

因島 4 号ブチルゴム絶縁海底ケーブル (その 1)

— ケーブルの設計および布設 —

In'noshima No. 4 Butyl Rubber Insulated Submarine Cable (Part 1)

— Cable Design and Installation —

真田 安 夫* 大 和 和 夫** 水 上 徳 五 郎**
 Yasuo Sanada Kazuo Owa Tokugoro Mizukami

内 容 梗 概

昭和31年10月向島—因島間に 22kV 一重鉄線鎧装ブチルゴム絶縁海底ケーブルが布設された。このケーブルは広島県御調郡にある日立造船株式会社因島造船所に電力を供給するためのものである。本号の一連の論文はブチルゴム絶縁体を使用した 22kV 海底ケーブルという新しい試みの特異点を二、三記述したものであるが、この報告においては主としてケーブルの設計、性能および布設の問題を論ずることとする。まず新材料が選択された理由を述べ、次に送電系統の絶縁協調および送電容量の観点からケーブルの設計基準を説明する。次に接続部にアイソトープ標識を採用した効果を述べ、最後に海底調査、布設に言及する。

〔I〕 緒 言

昭和31年10月、筆者らは瀬戸内海の布刈瀬戸に 22 kV 一重鉄線鎧装ブチルゴム絶縁海底ケーブルを布設した(この布設地を第1図に示す)。

本ケーブルは通称、因島 4 号ケーブルと呼ばれ、ブチルゴムを用いた 20 kV 級海底ケーブルとして画期的なものである。海に囲まれ無数の島々のあるわが国では大正の初期よりいろいろな電力用海底ケーブルが布設されてきたが、20 kV 級の海底電力伝送は主として S L 型紙ケーブルおよび天然ゴムケーブルによつて行われていた(1)(2)。

しかしながら今回の調査ならびに研究により、ブチルゴムケーブルは天然ゴムケーブルに劣らぬ電気的特性を有するとともに、良好な耐熱、耐オゾン性に加えてすぐれた耐水性を有しており、海底ケーブルとして十分に信頼度の高いものであることが明らかとなった。

この報告では因島 4 号ケーブルの設計、性能および布設に関する諸問題を取りまとめて記述する。

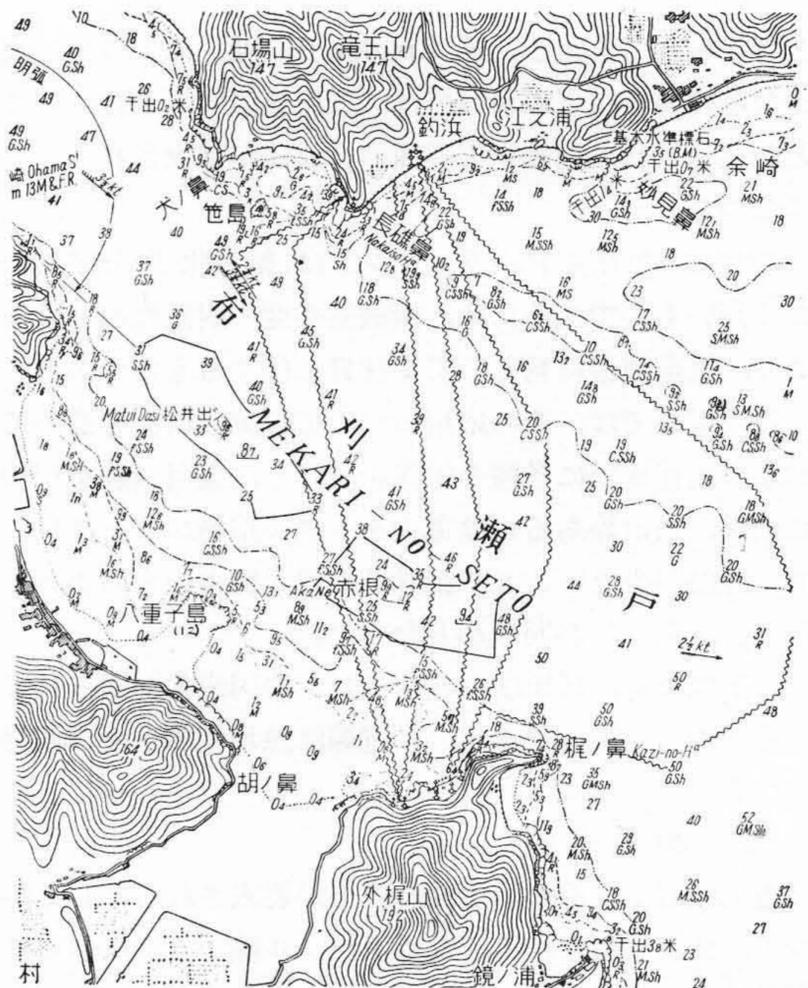
まずケーブルの選択、設計の基準を述べ、次に性能概略を紹介し、最後に海底調査および布設に言及する。

なお使用したブチルゴム絶縁体の諸性質については、すでに種々発表されているのでここでは省略するが吸水特性ならびに挿入電話線の誘導現象に関して別稿(本号内)で報告されているので参照願いたい。

〔II〕 ケーブルの設計

(1) 絶縁体の選択

因島 4 号ケーブルの選択については従来使用され長期にわたる実績をもつ S L ケーブル、天然ゴム絶縁ケーブルとともにブチルゴム絶縁ケーブルを比較検討した。



第1図 布刈瀬戸附近海図
 海底ケーブル右側3条 電々公社電話線
 海底ケーブル左側3条 電力ケーブル
 (1~3号線)

このブチルゴム絶縁ケーブルは陸上用としては米国では十数年、わが国では約4年間の実績をもつ新しく開発された電力ケーブルである。高電圧海底用としての実績はきわめて少いが、ブチルゴム絶縁体が海水に浸漬されることを考慮に入れた配合の研究と適切な加工法の検討によつて、海底ケーブルとしても十分信頼度の高いものであることが判明した。すなわち従来の天然ゴム絶縁の海底ケーブルと同様の各種特性を有しているほか天然ゴ

* 中国電力株式会社

** 日立電線株式会社

因島4号ブチルゴム絶縁海底ケーブル(その1)

第1表 因島4号海底ケーブルとして各種ケーブル比較

No.	ケーブル種別	価格比(%)	ケーブル信頼性	布設難易	保守修理の難易
1	SL型二重鉛被ケーブル 陸揚部 125mm ² 海底部 60mm ²	129	全生命を託した鉛被が外傷に弱い	重量が重くかつ鉛被損傷を避けるため周倒な布設法を要する。	絶縁破壊時に事故部分が浸水して修理費と時間が多くかかる。
2	天然ゴム絶縁ケーブル 陸揚部 150mm ² 海底部 80mm ²	100	絶縁体老化およびオゾンカットに信頼性が薄い	外傷に強く布設が比較的容易である。	絶縁破壊時でも事故部分の局部修理で済む。
3	ブチルゴム絶縁ケーブル 陸揚部 125mm ² 海底部 60mm ²	105	絶縁体の老化、オゾンカットおよび吸水性が小さい。ただし海底ケーブルとしての実績が少ない。	外傷に強く布設が比較的容易である。	絶縁破壊時でも事故部分の局部修理で済む。

(注) 送電容量を同一にして価格比を求めた。

ム絶縁体に比較して耐老化、耐オゾン、耐水性にすぐれている。第1表は海底に使用する各種のケーブルを比較したものであるが、これら諸項目を加味して過去に陸上に布設された多数のケーブルの実績を勘案し、因島4号ケーブルにブチルゴムケーブルを採用することに決定した。

(2) 電流容量

日立造船株式会社因島工場の増加受電容量に伴い施設された本ケーブルの送電すべき電力量は9,500kVAである。したがって本ケーブルの定格電流は250Aとなる。海底部の温度を20°C、陸揚直埋部25°C、ケーブルハウス内立上り部40°Cと仮定して通電時におけるケーブル各部の温度上昇を均衡させるように計算し、導体断面積を陸揚部分では125mm²、海底部分では60mm²とした。

なお定格電流を流した際の導体温度を80°Cとしたときの許容電流は第2表のとおりである。(連続送電時の導体最高許容温度を80°Cにとることができるのは60°Cである天然ゴム絶縁のものと比較し、ブチルゴム絶縁体の有利な点である⁽³⁾。また短絡容量ならび短絡強度の大きいことも筆者などの実験から明らかにされており⁽⁴⁾⁽⁵⁾ブチルゴム絶縁ケーブルの長所となつている)。

(3) 絶縁体厚の決定

高電圧ケーブルの設計にあたって最も重要な点は所要の電気的性能を決定することである。すなわち系統中の一回路要素として目標値を設定し、絶縁材料の電気持性およびその経年変化とケーブル製造原価とのかね合で絶縁体厚が決定される。ここにおいてブチルゴムケーブルの過去の試験実績と海底ケーブルであるための安全率の取り方が重大な役割を演ずることになる。

すなわち海底ケーブルでは陸上布設の22kV級ケーブルと比較して故障の場合の引換えに期間と費用が著しく

第2表 ケーブル系統各部の導体温度(計算値)

ケーブル布設場所	250A 通電時の導体温度(°C)	導体温度を80°Cとしたときの許容電流(A)
ケーブルハウス内(周囲温度40°C) (陸揚部ケーブル 125mm ²)	63.7	327
直埋部(周囲温度25°C) (陸揚部ケーブル 125mm ²)	53.9	349
海底部(周囲温度20°C) (海底部ケーブル 60mm ²)	54.8	330

かさむこと、潮流に制約されて応急措置が困難なこと、および一般に回線が重要であることのため、安全率を十分にとらなければならない。以下これらについて略述する。

本送電系統は中間に海底ケーブルがあり、両端は数キロメートルの架空送電線となつている。そして送電端である尾道変電所では中性点がリアクトル接地されている。なお負荷の大半は熔接機であるためかなり多くの高調波成分が含まれている。

まず商用周波破壊強度は絶縁体が完全に吸水飽和すると推算される30年後においても使用電圧に対し、なお3倍以上でありかつ避雷器放電開始電圧(40kV)以上であることを目標とした。すなわち使用電圧に対する目標値は

$$\frac{22}{\sqrt{3}} \times 3 = 38 \text{ kV}$$

となるが、避雷器放電開始電圧より下回つたので目標は40kVとした。

衝撃波破壊強度は避雷器が動作した後にケーブルに印加される電圧すなわち

$$\begin{aligned} & \text{避雷器制限電圧} + \text{放電電流} \times \text{接地抵抗} \\ & = 86(\text{kV}) + 1.5(\text{kA}) \times 5(\Omega) \\ & = 93.5(\text{kV}) \end{aligned}$$

の3倍(280kV以上)を目標とした。

以上の目標に対して日立電線株式会社で過去数年間製造したブチルゴムケーブルの試験結果および今回の海底ケーブルのために特に研究したシートの基礎実験によれ

第3表 因島送電系統絶縁協調対照表

要素	種類 状態	商用周波	衝撃破壊電圧
		破壊電圧 kV	kV
架空送電線 懸垂碍子(2個)	乾燥	130	255
	注水	70	255
海底ケーブル	乾燥	135	340
	飽和吸水	* 45	* 340
ケーブルヘッド	乾燥	110	200
	注水	70	200
避雷器放電 開始電圧	—	40	90
基準衝撃絶縁強度	—	—	150

* 完全に飽和吸水したときの予想値であり実測値ではない。

ば、絶縁厚は 12mm で十分であることがわかった。

しかしまだ海底ケーブルとして長年月の使用実績に乏しいため絶縁厚はさらに 8% 余裕をつけ最終的には 13mm と決定した。第3表は完成ケーブルの絶縁協調を示したものである。

この表における海底ケーブルの飽和吸水時の推定破壊電圧は商用周波および衝撃波の所要破壊強度目標値に対して、さらに 12~21% の余裕がある。

なお将来本ケーブルの海底における特性の無電圧時経年変化を調べるため、約 10m の試料ケーブルを向島側海底部に布設した。

(4) 遮 蔽

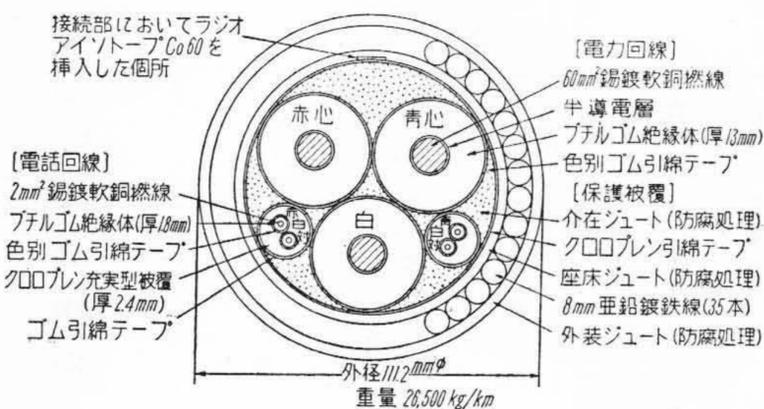
ケーブル本体の遮蔽には 2 種類ある。すなわち導体遮蔽と絶縁体遮蔽である。前者は半導電層の設置により導体の撚線効果を減ずるとともに導体と絶縁体間の空隙を排除して絶縁耐力を改良し⁽⁶⁾、後者は人畜および接続機器に対する安全とケーブル絶縁体外側の空隙を排除するとともに電界分布を整然とさせることによつて絶縁特性を向上させるものである。本ケーブルでは全長にわたつて導体遮蔽を施してあるが、絶縁体遮蔽は陸揚部のみに施した。陸揚部遮蔽は半導電層と鉛被の組合せとした。鉛被は遮蔽目的のほかに、乾湿をくり返す波打ぎわにおける絶縁体の異常劣化を防止する役割も果している。

海底部ケーブルではこのような金属遮蔽体はなくても介在部に海水が浸入し、商用周波では事実上完全な静電遮蔽が行われていることが実証されたので省略した。

(5) ケーブルの構造

以上の考察に基づいて設計した海底部ケーブルの構造を第2図に示す。

前節で述べた各絶縁線心を 3 条とブチルゴム絶縁クロロレンシース充実型通信ケーブル 2 回線を介在ジュートとともに撚合せた。鎧装は 8mmφ の防錆塗料を焼付けた鉄線を使用した。本ケーブルの所要長さは後述する海底調査の結果、海底部 2,470m、陸揚部 180m 計 2,650m とされた。なお総重量は約 74 t であつた。



第2図 22kV 3心 60mm² 一重鉄線鎧装ブチルゴム絶縁海底ケーブル断面図 (海底部)

〔III〕 ケーブルの性能

本ケーブルより試料を採取して行つた各種の物理試験および電気試験結果を記述する。

(1) 物理試験

電力線心より採取した試料について老化試験および耐オゾン試験を行つた結果を第4表に例示する。

ブチルゴムのきわめてすぐれた性能はただちに了解できるが、さらにこれを 120°C 熱空気老化試験を行つたものについて天然ゴムと比較すればいつそう明白である(第3図)。

すなわち初期の測定値は天然ゴムの方が高いが、老化後の特性はブチルゴムがすぐれている⁽⁷⁾。また高電圧下ではコロナに伴うオゾンによりゴムの劣化が起るがブチルゴムはすぐれた耐オゾン性を示している。

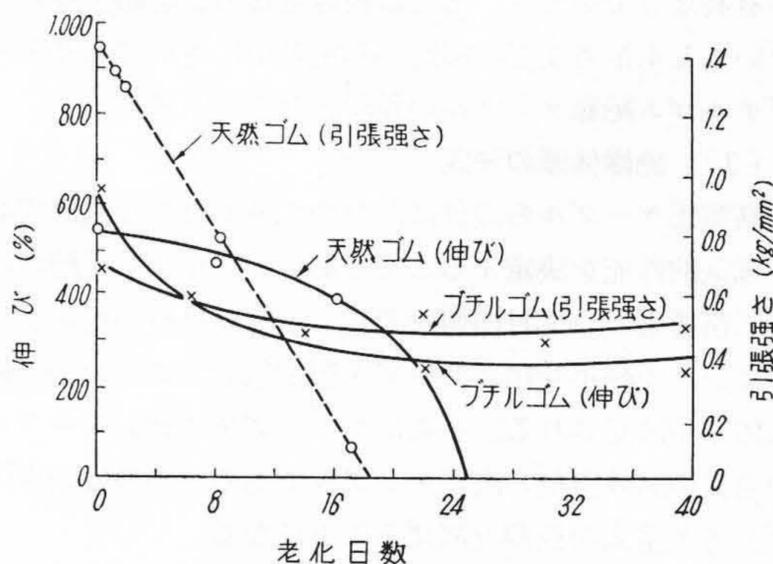
(2) 電氣的性能

本ケーブルの電氣的諸性能を第5表に示す。ここで半成品とは鉄線鎧装前の各線心試料の性能であり、完成品とは鉄線鎧装後の余長も含めた全長に対する性能である⁽⁸⁾。これより電力線は 22kV ケーブルとして初期の設計目標値を満足し、内外雷いずれに対しても 3 以上の安全率をもつている。ブチルゴム混和物は現在の S L 型紙

第4表 ブチルゴム絶縁体の老化および耐オゾン試験結果

試番	項目	引張り強さ (kg/mm ²)			伸 び (%)		
		老化前	100°C 96時間 老化後	耐オゾン試験 後	老化前	100°C 96時間 老化後	耐オゾン試験 後
1		0.69	0.64	0.68	600	560	570
2		0.72	0.63	0.64	600	550	560
3		0.68	0.64	—	590	570	—
4		0.68	0.63	—	600	560	—
5		0.67	0.67	—	610	580	—
平均		0.68	0.64	0.66	597	563	565

注：耐オゾン試験 (25°C, オゾン濃度 0.0127%, 試料 25%伸張 3時間)



第3図 ブチルゴムおよび天然ゴム混和物の 120°C 熱空気老化試験結果

第5表 ケーブルの電気的性能

	試験項目	電力線	電話線
完成品	静電容量 μF/2771m, 20°C	0.391~0.392	0.350~0.357
	絶縁抵抗 MΩ/2771m, 20°C	6,400~6,500	6,100~6,300
	導体抵抗 Ω/2771m, 20°C	0.767	22.8
	耐圧	DC 88kV 10min 良	DC 1kV 1min 良
半成品	長時間耐圧 50kV, 3h, 5kV/h ステップ	(60mm ²) 90kV 35min (125mm ²) 95kV 21min	31.5kV (1.5kV, 3h, 5kV) (30min ステップ)
	短時間耐圧 10kV/min 連続昇圧	(60mm ²) 154kV	49.5kV
	衝撃耐圧 1×40μs	180kV, 3回, 20kV 3回ステップ (60mm ²) 340kV	60kV, 3回, 10kV 3回ステップ 100kV
	全長耐圧 50~	44kV 10min (125mm ²)良 (60mm ²)良	1.5kV /min 良

第6表 同径接続部性能(海底部ケーブル)

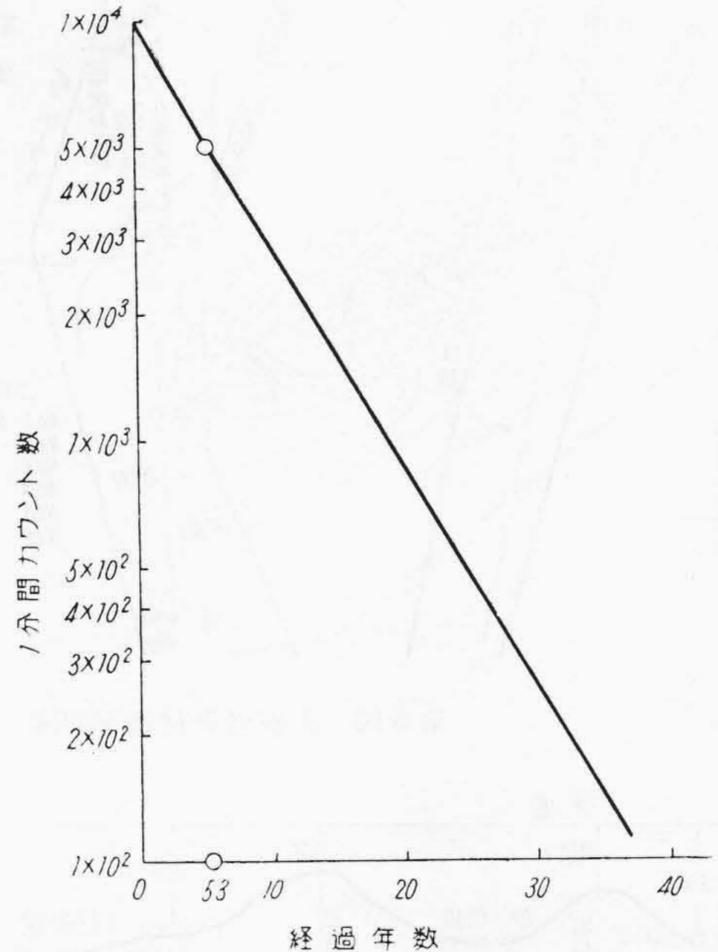
項目 試番	長時間耐圧	短時間耐圧	衝撃耐圧	導体 接続部 引張り 強さ (kg at 20°C)
1	90kV, 8min	135kV	340kV 2回目	1,060
2	95kV, 30min	140kV	306kV 端末閉絡	1,065
課電方法	50kV/3h+ ...(5kV/1h)+...	44kV/10min+ ...(0.5kV/ s)+...	180kV/3回+ ...(20kV/ 3回)+...	

ケーブルと比較すると単位絶縁厚さあたりの破壊強度は劣っているが、紙ケーブルにおける接続の煩雑さ、鉛被の信頼度、事故時の修理および布設の難易などから一連の長尺海底ケーブルとして総合的に判断すると、ブチルゴムケーブルの方が有利である⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。さらにブチルゴムの品質の改善が努力されておるので、配合、加工法などの改良と相まって20~30kV級海底ケーブルとしてはますます経済的でしかも信頼性の高いものが製造されていくことが期待される。

(3) 接続部の性能および標識

ケーブル系統において経験的に弱点と考えられるのは接続点である。特に海底ケーブルでは陸上ケーブルと趣きを異にし、製造時において接続部の導体径および絶縁厚の増大が許されない。したがって接続部の電気的機械的性能を無接続部に近づけるために各種の工法が案出される一方、作業には高度の熟練が要求される。第6表は今回のケーブル接続を行つた作業者の技能検定結果の一例である。これより接続部の電気的性能はほとんど低下していないことがわかる。しかし引張強さは無接続部に比べて約70%である⁽¹¹⁾。したがって接続部が弱点となるのは事実であるため、この部分の検出および既設ケーブルとの判別など、保守上の便宜を与える意味で各接続部にラジオ、アイソトープを標識として挿入した。

ラジオ、アイソトープの種類はきわめて多いが、用途



第4図 標識片の放射能減衰曲線

上からすなわち

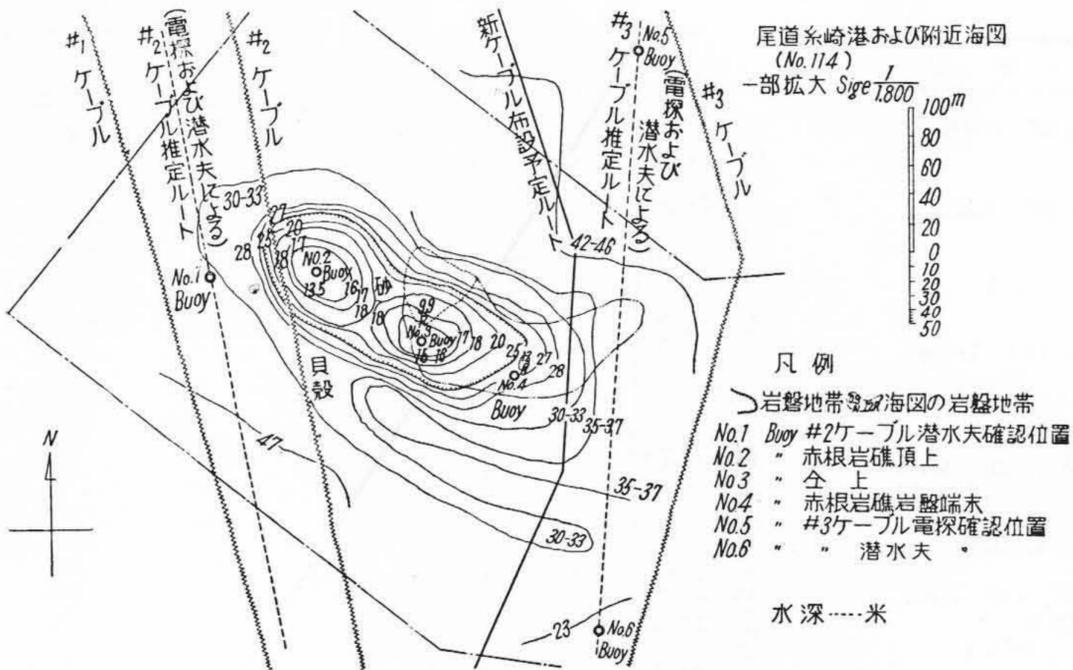
(a)海水中でも透過力が大きいこと。(b)ケーブルの寿命以上の検出能力年限があることなどの条件からCo⁶⁰(半減期5.3年)を選定した。実際にはCo⁶⁰を銅板に電着させ、大約10,000 C.P.M (Count Per Minuteの略)に調整したものをポリエチレンシートで包み、ケーブル線心撚合せ上に挿入した。第4図はCo⁶⁰の放射能減衰曲線である。このβ線は海水に容易に吸収されるのでガイガー計数管に検知されるのはγ線であるが、30年後においても約270 C.P.M程度の放射能がある。また最近有機物に対する放射線の影響が論ぜられているが英国のA. Charlesby氏は放射線量単位として10⁶~10⁸レントゲンを照射すればゴムやポリエチレンなどの有機物質が分解、架橋反応を起すことを指摘している⁽¹²⁾。今10⁵レントゲンまで安全と考えて今回の場合を概算すると数10μCのCo⁶⁰の毎時レントゲン量はわずか5ミリレントゲンであり、10⁵レントゲンになるには、約2×10³年を要することになる。

すなわち今回標識として適用したラジオ、アイソトープはケーブルの寿命期間中有害な作用はないことになる。

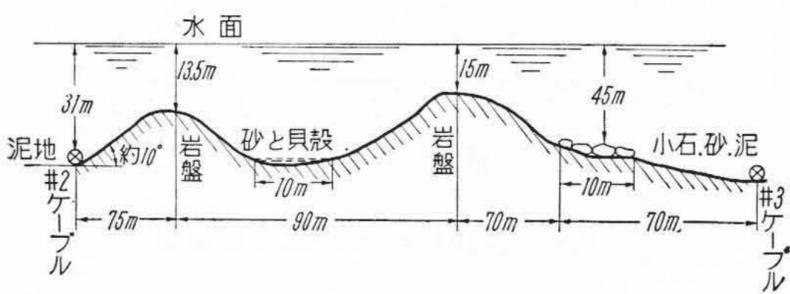
〔IV〕 ケーブルの布設

(1) 海底調査

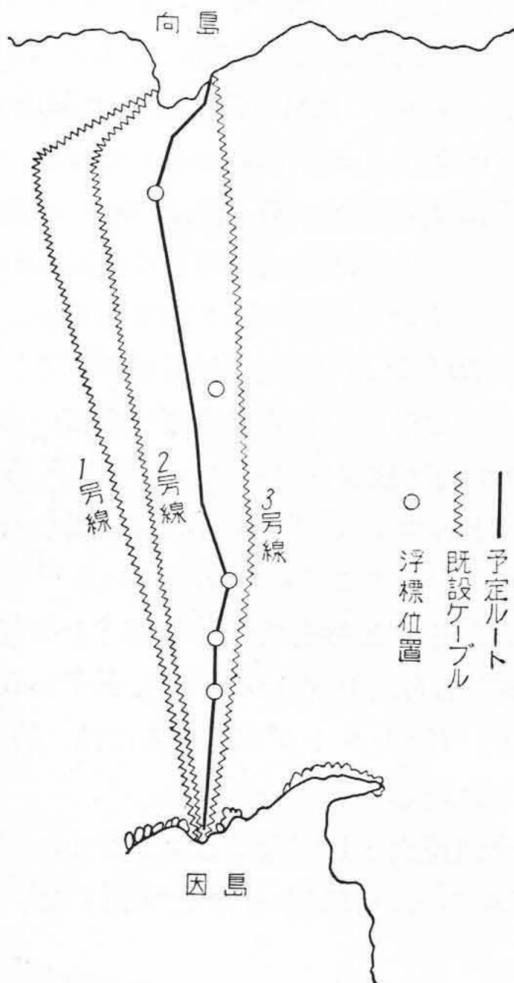
布設にあつては既設の海底ケーブルと交叉したり接触したりすることのないよう、精細に海底調査を行つた。



第5図 赤根岩礁付近平面図



第6図 赤根岩礁付近縦断面図



第7図 布設予定ルート

第7表 水温表

6月20日	測定 快晴		
測定時間 13.30~14.30	気温 28.5°C		
測定場所	水深	水温	備考
向島水際	0.5m	21°C	
向島より沖へ約30m	3.2m	20°C	泥地, 海草繁茂
向島より沖へ約1.100m	45m	19.5°C	砂地, #3ケーブル確認地

として海底曳行型のサーチコイルを試作し使用したところ満足できる結果が得られた。そのほか本調査に使用した器具は海底カメラ, 方位測定用六分儀, 海底土質採取用スナッパー, 水温測定用マグナヒ颠倒寒暖計などである。

調査の主眼点は因島寄りにある赤根岩礁付近の迂回方法であつた。まず測深器をもちい海図から岩礁位置と思われる部分を縦横に走行し網目状測定を行つてからサーチコイルで既設ケーブルの位置を探し, さらに潜水夫によつて確認する方法を採つた。現地は相当潮流が速く最高3ノットにも達するので, 転流時をはさんで約1時間くらいしか潜水することができなかつた。

赤根付近の岩礁状態および既設ケーブルの水没状態を示すと第5図および第6図のとおりとなる。すなわち2号線3号線とも海図上の位置より多少西側へ寄つており, 赤根岩礁の位置も西側へ寄つていることがわかつた。また2号線と赤根岩礁との間はほとんど砂地がなく, 3号線と岩との間には約60mくらい砂地があることがわかつたので, この間に今回布設する4号線を通すことに決定した。

なお探線とともに水温測定も行つたが, その結果を第7表に示す。すなわちこの地方においては6月頃の水温は約20°Cとみてさしつかえないようである。

このようにして海中部線長2,470m, 陸上部線長180mを決定した。予定ルートを第7図に示す。

(2) ケーブル積込作業

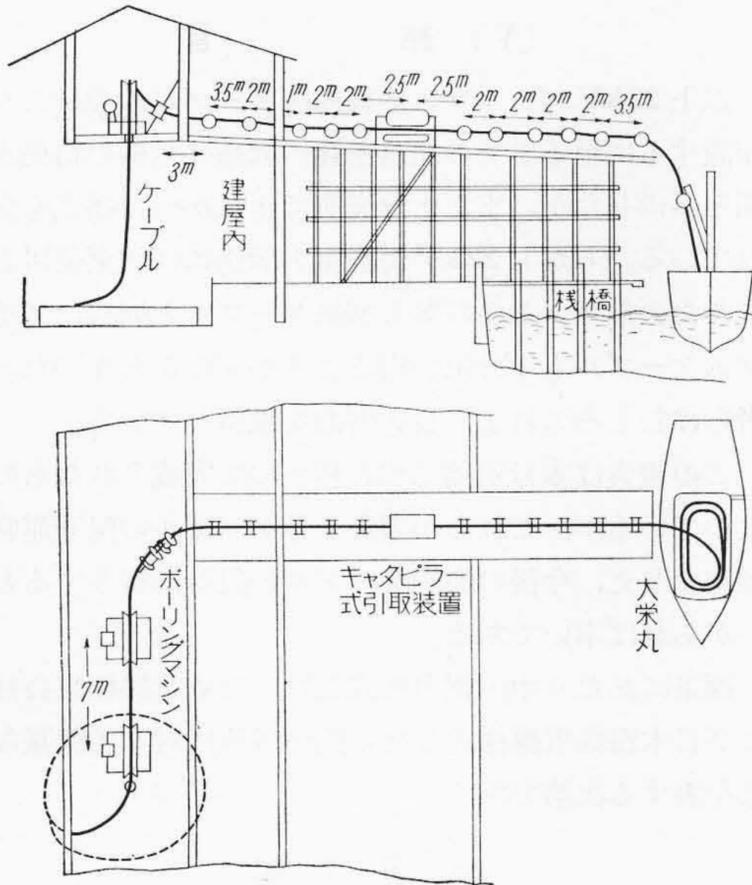
ケーブル鎧装作業は日本海底電線株式会社横浜支社で行つたが, 布設船大栄丸(200t)を大阪より回航して同社棧橋に横着けし作業を行つた。工場より岸壁までヤグラを築いて途中にキャタピラー台を載せ, 工場内のホーリングマシン2台と協同でケーブルをひつぱつた。キャタピラー式引取装置の使用は非常に有効で10m/minの速度で積込み, 約5時間程度で積込を終了した。第8図に器具配置状況を示す。

船倉内にコイル取りされたケーブルは航海中の振動に耐えるよう5寸角材をもつてコイル内外に枠を設けた。

(3) 布設作業

大栄丸は尾道にて艀装した。その要点は第9図に示す

調査に使用した船舶は調査船(20t)のほか, 潜水夫船(5t)連絡用足船の3隻である。測深器は日本無線製の魚群探知器を使用した。また既設の電力ケーブル探知用



第8図 ケーブル積込状況

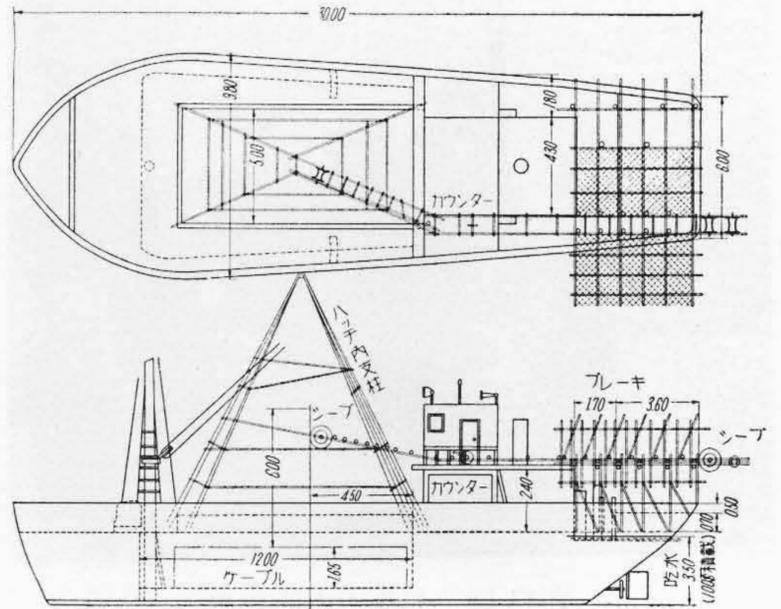
とおりである。

船尾のシーブはケーブルの重量、ならびに外径が相当大きいのでシーブを2個使用し、有効屈曲径が2m以上となるよう配慮した。

ブレーキは安全をみて12本とし、釣車を通じて締付けるようにした。

艀装とともに海底の再調査を行い、航標となるブイの設定を行つた。布設作業出発点は因島側が海岸近くまでハウスが接近しているのだからそこから出発することになつたが、岸付近に浅瀬があつて満潮時しか船が接岸できないため、満潮時に布設を行うことになつた。正午ごろ潮止りという条件から10月23日に布設を行うこととし前日に試航2回を行つて、予定コース上を走ることが得た。

布設日午前7時30分より諸準備を開始した。因島側のケーブル端末陸揚げは水ぎわに起重機船をすえケーブルハウスにワイヤーを回し起重機船のウインチでひつぱる方法によつた。ケーブルには約5m置きにドラム籠2個を取付けながら送



第9図 艀装設計図

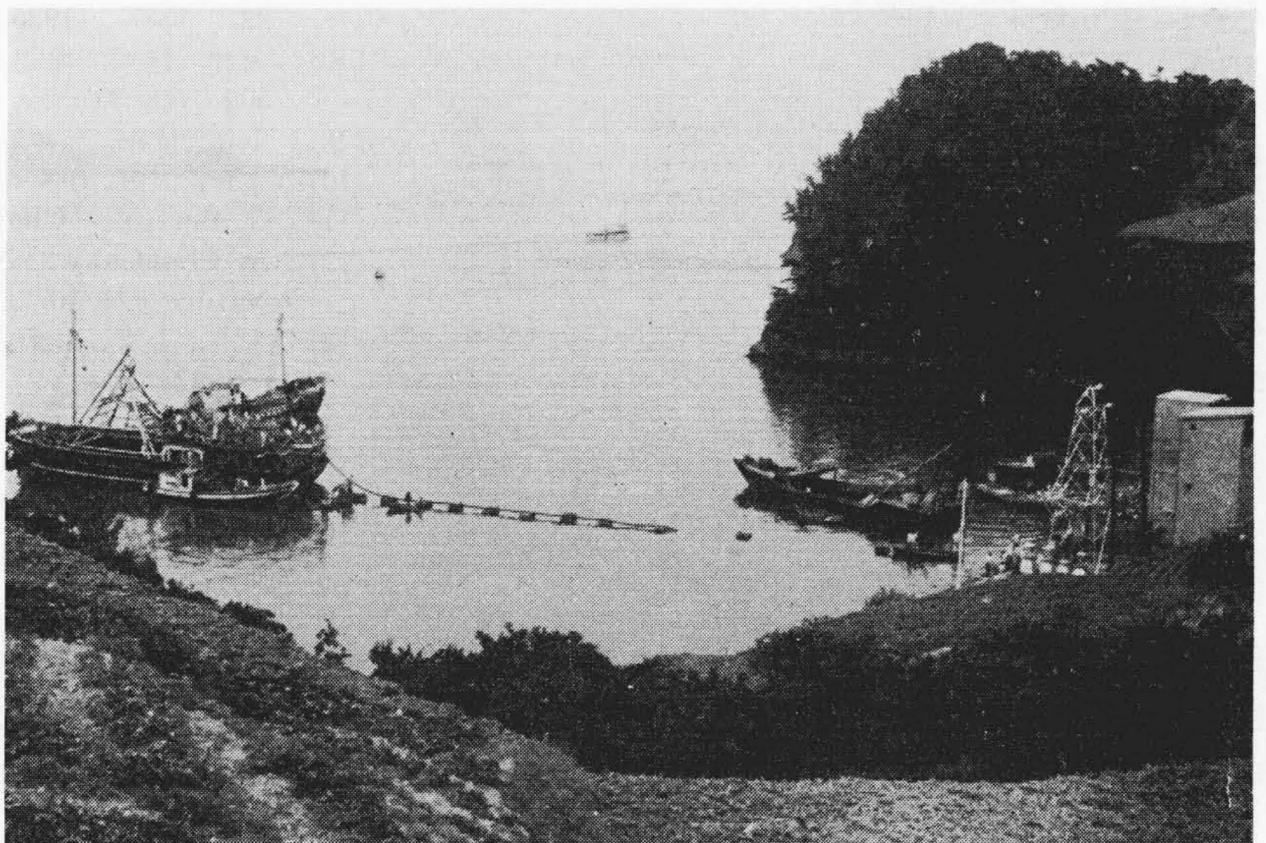
り出した。陸揚げ状況を第10図に示す。

布設船は正午の満潮時をまつて出発した。船上では六分儀と三桿分度儀によつて船の位置を時々刻々記録しながら進み、向島側に到達した。第11図に航行中の状況を示す。

向島側の陸揚げは船尾よりケーブルをくり出しながらドラム籠の浮きをつけ、ケーブルを海中に投入浮上させその後これを陸上に引寄せる方法を採用した。

このようにして布設した本ケーブルに沿わせて試験用ケーブル約10mを向島側に布設した。これは絶縁体の吸水、海水中における劣化、および鉄線鎧装の磨耗の程度を長年月後に引揚げ試験しようとする目的である。

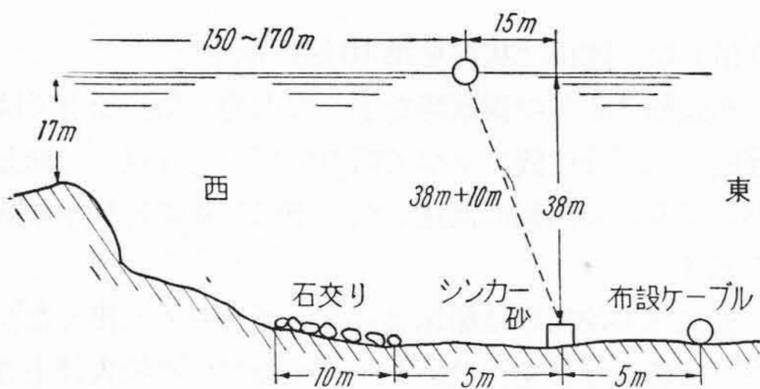
さらに本ケーブルの水没位置確認を潜水夫およびサーチコイルによつて行つた。赤根岩礁付近の状況を示すと



第10図 因島側陸揚状況



第11図 航海中の布設船



第12図 赤根付近ケーブル位置

第12図のようである。第6図と照合してみるとわかるとおり3号線との間隔は約50mあるので良好な布設といえよう、また向島の航路付近はサーチコイルのみにて探線したが、ほぼ予定船路上にあった。

(4) 布設後商用試験

10月26日官庁係官立会のもとに完成試験を行つた。絶縁耐力試験として、直流55,000Vを印加したが異常なかつた。

なお絶縁抵抗は1,000Vメガーにて無限大を示した。そのほか通電後に電話線の誘導電圧を測定したがその結果については別途報告する。

〔V〕 結 言

以上22kVブチルゴム絶縁海底ケーブルの設計より、布設するに至るまでの概略を述べ因島4号線の特異点を明らかにしたが、まだ十分究明できなかつた諸点も含まれている。しかし22kV海底電力伝送には従来使用されてきた天然ゴムおよびSL型紙ケーブルと同様にブチルゴムケーブルも十分用い得ることが明らかとなつた。筆者らはむしろこれより長い寿命を期待している。

この報告は本号別稿二つと相まつて完成されたものとなつているが、これらが因島4号ケーブルの保守運営に便宜を与え、今後の海底ケーブルの設計に寄与するところがあれば幸いである。

擱筆にあたり中国電力株式会社、日立電線株式会社および日本海底電線株式会社の関係各位に対して深甚な謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) Elec. J. 12, 1117 (1956)
- (2) 五島, 宮城: 電学誌 64, 176 (昭19)
- (3) S.J. Rosch: Power Apparatus and Systems. No. 21 1291 (1955) I.P.C.E.A. 規格 Appendix 0 (1956)
- (4) 宮沢, 依田: 電三連大予稿 124 (昭30): 462 (昭31)
- (5) 宮沢, 依田, 橋本: 日立評論 39, 65 (昭31)
- (6) 依田: 電四連大予稿 484 (昭32)
依田, 増岡: 日立評論 別冊15号 49 (昭31)
J.C. Carrall, A.R. Lee, R.B. Mckinley: Power Apparatus and Systems. No. 21, 1204 (1955)
- (7) 庄司, 吉川, 渡辺: 日立評論 別冊9号 37 (昭30)
W.H. Couch, G.H. Hunt, N.D. Kenney, P.H. Ware: Power Apparatus and Systems. No. 22, 1387 (1956)
- (8) 大和, 庄司, 渡辺, 依田, 増岡: 電四連大予稿 509 (昭32)
- (9) 卜部, 依田, 今井: 電四連大予稿 507 (昭32)
- (10) 永野, 依田, 今井: 電四連大予稿 451 (昭31)
- (11) G. Bertux: CIGRE No. 220 (1954)
- (12) A. Charlesby: Nucleonics 12, (1954): Nature 171 167 (1953)
- (13) 水上, 今井, 永野, 青木: 電四連大予稿 489 (昭32)