

JAERI-M

8 7 5 1

係留気球による沿岸海洋拡散の観測法の開発

1980年3月

福田雅明・山田政治

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

係留気球による沿岸海洋拡散の観測法の開発

日本原子力研究所東海研究所環境安全研究部

福田 雅明・山田 政治⁺

(1980年2月1日受理)

沿岸海域において拡散実験の染料雲の写真をとることができる装置を開発した。装置は、直径2mのビニール製の気球と地上から無線信号を送ってカメラのシャッターを切る撮影装置、および気球を揚げ下ろしするウインチから成っている。写真がとれる最大の高さは1000mである。信号を繰り返すことによって、1回の上昇中に30駒の写真が撮れる。

気球をある高さに揚げて、実験のトレーサーの染料を海面又は海中のある深さに染料投入器又はポンプにより放出し、写真の撮影を始める。染料の動きとその拡散は、写真から分析される。

この装置の特徴は、簡単で運搬が容易であること、観測のためにボートが入れない碎波帯内での染料拡散実験が可能なこと、強い風や海風の時に気球が揚げられないことなどである。

染料拡散実験の典型的結果を示す。

十) 東海研究所原子炉工学部

The Development of Coastal Diffusion Observation Method
with a Captive Balloon

Masaaki FUKUDA and Masaharu YAMADA⁺
Division of Environmental Safety Research,
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received February 1, 1980)

Apparatus whereby the dye cloud in a coastal area in diffusion experiment can be photographed was developed. It consists of a vinyl balloon two meters in diameter, a photographic device with the camera shutter released by wireless signals from the ground, and a winch to raise or lower the balloon. A maximum height of the balloon for taking photographs is 1000 m. During the single balloon flight, thirty photographs can be taken.

With the balloon at a certain height, dye as the tracer in diffusion experiment is released at sea surface or a certain sea depth by dye-throwing means or pump, and then taking the photographs is started. Movement and diffusion of the dye are analyzed by means of the photographs taken.

The apparatus is simple in mechanism and easy to transport. Dye experiment is possible in the surfe zone where a boat cannot enter. It is impossible, however, to raise the balloon in strong wind or sea breeze.

Typical results of the dye diffusion experiment with the apparatus are given.

Keywords : Coastal Diffusion, Captive Balloon, Diffusion Experiment,
Dye Cloud, Photographic Device

⁺ Division of Reactor Engineering, Tokai Research Establishment, JAERI

目 次

1. はしがき	1
2. 測器	1
2.1 染料投入	1
2.2 気球	2
2.3 撮影装置	3
3. 染料拡散・流動の観測例	4
3.1 測器の使用法	4
3.2 観測例	5
4. まとめ	7
参 考 文 献	7

Contents

1.	Introduction	1
2.	Instrument	1
2.1	Dye release	1
2.2	Balloon	2
2.3	Photographic apparatus	3
3.	Examples of dye diffusion and movement observation	4
3.1	Use of apparatus	4
3.2	Examples of observation	5
4.	Summary	7
	References	7

1. は し が き

沿岸における海洋拡散を調査研究する場合、海水の動きや拡散の様子を見るために染料溶液を海中に投入し、観測することが良く行われる。⁽¹⁾⁽²⁾染料による拡散実験は、染料がほぼ水と同じ動きをすること、目で見ることができるので水の動きが一目でわかること、海水中の染料の濃度変化又は広がりの変化を測ることにより拡散係数がたやすく推定できる等の利点をもっている。このような利点をもっていながらこの種の実験がそれほど多く行われたいのは、実験には人員を多く必要とする(5~10名)、染料雲の写真を撮そうとすればヘリコプターや飛行機を利用しなければならない等が原因かと思われる。

日本原子力研究所(原研)、環境安全研究部では東海村海岸のような大洋に面した平坦遠浅海岸付近の海洋拡散について研究を行って来たが、砕波帯内の調査は調査船も入ることが困難でありほとんど行われなかった。

1972年から原研第2排水口より放出されるトリチウム水の拡散希釈を調査していて、海岸における一点での濃度が大きく変動することが見出された⁽³⁾。また、海岸より放出される放射性廃液による住民への被曝を評価するために海岸近傍における海洋拡散の正確な推定が必要になった。

これらの事から、筆者等は小規模の海洋染料拡散実験を小人数で簡単に行うことが出来る気球リモコンカメラを用いた観測法を開発した。このシステムは大別して次の4つに分けられる。染料の投入、気球、撮影装置、解析法である。前3つについて第1図にその関係を略図で示した。これらの詳細について以下に述べる。

2. 測 器

2.1 染料投入

染料としてローダミンBとフルオレッセインナトリウム(通称ウラニン)を用いた。両者共粉末状であるが、水への溶解しやすさについてはかなり差がある⁽⁴⁾。ローダミンBは水に溶けにくく(水道水には常温で2%位の濃度までしか溶けない、熱い湯では4%位まで溶ける)、比重は海水より重いとその差は小さい、日光による褪色性が小さい、物質への吸着性は大きい。ウラニンは、水に溶けやすく、比重が重く、日光による褪色性が大きく、物質への吸着性が弱い。

運搬の簡単性と点源放出を考慮して粉末染料の投入を計画した。第2図に示すように厚紙の円筒ケースに染料50~100grをつめ、投げるのに手頃な重さにするために小石をつめ、両端の口をトイレットペーパー4~6枚でふさいだ物を作成した。この方法であると運搬に便利であり、海中に投入した時、波により紙が直ちに破れ染料が流出し溶ける。原研の海岸で

1. は し が き

沿岸における海洋拡散を調査研究する場合、海水の動きや拡散の様子を見るために染料溶液を海中に投入し、観測することが良く行われる。⁽¹⁾⁽²⁾染料による拡散実験は、染料がほぼ水と同じ動きをすること、目で見ることができるので水の動きが一目でわかること、海水中の染料の濃度変化又は広がりの変化を測ることにより拡散係数がたやすく推定できる等の利点をもっている。このような利点をもっていながらこの種の実験がそれほど多く行われたいのは、実験には人員を多く必要とする(5~10名)、染料雲の写真を撮そうとすればヘリコプターや飛行機を利用しなければならない等が原因かと思われる。

日本原子力研究所(原研)、環境安全研究部では東海村海岸のような大洋に面した平坦遠浅海岸付近の海洋拡散について研究を行って来たが、砕波帯内の調査は調査船も入ることが困難でありほとんど行われなかった。

1972年から原研第2排水口より放出されるトリチウム水の拡散希釈を調査していて、海岸における一点での濃度が大きく変動することが見出された⁽³⁾。また、海岸より放出される放射性廃液による住民への被曝を評価するために海岸近傍における海洋拡散の正確な推定が必要になった。

これらの事から、筆者等は小規模の海洋染料拡散実験を小人数で簡単に行うことが出来る気球リモコンカメラを用いた観測法を開発した。このシステムは大別して次の4つに分けられる。染料の投入、気球、撮影装置、解析法である。前3つについて第1図にその関係を略図で示した。これらの詳細について以下に述べる。

2. 測 器

2.1 染料投入

染料としてローダミンBとフルオレッセインナトリウム(通称ウラニン)を用いた。両者共粉末状であるが、水への溶解しやすさについてはかなり差がある⁽⁴⁾。ローダミンBは水に溶けにくく(水道水には常温で2%位の濃度までしか溶けない、熱い湯では4%位まで溶ける)、比重は海水より重いとその差は小さい、日光による褪色性が小さい、物質への吸着性は大きい。ウラニンは、水に溶けやすく、比重が重く、日光による褪色性が大きく、物質への吸着性が弱い。

運搬の簡単性と点源放出を考慮して粉末染料の投入を計画した。第2図に示すように厚紙の円筒ケースに染料50~100grをつめ、投げるのに手頃な重さにするために小石をつめ、両端の口をトイレットペーパー4~6枚でふさいだ物を作成した。この方法であると運搬に便利であり、海中に投入した時、波により紙が直ちに破れ染料が流出し溶ける。原研の海岸で

このカプセルを用いて染料を放出した時は波により染料粉末が良く溶け良好な結果を得た。しかし、沖合で船上からこのカプセルの染料を投入した際、近い所に投入したカプセルのペーパーが破れなかったためケース内の染料が溶け出さないうちに海底に沈んでしまうことが生じた。たまたまその海域で操業中の漁船の底曳網に入り魚に染料の一部が付くと言う事態が生じた。このカプセルの構造は着水時に染料が十分に溶け出すよう注意する事が必要である。さらに、染料拡散実験の際には近辺の漁協の同意を得ておく必要がある。手でカプセルを投げてせいぜい20～30 m位までしかとゞかず、沿岸の種々の場所に染料を投入するには新しい器具を開発しなければならなかった。

第3図写真1に染料投入器を示す。この投入器は、ミロク精機製作所製のミロク式救命索発射銃を改良したものである。①は円筒形の厚紙の一端をトイレトペーパーで閉じた中に染料をつめたものである。②は火薬で6 gr つまっている。③は撃針で、⑤のピンを抜くことにより④のバネの力により薬莖の雷管を叩く。火薬が爆発すると、⑥の弾体は⑦のロープを引張りながら約120 mの遠方まで飛んで行く。発射の角度を変えることにより投入距離を変えることができる。⑥の弾体にブイ（ポリウレタン製）を付けることにより、弾体が海面に落下した後、そのまま浮かせて置くこともできる。この場合、染料は表層に投入された様になる。

染料は弾体が海面に落下すると同時に大半が飛び散るが、残りのものは海水に溶けながら弾体と一緒に沈んで行く。放出時の海中における染料の分布は、表層で濃度が高く下層で低い鉛直に立った棒状のものになる。たゞし、この放出の濃度分布は弾体の海面への着水方向やペーパーの厚さ等で微妙に変わり定量はできない。投入した染料の総量としてのみ定量することができる。

この銃の購入には警察の許可が必要であり、火薬購入には県庁の許可を必要とする。また、銃の使用に当っては細心の注意を払い、事故のないよう安全性を十分に確認する必要がある。

2.2 気球

上空から写真撮影する装置の全重量を約1 kgに見積ると、それを揚げる気球は正味3～4 kgの浮力を必要とする。気球の自重とロープの重さをそれに加えると、気球の体積は7 m³位が必要になる。気球の大きさは直径約2.5 mとなる。実際には誤差とビニールののびを見込み直径約2.3 mの球状の気球を作った。これは標準形のボンベ1本を入れると丁度一杯になる大きさである。外形を写真2に示す。気球の重量は3 kg、ヘリウムガスを一杯につめた状態での浮力は約3 kgであった。

気球の係留には漁網用の2 mmのビニロンとナイロンの合繊ロープを用いた。全長1000 mのロープにマジックインキで10 m毎に印を付け、気球の高さがわかるようにした。ロープの重さは、1 m当り約2 grである。ロープの強度は静加重で約50 kgの荷重に耐えた。気球が上空で急に風が強くなるなどして衝撃的な力を受けても、ロープはそれが延びることにより力を吸収して静荷重的な力がロープに加わるようにしてしまうものと考えて良いであろう。

気球が風により受ける力は次の様に推算される。流れの中に置かれた固体の受ける力は

$$F = C_D \rho U^2 A / 2 \quad (1)$$

で計算される。ここで、 C_D は抵抗係数、 ρ は空気密度、 U は平均風速、 A は球の断面積である。この式を用い、風により気球の受ける力を計算した結果を第4図に示す。

風による力は、気球を係留しているロープにも加わる。

ロープに加わる力も(1)式を用いて計算し、第4図に破線で示した。

風圧は気球、ロープ共ほぼ風速の2乗に比例して増大する。ロープに加わる圧力は、長さ200mの時気球の受ける圧力と同じになるが、風は200m上も地表も同じ方向に同じ速度で吹いてはいないことが多いので、実際にはこの通りとはなっていない。ロープの長さが増えると、ロープが受ける風圧も急激に増える。實際上、経験的に、5m/sec（海面に白波が立ち始める）以上の風速の時は、気球は揚げないことにしている。

気球の揚げ降ろしには専用に製作した係留索捲取り機を用いた。写真3に捲取り機を示す。捲取り機の仕様及び性能は次の通りである。

巻取用電動機 ; AC100V, 100W

巻取れる索の長さ ; 2mm索で最大1000m

巻取速度 ; 20m/min

重量 ; 10kg

係留索はクラッチによって巻取ドラムをフリーにしてやれば気球の揚力で繰出して行く。その速さは、20秒で約100m上昇する。必要な高度まで揚ってからブレーキで固定する。巻取りは電動でも手動でも行うことができる。捲取り機にはロープ捌きが付いているのでロープが均一に捲取られる。

2.3 撮影装置

装置の概略を第5図に示す。カメラは、1)自動露出であること、2)自動捲上機構を持つこと、3)軽量なことの条件から、リコーオートハーフE2を使用した。捲上げのゼンマイを巻いて置けば、シャッターボタンを押すだけで、30駒の撮影ができる。このカメラは固定焦点であるので、ほぼ無限大の距離にある海面を写すにはピントが若干あまい感じがある。カメラの重量はわづか約370grであるので、気球で揚るカメラとして最適である。

カメラの焦点距離は25mm、フィルム1駒の長さは、17.5mm×24.3mmであるから、もしも、500mの高さから撮影すれば、フィルムに写る地表の面積は486m×350mとなる。風が全く無い場合にはカメラは真上にあり、写真に写る範囲は、高さの0.97倍と0.7倍の縦横の面積である。しかし、気球が風により流され、ロープが鉛直より傾いた場合、写真に写る範囲は若干大きくなる。また、写真に写った表面も傾き長さの縮小率が若干変ってくる。

この変化はロープの傾きを測るなどして簡単には推算することはできない。カメラは一応ロープ捲取り機の方を向いているが、カメラと係留索の自重のため少し下向きに向いている。それで、気球が陸の方向に流された時は、写真の中に占める海の面積が少なくなり、染料雲が十分に写らないことがある。

風の乱れが大きい時、カメラが回転することがある。このような時にシャッターを切ると、画面はブレたものになる。ひどい時には1/4～1/3の写真にブレがあった事もある。

露出は自動であるのでほど満足する写真が得られるが、海上での写真は正しいフィルム感度では若干露出オーバー気味になる。ASA 100の場合、130位に合わせて多少露出不足にさせた方がコントラストの良い写真を得る。日中の十分に明るい時の露出では問題がないが、早朝曇天の時、或は、夕方日没後等うす暗い時にはカメラの自動露出の範囲に入らない時もあった。

撮影装置を支えている4本のロープ及び安全のための補助ロープは画面の中に写っている。このために海面上の染料や物体が隠されて見えなくなることがある。この様な方式でカメラを設置するには避けることのできない問題である。

カメラのシャッターは、模型飛行機の無線操縦装置（ラジコン・メカ）を使用して切らせた。陸上から送信器の中のスイッチをON、OFFすることにより、カメラの後ろに設置したメカが動き、シャッターを押し、離す。この機構については第5図に示してある。

使用したラジコン・メカの仕様・性能は次の様である。

送信器	用波数	26,995 MHz	AM変調
	出力	500 mW	
	動作電圧	9~12 V	
	到達距離	地上500 m, 空中1000 m	
	重量	1,000 gr	
受信器	動作電圧	4.5~6 V	
	消費電流	8~10 mA	
	重量	60 gr	
サーボ	電源	受信器と共用	
	トルク	2~3 Kgr./cm	
	消費電流	動作時 100 mA	
		停止時 8 mA	
	重量	70 gr	

ラジコンの使用周波数は27 MHz 帯で、6バンド、40 MHz 帯で2バンドありAM変調とFM変調方式がある。この27 MHz 帯は、沿岸の小型漁船が使用しているトランシーバーとの混信も起る可能性があるので、40 MHz 帯でFM変調方式を使う方が間違いが起りにくいであろう。

3. 染料拡散・流動の観測例

3.1 測器の使用法

この測器を用いた観測は気象条件を選ぶので、事前に充分気象に注意する必要がある。風速が弱く、晴天の時の良い。さらに、太陽が高い所にあると、海面で反射された太陽光が写真に入り画面が白く飛んで染料雲の形が見えなくなる。それで、観測を行うのは太陽がまだ高く上

露出は自動であるのでほど満足する写真が得られるが、海上での写真は正しいフィルム感度では若干露出オーバー気味になる。ASA 100の場合、130位に合わせて多少露出不足にさせた方がコントラストの良い写真を得る。日中の十分に明るい時の露出では問題がないが、早朝曇天の時、或は、夕方日没後等うす暗い時にはカメラの自動露出の範囲に入らない時もあった。

撮影装置を支えている4本のロープ及び安全のための補助ロープは画面の中に写っている。このために海面上の染料や物体が隠されて見えなくなることがある。この様な方式でカメラを設置するには避けることのできない問題である。

カメラのシャッターは、模型飛行機の無線操縦装置（ラジコン・メカ）を使用して切らせた。陸上から送信器の中のスイッチをON、OFFすることにより、カメラの後ろに設置したメカが動き、シャッターを押し、離す。この機構については第5図に示してある。

使用したラジコン・メカの仕様・性能は次の様である。

送信器	用波数	2 6, 9 9 5 MHz	AM変調
	出力	5 0 0 mW	
	動作電圧	9 ~ 1 2 V	
	到達距離	地上 5 0 0 m, 空中 1 0 0 0 m	
	重量	1, 0 0 0 gr	
受信器	動作電圧	4. 5 ~ 6 V	
	消費電流	8 ~ 1 0 mA	
	重量	6 0 gr	
サーボ	電源	は受信器と共用	
	トルク	2 ~ 3 Kgr·/cm	
	消費電流	動作時 1 0 0 mA	
		停止時 8 mA	
	重量	7 0 gr	

ラジコンの使用周波数は27 MHz 帯で、6バンド、40 MHz 帯で2バンドありAM変調とFM変調方式がある。この27 MHz 帯は、沿岸の小型漁船が使用しているトランシーバーとの混信も起る可能性があるので、40 MHz 帯でFM変調方式を使う方が間違いが起りにくいであろう。

3. 染料拡散・流動の観測例

3.1 測器の使用法

この測器を用いた観測は気象条件を選ぶので、事前に充分気象に注意する必要がある。風速が弱く、晴天の時の良い。さらに、太陽が高い所にあると、海面で反射された太陽光が写真に入り画面が白く飛んで染料雲の形が見えなくなる。それで、観測を行うのは太陽がまだ高く上

がらない早朝か傾きかけた夕方と言うことになる。早朝は一般に風も弱く条件としては最も良い。原研での観測は夏期6時から9時の間に行われた。

海岸での観測では、気球、撮影装置、染料、ロープ捲取機、発電機、染料投入器だけを運べば良いので、軽自動車の屋根にふくらんだ気球をしぼり、他の装置を車に積んで1人で運搬し、1人でセットし、観測を行うことができた。気球に撮影装置を付け、捲取機のロープと結索し、無線の作動テストを行い、200mまで気球を揚げるのに約5分かゝる。さらに、染料投入装置をセットし、発射するのに約2分かゝる。即ち、1人で10分以内に観測にかゝることが可能である。

気球を揚げ、染料キャプセルを投入してから染料の動きを見ながら任意の時間間隔でシャッターを切る信号を送ってやれば良い。たゞ、染料投入装置のカプセルにはロープが付いていて毎回回収することになっているのでそのロープをたぐる作業に手間がかゝる。

観測が終り気球を下ろすのに、500mで約25分かゝる。全装置を車に積み込むのに約5分かゝる。

実験室に帰ってから、染料投入装置の水洗いと、その装置の手入れ等のために30分以上の時間が必要である。

気球はヘリウムガスを入れたまゝ倉庫に保管し、次回の観測の際にガスが減った分だけ補充して使えるようにして置く。

海上においての染料拡散実験も陸上からの実験とほとんど同じ様に出来る。海上においての実験では、実験室から船のある港までの距離が遠いので、気球をあらかじめふくらまして運ぶわけにいかず、実験の毎にヘリウムガスを気球に充填し、終ってから抜くようにした。調査船2隻使える場合は、1隻は撮影船、1隻は染料放出船とした。

調査海域に到着したら、アンカーを付けた白標板を2～3ヶ写真に写り相な間隔で海表面に設置する。風上の適当な位置に撮影船を固定し、気球を揚げる。放出船は海水の流れを見て適当な位置、適当な深さに染料を投入する。原研では、前述した経験から染料を溶液にして放出するようにした。中層に放出する場合にはポンプで放出している。溶液の場合、溶液の比重が海水とほぼ同じ値になるようにアルコールを多量に加えた。船上から火薬を用いた染料投入装置は危険性を考えて使用しなかった。

3.2 観測例

この装置は、1978年5月作成されてから1979年9月までに約80回上空に揚げて写真を撮影している。その一部についてはすでに Seminar on Marine Radioecology, OECD/NEA, 1979 Tokyo⁽³⁾ で発表された。

以下に観測された結果のうち典型的な例をいくつか挙げる。

A 海岸近傍の拡散

(1) 波、風共に弱く、沿岸流がほとんどない場合(第6図)。

海岸に沿った拡散とほとんど同様の拡散が沖合方向にもある。

(2) 沿岸流が強い場合(第7図)。

染料雲は海岸に沿って早い速度で流される。波（うねり）が大きく、海岸に斜めに入射している場合に多い。

(3) 沿岸流と沖合に向う流れが共に強い場合（第8図）。

染料は岸に平行・直角方向共拡散しながら流されて行く。連続に染料を放出すれば、その等濃度線は紡錘形になる。

(4) 沿岸に発生した“しおめ”によって、染料雲が沖合に吸い込まれて行く場合（第9図(a)(b)(c)）。

第2排水口付近に投入された染料（第9図(a)17.09）は始め正常な拡散を行う（a)17.27）が、南・北方向から異った水塊が押寄せて来て、両水塊の境にしおめを作る。染料はしおめに挟まれた形になり（第9図(b)）、沖の方向に吸い込まれて行く（第9図(c)）。

(5) 沿岸流と沖合（50～100m）の流れが同じ場合（第10図）。

沿岸流は北に、沖合の表層流も北に流れる。沖合の底の流れは岸にゆっくり流れる。

(6) 沿岸流と沖合の流れが逆方向の場合（第11図）。

沿岸流は北方向に、沖合約70mの流れは南方向に向っている。

(7) 沿岸流は北方向に、沖合の表層流は沖の方向に流れる場合（第12図、第13図）。

沿岸流は北方向、及び、その表層水が沖合方向に流れる。沖合の底層水はほとんど流れがなく、表層水だけが沖の方向に流れる。

(8) 沿岸流、沖合の表層水共北方向に流れ、底層水が岸方向に流れる場合（第14図）。

底層水（第14図6.52）は岸に向かって流れ、岸で沿岸流の挙動をする。この流れは沿岸流の補流の役目をしている様である。

B 沖合での流動・拡散

(1) 表層から中層（約5m）まで一様に染料が投入され、流れの方向が同じで、流速が下に行くほど減少している場合（第15図）。

染料雲は流れの方向に長く引伸された形になる。

(2) 流れの方向が上層、中層、下層で違う場合（第16図、第17図）。

染料が上層から下層まで棒状に投入された場合、染料は各層でその層の流れによって移動する。それを上空から見ると図の様に、うねった形状の染料雲が見られる。

(3) しおめ付近における染料拡散の場合（第18図）。

染料雲が他の一方の水塊の下に潜っている。しおめ付近の染料の挙動は複雑で色々な例が生ずる。

(4) 流れが鉛直方向で変化し、染料放出が深さによって一様でない場合（第19図、第20図）。

流れの方向や速度が深さによって違い、放出した染料の量も深さによって違った場合には非常に複雑な染料雲の形状を得る。

(5) 染料を色々な点に放出した場合（第21図、第22図）。

同時にいくつかの点における流動と拡散を見るため、染料をスポットとして放出した。沖合の比較的一様な流れの場所においては、流動に関しあまり大きな変化はない。深さ2mの層に異った染料Uを線状に放出した。深さ2mの層の流速の方が表層より少し速い。

4. ま と め

沿岸海域の染料拡散実験においては上空より写真撮影を行う方法が測定法として最も良いと考えられるが、筆者等は係留気球に無線によるリモートコントロールカメラを吊し高度 1000 mまで揚げて写真撮影を行う方法を開発した。

カメラは軽量で自動巻、自動露出、固定焦点のリコーオートハーフを用い、ラジコン用メカによってシャッターを切る。一度上げると30駒まで写真が撮れる。

気球は直径 2 mのビニール製で約 3 kgの浮力がある。2 mmφのビニロン、ナイロンテグス合繊ロープで吊り上げるが、安全性からは風速 5~6 m/sec位の風で中止した方が良い。高度 1000 mまで揚げる事が可能であるが、200 m以上気球を揚げる場合は地区の飛行場に届けを出して許可を得る必要がある。

この測定法には、風の強い時は気球の安全性の問題で、太陽高度が高い時は海面の光の反射が強いために実験が行えないと言う欠点がある。それで、この方法を用いて実験を行うには、風が弱く、太陽が高く昇っていない朝又は夕方が一番良い。

この方法は、調査船が入れない海域（例えば砕波帯内）などでも実験が行える利点がある。特に岸から海岸近くの海水の流動を調査するには機動性があり有効である。

染料を海岸から離れた所に投入する投入器もこの実験のために開発され、両者を合せて実験を行うことにより沿岸の海水の流動の複雑な現象を数多く測定することができた。この事例の典型的な例を紹介した。

参 考 文 献

- 1) M. FUKUDA, N. ITOH, S. SAKAGISHI, (1965) Diffusion phenomena in coastal areas. The Proc. 2nd. Inter. Water Pollution Research Conf. Tokyo 1964, 193-204
- 2) H.H. CARTER, A. OKUBO, (1965) A Study of the Physical processes of movement and dispersion in the Cape Kennedy area. Final Report under The U.S. Atomic Energy Commission Contract No AT(30-1)-2973
- 3) M. FUKUDA, A. KASAI, K. IMAI, H. AMANO, Y. YANASE, (1979) Proc. Seminar of Marine Radioecology. Tokyo 1979, OECD-NEA (in Print)
- 4) 大久保明, 長谷川四郎, 天野 充, 天田逸郎, (1957) 日本原子力研究所調査報告 No 2 17-20

4. ま と め

沿岸海域の染料拡散実験においては上空より写真撮影を行う方法が測定法として最も良いと考えられるが、筆者等は係留気球に無線によるリモートコントロールカメラを吊し高度1000 mまで揚げて写真撮影を行う方法を開発した。

カメラは軽量で自動巻、自動露出、固定焦点のリコーオートハーフを用い、ラジコン用メカによってシャッターを切る。一度上げると30駒まで写真が撮れる。

気球は直径2 mのビニール製で約3 kgの浮力がある。2 mm ϕ のビニロン、ナイロンテグス合繊ロープで吊り上げるが、安全性からは風速5~6 m/sec位の風で中止した方が良い。高度1000 mまで揚げる事が可能であるが、200 m以上気球を揚げる場合は地区の飛行場に届けを出して許可を得る必要がある。

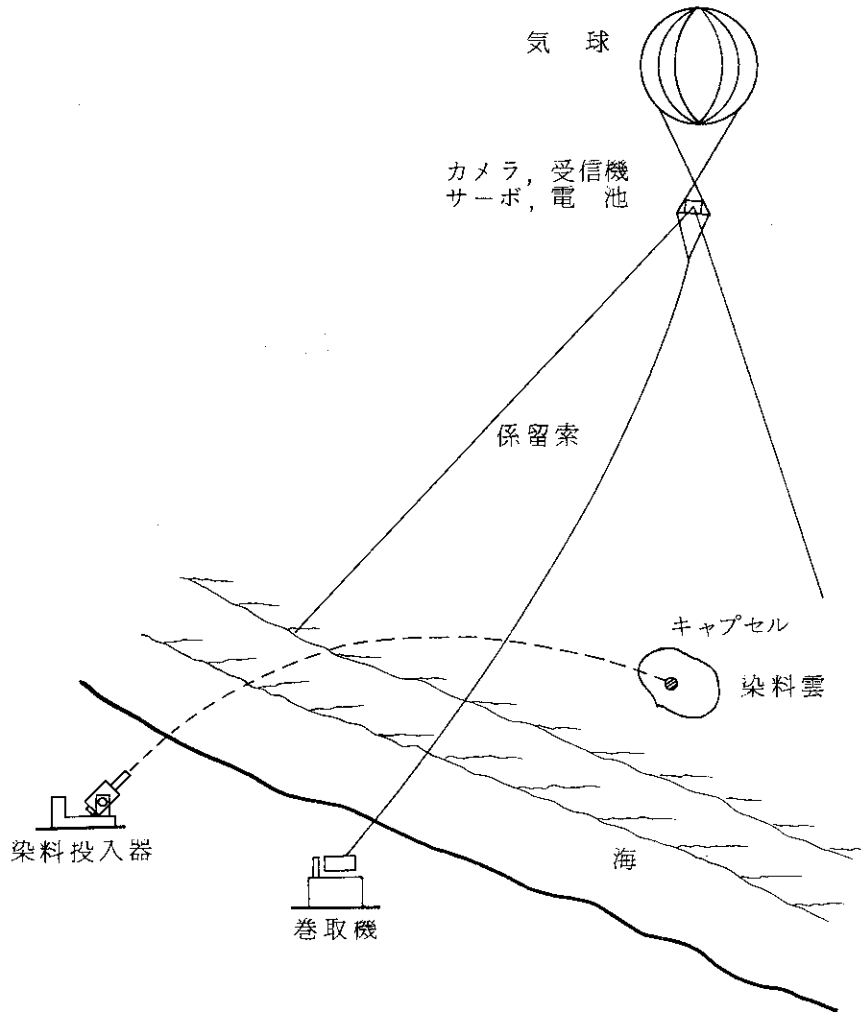
この測定法には、風の強い時は気球の安全性の問題で、太陽高度が高い時は海面の光の反射が強いために実験が行えないと言う欠点がある。それで、この方法を用いて実験を行うには、風が弱く、太陽が高く昇っていない朝又は夕方が一番良い。

この方法は、調査船が入れない海域(例えば砕波帯内)などでも実験が行える利点がある。特に岸から海岸近くの海水の流動を調査するには機動性があり有効である。

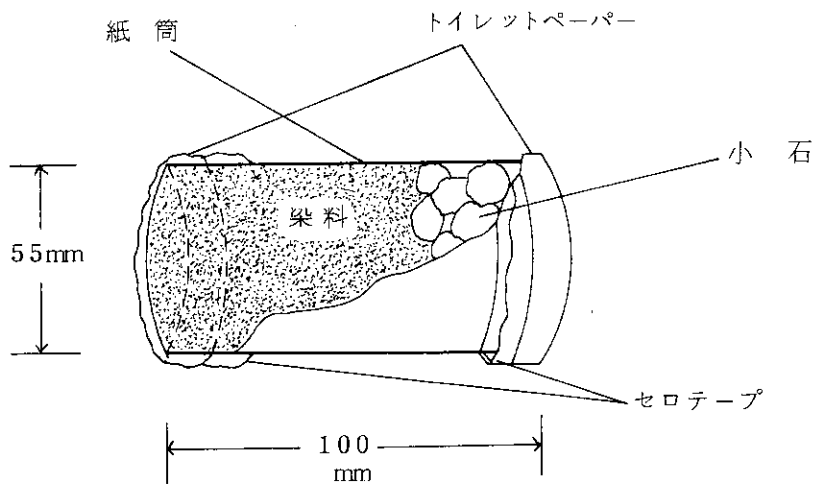
染料を海岸から離れた所に投入する投入器もこの実験のために開発され、両者を合せて実験を行うことにより沿岸の海水の流動の複雑な現象を数多く測定することができた。この事例の典型的な例を紹介した。

参 考 文 献

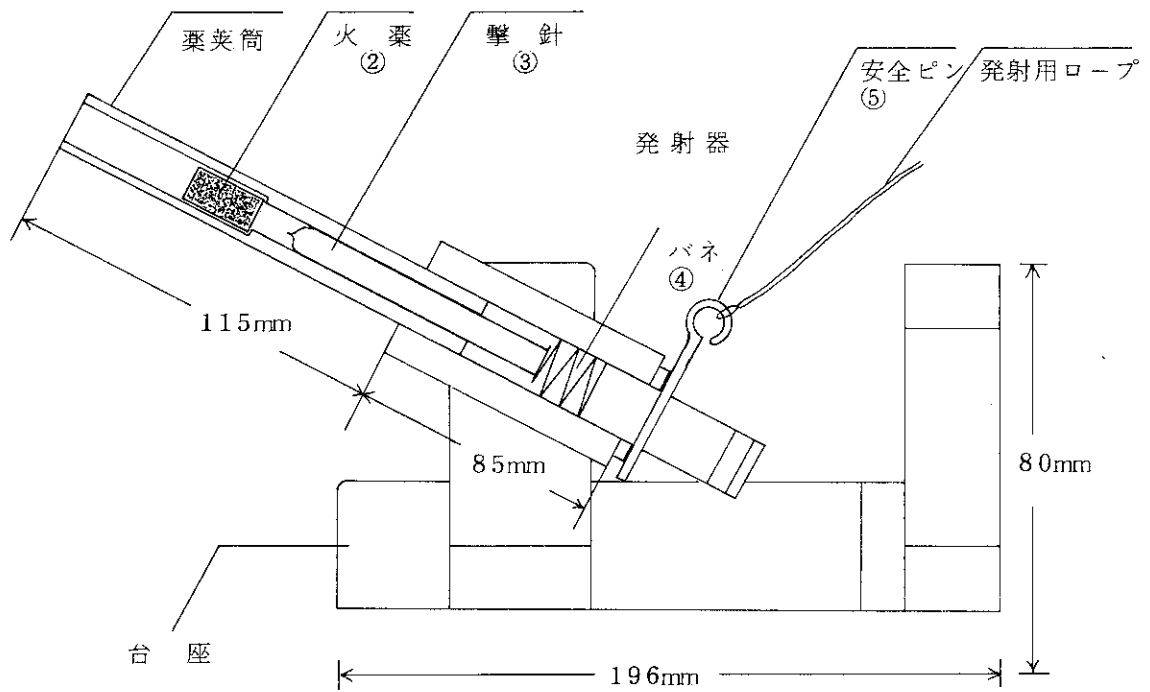
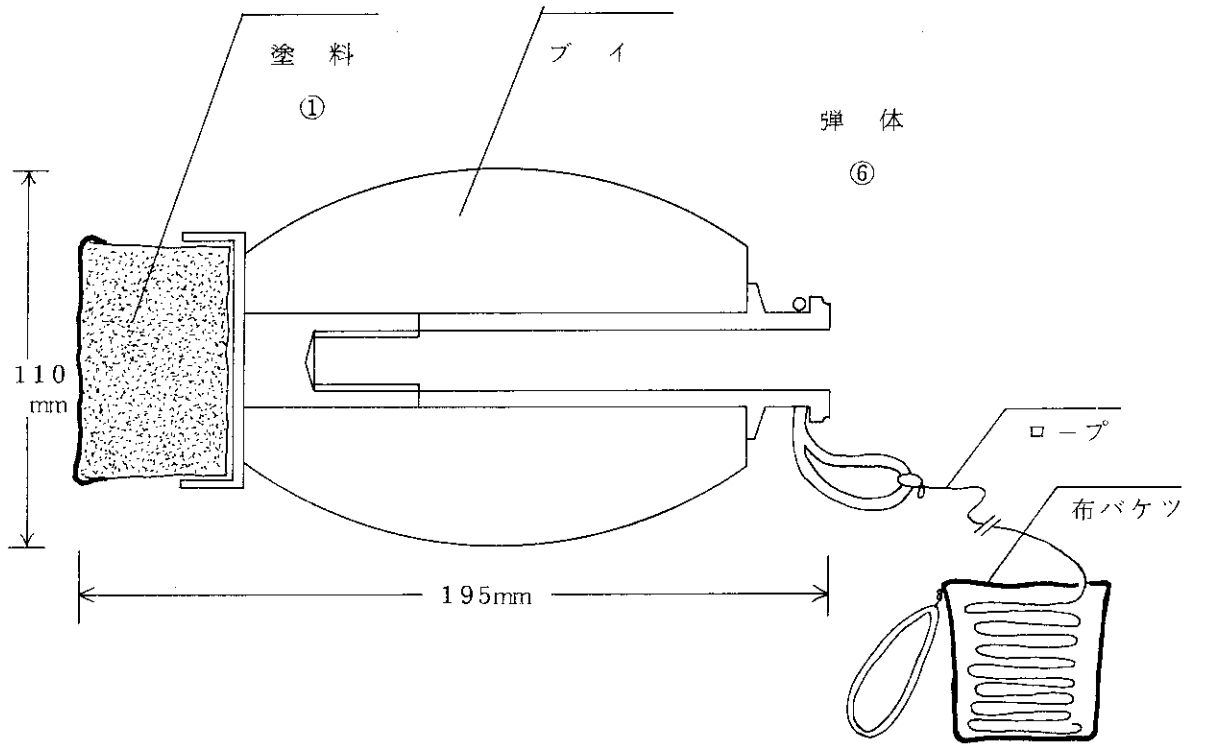
- 1) M. FUKUDA, N. ITOH, S. SAKAGISHI, (1965) Diffusion phenomena in coastal areas. The Proc. 2nd. Inter. Water Pollution Research Conf. Tokyo 1964, 193-204
- 2) H.H. CARTER, A. OKUBO, (1965) A Study of the Physical processes of movement and dispersion in the Cape Kennedy area. Final Report under The U.S. Atomic Energy Commission Contract No AT(30-1)-2973
- 3) M. FUKUDA, A. KASAI, K. IMAI, H. AMANO, Y. YANASE, (1979) Proc. Seminar of Marine Radioecology. Tokyo 1979, OECD-NEA (in Print)
- 4) 大久保明, 長谷川四郎, 天野 充, 天田逸郎, (1957) 日本原子力研究所調査報告 No 2 17-20



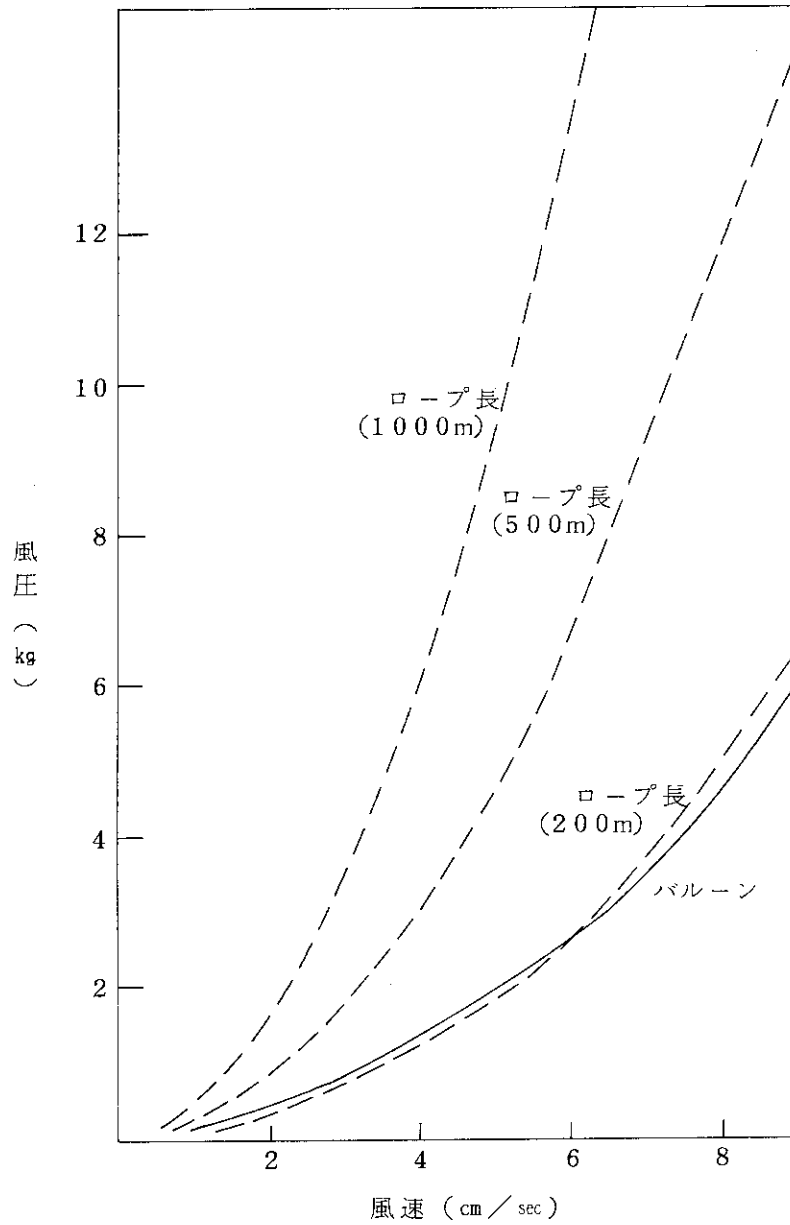
第1図 沿岸染料拡散実験配置図



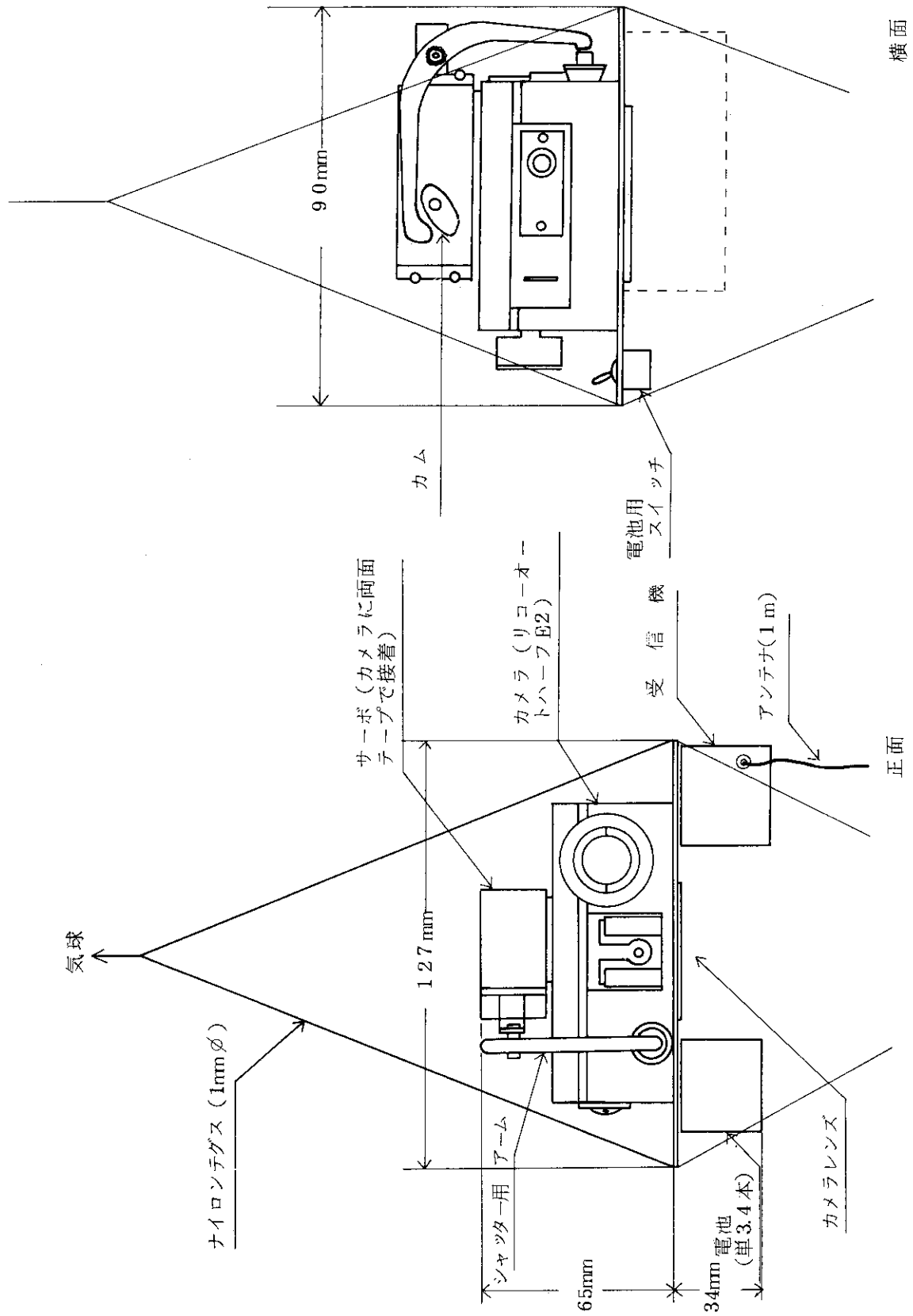
第2図 粉末染料投入ケース



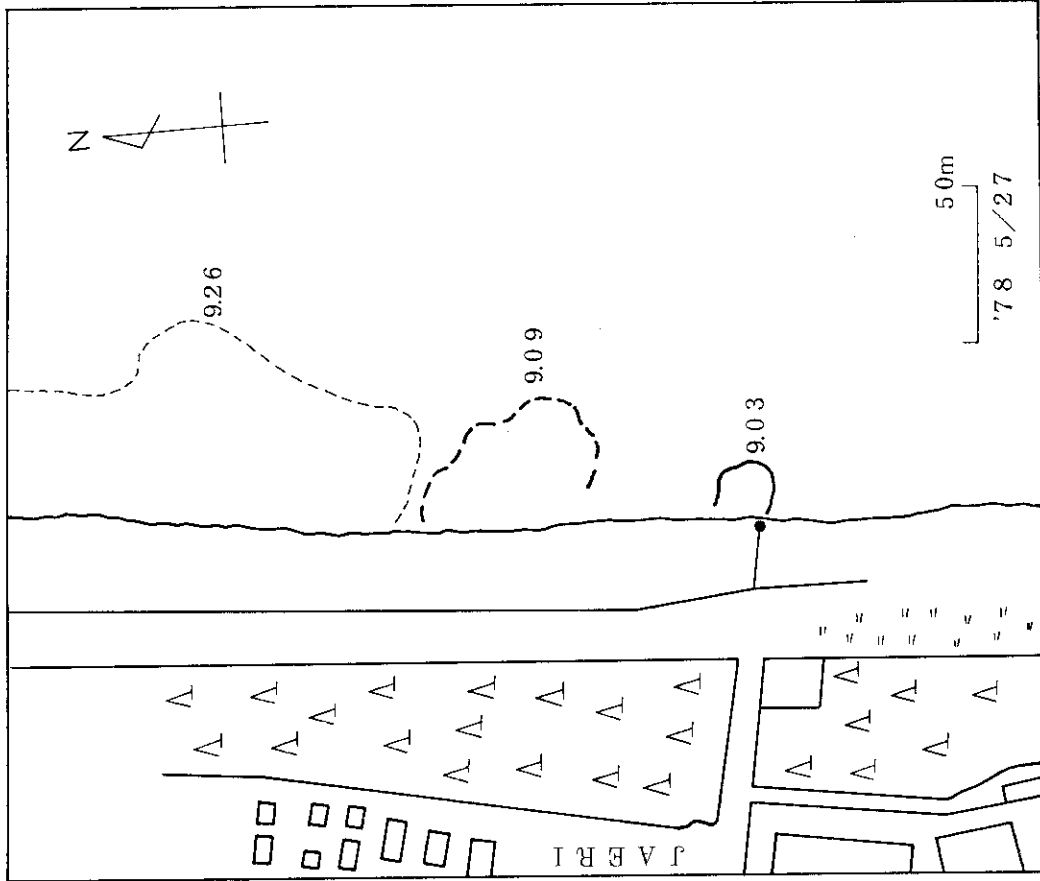
第3図 染料投入器



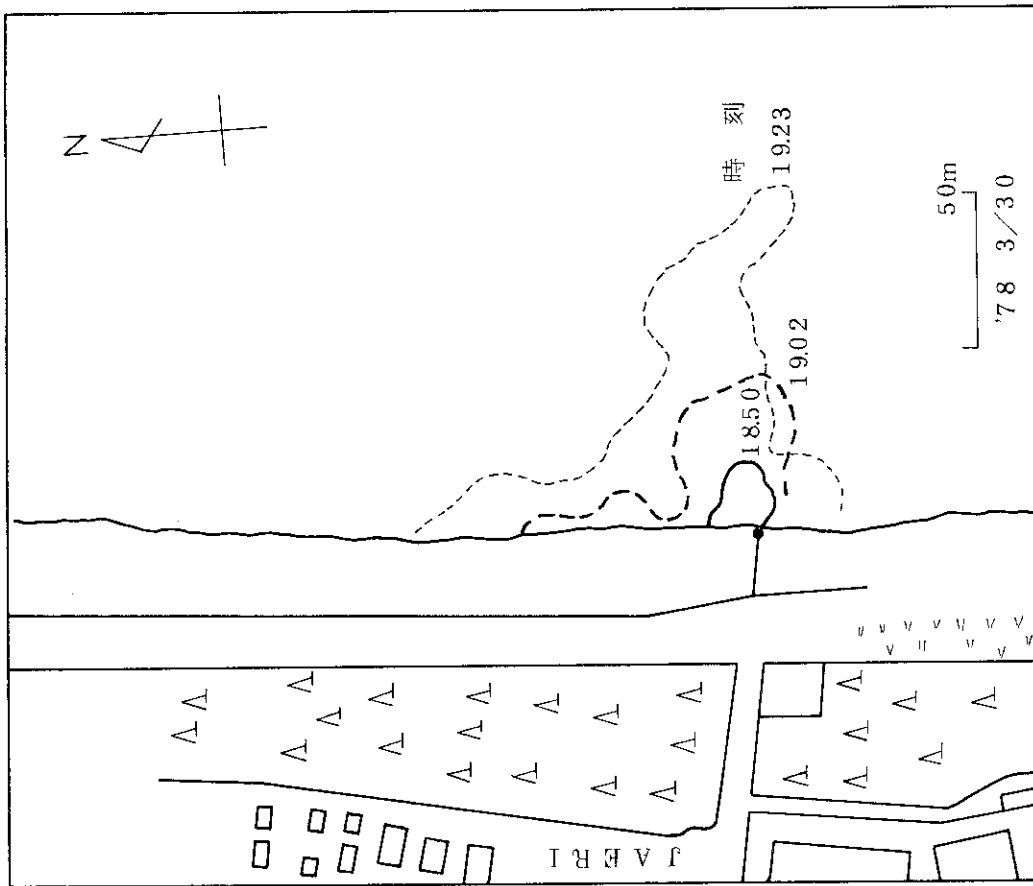
第4図 気球及び係留索の受ける風圧と風速の関係



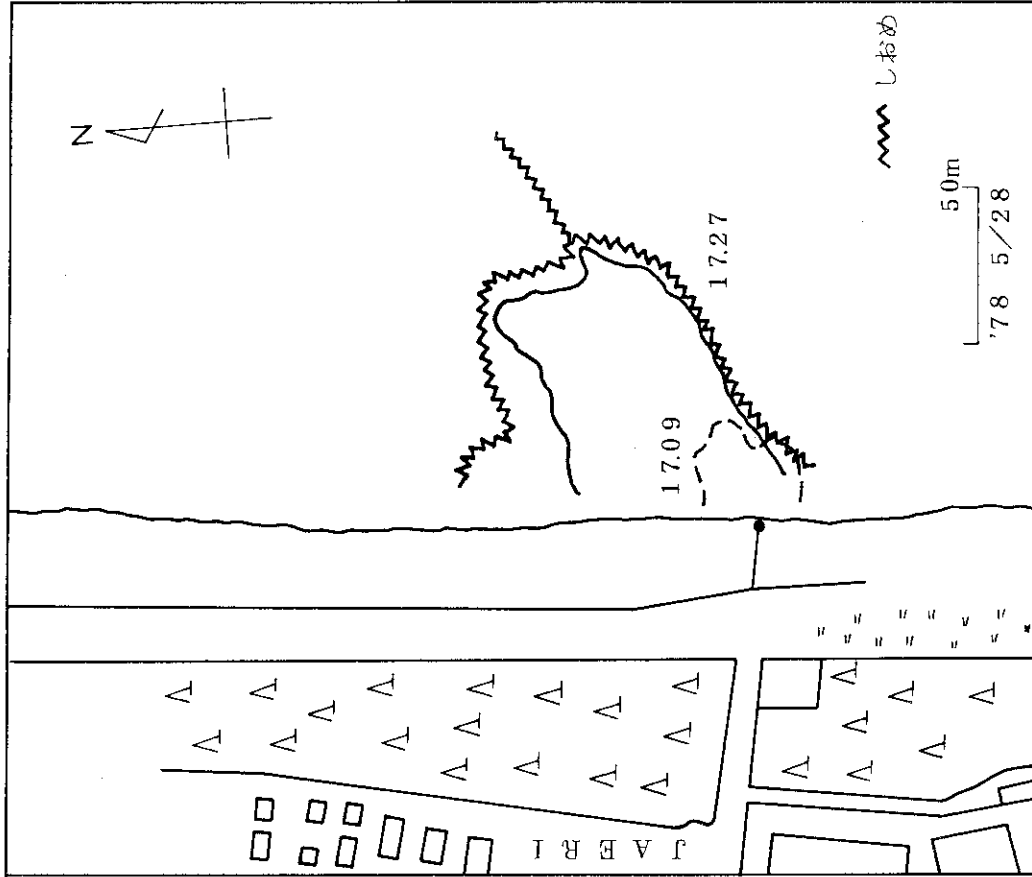
第5図 撮影カメラ及びリモコンカメラニズム



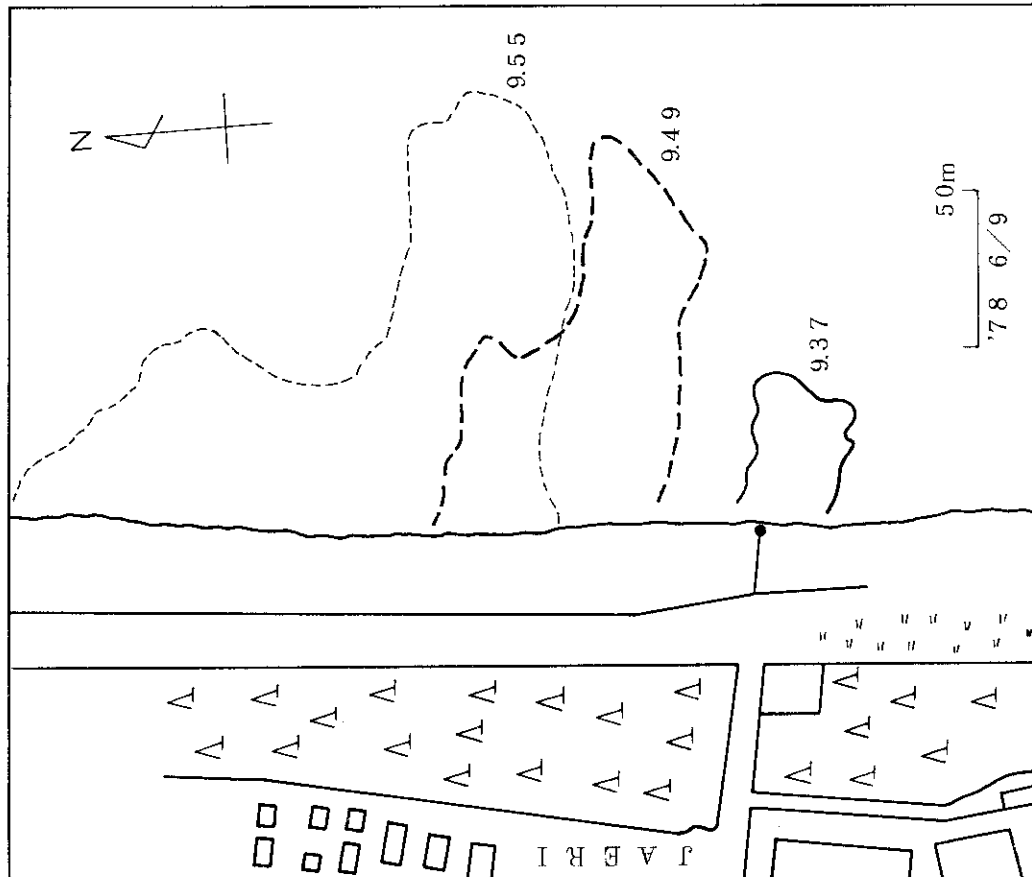
第7図 染料拡散の例(2) 1978年5月27日 沿岸流強い。



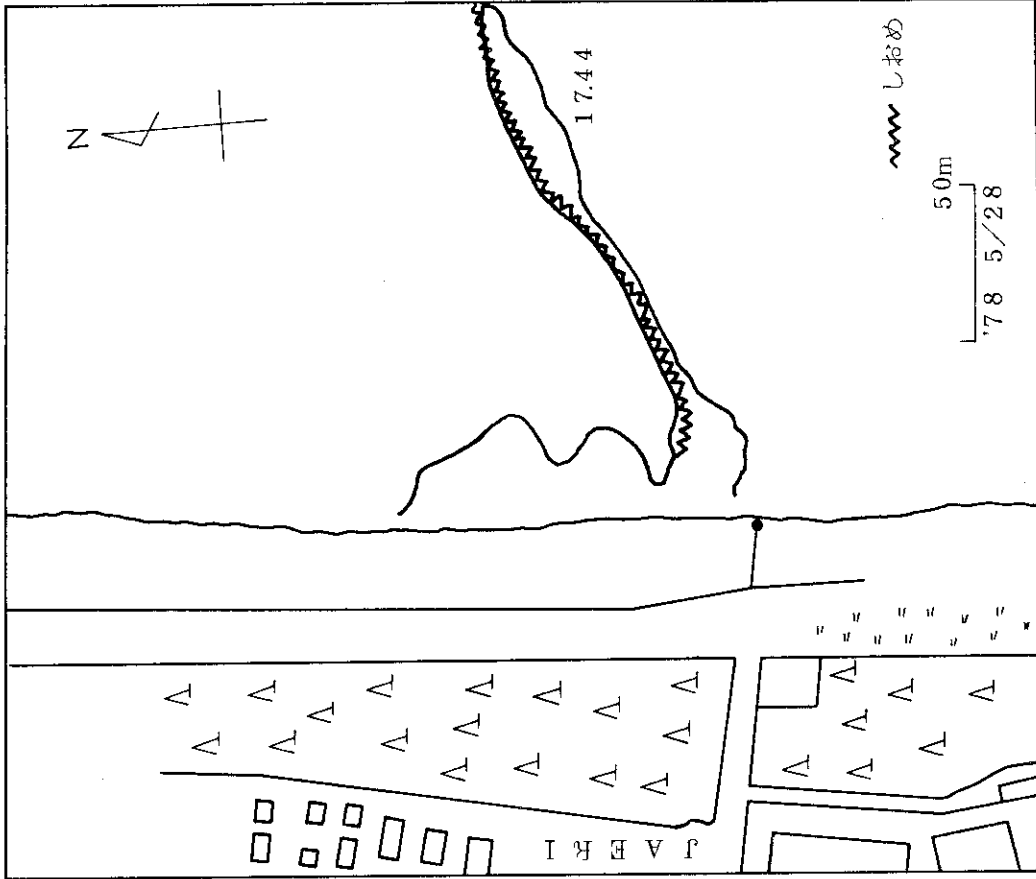
第6図 染料拡散の例(1) 1978年3月30日 沿岸流弱い。



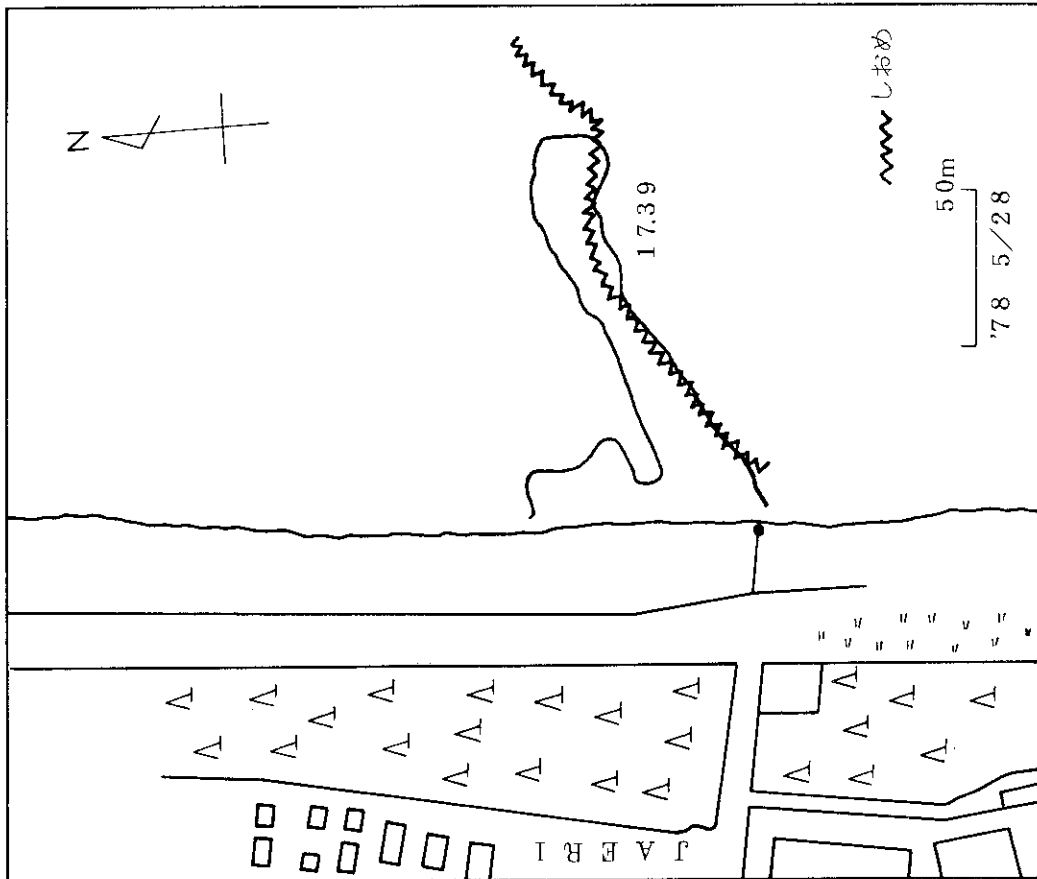
第9図(a) 染料拡散の例(4) 1978年5月28日 しおめ付近の染料の流動と拡散 17時09分~17時27分



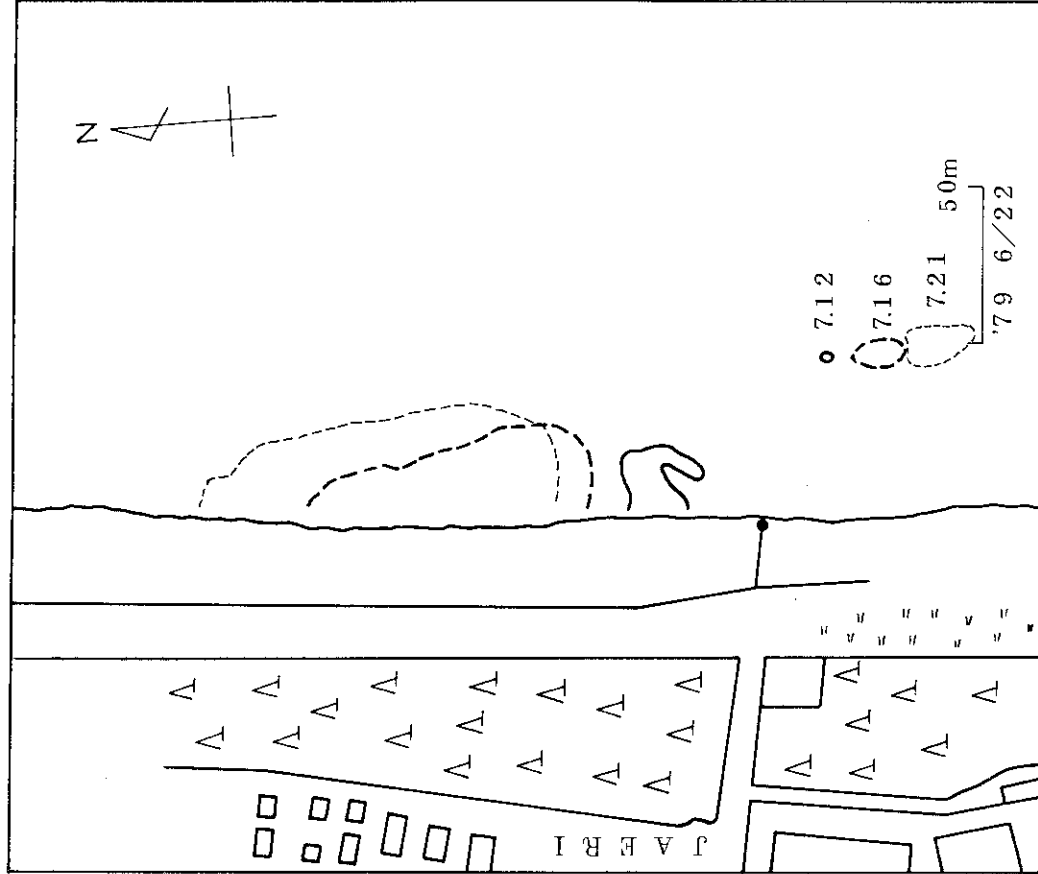
第8図 染料拡散の例(3) 1978年6月9日 沿岸流, 離岸流共に強い。



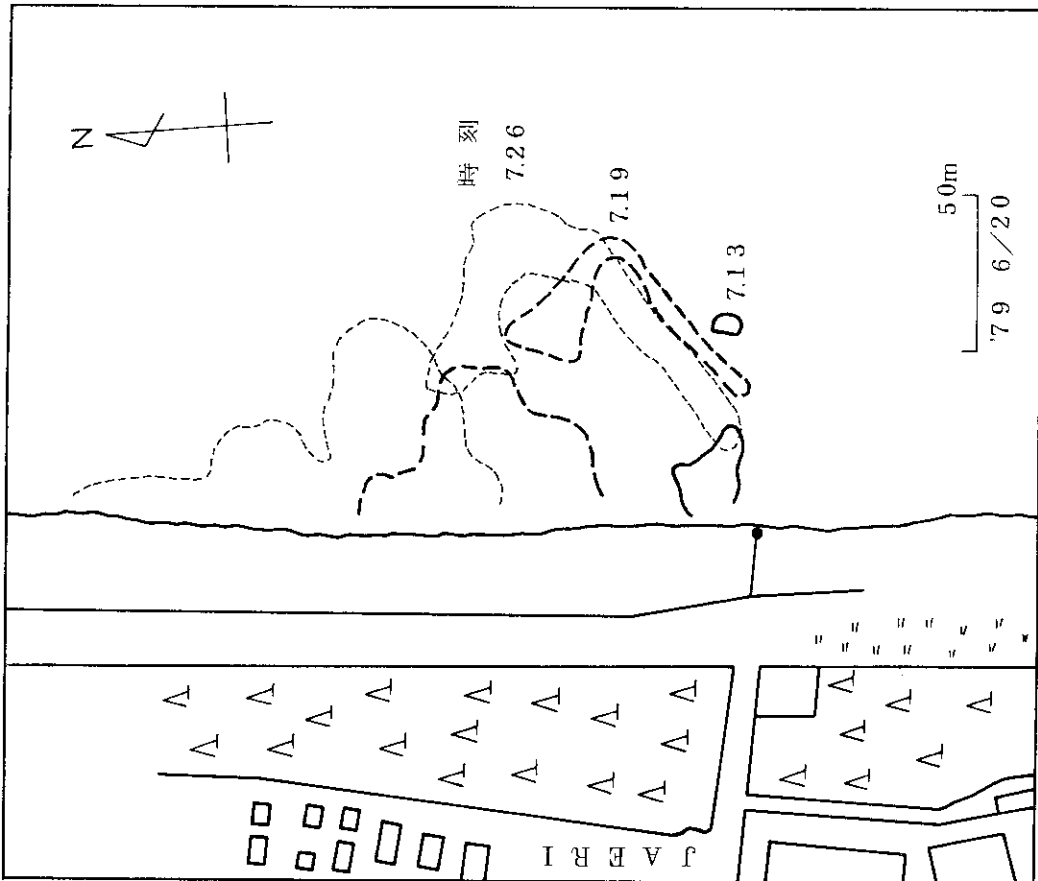
第9図(c) 染料拡散の例(4) 1978年5月28日 しおめ付近の染料の流動と拡散 17時44分



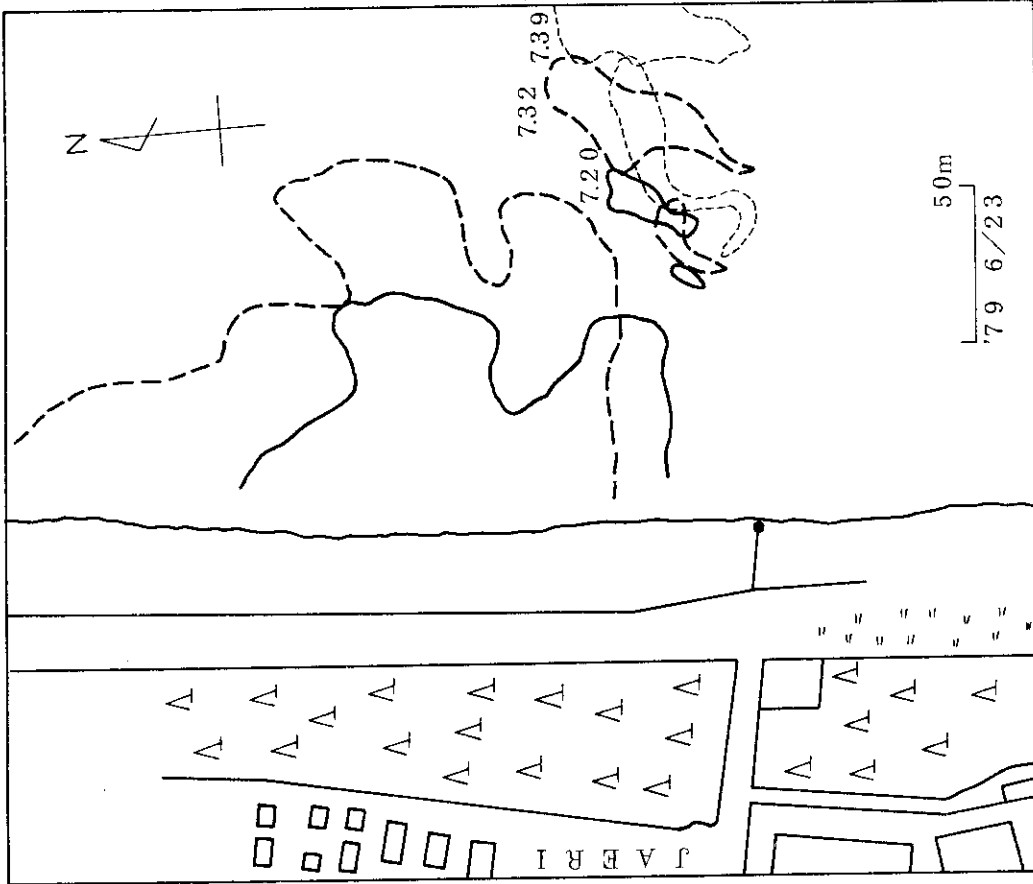
第9図(b) 染料拡散の例(4) 1978年5月28日 しおめ付近の染料の流動と拡散 17時39分



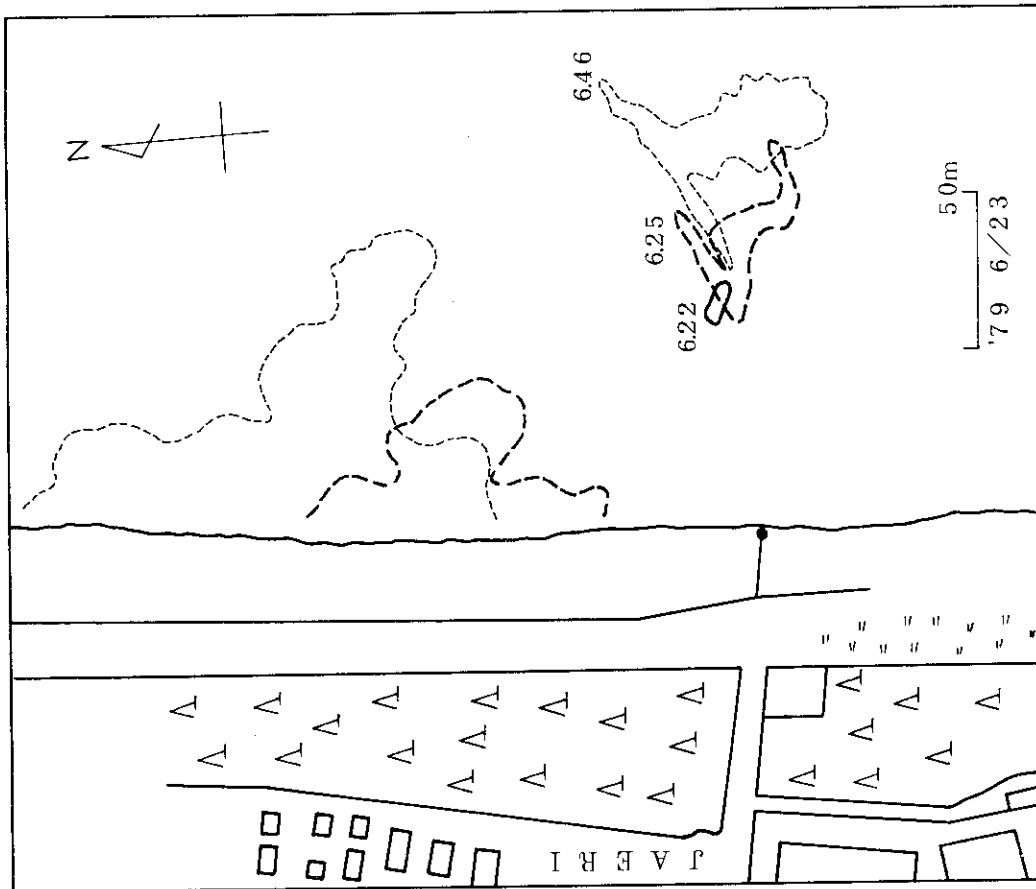
第11図 染料拡散の例(6) 1979年6月22日 沿岸流と沖合流の方向が逆の場合



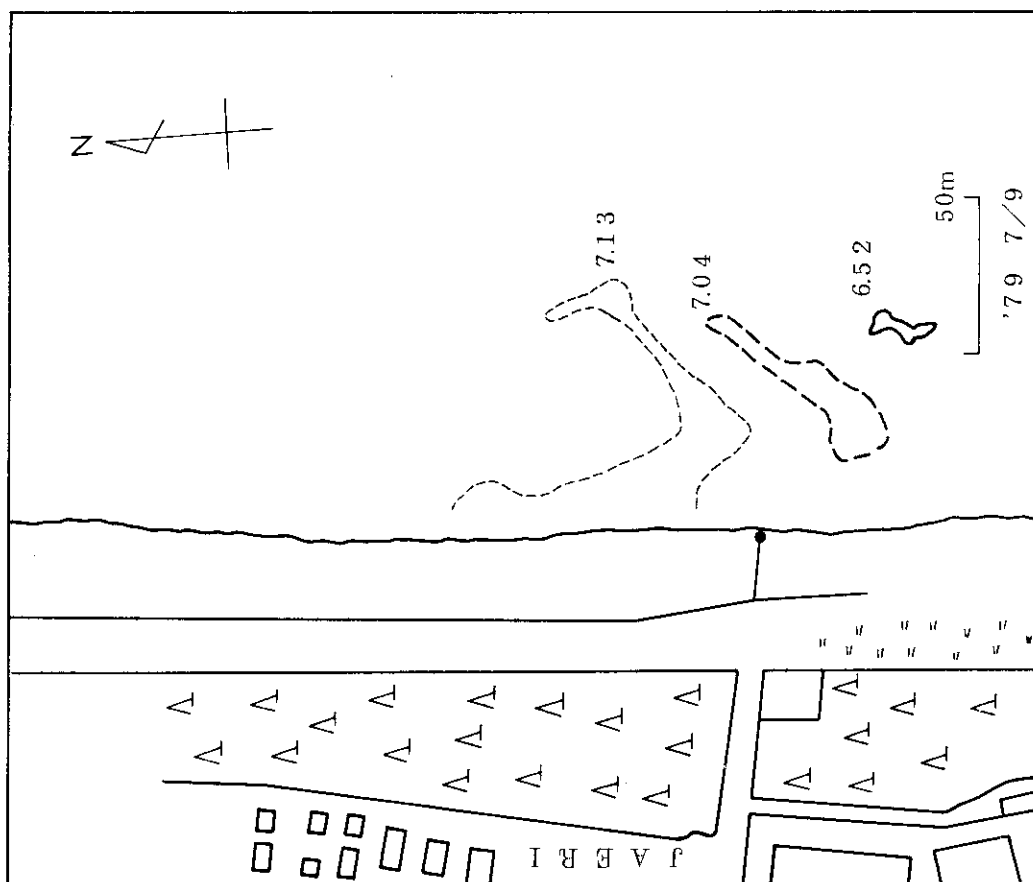
第10図 染料拡散の例(5) 1979年6月20日 沿岸流と沖合流が同じ方向の場合



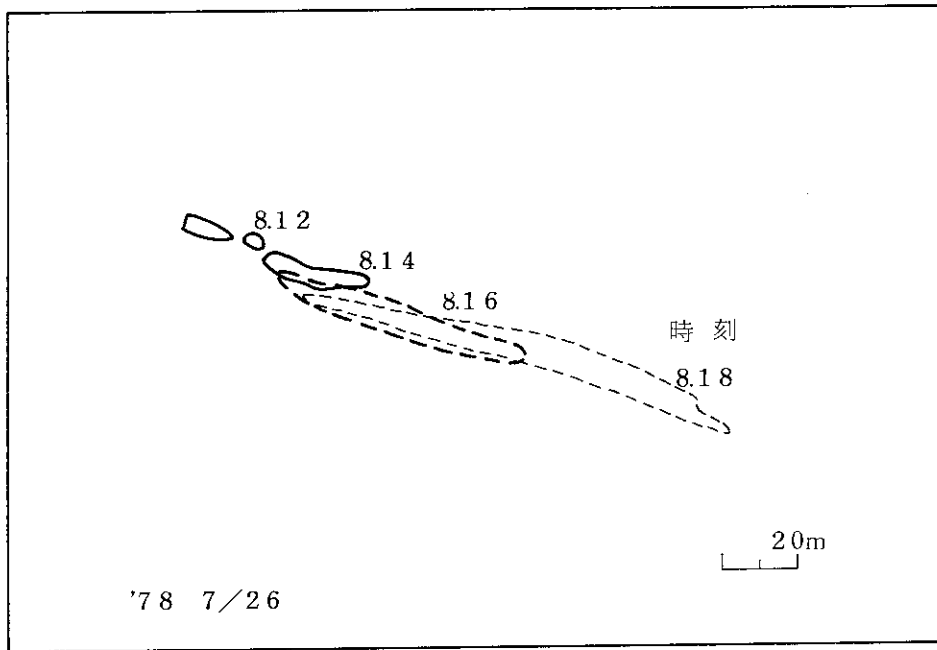
第13図 染料拡散の例(8) 1979年6月23日 沿岸流がほとんど停止し、沖合表層流が沖方向に流れる場合



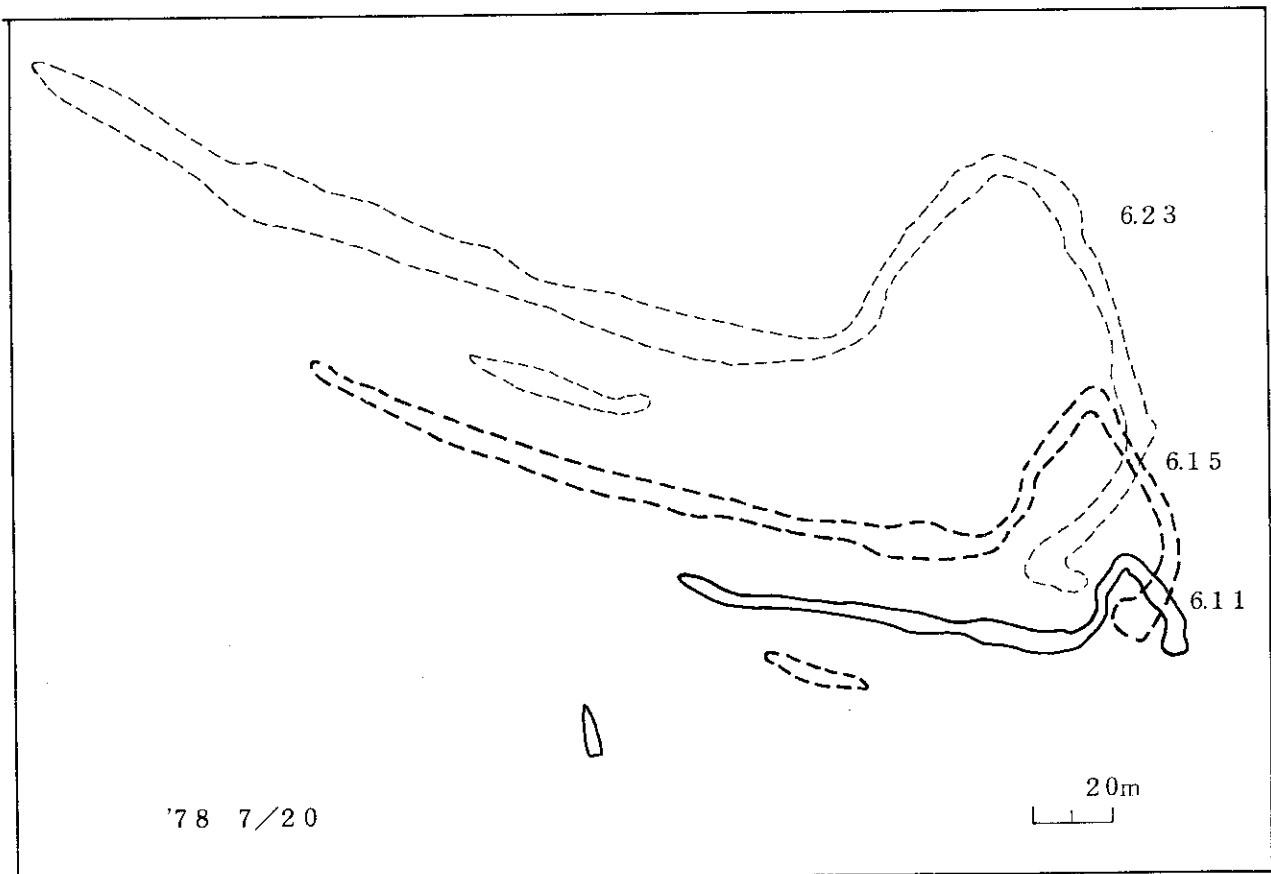
第12図 染料拡散の例(7) 1979年6月23日 沿岸流が北に沖台表層流が沖方向に流れる場合



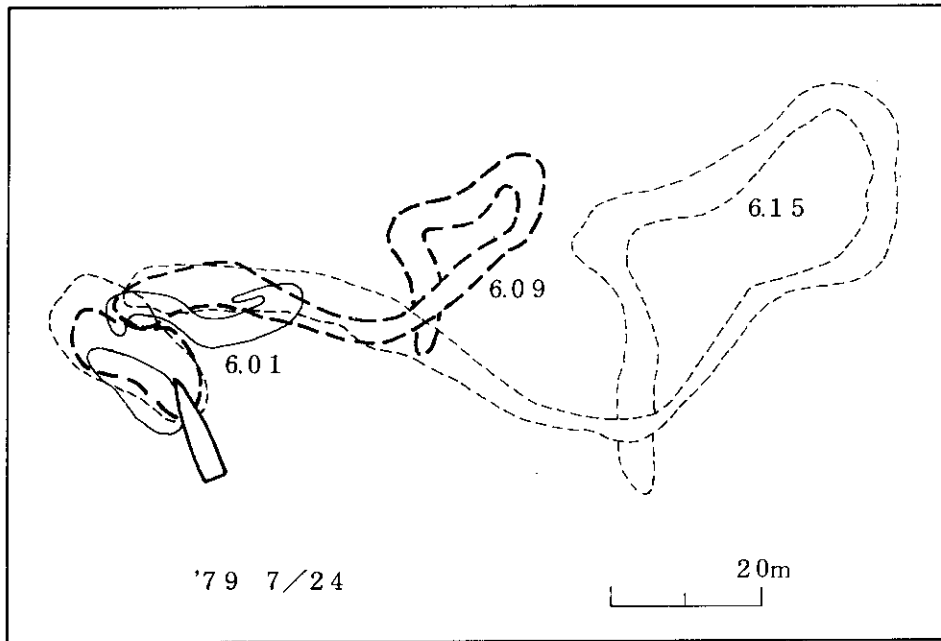
第14図 染料拡散の例(9) 1979年7月9日 沖合底層水が岸方
向に、沿岸流が北方向に流れる場合



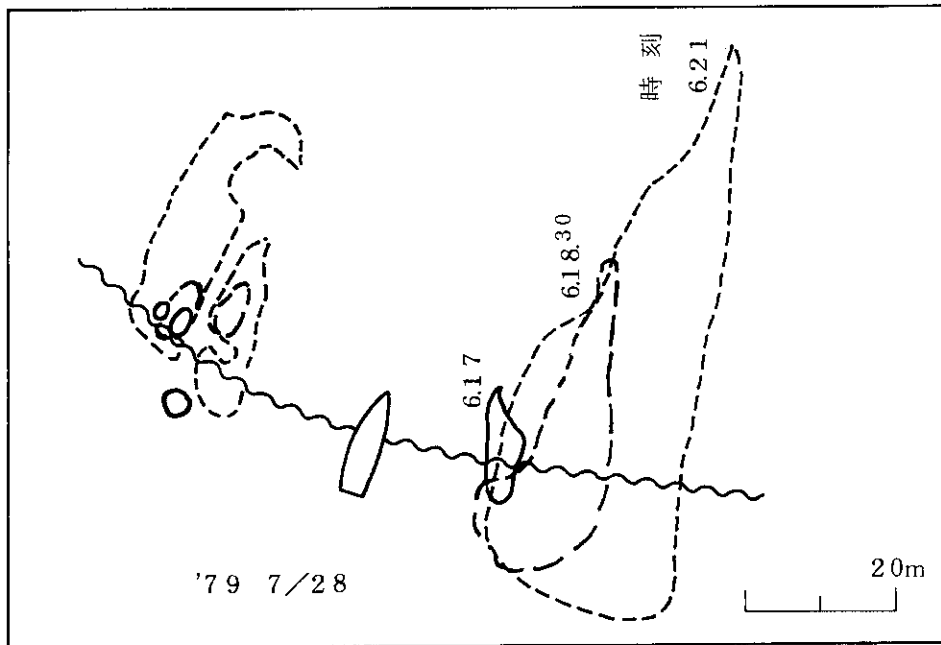
第15図 沖合での染料拡散の例(10) 1978年7月26日 強い表層流のある場合



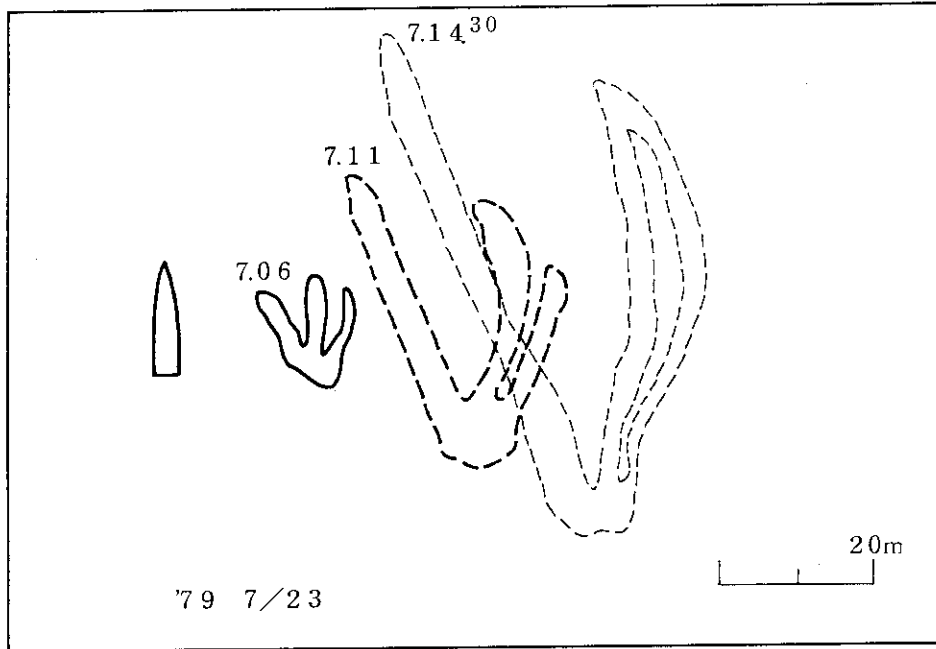
第16図 沖合での染料拡散の例(11) 1978年7月20日 流れの方向が表層・中層・
底層で異なる場合



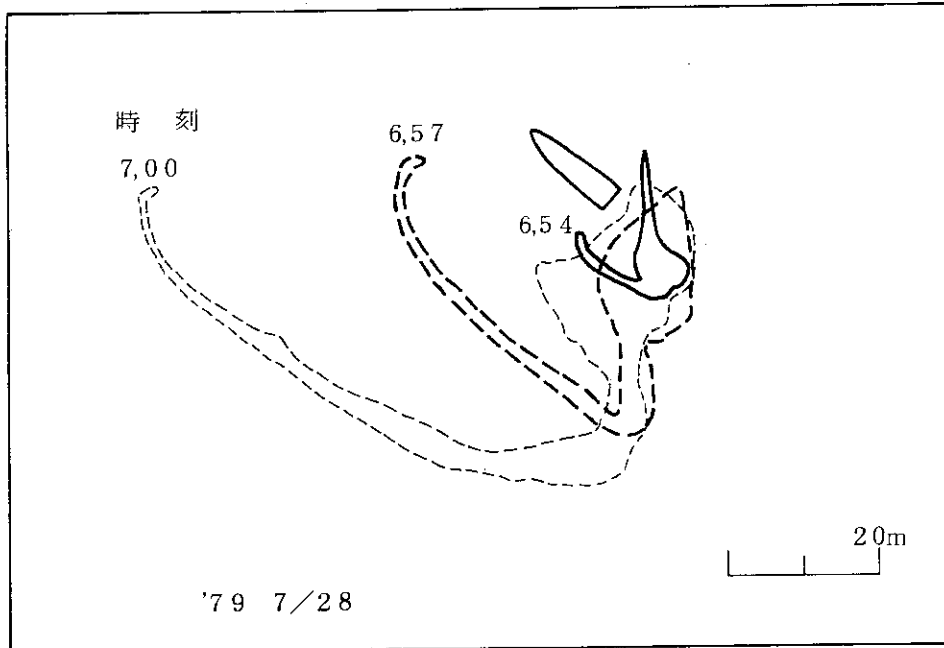
第17図 沖合での染料拡散の例(12) 1979年7月24日
 流れの方向が表層・中層・底層で異なる場合



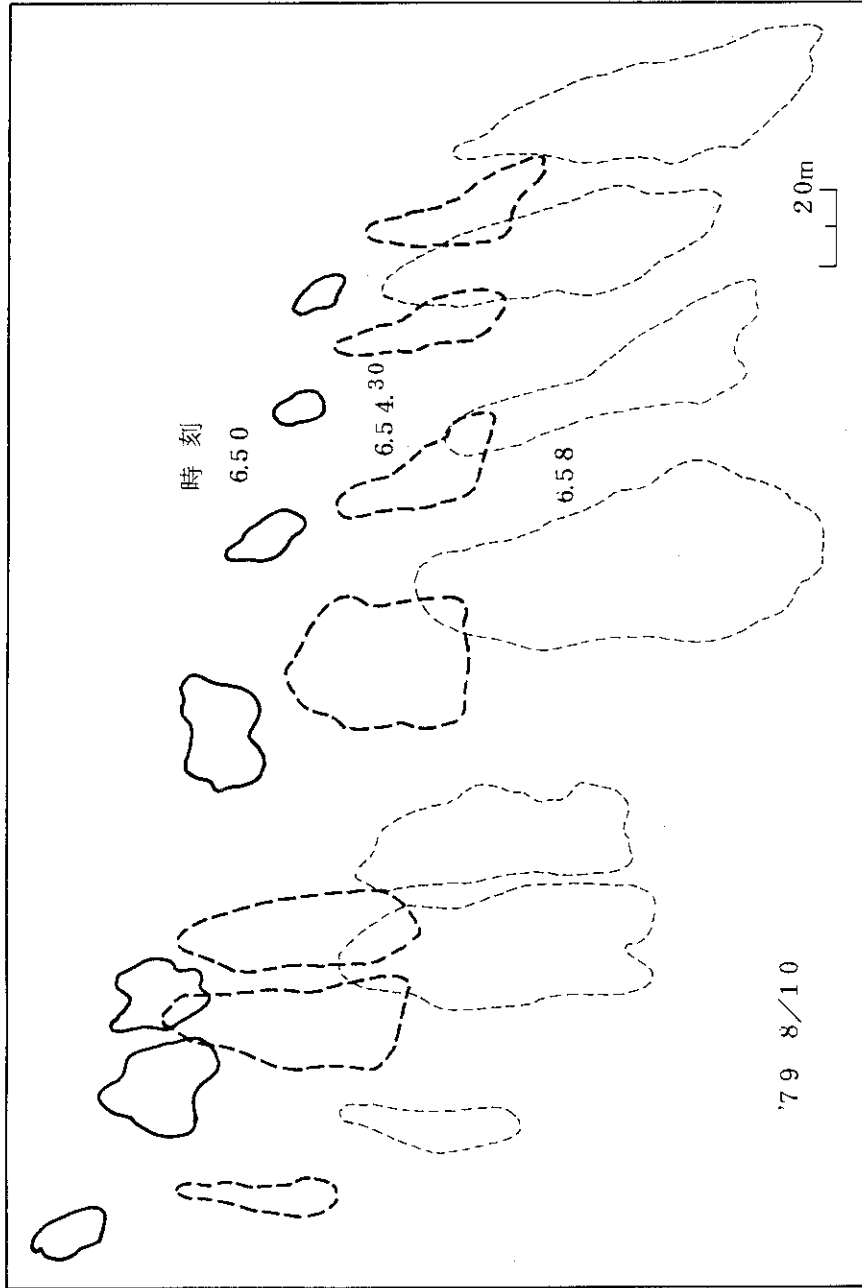
第18図 沖合しおめ付近での染料拡散の例(13) 1979年7月28日



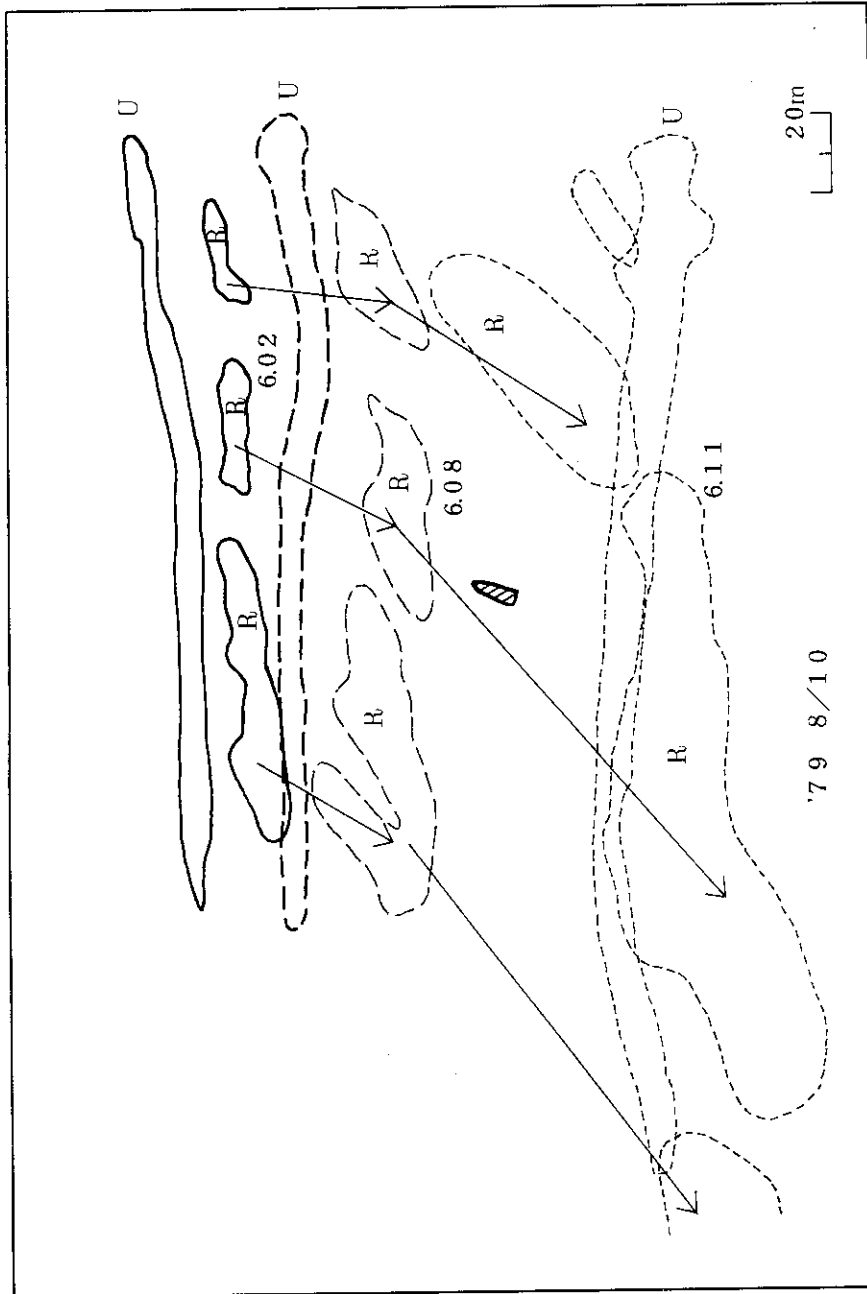
第19図 沖合での染料拡散の例(14) 1979年7月23日
鉛直シアのある場合



第20図 沖合での染料拡散の例(15) 1979年7月28日
鉛直シアのある場合



第21図 沖台での染料拡散の例 (16) 1979年8月10日 沢山の染料雲の拡散の例



第22図 沖合での染料拡散の例 (17) 1979年8月10日 沢山の染料雲の拡散の例

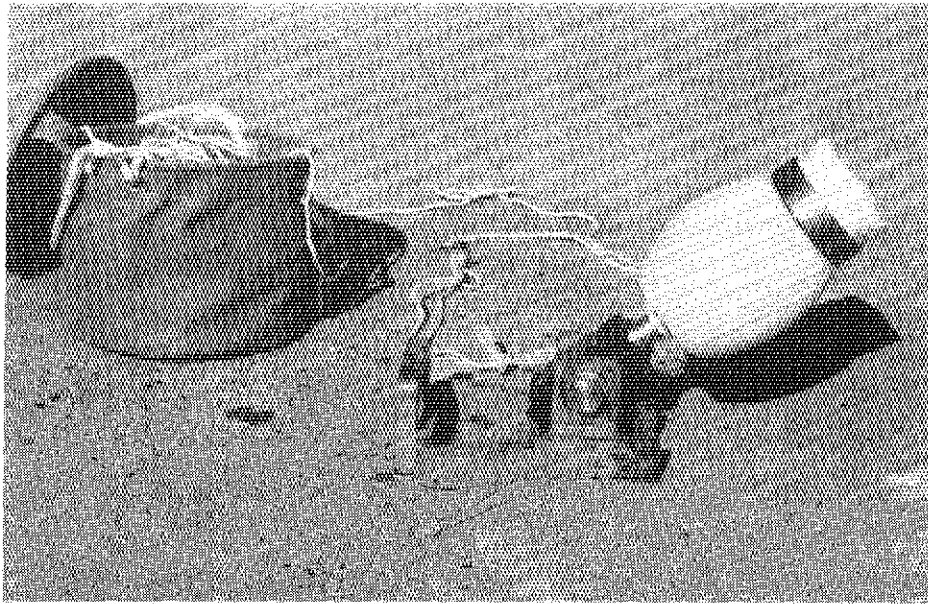


写真1 染料投入器

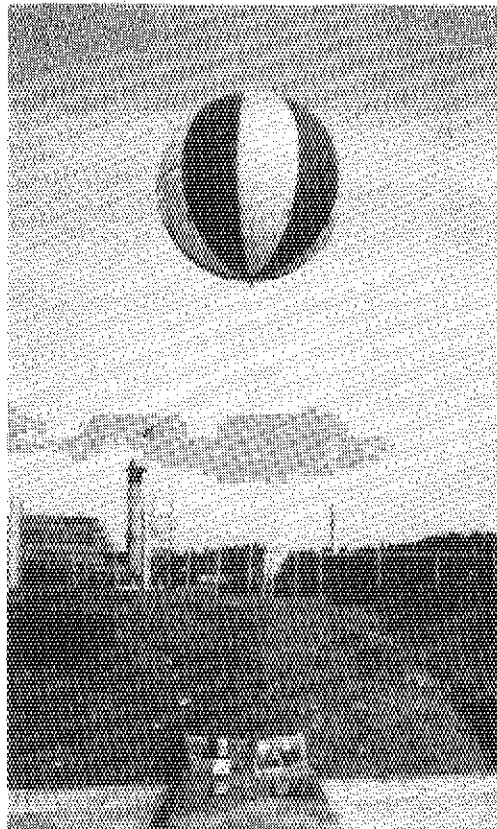


写真2 気球全景

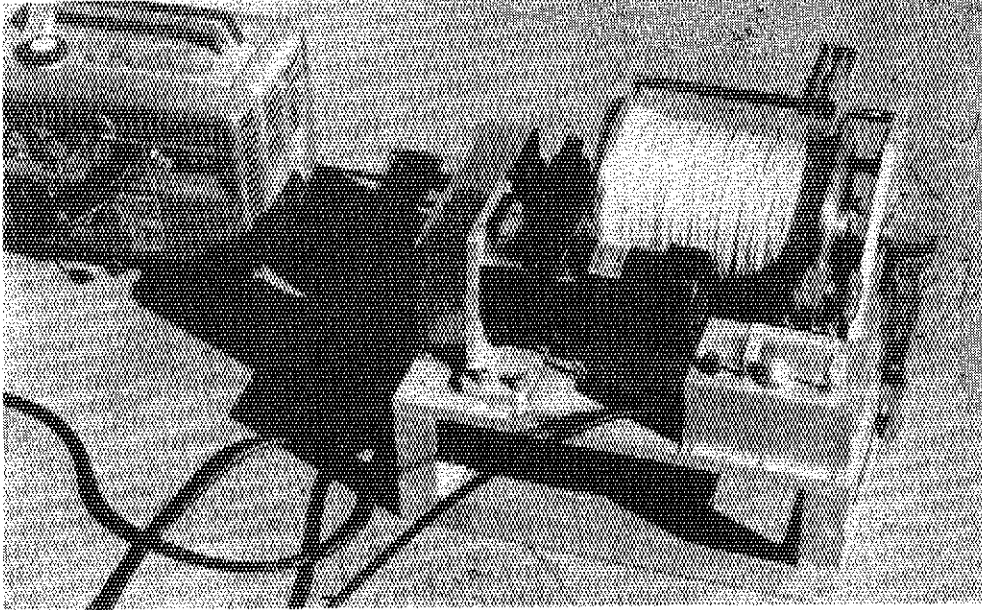


写真3 捲取機