

++++++
研究ノート
++++++

沖合発電プラントからの大電力伝送

松浦 虔士*

技術の力で新しい国土を創造しようという時代になってきた。この新たな国土に用地を求め大規模な産業施設として、既に洋上プラント（火力・原子力・温度差発電）、海上空港、海上石油備蓄基地、海上ごみ処理施設などが名乗りを上げている。

筆者の所属する電気工学科第1講座（電力工学、高電圧工学）では、このような新分野は、過密で用地難及び少資源国の日本の将来を考えたとき、取り組むにふさわしいテクノロジーであると判断し、「沖合発電プラントからの大電力伝送」という新テーマを掲げ研究に着手したばかりである。したがって、以下主として調査及び研究構想の段階で気が付いた問題点や着想などについて述べる。

沖合発電プラントから陸地（需要地）へのエネルギー伝送コストはプラントから陸地までの距離に依存する。距離が300~400km以内ならば発電電力を直接電力の形で輸送する方が電気→化学→電気エネルギー変換を余分に必要とする液体水素やアンモニアのバージ輸送及び気体水素のパイプライン輸送などよりも経済的に有利であると試算されている¹⁾。したがって、一応日本近海200海里以内を対象とすれば電力伝送が主役になると考えられる。電力伝送の場合海底あるいは海中ケーブル送電が最も実用的で

実現の可能性が高いと思われるが、次の問題点を克服しなければならない。

① 電気的な問題—交流による電力伝送方式では距離が50km程度以上になると、図1のようにケーブルの両端にリアクトルを設置し、ケーブルで発生する無効電力を100%（各端で50%ずつ）吸収しても、送電可能な有効電力は距離の増大と共に著しく低下し²⁾、特に従来の紙絶縁超高圧ケーブルを用いる場合はその高誘電率（3.3~3.7）性のため100kmを越える送電は実用上困難となる。

№.12(8-1)

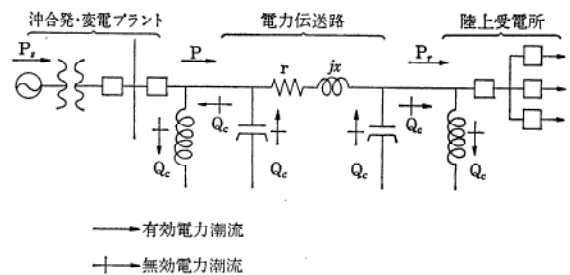


図1 沖合発電プラントからの電力伝送システム

② 機械的な問題—沖合発電プラントの構造そのものに関する力学的問題は我々の研究の範囲を越えるので触れないが、それが長期間波浪中に係留され、波浪動揺を生じることによって電力伝送系に与える問題を考えておかねばならない。

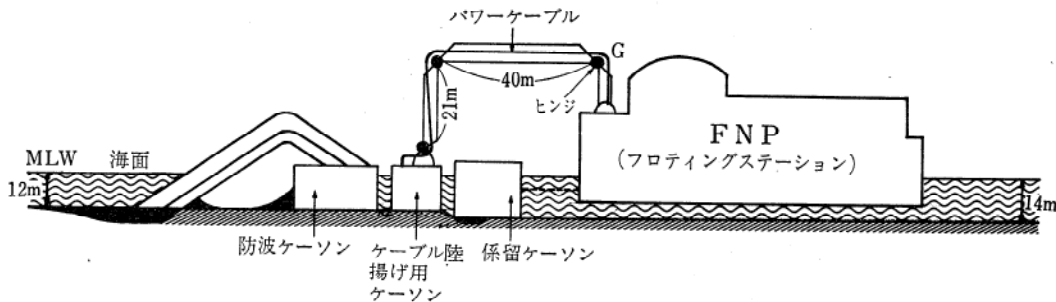


図2 大西洋浮上原子力発電プラントの概要

* 松浦虔士 (Kenji MATSUURA), 大阪大学, 工学部, 電気工学科, 助教授, 工博, 電力工学

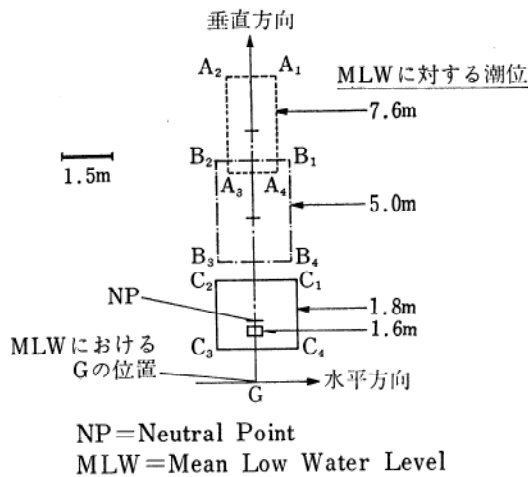


図3 ストームによるプラント
(図2のG点)の振動

浮揚式プラントの場合は繰返し屈曲に耐えるケーブルが要求される。例えば、既に可成り具体的な設計が進んでいる米国の大西洋原子力発電所は、ニュージャージー州 Atlantic City の沖合約5 km、水深約13mの海域に設置される予定で、出力 115万 kW の浮揚式原子力発電プラント (FNP) 2基とその周囲の外廓防波堤、浮揚・係留装置及び電力伝送用ケーブルから成っている(図2)³⁾。ケーブルは三つのヒンジ構造を有するブリッジを経てケーブル陸揚げ用ケーソンで海底ケーブルに接続される。ケーブル取付部(図2のG部)の波浪による動きは潮位により変化するが、図3のように予測されている。すなわち、最大の水平運動は±1.18m、垂直運動は neutral point に対し +1.65m、-1.40mである。この例のような場合は、防波効果が大きいので運動の振幅も比較的小さく、固定された部分(ケーソン)と動く部分(FNP)を結ぶブリッジ部分のケーブルのフレキシビリティでそれを吸収させるシステムが考えられ、従来型の紙絶縁アルミシースOFケーブルを用いても40年程度の耐用年数の間、金属シースの疲労破壊や絶縁体の機械的劣化に基く絶縁破壊を起すことのないようにし得ることが実証されている³⁾。つまり従来のケーブルエンジニアリングで対応できるわけで特に新しいリサーチは必要としない。ところが、外洋波浪中にプラントを建設せざるを得ないような場合、例えば OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion

Plant) と称する海洋温度差発電などの場合は、図4のように海底から浮揚 OTEC プラントまでの海中に宙吊りになる riser cable の設計及び工法が従来の海底ケーブル技術の範囲を越えるので大問題である。例えば海面の潮流が5ノットで水深750mとすると OTEC プラントは直径1,500mの円内で運動するといわれている²⁾。したがって、ケーブルの重量(数10~100ton)や張力の低減法を工夫した上でなおかつこのような大きな運動に耐えられるような強力かつフレキシブルな新しいアイデアを込めたケーブルシステムが開発されなければならない。

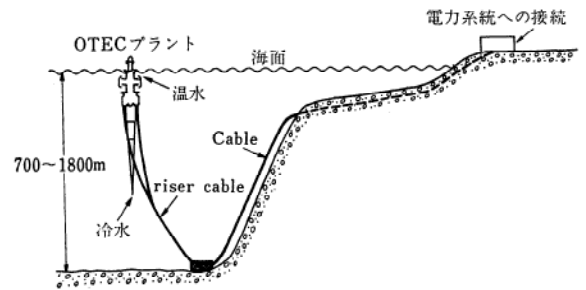


図4 OTEC プラントからの電力伝送路

以上が問題の要点であるが、電氣的及び機械的問題を同時に解決する方策として、従来超高压ケーブルとして実用されてきた紙テープ巻絶縁体に油圧を印加する方式のケーブル(このケーブルは電氣的には油浸セルロース紙の高誘電率性に基く大きな無効電力源になること、機械的には異常時例えばキンクのような極度曲げを受けたとき絶縁紙が裂けるなど致命的な損傷をこうむることが欠点である)に代り、機械的強度が高く低誘電率の高分子ファイバーを絶縁体とする油圧あるいはガス圧印加式のケーブルを用いることが考えられる。但し、予想される欠点として正常時の絶縁耐力が従来ケーブルよりも劣ることが考えられる。この欠点をどこ迄改善し得るかが研究の重要ポイントである。

海中ケーブルは軽くて強いものが布設工事などの面からも好まれるが、高分子ファイバーはその高次構造をコントロールすることにより機械的特性(強度・ヤング率等)を改善し得ることは良く知られている⁴⁾。最近では, wholly para-oriented aromatic polymer を溶液紡糸

して、軽くて強い度合が steel wire の 4～5 倍という “super fiber” が作られている⁵⁾。このような polymer fiber をロープ状に非常に密に編んだもので絶縁体を構成（必要ならば油圧あるいはガス圧を印加）すれば、張力を絶縁体にももたせ、かつキンクなどに対しても強い超フレキシブルなケーブルとすることも可能となる。しかしながら super fiber はいうまでもなく、高度の配向性をもった高分子ファイバー集合体の絶縁破壊強度・機構等については基礎的な研究が全く行なわれておらず、現段階でこれを評価することはできない。したがってこの面のリサーチを必要とするが、前述の wholly aromatic polymer fiber の場合は、例えばその繊維方向の電気伝導性などが、ケーブル半径方向の絶縁破壊強度にどのように影響するのか、半径方向の破壊強度は沿面パスの長さで目安がつけられるという従来の説がどのように修正されるべきなのか、等々学問的に興味のある問題も多く含んでおり、単にそのことを追求するだけでも電気絶縁工学の新分野を開拓することにつながり意義がある。現在このような観点から研究に着手したばかりであり絶縁体の試作などを行なっている。

次に、電力系統技術という点からみれば、外洋プラントからの長距離大電力伝送の方策として直流送電方式を採用することが考えられる。筆者の所属する研究室でもサイリスタのゲートパルス位相制御交直変換模擬電力システムを用いて直流送電特性の研究を行なっているが、この技術は沖合発電プラントからの電力伝送にプロパーなものではないので、ここでは特に触れなかった。

参考文献

- 1) A. Konopka et. al., Energy Transmission From Ocean Thermal Energy Conversion Plants, 11 th IECEC, 769164, 1976.
- 2) J. A. Nelson, Submarine Transmission From An Ocean Thermal Energy Conversion Plant, American Power Conference, April 20, 1977.
- 3) G. Bianichi et. al., Design and Tests of a Flexible EHV Cable Connection for a Floating Plant, IEEE Vol. PAS-96, No. 2, March/April, 1977.
- 4) 依田, 青谷, 天然繊維と合成繊維の歴史的展開と今後の技術発展について, 高分子26巻9月号, 1977.
- 5) W. B. Black, J. Preston, High-Modulus Wholly Aromatic Fibers, Marcell Dekker, N. Y., 1973.