

シンガポール電気局納

22 kV ブチルゴム絶縁海底ケーブル

22 kV Butyl Rubber Insulated Submarine Cables for Public
Utilities Board, Electricity Department of Singapore

庄 司 一 夫*	増 岡 信 雄*
Kazuo Shoji	Nobuo Masuoka
大 西 隆 雄*	加 藤 清 夫**
Takao Onishi	Kiyoo Katô

要 旨

日立電線株式会社は 1965 年シンガポール電気局より、記録的な 22 kV 3 心ブチルゴム絶縁一重鉄線がい装海底ケーブル 2 条合計 14,140 m ほかをブコム島への給電用ケーブルとして受注納入した。

本報告はそのケーブル、付属品および布設工事の概要について述べる。

1. 緒 言

シンガポール本島の南西沖約 5 km のブコム島 (Pulo Bukum, 以下 P. B. と略す) にはシェル石油の精油所があり、この島の電力は従来ディーゼルエンジンによる自家発電により供給されていた。今回シンガポール電気局 Public Utilities Board Electricity Department of Singapore (以下 P. U. B. と略す) において P. B. への電力をシンガポール本島側より供給するため、パシルパンジャン Pasir Panjang (以下 P. P. と略す) 火力発電所と P. B. 間に 22 kV 海底ケーブルを布設することとなり、日立電線株式会社はこの海底ケーブルの製造および布設工事一式を受注し 1965 年 12 月無事工完して引渡した。

2. ケーブルおよび付属品

2.1 ケーブル

ケーブルは将来の負荷増大も考慮して所要容量 27 MW として計画され当初は 22 kV 3 心紙絶縁鉛被二重鉄線がい装ケーブル 2 回線として検討されたが、結局日立電線株式会社の提案したブチルゴム絶縁のすぐれた電氣的機械的特性⁽¹⁾と、一重鉄線がい装と海底部一部埋設工事の併用による経済性が認められて採用された。

ケーブルは 22 kV 3 心 0.3 in² (200 mm²) ブチルゴム絶縁一重鉄線がい装の海底部両端に、22 kV 3 心 0.5 in² (320 mm²) ブチルゴム絶縁クロロプレキシース一重鉄線 (ビニル防食層付) がい装の陸揚部を、工場において一連続に接続したもので、図 1 に陸揚部の外観、表 1 にこれらケーブルの主要構造を示す。

導体はいずれも円形圧縮導体を用い、これを耐水性⁽²⁾のブチルゴム混和物で絶縁し、熱帯地方海中に生息するテレドゥオーム (一種の舟食虫) に対する防護のため絶縁体上に真ちゅうテープ 2 枚巻きによる遮へい兼防虫層を設けた。

陸揚部ケーブルでは乾湿を繰返す波打際での保護のため各心遮へい層上にクロロプレキシースを施し、がい装鉄線にも各心ビニル防食層を設けた。また両ケーブルの各線間には制御用の 660 V 2 心 0.0045 in² (3 mm²) ブチルゴム絶縁クロロプレキシースケーブル 3 本をより込み、工場における同径たわみ接続部には位置表示用のアイソトープ標識をそう入した。

陸揚げ、海底部の仕上外径はそれぞれ 150 mm, 120 mm となり、22 kV 級ブチルゴム海底ケーブルとしてはそのサイズ、規模において日本国内はもちろん、世界的にも記録品である。

* 日立電線株式会社日高工場

** 日立電線株式会社本社

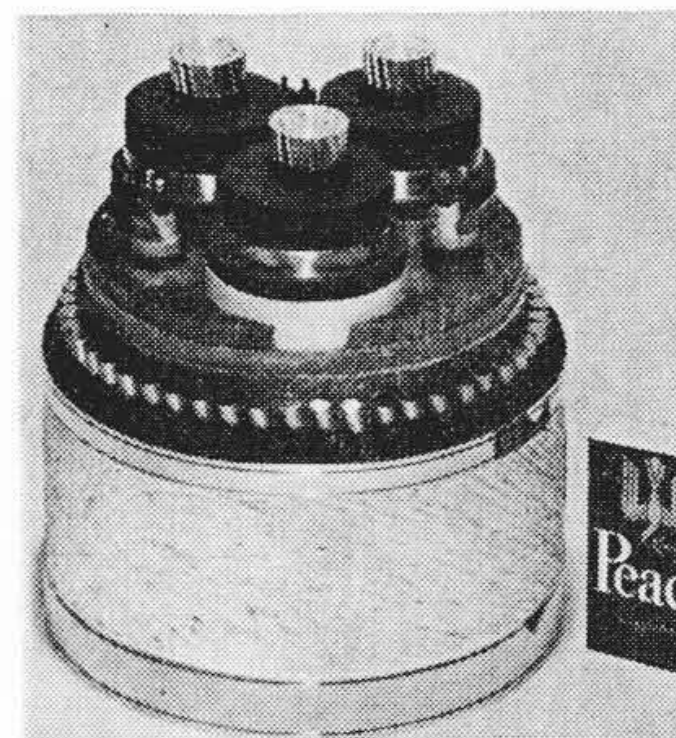


図 1 22 kV 3 心 0.5 in² (320 mm²)
ブチルゴム絶縁クロロプレキシース一重鉄線 (ビニル防食層付)
がい装海底ケーブル (陸揚部)

表 1 22 kV ブチルゴム海底ケーブル主要構造

項 目	単 位	仕 様
種 別	—	海 底 部
公 称 電 圧	(V)	22,000
線 心 数	—	3
導 公 称 断 面 積	(mm ²)	200
体 形 状	—	円 形 圧 縮
ブチルゴム絶縁体厚 (含む内部半導電層厚)	(mm)	13.0
真鍮テープ厚 (枚数)	(mm)	0.2×2
クロロプレキシース厚	(mm)	—
より 合 せ 外 径	(mm)	95.5
座 床 ジ ュ ー ト 厚	(mm)	1.5
がい装鉛メッキ鉄線外径	(mm)	6.0
装) ビニル防食層厚	(mm)	—
がい装 ジュート厚	(mm)	3.0
仕 上 外 径	(mm)	119
概 算 重 量	(kg/m)	40.0
最大導体抵抗 (20℃)	(Ω/km)	0.0928
最小静電容量 (20℃)	(μF/km)	0.25
最小絶縁抵抗 (20℃)	(MΩ/km)	700
許 容 電 流	(A)	443

このケーブル 2 条合計 14,170 m のほか、海底部予備ケーブル 230 m 2 条、陸上部ケーブルとして 22 kV 3 心 0.5 in² (320 mm²) 紙絶縁 H 形鉛被鋼帯がい装ケーブル 230 m 4 条も納入した。

2.2 付 属 品

海底ケーブルは両岸で陸上ケーブルと接続されるが、円形導体ブチルゴム絶縁層と扇形導体紙絶縁層の異種ケーブルを接続するため、図 2 に示すエポキシ樹脂モールド製油止ユニットを用いる特殊直線接続箱を使用した。

このほか海底ケーブル部の万一事故時補修用ブチルゴムモールド方式による予備接続箱なども納入した。

3. ケーブル布設ルート

ケーブル布設ルートを決定するため 1965 年 5~6 月現地調査を行った。調査は原点測量、設標、音響測深機による水深測定、潮流、

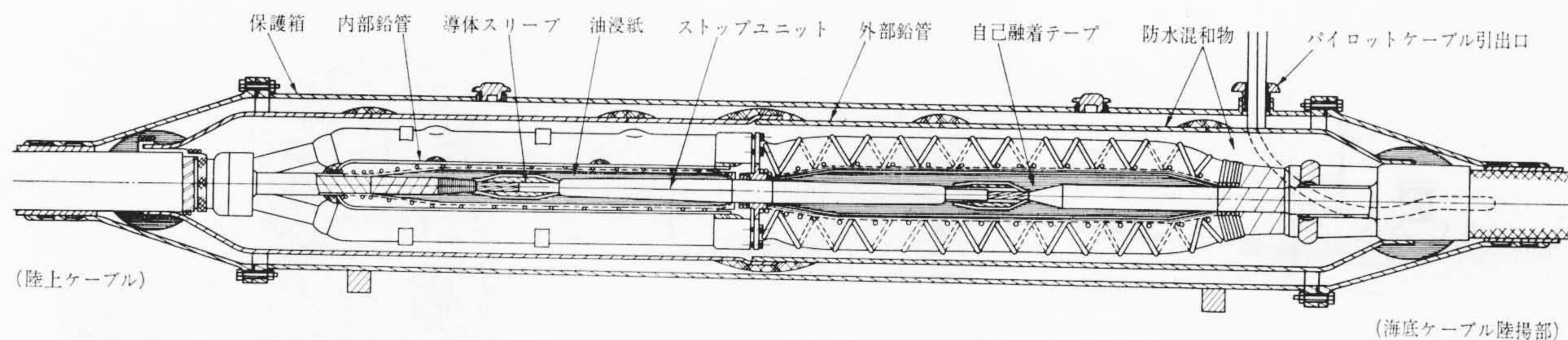


図2 海底ケーブル陸揚部，陸上ケーブル直線接続箱

底質、既設海底ケーブルの位置確認などを行なった。図 3 は現地位置、布設ルートであるが、この海域は P.B. の精油所に寄港するタンカーの泊地となっており数万トンのタンカーが多数出入して投錨するので、錨害の点よりシンガポール港よりマラッカ海峡への航路(幅約 2 km の投錨禁止区域)にのみケーブル布設可能である。しかしこの区域にもすでに P.B. への電話用ケーブルと、ペナンに至る電信ケーブル多数が布設されておりこれらのケーブルの位置確認が必要で、電話ケーブルについてはサーチコイルによる探索、潜水夫によるチェックを行ない正確な位置を確認した。

またいかりや漁具による損傷からケーブルを防護するため一部海底部埋設も行なうので、埋設可否判定のため普通行なわれるバケット、測深おもり、潜水夫による海底表面層のみの底質判定だけでなく、特殊なジェット噴流を利用し約 1.5 m 深さまでの試料採取器によって調査を行なった。

この結果図中の2ルートを選定したが、陸揚点はP.B.南西端とし、この沖のサンゴ礁間の狭い水路を通して既設ケーブルの中間で右に変針し航路のほぼ中央を進み、P.P.側は電話ケーブルと同じ場所に陸揚げすることとした。ルート中間部約4,000mは多少起伏ある岩場でその両側は比較的ゆるやかな傾斜の泥、砂部であるが、P.B.側は約100mのサンゴ礁、P.P.側は約250mの干潟部があり適当な保護が必要であった。

ケーブルの必要条長はルート実測長にスラックとして約2%の150 mを加え図4に示す条長とした。

4. ケーブルの積込みおよび布設船ぎ装

4.1 ケーブルの積込み

ケーブルの積込みには貨物船をやといこの船倉内に1条約200トンのケーブル2条をおのこの、長径13m、短径9m、巻き幅2.7m、高さ1.9mの楕円コイル状に巻込んだ。作業は横浜出田町岩壁で行なわれ、キャタピラ引取機およびホーリングマシンにより、1コイル約15時間を要した。その状況は図5に示すとおりである。

4.2 布設船ぎ装

輸送および布設に用いた“幸安丸”の主要諸元を表2に示す。

表2 布設船“幸安丸”主要諸元

項	目	数	値
船	長	62	m
船	幅	11.3	m
船	深	5.2	m
吃	水	4.6	m
総	噸 数	999	t
重	量 噸 数	1,667	t
主	機 関	1,200 HP	ディーゼル
船	速	11.7	ノット
ハ	ッ チ 口 寸 法	6 m×28.7 m	
船	倉 寸 法	9 m×40 m×4.2 m	

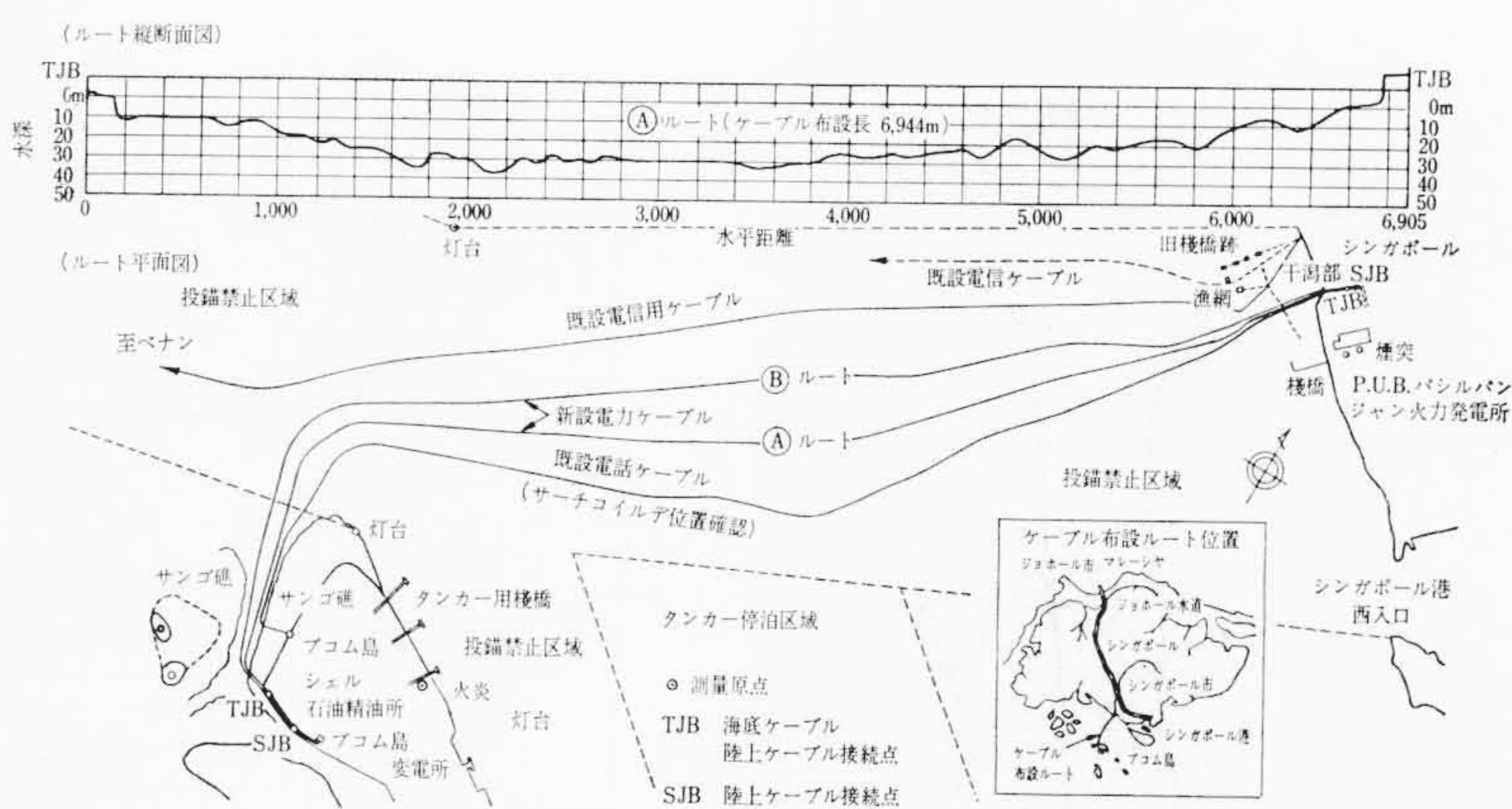


図3 海底ケーブル布設ルート図

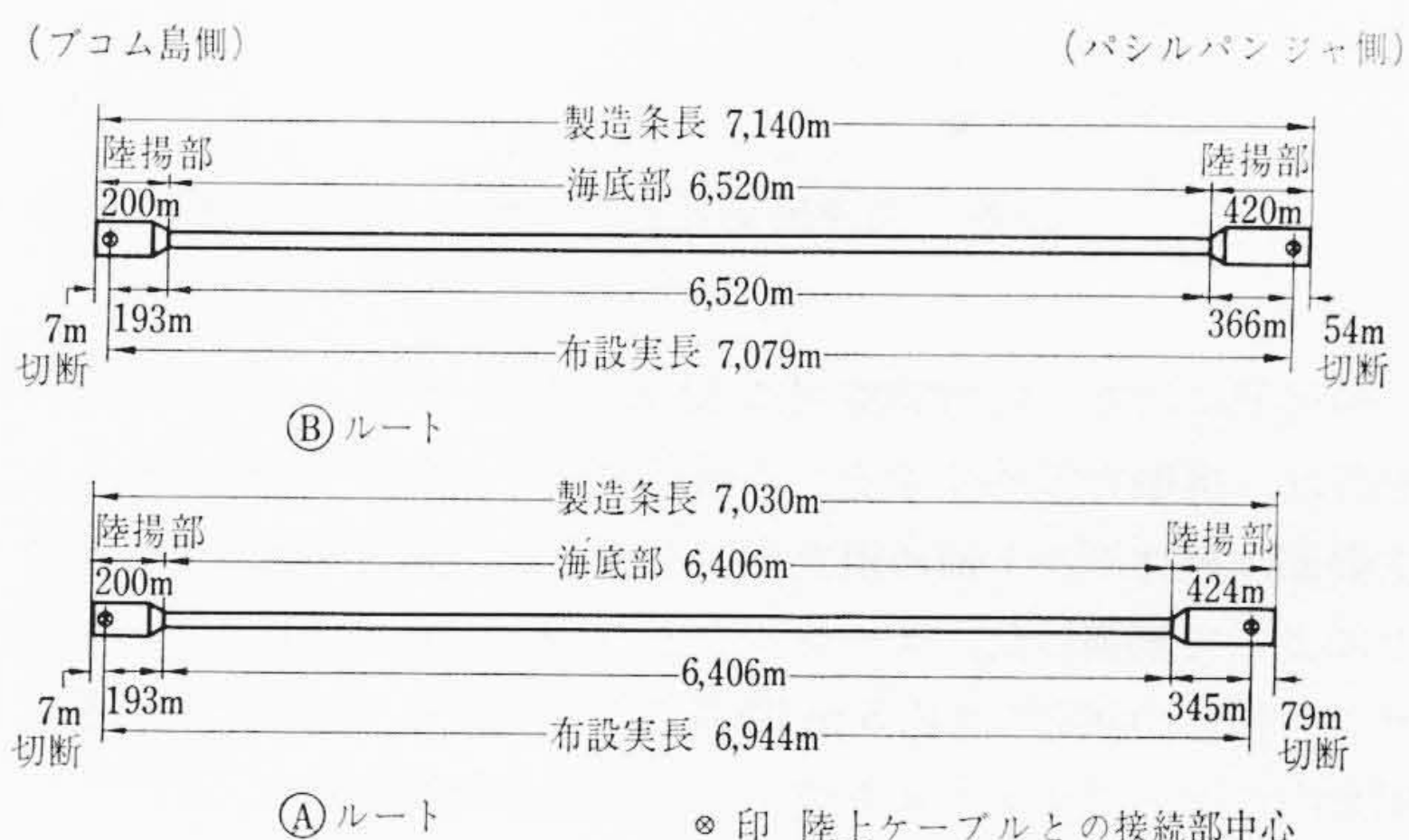


図4 ケーブル条長

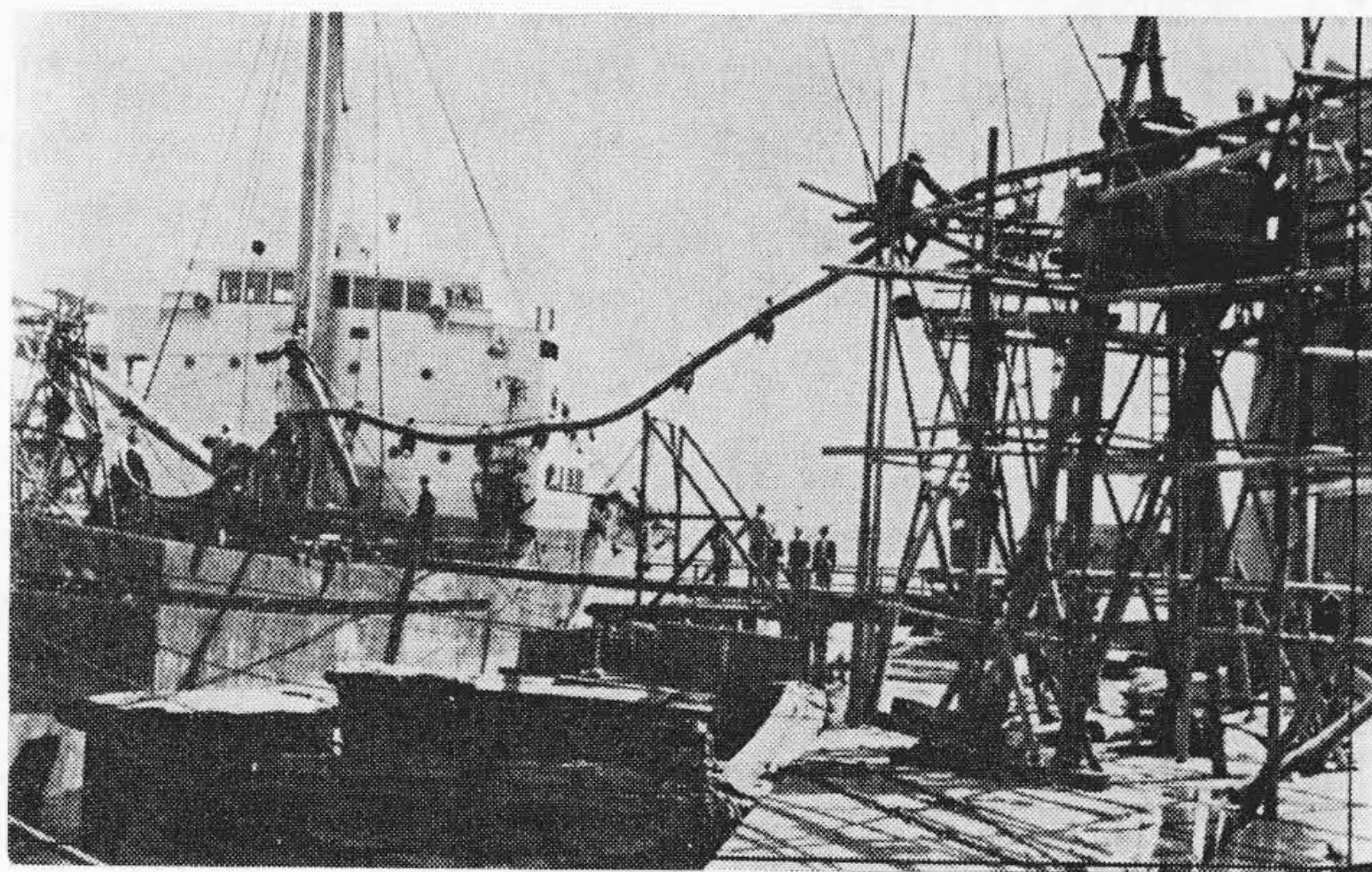


図5 布設船へのケーブル積込状況

船橋より後部は横浜で、前部は現地でぎ装された。図6はその概要を示したものである。船倉内の2コイルを順次布設するためケーブル立上りやぐらをユニットとし、デリックにより容易に移設してハッチ口のビームに固定できる方式とし、やぐら上から船橋横までのケーブル流し架台も組立式とした。

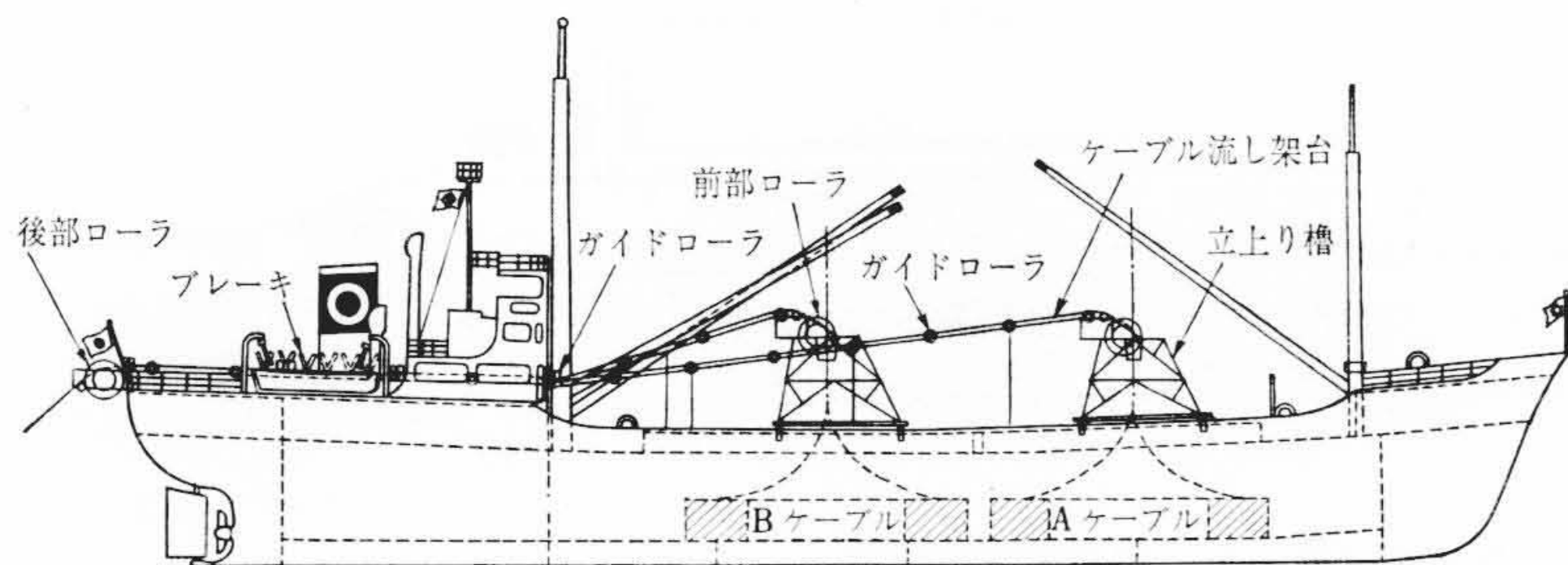


図6 布設船ぎ装概要図

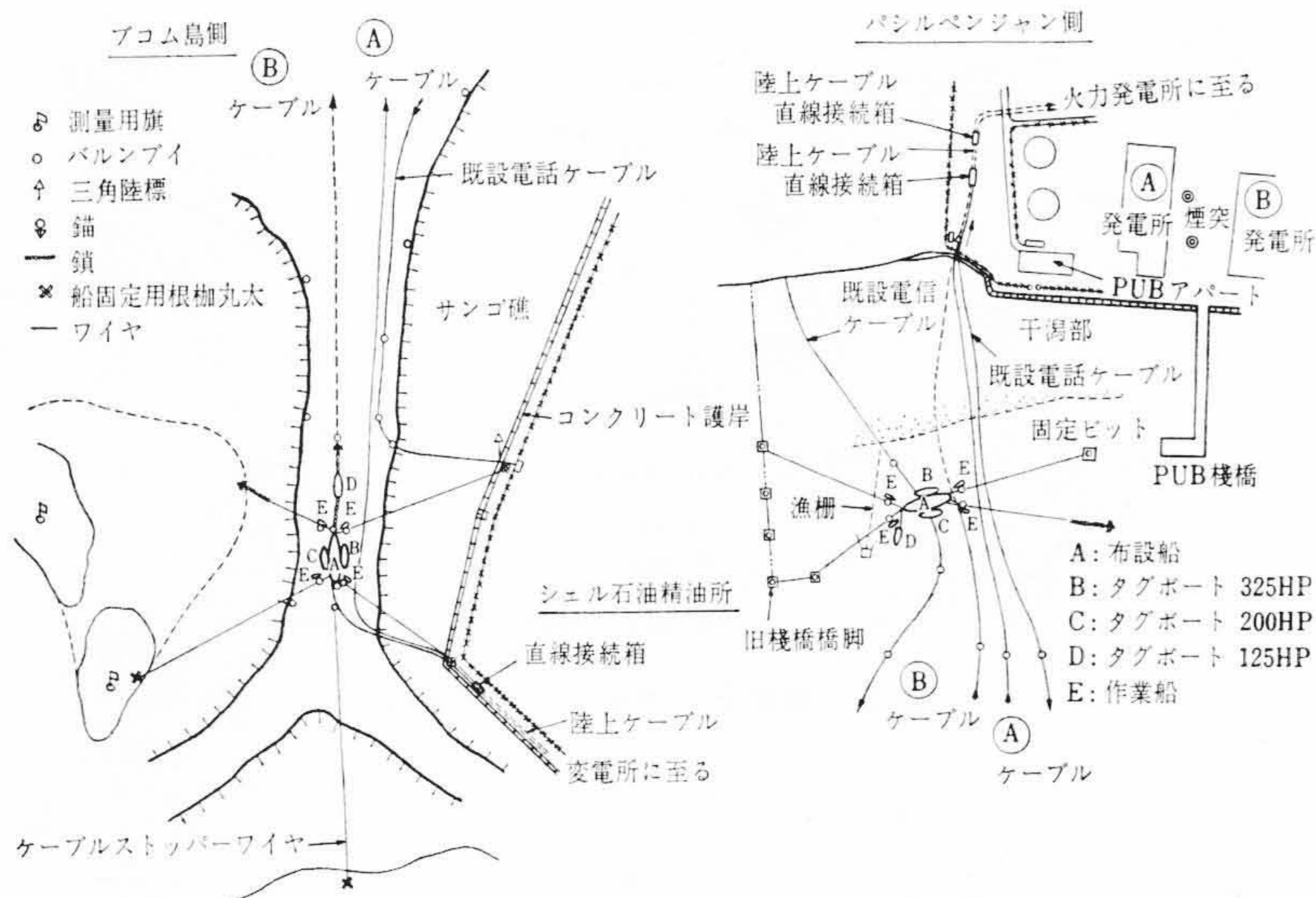


図8 両陸揚部付近の設標および布設船固定法

船尾部には布設張力調整用に12本の松丸太によるてこブレーキを設け、操船を容易にするため船尾中央より布設する方式とした。主要部は鋼材ボルト締め組立方式を主とし、要所を木材やトラワイヤによって補強した。ケーブル立上り、船尾部には1m径の金属ドラムを用い、中間には約5m間隔でガイドローラを設けた。図7に船倉内のケーブルコイルと立上りやぐらの状況を示す。

5. ケーブル布設

5.1 準備作業および試航

布設船誘導のための6分儀測量原点は、精油所火災、灯台、発電所煙突などとするので特に設標は不要であったが、P.B.陸揚点沖約500mはサンゴ礁間の水路幅がわずかに120m程度であり、P.P.沖では既設ケーブル布設中間幅も100mときわめて狭いため、この付近に重点的にブイによる設標を行なった。また停船位置、布設ルート変針点などにもブイを設置した。

布設船は両陸揚点沖で海岸近くに確実にけい留する必要があるが、既設ケーブルのため投錨は不可能なので、前後左右4本のけい留用ワイヤで固定する方法をとり、この18mmのワイヤ8本の設置をあらかじめ実施した。ワイヤの固定は海岸に設置したねかせ(根枷)丸太、栈橋のビット、海中に設置したケッジアンカーによった。その状況を図8に示す。

P.B.陸揚点コンクリート護岸には内径200mmの铸铁管2本を貫通させ、陸上ケーブルとの接続点までの直埋用トレンチの掘削を実施した。

試航はA、Bルートについて布設の前日に行なった。P.B.側よりP.P.に向かって布設を行なうので出発前にP.B.沖の停船位置に狭い水路を進入することが必要で、本船のみで進入転回は危険なので

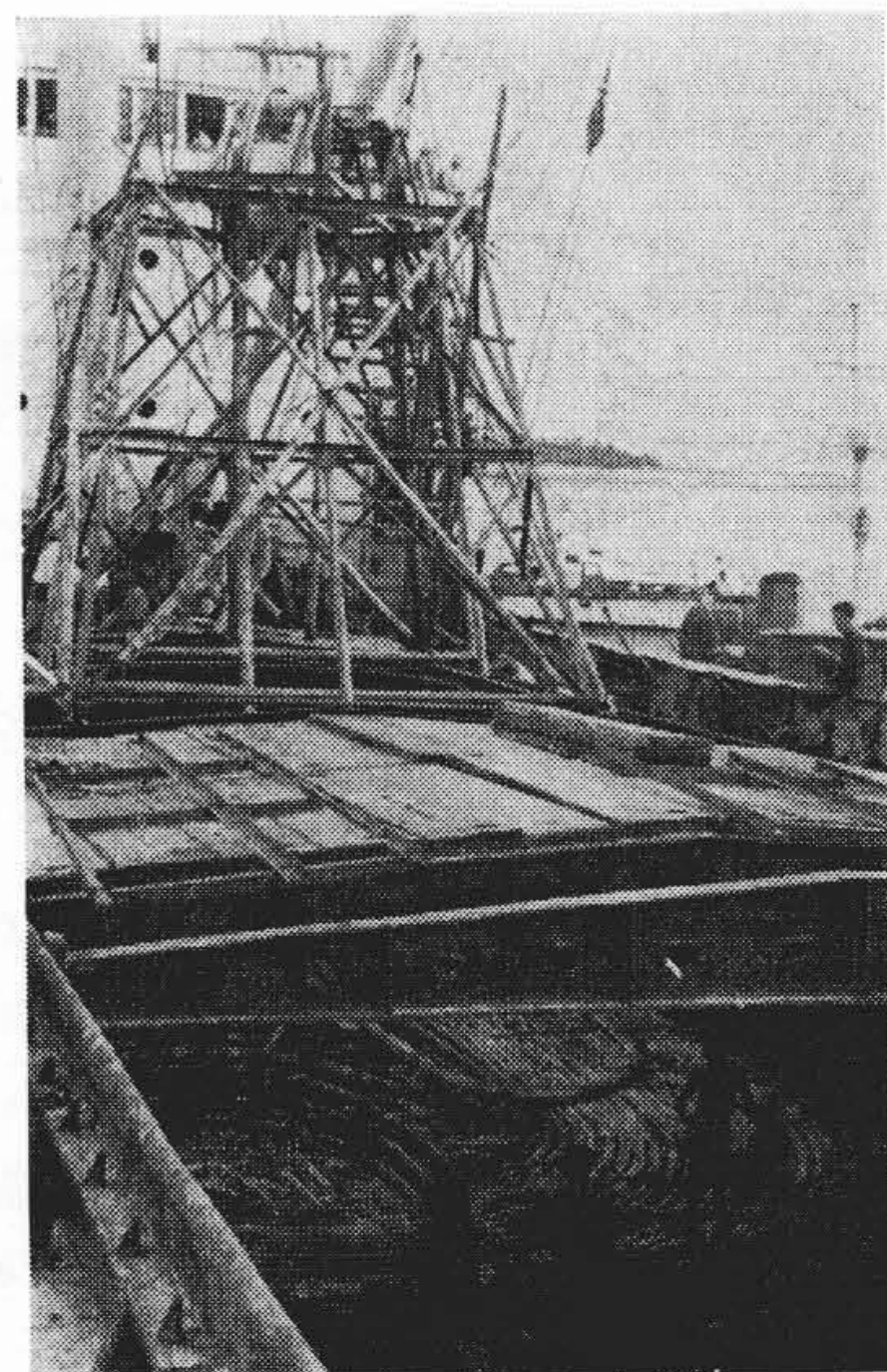


図7 ハッチ内のケーブルコイルおよび立上り用やぐら(Bケーブル)

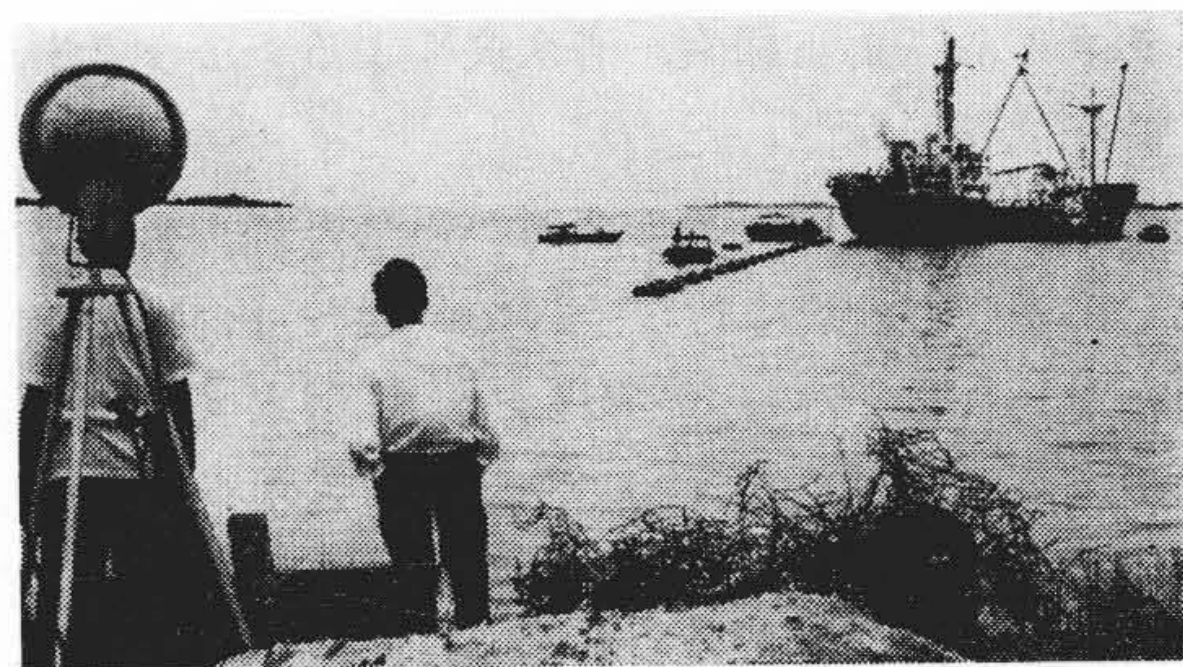


図9 P.B.側ケーブル陸揚状況

船首、船尾にタグボートを連結し逆向きで進入し固定ワイヤでけい留した。試航を数回繰返し変針点、既設ケーブル間の通過などほぼ正確に航行することができた。特にP.P.沖の急変針後の船の固定は付近に障害物が多くタイミングのずれがケーブルの交差、船の損傷となるので習熟に努めた。

5.2 海底ケーブル布設

A、Bルートの布設はそれぞれ11月5日、9日に実施しいずれも干潮の潮止まり時に行なった。Aルートは電話ケーブル寄りに布設し、Bルートはぎ装の後部ハッチへの移設、試航を行ってからAケーブルと電信ケーブルの中間に布設した。

P.B.側の陸揚げは岸まで約200mと陸上約50mをケーブル端にウインチワイヤを接続して直線接続位置まで引入れた。この際海上部には約5m間隔にドラム缶2個ずつを抱かせてケーブルを浮上させた。またサンゴ礁端部の水深急変部には铸铁製の割蛇管を約20m取付けた。図9に陸揚げ状況を示す。

陸揚げ完了後、ケーブルにストッパをとり潮待ち後出発したが、航行時本船右舷に325HP、左舷に200HP、のタグボートをだかせ船首部には出発後P.B.沖の変向点までとP.P.の急変針時のみ125HPのタグボートを連結し補助とした。

ルート維持は船橋上で1分間隔で6分儀測量を行ない、コースの補正を行なうと同時に設標を目標として航行した結果予定ルートに対しほとんどずれもなく布設を行なうことができた。布設中はトランシーバ、拡声器、電話、手旗により連絡を保ち、船尾のブレーキはほとんど使用しないで約45度の海中進入角度を保つことができた。

布設所要時間はA、Bルートそれぞれ約60分、45分で平均布設速度は3.4、4.7ノットであった。図10に海底部布設状況を示す。

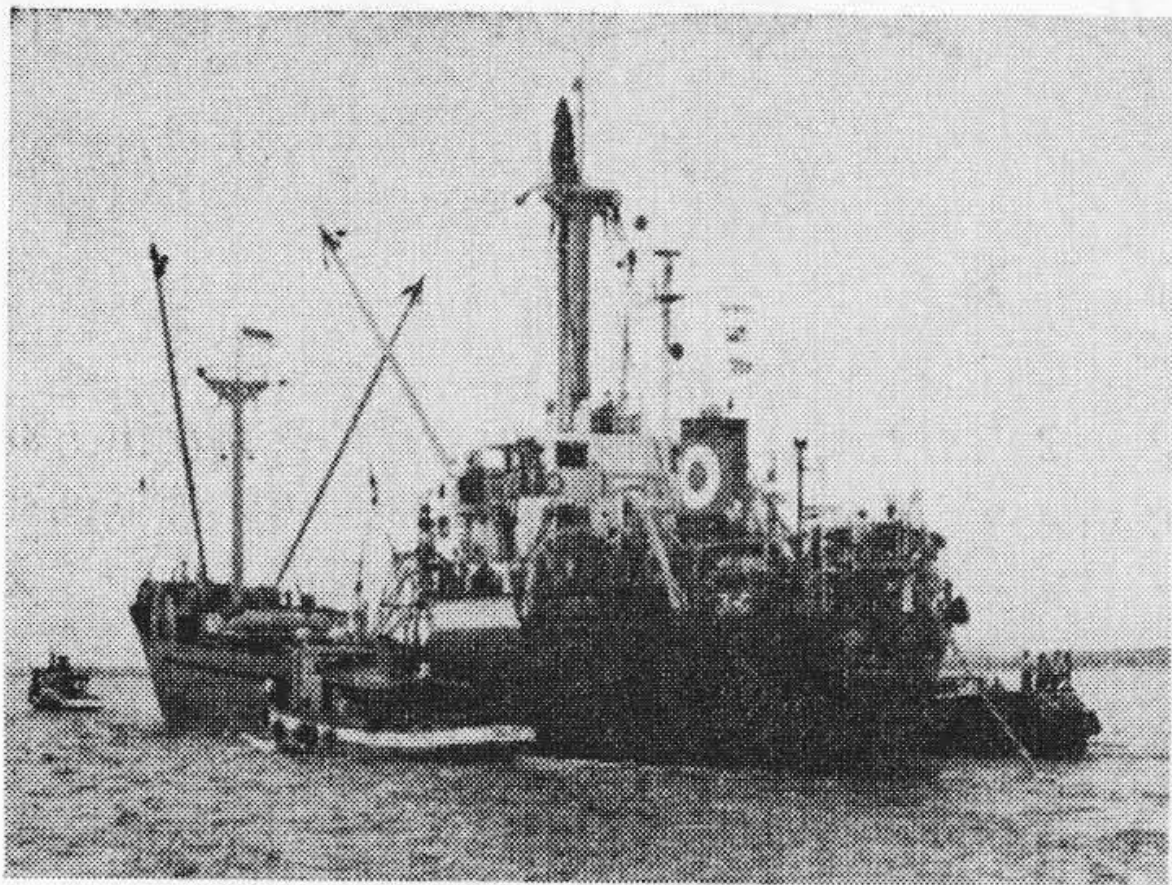


図10 海底部ケーブル布設状況

表3 各ケーブルの現地試験結果

ケーブル種類	ケーブル条長(m)	耐電圧試験(kV/min)	絶縁抵抗(MΩ-L)	導体抵抗(Ω/L)	静電容量(μF/L)
④ ルート	電力線心 全長 7,427 m	DC 37.5/15 良	(耐圧前) 1,300~1,400< (耐圧後) 2,000~∞	0.661	1.62~ 1.63
	制御線心 全長 7,377 m	—	300<	45	1.28
⑤ ルート	電力線心 全長 7,562 m	DC 37.5/15 良	(耐圧前) 1,300~1,500< (耐圧後) 2,000~∞	0.661	1.64
	制御線心 全長 7,512 m	—	300~1,700	45	1.30

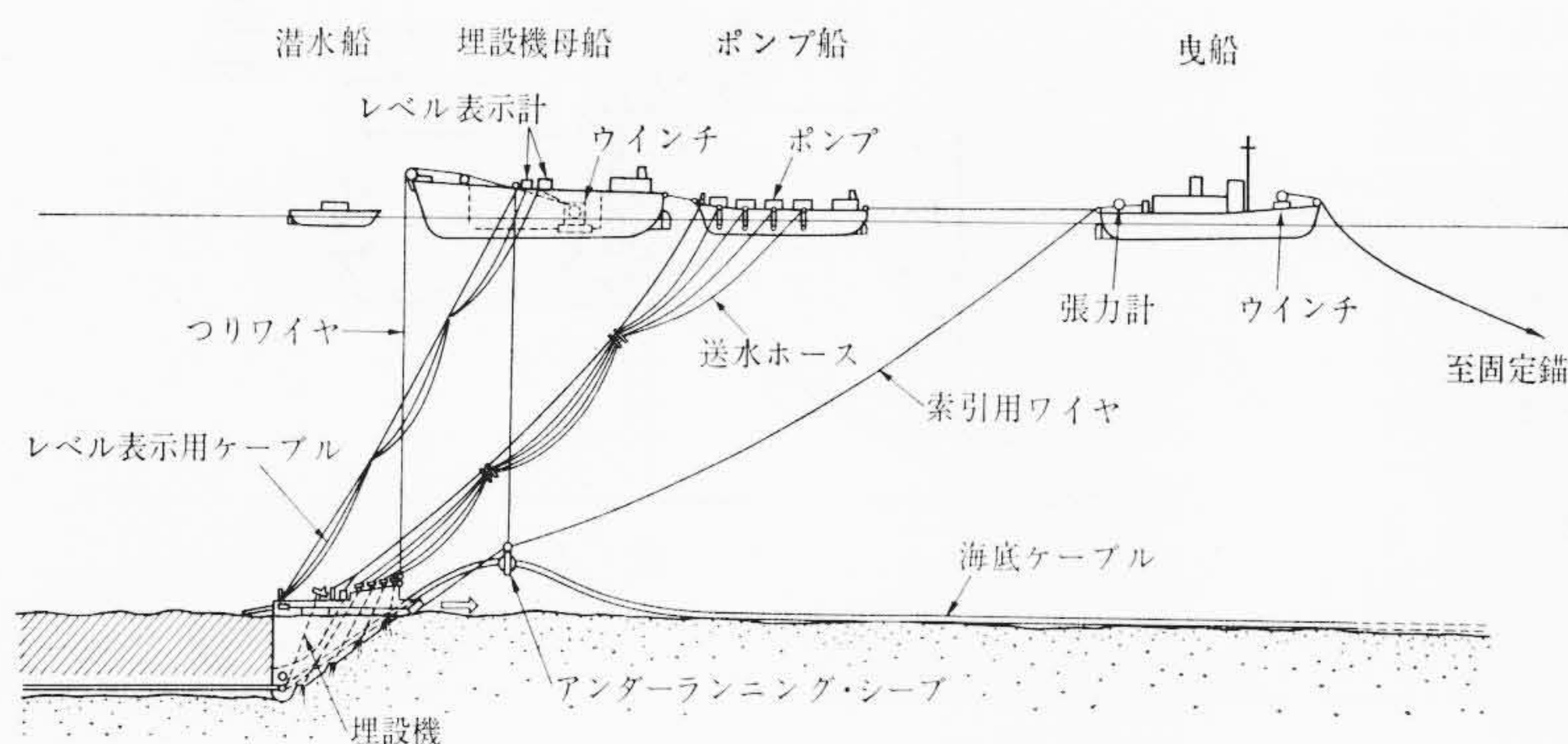


図11 海底部埋設作業法

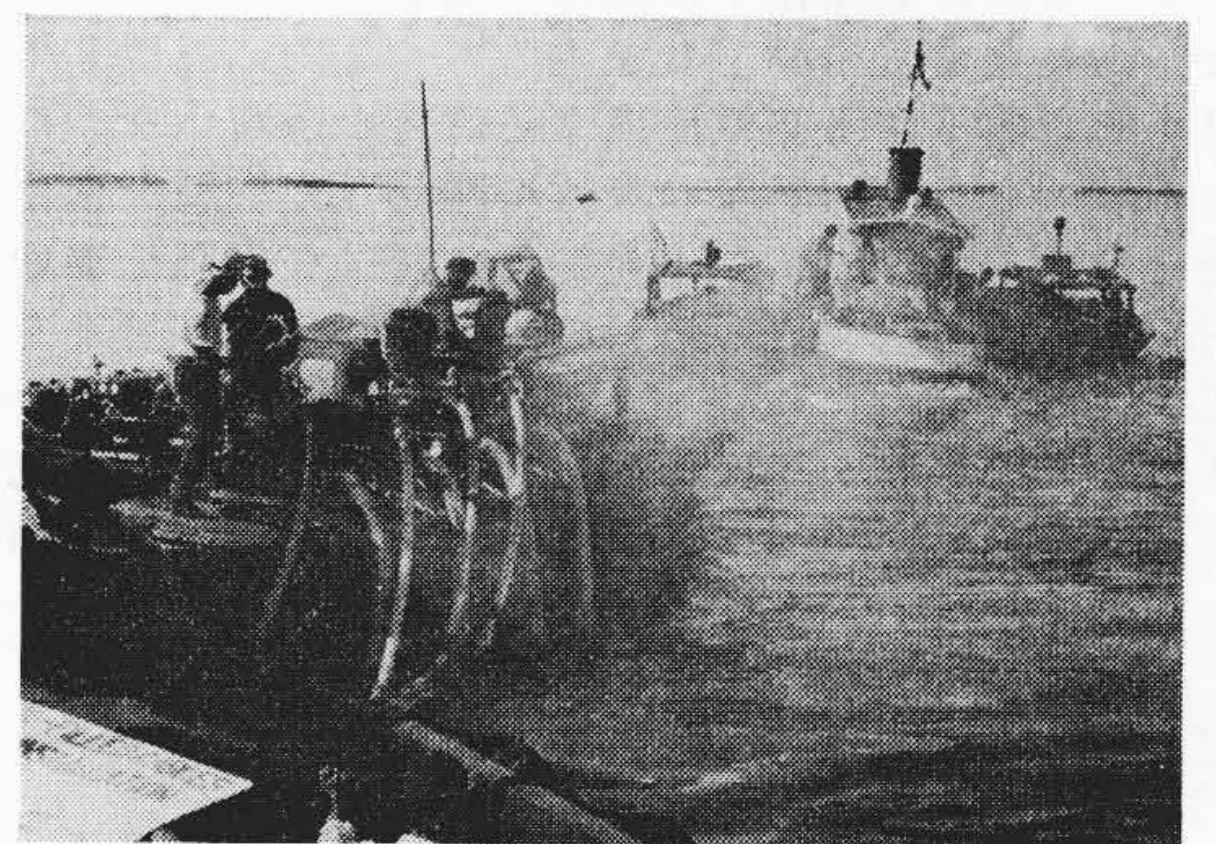


図12 海底部埋設作業状況 (ポンプ船および曳船)

P.P. 側停船後の残ケーブルは約500 mあり、その陸揚げ作業は布設の翌朝より開始し、ドラム缶によりいったん全長を海上に繰り出した後、端末より陸上に設置したウインチで陸上ケーブル接続点まで引き揚げた。A, B ルートとも余長分約90, 60 mを端末より切り取り、結局最終布設条長は6,944 m, 7,079 mとなった。

6. ケーブル保護および接続

6.1 海底部埋設作業

海底部埋設は底質調査結果からP.B. 側約2,000 m分について実施した。埋設機は従来形の掘削用ノズル8本のほか、1本の排流埋戻し用ノズル(日立電線株式会社実用新案⁽³⁾)を持ったジェット噴流式埋設機で、9台の45 HP エンジンポンプを用い1.2 mの埋設が可能である。図11に現地で行なった埋設作業法を、図12にその状況を示す。

6.2 陸揚部保護作業

P.B. 側約100 mのサンゴ礁、P.P. 側約250 mの干潟部はケーブル布設後の大干潮時にケーブルに沿って人力で掘削しコンクリートカバーをかぶせた後埋戻した。陸上部では約1.2 mトレンチを掘り、ケーブル上にコンクリートスラブを置いた後埋戻した。

6.3 陸上ケーブルとの接続作業

両岸での陸上H形紙ケーブルとの接続はストップ付きの特殊接続箱を用いて日立電線株式会社が施工し、陸上ケーブルどうしの接続および端末のケーブルヘッドはP.U.B.が施工した。

7. 完成試験

布設後の完成試験はP.U.B.により12月15, 16日の両日、P.P. 側陸上ケーブル端部において実施された。

試験項目は高圧直流耐電圧試験(37.5 kV 15分間)絶縁抵抗、導体抵抗、静電容量でいずれも良好な成績で合格し引渡された。表3は試験結果を要約したものである。

8. 結 言

本ケーブルは1966年4月変電所完成により送電を開始しブコム島への電力供給の大動脈として好調に使用されているが、シンガポール地区はもとより東南アジアにおける初めてのブチルゴム海底ケーブルであるばかりでなく、世界的記録品でありその意義は大きいと考える。

布設工事についても海外での種々の困難を克服して比較的短期間に無事完了することができた点は、シンガポール電気局はじめ現地関係方面のご援助、ご協力のおかげと深く感謝するとともに、国内においても製造、試験、輸送そのほかにわたり多大の努力を払われた関係各位に心より深謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 真田, 大和, 水上: 日立評論, 別-21, 8 (昭32-12)
- (2) 潮見, 井清, 久本, 庄司, 渡辺: 日立評論, 別-21, 15 (昭32-12)
- (3) 実用新案 昭39-29201号



特 許 の 紹 介



特許第422015号(特公昭38-24452)

鈴木 彦・大島 亮一郎

気 化 器

一般に気化器はベンチュリ1内に開口するノズル2をフロート室3に連結し、ベンチュリ1の負圧によって燃料を誘導し、給気筒4内を流下する空気流を当てて霧化してエンジンに送り込んでいた。

本発明気化器はこのように給気筒4内に主ノズル2にて開口し他端がフロート室3に連通する主燃料系統を具備するものにおいて、主燃料系統の混合室5より後流に超音波振動子6を配置して超音波にて燃料を霧化するようにしたものである。

本発明気化器は以上の構成のように、液体中に超短波振動を加えることにより液体中の空気を分離し、液体内部に真空の粒子ができるようにするとともに液体の蒸気圧をもった気泡ができるという事実、および液体と気体との境界層近くに超音波振動を加えることによって液体を気体中に拡散する事実を利用したものである。超音波振動を発する振動子6を主ノズル2内に設置しているので、給気筒4内を流下する空気流による燃料の微粒化を特に期待する必要がなく、エンジン回転数の高低に関係なく燃料を霧化できるという特長を備えている。また本発明気化器は従来気化器のように給気筒4内を流下する空気流が燃料に当たって霧化することをほとんど期待していない。そのため、エンジン回転数に応じてベンチュリ1の径を変化させるような手段を採用することなく常に霧化された燃料をエンジンに供給し、エンジンの燃料消費率および出力を向上する。さ

らに主ノズル2内の燃料は超音波振動子6に燃料流出方向の振動を与えることにより、主ノズル2より給気筒4内に強制的に噴出できるようにエンジンの加速性能の向上も期待できるものである。

(仙波)

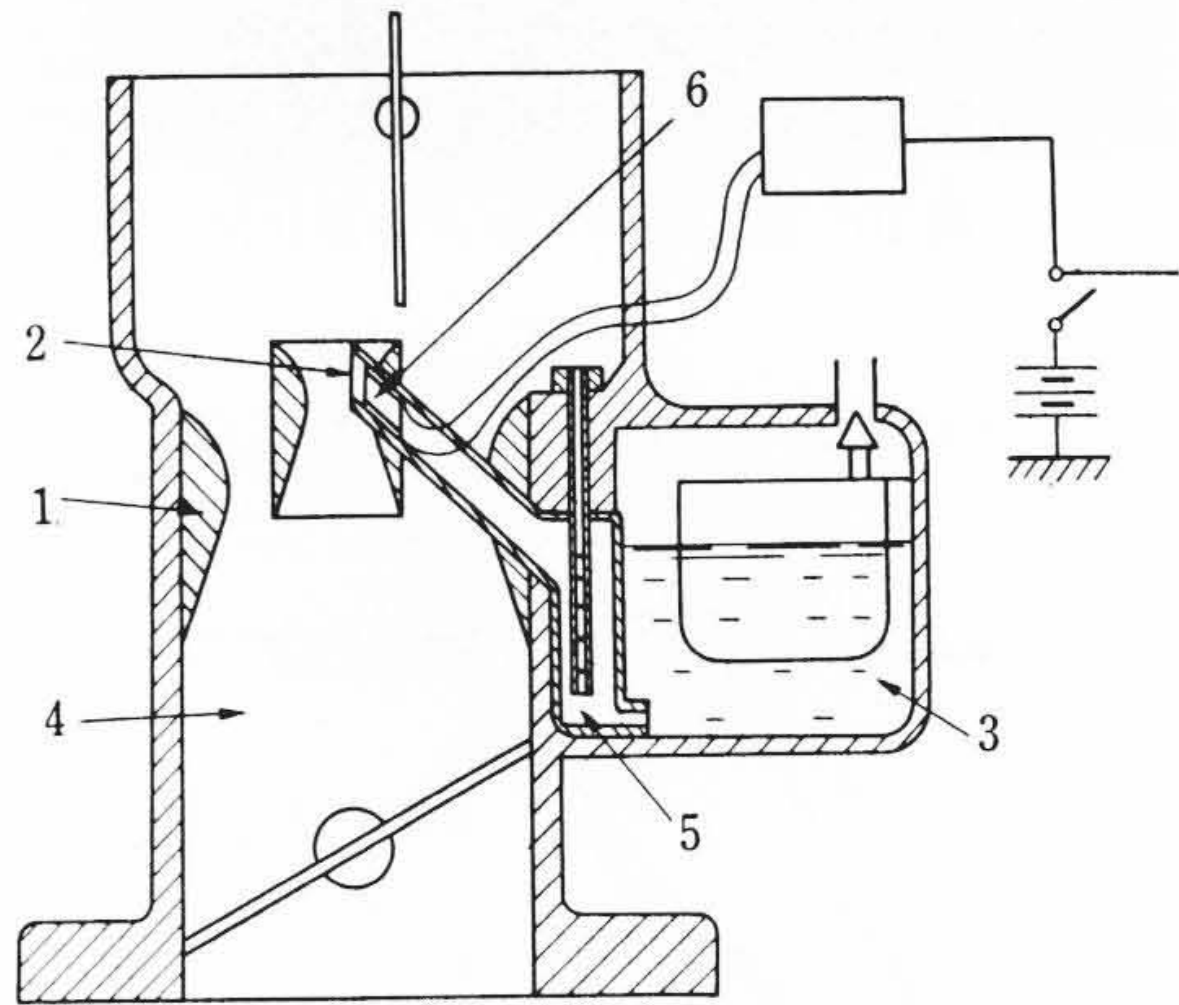


図 1

特許第455000号(特公昭40-3644)

高橋 茂弘

変 圧 器 用 避 圧 弁

通常避圧弁に用いられているベークライト板などの合成樹脂のプレートが、長い間の使用に変圧器負荷の変動などによってたびたび起る微小圧力変化の繰返したわみを起し、ついには破壊したり誤動作を起すことがある。この発明はこれを防いでプレートの寿命を延ばすとともに異常圧力上昇の際には確実にプレートを破壊し、異常圧力を放出するようにしたものである。

この発明の変圧器用避圧弁は、図1の断面図および図2の下面図に示すように、変圧器油槽に連なる放圧管1先端のフランジ1a部分に放圧プレート3の取付わく2を支持させ、取付わく2の中央部のガイド2a内へプレート3へ外側より当板8を当て山形突起7aを有するカム7を設けたスピンドル6をボルト9などで取り付ける。このスピンドル6はガイド2aに固着したベアリング10部分をしゅ

う動させるようにし、カム7の山形突起7aへは一端をピン12aにてガイド2aに枢着して対応配置したレバー12の自由端を支持させる。このレバー12は押しバネ13、バネ受け13a、ボルト15にて保持される押板14、ナット16などにて構成されるバネ圧付与機構にて常時萎縮方向へ付勢するようにしたものである。

この避圧弁は油槽内の圧力変動が微小のときにはプレートがたわんで破壊するようなことはなく、異常圧力時にはプレート3を連結したスピンドル6部分のカム7の山形突起7aがローラ11を押上げ死点を越えて急激に移動し、わく板5の破壊針4でプレート3を破壊し、圧力を放出する。

この発明によれば、避圧弁の構造は簡単となり動作が確実にできるばかりか、プレートを当板や取付板で補強しているため、放圧管内の放圧作動機構とともに長期間使用することができる。

(白土)

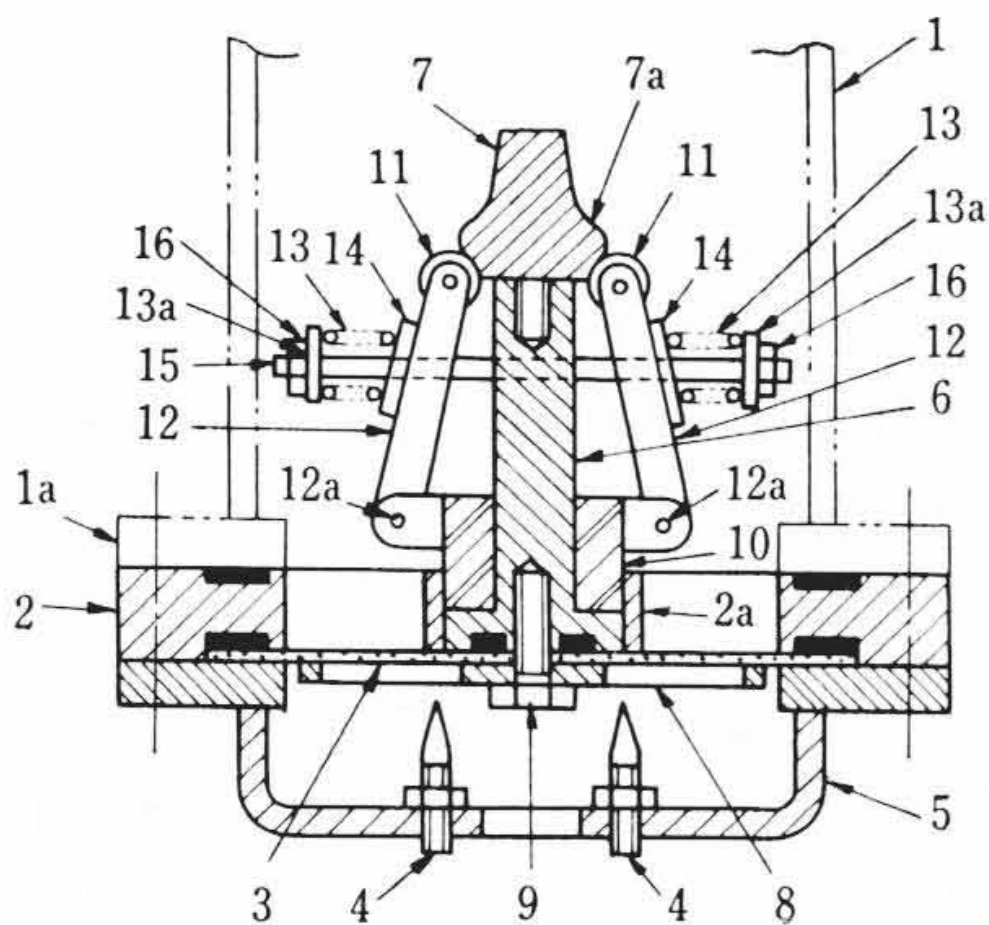


図 1

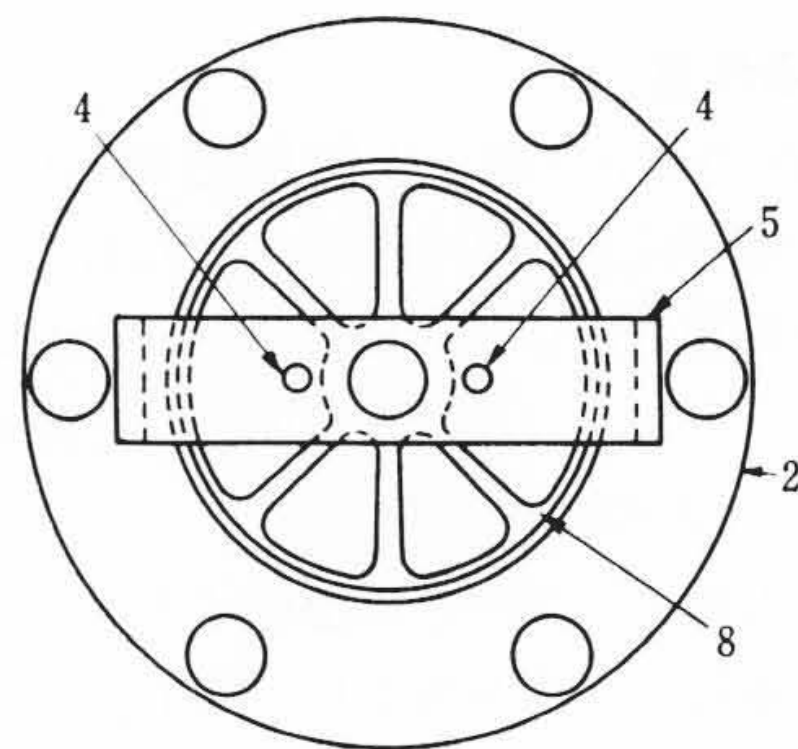


図 2