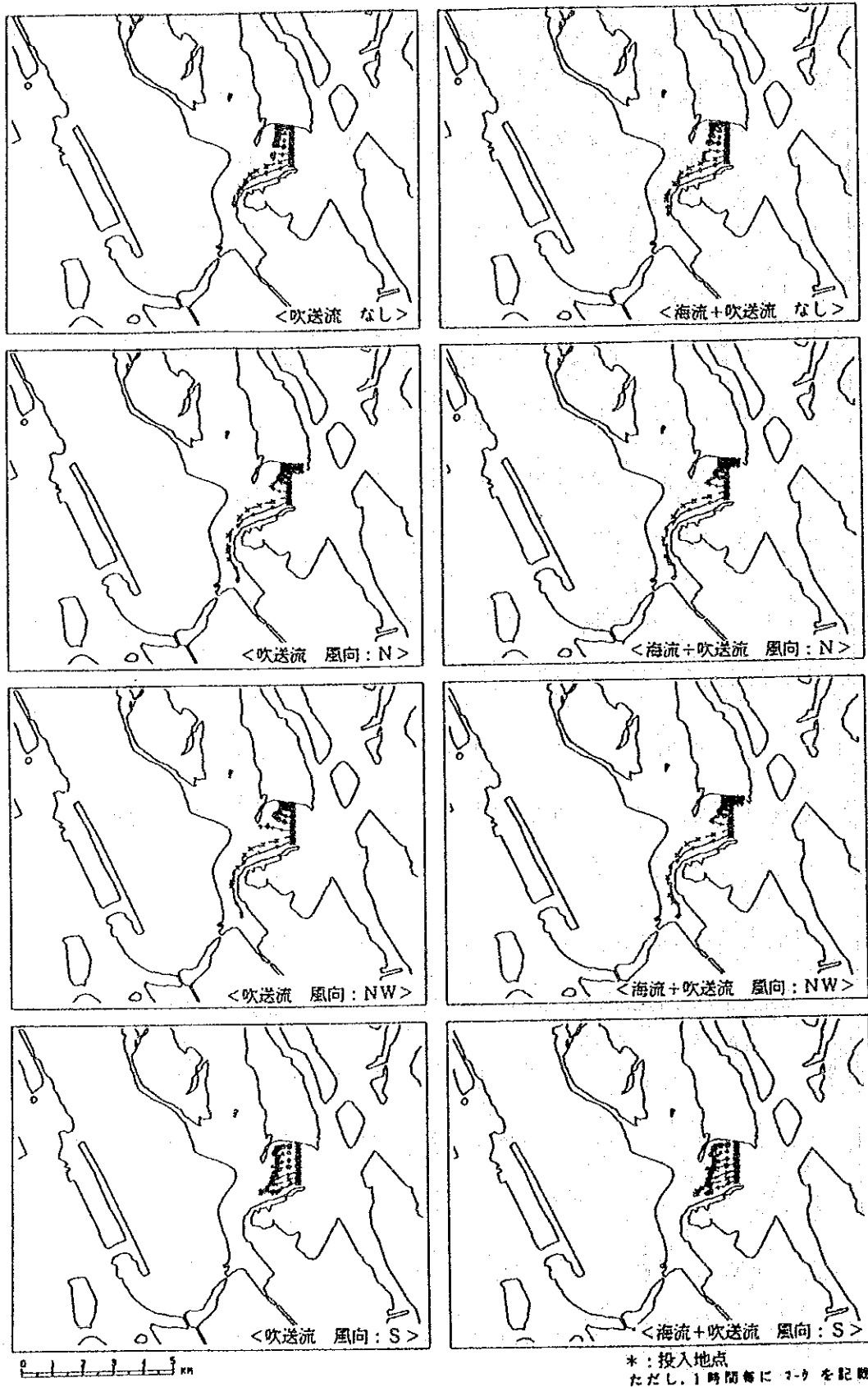


図 5.1.58 粒子追跡結果 (平均大潮期+取放水流) <断面 C>

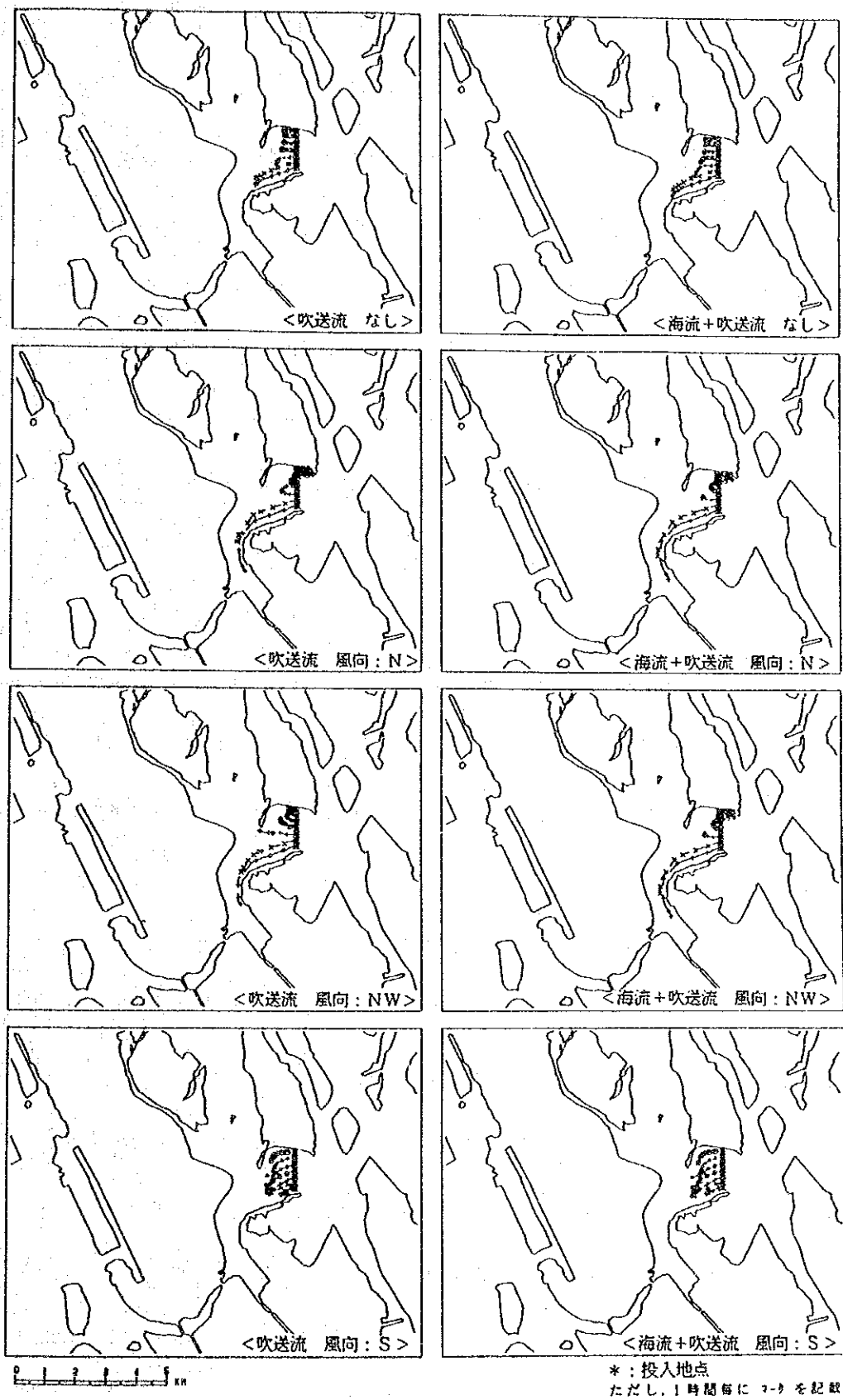


図 5. 1. 59 粒子追跡結果 (中潮期+取放水流) <断面C>

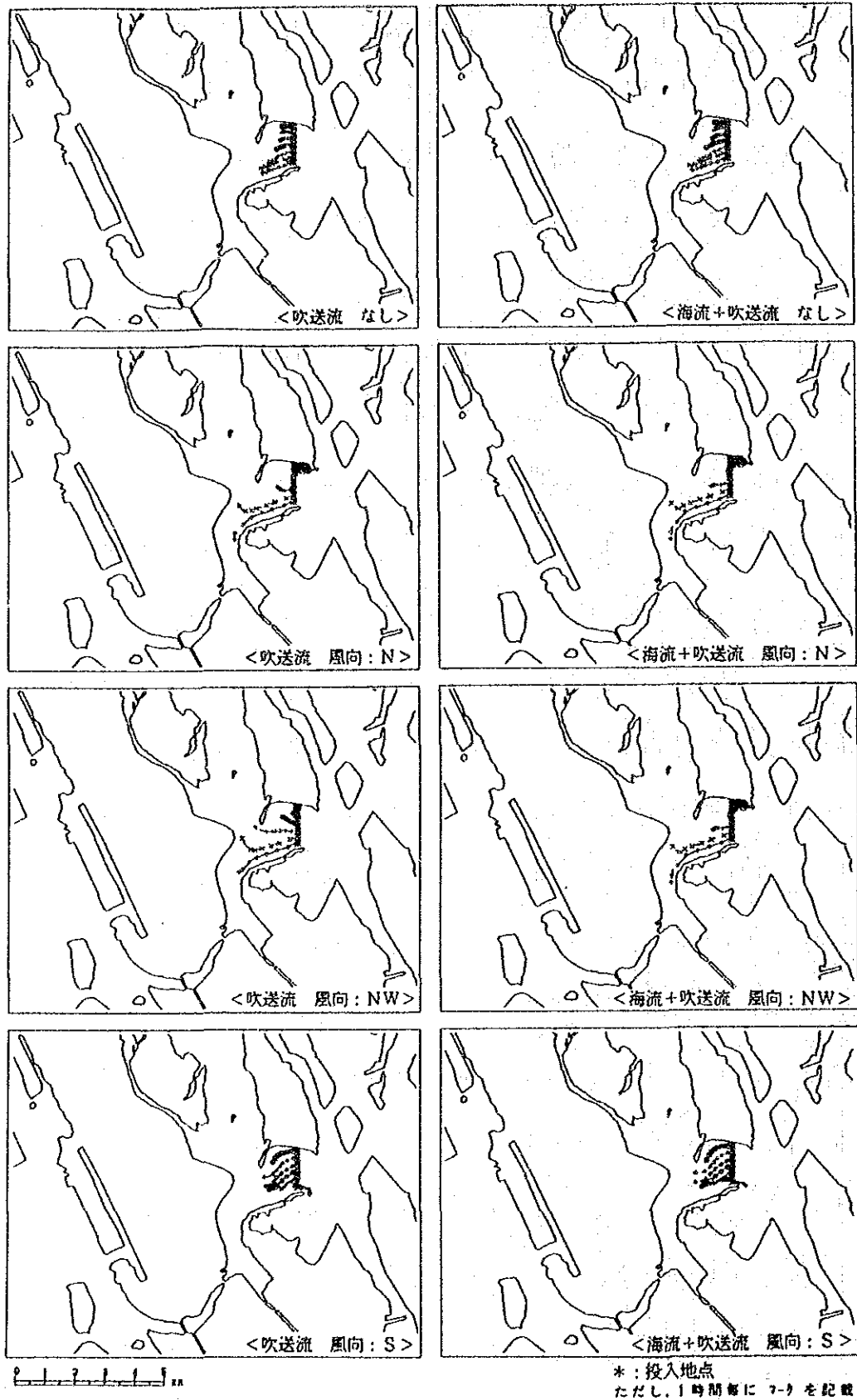


図 5.1.60 粒子追跡結果 (小潮期+取放水流) <断面C>

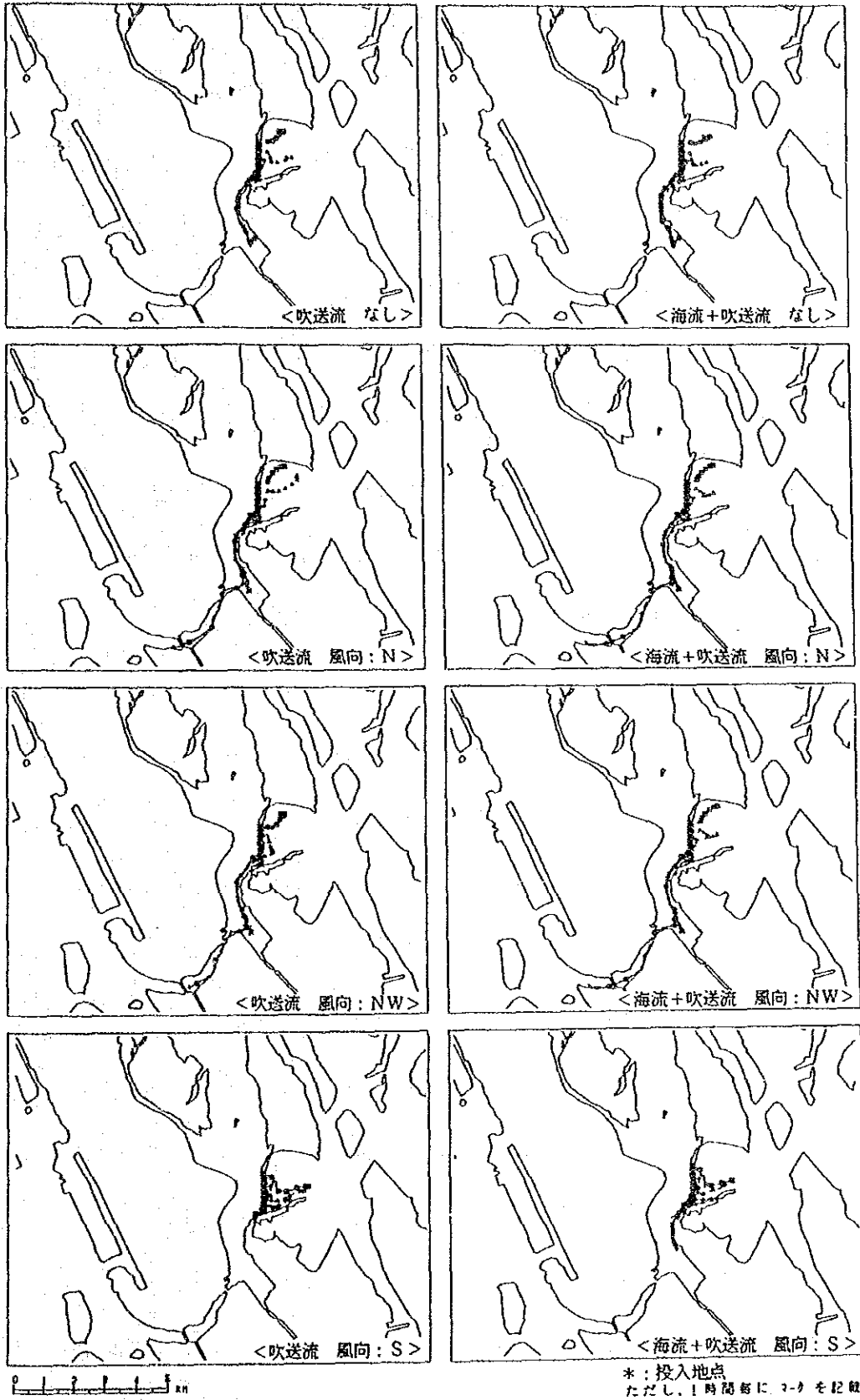


図 5.1.61 粒子追跡結果 (最大大潮期+取放水流) <断面D>

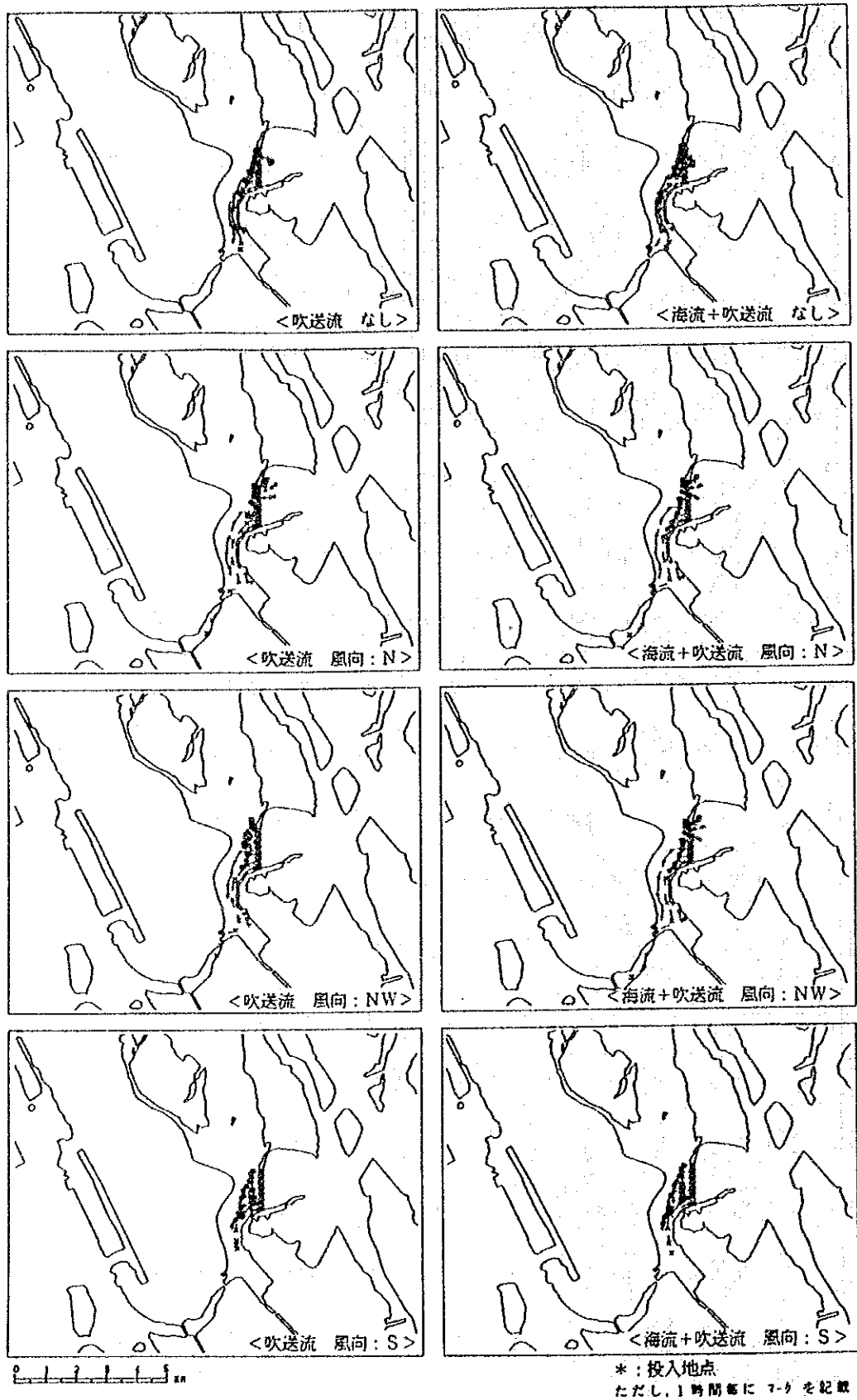


図 5. 1. 62 粒子追跡結果 (平均大潮期+取放水流) <断面D>

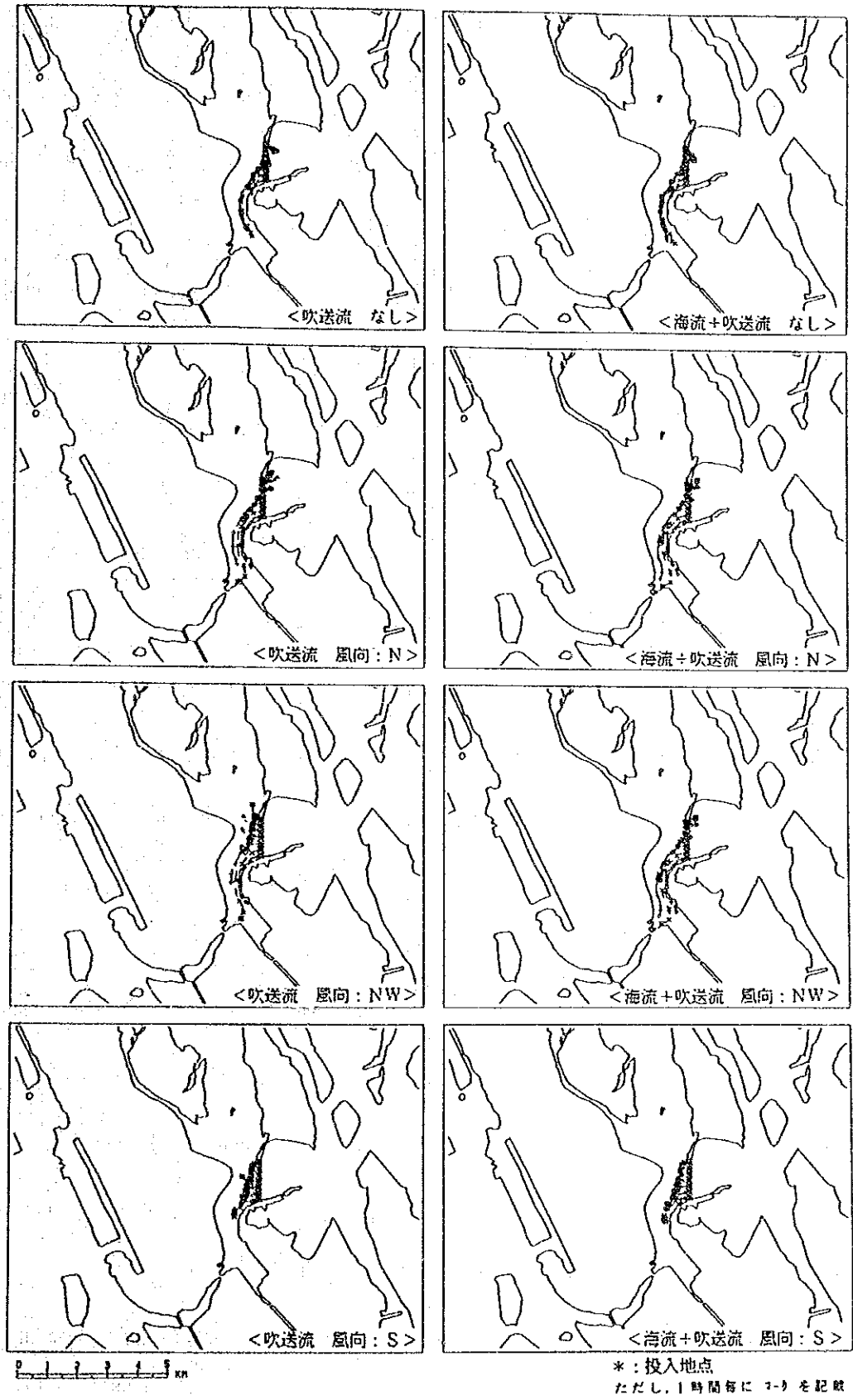


図 5.1.63 粒子追跡結果 (中潮期+取放水流) <断面D>

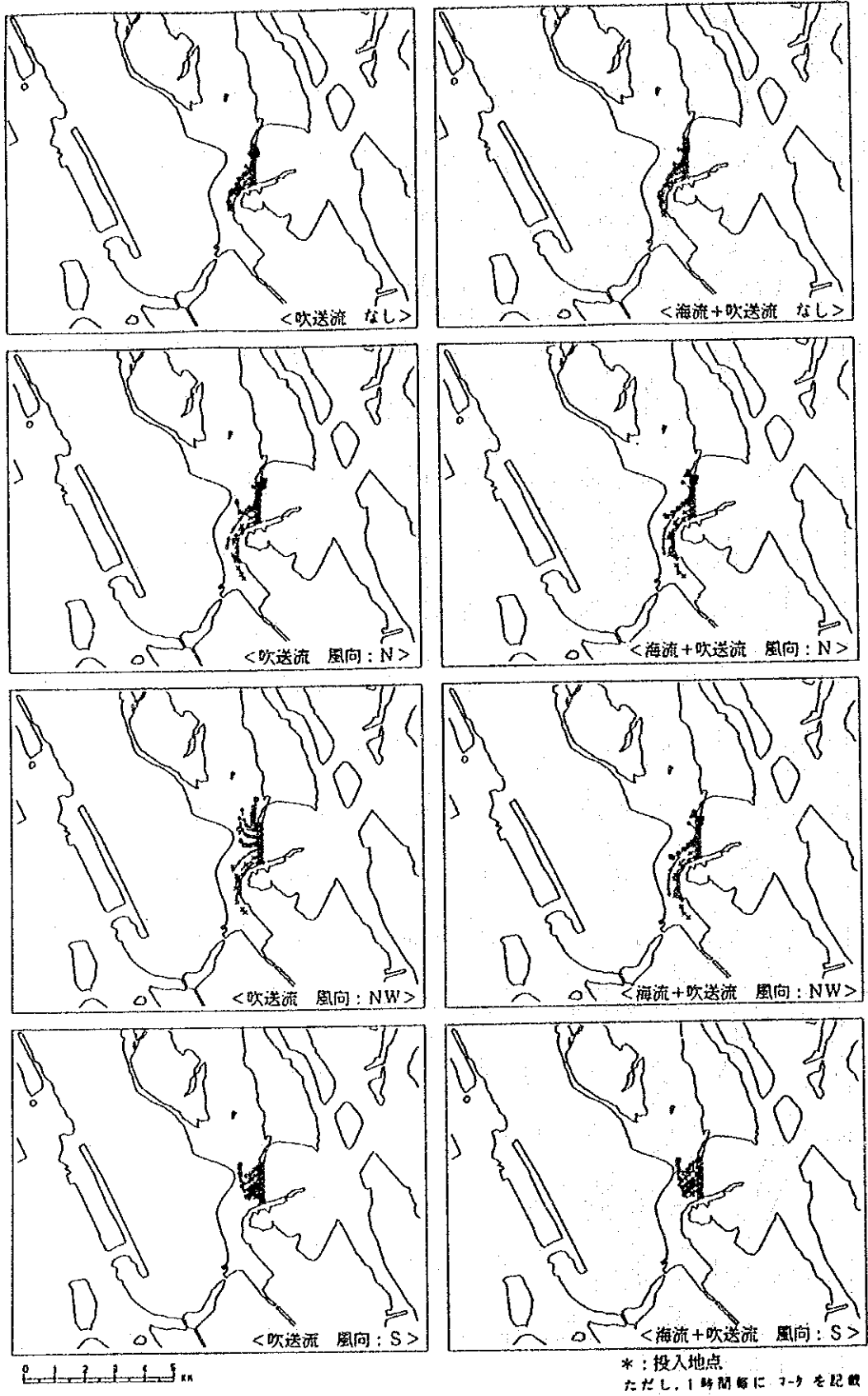


図 5. 1. 64 粒子追跡結果 (小潮期+取放水流) <断面D>

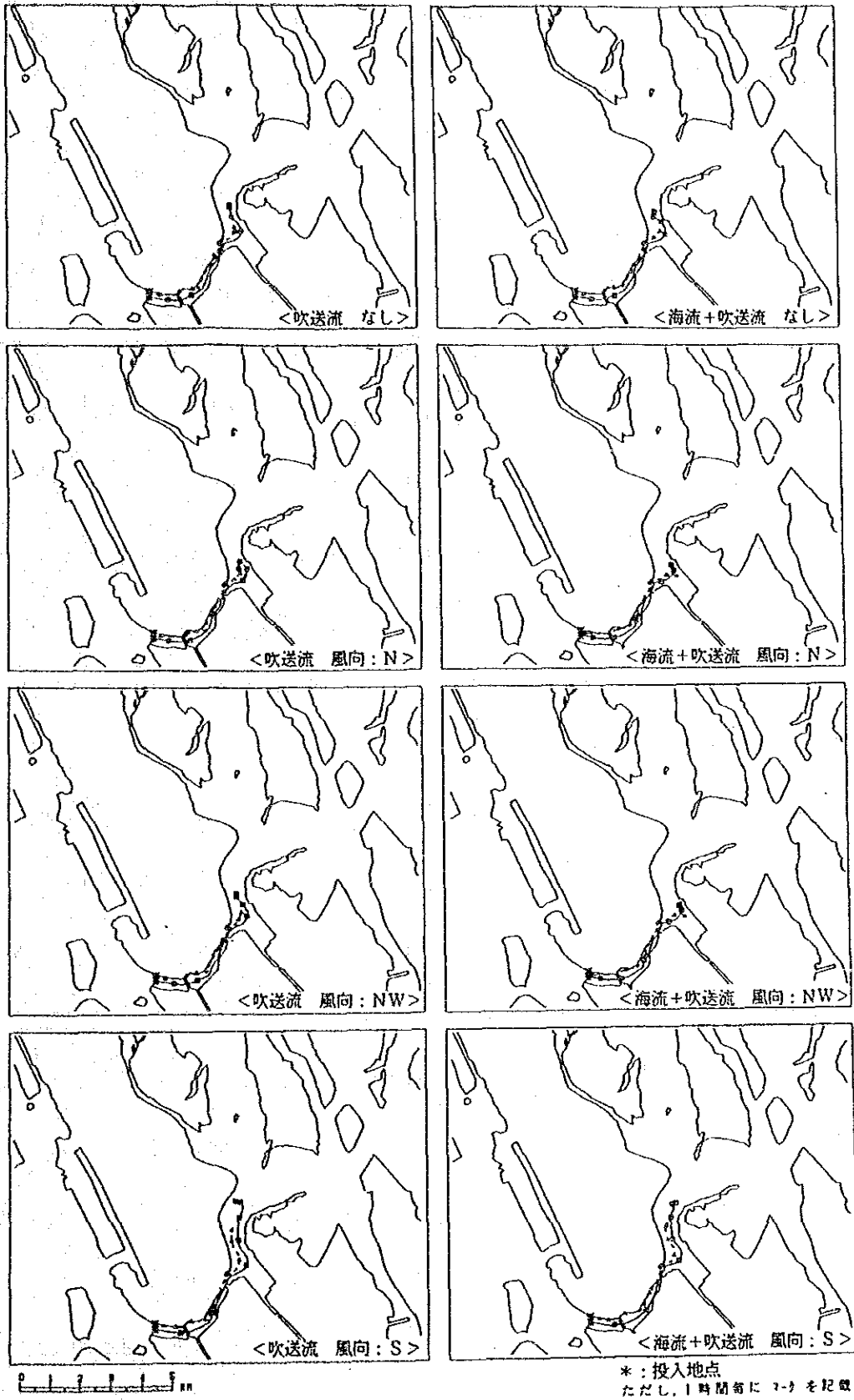


図 5. 1. 65 粒子追跡結果 (最大大潮期+取放水流) <断面E>

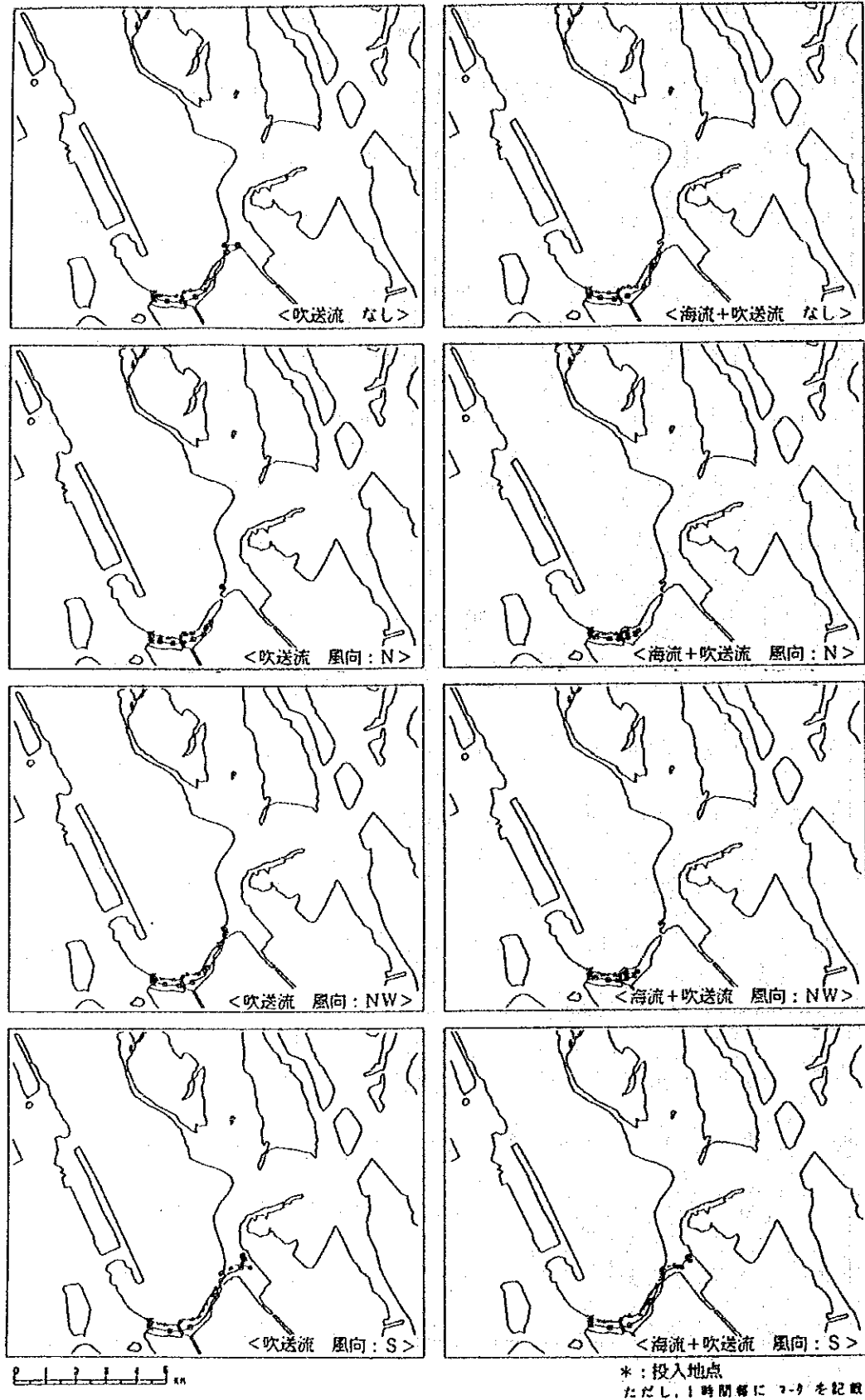


図 5.1.66 粒子追跡結果 (平均大潮期+取放水流) <断面 E>

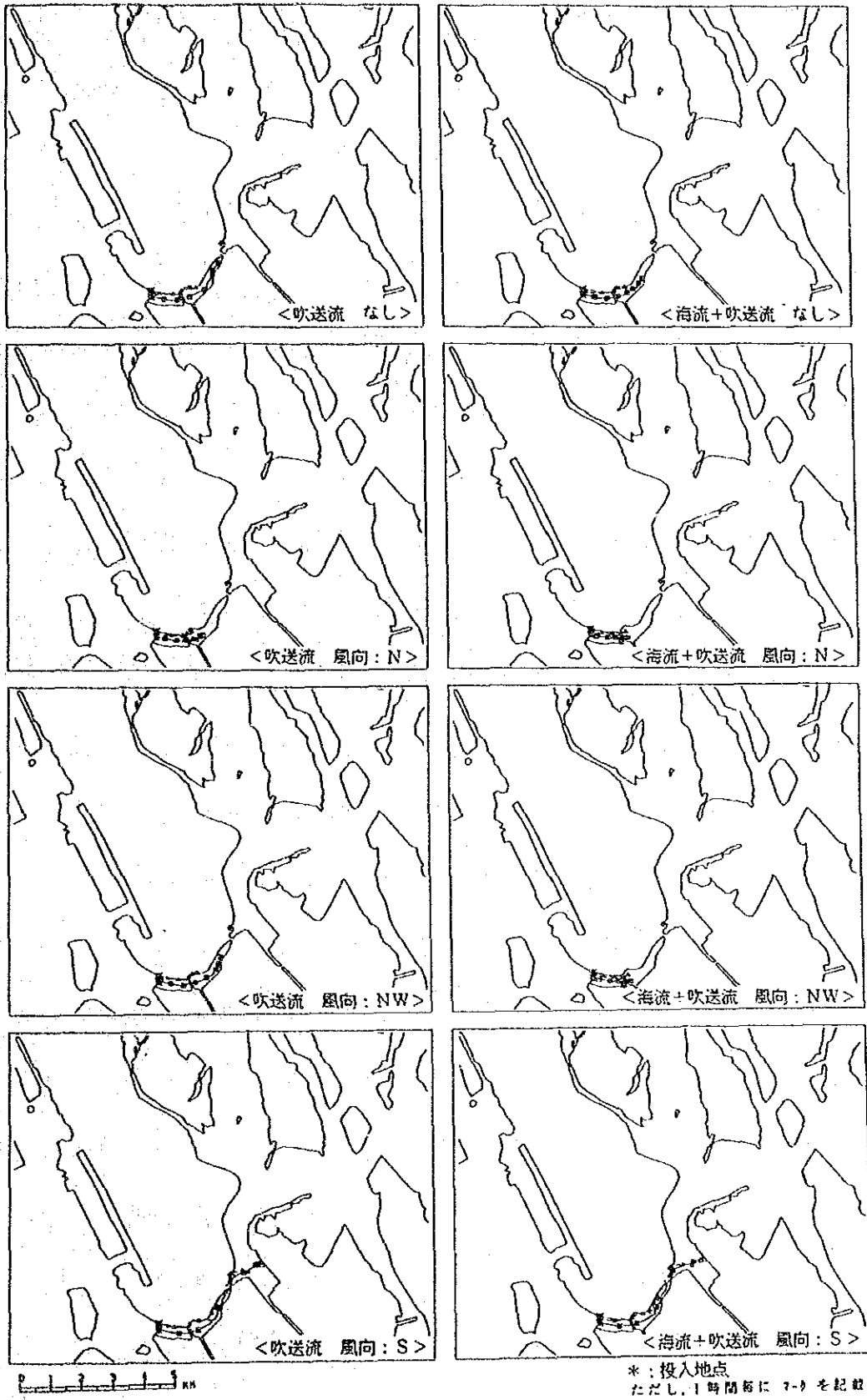


図 5. 1. 67 粒子追跡結果 (中潮期+取放水流) <断面E>

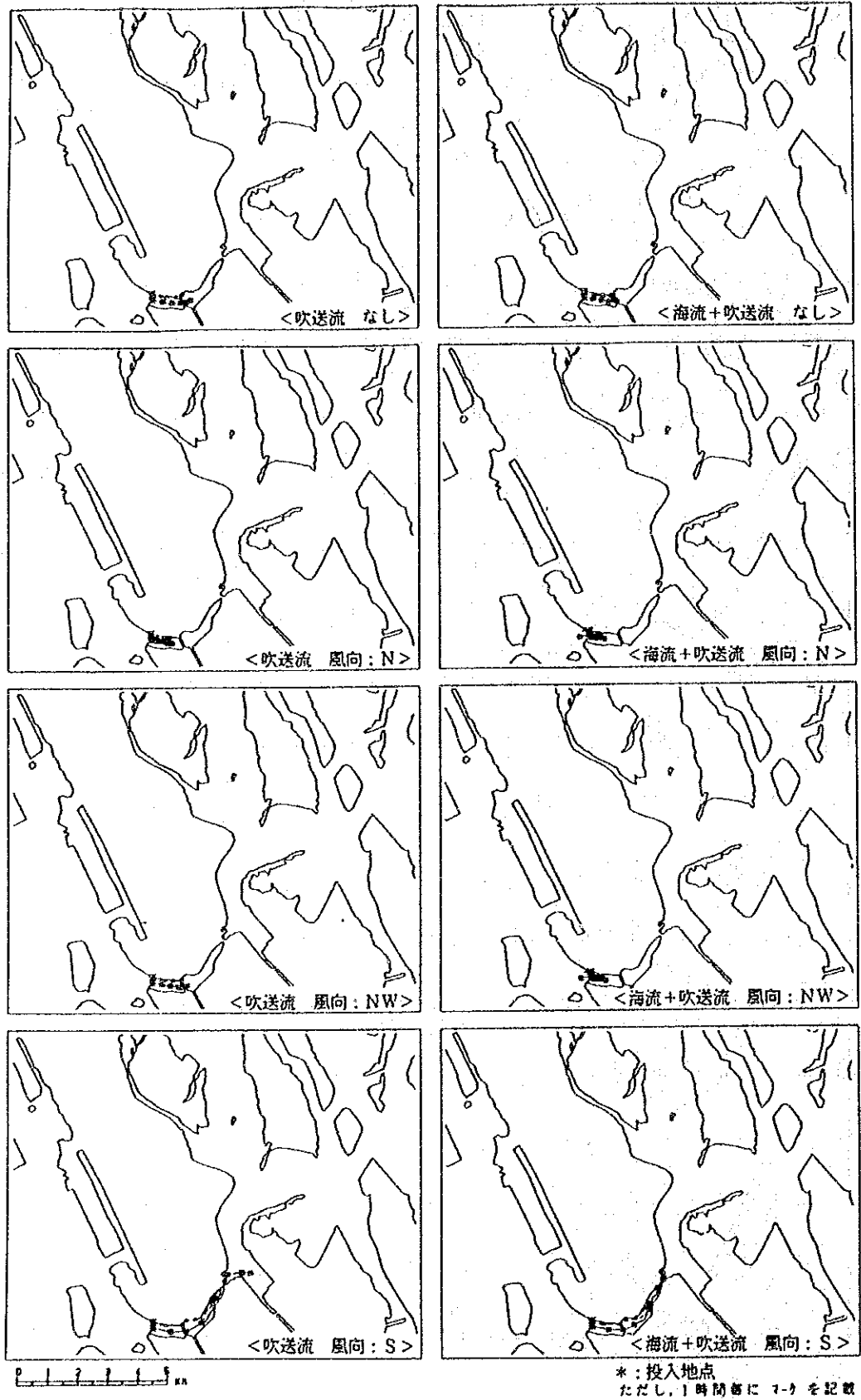


図 5.1.68 粒子追跡結果 (小潮期+取放水流) <断面E>

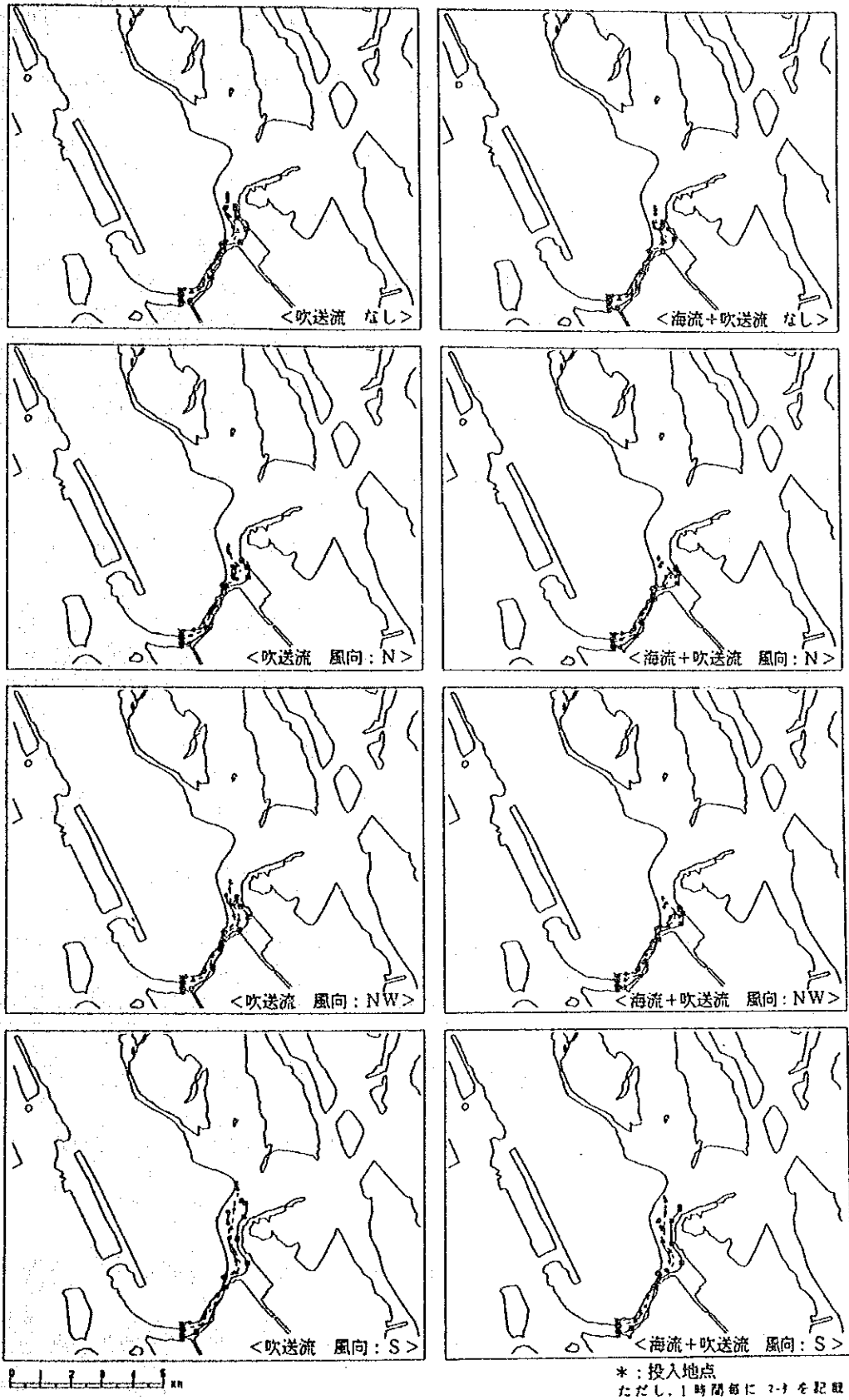


図 5.1.69 粒子追跡結果 (最大大潮期+取放水流) <断面F>

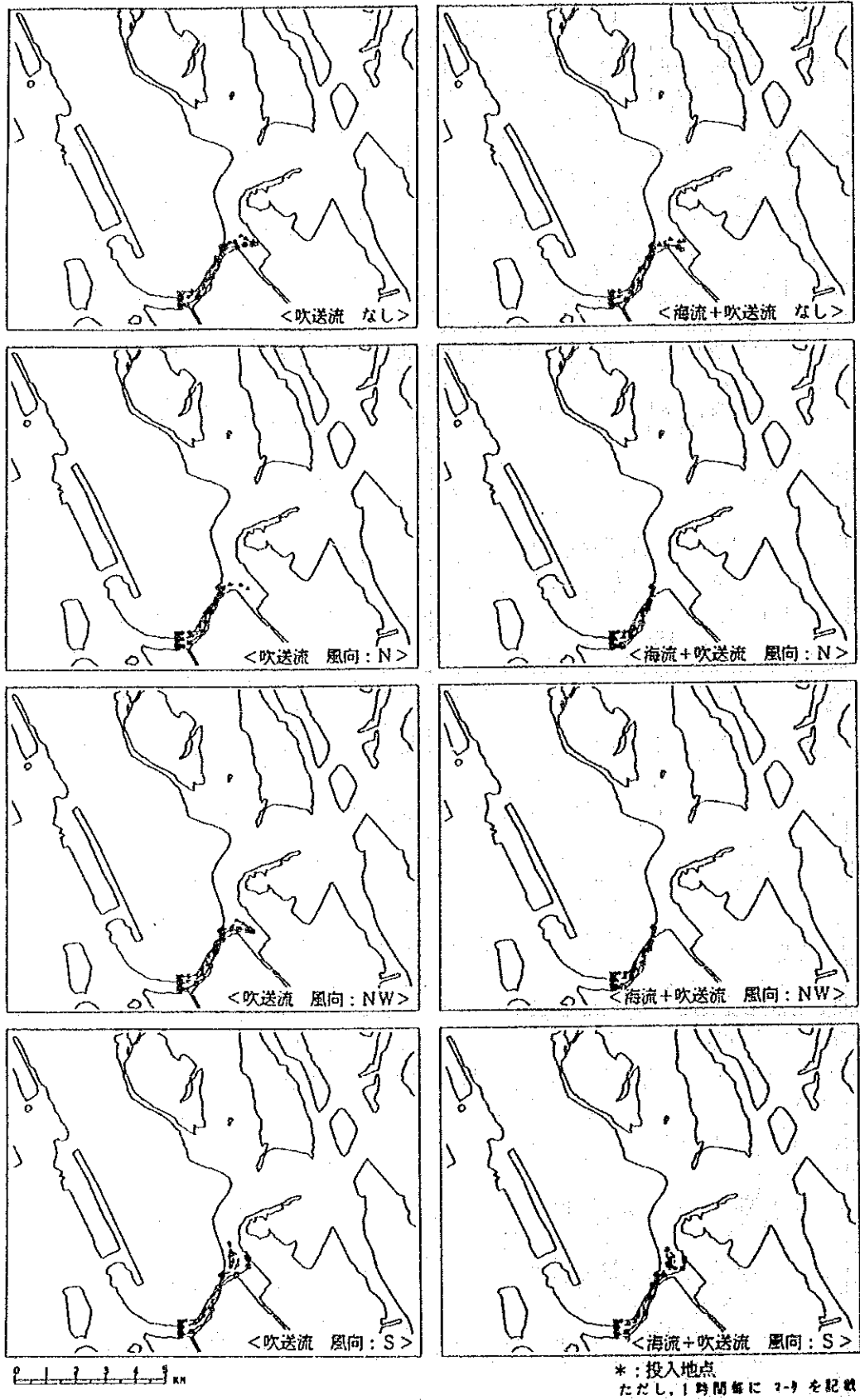


図 5.1.70 粒子追跡結果 (平均大潮期+取放水流) <断面 F>

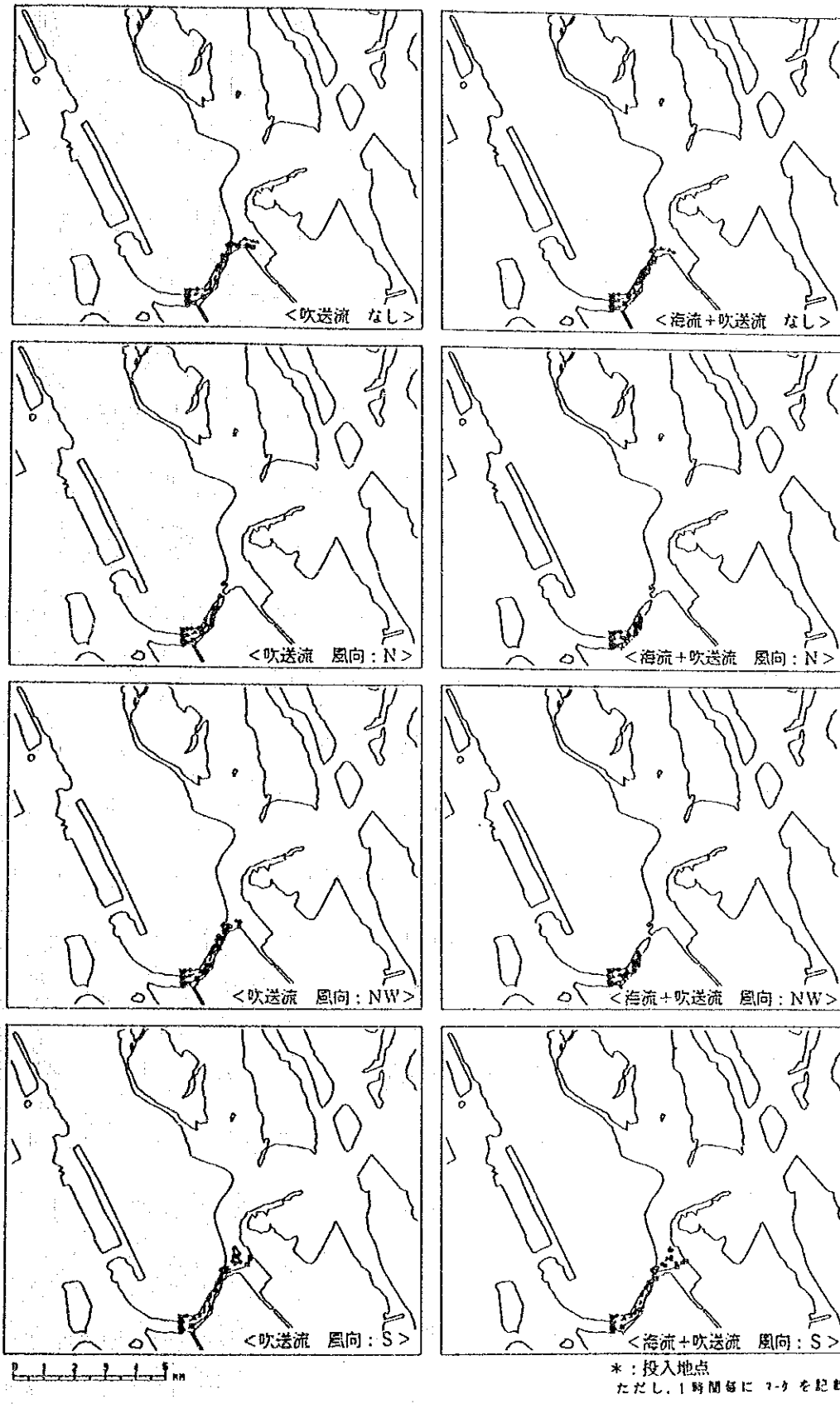


図 5.1.71 粒子追跡結果 (中潮期+取放水流) <断面F>

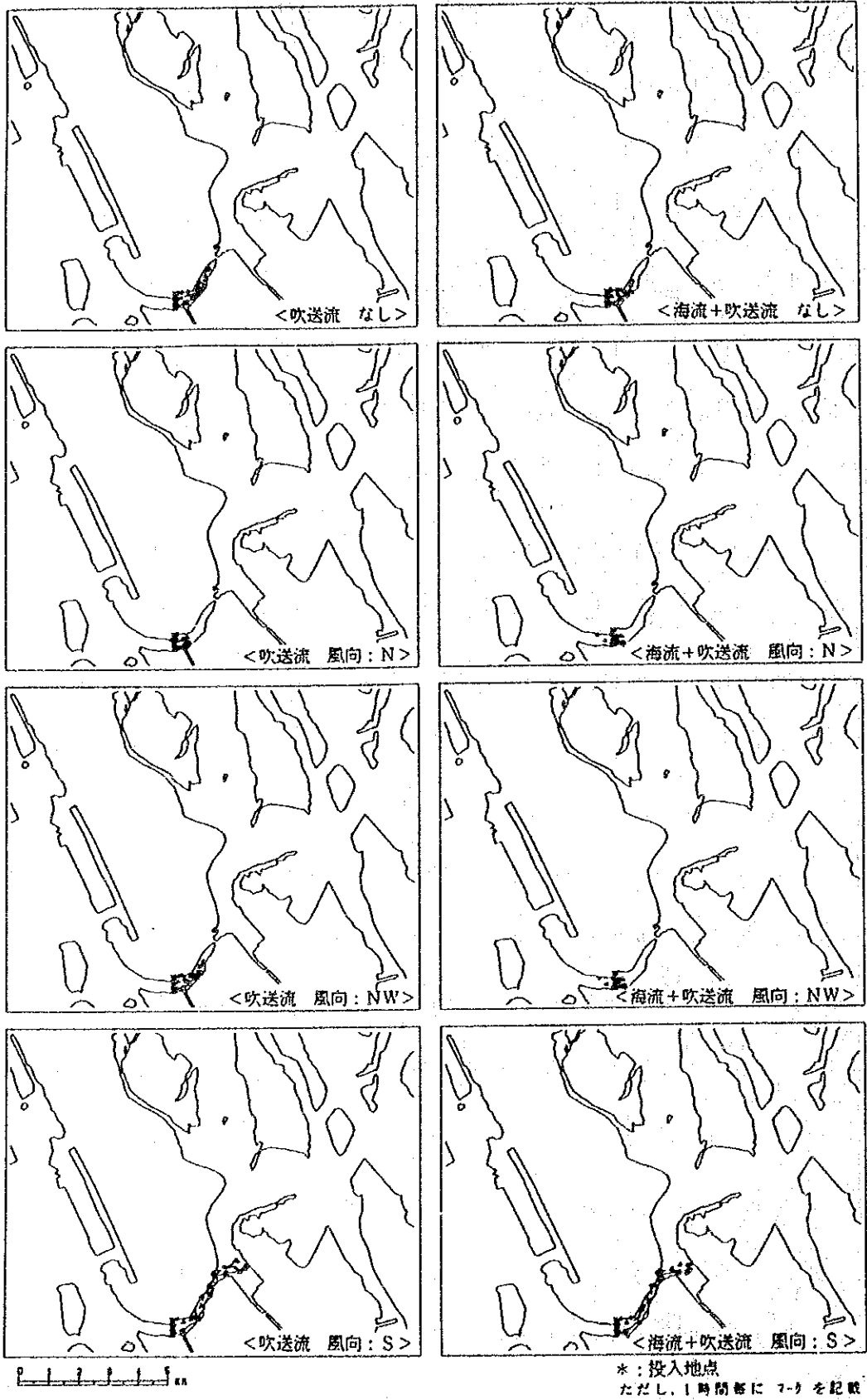


図 5. 1. 72 粒子追跡結果（小潮期+取放水流）<断面F>

5.2 油汚染モニタリングシステムの設計

5.2.1 モニタリングの項目

海域における流出油の挙動は4.1に述べたように次の三つのプロセスによって支配される。

• 物理的プロセス：

拡散、移送、蒸発、エマルジョン化、分散、溶解、大気中への飛散、沈降、沈積、オイルボール化

• 化学的プロセス：

光化学酸化

• 生物学的プロセス：

微生物分解及び生物摂取

このため、油種、油の化学的及び物理的特性、流出後の時間、環境条件により種々の形態の油が存在するといえる。

現有のモニタリングシステムから判断すると、オイルセンサーは取水口No.1近傍のみに配備されており広い範囲のモニタリングはできない。また、現在配備されているオイルセンサーでは水中油を検知できない。流出油から発電・淡水化プラントを守る早期の対応を取るためには、海水取水口周辺海域に拡散してくる海面、海中における油を適正な位置において的確に検知するとともに、油防除対策のために気象・海象に関する情報を入手することが必要である。また、検知した後の油の軌跡を予測することも必要である(1)。このためには、以下の項目をモニタリングすることが必要である。

1) 油汚染

- a 海面上の油塊または油膜
- b 水中の油

2) 気象・海象条件

- a 風速及び風向
- b 流速及び流向
- c 波高
- d 潮位

5.2.2 油汚染監視装置の現状

油汚染監視装置選定の第一段階として、油汚染に関するセンサー及び油分測定技術の現状をレビューする。

(1) 海面上の油

水面上の油を検知するために、以下のような多くのセンサーが開発されている。

a. リモートセンサー

- レーダー
- マイクロ波放射計測
- 赤外線センサー
- 紫外線センサー
- 蛍光センサー
- 低光量テレビ

b. 海面設置型センサー

- 水面伝導度センサー
- ケミカルヒューズ
- 蒸気センサー
- メカニカルトルクセンサー
- ソナーセンサー
- 示差蒸発センサー

1) リモートセンサー

a. レーダー

レーダーを用いた油汚染検知の原理は油膜が風による表面張力波及び小さな重力波を抑圧することを利用している。油が存在する場所からのレーダー反射は、油膜による海面波の抑圧作用によって弱められるため油の検知が可能である^{2) 3) 4) 5) 6) 7)}。図 5.2.1 にその原理を示す。

油膜と周辺水のレーダー反射のコントラストは、現在、航空機を用いて測定されている。レーダーシステムによる油の検知には、以下のような二つの基本的な方式がある。

航空機の真下でなく側方の水面をレーダー照射するので側方監視レーダー(Side Looking Airborne Radar, SLAR)と呼ばれる実開口レーダーが、US Coast

Guard, Swedish Coast Guard, UK Department of Transport, Dutch Ministry of Transport, Norwegian State Pollution Control Authority 等において海上監視システムとして用いられている 8) 9) 10) 11) 12)。検出限界油膜厚は海象条件に左右されるが $1 \mu m$ 以下とされている 13)。

信号処理技術により分解能を高めたもう一つのレーダーシステムとして合成開口レーダー (Synthetic Aperture Rader, SAR) がある 14) 15)。

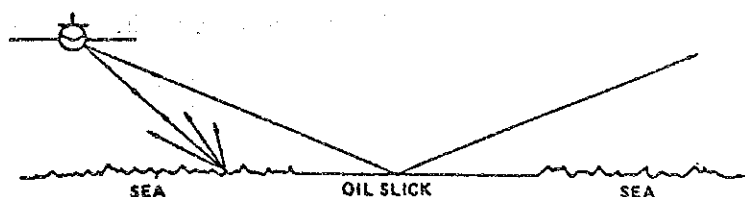


図 5.2.1 レーダーによる検知原理 7)

この SAR の試験飛行による結果では油の検知に利用できることが示されている。

レーダーシステムは雲や霧が存在する状況下でも利用でき、その監視範囲も広いといえる。しかしながら、レーダーシステムは油膜による小規模な水面波の抑圧作用を利用しているため、静穏な水面や大きな波を生ずる風の強い状況下で油と周辺水を識別することは難しいとされている 16)。

b マイクロ波放射計測

マイクロ波放射計測はパッシブシステムであり、表面から放射、反射される自然のマイクロ波のエネルギーを測定するものである 17) 18) 19) 20)。自然のマイクロ波のエネルギーは輝度温度として測定される。油が存在する領域は周辺水より高い輝度温度を示し、油膜が厚いほど高い輝度温度となる。検出限界油膜厚は $5 \sim 10 \mu m$ とされている 13)。

マイクロ波放射計測の利点としては天候に左右されないこと、周辺の光の条件によらないことがあげられる。

このセンサーは現在開発中であるが、比較的厚い油膜のセンサーとしての利用可能性が考えられている。

c 赤外線センサー

赤外線センサーはパッシブセンサー及びアクティブセンサーの二つに分類で

きる。

a) パッシブ赤外線センサー

パッシブセンサーは自然放射を利用するものである。パッシブ赤外線センサーは油と周辺水の温度差を熱赤外線の放射によって測定する²¹⁾²²⁾²³⁾²⁴⁾。

図 5. 2. 2 にその概念図を示す。航空機に搭載されたパッシブ赤外線センサーは海上監視用に US Coast Guard, Dutch Ministry of Transport, Swedish Coast Guard, UK Department of Transport 等で現在用いられている²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾。パッシブ赤外線センサーの検出限界油膜厚は $10\mu\text{m}$ 程度とされている¹³⁾が薄い油膜では周辺水との温度差が小さく、パッシブ赤外線センサーでは検知できない場合もあるとされている²⁸⁾。

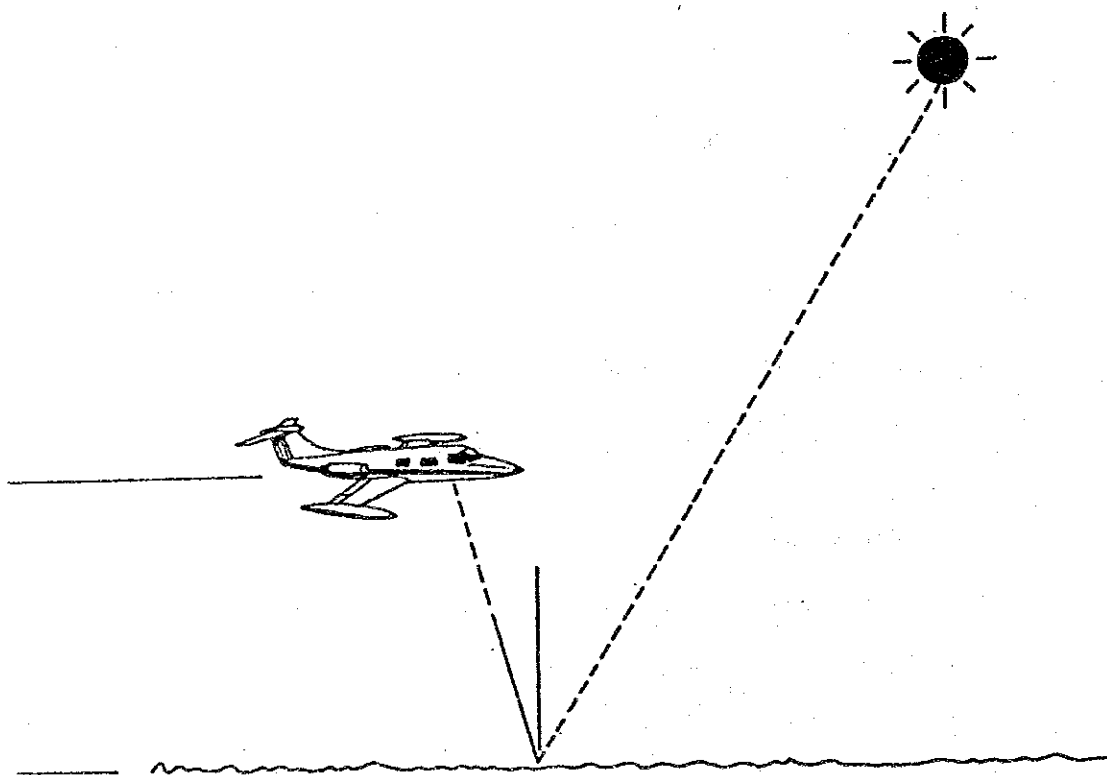


図 5. 2. 2 パッシブ赤外線センサーの概念²¹⁾

b) アクティブ赤外線センサー

アクティブ赤外線センサーは人工光源からの放射を利用し水と油の赤外部の反射特性の違いを測定するものである²⁹⁾³⁰⁾。センサーは赤外線照射部及び受光部から構成されている。水面を照射するため、光源から赤外線が照射される。

反射されたエネルギーは受光部によって集められ測定される。図 5.2.3 にその原理を示す。固定構造物に設置されたアクティブセンサーが製油所や製造工場の排水や冷却水中の油をモニタリングするために広く使われている³¹⁾³²⁾。ゴミや海藻によって誤った警報を出すことがないかを確認するテストも行われ、ゴミ、土、合板、紙、藻類

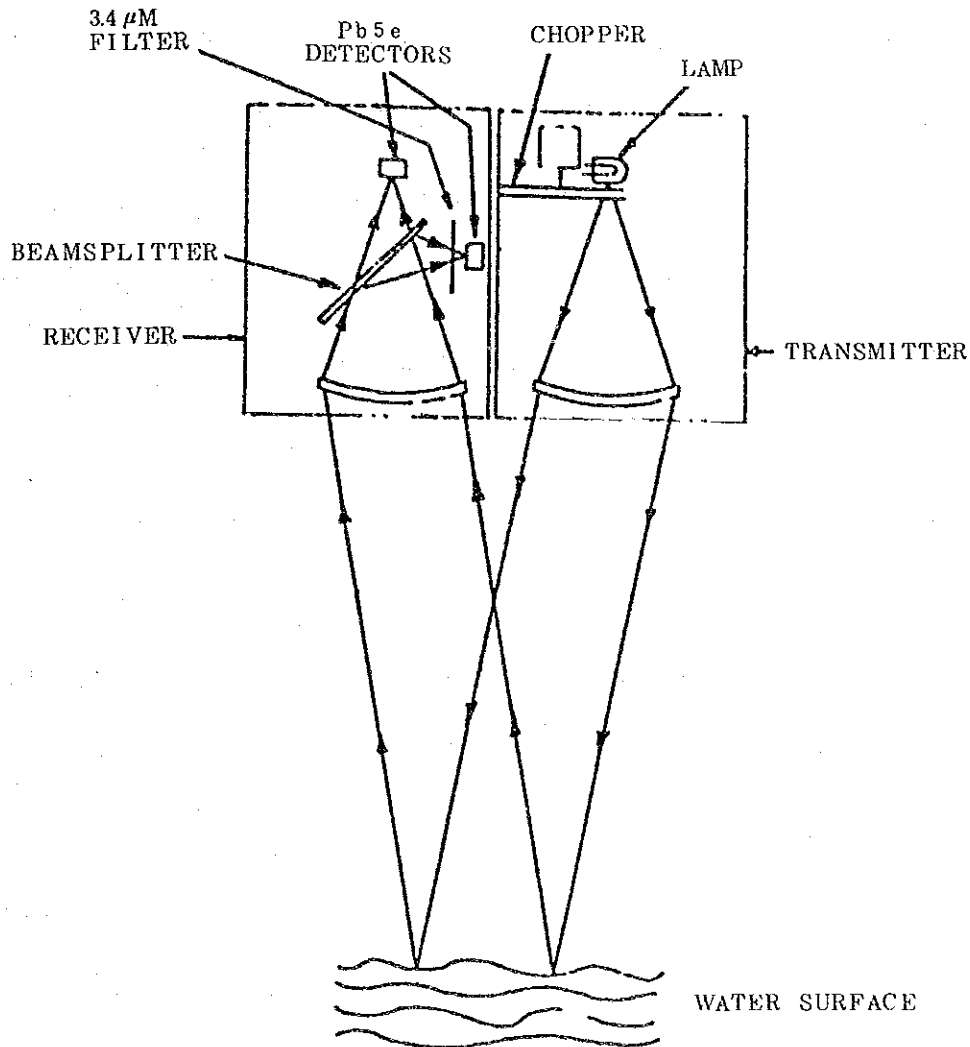


図 5.2.3 アクティブ赤外線センサーの原理²⁹⁾

等と油による反射率は異なることが示されている²³⁾³³⁾。また、二つの異なった赤外波長を検出し、その信号の比を取る方法により波が存在する状況下でも油を検知できることが示されている²³⁾³²⁾。アクティブ赤外線センサーの検出

限界油膜厚は $0.1 \mu\text{m}$ 程度とされている³²⁾³⁴⁾。

パッシブ及びアクティブ赤外線センサーは共に昼夜間において油を検知する能力を有している。

d 紫外線センサー

紫外線センサーはパッシブセンサーである。紫外線部のスペクトルにおいて油は水に比べ高い反射率を示す。紫外線センサーは太陽エネルギーの水と油の紫外線反射の差を測定し油膜を検知する²²⁾。紫外線センサーは薄い油膜(検出限界油膜厚: $0.15 \mu\text{m}$)を検知できるのに対し、パッシブ赤外線センサーは比較的薄い油膜の検知には限界があるとされている¹³⁾²⁸⁾。このため赤外線センサーと紫外線センサーによる画像を比較することにより油膜厚の相対厚さを知ることができる。これを利用して、紫外線センサーとパッシブ赤外線センサーの二つのセンサーを用い、航空機による海上監視がUS Coast Guard, Swedish Coast Guard, UK Department of Transport 等で行われている⁹⁾¹⁰⁾³⁵⁾³⁶⁾。

しかしながら、紫外線センサーでは十分な太陽光がないと油を検知できないので、暗い状況下での使用はかなり制限される。また紫外線センサーは海面上を浮遊する海藻も感知することが知られている。

c 蛍光センサー

蛍光センサーはアクティブセンサーである。油は特に紫外線の誘発発光により蛍光を発する。蛍光センサーは油に紫外線を当てることによって発光する蛍光を測定するものである³⁷⁾³⁸⁾³⁹⁾。図 5.2.4 にその例を示す。蛍光の波長及び強度は油種及び油膜厚によって異なるため、蛍光センサーは油の検知のみでなく油の分類ができる能力を有している。蛍光センサーの検出限界油膜厚は $10 \sim 100 \mu\text{m}$ とされている⁴⁰⁾⁴¹⁾。

紫外線ランプと検出器から構成されるセンサーが開発され、各種工業における排水や用水の油の検知に使用されている。しかしながら、高い位置に設置したセンサーによる計測は大気による紫外線の吸収及び太陽光による干渉でセンサー感度を低下させる。この大気による吸収は紫外線部で著しいため、励起光源としてレーザーを用いた航空機用レーザー蛍光センサーが開発されてきている。図 5.2.5 にその例を示す。レーザー蛍光センサーの利用の可能性について、実験室での測定や試験飛行によって数多く試験が行われている⁴²⁾⁴³⁾⁴⁴⁾⁴⁵⁾⁴⁶⁾⁴⁷⁾⁴⁸⁾⁴⁹⁾⁵⁰⁾⁵¹⁾。

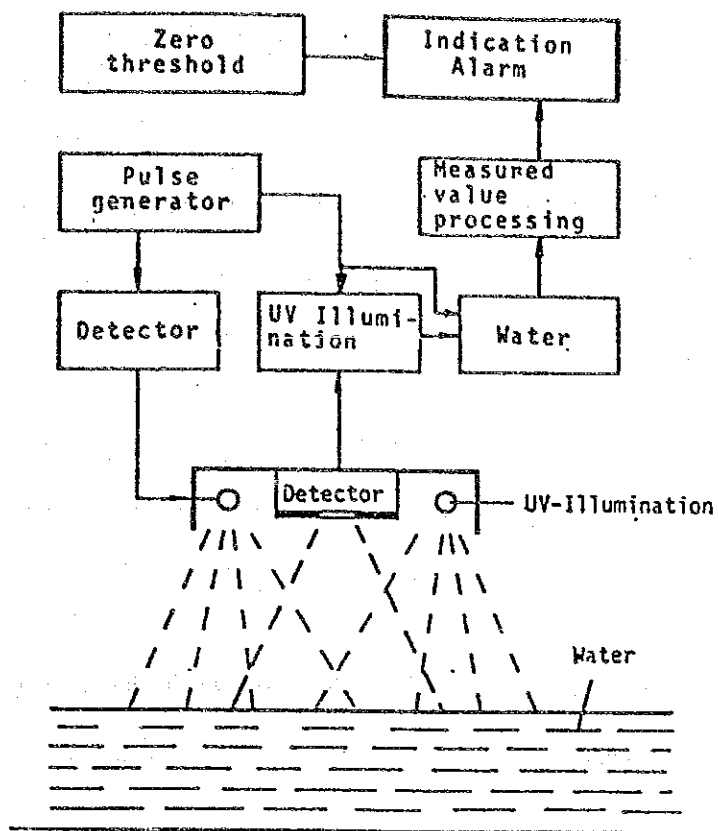


図 5. 2. 4 螢光センサーの原理 38)

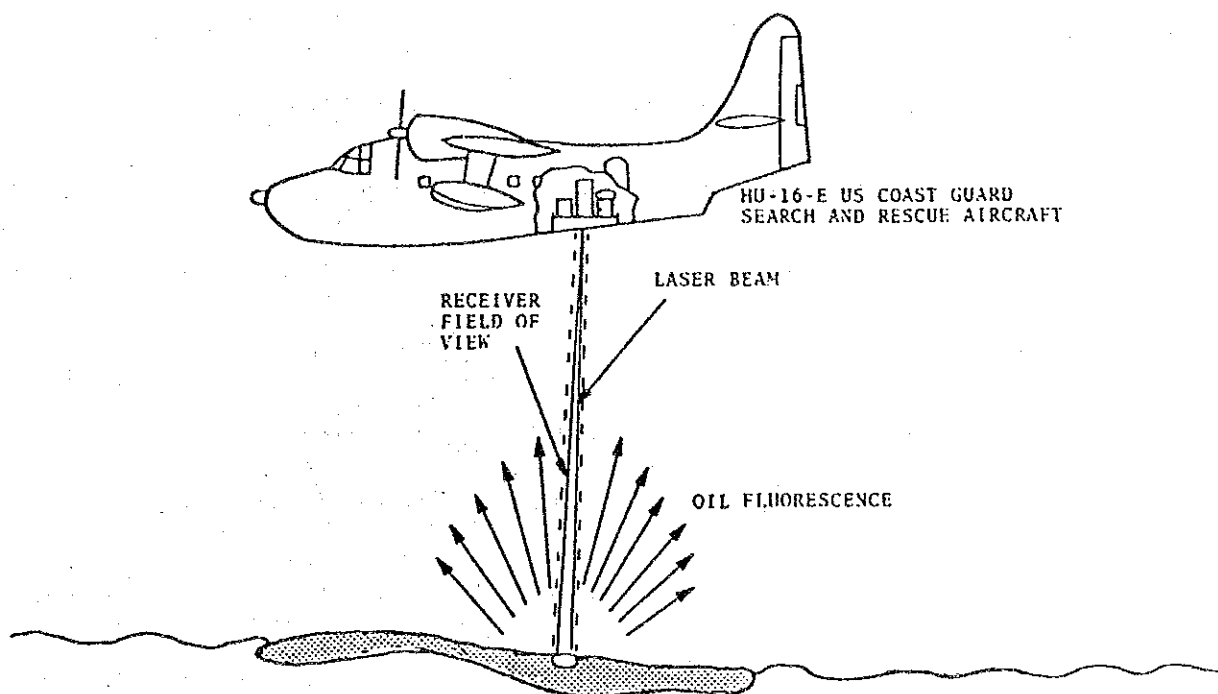


図 5. 2. 5 航空機用レーザー-螢光センサー 45)

f 低光量テレビ

低光量テレビは油と水の太陽光の反射率を画像として撮影するものである²⁾。油と水の反射率の差は紫外線部が大きい¹⁾²⁾。このため油検知用の低光量テレビは画像を紫外部に近い波長で撮影する。低光量テレビは油の分布を瞬時に比較的広い範囲で画像として検知可能なため、紫外線センサーの補助的な手段として用いられている。夜間時における低光量テレビの使用はかなり制限される。

2) 海面設置型センサー

a 水面伝導度センサー

センサーシステムは水面に浮んでいるセンサー部と計測部が格納されているコントロールボックスから構成され、水面の伝導度を連続的に測定している。油膜がセンサー部に触れると、伝導度の変化として検知される⁵²⁾⁵³⁾⁵⁴⁾。図 5.2.6 にその一例を示す。このセンサーは、比較的厚い油膜を検知するのに有効である（検出限界油膜厚 0.5 ~ 3 mm）。

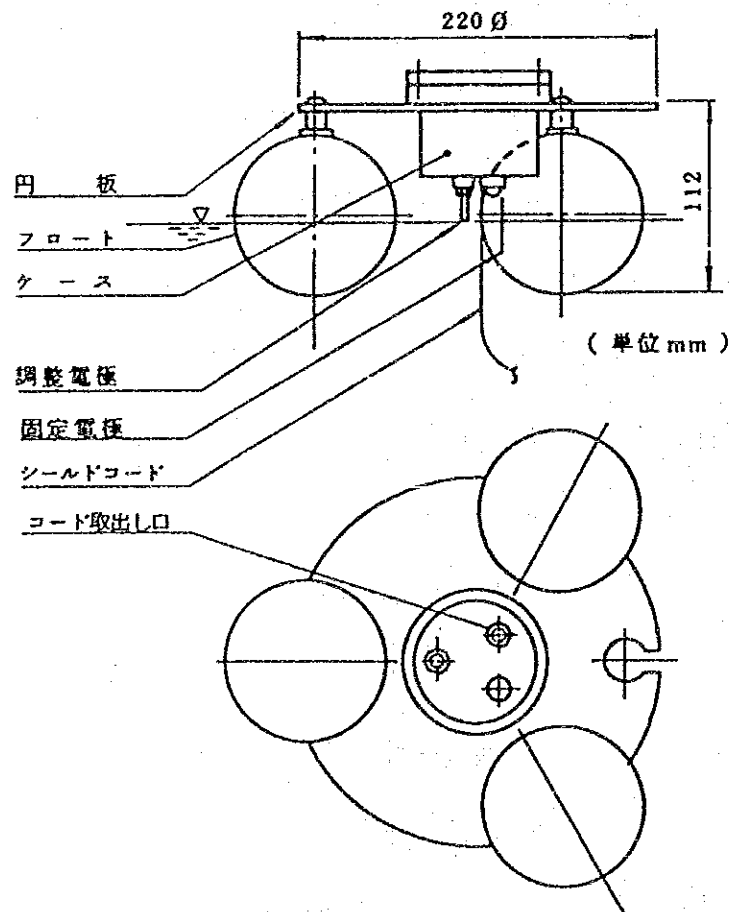


図 5.2.6 伝導度センサー 53)

また、センサー感度は流れや波の影響を受けるため油水分離装置からの排水や油貯蔵施設等の陸上施設からの油流出事故のモニタリングに用いられている⁵⁵⁾。

Umm Al Nar プラントに設置されているセンサーも同じタイプのものである。

b ケミカルヒューズセンサー

センサーは炭化水素によって溶解する化学物質を薄膜化したものである。センサーは回路遮断器を開放する二つのコネクタの間にセットされ、装置の一部は水中に沈んでいる。油に接触すると薄膜が溶解し、回路遮断器が閉じられることにより油を検知する⁵⁶⁾。このセンサーは薄膜を溶解できる能力を有する比較的新しい油や軽い炭化水素に対して感度が高い。このセンサーは Abu Dhabi Power Station のモニタリングシステムに現在採用されている。

c ベーパーセンサー

ベーパーセンサーは水面の油から気化する油蒸気を検知することにより油を検知するものである⁵⁷⁾。実験室における予備的評価では、各種の炭化水素を検知できる能力が示された。しかしながら、野外試験の結果では、開放空間の環境下で油を検知する能力は十分でないことが示された³⁴⁾。

d メカニカルトルクセンサー

メカニカルトルクセンサーは一部分が水中に沈んでいる円筒の内部に円筒形の回転子がセットされており、粘度計のような構造を有している(図 5.2.7)。油膜が回転子を被覆することによって軸トルクが増加し、増加トルクにより油を検知する⁵⁸⁾。実験室での試験によって検知技術の適用性は確認され、検出限界油膜厚は $3 \sim 30 \mu m$ とされている。しかしながら、試験結果では波のある状況では使用できないこと、ゴミ詰りによる障害が起きること、検知後の自己清浄が困難であることなどが指摘された³⁴⁾。

e ソナーセンサー

ソナーセンサーは水面にある油膜厚の測定にソナーの原理を応用したものである。水中にある発信機から水面に向かって超音波を放射し、空気・油、油・水の境界面からの反射波によって油膜厚を測定する⁵⁹⁾。図 5.2.8 に測定原理を示す。この油膜厚測定装置の試作品が製作され、実験室で試験された。この試作品での測定限界油膜厚は $3 mm$ となっている。

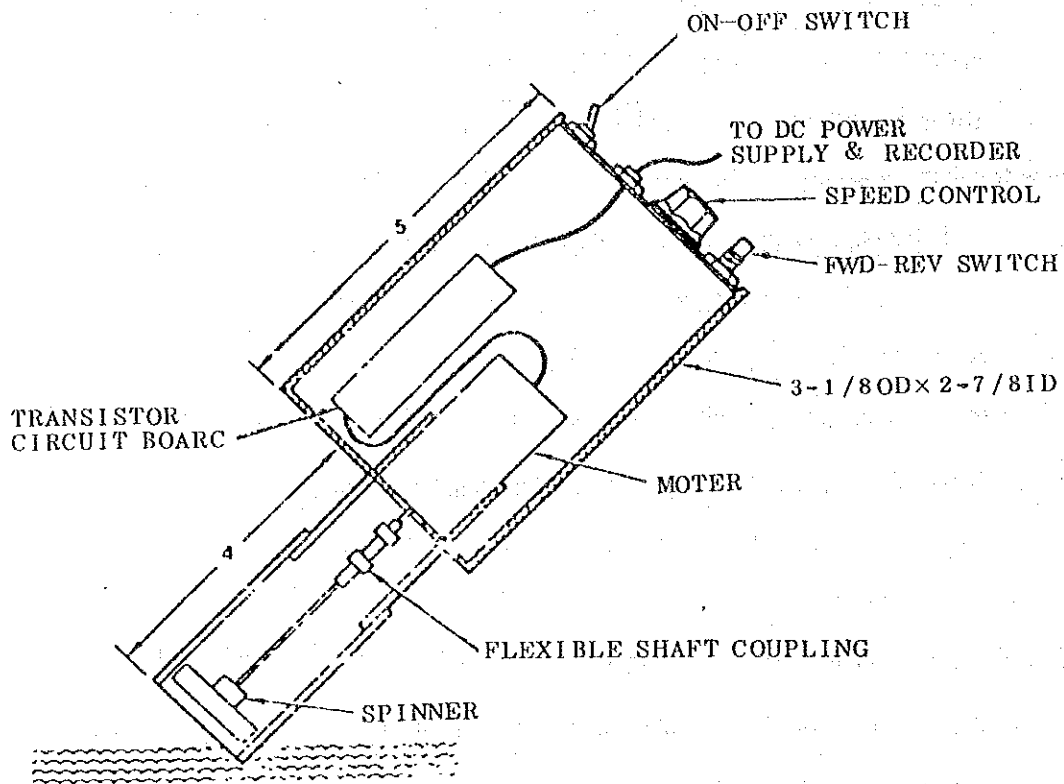


図 5. 2. 7 メカニカルトルクセンサー 58)

f 示差蒸発センサー

センサーの原理は油と水の蒸発特性の違いに基づいている。センサーは2本の温度計測針から構成されている。温度計測針はブイに備え付けられ、周期的に水に浸される。1本の温度計測針は常に油に触れないように水容器で防護され、もう1本は水面をモニターする(図 5. 2. 9)。2本の温度計測針を水浸後、温度変化が測定される。油が存在しないと、水の蒸発による冷却効果は2本の温度計測針共に同じであり、温度降下は等しくなる。

しかしながら、水浸する際に油膜が存在すると、1本の温度計測針は油でおおわれる。油と水は異なる割合で蒸発するため、2本の計測針における冷却効果は異なり2本の計測針の温度差によって油膜の存在が検知される⁶⁰⁾⁶¹⁾。この検知技術を実証するための試作品の設計がなされた。実験結果によると検出限界油膜厚は1~3 μmとされている。しかしながら、本装置を実用化するためには計測針の水浸、検知後の計測針洗浄等を自動化する必要がある。このため、システムが複雑になり、長期間保守なしで現場で使用するには適さないと考えられた³⁴⁾。

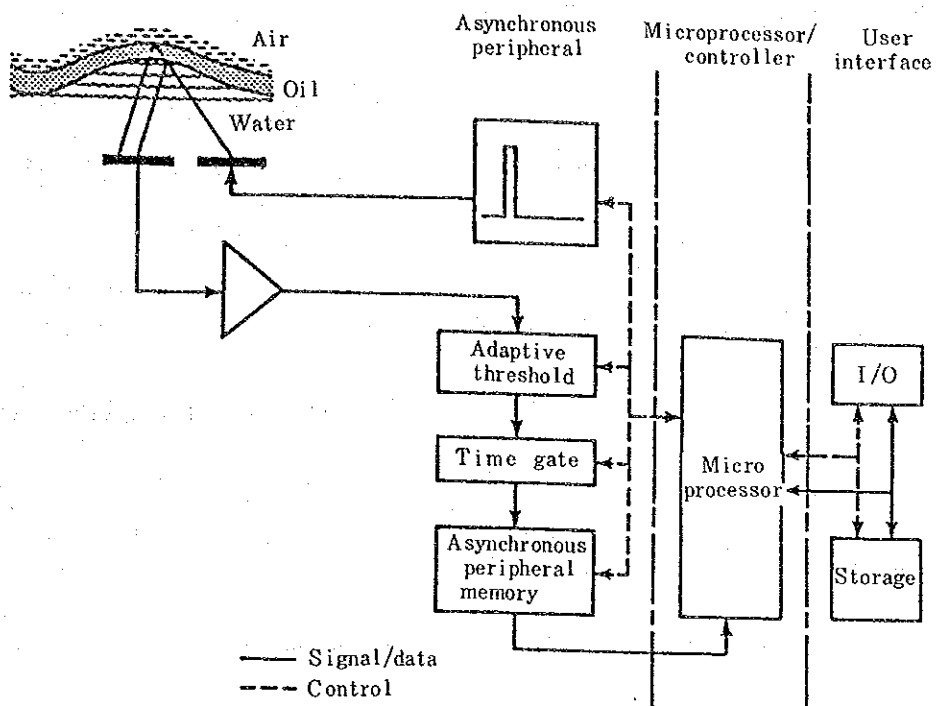


図 5. 2. 8 ソナーセンサー 59)

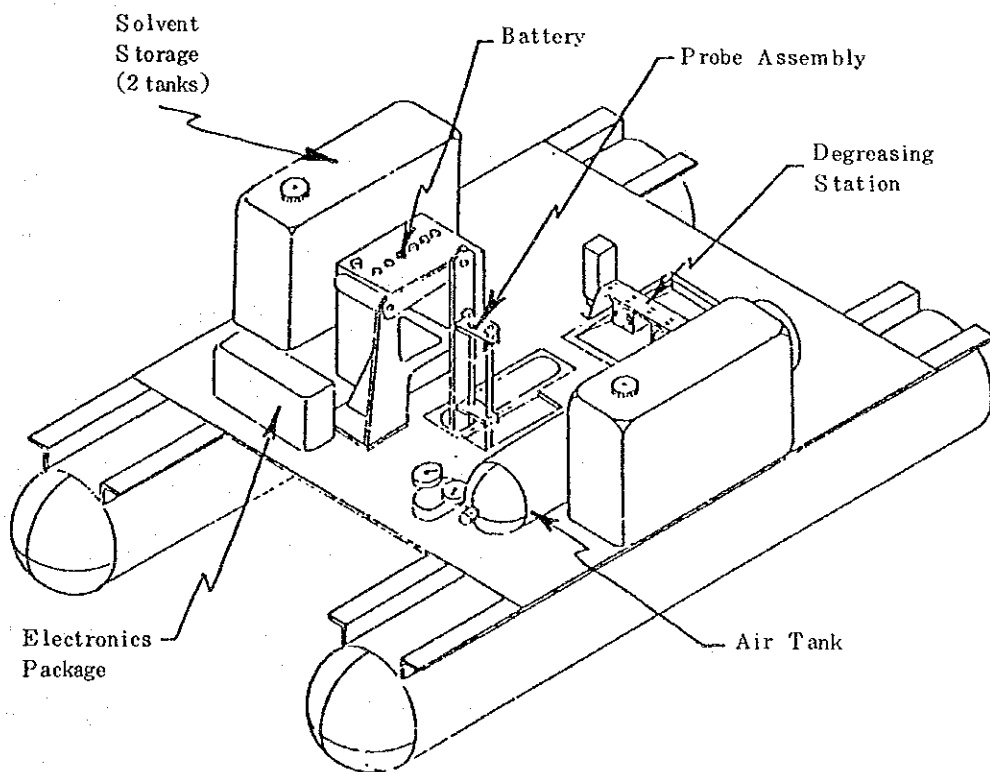


図 5. 2. 9 示差蒸発センサー 60)

海面上の油を検知するためのセンサーの比較一覧を表 5. 2. 1 及び表 5. 2. 2 に示す。

リモートセンサーの原理は油に対する各種電磁波の放射、反射特性を測定するものである。したがって、センサー感度は油種、油膜厚、海象条件、気象条件に左右され、実際の使用にあたってはこれらの要因を考慮することが必要である。蛍光センサー及びレーザー蛍光センサーは油膜の検知とともに油種の同定も可能であるが、それ以外のセンサーは主に油膜を検知するものである。

海面設置センサーとして、油による各種の特性変化を測定し油を検知するものが開発されている。しかしながら、表面伝導センサー、ケミカルヒューズセンサー以外のセンサーは開発段階で問題点が明らかになり、実用に供されていない。

表 5.2.1 リモートセンサ

センサー	原理	感 度	表時 間答	連続検知	夜間使用	監視範囲	使 用 状 況
実開口レーダー	油膜と周辺水のレーダー反射率の差	静水及び高い波の状況下では困難	可	可	可	広	航空機による海上監視で使用
合成開口レーダー	同 上	同 上	可	可	可	広	実験での試験飛行
マイクロ波放射計	油膜と周辺水の輝度温度差	厚い油膜に適用可	可	可	可	広	現在開発中
パッシブ赤外線センサー	油膜と周辺水の温度差	薄い油膜は検知できない場合もある	可	可	可	広	航空機による海上監視で使用
※アクティブ赤外線センサー	油と水の反射特性	実験結果では波のある状況下でも適用可	可	可	可	中	精油所や他の製造工場で使用
紫外線センサー	油と周辺水の反射紫外線の差	太陽の明るさが十分な状況下で薄い油膜を検知可	可	可	不可	広	航空機による海上監視で受動的赤外線センサーと組合せて使用
蛍光センサー	紫外線ランプにより励起された油の蛍光	高い高度からの検知は紫外線の大気吸収による光の影響を受ける	可	可	可	中	各種工業における排水や取水の油の検知に使用中
レーザ蛍光センサー	レーザ紫外線による油の励起	油の分類に適用可能	可	可	可	中	実験室や試験飛行での試験が数多く実施されている
低光量テレビ	油と周辺水の太陽エネルギーの反射率の差	低光量で適用可能	可	可	不可	中	紫外線センサーの補助的センサーとして使用

※ 選定したセンサー

表 5.2.2 海面設置センサー

センサー	原理	感 度	寒時 間答 応	連続検知	夜間使用	監視範囲	使用状況
表面伝導度	油の接触による伝導度変化	厚い油膜に適用可 波の影響を受ける	可	可	可	狭	オイルセパレーター 油貯蔵施設で使用
※ケ ヒューズセンサー	油によるケミカルヒューズ の溶解	油の溶解力に依存	可	可	可	狭	アブダビ地区の淡水化プラ ント取水口で使用
ベーパーセンサー	油から気化する油蒸気の 検知	開放環境状況下では不 十分	可	可	可	狭	実験室及び野外試験
メカニカルセンサー	油の被覆による軸トルク の増加	波、ゴミ詰りで作動が 不確実	可	可	可	狭	実験室での試験
ソナーセンサー	水、油及び空気の境界 面からの超音波の反射	厚い油膜に適用可	可	可	可	狭	実験室での試験
示差蒸発センサー	油と水の蒸発特性によ り生ずる温度差	検知技術の実証のみ	可	不可	可	狭	試作品の設計

※ 選定したセンサー

(2) 水中の油

水中油分の測定法には重量法、分光光度法等がある。

1) 重量法

重量法は分析室で用いられる方法である。検水の油を四塩化炭素、ノルマルヘキサン等の溶媒中に抽出し、溶媒を蒸発させ残留する抽出物の重さから油の量を求める方法である⁶²⁾。

2) 分光光度法

この方法には赤外線吸収法、紫外線及び濁度法がある。この方法を用いた油分濃度計は、室内分析の他、船舶や工場からの排水を連続監視するために用いられている⁵²⁾⁶³⁾⁶⁴⁾⁶⁵⁾。

a 赤外線吸収法

本方法の原理は四塩化炭素に検水の油分を抽出し、炭化水素類のC-Hの振縮振動(3.4~3.5 μ m)の波長領域における吸光度を赤外線分析計で測定し、この吸

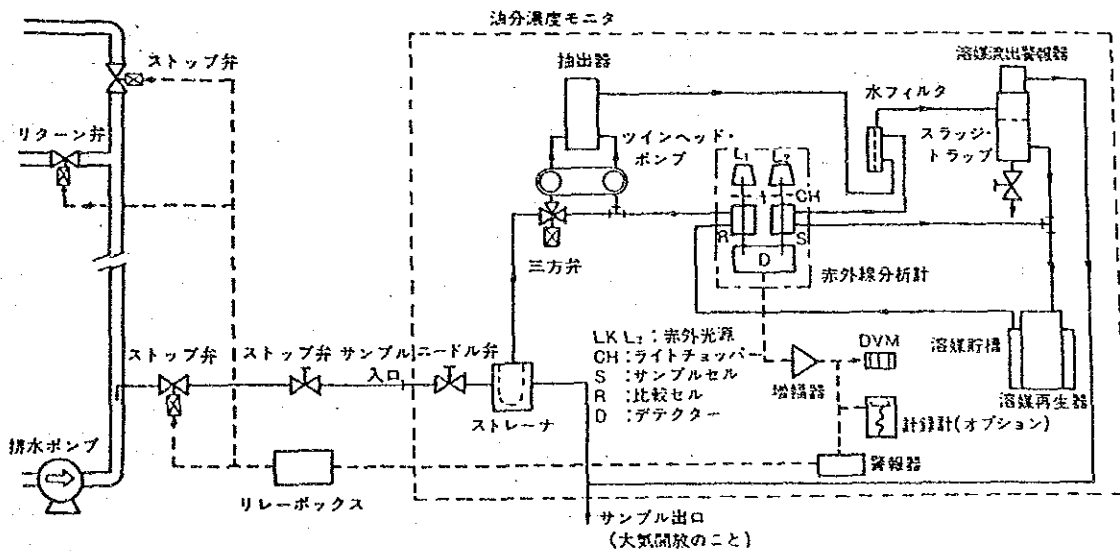


図 5.2.10 赤外線吸収法のフローシート⁵²⁾

光度と油分濃度の関係から油分を算出するものである⁵²⁾⁶⁵⁾。図5.2.10に測定器のフローシートを示す。

溶媒としては波長3.4~3.5 μm で吸収を生じないトリクロロトリフルオロエタン等でもよい。この方法による測定範囲は0~100mg/l、測定誤差 $\pm 3\sim 5\%$ となっている⁶²⁾⁶⁶⁾。

b 紫外・蛍光法

本方法の原理は検水に紫外線を照射し、蛍光の放射強度を測定し、油分を算出するものである⁵³⁾⁶⁶⁾⁶⁷⁾⁶⁸⁾。図5.2.11に測定器を示す。この方法は検水を直接測定するため、測定器の機構が単純であり、応答時間も短い。しかしながら、本法は芳香環、不飽和二重結合による紫外線の吸光度または蛍光を測定するものであり、これらの化合物の含まれる量は油の種類によって異なるため、あらかじめ種類が判明している油の検知に有効といえる。この方法による測定範囲は0~100mg/l、測定誤差 $\pm 2\sim 5\%$ となっている⁶²⁾⁶⁶⁾。

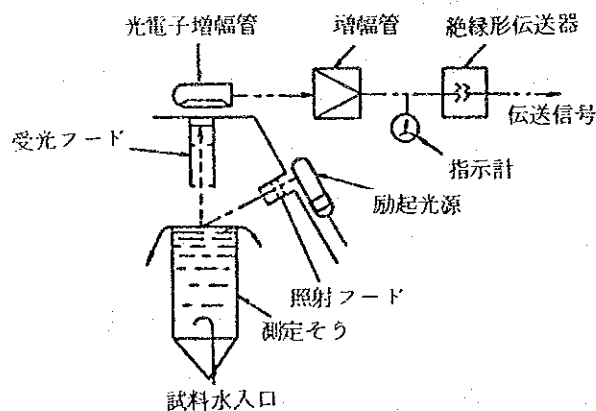


図5.2.11 紫外線法の基本構成⁵²⁾

c 濁度法

検水の静置状態における濁度を測定し、その後超音波振動子を用いて油を微粒化させ再度濁度を測定する。これらの濁度の差から油分濃度を測定する⁵²⁾⁶⁶⁾。

図5.2.12に測定器の基本構造を示す。本法による計測は粒子の大きさ、粒子の色、測定セルの汚れによる影響を受けるが、石油系油種ではほぼ同じ感度を得られる。この方法による測定範囲は0~1000mg/l、測定誤差 $\pm 2\%$ となっている⁶²⁾⁶⁶⁾。

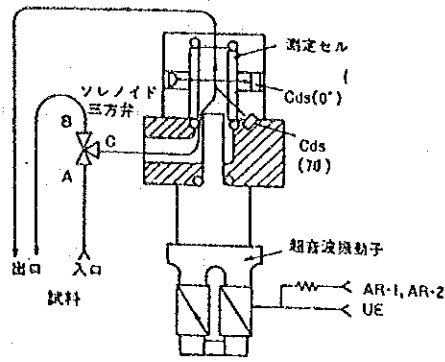


図 5. 2. 1 2 濁度法の基本構造 52)

3 その他の手法

a レーザー蛍光度計

いくつかのレーザー蛍光度計がクロロフィルや濁度のモニタリングと同様に漏油に対する検知能力の試験が行われている⁶⁹⁾。

b ガス-液体クロマトグラフィー

本機器は微量な油の検出に使用される。本手法は概して油種を決定する目的で用いられるものであるが、油の個々の成分に対応したピーク状の面積を積算することにより定量化がなされる⁶²⁾。

c 音響方式

水中浮遊油はまた、音響方式により検知することが可能である。水中に設けられた

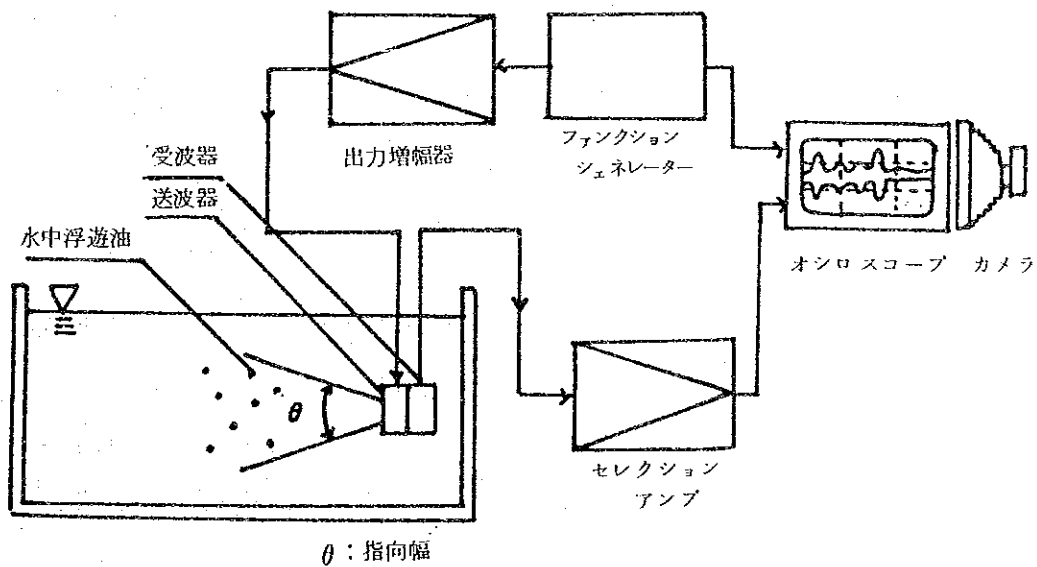


図 5. 2. 1 3 音響方式の原理 70)

音源から音波を放射し、水中にある懸濁物からの散乱波を測定する。図 5.2.1.3 にその原理を示す。しかしながら、この方式では水中に浮遊する油以外の粒子（プランクトン、土粒子など）も検出されるため、油を識別するには他の方法と併用することが必要である。この方法の適用性は実験室での試験により示された⁷⁰⁾。また、メキシコ湾の I X T O C - 1 油田の油流出事故による水中浮遊油の検知に用いられた⁷¹⁾。

5.2.3 監視装置の選定

油を適確に検知し、検知後の防止対策を講じるためには各モニタリング項目に適した監視装置を選定することが必要である。本項では監視装置の能力、具備条件、環境条件等に基づいて監視装置を選定する。

(1) 海面上の油

海面上の油検知に用いるセンサーは次のような能力を有することが必要である。

- ・実時間応答ができること。
- ・連続的な監視が行えること。
- ・昼夜間共に使用できること。
- ・波に影響されなくて検知できること。
- ・環境条件による影響が少ないこと。
- ・使用実績を有すること。

これらの条件に従って各センサーの検討を行う。

1) リモートセンサー

a 実時間応答

各センサー共に油検知後、実時間応答が可能

b 連続監視

各センサー共に連続監視が可能

c 昼夜間使用

紫外線センサーと低光量テレビは夜間使用は不可

d 波による影響

レーダーは高い波の条件下や静穏な水面上における油は検知できない。

e 環境条件による影響

蛍光センサーは太陽光からの紫外線、紫外線の大气吸収により影響を受ける。

パンプ赤外線センサーは油と周辺水の温度差が小さい場合には検知できない。

紫外線センサーは海藻も感知する。

f 使用実績

マイクロ波放射計測、レーザー蛍光センサーは現在開発中である。

2) 海面設置型センサー

a 実時間応答

各センサー共に油検知後、実時間応答が可能。

b 連続監視

示差蒸発センサーはある一定時間毎にモニターするため、連続監視が不可。

c 昼夜間使用

各センサー共に昼夜間について使用可能。

d 波による影響

表面伝導度センサー及びメカニカルトルクセンサーは波によりセンサーが水面から離れると影響を受ける。

e 環境条件による影響

メカニカルトルクセンサーは目詰りを生ずることがある。

f 使用実績

ペーパーセンサー、メカニカルトルクセンサー、ソナーセンサー、示差蒸発センサーは実験室、野外試験の実績のみである。

以上のことから判断すると現在の油センサーの中で最も実用的で可能性のあるセンサーは次のようなものである。

a リモートセンサー

- ・アクティブ赤外線センサー

b 海面設置型センサー

ケミカルヒューズセンサー

(2) 水中の油

水中の油を検知するための機器は次のような能力を有することが必要である。

- ・実時間応答ができること。
- ・連続的な監視が行えること。
- ・使用実績を有すること。

これらの条件に従って各機器の検討を行う。

a 実時間応答

重量法、ガス-液体クロマトグラフィーは試料調整、分析を分析室で行う方法であるため実時間応答は難しい。

b 連続的な監視

重量法は自動化された機器が開発されていないため連続的な監視は難しい。

c 使用実績

赤外線吸収法、紫外線法、濁度法は船舶や各種工業からの排水モニタリングに用いられている。音響方式は油田事故での実績がある。

以上の結果から判断すると、取水口前面海域における水中油検知機器として次のような機器が可能性のある機器と考えられる。

a 油分濃度

- ・赤外線吸収法
- ・紫外・蛍光法
- ・濁度法

赤外線吸収法、紫外・蛍光法及び濁度法はいずれも油分濃度計として用いられているが、以下の検討では溶媒抽出等の前処理を必要としない紫外・蛍光法を候補機器とする。

b 水中に懸濁した油

- ・音響方式

しかしながら、音響方式では油と他の懸濁物を区別できないため、油分濃度を知るためには図 5.2.1 4 に示すように油分濃度計を併用したシステムを構築することが必要である⁶⁶⁾。

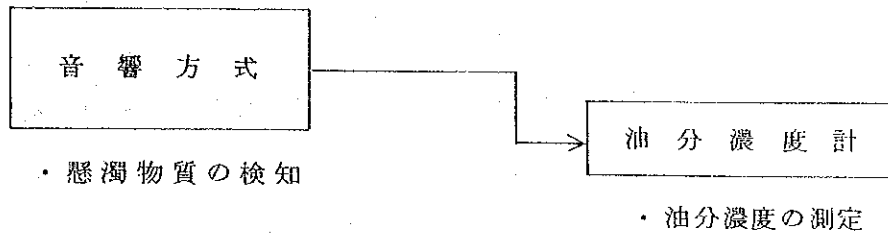


図 5. 2. 1 4 水中の油の検知システム

(3) 気象・海象条件

1) 風向及び風速

風向及び風速はおもに海面上の油の軌跡を予測するため及び防除資機材の展開のために必要とされる。図 5. 2. 1 5 に示すようなプロペラ型風向・風速計が広く気象観測の目的で使用されている。このタイプの風向・風速計で十分であると考えられる。

2) 流向及び流速

海域における流向及び流速は油塊の軌跡モデル及び防除資機材展開のために必要なもう一つの環境要素である。流況を知るためには、一般に、以下の方法が用いられる。

- ・ 流向・流速計
- ・ 流体力学モデル

広い範囲での流向・流速計による測定の場合には、流向及び流速は地形、水深の影響を受けるため多数の流向・流速計を配置することが必要となる。したがって、

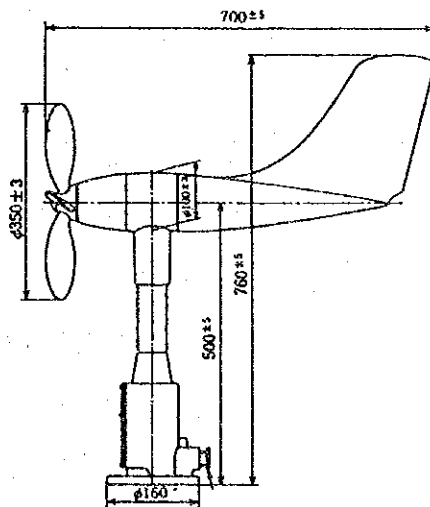


図 5. 2. 1 5 風向・風速計

広い範囲における流向及び流速データを得るために流向・流速計を使用することは実際的でない。

このことから、流体力学モデルの数値シミュレーション結果に基づいて流向及び流速を求めることが有効である。

3) 波高

波は海面上の油に対するセンサーの感度に影響する主要な要素である。

計測したデータを処理するために、波高と周期が必要とされる。波高計には、超音波式、ブイ式、圧力式、測定桿式の四つのタイプがある⁴⁹⁾。

a 超音波式

海底から海面に向け超音波パルスを発信し、海面からの反射波を受信する。その間の伝播時間の変化によって波高を測定するものである。図 5.2.16 にその例を示す。

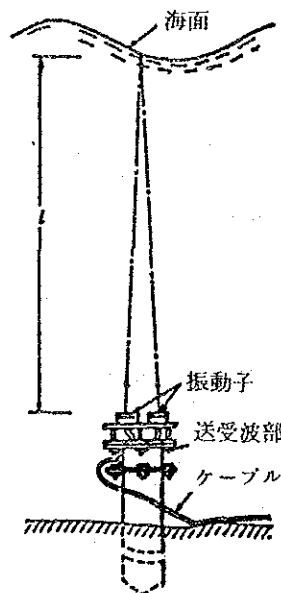


図 5.2.16 超音波式波高計⁷²⁾

b ブイ式

海面変動に追随するブイに、鉛直方向の加速度計を搭載し波高を求める。測定加速度を2回積分することにより表面波形が得られる。図 5.2.17 にその例を示す。

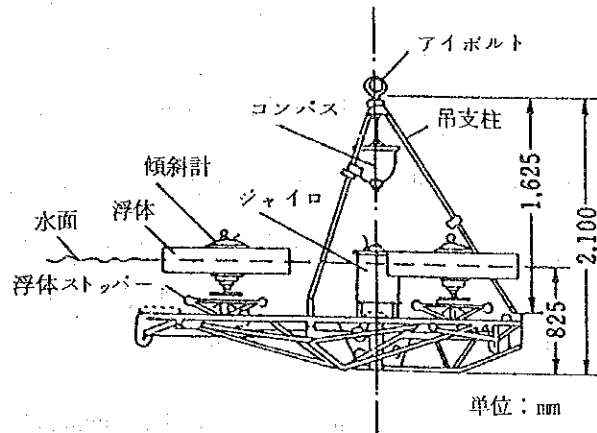


図 5. 2. 1 7 ブイ式波高計⁷³⁾

c. 圧力式

水中に設置した圧力センサーによって水圧変化を測定し、波高変化に換算する方式である。図 5. 2. 1 8 にその原理を示す。

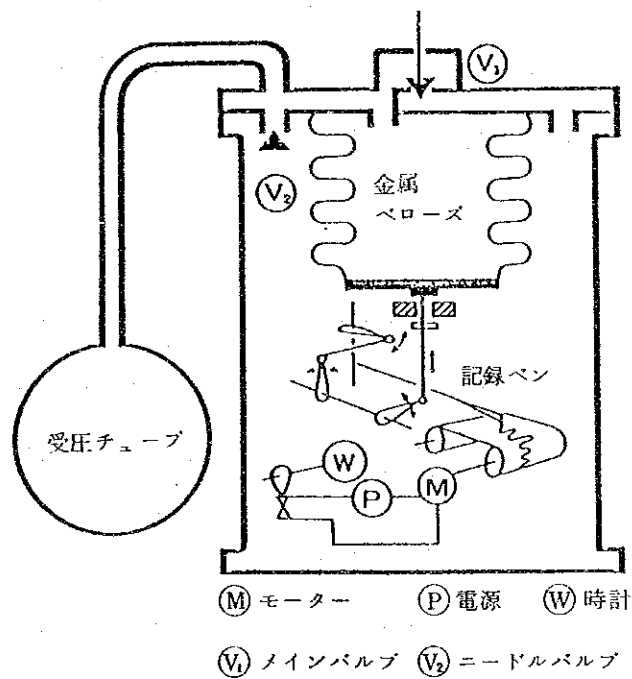


図 5. 2. 1 8 圧力式波高計の原理⁷³⁾

d 測定桿式

測定桿により直接水面変動を測定するものである。測定桿式には目盛を付けた固定柱を目視で観測する方法、柱に電気接点を配置した階段型抵抗方式、波による電気容量変化を測定する容量式がある。

測定桿は参考測定の目的で用いられ、超音波式及びブイ式は比較的深い水深での波の計測に用いられる。測定桿式はセンサーを良好に保つための頻繁な清掃を要する点が問題である。

圧力式は比較的浅い水深での波の計測に適している。Umm Al Nar 地区周辺海域は水深が浅いため圧力式が適していると考えられる。

4) 潮位

潮位はリモートセンサーの高度補正のために用いる場合もある。潮位は 3.3 章で述べられている潮位の現地観測に基づいた調和解析結果により求めることが可能である。

5.2.4 油検知の目標値

(1) 検知目標値

流出油は油センサーまたはモニターからの出力値と設定値を比較することにより検知され、出力値が設定値を超えた場合には警報が出される。この油検知の目標値に低い値を設定すると誤警報の確率が高くなり、逆に、高い値の場合には検知ミスが起こることになる。油の検知ミス及び誤警報が生じないようなバランスのとれた適切な値を設定することが必要となる。一部の原油を除き水面上に流出した油は急速に水面上を拡散していくことは一般に知られている。また、原油及び石油製品は各種の炭化水素化合物の複雑な混合物であり、軽い成分は水に可溶である。重い成分は本質的に水に不溶であり、波の作用で小滴となって水中に取り込まれる。従って、発電・淡水化プラントに取水される海水に混入する可能性のある油としては水面上の油、水中の油がある。発電・淡水化プラントに取水される海水中の油分の許容限度に関する判断基準、水質基準は確立されていないことから、これらに基づいて流出油に対する検知目標値を定めることは難しいと言える。

油が海面上に流出した場合、油膜は均一な厚さにならないことが、現場及び実験により確認されており、比較的狭い範囲にレンズ状、スジ状、刀状を呈した不均一な油膜が存在する⁷⁴⁾。これは油に含まれる界面活性剤の濃度分布により、油の表面張力が影響を受けるためである。このような油膜のうち薄い部分は $1\sim 5\ \mu\text{m}$ のオーダーが多く、厚い部分はミリメートルのオーダーといわれている⁷⁵⁾。また、厚い油膜の部分で油量の大部分を占めるといわれている。このようなデータ及び知見に基づいて、海面上の油の検知目標値として薄い油膜の $1\ \mu\text{m}$ 程度を設定する。

水中の油の検知目標値は4.4.2章の数値シミュレーション結果に基づいて $10\text{mg}/\text{L}$ を設定する。

(2) 警報の判断基準

1) 海面上の油

警報を出す条件としては次の二つが考えられる。

- a、検知目標値を超えた場合には必ず警報を出す。
- b、検知目標値が設定した時間Tを連続して超えた場合にのみ警報を出す。

出力信号は環境干渉によるランダムノイズにより影響を受けて変動するため、出力信号中のノイズによる誤警報の確率を少なくするには後者の条件の方が

望ましいと考えられる。

2) 水中の油

水中の油の検知には音響式センサー及び油分濃度計が用いられる。これらの機器からの出力信号により警報を出す条件としては次のものが設定される。

- ・音響式センサーは水中の油滴と他の懸濁物質との区別ができないため、音響式センサーからの検知信号が送られてきた場合で油分濃度計の検知目標値が設定した時間Tを連続して超えた場合

5.2.5 モニタリング地点の選定

(1) オイルセンサー及びオイルモニター

センサー及びモニターの性能は設置される場所の特性により左右されるため、設置場所は次のような要素を考慮して決定することが必要である

- ・油の漂流または流出の可能性が高い場所であること
- ・センサー及びモニターが適切に設置できる場所であること
- ・海象条件が安定していること
- ・メンテナンスが容易な場所であること
- ・警報発生時の対応時間

理想的なモニタリング地点はこれらの要素をすべて満足するものであるが、現場条件に左右され理想的な地点が存在しない場合もある。流出油の検知の可能性が高いと考えられるモニタリング候補地点を上記のような要素を考慮して以下に選定する。

流出油がプラントの取水施設に入って来る予想経路としては次のようなものが考えられる。

- ・5.1.3章の油塊の中心軌跡シミュレーション結果による図5.2.1.9に示す断面B, D, E
- ・図5.2.1.9に示す水路Wを通過する油
- ・取水口No.3近くの棧橋に係留された船舶からの流出油

これらのルートからの油が取水口に入る前に検知できる地点に油センサーまたはモニターを設置することが必要である。

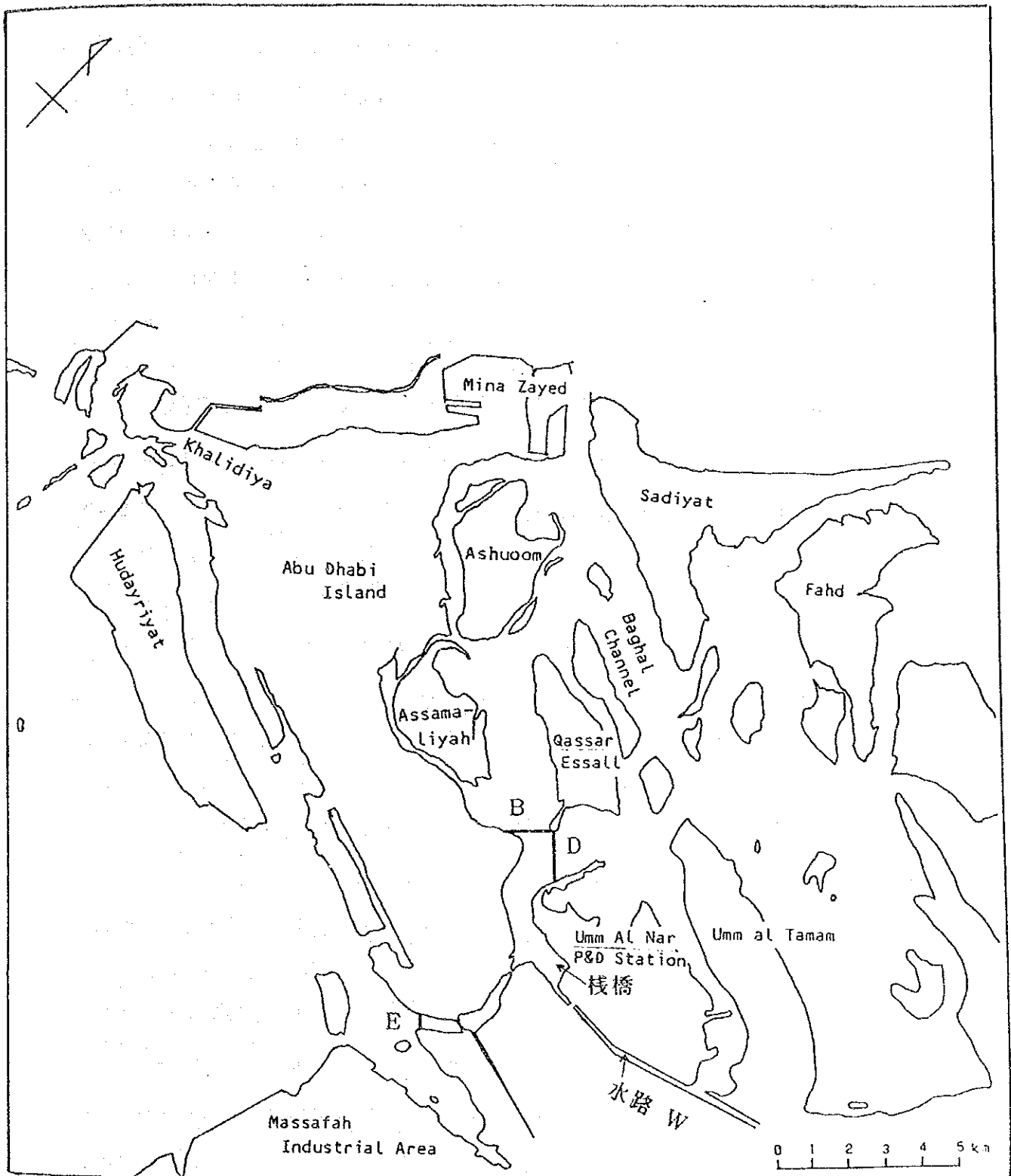


図 5.2.19 油の予想流入経路

1) 海面上の油

a. 断面B

断面Bは幅が広いいため水面設置型センサーを配備するには多数の水面設置型センサーが必要となる。水路上に多数の水面設置型センサーを配備することは船舶にとって障害物となり、また、水路の強い流れはセンサー感度及びセンサーの係留に影響を及ぼすため、リモートセンサーを設置することが良いと考えられる。断面B付近にはリモートセンサーを設置するのに利用できる既存構造物がないため、水路上に架台を作り、リモートセンサーを設置することが必要である。

b. 断面D

断面Dも断面Bと同じ状況であるため、水路上に架台を作り、リモートセンサーを設置することが必要である。

c. 断面E

水面設置型センサーは断面Eを通過する船舶によってトラップされることもありうるため、リモートセンサーを付近の既存構造物に設置するのが良いと考えられる。既存構造物としては断面Eから北東約1km地点にAl Ain 橋があり、この橋を利用することが最も現実的であると考えられる。

d. 水路W

5.1.3章の油塊の中心軌跡シミュレーション結果によれば、水路Wに流出油が漂流して来る可能性は小さいが、この水路上の油を検知するために製油所に隣接した橋の下にリモートセンサーを設置することが望ましい。

e. 船舶からの流出油

4.4.3章で述べられているように取水口No.3近くの棧橋に係留された船舶から油流出が起ったことが報告されている。このことは棧橋付近からの油流出の可能性のあることを示している。この棧橋にリモートセンサーを設置すれば船舶からの流出油を検知可能であると考えられる。

防除活動の準備時間を増やすためにラグーン入口にリモートセンサーを設置することも一つの案として考えられる。しかしながら、外海に近く波浪等の影響を受け易くラグーン内に設置されたセンサーに比べて、センサーの感度および信頼性は低い。

2) 水中の油

水中の油をモニターするためには次のような機器を設置する事が必要となる。

- 油分濃度計へ連結するストレーナ及び配管
- 水中の油滴を検知するための音響式センサー

これらの機器は海面上の油センサーと同じ地点に設置されることが望ましいが、機器を設置した場合、船舶の航行障害となるため設置するのは難しいといえる。船舶への障害が少なく、水中の油が取水口に入る前に検知可能でこれらの機器を設置できる場所としては、取水施設前面海域が適当であると考えられる。

(2) 気象及び海象条件

1) 風向・風速計

理想的な風向・風速のモニタリング地点は平坦で障害物のない場所であり、設置高度の基準は障害物がない場合地上10mとされている。このような場所が得られない場合には、障害物の大きさ、高さ、障害物からの距離を考慮して10m以上の高度での観測が行われている。Umm Al Nar プラントには障害物となるプラント類、タンク類、建築物があるが、次に示すような観点から見てタービン建屋の屋上が風向・風速観測地点として適していると考えられる。

- 構築物による風の場の乱れが小さいこと
- メンテナンスが容易なこと
- 風向・風速計設置用に新たな観測塔の建設が不要なこと

なお、任意の高度における風速が必要な場合には、次の対数式によって求めることが出来る。

$$U_{z_2} / U_{z_1} = \ln(Z_2 / Z_0) / \ln(Z_1 / Z_0)$$

ここで、

U_{z_2} : 高度 Z_2 における風速

U_{z_1} : 風速計設置高度 Z_1 における風速

Z_0 : 粗度長

2) 波高

波高計の設置場所は次のような条件を満足するのが理想的である。

- メンテナンスが容易であること
- 地形による波高への影響が小さいこと

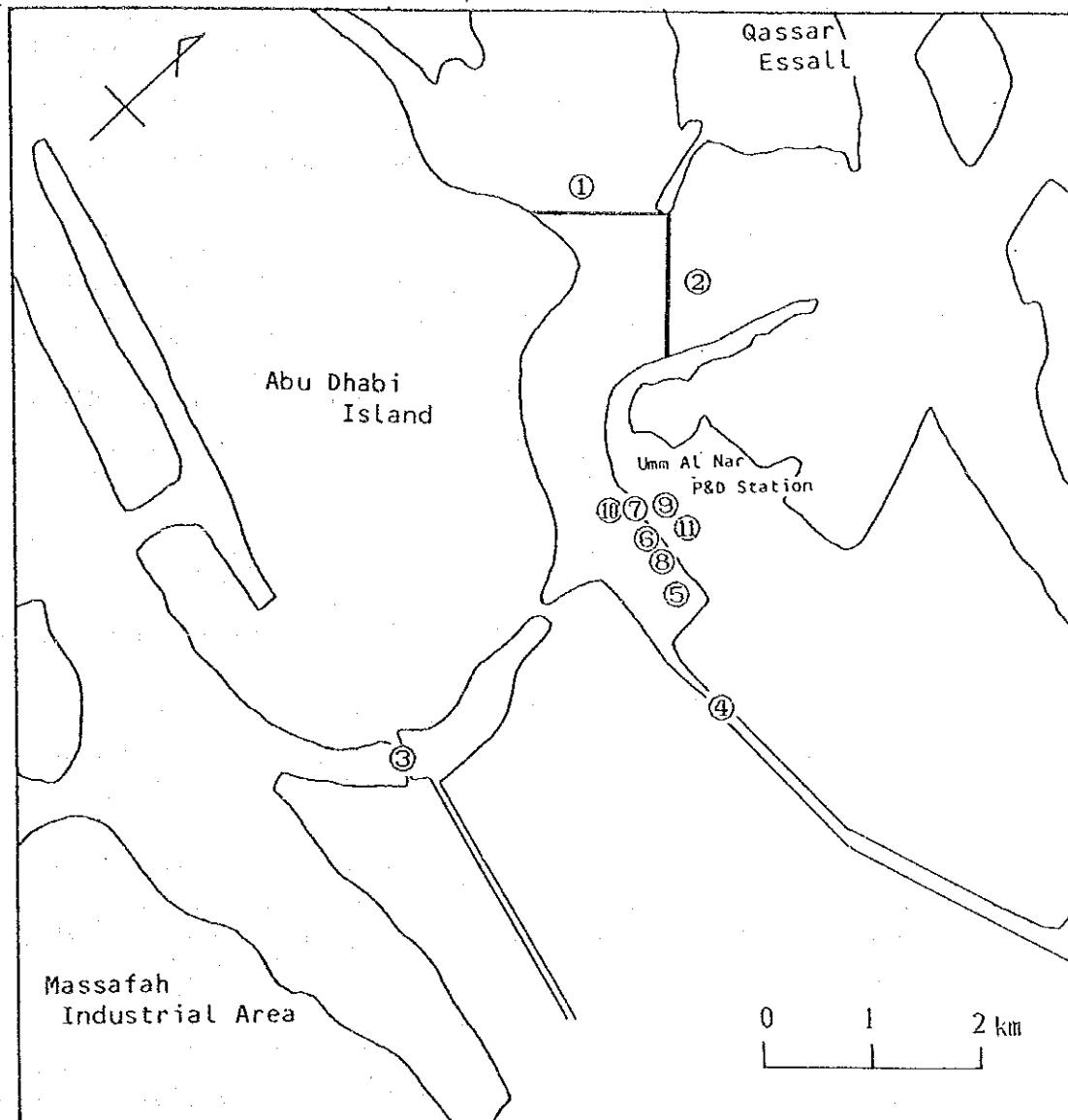
- ・水深変化が小さいこと
- ・反射波による影響が小さいこと
- ・船舶航行への影響が小さいこと

油汚染防除対策は取水施設前面の水路で行われる事が予想されるため、取水施設付近に波高計を設置し、波高を測定するのが適当である。航路上に波高計を設置した場合、船舶航行に影響を及ぼすため、取水口№2付近の地点が適当と考えられる。

(3) 中央モニタリングステーション

センサー及びモニターから伝送されて来る信号の受信装置、データ処理及び表示・記録装置、警報装置を備えた中央モニタリングステーションが必要である。このステーションは担当者の出入が容易な場所で、警報が出た場合に直ちに注意が喚起され、流出油への対応が取れるような場所に設置する必要がある。このような観点からすると、発電プラントのコントロールルームが中央モニタリングステーションとしての必要性を満たしていると言える。

以上の検討結果が得られたモニタリング候補地点を図5.2.10に示す。



凡 例

- ① 断面B (アクティブ赤外線油センサー)
- ② 断面D (アクティブ赤外線油センサー)
- ③ Al Ain 橋 (アクティブ赤外線油センサー)
- ④ 水路W (アクティブ赤外線油センサー)
- ⑤ 棧橋 (アクティブ赤外線油センサー)
- ⑥ 取水口No.1 (音響式センサー、油分濃度計)
- ⑦ 取水口No.2 (音響式センサー、油分濃度計)
- ⑧ 取水口No.3 (音響式センサー、油分濃度計)
- ⑨ タービン建屋 (風向・風速計)
- ⑩ 取水口No.2 (波高計)
- ⑪ コントロールルーム (中央モニタリングステーション)

図 5.2.20 モニタリング候補地点

5.2.6 データ伝送システム

遠隔モニタリングステーションからのデータは中央モニタリングステーションで処理及び表示するために伝送される。データ伝送システムはモニタリングステーションからの測定データ及び警報信号が確実に伝送されるように設計することが必要である。

(1) 伝送路

データ伝送路には無線及び有線の二方式がある。データ伝送路の選定にあたって考慮すべきおもな要素としては、次の様なものがある。

- ・中央モニタリングステーションからの距離
- ・データ伝送に使用可能な既設の通信施設
- ・センサーまたはモニターの設置場所
- ・地形
- ・伝送の信頼性
- ・伝送線の敷設費

上記のようなことを考慮すればデータ伝送手段として表 5.2.3 のようなものが選定される。

表 5.2.3 データ伝送路の選定

要素 モニタリング地点	伝送距離による評価	既存の通信施設の利用による評価	センサー設置場所による評価	地形影響による評価	データ伝送の信頼性による評価	敷設費による評価	総合評価により選定した伝送路
断面 B	無線	無線	無線	無線/有線	無線/有線	無線	無線
断面 D	無線	無線	無線	無線/有線	無線/有線	無線	無線
A1 Ain場	無線	無線	無線/有線	無線/有線	無線/有線	無線	無線
水路 W	無線	無線	無線/有線	無線/有線	無線/有線	無線	無線
橋 境	無線	無線	無線/有線	無線/有線	無線/有線	無線	無線
取水口 No 1	無線	無線	無線	無線/有線	無線/有線	無線	無線
取水口 No 2	無線	無線	無線	無線/有線	無線/有線	無線	無線
取水口 No 3	無線	無線	無線	無線/有線	無線/有線	無線	無線
風向・風速計	有線	有線	有線	無線/有線	無線/有線	有線	有線

無線による通信可能距離はおもに無線周波数、地形により影響を受けるが、VHF または UHF は数十 km 程度までの通信に利用されている。モニタリング地点と中央モニタリングステーション間の距離は比較的短い (5 km 以下) ため、これらの周波数帯

で通信可能である。電波の周波数は無線通信に関する法規によって割り当てられているため、周波数の割り当ての許認可を管理当局から得ることが必要である。

(2) 伝送方式

データの伝送手順には、大きく分けて無手順、ベシック手順、HDLC手順 (High Level Data Link Control) の三方式がある。これらのうち、HDLCはデータ伝送上のエラー発生頻度が最も少なく、伝送速度も速い方式である。しかし、ハードウェアの面で他の二方式より費用がかかる。ここでは、データ伝送の信頼性、高速性から見てHDLC方式を採用する。

観測局 (センサー、モニター設置地点) から監視局 (中央モニタリングステーション) へデータを伝送する手順には次の三方式がある。

- ・ポーリング方式：監視局から観測局を順次呼び出しデータを収集する方式
- ・コンテンション方式：観測局での状態変化が発生するたびに毎に、観測局から監視局に一方向的にデータを送出する方式
- ・サイクリック方式：観測局から連続的にデータを送出し続ける方式

ポーリング方式は現在環境モニタリングに広く用いられている方式であり、観測局の数の拡張にも対応可能である。また、電波利用及びシステム運用上でも問題が少ない⁷⁷⁾。したがって、ここではポーリング方式を採用する。

5.2.7. モニタリングシステムの概念設計

発電・淡水化プラント取水口前面海域の流出油を検知するために必要なセンサー、モニター、油検知の目標値、モニタリング地点、データ伝送システムが前記の項で検討された。本プラントに設置すべきモニタリングシステムは流出油の検知及び警報発生を自動的に無人で実時間応答に行えるシステムとする必要がある。また、油検知後の防除対策策定のために、気象・海象及び油塊の中心軌跡に関する情報も提供できるシステムとすることが必要である。さらに、本モニタリングシステムは現地の環境下において十分に機能できる設計とすべきである。このような事項を満たすモニタリングシステムの概念設計について以下の項に述べる。

(1) 全体システム構成

モニタリングシステムの構成要素は表 5.2.4 及び図 5.2.2 1 に示す通りである。

表 5.2.4 全体システム構成

構成要素	機能
油センサー	海面上の油を検知する
油分濃度計	水中の油の濃度を測定する
音響式センサー	水中の油滴を検知する
風向・風速計	風向及び風速を測定する
波高計	波高を測定する
テレメータ	信号を伝送する
データ処理装置	伝送されたデータを処理する
データ表示・記録装置	処理されたデータを表示・記録する
中心軌跡予測プログラム	流出油の検知後の中心軌跡を予測する
流向・流速データベース	流向・流速データを記憶する
潮位予報	調和解析結果による潮位を予報する

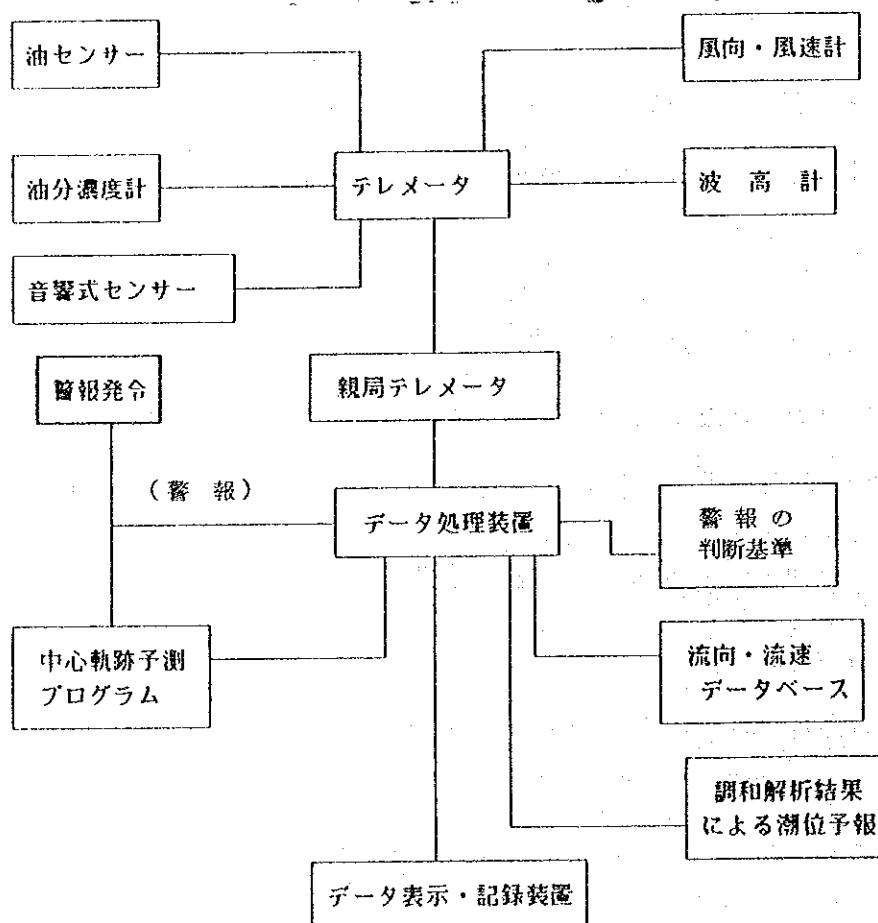


図5.2.21 全体システム構成

(2) 海面上の油の検知システム

① センサーの必要数

海面上の油のリモートセンサーとして選定されたアクティブ赤外線油センサーのモニタリング範囲は比較的狭い。モニタリング地点の状況から判断して、少なくとも表 5.2.5 に示すような数のセンサーを配備することが必要である。

表 5.2.5 センサーの数

モニタリング地点	センサー数	備 考
断面 B	2	アクティブ赤外線油センサー
断面 D	2	アクティブ赤外線油センサー
断面 E	2	アクティブ赤外線油センサー
水路 W	1	アクティブ赤外線油センサー
棧 橋	1	アクティブ赤外線油センサー
合 計	アクティブ赤外線油センサー： 8	

② システム構成

海面上の油検知システム構成を図 5.2.2.2、図 5.2.2.3、図 5.2.2.4、図 5.2.2.5 及び表 5.2.6 に示す。

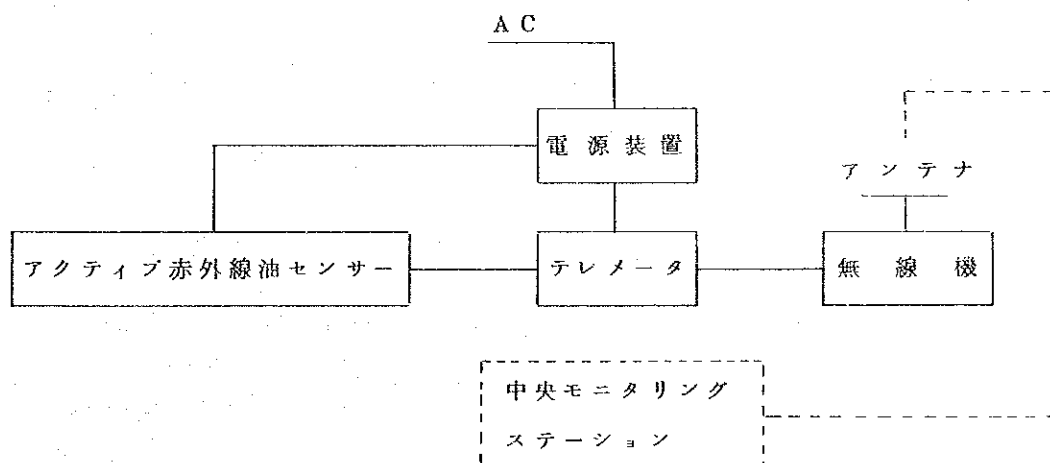


図 5.2.2.2 海面上油検知システム構成

表 5. 2. 6 海面上の油検知システム主要機器

モニタリング地点	機 器	数 量
断 面 B	アクティブ赤外線油センサー	2
	テレメータ	2
	無線機	2
	アンテナ	2
	電源装置	2
断 面 D	アクティブ赤外線油センサー	2
	テレメータ	2
	無線機	2
	アンテナ	2
	電源装置	2
断 面 E	アクティブ赤外線油センサー	2
	テレメータ	2
	無線機	2
	アンテナ	2
	電源装置	2
水 路 W	アクティブ赤外線油センサー	1
	テレメータ	1
	無線機	1
	アンテナ	1
	電源装置	1
栈 橋	アクティブ赤外線油センサー	1
	テレメータ	1
	無線機	1
	アンテナ	1
	電源装置	1

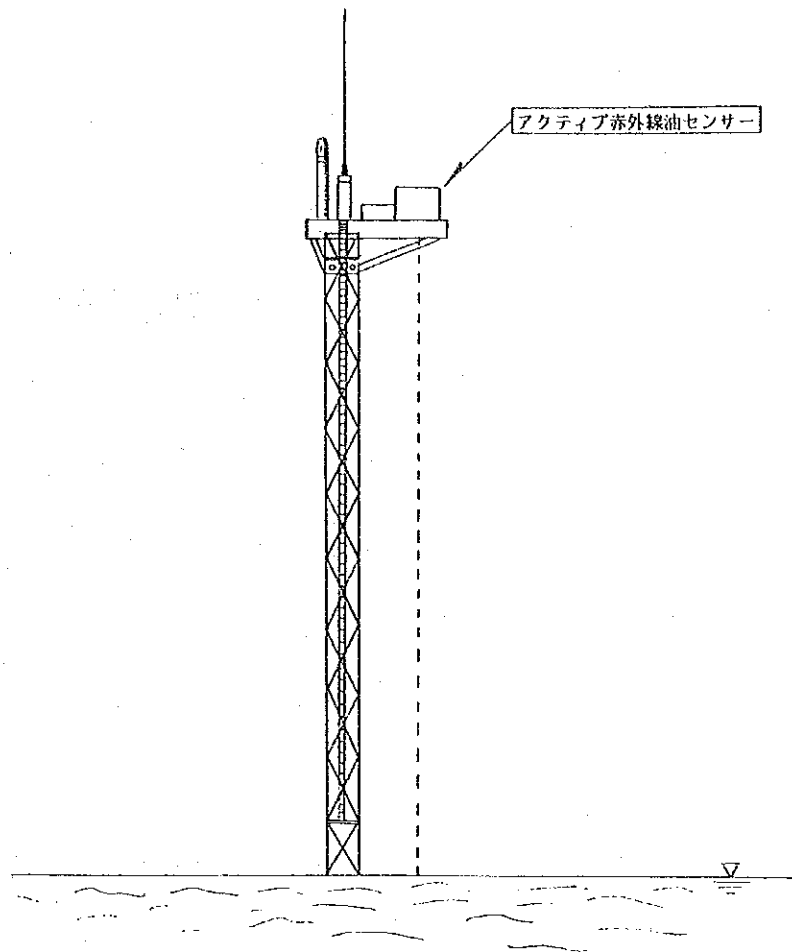


図 5.2.2 3 海面上の油検知システム概念図（断面 B , D）

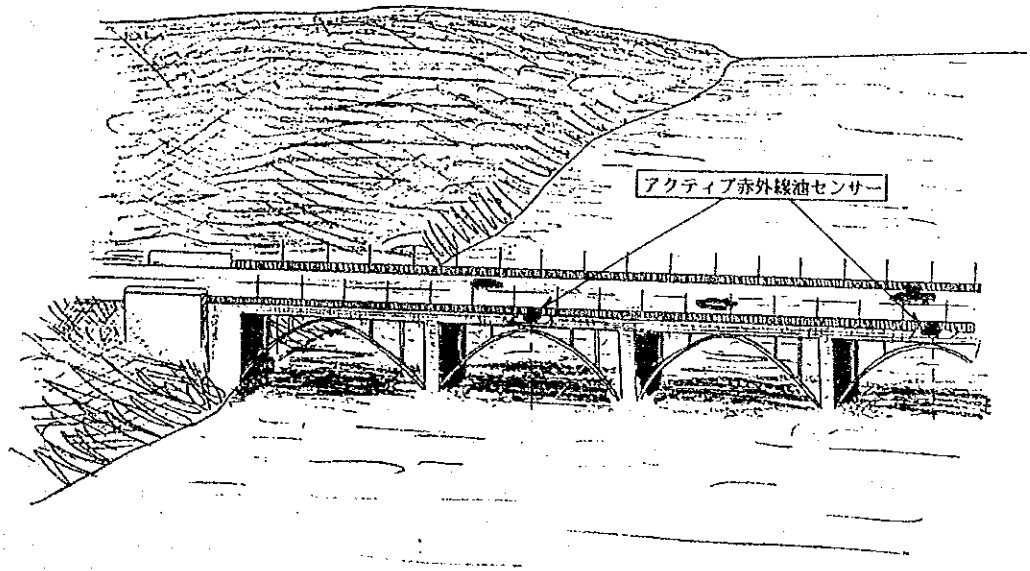


図 5.2.2 4 海面上の油検知システム概念図（断面 E , 水路 W）

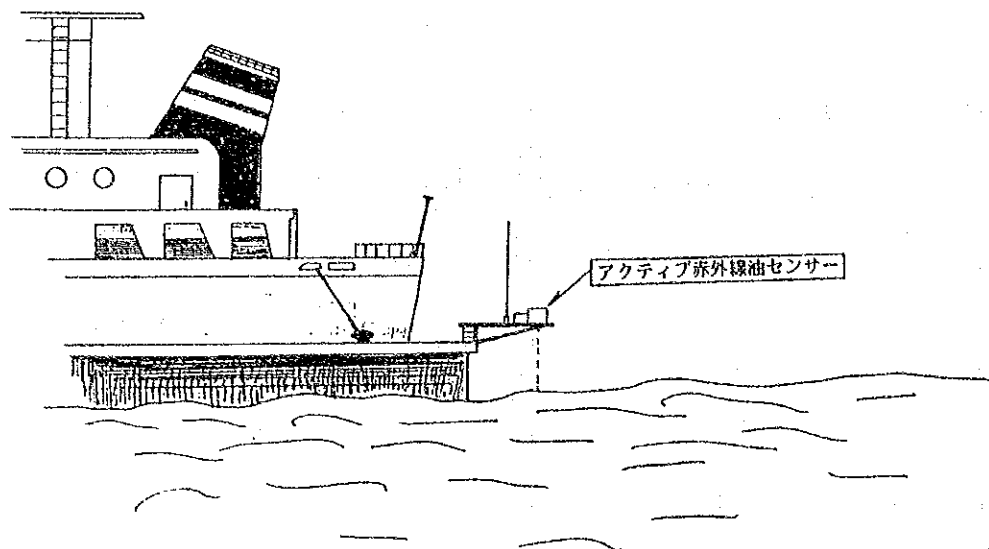


図 5. 2. 2 5 海面上の油検知システム概念図（栈橋）

(3) 水中の油の検知システム

① モニターの必要数

a. 油分濃度計

油分濃度計によるモニタリング範囲は採水装置の配置によって拡大することが可能であるため次のような台数で対応できるものと考えられる。

- ・ 取水口 No 1 : 1 台（紫外蛍光油分濃度計）
- ・ 取水口 No 2 : 1 台（紫外蛍光油分濃度計） 合計 3 台
- ・ 取水口 No 3 : 1 台（紫外蛍光油分濃度計）

b. 音響式センサー

指向角を考慮すると次の数の音響式センサーが必要と考えられる。

- ・ 取水口 No 1 : 1 台
- ・ 取水口 No 2 : 1 台 合計 3 台
- ・ 取水口 No 3 : 1 台

② システム構成

水中の油の検知システム構成を図 5. 2. 2 6、図 5. 2. 2 7、図 5. 2. 2 8、表 5. 2. 7 に示す。

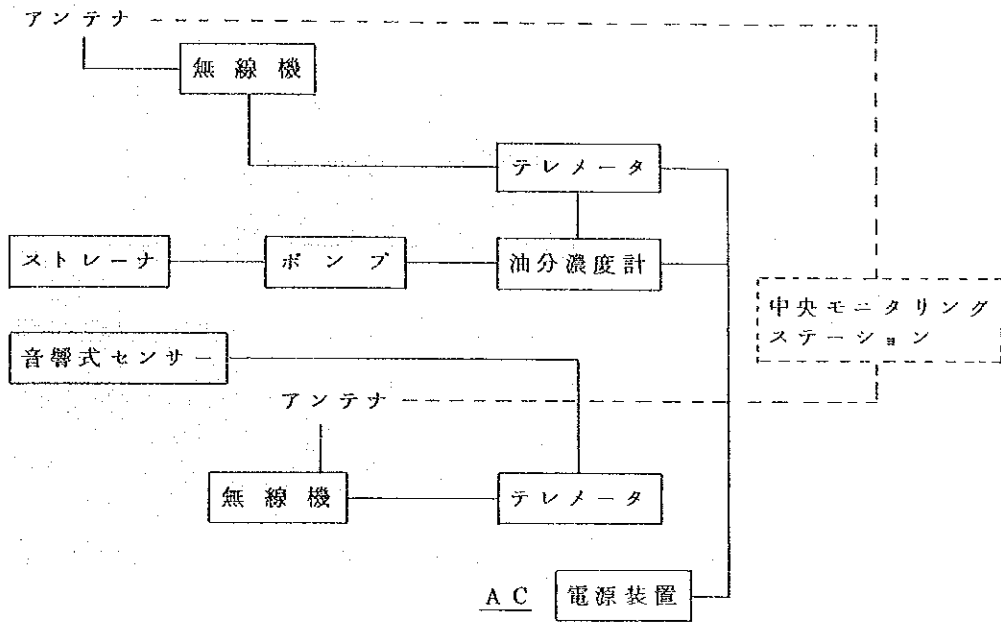


図 5.2.2 6 水中の油検知システム構成

表 5.2.7 水中の油検知システム主要機器

モニタリング地点	機 器	数 量
取水口 № 1	油分濃度計	1
	音響式センサー	1
	ポンプ	1
	無線機	2
	アンテナ	2
	テレメータ	2
	電源装置	1
取水口 № 2	油分濃度計	1
	音響式センサー	1
	ポンプ	1
	無線機	2
	アンテナ	2
	テレメータ	2
	電源装置	1
取水口 № 3	油分濃度計	1
	音響式センサー	1
	ポンプ	1
	無線機	2
	アンテナ	2
	テレメータ	2
	電源装置	1

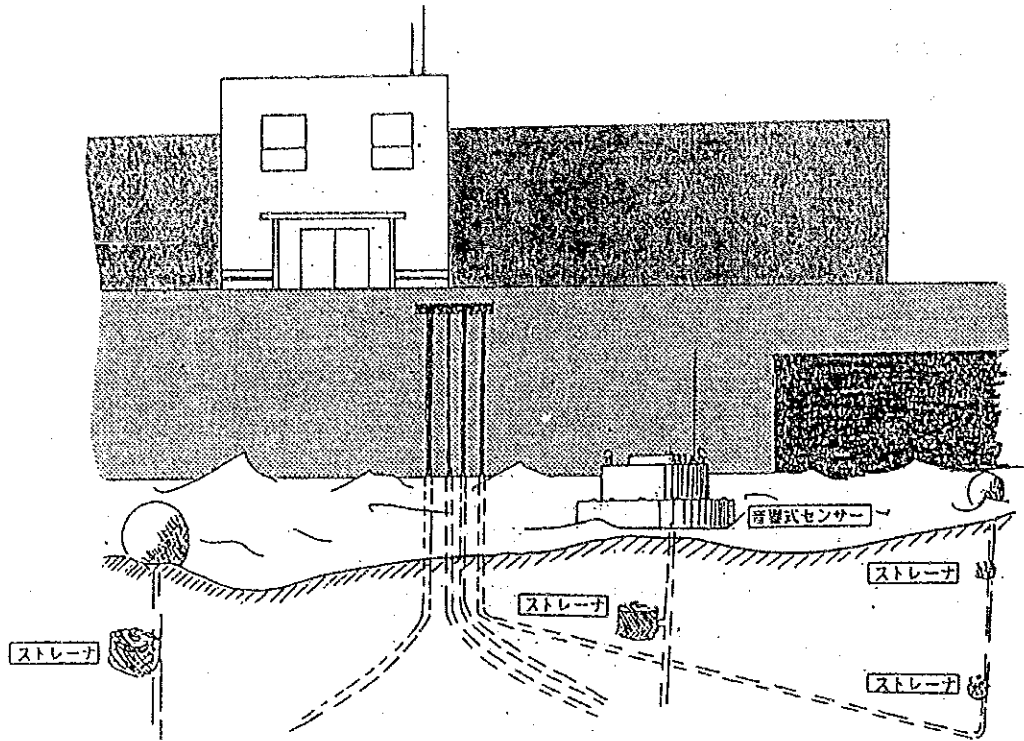


図 5. 2. 2 7 水中の油検知システムの概念図

③ システム作動シーケンス

音響式センサー及び油分濃度計から構成される水中の油の検知システムは図 5. 2. 2 8 に示すように音響式センサーで水中浮遊物が検知された場合、油分濃度計を作動させ、検知された水中浮遊物が油類かどうかを識別するシーケンスで作動するものとする。

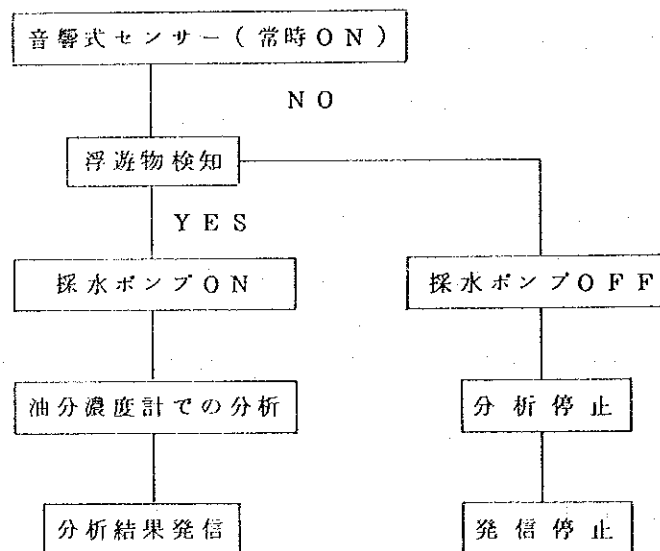


図 5. 2. 2 8 システム始動シーケンス

(4) 気象・海象観測システム

① センサーの必要数

環境条件に関する代表的データは次の数のセンサーで得ることが可能である。

- ・風向・風速計：1台
- ・波高計：1台

② システム構成

気象・海象観測システムの構成を図 5.2.29～5.2.30 及び表 5.2.8 に示す。

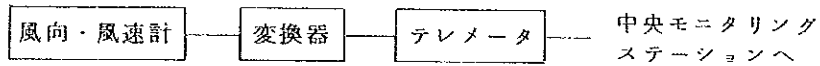


図 5.2.29 風向・風速計システム構成

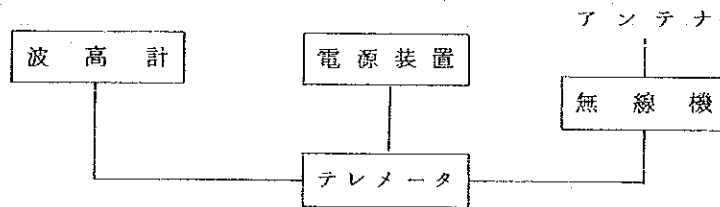


図 5.2.30 波高計システム構成

表 5.2.8 気象観測システム主要機器

モニタリング項目	機 器	数 量
風向・風速	風向・風速計	1
	電源装置	1
	テレメータ	1
波 高	波高計	1
	電源装置	1
	無線機	1
	アンテナ	1
	テレメータ	1

(5) 中央モニタリングシステム

① データ処理装置

データ処理装置はセンサー及びモニターからの信号を一定時間毎に受信し、それを処理した後に自動的に表示・記録させるものである。このようなデータ処理は無人でオンライン・リアルタイムに行うことが必要である。このようなデータ処理装置としてはコンピュータが適している。データの処理量が少ないためパーソナルコンピュータにより対応可能である。

② データ表示・記録装置

データ表示装置としてはCRTディスプレイ装置が適している。データ記録装置としてはデジタルプリンター、フロッピーディスク及びハードディスク装置が必要である。データ表示及びデータ記録装置はデータ処理装置であるパーソナルコンピュータに接続し、基本的なデータは読み出しが容易な形式で記録することが必要である。自動的に表示・記録されるべき最低限のデータ項目としては次のようなものがある。

- ・日・時刻
- ・警報状況
- ・センサー及びモニター状況（稼動、故障）
- ・油分濃度
- ・風向
- ・風速
- ・波高
- ・流向・流速
- ・潮位

これらのデータは最低限次の頻度でモニターし表示・記録することが必要である。

- ・警報状況：警報が出された場合
- ・センサー及びモニター状況：故障した場合
- ・油分濃度：1時間毎
- ・風向：1時間毎
- ・風速：1時間毎
- ・波高：1時間毎

- ・ 流向・流速：警報が出された場合
- ・ 潮位：1時間毎

③ システム構成

中央モニタリングステーションのシステム構成を図 5.2.3 1 及び表 5.2.9 に示す。

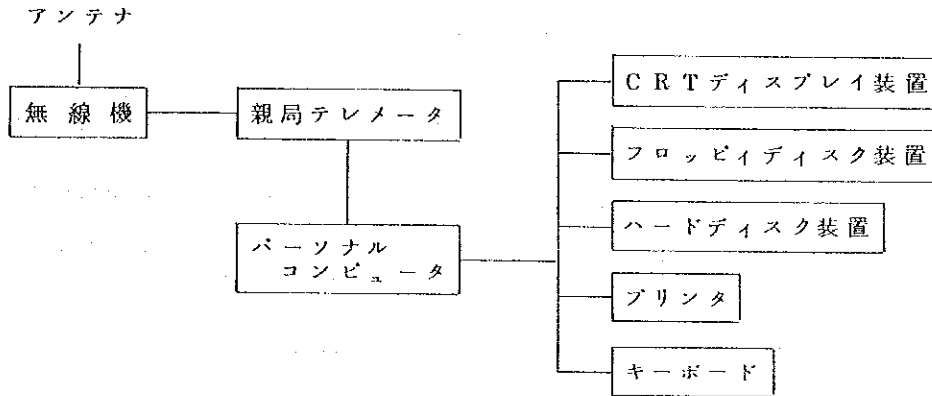


図 5.2.3 1 中央モニタリングシステム構成

表 5.2.9 中央モニタリングシステム主要機器

機 器	数 量
パーソナルコンピュータ	1
CRTディスプレイ装置	1
フロッピーディスク	1
ハードディスク	1
プリンタ	1
キーボード	1
親局テレメータ	1
無線機	1
アンテナ	1

(6) 中心軌跡予測プログラム

流出油の動きを予測できるコンピュータプログラムは、流出油の防除対策を検討する場合の有効な手段として利用することができる。図 5.2.3 2 にシミュレーションプログラムの役割を示す。

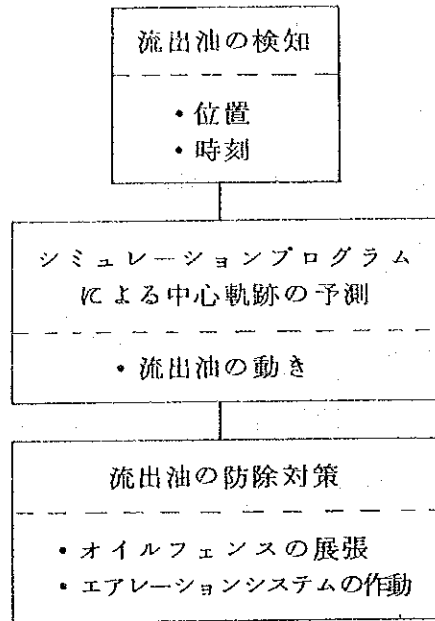


図 5. 2. 3 2 シミュレーションプログラムの役割

緊急時においてシミュレーションモデルを利用するためには実時間応答システムを開発することが必要であり、開発されるべきモデルとしては以下のようなものが想定される。

a. 漂流モデル

流出油の動きに影響を及ぼす主要な要因としては風と流れが考えられている。この観点から、大多数の漂流モデルでは風と流れのベクトル合成理論が適用されている。風による油の漂流速度は風速に風力係数を乗じたものが用いられる。

b. 風のデータ

風向・風速計より伝送されて来るデータにより実時間の風向・風速データが得られる。

c. 流れのデータ

時間的、空間的に変化する流れのデータを作成するためには時間を要するため、水理学的モデルを用いた数値シミュレーションにより流向・流速データベースを作成し、流れのデータを取り出せるように周辺記憶装置上に記憶させておくことが必要である。

d. インプットデータ

キーボードからシミュレーションプログラムにインプットするデータは、

- ・流出油の位置
- がある。

e. アウトプットデータ

シミュレーションモデルからアウトプットされるおもなデータは、

- ・現在の時刻
- ・時刻毎に予測された中心軌跡
- ・風のベクトル
- ・流れのベクトル

で、マップ上に表示される。

f. コンピュータシステム

必要なコンピューター容量は作成されるコンピュータープログラムのサイズによる。中心軌跡シミュレーションプログラムの使用頻度は少ないと予想されるため、モニタリングデータ処理用のコンピューター容量に適合したプログラムを開発しコンピューターの共用を図るべきである。

g. 操作

中心軌跡のシミュレーションはキーボード操作によりプログラムをローディングすることから始まる。次に必要なインプットデータを入力する。風のデータはテレメータにより受信され、流れのデータはデータファイルから読み込まれる。シミュレーション結果はCRTディスプレイ装置上に出力される。

シミュレーションモデルの概念を図5.2.3.3に示す。

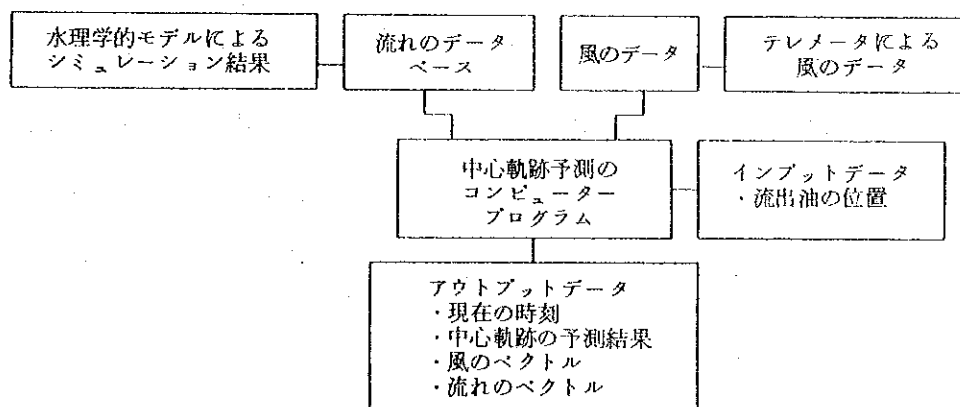


図 5. 2. 3 3 シミュレーションモデルの概念

(7) 機器仕様

モニタリングシステムの構成要素がその配備される環境条件下において十分に稼動するためには、ある一定の要件を満足することが必要である。これらの要件について以下に示す。

① 海面上の油センサー

- ・検知対象：海面上の油膜
- ・センサータイプ：アクティブ赤外線油センサー
- ・水面までの距離：10 m 以上
- ・検知最小油膜厚：1 ミクロン
- ・気温：0 ~ 60 ℃
- ・湿度：20 ~ 100 %
- ・耐候性：防水、防塵、防爆、耐食、熱帯仕様
- ・アラーム：油検知アラーム、機器故障
- ・電源：A C
- ・応答時間：20 秒以内

② 水中油モニター

a. 油分濃度計

- ・測定対象：水中の油分濃度
- ・測定方式：紫外・蛍光法
- ・測定レンジ：0 ~ 100 mg / ℓ
- ・再現性：± 5 % 以内
- ・試水：海水
- ・試水温度：10 ~ 40 ℃
- ・気温：0 ~ 60 ℃
- ・湿度：20 ~ 100 %
- ・耐候性：防塵、防爆
- ・アラーム：油検知アラーム、機器故障
- ・電源：A C
- ・応答時間：20 秒以内

b. 音響式センサー

- ・検知対象：水中の油滴

- ・測定方式：音響方式
- ・周波数レンジ：100～3,000 KHz
- ・耐候性：防水、耐食、熱帯仕様
- ・使用水深：0～20 m
- ・アラーム：油検知アラーム、機器故障
- ・電源：AC
- ・応答時間：10秒以内

③ 気象・海象センサー

a. 風向・風速計

- ・測定対象：風向及び風速
- ・センサータイプ：風車型またはプロペラ型風向・風速計
- ・測定レンジ：0から60 m/秒、0～360度
- ・精度：±0.4 m/秒（風速<10 m/秒）、±4%（風速≥10 m/秒、
±4度（風向））
- ・気温：0～60℃
- ・湿度：20～100%
- ・耐候性：防水、防塵、熱帯仕様

b. 波高計

- ・測定対象：波高
- ・センサーのタイプ：圧力式波高計
- ・測定レンジ：0～10 m
- ・精度：±1%
- ・耐候性：防水、耐食
- ・使用水深：0～30 m

④ コンピューターシステム

- ・CPU：32ビットマイクロプロセッサ
- ・メモリー：最低2 Mバイト
- ・CRTディスプレイ：640ドット×400ライン
- ・周辺記憶装置：フロッピーディスク 1 MB×2、
ハードディスク 40 MB
- ・プリンター：デジタルプリンター、136キャラクタ/行

- ・キーボード：ダストカバー付
- ・電源：A C
- ・気温：0～50℃
- ・湿度：20～90%

⑤ テレメータ

a. 観測局テレメータ

- ・対向方式：1：N方式
- ・呼出方式：ポーリング方式
- ・伝送方式：HDLC方式
- ・伝送速度：200BPS
- ・電源：A CまたはDC
- ・気温：0～60℃
- ・湿度：20～90%

b. 親局テレメータ

- ・対向方式：1：N方式
- ・呼出方式：ポーリング方式
- ・伝送速度：200BPS
- ・伝送方式：HDLC方式
- ・電源：A C
- ・気温：0～50℃
- ・湿度：20～90%

⑥ 電源装置

- ・形式：無停電電源装置
- ・能力：バックアップ時間30分
- ・気温：0～60℃
- ・湿度：20～90%
- ・耐候性：防水、防塵

(8) 概念設計の検討結果

概念設計の検討結果を図5.2.34に示す。この概念設計は現時点で入手可能なデータ、情報及び概査に基づくものであり、実施にあたっては基本設計及び詳細設計が必要である。

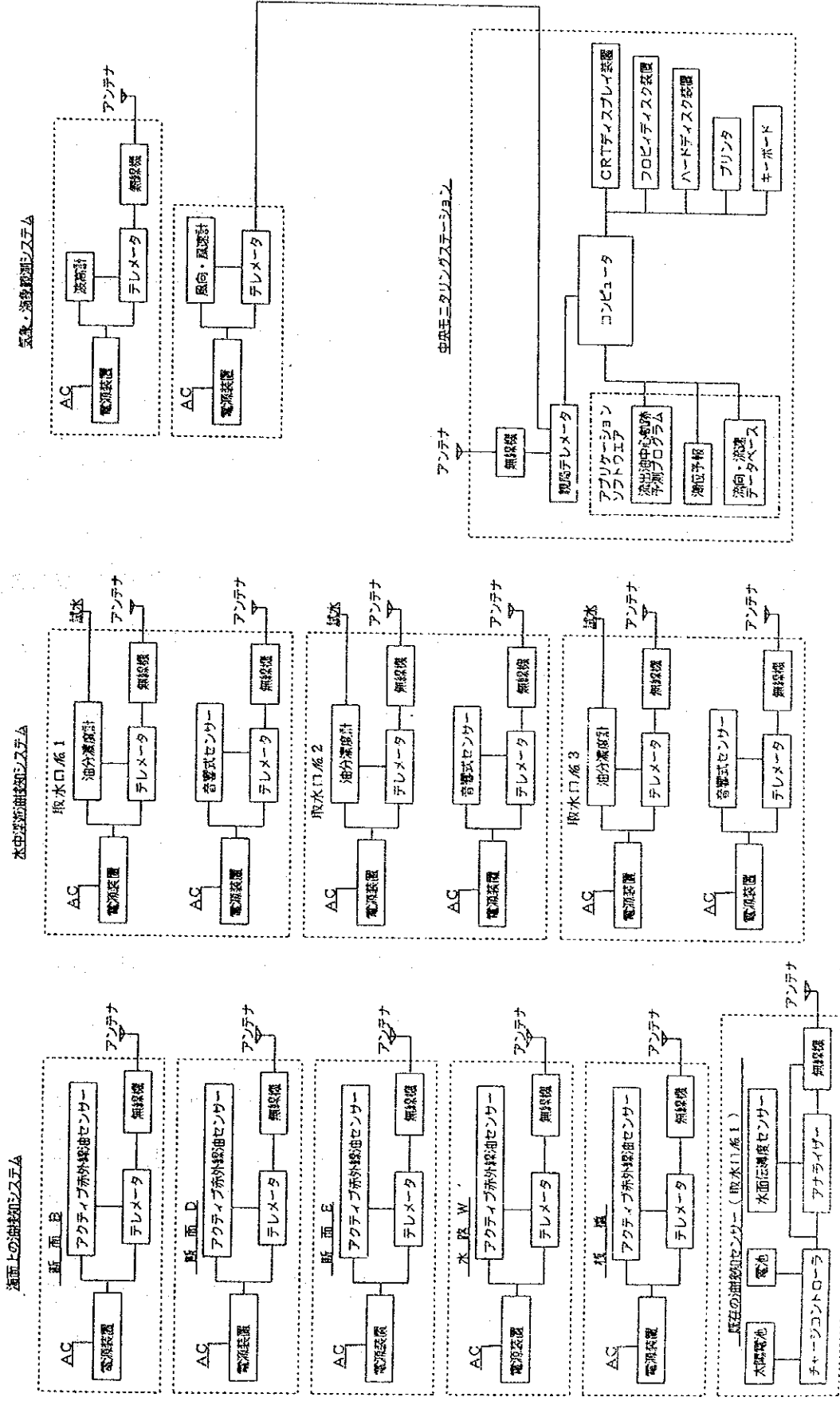


図 5.3.4 概念システムの全体図

(9) 設置スケジュール

設置すべきモニタリングシステムは次の四つのサブシステムに分けることができる。

- サブシステム 1 : 海面上の油の検知システム
- サブシステム 2 : 水中油の検知システム
- サブシステム 3 : 気象・海象パラメータの測定システム
- サブシステム 4 : 中心軌跡予測システム

トータルのモニタリングシステムを確立するためのアプローチとして次の二つが考えられる。

• 同時期設置

四つのサブシステムを同時期に設置するものである。このアプローチは初期投資費用は高いが、トータルシステム確立までの期間は短い。

• 段階的設置

流出油の大部分は一般に海面上を漂流・拡散するため、流出油検知の優先度に応じて次の四段階によりトータルシステムを確立するものである。

- ステップ 1 : 海面上の油検知システム
- ステップ 2 : 水中油の検知システム
- ステップ 3 : 気象・海象観測システム
- ステップ 4 : 中心軌跡予測システム

これら二つのアプローチによる設置工程を図 5.2.3.5 ~ 図 5.2.3.6 に示す。

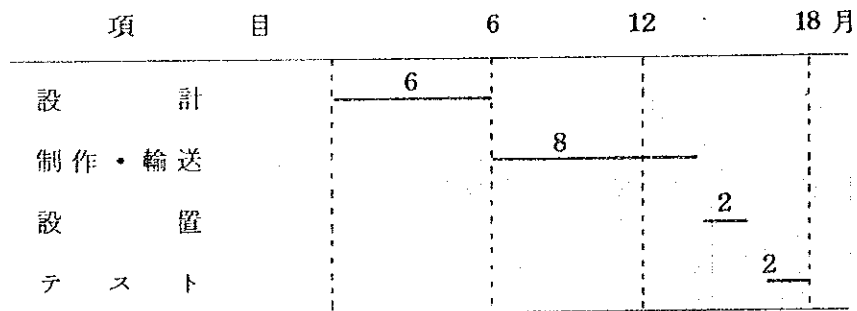


図 5.2.3.5 同時期設置工程

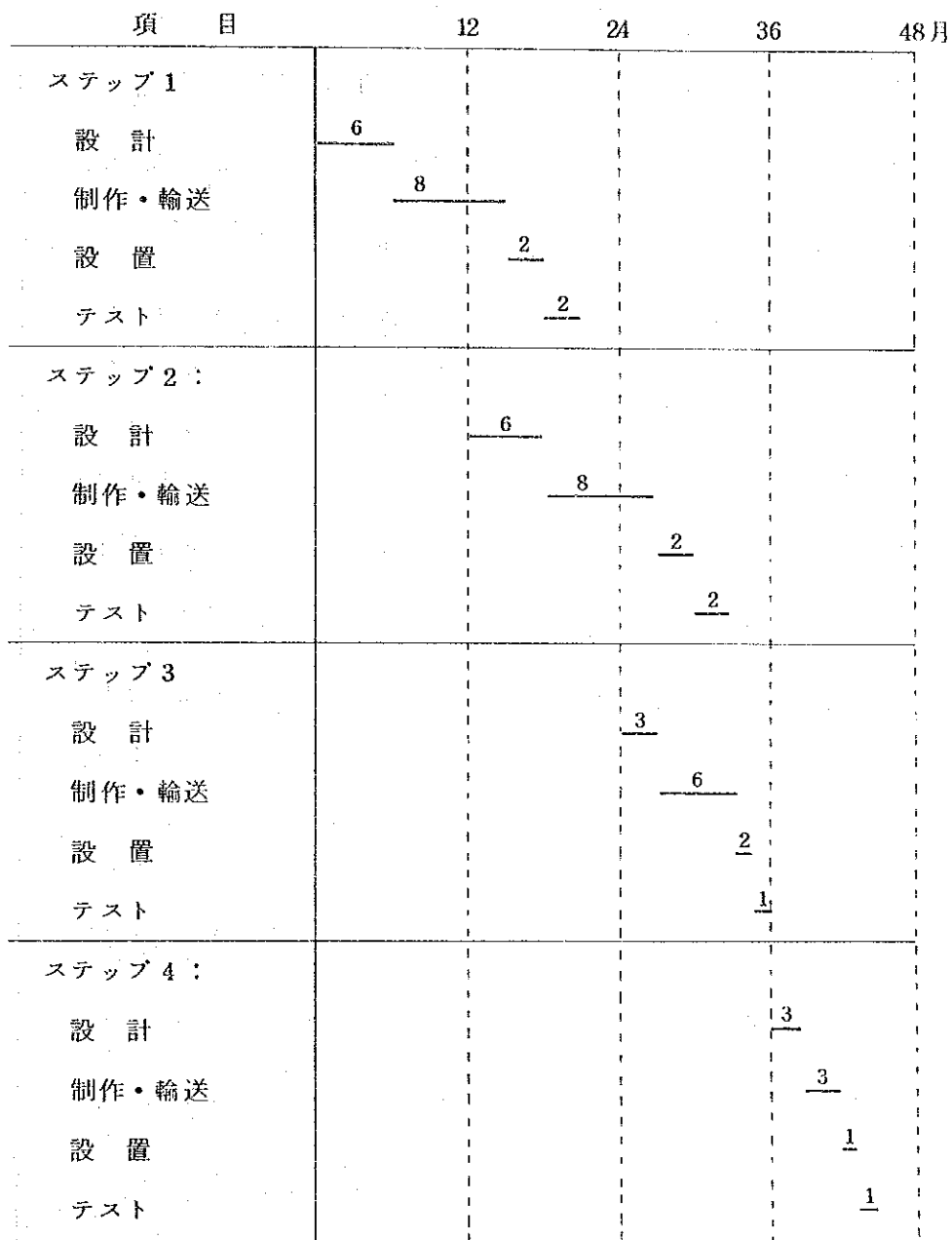


図 5.2.3 6 段階的設置工程

(10) 概算コスト

モニタリングシステムを確立するために必要な現時点におけるコストを概算した結果を表 5.2.1 0 ~ 表 5.2.1 3 に示す。なお、これらのコストにはデータベース作成費は含まれていない。

表 5.2.10 概算費用（海面上の油検知システム）

項 目	数 量	金 額
		内 貨 部 分 (千円)
1. センサー／機器		
(1) アクティブ赤外線油センサー	8	24,000
(2) テレメータ	8	8,000
(3) 無線機	8	8,000
(4) アンテナ	8	100
(5) 電源装置	8	8,000
2. センサー用架台		
(1) 海上プラットフォーム	4	32,000
(2) 橋、棧橋用架台	4	2,000
3. 輸送梱包	一 式	4,500
4. 据付工事	一 式	17,200
5. 電気・計装	一 式	17,000
6. 現場調整・試運転	一 式	3,000
7. その他	一 式	18,300
合 計		142,100

表 5. 2. 1 1 概算費用（水中油検知システム）

項 目	数 量	金 額
		内 貨 部 分 (千 円)
1. センサー／機器		
(1) 油分濃度計	3	1 2,000
(2) 音響式センサー	3	6,000
(3) ポンプ	3	6,000
(4) テレメータ	6	6,000
(5) 無線機	6	6,000
(6) アンテナ	6	1,000
(7) 電源装置	6	6,000
(8) 配管資材	3	13,000
(9) 測定室建屋	3	3,200
2. 輸送梱包	— 式	1,000
3. 据付工事	— 式	114,000
4. 電気・計装	— 式	6,100
5. 現場調整・試運転	— 式	3,000
6. その他	— 式	28,400
合 計		219,000

表 5.2.12 概算費用(気象・海象観測システム)

項 目	数 量	金 額
		内 貨 部 分 (千円)
1. センサー/機器		
(1) 風向・風速計	1	2,000
(2) 波高計	1	3,000
(3) テレメータ	2	2,000
(4) 無線機	1	1,000
(5) アンテナ	1	200
(6) 電源装置	2	2,000
2. 輸送梱包	一 式	300
3. 据付工事	一 式	400
4. 電気・計装	一 式	3,000
5. 現場調整・試運転	一 式	3,000
6. その他	一 式	2,200
合 計		19,100

表 5.2.13 概算費用(中央モニタリングステーション)

項 目	数 量	金 額
		内 貨 部 分 (千円)
1. センサー/機器		
(1) コンピュータ	1	1,000
(2) 周辺装置	1	1,500
(3) 親局テレメータ	1	3,000
(4) 無線機	1	1,500
(5) アンテナ	1	50
2. ソフトウェア		
(1) アプリケーションプログラム	一 式	20,000
3. 輸送梱包	一 式	200
4. 据付工事	一 式	200
5. 電気・計装	一 式	200
6. 現場調整・試運転	一 式	5,000
7. その他	一 式	1,900
合 計		34,550

5.2.8 まとめ

- a. リモート油センサーの性能は天候・海象条件に左右される。したがって、天候・海象条件の変化はセンサーの油検知信頼性に影響を及ぼすことも有り得る。
- b. 市販の水面設置型センサーは調整池、排水ピット、下水管のような陸上施設用に開発されたものであり、海面上の油の検知に適用された例はほとんどない。海域においてこれらのセンサーを用いるためには、センサーの改良やメンテナンス方法の検討が必要である。
- c. 連続油分濃度計は主にタンカーや工場からの排水中に含まれる油分の測定に用いられている。海域に適用する場合にその性能に影響を及ぼすおもな要因としてはゴミ、海藻、クラゲや付着生物等による採水パイプの目詰まりや腐食の問題が考えられる。採水部は海域環境におけるこのような目詰まりや腐食を防止するための設計、目詰まりを起した時のメンテナンス等が必要である。
- d. 音響方式が水中油滴の検知に適用可能であることは実証されている。しかしながら、この方式では水中の油滴と他の懸濁物質との区別ができないため、油分濃度計と組み合わせる必要がある。
- e. 気象・海象観測機器は野外観測において広く使われている。これらの機器の信頼性及び安定性は油センサーや油モニターの信頼性よりはるかに高いといえる。
- f. 屋外に設置されたセンサーはゴミ、塩が付着する。海水中の機器は目詰まり、腐食、生物付着による影響を受ける。また、熱帯直射日光下で高温多湿の悪条件で使用されるものであるため、これらの点を十分考慮し設計されなければならない。さらに、海域環境においてこれらの影響を最小限にし、システムの信頼性を保持するためには定期的なメンテナンスが必要である。