

光海底ケーブルのルート設計及び敷設技術

太田 努・西山 友久

要 旨

海底ケーブルシステムは、サービスインから25年間の長期運用を前提としており、このような長期にわたり実用に耐えうる海底ケーブルシステムを建設するためには、設置される海域の状況を海洋調査で知り、その結果を反映したケーブルルートを設計します。製造されたケーブルシステムは敷設船で通信を必要とする地点間に建設されます。本稿ではプロジェクトの流れを追いながら海底ケーブルの工事完了までを紹介します。

キーワード

●海洋調査 ●ルート設計 ●ケーブル敷設 ●埋設 ●敷設船

1. はじめに

大容量の通信を可能にした海底通信ケーブルは2国間通信やエリア間通信では欠かさない存在です。通信システムを建設するためには、まず通信を必要としている地点間の海底状況を調査し、海底状況に適応した海底ケーブルを選定し製造します。次にそれらのケーブルと海底機器を特殊な工事船舶（ケーブル敷設船）に積み込み、通信システムを必要としている地点を物理的に海底ケーブルで結ぶ工事を実行します。本稿ではその海底ケーブルの完成までの海洋工事の流れを示します。

2. 海洋調査

障害機会の少ない海底ケーブルシステムを建設するためには敷設される海底の状況を知り、その情報をもとにケーブルルートの設計をする必要があります。海洋調査は主に音響探査による海底面調査と音波探査による地層探査に分けられます。マルチビームエコーサウンダーを搭載した海洋調査船が計画されたケーブルルートに沿って走ることによって海底面を俯瞰できる調査図面を作成します（図1）。本調査により海底の起伏の状況や設置に向かない斜面の有無を知ることができます。

地層探査では海底下で後述する埋設工事の障害となる岩や岩盤の有無を調査します。サブボトムプロファイラーで、音波の反射の強弱や時間差により堆積層の状況を知ることができます。強い反射があれば硬い底質であることが予想でき、

その場合はケーブルルートがその部分を避けるように設計します。また音波だけで底質が判断できない場合には実際に海底の土砂を柱状採泥器などで入手することで判断の精度を上げます。これらの調査の結果をもとに海底断面図が作成されます。この海底断面図をもとにケーブルシステムを保護するための仕様（埋設の要否やケーブルタイプの選定）を決定します。

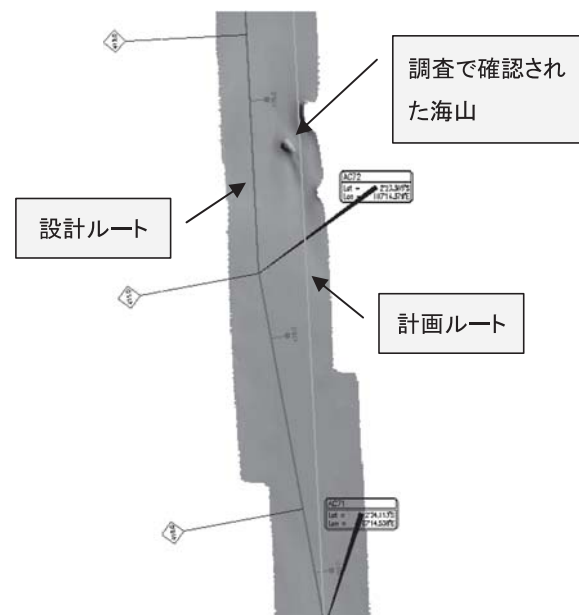


図1 海底面状況図

3. ルート設計

海洋調査の結果や既存の人工構造物（定置網など）の情報をもとに敷設工事の容易性やシステムの安全性を考慮しケーブルルートを設定します。昨今では敷設されている海底ケーブルの数も多くなり、既存のシステムで混雑している海域では隣接システムと一定の離隔をとることで保守の面からも受け入れ可能なケーブルルートを設定します。海洋調査報告書には調査結果から選定した最適なケーブルルートとケーブル種別、及びその選定理由や周辺海域の状況（気候変動、漁業、海底開発、及び船舶航行状況など）が記述されています。

ケーブルルートが確定した後、その結果はルートポジションリスト（図2）にまとめられます。

ルートポジションリストは海底ケーブルや中継器が海底のどこに設置されるかを緯度、経度で示した一覧表で、敷設工事の際の重要な目標になります。ルートポジションリストには海底のどこに（緯度、経度）・何を（ケーブル種別、海底機器など）・どのように（表面敷設、埋設）敷設するかが記載されており、また敷設船がどこでどのように曲がれば（AC：Alter Course、変針点）設計された海底にケーブルなどが敷設されるかも表しています。

Pos No.	Event	Latitude	Longitude	Distance (km)		Cable Type	Approx. Depth (m)	Target Burial (m)
				Between Positions	Cumulative Total			
1	BU KARLW	21° 07.000' N	64° 36.000' E		0.000		0	0.0
2	AC	21° 03.477' N	64° 25.561' E	19.212	19.212	SA	8	0.0
3	CX IS FLAG FALCON Se	21° 00.199' N	64° 20.737' E	10.317	29.529	SA	11	0.0
4	AC	20° 57.312' N	64° 16.489' E	9.088	38.616	SA	22	0.0
5	AC	20° 37.527' N	63° 24.704' E	96.993	135.609	SA	28	0.0
6	CX IS Planned	20° 33.525' N	63° 11.743' E	23.700	159.309	SA	31	0.0
7	MB EZ OMN	20° 25.695' N	62° 46.401' E	46.368	205.678	SA	31	0.0
8	AC	20° 24.852' N	62° 43.674' E	4.992	210.669	SA	38	0.0
9	AC	20° 19.178' N	62° 32.903' E	21.468	232.137	SA	41	0.0
10	CX IS SEA-ME-WE 3 se	20° 15.788' N	62° 29.873' E	8.182	240.319	SA	45	0.0
11	AC	20° 12.059' N	62° 26.541' E	9.001	249.320	SA	95	0.0
12	AC	20° 04.732' N	62° 14.737' E	24.614	273.934	SA	99	0.0
13	AC	20° 00.006' N	61° 59.993' E	27.147	301.082	SA	204	0.0
14	BU1C FUJ	19° 58.000' N	61° 43.000' E	29.871	330.953	SA	326	0.0

図2 ルートポジションリスト

4. ケーブル製造と敷設船への積み込み

ルートポジションリストを図面化し海底機器の製造に指示できるようにケーブル直線図（図3）が作成されます。ケーブル直線図は通信システムを構成する海底ケーブルや中継器を直線状に配置したシステム構成図です。

ケーブル直線図をもとに、海底ケーブルと中継器がそれぞれの工場で製造されます。ケーブル工場へ輸送された中継器はケーブルと接続され一連のケーブルシステムとなります。

接続されたシステムは客先の立ち会いの下、性能が確認さ

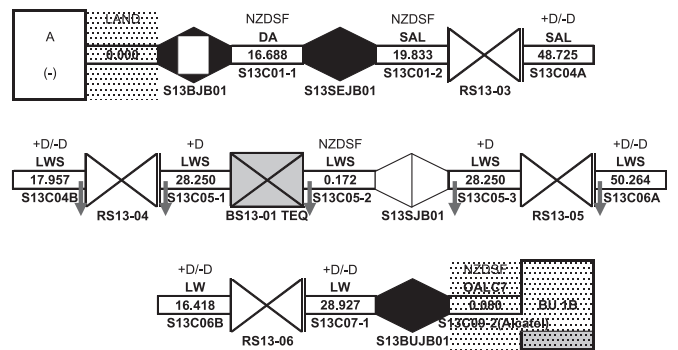


図3 ケーブル直線図

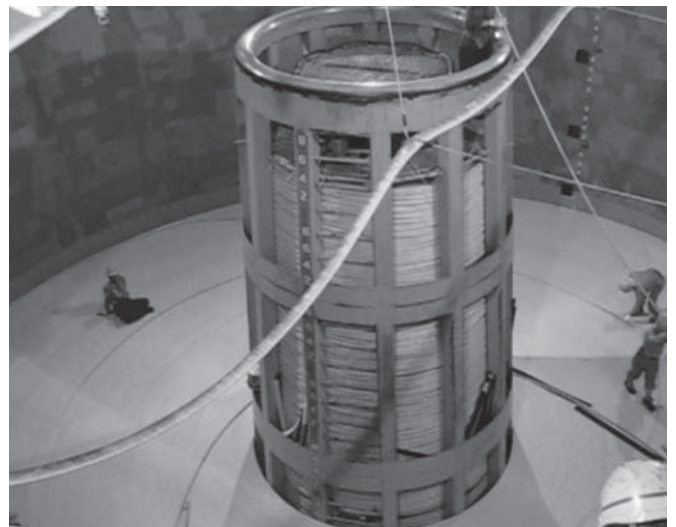


写真1 ケーブル積み込み風景（ケーブルタンク内）

れ出荷となります。

一連となったケーブルと中継器は来たる敷設工事のためにケーブル工場から敷設船に積み込まれます。牽引機を使用して工場からケーブルを引き出しながら、敷設船内のケーブルタンク内で巻き手と呼ばれる作業者が巻いていきます（写真1）。昼夜問わず積み込み作業は継続され、1,000kmのケーブルシステムの積み込みには、約1週間を要します。積み込みが完了した敷設船はいよいよ工事海域へ向け航海を開始します。

5. ケーブル敷設工事

海底ケーブルはほかの海洋事業者（漁業者など）と共存します。そのためには相互理解が必要です。海底ケーブルの故障の主要因の1つである漁業活動に対しては、ケーブルを海底表面に敷設するだけでなく海底下へ埋める（埋設と呼ぶ）ことで、漁業活動への影響を低減し、障害にあわずに安定した通信を提供することができ、将来にわたり両者が共存することができます。

5.1 掃海作業

埋設工事に先立ちまず実施されるのが掃海作業です。海底にはさまざまな廃棄物（漁具や縄、沈没船や錨など）が落ちています。これらが埋設工事の支障にならないように事前に除去する必要があります。ケーブルルート上の埋設区間に沿って鉤状の掃海装置を曳航することで障害物を取り除きます。

5.2 陸揚作業

工事現場に到着した敷設船がまず行うのがケーブル陸揚作業です（写真2）。沖合から海岸に向け、敷設船からケーブルを繰り出しケーブル陸揚げを行います。この作業により通信システムの一部は陸揚地と結ばれます。

5.3 ケーブル敷設船

ケーブル敷設船は海底ケーブルと海底機器（中継器や分岐装置）を敷設する特殊な船です。日本には民間で3隻が稼働しています。ケーブル敷設船の最も大きな特徴は、船内に大きなケーブルタンクと海底機器を収容するスタックを持っている



写真2 ケーブル陸揚げ風景

ることです。また敷設工事は主に船尾からケーブルなどを繰り出すことで海底に敷設するので、ケーブルの最小曲げ半径以上のシーブを備えています。客船と違い24時間作業を実施するため2交代ないし3交代で工事に従事できる人数全員が乗船します。船の規模にもよりますが40～50名が工事期間中乗船し昼夜を問わず作業します。NECも工事を監督する立場から監視員を派遣します。また敷設されているケーブルの伝送特性を常時試験するための試験員も派遣する場合があります。電気試験ができるように給電装置や試験設備も敷設船に装備されています。工事の開始から完了まで長ければ3～4ヵ月の乗船勤務になることもあります。

5.4 敷設埋設作業

ケーブル敷設には大きく分けて表面敷設工事と埋設工事の2種類があります。表面敷設工事は文字通り海底ケーブルと海底機器を海底表面に置くだけです。海底ケーブルと中継器の適用最大水深は日本海溝の横断が可能なように、8,000mの水深に耐えられるよう設計されています（写真3）。

ケーブル敷設船に積み込まれた海底ケーブルは、ケーブルタンクより引き出されケーブルエンジンと呼ばれる繰り出し装置を使用し繰り出し長の調整をしながら海底に敷設されます。

一方で漁業などによる障害を防ぐために、曳航式埋設機（写真4）を使って、海底下にケーブルと中継器を埋設する



写真3 太平洋に敷設されるケーブルと中継器

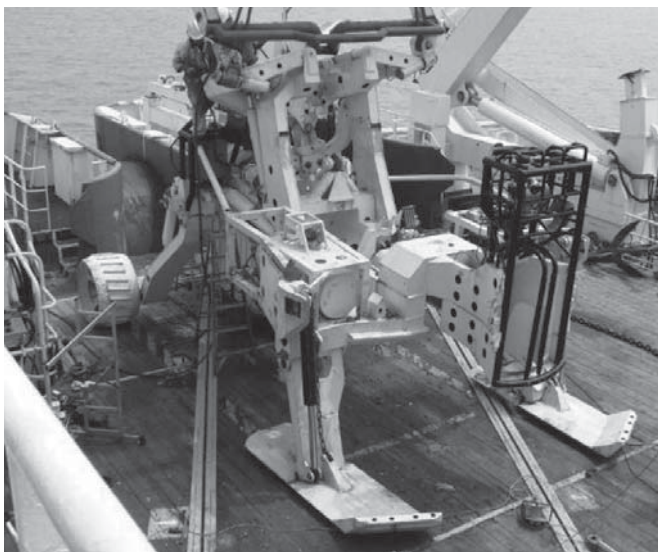


写真4 ケーブル埋設機

工事を埋設工事といいます。

ケーブルを海底下に埋めるには農業で使用する鋤をイメージしてください。鋤を海底面に沿って移動させれば鋤の深さに応じた溝ができます。埋設機の鋤歯の間をケーブルが通過することで溝の中にケーブルを埋設することができます。一般的には埋設は漁業が行われる水深1,000m程度までが対象になります。埋設機で掘られる溝の深さは、3mに達するものもあります。

敷設工事は通常浅海から深海の方向に向かって実行されま

す。つまり陸揚げ作業が完了した後、埋設工事を行い、深海の表面敷設工事に移行します。敷設船に積み込んだすべての海底ケーブルと海底機器を敷設し終わった時点が工事の完了です。ケーブルシステムの規模によりますが、複数の敷設船を使用し、複数回の工事を繰り返す場合もあります。またケーブル積み込みから敷設終了まで、おおむね1ヵ月から6ヵ月を要します。ケーブル敷設工事が完了した後は、システム全体の性能評価試験を行った上で、ケーブルシステムを客先へ納入します。

6. まとめ

弊社では、2008年から2009年にかけて、総長5,000kmを超える大型プロジェクトの工事を3案件実行しました。海底ケーブル建設は、海洋調査に始まりルート長さ、ケーブル製造、積み込み、敷設工事と、規模によらずどのプロジェクトも基本的には流れは同じですが、敷設する海域、季節などにより難易度が大きく異なります。プロジェクト固有の条件・状況に合わせた柔軟な対応が求められ、引き続き信頼性の高い海底ケーブル建設に貢献していきます。

参考文献

- 1) 国際ケーブル・シップ株式会社 (<http://www.k-kcs.co.jp/>)
- 2) NTT-WEマリン (<http://www.nttwem.co.jp/>)

執筆者プロフィール

太田 努
NECネットエスアイ
モバイル・海外ネットワークシステム
事業部
海洋エンジニアリング部
技術課長

西山 友久
NECネットエスアイ
モバイル・海外ネットワークシステム
事業部
海洋エンジニアリング部
主任