

第3章 布 設^{*}

1. 布設ルート

1.1 基本ルートの選定

本システムは昭和49年度より開発に着手し、地震空白域である東海道沖合に向って布設されることが予定されていたが、これに必要な調査とその検討はその時点から発足した。

基本ルートの選定等については、昭和49年度発足した開発部会の部外専門委員のメンバーの内、主として、当時の日本電信電話公社（以下電電公社という）技術局海底線部門担当調査役福富秀夫氏及び現海上保安庁水路部測量課長茂木昭夫氏とその関係部門の方々の協力を得て行った。

事前の机上のプランとして、予定ルート近傍の海図・地質図・漁労の状況・海流と海気象データ・海洋学者の意見等を参照の上、下記の条件を満たすことが検討された。

- (1) 地震の空白域を縦断すること。
- (2) 震源のロケーションがある程度可能なこと。
- (3) 傾斜が原則として 12° 以下であること。
- (4) 海底谷の横断又は底部でないこと。
- (5) 火山脈や岩盤地帯を横断しないこと。
- (6) ケーブル陸揚地とのつながりが良好であること。
- (7) ルートの折れ曲り角度が 45° 以下であること。
- (8) 高価な外装ケーブルを少なくするためと水温変動の影響を避けるため、水深500 mまで早く到達するルートとすること。

この机上調査には、海上保安庁水路部が昭和49年度末に測量し完成した東海地方の海底地形・地質調査図とその生データの特別提供を受けると共に助言を受けて作業は進められた。

ケーブルの陸揚げ場所は、海岸中継所の保守運用を考慮して既設の測候所のある場所として御前崎と浜松を候補として検討した結果、ケーブル陸揚げ後、陸上ルートの難易度からすると、御前崎が海岸に近く市街地を通過しないため、御前崎をケーブル陸揚げ地点の第1候補地とした。

御前崎を基点として海図上からルートを検討した結果、東側には駿河トラフに沿った急崖があり、西側には更に狭谷である天竜海底谷が南につらなっている。この範囲から外に出ようとすると、ケーブルのブリッジ又は海底地送りによる障害発生危険度が高くなる。特に地震発生時に海底地送りを起こしてケーブルが切断したとすれば、次に来る津波観測は全く不可能となる。これらのリスクを最も少なくした上で、地震の発生の多いと目される海域内で図3.1に示すような複数の海底地形調査ルートをまず選定した。

*執筆担当 飯沼龍門

1.2 沖合海底地形調査の依頼

調査は沖合海底地形調査と沿岸（ケーブル陸揚げ
 汀部）海底地形調査に分けて実施することになった。
 沖合海底地形調査は、本布設の依託を希望している
 電電公社海底ケーブル敷設船黒潮丸（3344トン）
 とする計画で進められた。昭和50年6月電電公社施
 設局・技術局・海底線施設事務所及び気象研究所の
 担当者が電電公社施設局会議室に会して、システム

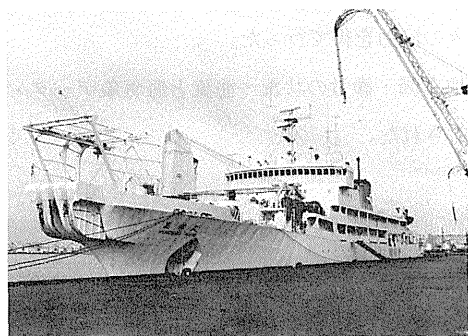


写真 3.1 海底ケーブル敷設船・黒潮丸
Photo. 3.1 Cable ship Kuroshio-
Maru of the NTT.

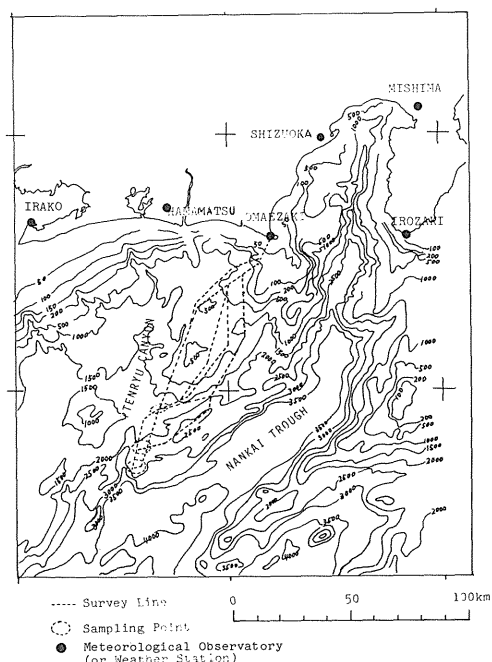


図 3.1 東海沖の海底地形図（口絵写真 1 も参照）
点線で沖合海底地形調査ルートを示してある。

Fig. 3.1 Topography off the Tokai District(cf. Photo. 1).

の今後の開発に対する具体的方針とこれに伴う受託業務について基本的な協議が持たれ、その一項として布設ルートの海底地形調査は試走を兼ねて黒潮丸（写真 3.1・表 3.1）に依頼することになった。

表3.1 黑潮丸要目表

全長	119.28 m	マルチビーム測深機	1基
幅	16.20 m	測位ソナー	1基
深さ	5.90 m	レーダー	10 cm波, 3 cm波 16時 50kW 2基
満載喫水	5.60 m	自動化システム	中央コンピュータシステム, 共通データ設定システム, 船位, 船速測定システム, 敷設自動化システム, 航法計算システム, 自動操船システム, 工事記録システム。
航行区域	近海区域	主機械	三菱MANV8V40/54型8900PS×430rpm 1基
航続距離	約6,300 浬	発電機	1000PSディーゼル機関812.5kVAAC450V 4基
総トン数	3344.90 トン		450PSディーゼル機関375.0kVAAC450V 1基
最大とう載人員	80 名	プロペラ	三菱K _A M _E W _A 4翼可変ピッチプロペラ 1軸
航海速度	16.5 ノット	ケーブルエンジン	電動油圧式 3.8 m (直径) ドラム型 2基
埋設機揚降クレーン	20 t×20 m/min 電動油圧 1 基		30 t×15 m/min ~ 8 t×225 m/min
ケーブルとう載量	1,200 トン	パウシーブ	3.00 m V型, 1.00 m 平型 計 3 基
バウスラスター	三菱K _A M _E W _A 4翼可変ピッチ800 PS	スタンシーブ	2.00 m V型 2 基
スタンスラスター	三菱K _A M _E W _A 4翼可変ピッチ500 PS	とう載艇	作業艇1隻, 上陸用舟艇1隻, 交通艇1隻
ドブラーソナー	NU30 A 1 基		
NNSS	HX702 1 基		
精密測位装置	APIX-ME-100 1 基		

1.3 敷設船黒潮丸の性能

黒潮丸は、コンピューターを搭載し、これを介して布設及び海底調査システム共に自動化されている。この一環として装備しているマルチビーム測深器は、船の動揺に対する傾斜計とコンピューターシステムを介してオンライン結合されて自動補正が加えられ、より精度の高い測深が可能である。また、マルチビームの測深器の性能として左右 15° の広がり範囲の海底の傾斜を測定することが可能である。また、データはアナログ記録の他にデジタルプリントアウトされる。

船位の測定は、NNSS（米海軍航行衛星システム・Navy Navigation Satellite System）とAPIX（精密電波測位測定装置・Accurate Positioning Fix）を装備している。APIXは陸上の2つの従局と船上の主局からなり、3GHz帯の電波を用いて陸上局を基準として船位を2点間の距離として測定し、データは本装置でスムージングされ、コンピューターに送られ自動的に位置が決定される。適用可能範囲は、約50kmで精度は ± 10 m以内が期待できる。

航跡は、コンピューターで処理されXYプロッターで海図上に直接記録が採れる機構となっている。

1.4 第1次沖合海底地形調査

この調査は昭和50年11月21日～11月23日と、荒天のため測深調査が困難になった海域については、昭和50年12月18日～12月19日の2回にわたり実施した。

調査項目としては、予定ルートに沿って測深を行い海底地形を探索すると共に先端装置の軟着底を図る一つの要素として底質を調べるため、その予定される海底3地点で採泥を実施した。調査ルートは、図3.2の6ルートで陸側から沖へ向って4ルートを、沖から陸へ向ってのコースは風浪を正面から受けて測深が不可能となり、2ルート（No. 12, No. 13）のみとなった。サーベイの船速は約10ノットで行った。

調査結果の概要

調査した測深記録と航跡とを合わせて解析した結果、概要下記のようなことが判明した。

(1) ルートNo. 3

一般的には平坦であるが、No. 11 ルートの一部にも見られる天竜海谷の支谷に約2kmの距離しかなく、本予定ルートからはずれた場合は支谷にかかる危険がある。採泥地点No. 2（本布設された先端装置の北側約4km）の付近の6～2km

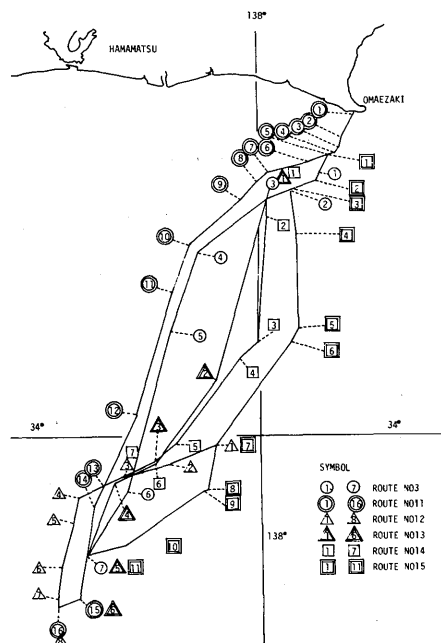


図3.2 沖合海底地形調査ルート
Fig. 3.2 Topography survey routes.

表3.2 調査日程

(1) 第1回目

月 日	曜日	調 査 項 目
昭和50年 11月21日	金	8:00 静岡県清水沖にて調査関係者乗船 11:55 ルート№.11 海底地形調査開始 18:42 " " 終了
22日	土	7:02 ルート№.13 海底地形調査開始 11:58 " " 終了 13:40 ポイント№.1において採泥 15:40 " 2において採泥 17:48 " 3において採泥 20:59 ルート№.15 海底地形調査開始
23日	日	4:24 ルート№.15 海底地形調査終了 悪天候のため、館山沖仮泊
24日	月	6:00 館山沖出航 9:00 横浜着岸

(2) 第2回目

月 日	曜日	調 査 項 目
昭和50年 12月18日	木	2:20 和歌山沖より回航、御前崎沖に向う。 12:00 御前崎沖着 ルート№.12 海底地形調査開始 14:35 ルート№.12 海底地形調査終了 15:32 { ルート№.14 海底地形調査 19:15 { 19:45 { ルート№.3 海底地形調査
12月19日	金	0:12 11:00 横浜着岸

表 3.3 海底地形調査航跡表および採泥調査位置表

(1) 海底地形調査航跡表 (ポイント№を直線で結んだ線上)

a) ルート№.3

実 航 路			予 定 航 路		
ポイント№.	N	E	SSP.№.	N	E
①	34°28.35'	138° 7.00'	1	34°28.644'	138° 7.362'
②	27.20'	4.00'	2	26.985'	3.935'
③	26.20'	1.00'	3	25.978'	0.946'
④	20.10'	137° 51.75'	4	19.932'	137° 51.987'
⑤	11.15'	48.00'	5	10.952'	47.980'
⑥	33°54.00'	42.45'	6	33° 54.956'	40.977'
⑦	46.80'	37.10'	INTE	46.951'	36.997'

b) ルート№.11

実 航 路			予 定 航 路		
ポイント№.	N	E	SSP. №.	N	E
①	34° 35. 25'	138° 12. 40'	1	34° 36. 200'	138° 12. 200
②	32. 85'	11. 00'	2	31. 200'	9. 150
③	31. 70'	10. 65'	3	29. 250'	1. 050
④	31. 20'	10. 30'	4	21. 024'	137° 50. 600
⑤	30. 88'	9. 30'	5	10. 882'	47. 715
⑥	30. 00'	6. 25'	6	33° 55. 089'	39. 404
⑦	29. 20'	1. 00'	7	46. 970'	36. 964
⑧	28. 20'	137° 59. 65'	8	41. 957'	35. 950
⑨	25. 90'	57. 40'	I N T E	40. 982'	32. 955
⑩	21. 10'	50. 77'			
⑪	16. 10'	48. 70'			
⑫	2. 30'	43. 65'			
⑬	33° 54. 50'	39. 25'			
⑭	52. 25'	38. 10'			
⑮	42. 00'	36. 15'			
⑯	41. 00'	33. 05'			

c) ルート№.12

実 航 路			予 定 航 路		
ポイント№.	N	E	SSP. №.	N	E
△1	33° 59. 20'	137° 54. 00'	1	33° 41. 099'	137° 33. 048'
△2	57. 25'	48. 25'	2	46. 048'	34. 011'
△3	55. 20'	41. 10'	3	53. 041'	36. 020'
△4	53. 00'	36. 00'	4	55. 016'	41. 064'
△5	50. 70'	35. 40'	I N T E	59. 040'	54. 061'
△6	45. 75'	33. 75'			
△7	42. 00'	33. 15'			
△8	41. 05'	33. 05'			

d) ルート№.13

実 航 路			予 定 航 路		
ポイント№.	N	E	SSP. №.	N	E
①	34° 26. 20'	138° 1. 00'	1	34° 25. 049'	137° 45. 789'
②	6. 00'	137° 53. 00'	2	5. 965'	53. 862'
③	33° 57. 00'	46. 00'	3	33° 56. 867'	45. 420'
④	54. 75'	40. 60'	4	54. 965'	40. 405'
⑤	46. 80'	37. 10'	5	46. 973'	36. 951'
⑥	42. 00'	36. 15'	I N T E	41. 954'	35. 985'

e) ルート№.14

実 航 路			予 定 航 路		
ポイント№.	N	E	SSP. №.	N	E
①	34° 26. 20'	138° 1. 00'	1	33° 55. 296'	137° 40. 823'
②	23. 40'	0. 90'	2	57. 039'	45. 698'
③	9. 20'	137° 59. 90'	3	59. 047'	48. 488'
④	8. 60'	57. 50'	4	34° 10. 123'	138° 59. 856'
⑤	33° 59. 20'	48. 60'	I N T E	26. 03'	00. 984'
⑥	57. 10'	45. 60'			
⑦	55. 20'	41. 10'			

f) ルート№.15

実 航 路			予 定 航 路		
ポイント№.	N	E	SSP. №.	N	E
①	34° 30. 88'	138° 9. 30'	1	34° 30. 88'	138° 9. 30'
②	28. 25'	7. 40'	2	28. 25'	7. 40'
③	27. 50'	4. 05'	3	27. 50'	4. 05'
④	22. 50'	4. 90'	4	12. 053'	5. 866'
⑤	12. 00'	5. 00'	5	33° 59. 047'	137° 53. 926'
⑥	10. 20'	3. 90'	6	54. 230'	53. 030'
⑦	33° 59. 20'	137° 54. 00'	7	48. 042'	41. 896'
⑧	54. 00'	53. 10'	8	46. 997'	36. 957'
⑨	53. 60'	52. 00'	I N T E	47. 025'	36. 083'
⑩	47. 90'	42. 00'			
⑪	46. 80'	37. 10'			

(2) 採泥調査位置表

ポイントNo.		採泥開始位置	着底位置	終了位置
1	N	33° 42. 2'	33° 41. 9'	33° 41. 4'
	E	137° 35. 5'	137° 33. 5'	137° 31. 6'
2	N	33° 48. 0'	33° 47. 1'	33° 46. 4'
	E	137° 35. 9'	137° 35. 4'	137° 34. 8'
3	N	33° 55. 8'	33° 55. 2'	33° 54. 8'
	E	137° 40. 0'	137° 40. 1'	137° 40. 1'

～6～12kmの間(点6から2～12kmの場所の意)に最大11°比高120mにおよぶ起伏がある。

(2) ルートNo. 11

4～6kmに傾斜角39°で比高200mの落ち込みがあり, その先の4～10kmに傾斜角45°比高200mの立ち上がりがあり, 天竜海谷の支谷を横断している。6～3km～10kmの間には4～7°の3山の起伏がある。11～15kmに約1kmの間の記録は不明瞭であるが, 比高200m位の崖が認められ注意を要する。また, 8～2kmには傾斜角45°比高100mの急崖が認められた。

(3) ルートNo. 12

本ルートは, 沖より陸へ向って調査した。1～4kmに傾斜9.5°比高100mの落ち込みがある。また, 2～1km～4km間に傾斜6°位の起伏がある。

(4) ルートNo. 13

4～1kmまでは比較的平坦な地形である。

4～3kmに傾斜27°比高50mの谷があり, その先の4～10kmに傾斜29°比高100mの落ち込みが, 5～5kmに傾斜30°比高100mの立ち上がりが見られる。

(5) ルートNo. 14

本ルートは, 沖より陸へ向って調査した。2～19km～20kmに12°～11°比高で20～30mの起伏が認められた。その他は起伏は多いが急崖はない。

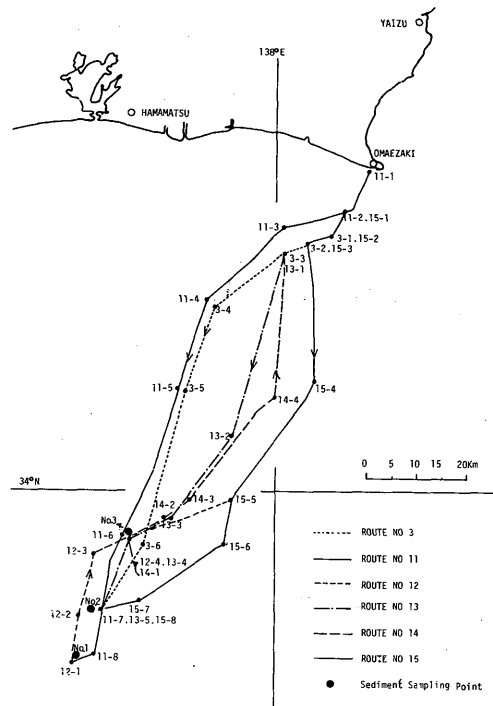


図3.3. 沖合海底地形調査の航跡と採泥点(表3.3参照)

Fig. 3.3 Wakes of the survey ship and the sediment sampling points.

(6) ルートNo. 15

4-8 kmに傾斜 15°比高で 100 m, 4-12 kmに傾斜 28°比高 100 m, 4-16 kmに傾斜 41°比高 200 mの落ち込み, 続いて4-19 kmに傾斜 27°比高 150 mの立ち上がりが見られる。5-0 km から 4 kmにわたり比高で 1,000 mを一気に下り, 平均傾斜角で 14°, 最大で 45°の急崖となっている。

(7) 採泥調査

3ポイント共に火山灰の細砂である。次年度のリハーサルのマッシュルームアンカーで採集された多量の底質からは, 細砂の中に直径 5~10 mmの円形の軽石粒が少量混入していた。砂のメッシュは細かいが, 比較的締った堆積物であった(海底地震常時観測システム海底ルート沖合調査報告書, 昭 51年2月参照)。

1.5 基本ルートの選定

第1次沖合海底地形調査のデータを検討した結果, 大きく分けると3ルート(図3.4, 図3.5)になる。この図のルートNo. 1は調査結果は比較的平坦であるが, 2~3 kmで急崖を伴う天竜海谷があり, その支谷と思われる落ち込みを横断している。

また, 水深 500 mまでの距離が長く高価な外装ケーブルを最も多く必要とするコースである。ルートNo. 2は真中のコースで, 全般になだらかに下向して, 先端付近以外は 12°を越える崖がない。ルートNo. 3は, 東側で1番凹凸があり 12°を越える崖が多く, ケーブル長が長くなる。

以上総合すると, 真中の第2ルートが最適であるが, ポイント8~13の間の傾斜が強く, 一部に崖が存在を認められ, 先端装置をポイント8以南に延長するとすれば, 再調査と検討を必要とすることになった。

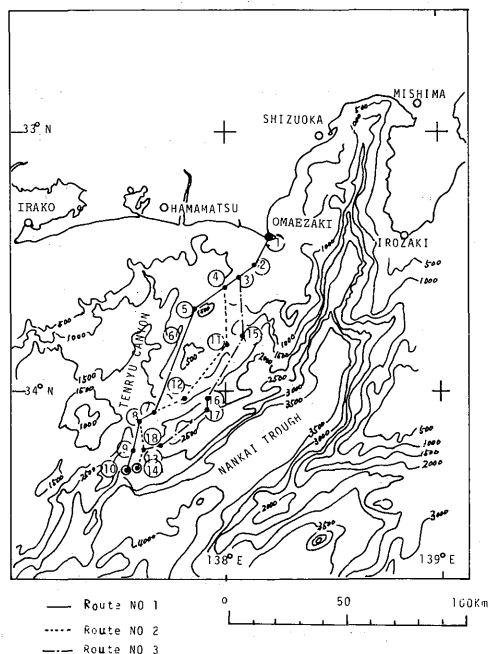


図3.4 候補ルート

Fig. 3.4 Proposed routes.

1.6 第2次沖合海底地形調査

最終ケーブルルートと総ケーブル長の決定の段階となった昭和52年度には, 東海沖での巨大地震発生の危険度が高くなっているとの諸説が多くなる等の背景もあり, 海底ケーブルの保線機構を全く持っていない気象庁ではあったが, 多少のリスクを犯しても先端装置は可能な限り沖合へ延長するようとの要望が強くなった。

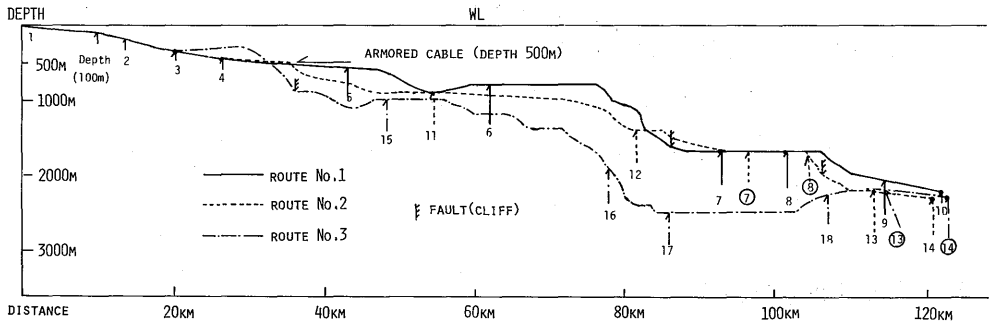


図 3.5 候補ルートの断面図

Fig. 3.5 Cross section of the routes in Fig. 3.4.

このため 1.5 項の基本ルートの選定で述べた No. 2 ルートのポイント 8～13 の間の測深記録の不明瞭であった急傾斜を確認すると共に予定ルートの範囲で最も良いルートを探し、リスクを最少限にすることが必要となった。そこで、この海域での第 2 次沖合海底地形調査を電電公社の黒潮丸によって実施することになった。

この調査は、黒潮丸をこの調査のためにわざわざこの海域に回航せず、黒潮丸が作業で西日本海域への回航の途路の航路すじにあたるので、この機会に実施してもらうことになった。

昭和52年 9 月13日黒潮丸が西日本の作業からの帰路、調査を実施した。調査開始前にまず位置を NNS S で決定して調査を始め、途中では位置確認が不能のまま航行し、調査完了後に入った NNS S による位置の確認をした結果、最終的に約 6 km 東へ流されていて本精密調査の目的には合わなかった。

以上により、沖合での位置決定方式を根本的に再検討した。この結果、まずこの海域 2 地点にレーダーブイ 2 基を投入してこの位置を NNS S で確認の上、これを目標に航行することにより再調査を実施することになった。

昭和52年11月12日上記準備作業の上、図 3.6 の実線コースに沿って測深機による海底地形調査を実施することができた。このコースは、第 1 次調査で実施した 4～5 km 幅の菱形の中間とその東外側のコースである。この結果問題点となっている図 3.6 の中央の崖 (cliff) は 18° (基準は 12° 以下) 以上あることが判明した。

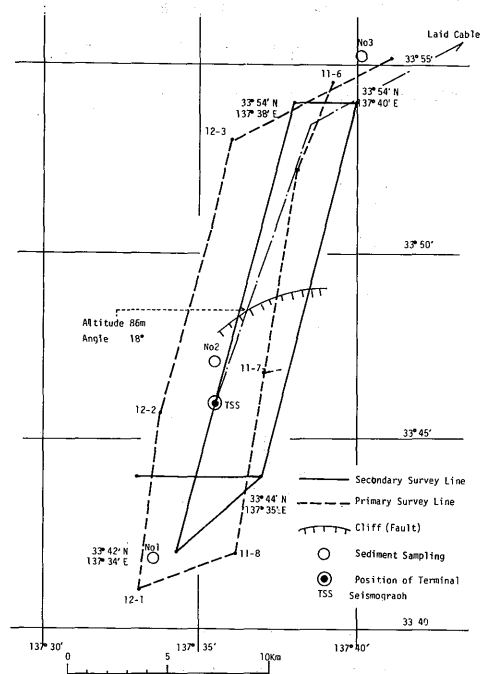


図 3.6 第 2 次沖合海底地形調査ルート

Fig. 3.6 Secondary topography survey routes.

調査の結果を電電公社の担当者の意見を参考の上、本布設はケーブルのスラック（余裕長）を多く取ることによってこのルートを通ることに決定した。

参考までに、図 3.6 に先端装置が本布設された位置（TSS）とケーブルルート（長短破線）を示した。本布設時の測深機の記録によると、この崖は平均傾斜角 18° 、比高が86mの崖で本システムのケーブルルート中最大の傾斜となっている。

2. 沿岸海底地形調査

海底ケーブルの損傷は波浪の影響を直接受ける海岸の水深50m付近までが非常に多いとされている。このため、ケーブル陸揚げ予定海岸から最良ルートを探すのとケーブルの防護工事の方法を確立するための資料としてこの調査を実施することが必要となった。

ケーブル陸揚げ地点の選定は、御前崎測候所と海岸までの陸上ルートを考慮の上、海上保安庁の海図“御前崎付近（第1077号）”を参考とし、御前崎灯台（標高53m）から海の濁りと波の砕け位置を見極めることにより、浅瀬と岩礁の位置を総観的に確認し、更に遠州灘側の沿岸を歩いて調査して最終机上プランを決定した。

沿岸海底地形調査は第1次を昭和50年度、第2次を昭和51年度、第3次の潜水調査を昭和52年度にと、3年度にわたり3回に分割して芙蓉海洋開発株式会社により一連の調査を実施した。

2.1 第1次沿岸海底地形調査

この調査の現地調査は、昭和50年10月8～22日の15日間にわたって実施された。調査ルートは図 3.7 に示す。主な調査範囲は汀部 0.5 km、沖合 1.5 km、長さ 2 km の扇状の範囲に、南北に測線17本、東

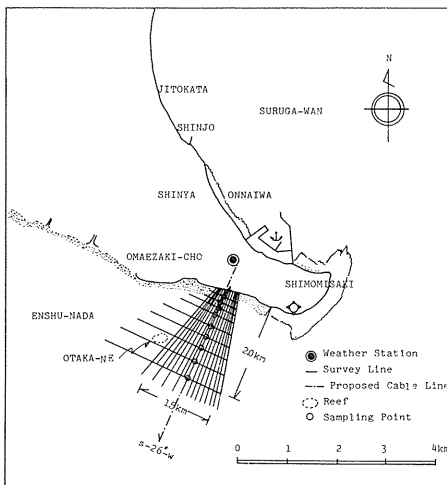


図 3.7 沿岸海底地形調査ルート
Fig. 3.7 Topography survey routes near the shore.



写真 3.2 沿岸海底地形調査
Photo. 3.2 Topography survey near the shore.

西に測線9本を設定した。この扇状の範囲外にある尾高根岩礁の状況を知るため東北側線のみ西側へ延長した。測量船は5トン程度の漁船に音響測深機と沿岸からの距離測定員(写真3.2)を乗船させ、方向はトランシットで陸上より誘導(関連研究9参照)して深浅測量を行った。更に、図3.7に示す10点のサンプリングポイントでは底質をエクマンバージサンプラーで採集し、目視観察をして保存した。そのうち5地点について海底同軸ケーブルの外部被覆及び絶縁に使用しているポリエチレンを浸透して内部の銅を腐食する硫化水素(H_2S)ガスの有無をガス発生管と検地管(201L)を使用して調査した。

2.2 調査結果

調査結果の海底地形図は、図3.8に、南北測線の両端のNo. 2, No. 16と中心であるNo.9測線の断面図を図3.9に示す。

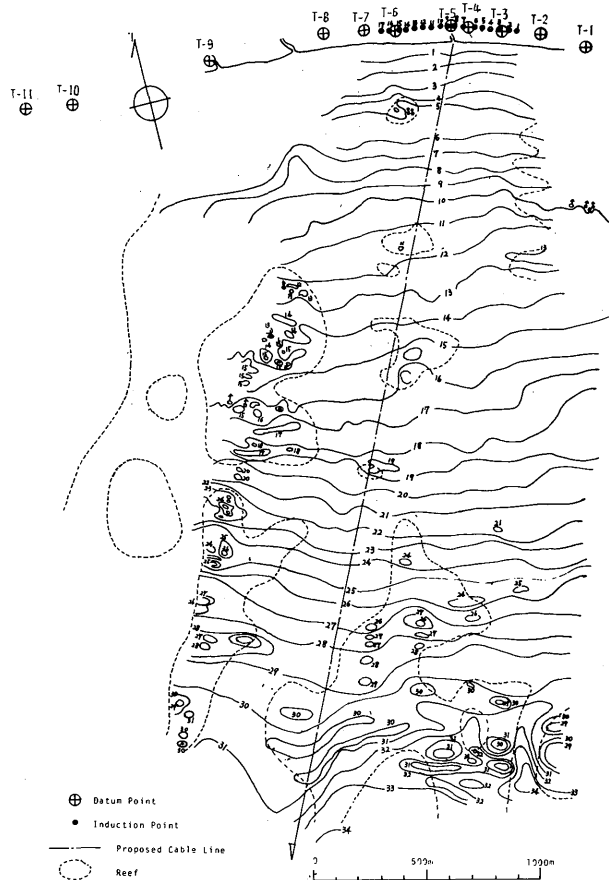


図3.8 沿岸海底地形
Fig. 3.8 Surveyed topography.

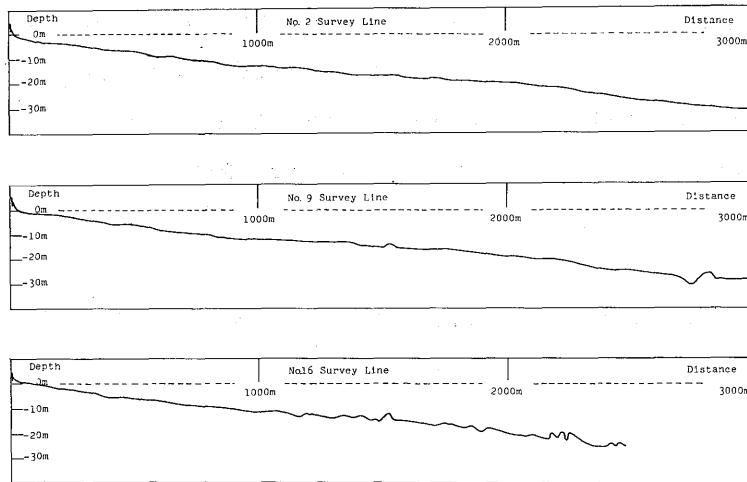


図 3.9 沿岸海底地形の断面図

Fig. 3.9 Cross sections near shore.

この海域の勾配は海岸より 250 m までは $1/50$ の傾斜であり、距岸 250 m ～ 2 km 付近までは、 $1/100$ 程度で全般に緩斜面であった。測深記録から岩盤あるいは岩質の海底と推定される地域は予定ルート東方（測線 No. 1 ～ No. 7）の距岸 2.8 km 付近から沖合の海域と予定ルート西方（測線 No. 15 ～ No. 17）の距岸 1.1 km 付近から沖合に顕著に認められた。また、測線 No. 12 ～ No. 13 の距岸 200 ～ 300 m で水深 5 m 付近に岩礁が認められた。なお測線 No. 4 ・ No. 6 ・ No. 15 の汀線付近において露出した岩盤が見られた。ケーブル布設予定ルート（測線 No. 9）では距岸 1.5 km 付近に 2 ケ所の凸地形が見られ、距岸 2.6 km を過ぎたあたりから海底の起伏が激しくなっている。ケーブル予定ルート（測線 No. 9）に沿って行った底質調査の結果は表 3.4 に示したように、底質の表面は細砂に貝殻片が混入している。

表 3.4 底質調査及び硫化物濃度測定結果

測点	月／日	時間	水深	採泥器	検知湿泥重量	検知結果	湿泥重量	乾泥重量	乾泥率	硫化物濃度	底質	備考
1	10／19	11：15	23.2	E. B	2 g	0	5 g	3.8	0.76	0	円礫	貝殻片
2	10／19	11：36	23.3	E. B							細砂	貝殻片
3	10／19	11：45	16.9	E. B							細砂	貝殻片
4	10／19	11：50	15.6	E. B	2	0	5	3.7	0.74	0	細砂	貝殻片
5	10／19	11：55	13.3	E. B							細砂	貝殻片
6	10／19	12：00	11.6	E. B	2	0	5	3.7	0.74	0	細砂	貝殻片
7	10／19	12：05	9.0	E. B							細砂	貝殻片
8	10／19	12：10	7.8	E. B	2	0	5	3.8	0.76	0	細砂 円礫	貝殻片
9	10／19	12：20	5.6	E. B							細砂	貝殻片
10	10／19	12：30	3.2	E. B	2	0	5	3.9	0.78	0※	細砂	貝殻片

(注) ○採泥器“E. B”はエクマン・バージサンプラーを示す。

○検知結果“0※”は定量的には読み取ることができなかったが反応があったことを示す。

硫化水素については、1地点反応があった程度で、外洋に面しておりガスに対するケーブルへの特別仕様（アルミニウム片の一層シース）をする必要のないことが確認された（御前崎沿岸海底地形底質調査報告書、昭50年10月参照）。

2.3 第2次沿岸海底地形調査

第1次調査の結果、距岸2.6 km（第1次は2 kmまで）あたりから先で海底の起伏が激しくなり、岩盤が露出しているおそれがあるので第1次調査海域より先で幅1 km、長さ4 km（総計距岸6 km、予定水深50 m）まで延長することにした。この調査の現地調査は、52年3月11～20日の10日間にわたって実施され、調査ルートは図3.10に示す。

測線は南北で21本（約50 m間隔）、東西で5本（約1 km間隔）、総測線長89 kmにわたり、音響測深機により深浅測量を実施した。今回の調査での測量船の位置の決定は第1次と異り、電波測位機（E. O. P. Y. M-100）の従局を陸上の基準点2個所に設置し、距離交会法により船位が10秒間隔で自動的に印字される方法をとった。更に、図3.10の10点で底質の採集を、20点で底質判別を行った。

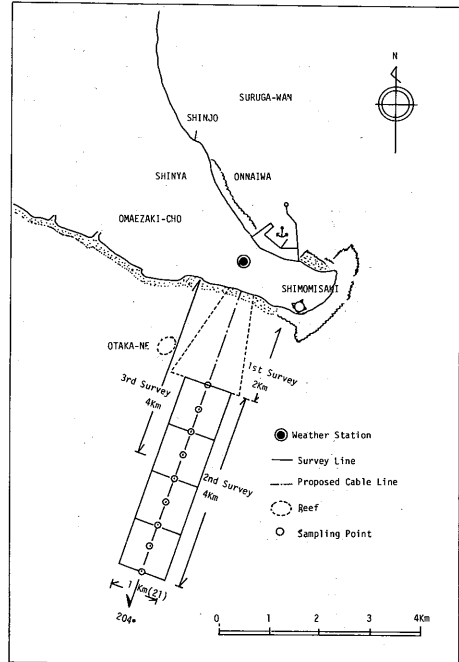


図3.10 第2次沿岸海底地形調査ルート
Fig. 3.10 Secondary topography survey routes near shore.

2.4 調査結果

調査結果の深浅図は省略する。概要としては、全般になだらかな傾斜を示しており、距岸2 kmで水深20 m、同6 kmで45 mとなっている。距岸5.4 km（水深40 m）で予定ルートの西側に顕著な凹凸地形で岩盤と推定される。距岸と水深との関係は2 kmで20 m、3 kmで31 m、4 kmで35 m、5 kmで40 m、6 kmで45 mとなっていて、沖合4 kmからは1,000 mにつき5 m、即ち1/200の勾配となっている。底質は距岸3.5 km（水深約35 m）までは砂または礫混りで、それ以遠は礫に変わって砂が堆積しない状態である。予定ルートの東側と距岸5.4 km以遠の西側には岩礁が認められた。第2次調査海域は、全般的に岩質で構成されており、その谷地及び皿状地形に砂または礫が堆積している。底質調査の結果は、表3.5に示す（御前崎沖合海底地形底質調査報告書、昭52年3月参照）。

表 3.5 底質調査結果一覧表

測 点	年月日	水深	底 質	記 事
採集1	52. 3. 19	18 ^m	f . s	濁 汰 良
" 2	"	29	f . s	"
" 3	"	34	m . s ~ f . s	"
" 4	"	36	G	円または亜円礫
" 5	"	41	G . S	濁汰悪, 貝殻混り
" 6	"	44	G . S	" "
" 7	"	39	G	亜円礫5 mm以下
" 8	"	32	G	円礫5 m ~ 10 mm
" 9	"	27	f . s	濁 汰 良
" 10	"	21	f . s	"
判別1	52. 3. 19	20	f . s	
" 2	"	20	R	レッドには砂が附着していたが, レッドのあたりは岩である。
" 3	"	25	f . s	
" 4	"	26	R	砂が附着していたがレッドのあたりは岩である。
" 5	"	33	R	" "
" 6	"	32	m . s	
" 7	"	29	R	砂が附着していたがレッドのあたりは岩である。
" 8	"	33	R	砂及び礫が附着していたが, レッドのあたりは岩である。
" 9	"	35	R	" "
" 10	"	36	G	やや固い感じがする。砂もわずかに附着していた。
" 11	"	37	G	" "
" 12	"	39	G	
" 13	"	38	G	やや固い感じがする。貝殻が附着していた。
" 14	"	40	R	レッドのあたりが大きかった。わずかに礫が附着。
" 15	"	40	R	
" 16	"	40	G	貝殻が附着していた。円礫
" 17	"	42	G . S	"
" 18	"	43	G . S	"
" 19	"	42	R	礫, 砂, 貝殻が附着していた。
" 20	"	45	G . S	貝殻が附着していた。

2.5 第3次沿岸海底地形調査

この調査は, 第1次・第2次で調査した結果, 距岸1.5 km位までは砂で, ケーブルの埋設防護が可能であるが, その先は岩盤が露出しているか, または堆積物が浅いと考えられ, ケーブルの防護工法を確立するために必要な調査である。

調査ルートは, 第1次・第2次で調査のほぼ中心に沿った1本(図3.10参照)で長さ4 kmに約100 m毎に潜水して調査を行った。

(a) 水中写真撮影又はスケッチ 37点

(b) 貫入テスト 37点

(c) 底質採取 37点

調査船及び測点の位置決定法は、第1次調査と同様に船を陸上よりトランシットとトランシーバーで誘導し、岸からの距離は六分儀を使用して船の位置をまず決定する。決定された位置にストックアンカーの付いたブイを投入して設標点とした。設標点のロープに沿って潜水し、このまわり半径15mの間の海底地形・障害物等の状況を目視で調査すると共に水中カラー写真の撮影を行い、図3.11のようなスケッチ図を各調査点について製作した。

貫入テストは、アンカーの付近で5cm毎に色分けした(赤白)長さ1.5mの鉄筋棒を潜水土によりハンマーで貫入させて調査した(写真3.3参照)。

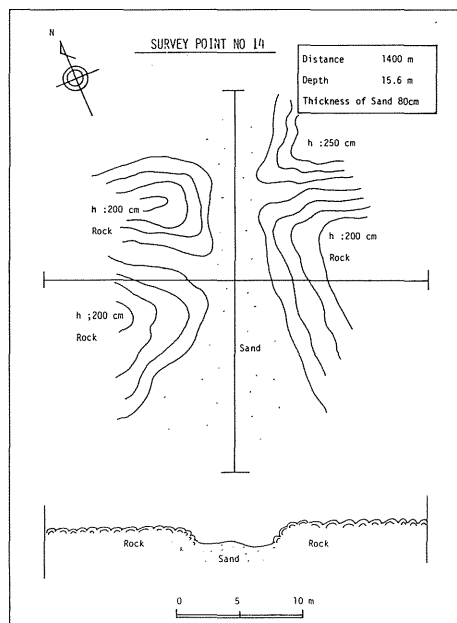


図3.11 海底のスケッチ(一例)

Fig. 3.11 Sketch map of the seabed near the shore (an example).

2.6 調査結果

(1) 海底状況

汀部は1m以上の砂が堆積しているが、700m付近よりテーブル状の岩盤が現われるようになる。沖合2.9kmより礫が多くなって岩盤と岩盤の間に広がっている。3kmから3.4kmの海底には、幅40cm、高さ20cm位、走向南北の大きな砂紋(リップルマーク)が確認された。この辺は水深30m以上もあり、海底にこれほど大きな砂紋が多数確認できることは珍しい。このことは、外洋に面しているため非常に大きなうねりが海底に伝わり、大砂紋を作ったものと推定される。

10m以浅は砂が巻き上げ、水中写真は写らなかった。

(2) 貫入テスト

700m付近から岩盤が露出し始めるが、汀部より2km位までは0.5~1.2mの砂が存在している。2kmより沖合は砂層が薄くなり0~0.5mになっている。

(3) 底質採取

礫は汀部と沖合2.9km付近より分布していて、この付近からは貝殻片が多く混入している。岩盤

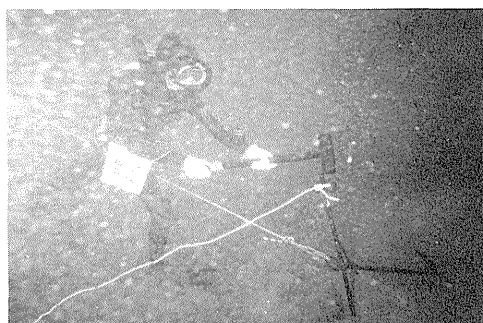


写真3.3 貫入テスト

Photo. 3.3 Investigation of firmness of the seabed near the shore.

は、相良層（新第三紀）と言われ通常土タン岩又はシルト岩と呼ばれ、軟岩（N値50以上）であるが、水中では粘性が強く掘削には非常に手を焼く岩である。調査結果は表3.6に示す。

表3.6 潜水調査結果一覧表

測点	年月日	距離 (km)	カ ッ ト 角	底 質	貫入 (m)	水 深 (m)	記 事
1	s 52. 9. 22	0.1	測 距	f . s , G	1.0	0.7	しまった砂
2	22	0.2	測 距	f . s	1.1	2.5	
3	22	0.3	測 距	f . s	1.2	4.0	
4	24	0.4	Tp 7-赤白Tr 71-40	f . s	0.9	5.0	下部しまっている
5	23	0.5	Tp 7- アンテナ 96-00	f . s	1.0	6.5	流向 流速 貫入しやすい 西北西(約20 cm/sec) 0.4 Kt
6	23	0.6	86-20	f . s	1.0	8.0	しまった砂
7	23	0.7	78-35	f . s , R	0.75	9.5	しまった砂
8	24	0.8	71-55	f . s , R	0.9	10.7	下部しまっている
9	24	0.9	66-25	f . s , R	0.9	11.5	
10	24	1.0	61-40	f . s , R	0.6	12.8	流向 流速 西 (約10 cm/sec) 0.2 Kt
11	27	1.1	57-25	f . s , R	0.6	12.5	
12	27	1.2	53-40	f . s , R	0.6	18.8	
13	24	1.3	50-25	f . s , R	0.8	14.0	
14	24	1.4	47-35	f . s , R	0.8	15.6	
15	24	1.5	Tp 4- 燈台 100-50	f . s , R	0.9	16.3	流向 流速 西 (約20 cm/sec) 0.4 Kt
16	23	1.6	96-40	f . s	1.2	17.0	
17	23	1.7	92-50	f . s , R	1.0	17.0	硬い
18	23	1.8	89-00	f . s	0.9	18.7	硬い
19	14	1.9	85-30	f . s	0.5	19.0	やわらかい
20	14	2.0	82-15	f . s	0.5	20.0	しまっている砂
21	27	2.1	79-15	f . s , R	0.2	19.7	流向 流速 西 (約20 cm/sec) 0.4 Kt
22	27	2.2	76-25	f . s	1.0	20.7	
23	28	2.3	Tp 4- 燈台 73-40	f . s , R	0.0	22.7	
24	28	2.4	71-05	f . s , R	0.2	24.7	流向 流速 西 (約30 cm/sec) 0.6 Kt
25	28	2.5	68-40	f . s , R	0.6	26.2	
26	27	2.6	66-25	f . s , R	0.1	26.2	流向 流速 東南東(約10 cm/sec) 0.2 Kt
27	27	2.7	64-15	f . s , R	0.1	28.5	
28	26	2.8	62-10	f . s , R	0.1	28.4	
29	26	2.9	60-17	Gr , R	0.2	28.8	(貝殻まじり)
30	25	3.0	58-30	G , R	0.1	29.9	流向 流速 東南東(約10 cm/sec) 0.2 Kt
31	25	3.1	56-45	G	0.5	30.9	
32	25	3.2	55-05	Cy , R	0.3	31.2	海底に大きな波紋
33	24	3.3	53-35	G , R	0.3	31.0	海底に大きな波紋
34	24	3.4	52-05	G	0.5	32.5	海底に大きな波紋
35	24	3.5	50-40	G , R	0.5	33.8	
36	14	3.6	49-25	M , R	0.6	32.5	
37	14	3.7	48-10	M , R	0.0	33.0	流向 流速 東南東(約20 cm/sec) 0.4 Kt 岩盤上

但し底質記号は下記の通りである。

粘土…Cy 泥…M 細砂…f.s 中砂…S 細礫…Gr 中礫…G 岩…R

(4) その他

この海岸は潮流が速く遊泳禁止区域となっている。表層は1ノット程度の流れがあったが、底層流を簡易測定をした結果、東西の両方向に0.2～0.6ノット程度の流れが認められた。

約6 km 西の中部電力浜岡原子力発電所の冷却水の取り入れ口（沖合600 m）及び沖合2,000 mでの3点における海面下2 mの流れと方向の調査結果によると、夏季は沿岸に平行にほぼ東西両方向に流速0.8ノット位が卓越している。冬季は西風の影響もろに受け、ほぼ東方向（浜岡より御前崎方向）に流速1ノット前後の流れが卓越している。このことは上記の独自調査結果と対応している（海底ケーブル布設ルートの潜水調査報告書、昭52年10月参照）。

3. 布設工事施工法開発とそのリハーサル

本システムの布設は規模が大きいため海底ケーブル敷設船によることは既に述べた通りであるが、精密なメカニカル計測器を挿入した装置を投入布設することは初めての試みである。特に先端装置のような大型計測装置を測位と定位置保持の困難な沖合で正確に予定位置に軟着底沈下布設することは、電電公社としても全く経験のない作業であった。

また中間点装置も電電公社が扱っている海底中継器よりひとまわり大きな筐体である為に、通常の作業に適合しない部分があり、さらに、ショックの軽減をはかる必要があった。そこでリハーサルにより布設施工作業とシステム自体に関する問題点を解明して最終目的の完遂を期することになった。

3.1 敷設船上での作業中の衝撃と振動の調査

本システムの布設についての電電公社の基本条件として、既設の装置と既に実施している工法を基本的には大きく変えないことが提示されていた。この条件の中に最大ショックは布設全工程を含めて50 G（Gは重力の加速度）と規定されていたが、果してそれで良いのか、またそのショックがどの時点で発生するのかを調査する必要があった。

たまたま電電公社の黒潮丸が昭和49年度末に完成し、布設試験を同年3月宮崎県沖で実施する際、ダミー中継器3台を製作その内に純メカニカルのショックメーターを挿入してテストすることを聞いた。本船の布設システムの基本設計を担当した電電公社本社施設局海底線部門専門調査役鈴木欽也氏（現在NEC）の特別なはからいで、当研究部が希望しているショックのモードの解析が可能なショックメーターを電電公社のダミー中継器筐体に挿入することを許可して戴き調査を実施することができた。この測定に使用した測定器は既に完成しているダミー中継器に挿入して操作ができることが条件となった。測定器は適当なものがなく、圧電式の小型ショックメーターセンサー2成分とソニーの小型カセットオーディオテープレコーダー（TP-1000）2台の一部を改造して使用した。概要は図3.12に示す。

解析の結果、中継器がケーブルタンクから発射してタンクの中心にあるセンターコーンに衝突する際に最大を示し、その値は60 Hz（規格は55 Hz）で70 Gを示した。この値は周波数が高いので装置の破壊

とどう結びつくか不明であるが、やはり精密なメカを持つ地震計も50Gの衝撃は受けるものとしてシステムの設計をすることになった。調査の解析結果は関連研究1で述べる。

3.2 第1次布設リハーサル

(1) マスタープラン

先端装置の布設工法は同装置の形状・重量と使用するケーブル等によっても異なるものである。

先端装置の布設工法は大別すると図3.13に示す、敷設船1隻のみと敷設船と作業船の2隻による連携作業工法が考えられていた。机上プランとしては、2隻（いわゆるケンカ捲）による工法はケーブルに過大な荷重を受けることなく既存の無外装同軸ケーブル（破断力7トン）で布設可能である。しかし、2隻の船が各潮流や風で流される海上での長時間作業とケーブルとロープのからみ合い等不測の事態が発生した場合、その収拾と中途の位置修正が困難である。更に、電電公社としてもこの方式での布設施工に経験がないので、基本としては1隻で全作業を施工する方式を採用することになった。

既存の無外装同軸の中心導体（内径8mm）の心にはピアノ線41本が入っていて破断力約7トンの能力を持っているがこのケーブルで吊り上げた場合、水深3,000mで静荷重のみで3.5 tonに達し、位置修正航行や波による船のシャクリ等の動荷重を加えると、これだけで破断力限度に達し安全係数（土木作業では一般的に静加重の3～6倍）がなくなる恐れがあった。

たまたま昭和50年度公社の電気通信研究所が主体となり、高張力無外装同軸ケーブル（破断力15ト

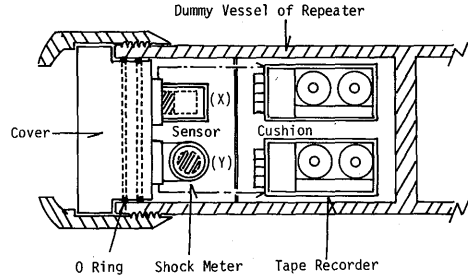


図3.12 衝撃測定のための装置
Fig. 3.12 Instruments for measuring the shocks on the cable ship.

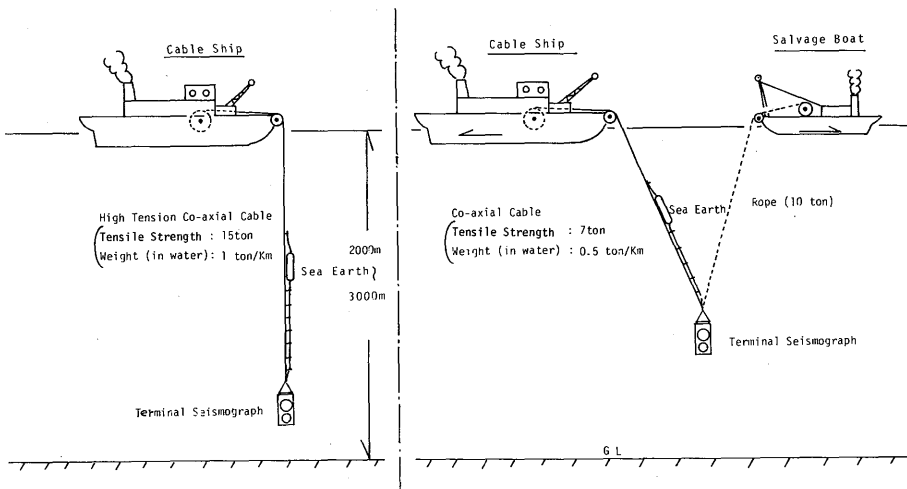


図3.13 先端装置布設工法の検討

Fig. 3.13 Examination of the laying work of the terminal apparatus.

ン)を開発中であった。電電公社技術局の前述鈴木欽也氏よりこのケーブルの中心導体に既存の38 mm 同軸ケーブルの外部導体を被覆すれば、本システムに使用を予定している25mm同軸ケーブルのインピーダンス(44Ω)が同等となり、相互のマッチングがそのまま取れた上で張力が2倍になり、これを採用するよう助言された。そこでこの新同軸ケーブルの採用を決定し、急ぎ、海底同軸ケーブルメーカーである日本大洋海底電線KK(以下OCCと呼ぶ)に4 kmの高張力無外装同軸ケーブルを発注し、リハーサルに間に合うように納入させることにした。

(2) 準備

本布設リハーサルにあたって、下記の通り打合せを行い準備をすすめた。

・ 51年6月3日

布設リハーサル実施予定時期・先端装置へのシーアース取付工法・御前崎陸上ルート等の検討
(気象研・公社)

・ 6月9日

先端装置概略構造・接地電極の構造・設置工法の概要の検討(気象研・海施・NEC)

・ 7月7日

気象研実施要領(案)の下検討(気象研・公社・NEC)

・ 7月8日

気象研実施要領(案)・実施時期・仕様書・乗船人員等の打合せ(気象研・公社)

・ 7月23日

布設リハーサル実施概要について部内説明(海施・横浜海工)

・ 7月29日

先端布設用高張力ケーブル採用及び布設工法の打合せ(気象研・海施)

・ 8月4日

公社側実施要領(案)説明及び検討(気象研・海施)

・ 8月11日

気象研仕様書(案)の細部検討(気象研・海施)

・ 9月17日

リハーサル実施前の横浜における総合打合せ(気象研・公社・NEC・OCC)

以上の打合せの結果、概要図3.14に示す方法で実施することになった。

先端装置にはNECが新たに開発した内径30 cmのベリリウム銅製大型耐圧筐体の中に中間点装置用の地震計センサー・カセットテープ型のダイレクト磁気テープレコーダー(340時間用)・地震計のクランプ操作回路と電池を挿入して海底での雑微動(主として波浪が原因)記録を記録するようにした(写真3.4)。更に2方向のショックメーターを取り付けた。

ケイジには、採泥用のパイプを4本、海底面を引きずった場合の姿勢を調べる約5 cm 突出したア

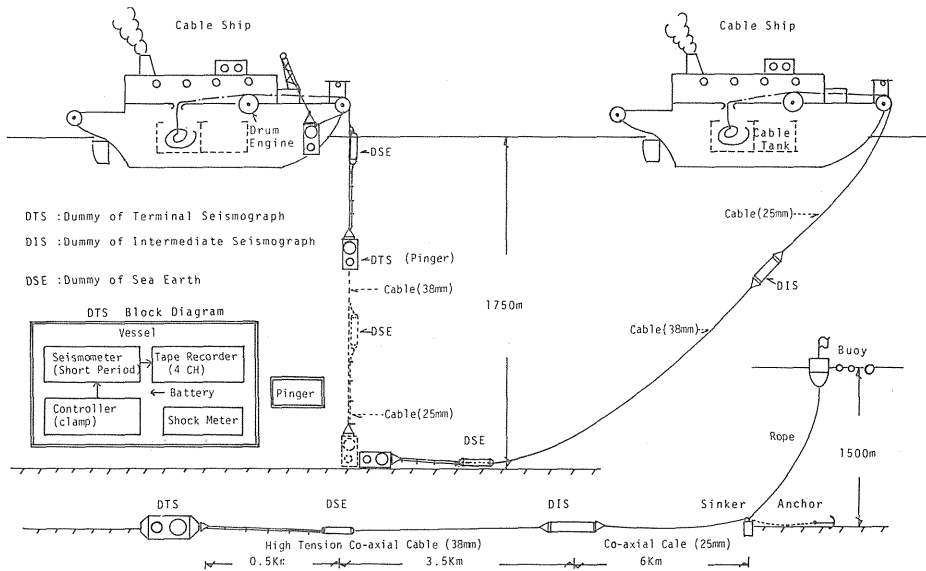


図 3.14 先端装置の布設実験

Fig. 3.14 Trial laying work of the terminal apparatus.

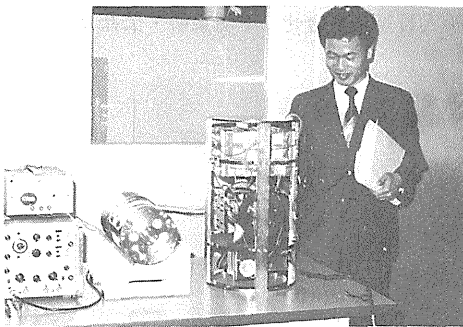


写真 3.4 地震計および記録装置

Photo. 3.4 Seismograph and long-term recorder for trial laying.

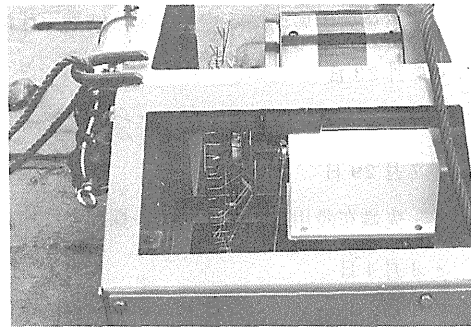


写真 3.5 簡易移動測定計

Photo. 3.5 Simple meter to measure the shift of the cage.

ルミ製触針をケージの外側・両面に各4本、引きずった距離を測定する簡易移動測定計（写真 3.5）をケージ内側にそれぞれセットした。

軟着底作業をするのに必要な先端装置と海底との距離を連続的に監視可能なピンガーをケージの側面に装着し、船の測深器で受信記録できるように受信機の一部を一時的に改造を行った。

昭和51年10月7日ダミー先端装置・ダミー海底アース・ダミー中間点装置（公社ダミー中継器）と高張力ケーブル4 km と無外装同軸ケーブル（公社用）6 km とその他の機材を含め黒潮丸に積み込んだ。

10月12日気象研究所6名・地震課1名・NEC3名も乗船して横浜港を出発し、リハーサル実施予定海域である御前崎南南西約100kmの沖合へ向い表3.7の日程でリハーサルを実施した(写真3.6参照)。

表3.7 実施線表

月 日	曜日	天候	作業内容		記 事
			午 前	午 後	
10 7	木	晴	ケーブル、機材積み込み	"	
" 12	火	曇	出 港 準 備	横 浜 出 港	
" 13	水	晴	先端装置設置 ケーブル布設	ケーブル布設、ブイ設置 ピンガー確認	
" 14	木	"	海気象悪く待機	"	伊豆半島西岸の妻良沖にて仮泊
" 15	金	"	ブイ回収 ケーブル撤去	先端装置回収 実施結果検討	
" 16	土	雨	横 浜 入 港		
" 17	日	晴	週 休	"	
" 18	月	"	機 材 積 卸 し	"	
" 19	火	曇			
" 20	水	雨	ケーブル積卸し	"	

(3) 海上作業 (図3.14参照)

先端装置の測定器の電源リード線(筐体のガス置換孔より引き出す)を結線し、筐体内の空気を N_2 ガスと置換し、この孔をOリング付栓で密閉した。

船位はNNSで確認の上予定海域に停泊し、先端装置を船首舷側へクレーンでふり出し、船首シーブを通したケーブルとケンカ巻きして船首直下へ移動させた。布設および揚収時のケーブルの繰り出し距離、船上でのケーブルへの平均荷重および内蔵した地震計の振動状況を図3.15に示した。

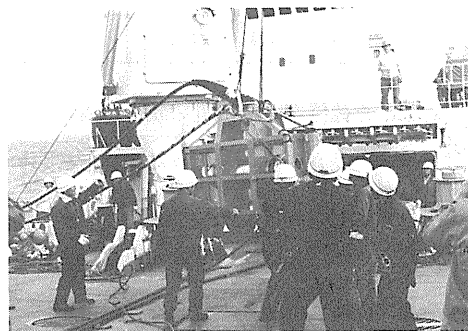


写真3.6 先端装置布設リハーサル
Photo. 3.6 Trial laying work of the terminal apparatus.

アース用ケーブル約500mは、プレフォームド・ストッパーで4点固定し、その中間は約5mおきに麻縄でメインケーブルに結束した。この間の速度は0.5～0.7ノット、アース電極がシーブを通過した時点で繰り出しを中止、船位修正を行った後約3.5ノットで一気に繰り出した。

先端装置が海底から約40m(ケーブル長1,750m)で0.9ノットに落とし着底時は0.3ノットで軟着底させた。ケーブルの張力はピッチングで1.5～2.0トンの変動があったが平均張力を表3.8に示す。

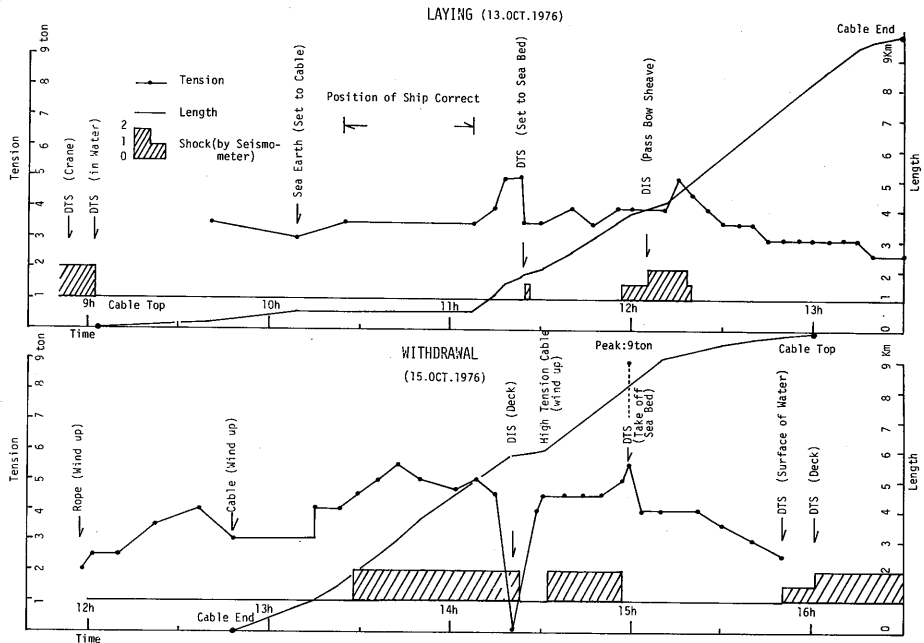


図 3.15 布設実験中の張力その他

Fig. 3.15 Tension, vibration etc. in the trial laying.

表 3.8 ケーブルの平均張力と変化

ケーブル繰出し長(m)	200	500	1,200	1,500	1,700	1,791
ケーブル張力(トン)	3.5	3.5	4.0	5.0	5.0	3.5

着底した装置が垂直に近い状態か横になるかを確認するためにピンガー内に 45° 以上傾斜すると発信パルスの長さが変わるように設計しておいた。この結果、横倒しとなり安定した状態であることが確認できた。

先端装置着底後はケーブル布設に移り、ケーブル繰出し速度と船速(対地船速)を一致(スラック0)させ、速度3ノットで布設した。中間点装置100m手前で船速を1ノットに落とし、ドラムエンジンとシープを通過(ショックは関連研究1参照)させ再び3.5ノットで残りのケーブル6kmを布設し、マッシュルームアンカ等を付して沈下し、揚収のためにロープとブイを付け、その末端にレーダーブイを取り付けて回収作業をやり易くした。布設後ピンガーによる着定位置の確認航行を行って布設作業を終了した。

回収は悪天候のため1日伊豆西海岸で天気待ちをしたのち回収した。撤収時のケーブルの入水角はほぼ 90° 度で行われ、張力は平均3.5~5.5トンで、先端装置を起こした時(ピンガーの傾斜角で確認)、ピーク値で最大9トンを示し、その後5トンで安定しケーブルが捲き上るに従い減少し、最終置は2.5トンになった。

先端装置を甲板に取り込み検査した結果、四隅に取付けた片側のアイの塗装が取れ地金が光っている一方、この面に取り付けたアルミ製の触針4本のうち1本が曲ってかろうじて残っていたが、他の3本はもぎ取られていた。ケイジの内側に取り付けた簡易移動測定計は、約250 m引きずられたことを示す記録が得られた。

(4) 船首布設と船尾布設の検討

先端装置の船首布設と船尾布設は、布設計画の段階から問題点となっていた。船尾から布設すると先端装置を船外に振り出すのと着底後のケーブル布設作業が容易（ケーブルを船首から船尾へ回す作業を必要としない）であり、この面からは望ましい。しかし、沈下中ケーブルの入水角が船底に近よった場合は、スクリーに捲き込む危険があったため、第1回リハーサルは船首から実施した。

先端装置の吊り下げ沈下中の入水角はほぼ直角で、中途に実施した位置修正航行の場合は前進であったためスクリーに捲き込む危険の少ないことが判明した（布設リハーサル実施報告書・昭51年12月参照）。

(5) 布設中の衝撃

リハーサル完了後、先端装置をNEC玉川工場へ搬入して開封、各装置を点検すると共に地震計のテープ記録は気象研で再生し解析した。この記録から、着底時のショックは非常に小さいことが確かめられた。この結果、ピンガーによる海底までの距離の測定・監視とドラムエンジン操作し先端装置を軟着底させる工法が確かめられた。また、その後の通常布設に移る際のケーブルのスラックに関するデータも得られた。

先端装置をメーカー工場で荷作りして布設・揚収し、再びメーカーの工場に搬入するまでの全行程でのショックの最大値はX軸で4 G、Y軸で3 Gであった。中間点装置の布設時のショックは、中間点装置が作業甲板から台車に乗ってケーブルトラフに入る際に、X軸で3 G、Y軸で2.5 G、Z軸で2.5 Gのショックを記録している。その後トラフ通過の時ドラムエンジンで1.8 Gの周期の長い（5分）記録が見られたが、これはショックメーターの方向（90°で1 G）とドラムエンジンの回転による遠心力（3ノットで0.1 G）によるもので問題はない。中間点装置の着底時のショックは、ショックメーターの記録には全く見られなかった。

(6) 布設位置の確認

布設完了後に先端装置の設置位置確認のため、設置予想位置を航行し先端装置から発信されているピンガーからの信号を受信記録し、そのコースで最も接近した時の船位とピンガーまでの直距離を測定し水深（1,750 m）により水平距離を算出する方法を3コースとり、その交会法により位置を確定する方法を試みた結果、有効な位置決定方法であることが確かめられた。

(7) 海底の雑微動

今回試作開発した地震計によって約40時間にわたって集録した記録を解析した結果、海底の雑微動は2 Hzを境として周波数の低い方に応じて大きくなっていた。詳細は関連研究4で述べるが、この結

果によりS/Nを向上させるためには陸上受信の段階で1～2 Hz のフィルターを挿入することにより、季節によっても異なるが、10,000倍（変位倍率）程度まで倍率が上げられる可能性もあることが確かめられた。

(8) ケーブルの損傷

高張力ケーブルは、揚収後黒潮丸から輸送船へ移す際、全長にわたって目視検査を実施した結果、ジャケットの表面に多少のすり傷がある程度で特に問題はなかった。

ケーブルメーカーであるOCCのタンクに収納後、ケーブル端末とカップリングの接合部に相当の角度のバンドがかかった恐れもあるので、メーカーにその部分を切り取って解体試験をすることを依頼した。この結果、ケーブルがカップリングの端末のリングの端に相当する部分（ブーツの中）でジャケットにわずかな外傷を発見した。ケーブルのこの部分を解体した結果、外部導体（銅テープ製）に鋭角の曲りが繰り返され、リングカットを起こしその末端が触れ合って外側に立ち上りそのエッジで内側から防水用のポリエチレン製のジャケットを傷つけ、外部導体とジャケットの間に浸水していることが判明した。

ジャケットの外部導体の間のみに浸水した場合、電気特性に多少の変化はあるが、通信には直ちには大きな障害にはならない。しかし長い間には外部導体に腐食を起こし障害となる恐れがある。このためケーブルの浸水状況を検査した結果は図3.16に示す通り、外部導体の銅テープ合わせ目の隙間に沿って海水が走り、まず内側にひろがり外側はジャケットが密着しているため次第に少なくなっている。

400 m（50～100 m間隔）までジャケットを全面はく離して検査を実施し、更に500 mは一部はく離で検査した結果、銅テープの合わせ目の隙間に沿って海水が走っていることが推定されたので、全長検査を中止し根本的な対策を立てることにした。

3.3 第2次布設リハーサル

昭和51年度実施した第1次布設リハーサルの結果、先端装置のカップリングとケーブルの結合部でシャープバンドによるケーブルの外部導体のリングカットを起こし、これによる浸水事故を起こしたので、この問題点を完全にクリアーすること、第2点として先端装置を船尾から布設する工法の確立をすることが必要となり、第2次布設リハーサルを実施することになった。

(1) 二重首振りカップリング等の開発

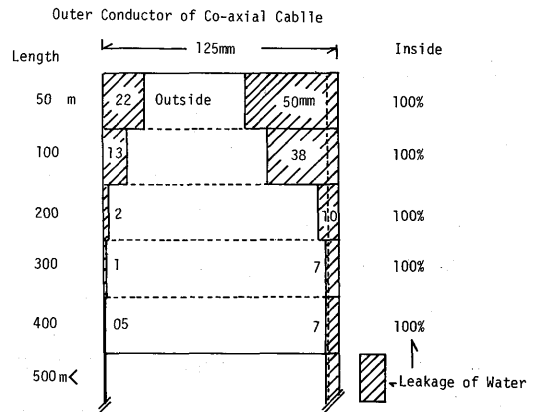


図3.16 ケーブルへの浸水状況

Fig. 3.16 Water leak along the outer conductor.

上記の事故を防止する方法について、ケーブルメーカーであるOCCと布設を担当する電電公社を交えて協議の結果、カップリングの首振り角度を大きくすることと取付部のケーブルを一部外装して補強する方針が決定した。

従来のカップリングは、ドラムエンジン等に巻きつけばよいので、図2.5からもわかるように、1個のカップリングで 54° まで曲げられるようになっている。この 54° の全方向屈曲はジンバルを図2.4上図に示すように1段で行っていた。この1段ジンバルを2段にして最大 110° まで全方向に対して屈曲可能な図2.4下図に示す二重首振りカップリングをまず試作した。更に第1次に使用した高張力ケーブルに部分外装をして、接続部のシャープベンドを防ぐと共に、この外装線によりケーブルをカップリングに引き留める方式を採用した試作セットを2式製作した。

1式は海上での布設リハーサルに先立ち、OCCの上三川（栃木県）工場のグラウンドを利用してあらゆる想定での曲げと引張り実験を行った（関連研究7参照）。この結果、屈曲部を保護するゴム製ベローズへ仮に注入した水（本番はポリブデンオイル）が漏水したことにより二重ジンバルにより噛まれて損傷したことが確かめられた。この試験での外見上の問題点はこれ以外になく、ベローズの内部にセパレータを取り付ける改良を加えて海上布設リハーサルに備えた。

(2) 準備および海上作業

第2次海上布設リハーサルは、第1次と同様黒潮丸によって実施されることになり、電電公社およびOCCも交え、協議を重ねた上52年11月18日、まず実施要領を決定した。

試験項目

- (a) 先端装置の船尾布設工法の確立
- (b) 先端装置に接続する二重首振りカップリングおよびケーブルの保護加工の確認
- (c) 先端装置布設・着底時の衝撃の確認
- (d) シーアースケーブル（25mm 無外装）の取付けおよび繰り出し方法の確認

実施日程

月 日	曜日	天気	作 業 内 容
11 22	火	晴	先端装置・ケーブル積込み
11 24	木	晴	横浜出航（伊東沖仮泊）
11 25	金	晴	先端装置布設リハーサル
11 30	水	晴	先端装置・ケーブル積おろし

実験海域は初島付近の水位 200 ～ 300 m のところで実施することになった。作業に先立ち、耐圧筐体に封入した自記ショックメーターの電源スイッチを入れて、筐体の空気孔を密封し、アースケーブル50mはメイン（高張力）ケーブルにあらかじめジュート縄で結束しておいた。先端装置を船尾のシーリフトクレーンで吊り上げ、船尾シーブの舷外にふり出し、一気に海水に投入して振りを止め、メインケーブルをドラムエンジンで少しずつ捲き戻し張力をケーブルに移し、布設態勢に入った（写

真3.7)。

- (a) 沈下速度は約0.3ノットの速さで約20分間で、水深183m(メインケーブル長1,500m)の海底に着底した。沈下中の張力は1.0~1.1トン程度であった。

- (b) 着底時の衝撃テスト

本テストにはショックメーター以外の計測器を封入していないので、ハンドリングミスをした場合に備えて水中落下に準ずる試験をした。

着底した先端装置を離底し70m巻き揚げ、一旦停止して1.5ノットと2.0ノットで繰り出し、投下着底試験を2回実施した。この着底の際は急にケーブル張力がなくなるため、ケーブルトラフの中でケーブルが踊り大きな音がした。

先端装置を揚収後、クレーンで吊り上げたところの所見では、投下の際1m近く泥の中に入ったと考えられる泥がケイジのアンクルにぎっしりと付着していた。

- (3) リハーサルの結果

船尾からの布設は、先端装置を連続布設作業に入る前作業が船首布設に比較すると非常に容易で時間も短く、当初より問題となっていた入水角も鉛直に対して 10° 以内の変動でスクリー等への障害の危険度は非常に少ないことも確かめられた。新たに開発した二重首振りカップリングとケーブルの取付部の曲りをほとんど認められなかった。

リハーサル完了後、ショックメーターの記録値を検査した結果、2ノット(60m/分)で着底した時が最大であったが、底質が泥であったことも原因か約2Gであった。一番問題であったカップリングとケーブルの接続部の検査は、OCCの工場でカップリングとケーブルを解体して検査した結果、写真3.8に示すように外部導体に対する屈曲はほとんど認められず、本番もこの方式で布設すればリスクが少ないことが確かめられた(先端装置布設リハーサル作業報告書・昭52年12月参照)。

- (4) ドラムエンジンへの付帯工事と中間点装置の通り試験

中間点装置の外形は海底ケーブル通信用中継器(統一筐体)より直径(265φ)、長さ(1,160)共に大きいため、既設のドラムエンジンでの落下防止用のカバー(フリーティングリング)の中を通

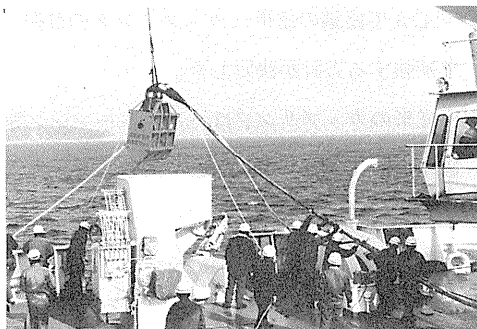


写真3.7 第2次先端装置布設リハーサル

Photo. 3.7 Second trial laying work of the terminal apparatus.



写真3.8 ケーブルの解体

Photo. 3.8 Taking to pieces of the cable

過することができないので取りはずした。このため、中間点装置がドラムエンジンに巻きついた時、自重と遠心力でデッキに落下する危険があると電電公社より指摘された。そこで、黒潮丸が定期検査でドック入りした昭和52年12月気象研での改装としてドラムエンジンの下側のみに落下防止用のボードを装備した。

この効果テストと本番中間点装置（リハーサルは統一筐体を使用）の敷設船の布設装置の通り試験を昭和53年2月に実施した。この結果、トラフ・ドラムエンジンもぎりぎり一杯であるが通過をして、新たに装備したカバーも有効であることが確かめられた。本布設に万全を期すために、都合沖合海底地形調査を2回、布設リハーサルを3回、3年度にわたって実施してきたが、以上により一連の海底地形調査と布設工法の開発は所期の成果を得て完了した。

4. 本布設工事

本布設工事の施工を担当した電電公社は、本社(契約)・海底線施設事務所(設計・監督)・横浜海底線工事事務所(工事施工)と海底部装置のメーカーであるNEC、ケーブルとカップリングのメーカーであるOCC及び関係工事担当者を含め関連ある部門について、協議および連絡を持ち、お互いの歯車が噛み合うように進めた。時期としては、初めての難工事であるためと電電公社の好意により、一年中最も海況の良い日とされる梅雨明けの7月下旬に実施することを目標として準備を進めた。

4.1 布設工事の概要

本工事は御前崎の南南西約110km、水深2,200m付近の海域に先端装置を布設し、中途に中間点装置3個・海底同軸ケーブル155km・ジョイントボックス3個で構成されるシステムを第1回沖側布設(100km)と第2回陸側布設(55km)に分けて布設し、ジョイントボックス(J-2)で洋上最終接続を行い工事を完了させた。予定ルートとケーブルの概要を図3.17に、布設工事の概要を図3.18に示す。工事日程および担当は表3.9に示す。

4.2 工事出港前の準備

本工事の実施にあたっては、関係者による数次の打ち合わせを行って、万全の準備を進めた。昭和53年7月13日、電電公社横浜海底線工事事務所の専用岸壁に接岸中の黒潮丸へ、NECの工場でランニングテストをしていた中間点装置3台と先端装置1台を搬入し、黒潮丸の乗員により中間点装置はケーブルタンク内の4角の接続台に、また先端装置はBデッキの船尾シーリフトクレーンの近くに納められた。これと同時にOCCがケーブルの搬入を始め、ケーブルは布設の一番遅いものから下積みすることと、その方向(カップリングが装置により異なる)を確かめる等、周到な準備と計画のもとに実施された。8月13日、2番タンクへ図3.19に示すよう総長123km(アイドル4km)、7ピースのケーブルを布設の逆の順位で積み込みを開始した。ケーブルは人手によりタンク内へ巻き取るため、無外装ケーブルで

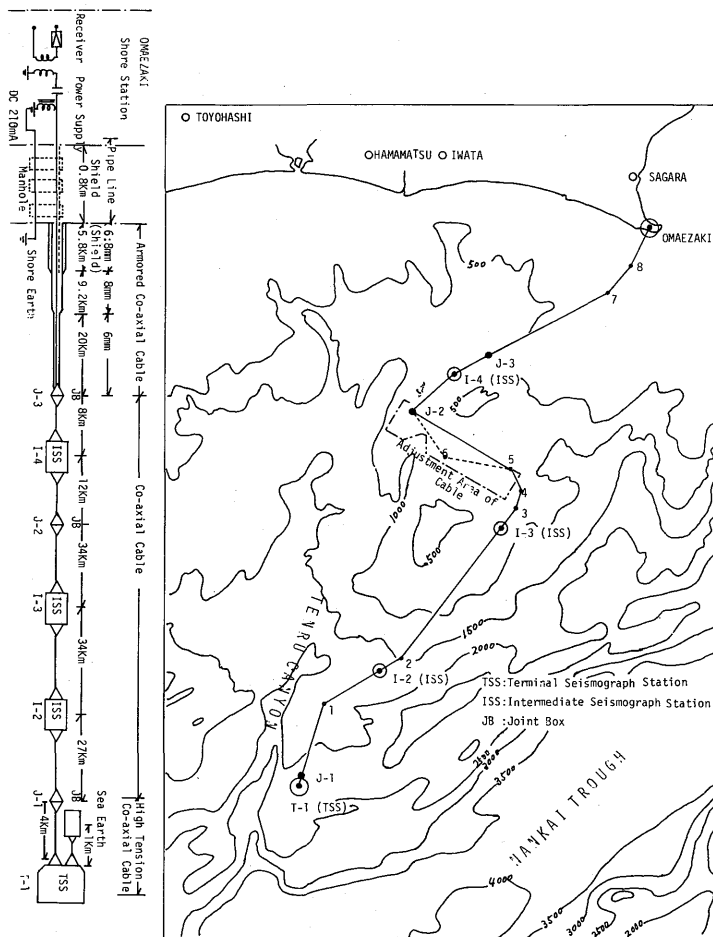


図 3.17 布設予定ルート

Fig. 3.17 Planned route of the cable and the cable system to be laid

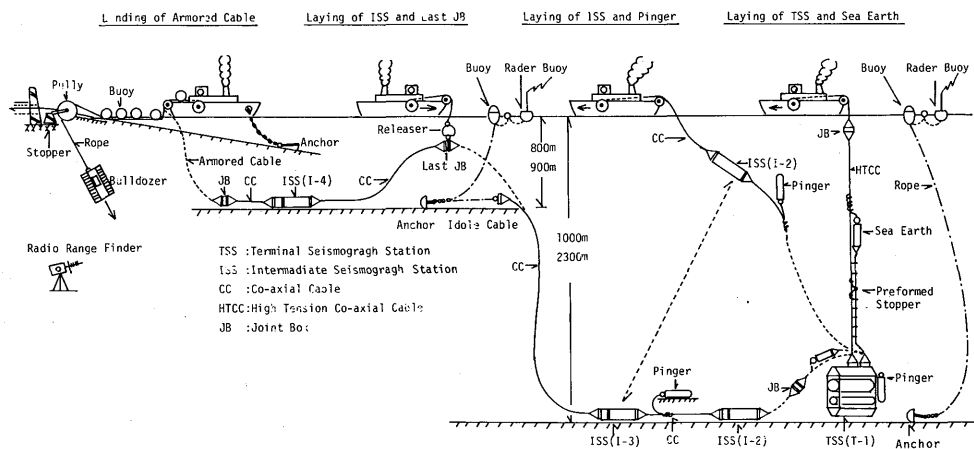


図 3.18 布設工法

Fig. 3.18 Laying work.

表3.9 工 事 の 実 施

1. 実施期間
自 昭和53年7月13日(木) } 22日間(部内工事の4日間を除く)
至 昭和53年8月 7日(月)
2. 実施場所
(1) 接続, 積込: 横浜海底線工事事務所
(2) 布 設: 静岡県榛原郡御前崎町御前崎 3663-1番地地先
及び遠州灘御前崎南方沖
3. 実施担当
日本電信電話公社 横浜海底線工事事務所
敷設船黒潮丸船長 蓮 尾 文 武
工 事 長 平 沢 勝
外 職 員 一 同
協 力 日本電気株式会社(NEC)
日本大洋海底電線株式会社(OCC)
4. 監 督
気象庁気象研究所 地震火山研究部長 田 望
地震火山研究部第3研究室長 飯 沼 龍 門
5. 使用船舶
日本電信電話公社 敷設船黒潮丸(3,344トン)
6. 実施日程

月	日	曜日	天候	主 な 作 業 内 容	
7	13	木	晴	ケーブル積込み立会	
"	14	金	曇り	ケーブル積込み及び接続立会	
"	15	土	晴	"	
"	16	日	"	週 休	
"	17	月	"	ケーブル積込み及び接続立会	
"	18	火	曇り	"	
"	19	水	"	"	
"	20	木	晴	器材積込み	
"	25	火	晴	名古屋出港, №1ブイ設置(ブイのみ)	
"	26	水	"	№1~3レーダブイ設置, ルート試走	
"	27	木	"	先端装置の設置及びケーブル布設100 km (№2~3中間点装置の設置を含む)	
"	28	金	"	T-1, I-3設置位置確認, №1~3レーダブイ撤去	
"	29	土	"	海気象悪く待機, 清水港にて清水補給	
"	30	日	"	布設端末の浮標確認, 海気象悪く待機	
"	31	月	"	台風のため津沖に避難	台風のため避難
8	1	火	"	台風のため四日市沖に避難, 食料補給	
"	2	水	曇り	台風のため答志島沖に避難	
"	3	木	"	"	
"	4	金	"	答志島沖を出航したが波浪高く御前崎へ避難	台風のため避難
"	5	土	晴	布設端末約2 kmルート修正	
"	6	日	"	陸揚げ, ケーブル布設55 km	
"	7	月	"	最終接続及び沈下, 横浜入港	

(注) 7/21~7/24は名古屋港にて一般施設公開

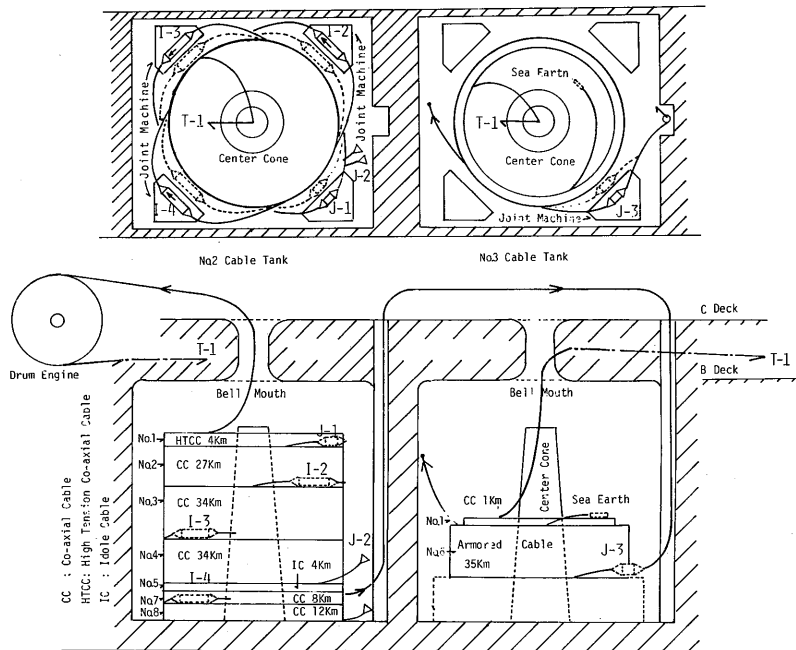


図 3.19 ケーブルの船積

Fig. 3.19 Shipping of the cable.

3 km / 時が最大で、1 日平均 30 km が限度である。ケーブルの積み込みの翌日、7 月 14 日からケーブルエンドのカップリングと中間点装置のテールケーブル相互の溶接接続とその絶縁体モールドのレントゲン線写真検査等の検査を行った後、その空間へのポリブデンオイルの注入を行った。この作業は片端末で少くとも 4 時間を必要とするので、中間点装置 1 台は両端末があるため約 8 時間を要した。この様

表 3.10 ケーブルの船積みと T-T 接続作業 (a km / b の b はピース長をあらわす)

件 名	13 日	14 日	15 日	16 日	17 日	18 日	19 日	20 日
無外装ケーブル (No.2 タンク)	12km/12 4km/8	4km/8 4km/4 10km/34	24km/34 6km/34	予 備 日	28km/34	27km/27	4km/4	
外装ケーブル (No.3 タンク)		15km/35	15km/35	予 備 日	5km/35 1km/1 (アース用)			
T - T 接 続		I - 4	I - 3 J - 3	予 備 日	T - 1 (アース側)	I - 2	J - 1 T - 1 (メイン側)	
端 末 処 理								総合テ スト後外装 の端末シ ールアップ

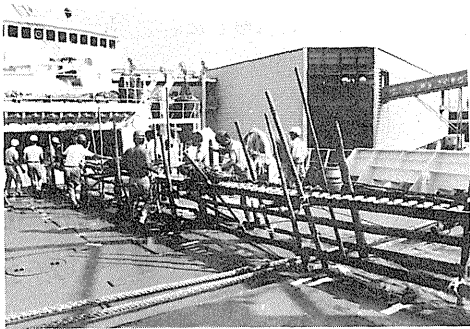


写真 3.9 ケーブルの船積

Photo. 3.9 Shipping of the cable.

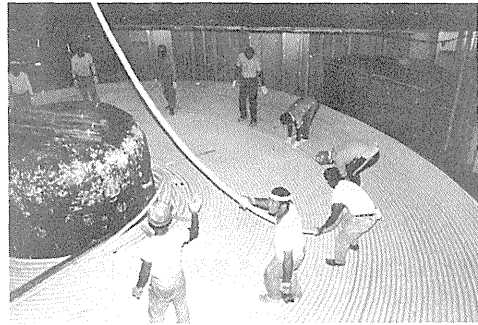


写真 3.10 ケーブルの船積

Photo. 3.10 Shipping of the cable.

な作業を 7 月 13～19 日までに完了するよう計画を立て、表 3.10 の日程で進めた。3 番タンクへは直径 9 cm、重さ 15 kg / m もある 2 重外装ケーブル (5.2 km) を含む総長 35 km の外装ケーブル (写真 3.9、写真 3.10) とアース用無外装ケーブル 1 km を最後に積み込み、7 月 19 日全ケーブルの積載を完了した。更に、7 月 19 日予定通り接続作業も完了し、7 月 20 日午前中ケーブル 155 km に接続された全システムを NEC が船内に設置した受信復調装置と気象研が持ち込んだ電源装置を用いて通電して、主として伝送波の総合試験を実施した。この結果、これまで擬似回路による試験と計算によって行ってきた予定レベルで S / N も予定通り受信できることが確認され、布設への出港準備はすべて完了した。

4.3 試走・無線標識等の開設

7 月 21 日黒潮丸は電電公社のスケジュールで名古屋港へ向け横浜を出港した。7 月 25 日早朝研究所立会者および NEC の調整者も乗船の上、名古屋港を出港し、先端装置の布設予定地点へ回航した。図 3.20 に示す位置に沖合での布設ルートに対する船位測定精度向上の目的のレーダーブイ 3 個を布設し、米国海軍衛星航法システム (NNSS) で位置確定作業をした。次に全予定ルートに沿って布設自動化システムの動作確認と船内連絡体制のリハーサルと、海域の流向・流速と測深を行い、本布設工事の安全確実をはかるルート試走を行った。一方、陸上では図 3.20 に示す電電公社の無線中継所の 2 ケ所に精密電波測定装置 (APIX) の従局を開設し、保守要員も登山させて期間中ワッチ態勢をとり、陸岸 (50 km 以内) の船位測定精度向上を図った。

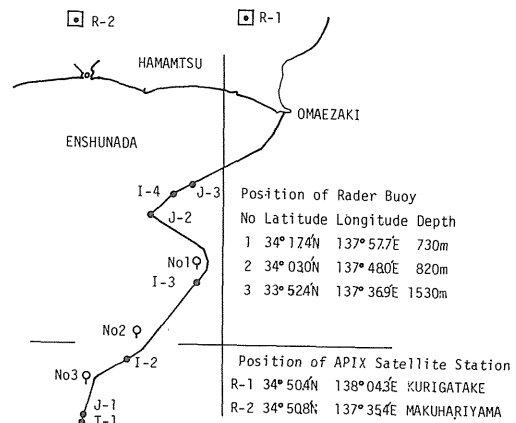


図 3.20 レーダーブイおよび APIX 従局の位置

Fig. 3.20 Positions of radar buoys and APIX stations.

御前崎中継所（測候所）にはSSB無線電話移動局を開設して、作業の連絡を密にしその円滑化を図った。また、ケーブル陸揚げに必要な陸上工事班も7月27日より御前崎に待機した。

4.4 沖側（第1回）布設作業

(1) 先端装置の布設

7月27日早朝5時15分より先端装置の布設作業を開始（写真3.11，3.12）し、作業経過は表3.11のように実施された。先端装置は、作業時間22分で水深15mまで沈下させて一旦中止して、船位修正

表 3.11 作 業 経 過 状 況

(1) 第1回布設

昭和53年7月27日（木）晴

05:00	作業準備開始（前日より先端装置設置付近に漂泊）
05:15	先端装置、移動用フォークで船尾に移動
05:21	先端装置吊り上げ開始
05:30	“ 船尾シーブ下に吊り下げ完了
05:34	“ 着水
05:37	“ 15m沈下後設置位置調整のため沈下一時中止
06:02	“ 沈下開始（沈下速度1ノット）
06:28	“ 500m沈下（ “ ）
06:34	“ 650m沈下本ケーブルとシーアースケーブルをブリフォームドストッパーで固定
06:56	シーアースを船尾甲板にて本ケーブルに固定
07:01	シーアース着水、設置位置確認のためNNS待ち、沈下一時中止
09:17	ケーブルくり出し長1,006m水深2,092m
09:34	2kmマークシーブ通過
09:36	沈下速度1ノットにダウン
09:37	ケーブルエンジンストップギヤ切替
09:40	ギヤ切替完了
09:45	スローで沈下開始 入水角55°
09:50	あと30mで着底
09:51	あと15mで着底
09:52	着底 水深2,202mケーブル繰出し長2,245m
09:53	布設開始
13:23	中間点装置（I-2）シーブ通過
14:04	I-2着底
17:22	ピンガーレッコ
17:24	I-3シーブ通過
17:48	I-3着底
21:27	第1回布設端末シーブ通過、アイドルケーブル布設開始
22:03	アイドルケーブル布設完了
22:54	ブイ設置

(2) 第2回布設

昭和53年8月6日(日)晴

05:40 陸揚沖抜錨
 06:15 陸揚沖到着 目標ブイ設置待ち
 06:38 船固め投錨
 06:46 船固め完了(水深10m)
 06:55 陸揚準備完了(朝食)
 07:35 陸揚開始
 08:45 500mマークシーブ通過
 08:57 ケーブル海浜の金車まで到着(ケーブル繰出し長605m)
 09:35 ケーブル陸揚マンホールに到着(" 687m)
 09:55 陸揚完了(ケーブル繰出し長710m)
 10:41 永久ストッパー取付完了 ルート修正開始
 11:06 ルート修正完了(ケーブル繰出し長681m)
 11:32 バルンブイ撤去完了
 12:30 布設準備開始
 12:42 布設開始(回頭)
 21:16 I-4着底
 22:05 レーダブイ収容(内火艇)
 22:48 ブイ, アンカー収容, アイドルケーブル捲揚開始
 23:14 給電停止
 23:36 第1回布設のケーブル端末船首甲板に上る
 24:00 ケーブル端末接続室へ
 7日 00:45 最終接続前テスト開始
 01:34 最終接続前テスト完了
 01:40 最終接続開始
 04:05 最終接続完了
 04:35 ポリブデン注入完了
 04:59 最終接続点シーブ通過
 05:36 最終レッコケーブルシーブ通過
 06:36 最終レッコ(水深740m)

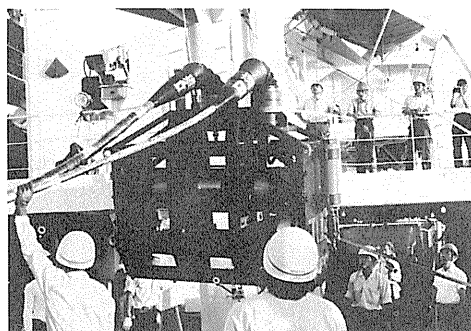


写真 3.11 先端装置の本布設

Photo. 3.11 Laying of the terminal apparatus.



写真 3.12 先端装置の本布設

Photo. 3.12 Laying of the terminal apparatus

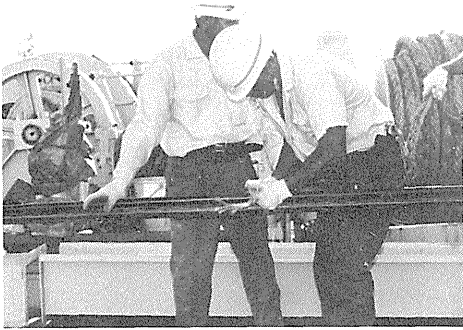


写真3.13 シーアースケーブルの布設
Photo. 3.13 Laying of the sea earth cable.

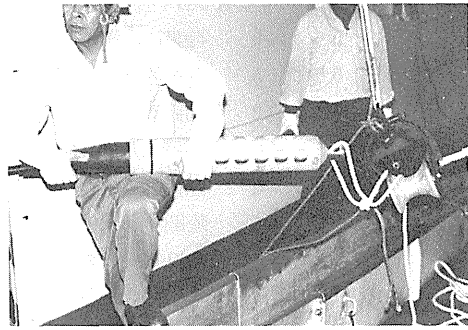


写真3.14 シーアースの布設
Photo. 3.14 Laying of the sea earth.

航行を行った。6時02分より再び沈下を再開してアースケーブル1 kmをメイン（高張力）ケーブルに麻縄で約5 m間隔（写真3.13）で捕縛しながら沈下し、330 mと660 mに図3.21に示すようなプレフォームド・ストッパーによる固定を2箇所行った。アースケーブル端末は同じく図3.21のように固定した。この場合、アース電極（写真3.14）とストッ

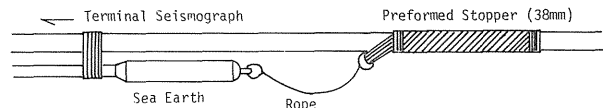
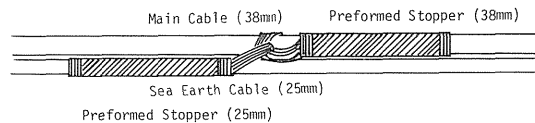


図3.21 シーアースケーブルの捕縛(上)とシーアースの取付け(下)
Fig. 3.21 Seizing of the sea earth cable (upper) and of the sea earth (lower).

パーの間を結ぶロープにはシーフ通過の際無理な力が電極に加わらないように充分ゆるみをつけた。アース電極入水時点（ケーブル長1,006 m）で更に位置を確認後ケーブル長2,100 mまで約2ノットの繰り出し速度（20分間）で一気に沈下させ、ピンガーにより海底までの位置を監視し、80 mの位置でドラムエンジンのギヤーをスローに切換えて繰り出し9時52分無事水深2,202 mの予定した海底へ布設した（写真3.15参照）。

(2) 海底部装置の船上監視

船上ではアース電極が海水に入った時点から船内の仮設電源装置から送電を開始し、受信復調装置で受信して伝送波を、選択レベルメータとスペクトラムアナライザー（写真3.16）を用いて監視すると共に、地震波形は復調して記録器（写真3.17）で監視（ジンバルおよび振子クランプがされている）した。この結果、着底

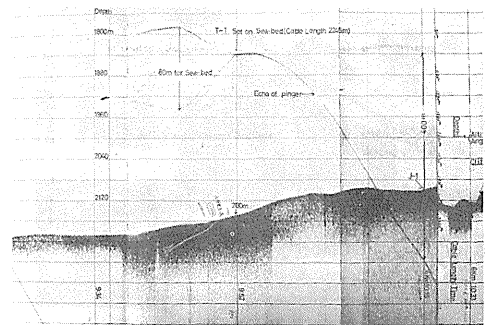


写真3.15 先端装置着底時のピンガー記録
Photo. 3.15 Echo of pinger of the terminal apparatus at the moment of reaching the sea bottom.

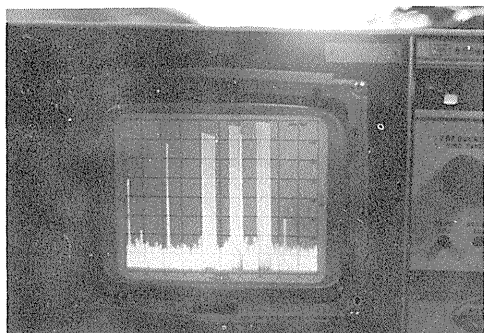


写真 3.16 スペクトラムアナライザーで見た
FM-FDM信号
Photo. 3.16 FM-FDM signals observed
with the spectrum analyzer.



写真 3.17 布設中の地震計出力
Photo. 3.17 Output of the seismograph
in the laying work.

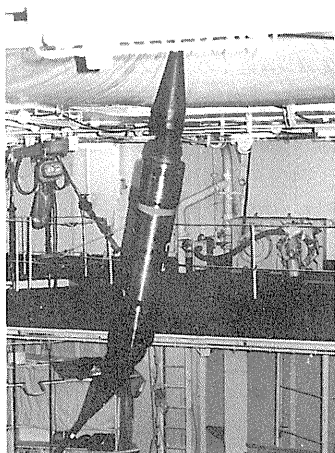


写真 3.18 中間点装置の布設
Photo. 3.18 Laying of the intermediate
apparatus.

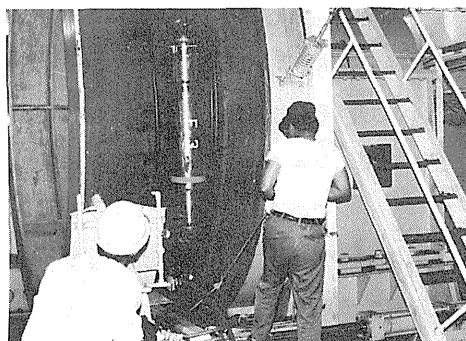


写真 3.19 中間点装置の布設
Photo. 3.19 Laying of the intermediate
apparatus.

時の軽いショックが確認されると共に、着底後は非常に静かになった。これ以降は、中間点装置が船内布設装置を通過（写真 3.18・写真 3.19）する際、衝撃で地震計センサーがサージ起電力（リミッターは入力回路に入れてある）を発生し生きている増幅器に入力して、予期しない障害とならないよう、念のため電源を切った。入水後はまた、直ちに送電を再開して最終レコ用カップリングが布設される2時間前まで続けた。このカップリング内のテールケーブルはシールして、カップリングにはキャップをしてポリブデンオイルを注入して海水の侵入を防止した。

(3) 中間点装置の布設

先端装置着底後ケーブルを約30m繰り出し引きずりの防止をはかった。その後は、船速とケーブル繰り出し速度をほぼ同じ2.7ノットで布設した。高張力ケーブル4kmの終端のジョイントボックス（写真 3.20）J-1が入水した時点までをピンガーの記録から算出すると、図 3.22 に示すように

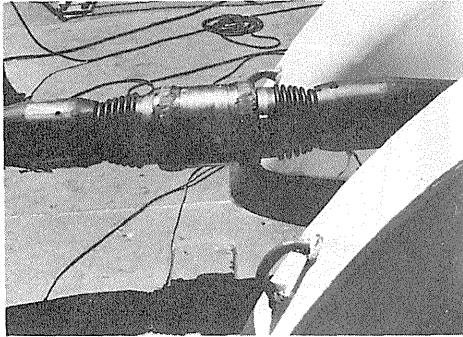


写真 3.20 ジョイントボックス
Photo. 3.20 Joint box to joint another kind of cable.

直距離 2,600 m に対してケーブルが 4,000 m 繰り出されていることになり、スラックが十分入り第 1 回りハーサルの時の様なケーブルを張ったと考えられる振動が地震記録に現れ

なかった。それ以降は、4 ノット前後でルートに沿って布設を続け、中間点装置がケーブルタンクを発射してドラムエンジンとシーブを通過するまでは 1 ノット程度に落とした。特に中間点装置がドラムエンジンで落下しないよう、ドラムエンジンの上部からケーブルが 1 回巻きつくまで、ケーブルタンク内で人力によりバックテンションを加えた。沖から 3 番目に布設した中間点装置には、図 3.23 に示すように位置確定のためのピンガーを取り付け布設した。

沖側布設は、本ケーブル端末カップリングの先にアイドルケーブル 3 km とマシュルームアンカーとパイロブとブイにレーダーブイをつけて、7 月 27 日 22 時 54 分布設を完了した。

4.5 着底位置の確認とレーダーブイの揚収

7 月 28 日、先端装置 (T-1) と中間点装置 (I-3) に付設したピンガーによる着底位置の確認走航を行った。設置付近を図 3.24 に示すように船位を測定しながら 3 方向から走航 (図の点線) し、最も接近した時の船位を測定し、その垂直線 (図の実線) に T-1 および I

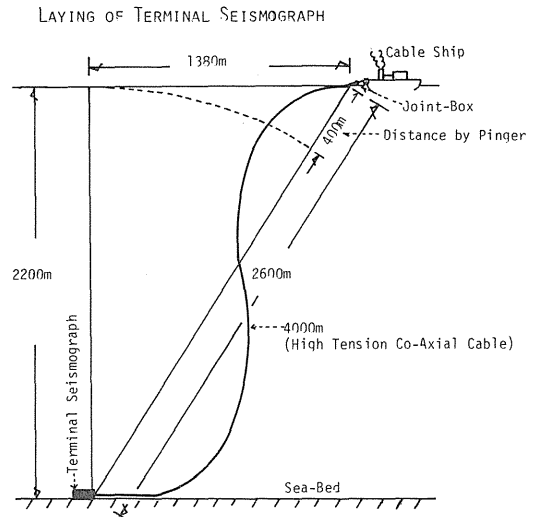


図 3.22 先端装置近くのケーブルスラック

Fig. 3.22 Slack of the cable near the terminal apparatus.

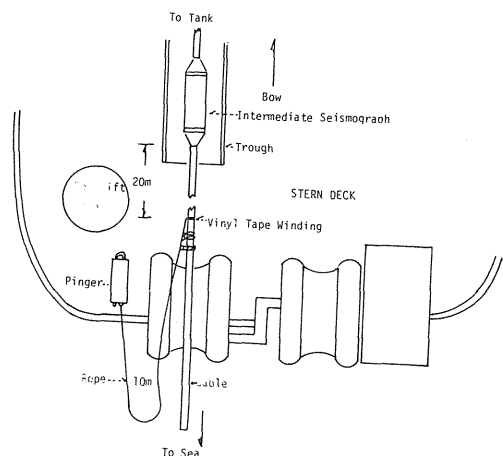


図 3.23 中間点装置へのピンガーの取付け

Fig. 3.23 Pinger to determine the precise location of the intermediate seismograph.

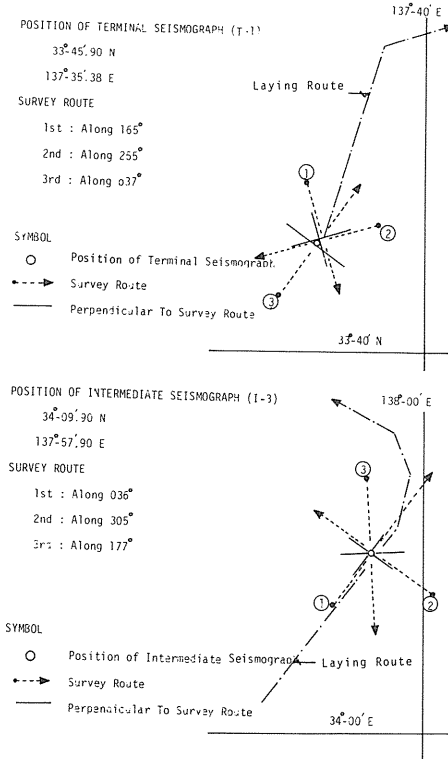


図3.24 地震計位置の測定

Fig. 3.24 Measurements of the precise locations of the seismographs.

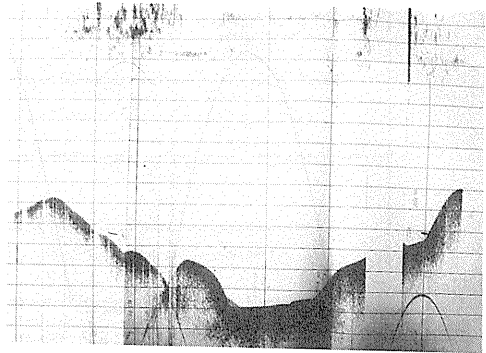


写真3.21 地震計位置測定時のピンガー記録

Photo. 3.21 Echo of pinger during the measurement of the location of the seismograph.

— 3があるとして3方向からの交会法により着底位置を決定した。この時の船位はレーダーブイ・APIX・NNS S・ロランを併用して決定した。この時のT-1ピンガーからの発信記録は写真3.21に示す。また、記録を整理したものを図3.25および図3.26に示す。音波が屈折経路を取らない（実際は温度分布で曲る）と仮定すると、T-1はNo.2コースに対してNo.

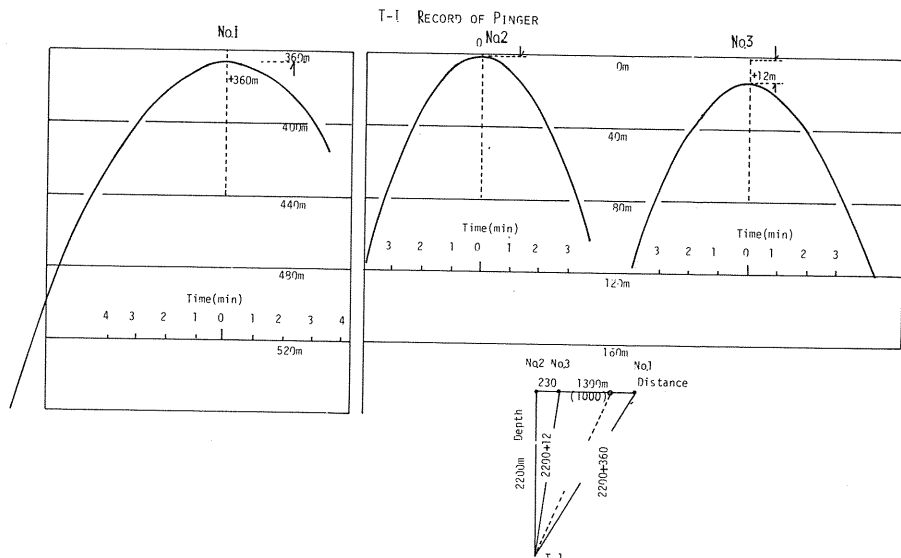


図3.25 先端点地震計位置測定時のピンガー記録

Fig. 3.25 Echoes of pinger when the location of the terminal seismograph was measured.

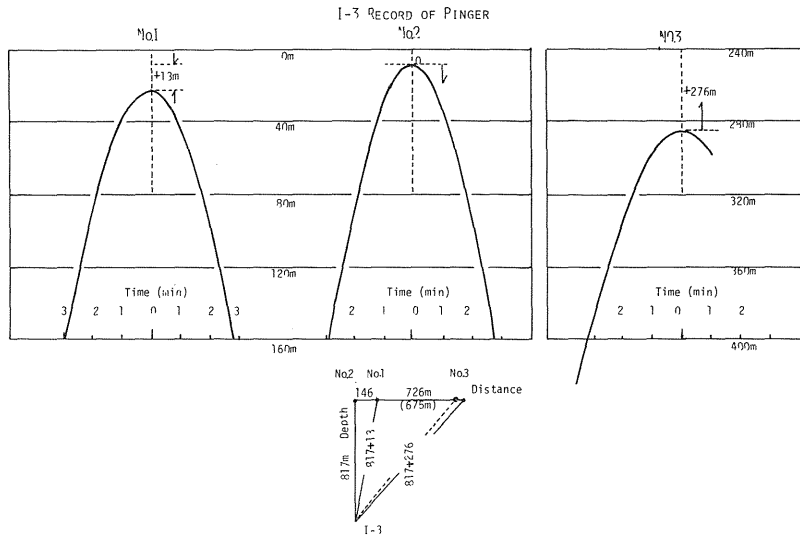


図 3.26 中間点地震計位置測定時のピンガー記録

Fig. 3.26 Echoes of pinger when the location of the intermediate seismograph was measured.

3が水平距離で230 m, No. 1が1,300 m離れていたことになる。また, I-3はNo. 2コースに対してNo. 1が水平距離で146m, No.1コースが726 m離れていたことになる。両方式の誤差は100 ~ 300 mの範囲で実際に海底に設置されている位置が確認され, 震源決定にも精度が期待される。位置決定走航後, レーダーブイの撤収を行った(写真3.22)。布設開始より期間中神戸海洋気象台の春風丸(373トン)には航路警戒等の援助を受け全庁的な作業として実施された。

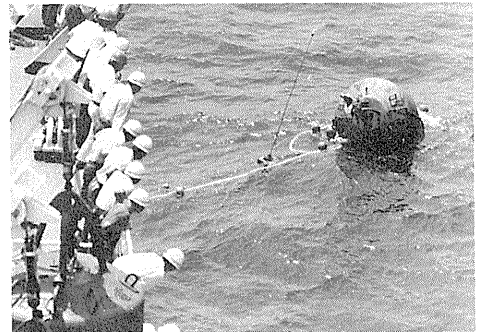


写真 3.22 レーダーブイの撤収

Photo. 3.22 Radar buoy.

4.6 陸側(第2回)布設作業

(1) ケーブルの陸揚げ

7月29日より御前崎の遠州灘側の予定海岸からケーブルの陸揚げを実施しようと接岸したが, 台風7号によるうねりが海岸に押し寄せていて, 接岸作業が困難で作業を断念した。その後, 台風7号の南方沖からの北上, 台風8号の東支那海から日本海側通過と重なり, 全く作業ができないばかりでなく, 7月31日から8月4日まで伊勢湾内へ台風避難をした。

8月5日より作業を再開し, 第1回布設端末のブイの確認(台風による流出を懸念した)とケーブ

ル端末を捲き上げ位置の修正を行った。8月6日早朝、陸揚沖合 600 m（電電公社として最大距離）、水深10mに船首と船尾のアンカーで船固めを行った。潮流による船の移動防止や回頭支援をするため、大型タグボートを近くに待機させた。7時35分船首から先端に俵ブイ3個（写真3.23）をつけたケーブルを繰り出し、以後バルンブイを約10m間隔に取り付け、その先を作業艇（写真3.24）でけん



写真3.23 ケーブルの陸揚

Photo. 3.23 Landing of the cable.

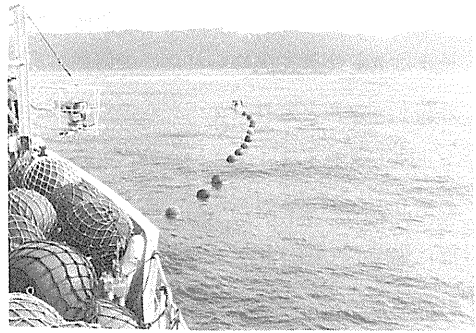


写真3.24 ケーブルの陸揚

Photo. 3.24 Landing of the cable.

引した。作業艇はうねりのくだける手前、岸から150 m位まで接近した。先はダイバー2人がメッセンジャー・ロープを持って岸に泳ぎ着き、そのロープを海浜部のストッパーに取り付けた金車を介してブルドーザーでけん引し、海浜まで重い2重外装ケーブルを引き揚げた。

海からマンホールまでは、道路下のヒューム管を通し、マンホールの横に設置したウィンチで引き上げ、余長をマンホールの周囲で取り、端末をマンホールに入れ海岸中継所からマンホールまできているケーブルと仮接続を行った。仮接続完了後は海岸中継所の給電装置から送電を開始し、中間点装置I-4のテストを開始した。

ケーブル陸揚げの概要は、図3.27と写真3.25に示す。

陸揚げされたケーブルは、ケーブルにステンレスのプレフォーム・ストッパーを取り付け、チェーンで海岸に構築したコンクリート・ストッパー台に固定した時点で船のドラムエンジンで捲き戻し（最大張力15トン）、潮流で岬先端方向に大きく円弧していたケーブルをほぼ直線に張り、ルート修正をした後直ちにダイバーによりバルンブイの紐を切り、水底に布設した。

汀部のケーブルは、別の業者により埋設しないうちに防護工事が開始された（別項で述べる）。

バルンブイを船上に回収し11時32分、一つの山であるケーブルの陸揚げ工事を完了した。

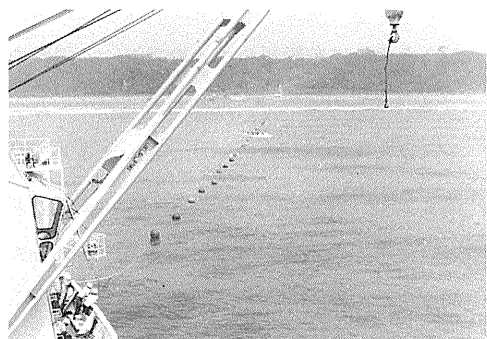


写真3.25 ケーブルの陸揚

Photo. 3.25 Landing of the cable.

(2) 陸側布設

アンカーを揚収し、船首・船尾のスラスターとタグボートの支援を受けて船首を 180° 回転して、船首から外装ケーブル（35 km）の布設を開始した。

外装ケーブルは2～3ノットで布設され、ルートはAPIXで決められたので精度は高い。外装ケーブルと無外装ケーブルの接続はジョイントボックス（J-3）で行い、外装ケーブルの燃りがシーブを離れた無外装ケーブルの接続部に集中して無外装ケーブルを振りきらぬよう、耐燃回ロープ工法が取られた。

この工法は、ジョイントボックスの手前100 mから別のドラムエンジンで操作されたロープに外装ケーブルを捕縛し、張力を移しジョイントボックスへ燃回力がかからぬようにして、ジョイントボックスを船外に出し、更に無外装ケーブルを無張力のまま100 m程繰り出し、徐々に張力をケーブルに戻し、最後にロープを船上で切断した。

無外装ケーブル8 kmを3～4ノットで布設後、中間点装置（I-4）を第1回布設の場合と同様の手順で21時16分に着底（水深722 m）させた。

(3) ケーブルの洋上最終接続

最終ピースの無外装ケーブル12 kmの布設の途中で沖側布設の端末に設置したブイを収容し、引き続きブイロープとアイドルケーブル（3 km）の巻き取りを行った。この作業と同時にケーブル末端が合うように布設ケーブルのスラック調整を行った。

8月6日23時36分、沖側布設されていたケーブル末端のカップリングを船上の接続室に収容し、キャップを開き高粘度のポリブデンオイルを抜き取り、船上の給電装置で $T_1 \sim I_3$ の間に150 mAの電流を流し、導通と絶縁試験をした。更に、ジョイントボックスのテールケーブルどうしの仮接続を行い、海岸局から全システムに給電（150 mA）して絶縁試験を手始めに、伝送波のレベルと周波数の測定をして確認を行い、給電を切った。以上の試験が良好であったので、本格的なT-T接続を専門技術者によって行い、テールケーブルが接続された時点で海岸局から給電し、レベルと周波数を確かめ、その良好なことの報告を受けた上でジョイントボックスにカップリングをセットしてポリブデン

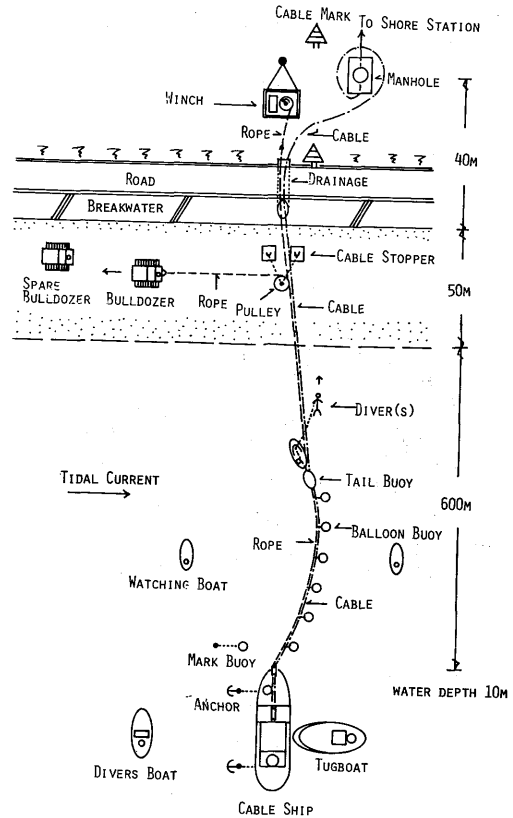


図 3.27 ケーブルの陸揚げ工法
Fig. 3.27 Landing work of the cable.

オイルを注入し、接続を7日04時35分に完了した。

洋上最終接続の概要は、図3.28に示す。接続の完了した両端末ケーブルは、プレフォームドストッパーで固定されたロープに張力を移し、両端末ケーブルをドラムエンジンからはずし、両方のロープを徐々に繰り出しケーブルが輪に近くなるまで繰り出した。ここで先取りロープを両ケーブルに固定し、そのセンターにロープをかけてドラムエンジンにセットした。ドラムエンジンを少々捲き戻し、ケーブルの張力をこの1本のロープに移し、ケーブルを船外に繰り出し両スリッロープは斧で同時にカットした。ドラムエンジンでロープを300 m（水深519 m）繰り出したところで

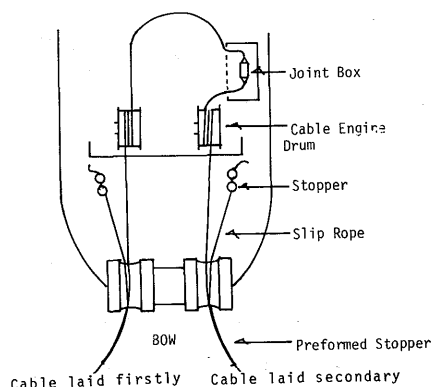


図3.28 両ケーブルの洋上最終接続およびその布設
Fig. 3.28 Connecting and laying of both cables.

ロープをカットして、最終接続用ジョイントボックスの布設を終わり、8月7日6時36分で半月に及んだ布設工事を無事完了し、7日の15時30分に横浜海工の岸壁に帰港した。

(4) 汀部のケーブルの本接続

陸揚げされたケーブルは布設過程での試験で仮接続を行っていたが、海側工事完了の時点で給電を中止して仮接続を一度切り離した。ケーブルを移動する汀部のストッパーとマンホールの間の外装ケーブルの完全埋設工事の完了を待って、陸上管路部のシールド付同軸ケーブルと海底部からの外装シールド付同軸ケーブルとの本接続を行った。

8月10～12日にかけOCCが機材を持ち込み、導体部2層、シールド部3層の溶接と絶縁部5層のモールドを行い、必要なレントゲン写真検査等も行って、ケーブルは海岸局から海底まで完全に通しとなった。

4.7 ケーブル防護工事

御前崎の遠州灘側の海岸は前述の通り距岸2 kmまでは1/70～1/100，2 km～3.5 km まで1/100，3.5 km～6 kmまで1/250程度の遠浅で1 kmまでは砂に掩われているがその先は砂が薄く軟岩（第3紀頁岩）が露出していて、潮流も1ノットを越えることの多い海岸で、特に台風時の大波では一夜にして海岸の様相が変わると言われる荒磯で、汀部のケーブルの防護には可能なかぎりの防護施工をした。

一般には汀部水深50 m（波浪による水の動きが生ずる限界）までは何等かの防護が必要であると言われ、簡単で有効な工法は1 m程度の埋設である。しかし、この汀部は全般に砂が薄く、流失する危険があり、埋設の効果は余り期待できなかった。そこで、この方面でのノウハウの多い国際電信電話株式会社（以下KDD）の海底線建設本部の技術者の協力を得て、砕波帯には第3.29図に示すような鍍鋼（S

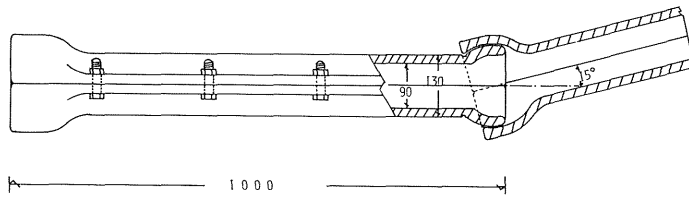


図 3.29 ケーブル保護管

Fig. 3.29 Protectors for armored cable near the shore.

C-42) 製で長さ 1 m 内径 9 cm 重さ 33 kg (半分) の組み合わせ防護鋼管をセットすることにした。防護管は 300 組、長さにして 270 m (相互咬部 10 cm) を用意して海底の状況に応じて装着することにした。

ケーブルストッパーから水深約 2 m になる 126 m の間はケーブルの自重沈下の進まないケーブル陸揚げ直後から防護管 140 組の装着を 2 日間で行った。施工は引き潮時とユンボの海中作業能力範囲を活用し、この間ダイバーを多く投入して行った (写真 3.26 参照)。8 月 8 日以降は、まずケーブルの布設状況を潜水して目視調査すると同時に、写真又は、8 mm 映画に収め、その状況により工事を進めた。ケーブルがブリッジ状になっていて、作業船で引き揚げてルート修正の可能なところはルート修正を、不可能な場合は防護鋼管のセットかサドルによる固定工事を行うこととした。突出した岩でブリッジ状になっている箇所のルート修正を試みたが、キンクを起し易い外装ケーブルはスラックなしで布設しているため、引き揚げても元に戻り実効がなかった。この工事は 8 月 6 日から荒天による一時中止を含め 9 月 27 日に終了した。

防護の状況は図 3.30 に示す。ケーブル 1,000 m までの海底は砂であるが、層が薄いため大型埋設機の導入は困難であった。そこで小型なハンドジェット (高圧水流) 埋設機 (写真 3.27) による埋設を行い、50 cm 程度のケーブル埋設がされた。1,000 m ~ 2,200 m の間の岩露出部には主として防



写真 3.26 ケーブルの防護工事

Photo. 3.26 Protection work for the cable near the shore.



写真 3.27 ケーブルの防護工事

Photo. 3.27 Protection work for the cable near the shore.

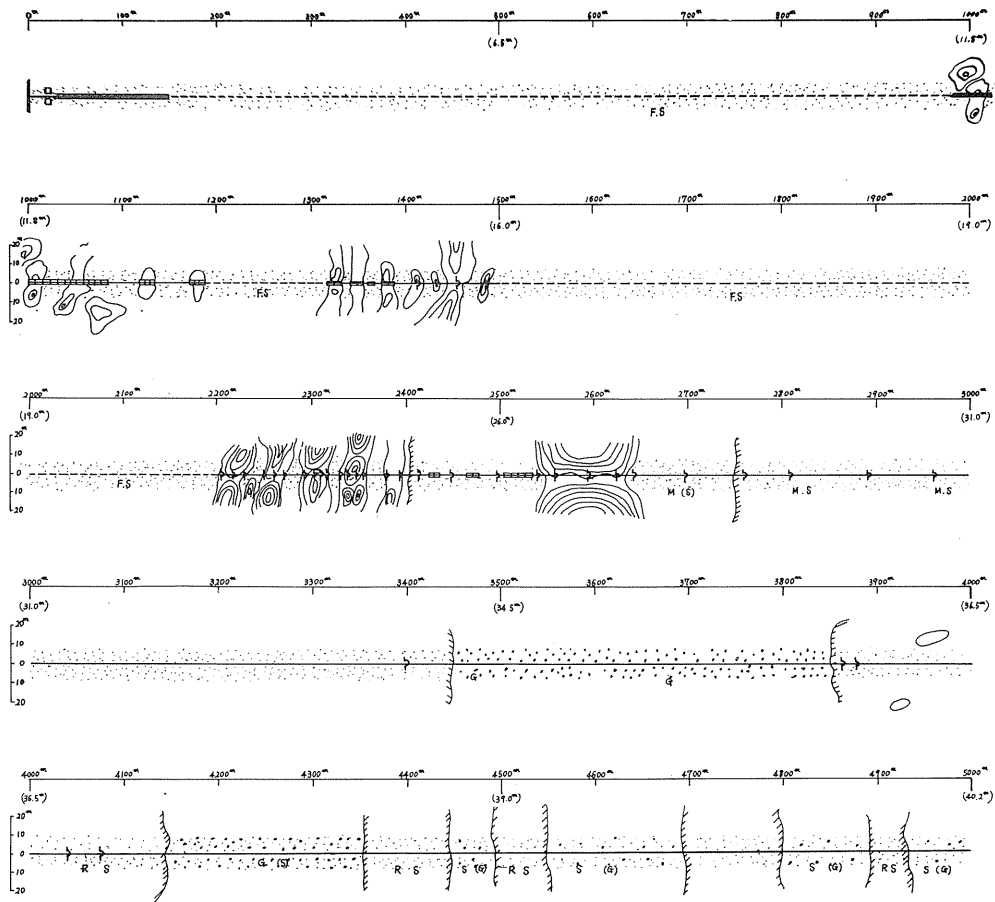


図 3.30 ケーブルの防護区間

Fig. 3.30 Protection and fixation of the cable near the shore.



写真 3.28 ケーブルの固定

Photo. 3.28 Fixation of the cable near the shore.

護鋼管で防護し、埋設可能な部分はハンドジェット埋設をした 2,200 m から 2,700 m (水深 28 m) の間は露岩が多く、高い部分はサドルで固定 (写真 3.28)、低い部分には防護鋼管をセットして防護鋼管 300 本を装着し尽した。2,700 m ~ 3,500 m の間はテーブル状の岩で砂が薄く乗っている程度で、岩がもろくサドルの取付けが困難となった。一方、水深も 30 m を越え、潮流も早く、作業現場は一般船の航路に直行し大型船を含め船が多く、これによる危険も多くなり作業は困難となってきた。ケーブル長約 4,100 m (水深 37 m) のサドル留めを最後に防護工事は終わった。工事完成後の状況として 100 m 毎に水中写

真を撮り、更に8mmカラーで全般の状況が把握できるよう撮影を行って、今後の状況変化が判別できる資料を作成した。

4.8 海底部装置本布設ルート状況

海底部装置が布設された位置および付近の海底地形の平面図(図3.31)と、このルートを横切る海上保安庁水路部によって測量されたプロファイラー測深機による記録(水路部より提供を受ける)を図3.32～3.35に示す。

平面図測線と断面図の番号は対応して、断面図の番号の下に矢印がケーブルの位置を示す。平面図の破線区間と断面図の黒三角マークの区間がこれに対応している。測線No. 3～No. 9の西側に天竜海谷の支谷に相当する海谷の一部が見られる。測線No. 18～No. 27にかけては東側に傾斜面がある。測線No. 27～No. 33の間は全般に起伏が激しくなり、No. 29の一部に堆積層が見られる。

この結果、地震計の設置位置はI-4(測線No. 10)、I-3(測線No. 19)、I-2(測線No. 27)、T-1(測線No.

33)共に地形的に厚い堆積層は認められず、海底観測点としては適地と考えられる。布設作業時の海底部装置の布設状況は表3.12に示す。各海底部装置の入水時間と地震計の記録(写真3.29)に現われた着底時間との差と、この時間内に走航した水平距離と深さから算出した斜辺長(図3.36)をケーブル相当長(実長はスラックがある)とすると、中間点装置が布設船のシーブを離れた時点の位置から着底までに移動する距離は、I-2は223m、I-3は112m(着底位置はピンガーで実測)、I-4は148m前方に落下着底したことが推定される。着底時のケーブルの入水角の実測平均値と着底時の推算平均値との差I-2で 4.2° 、I-3で 2.5° であった。本海底地震観測システムは、観測点I-2、I-3、I-4の3点は海底地形と布設上の困難さの許す範囲で三角形に配置して地震のロケーションも可能なように配置した。このためケーブルが90度以上曲っている地点を2箇所取ったことと、

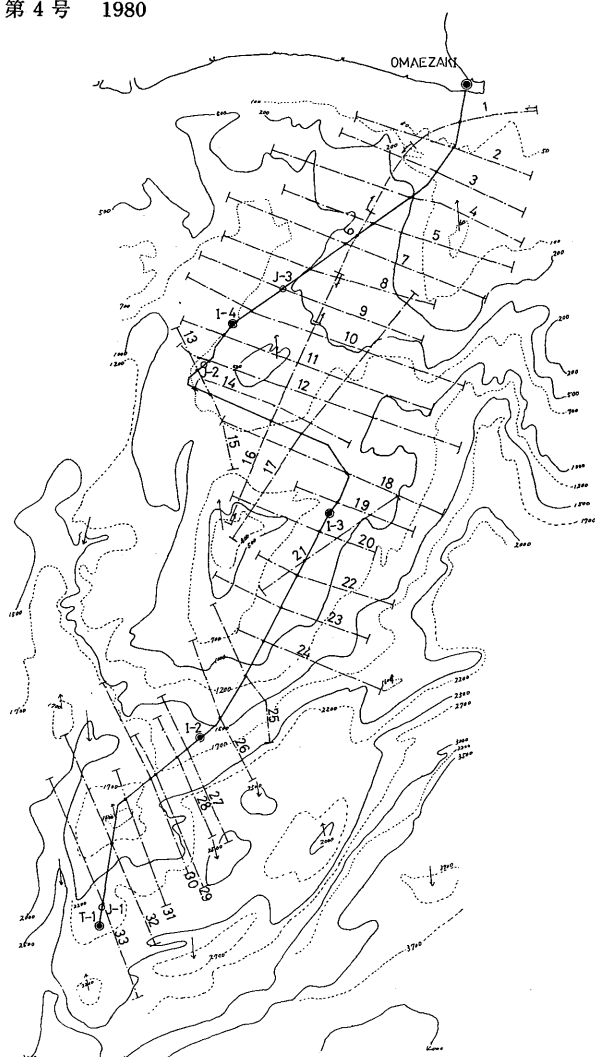


図3.31 ケーブル周辺の海底地形(水路部提供)

Fig. 3.31 Topography around the submarine cable.

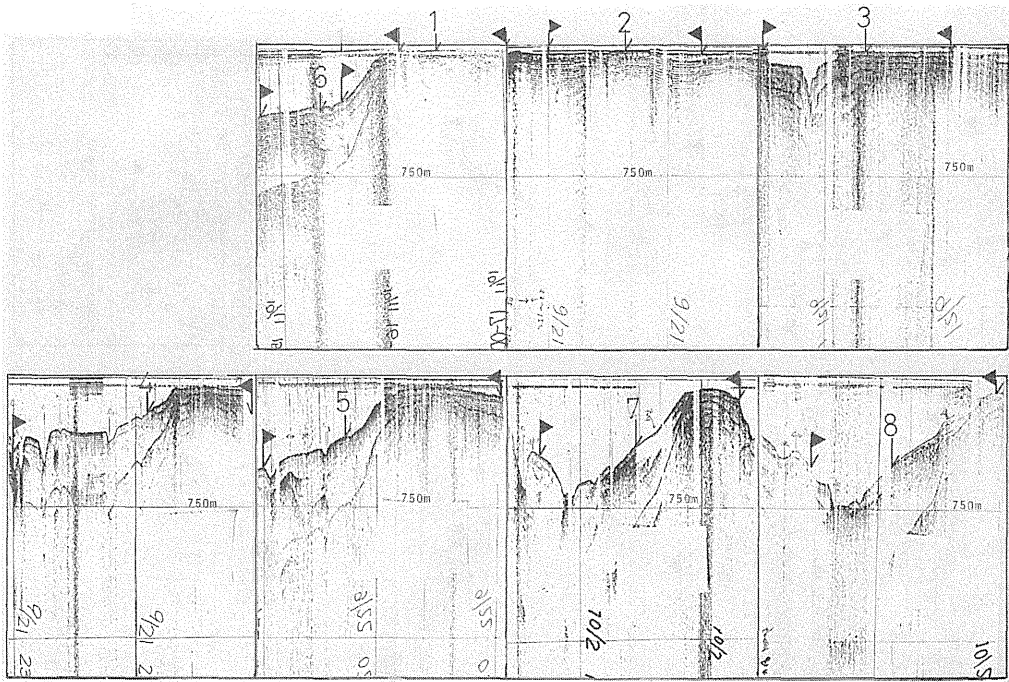


図 3.32 図 3.31 に示した調査ルート of 断面図 (水路部提供, 図 3.35 まで)
Fig. 3.32 Cross sections along the survey routes in Fig. 3.31.

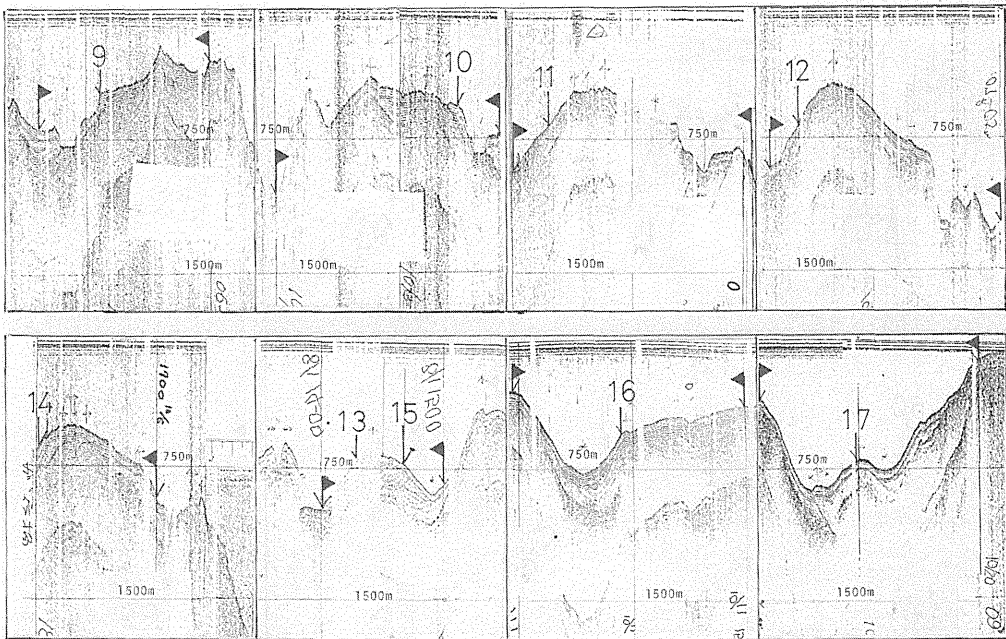


図 3.33 図 3.31 に示した調査ルート of 断面図
Fig. 3.33 Cross sections along the survey routes in Fig. 3.31.

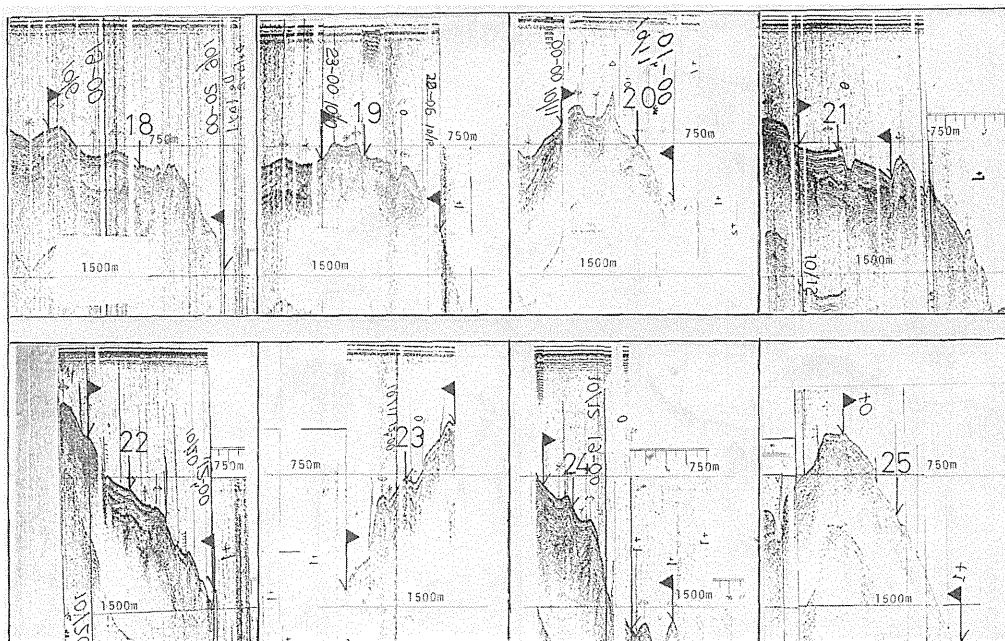


図 3.34 図 3.31 に示した調査ルート断面図(水路部提供, 図 3.35まで)

Fig. 3.34 Cross sections along the survey routes in Fig.3.31.

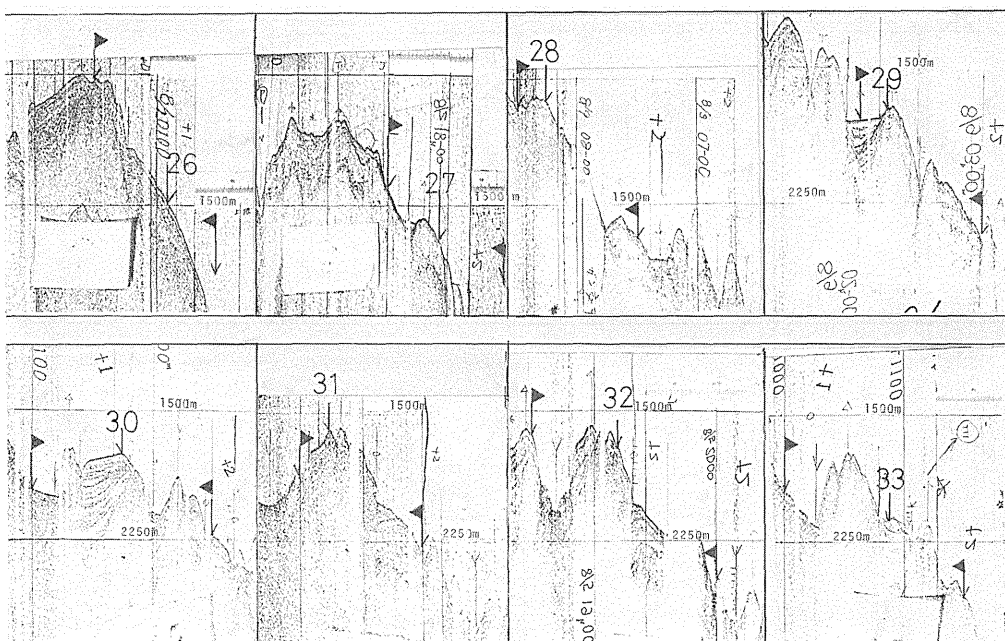


図 3.35 図 3.31 に示した調査ルート断面図

Fig. 3.35 Cross sections along the survey routes in Fig. 3.31.

表 3.12 海底部装置の布設状況

	入水（シープ通過）時刻	着底時刻	入水～着底時間	水深	筐体の落下速度	布設方式	測定平均入水角	着底時の推算入水角
T-1	7月27日 05:32	09:52	min 292	m 2,202	m/min 着底前30mより 10 (0.32ノット)	船尾より つり下げ 沈下布設	—	78.8°
I-2	7月27日 13:23	14:06	43	1,542	平均 35.9 (1.16ノット)	船尾 航行布設	12.5° (差4.6°)	16.9°
I-3	7月27日 17:24	17:48	24	817	平均 34.0 (1.10ノット)	船尾 航行布設	13.5° (差2.5°)	16.0°
I-4	8月6日 21:02	21:16	14	722	平均 51.6 (1.67ノット)	船首 航行布設	船首布設 で測定なし	23.2°

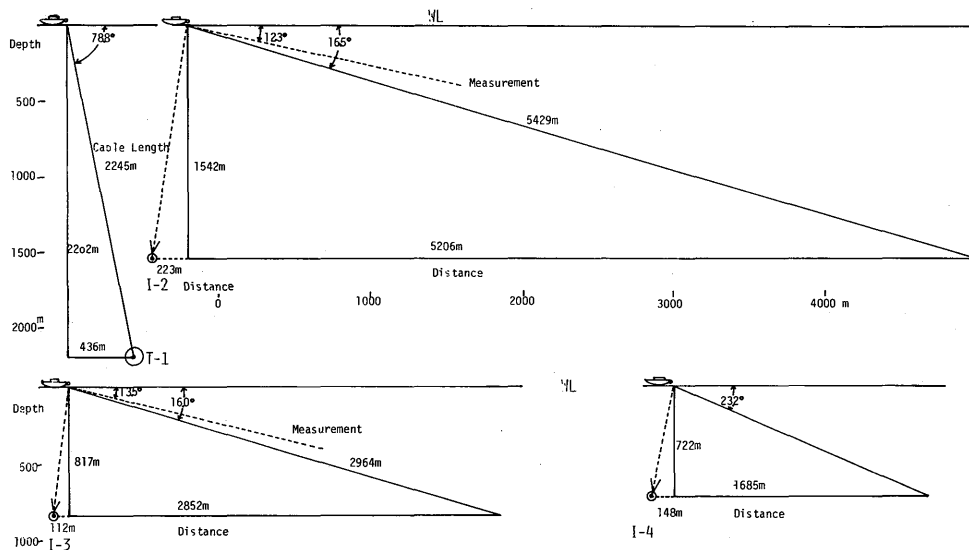


図 3.36 各装置の着底位置

Fig. 3.36 Seabed positions of the apparatus.

布設工事の行程の段階でケーブルの割込み直接接続による長さ調整が困難（黒潮丸は無外装ケーブルの中心導体を圧着接続する等の装備がない）なため、当初からケーブルスラックは多目にとっていたこともあり、布設後の全ルート平均スラックは13%（最終接続のスラック2.5km×2を含む）となった。この詳細は布設ルート変針点と共に表3.13に示す。

布設ルートに沿って実測された測深機の沖側（第1回）布設の測深図は写真3.30に示す。これに

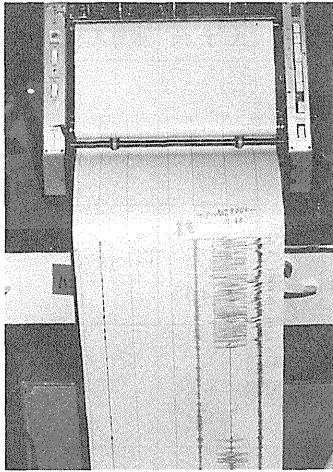


写真 3.29 装置着底時の地震計出力
Photo. 3.29 Output of the
seismograph at the moment
of reaching the sea bottom.

よると、T-1 から I-2 に至るルートで急傾斜が予想され、黒潮丸で再調査した海域のケーブル通過ルートの最大傾斜は 18° 以上、比高 86 m であることが確認された。その他は大きな傾斜はなく、平均的に浅くなり、大地震時の海底地送り等による事故は少ないものと考えられる。陸側布設の I-4 付近の測深図は写真 3.31 に示す。

布設された先端装置 (T-1) 1 台、中間点装置 (I-2, I-3, I-4) 3 台、ジョイントボックス (J-1, J-2, J-3) 3 台の位置、水深および方向は表 3.14 に示す。

表 3.13 布設ルート変針点等

変針点等	位 置		設計変針点等の偏位
T-1	$33^{\circ}-45.90' N$	$137^{\circ}-35.38' E$	386 m
1	" - $53.40' N$	" - $38.40' E$	185
2	" - $57.60' N$	" - $46.80' E$	0
3	$34^{\circ}-11.00' N$	" - $58.90' E$	185
4	" - $12.30' N$	" - $59.80' E$	590
5	" - $14.50' N$	" - $58.60' E$	459
J-2	" - $20.76' N$	" - $49.50' E$	2,905
I-4	" - $23.05' N$	" - $52.50' E$	93
7	" - $30.00' N$	$138^{\circ}-08.85' E$	76
8	" - $32.40' N$	" - $11.50' E$	153
S	" - $35.75' N$	" - $12.80' E$	0
9	" - $19.70' N$	" - $48.30' E$	
10	" - $20.00' N$	" - $48.50' E$	
11	" - $21.20' N$	" - $50.60' E$	
12	" - $21.80' N$	" - $50.85' E$	
13	" - $24.60' N$	" - $55.80' E$	
14	" - $24.70' N$	" - $56.50' E$	

布 設 ス ラ ッ ク

区 間	距 離 (km)		布設ケーブル長 (km)	スラック (%)	
	設 計	実 行		設 計	実 行
第 1 回 布 設 (T-1 ~ J-2)	86.7	89.1	99.0	14	11
第 2 回 布 設 (J-1 ~ J-2)	49.4	47.3	55.0	11	16
全 区 間	136.1	136.4	154.0	13	13

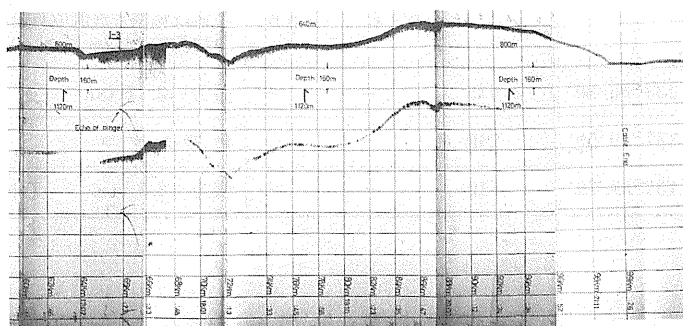
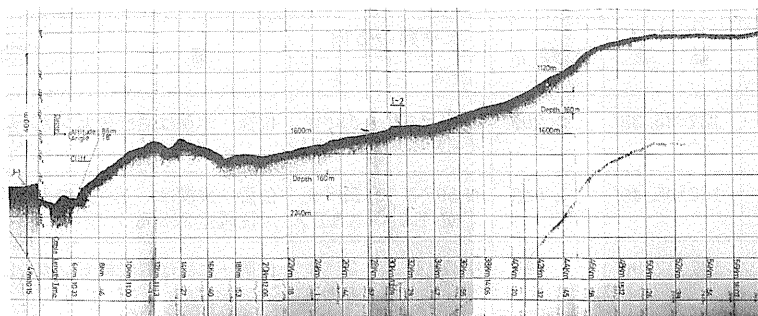


写真 3.30 布設ルートの断面図（沖側）

Photo. 3.30 Cross section of the cable route.

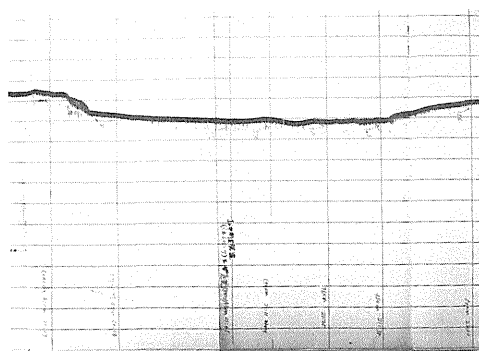


写真 3.31 布設ルートの断面図（陸側）

Photo. 3.31 Cross section of the cable route.

表 3.14 海底地震計の布設位置

装置名	緯 度	経 度	水 深 m	水 平 動 の 方 向		備 考
				+ X	+ Y	
T-1	33° 45. 90'	137°35. 38'	2, 202	E 18° S (E S E)	S 18° W (S S W)	位置・水深は着底後ビンガーにより確認
I-2	33° 56. 80'	137°45. 40'	1, 542	N 59° E (E N E)	E 59° S (S S E)	位置・水深は, I-2 の入水時 (位置差 223 m)
I-3	34° 09. 90'	137°57. 90'	817	N 37° E (N E)	E 37° S (S E)	位置・水深は着底後ビンガーにより確認
I-4	34° 23. 05'	137°52. 50'	722	N 63° E (E N E)	E 63° S (S S E)	位置・水深は入水時の位置 位置は精密電波測位装置による (位置差 148 m)
J-1	33° 46. 90'	137°35. 80'	2, 012	—	—	張力 2.15 ton.
J-2	34° 20. 76'	137°49. 50'	740	—	—	最 終 レ ッ コ
J-3	34° 24. 90'	137°56. 70'	519	—	—	張力 3.3 ton (外装)