

陸電供給システム

株式会社 ジェーアルシーエス
藤田 真澄

陸上電源（陸電）供給システムとは？

陸電供給システムとは、港湾地域における CO_2 、 SO_x 、 NO_x 等の排出ガスを削減し、大気汚染の改善を図るため、接岸中の荷役やその他の作業において船舶が必要とする電力を船内発電機ではなく陸上電源から供給し、船内発電機を停止させるシステムのことです。

元々は、アメリカ海軍が使用していたもので、陸電供給中は船内発電機が停止されて熱が発生しないため、船体が冷たい鉄の塊になることから「冷たい(cold)鉄の塊にする(ironing)」“cold ironing”と呼ばれています。艦船はもちろんのこと、バルト海やアラスカ沖を航行する客船の一部でもすでに採用されていましたが、広く知られるようになったのは、ロサンゼルス、ロングビーチというアメリカ2大港湾都市において、この導入が具体化されてからのことです。



今年5月に行われた弊社陸電供給システムの通電試験の様様

これら2都市を含むカリフォルニア州は排気ガスによる大気汚染が深刻で、早い時期から排ガス規制が行われてきましたが、その対象は自動車や工場、船舶からの排気ガスは長く規制対象とされていませんでした。しかし、1994年頃から船舶に対する規制の検討が始められ、さらには、ロサンゼルス港(POLA)やロングビーチ港(POLB)付近に住む住民について、喘息や急性/慢性の気管支炎の急増、高い発ガン率を示すレポートが提出される等、地域住民も港湾における排出ガスに高い関心を示すようになりました。そして港湾を出入りするトレーラーや列車、そして港に停泊している間アイドリングし続ける船舶などを排ガス規制のターゲットとして見始めたのです。

それを受けて両港湾でも、排出ガス削減に向けて、低公害エンジンや低硫黄燃料の使用等、様々な対策を講じ始めました。その対策の1つとして、提案されたのがこの陸電供給システムです。両港湾とも、各船会社と交わしているリース契約の更新時に陸電供給システム導入等の環境対策の義務付けを行っているようで、POLAではすでに中国海運が2004年より自社ターミナルにおいて陸電供給を行っています。現在、世界で10社以上の船会社が陸電供給システムの導入を検討しており、すでに陸電供給システムを搭載した船舶を保有している会社も少なくありません。

また、2006年3月にロンドンで開催された国際海事機関(IMO)海洋環境保護委員会(MPEC)でも、陸電供給システムの必要性や接続方式の標準化などが議論され、現在、国際標準化機構(ISO)ではIMOからの委託を受けて、陸電供給システムの規格を作成しており、2008年までには完成する見込みです。

日本においても、現在、「船舶版アイドリングストップ」という名称で陸電供給システムの本格的な導入が検討されています。国土交通省と環境省により、2006年秋から本格的な導入に向けて各種の試験が行われています。日本国内の全ての内航船がこのアイドリングストップを実施した場合、東京ドーム約400個分に相当する年100万トン程度の CO_2 が削減できる可能性があるとの試算が国土交通

省港湾局により発表されています。

このように、今後、日本も含め陸電供給システムの使用はますます広まっていくものと思われますが、まだ我々には馴染みのないものです。そこで、今回は陸電供給システムの概要を説明し、4種類の船におけるシステム事例を取り上げ、各船において陸電供給システムがどのように運用されていくのかを紹介したいと思います。

システム概要

まず、陸電供給システムの操作手順からシステムの概要を説明します（図1及び図2参照）。

I. 船内発電機から陸電への電源切換え

陸上から供給された電力は港湾施設内にある“受・送電施設”で受電され、港湾施設で利用されています。

1. 陸電接続用ケーブルの接続

岸壁に“陸側接続箱”が設置されています。この接続箱へ船内から延長した“陸電接続用ケーブル”を接続します¹。

2. 陸電送電開始

受・送電施設において受電された電気を、陸側接続箱、陸電接続用ケーブルを通して送電し、船内に設置された船外受電箱で受電します。

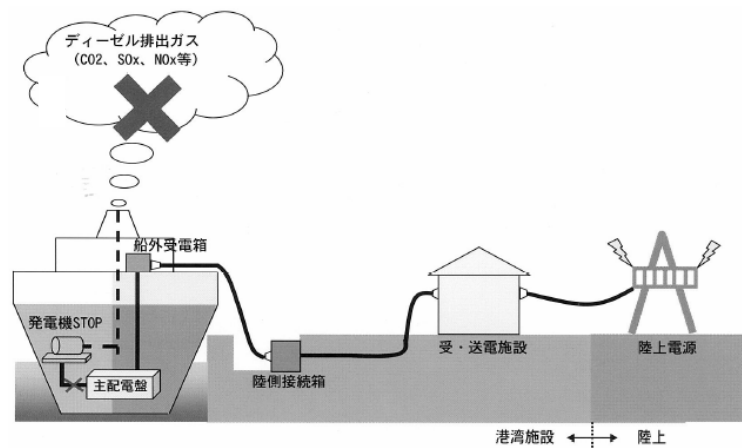


図1 システム全体図

続いて、

3. 船外受電箱から船内主配電盤への送電

3-1. 船外受電箱から陸電受電盤へ送電

船外受電箱にて陸電の供給が確認できれば、船内送電用遮断器(VCB)を投入します。これにより、陸上電源は陸電受電盤²へ送電されます。なお、440V 低圧配電盤が採用されている船においては、船外受電箱から陸電受電盤へ送電する間に変圧器を介して 6.6kV の陸電を 440V に降圧します。

3-2. 船内発電機を1台使用

主配電盤において、船内負荷が発電機1台でまかなえるか確認し、まかなえていない場合は、船内負荷を下げ、発電機1台のみの運転で給電できる様にします。これは、陸電との一時的な並列運転を容易にするためです。

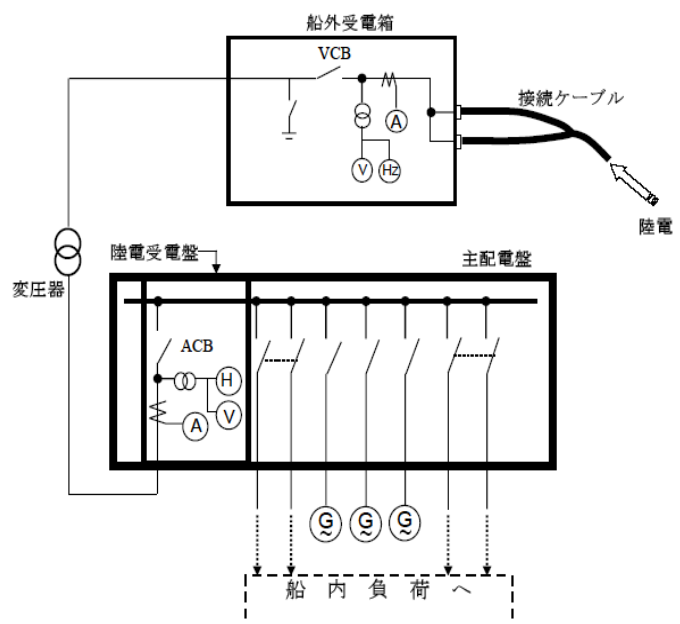


図2 システム構成図 (AC440V システム)

- 1 船舶、港によっては船内接続点において接続、取り外しを行う場合もあります。
- 2 新造船では、陸電受電盤は主配電盤の中に装備されますが、既存船においては主配電盤の改造工事が必要です。

3-3. 陸電受電盤から主配電盤への送電 (AC440V システム)

発電機 1 台による給電が可能になったことを確認の上で、この発電機と陸電の同期が合っているかを確認します。同期がとれていることが確認できたら、陸電受電盤内の主配電盤給電用遮断器(ACB)を投入します。その後、短時間の並列運転を行い、船内負荷を陸電側に移行した後に、発電機の遮断器を開放します。陸電と船内発電機を並列運転させることで、無停電切り換えが可能となります。

3-4. 船内発電機停止

3-2.で下げた負荷の遮断器を再投入し、船内負荷を切り換え操作前の状態に戻します。適当な時間を経て、3-3.にて開放した発電機遮断器のエンジンを停止させます。

以上で船内発電機から陸電への電源切り換えが完了です。

II. 陸電から船内発電機への電源切り換え

1. 発電機始動・負荷軽減

発電機エンジン 1 台を始動させ、負荷が発電機 1 台でまかなえるかどうかを確認します。負荷が発電機 1 台でまかなえない場合には、発電機 1 台でまかなえるまで船内負荷を下げます。

2. 陸電と発電機の同期投入と電源切り換え

陸電と発電機の同期がとれているか確認し、同期が確認できたら、発電機遮断器を投入します。そして短時間の並列運転を行い、船内負荷を発電機側に移行した後に、陸電受電盤の遮断器を開放します。

3. 他の発電機始動と陸電接続盤の遮断器開放

他の発電機を始動させると、負荷を増加させることができますので、通常操作で同期投入と並列運転を行います。その後、この時点ではまだ陸電が陸電受電盤遮断器の入り口まで供給されている為、船外受電箱の遮断器を開放します。

4. 陸側受・送電施設からの送電停止・陸電接続用ケーブル取り外し

陸側の受・送電施設からの送電を停止した後、陸電接続用ケーブルを取り外します。

以上で陸電から船内発電機への電源切り換えが完了となります。

事例紹介

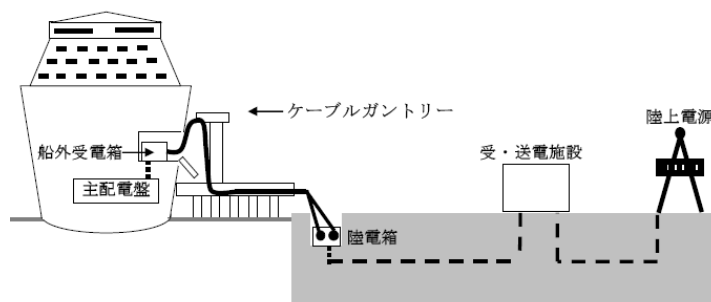
以上、陸電供給システムの概略について述べてきましたが、現在すでに一部の港湾、船舶において実用化、設備整備が行われています。ここからは石油タンカー、LNG 船、コンテナ船そして水産大学の練習船「耕洋丸」における 4 種類の船舶において実際に採用されている、また採用予定の陸電供給システムの例³をご紹介します。石油タンカー、LNG 船、コンテナ船においては、陸電接続用ケーブル接続後の電源切り換え手順については前述の概略と基本的には同じです。各船舶の構造や特性により違いが出てくるのは陸電接続用ケーブルの接続方法です。これら 3 隻に関しては、その違いを中心に説明します。

I. コンテナ船

- 3 先述のとおり、陸電供給システムの国際規格は現在作成中であり、今後システム改訂が行われる可能性があります。

陸電供給システムの運用において、最も大変な作業は大きな受電容量の陸電接続用ケーブルの接続作業、とりわけ運搬作業です。6.6kVで3,000kW級の陸電を供給するには直径約8cm、重さ約10kg/mのケーブルが必要ですが、それを人間の手で運ぼうとすると非常に多くの時間がかかります。そこで、ケーブル管理機器が必要となってきます。早くから陸電供給システムが採用されていた客船では、ケーブル管理機器として港側にケーブル運搬用のガントリークレーン(ケーブルガントリー)を設置し、船内へケーブルを接続していました(図3)。このとき、ケーブルの接続・取り外しは船側で行われます。このケーブルガントリーを使用すれば、ケーブルの持ち上げに手がかからず、接続の時間を大幅に短縮することができます。

図3 客船におけるシステム全体図



しかし、コンテナ船のターミナルにおいては、岸壁に荷役用コンテナクレーンがあるため、このケーブルクレーンを設置することができません。そのため代替案として考えられたのが船上に設置可能なケーブル管理機器、ケーブルリールを設置し、船上でケーブルの取り出し・巻き取りを行うことです。ケーブルリールの設置方法としては、アッパーデッキもしくはその他の居住区デッキにケーブルリールを設置するのが、最もオーソドックスな方法です。

しかし、ケーブルリールをデッキ上に設置すると、湿気や潮の影響を受けやすく、ケーブルの性能劣化が懸念されます。そこで提案されたのがコンテナの中に収納するという方法です。これにより、ケーブルリールが湿気や塩分を含んだ外気に触れるのを防ぐことができます。さらにケーブルリールを収納するコンテナの中に船外受電箱を装備すれば、陸電供給システムの主要機器を1つのコンテナに納めることができます。このコンテナ方式(図4)は、機器を外気から守るというだけでなく次のような利点があります。

・船側の追加機器、改造工事の大幅削減

コンテナ内に必要機器をまとめて改造することにより、就航船の換装工事において大きな利点となります。また、

・他船と併用が可能

陸電供給コンテナは他のコンテナ同様、移動させることが可能なので、他船に流用することもできます。さらに、

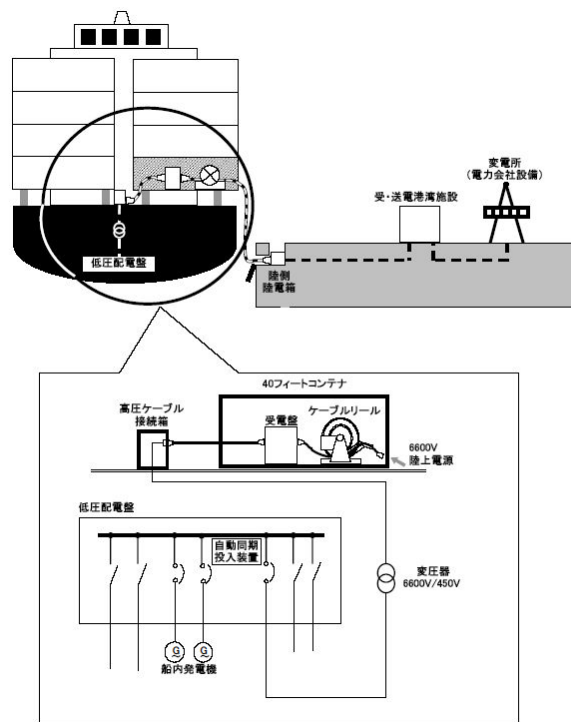


図4 コンテナ船におけるシステム全体図

・両舷に対応

コンテナを移動させれば、船が左舷・右舷のどちらに接岸しても対応できますので、コンテナ1個を共用することができます。従って、このコンテナ方式は、新造船においてもコスト削減につながりますので、今後、コンテナ船における陸電供給システムの主流になるでしょう。

Ⅱ. タンカー

タンカーにおける陸電供給システム実用化は英国の British Petroleum 社(BP)が世界に先駆けて行っております。ここで紹介する石油タンカーと LNG 船におけるシステム事例はいずれも BP で検討されている案です。

- LNG 船

LNG 船では、BP が韓国で建造し、2007 年 7 月に引き渡された 155,000 立方メートル積み世界最大級の LNG シリーズ船の1隻目“British Emerald”が、世界初の陸電供給システム搭載 LNG 船となります。下図 6 はアメリカ合衆国ニュージャージー州に建設中の LNG 船用ターミナルで、“British Emerald”はそこへ寄港する予定です。ここでは、そのターミナルで採用されている陸電供給システムを紹介しましょう。

まず、船内の機器設置に関してですが、LNG 船では国際条約により危険区域の防爆・本質安全の要求がされているため、電気設備を危険区域に設置することができません。よって、船外受電箱等の必要機器は居住区域に設置されます(図 5)。

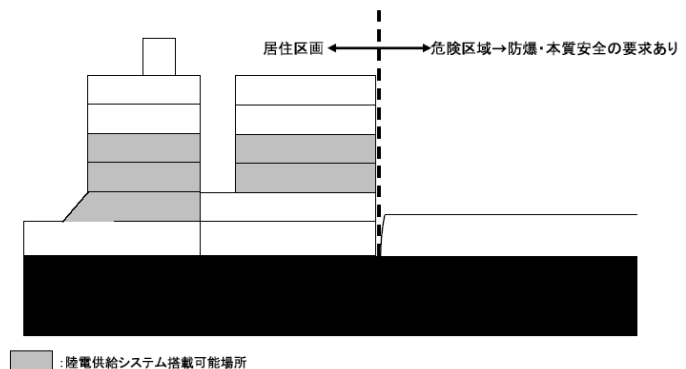


図5 LNG 船におけるシステム搭載可能場所

次に陸側ですが、ケーブル管理機器（クレーン）を使用して持ち上げられた接続用ケーブルを船外受電箱に接続します。その後の作業は一般的な電源切換えと変わりませんが、BP の LNG 船で、他の船と大きく違うのは緊急遮断システムです。LNG 船は、荷役中に非常事態が起きた場合、岸壁から緊急退避する要求があります。その要求を満たすため、このターミナルでは、非常事態が起きた場合に陸電供給中の船を岸壁から退去させるとき、下図 6 にある非常時ケーブル接続ポイントのコネクターを引きちぎって退去させることが考案されています。切断ポイントという、意図的に強度を弱くした箇所を設ける事により、強制退去時に船、陸電設備とも大きな損害を受けず、しかも安全に退避することが可能になります。これが LNG 船と他の船との大きな違いです。

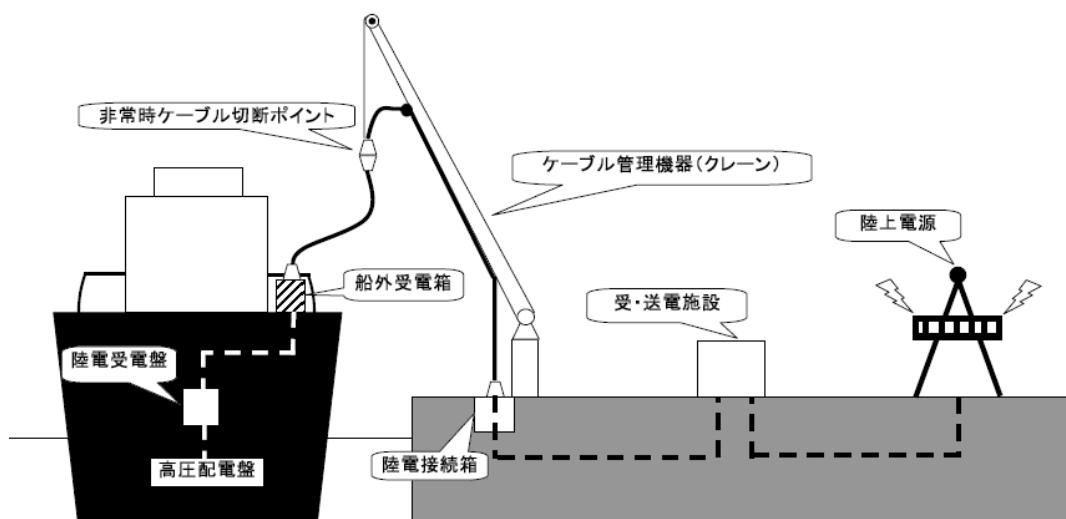


図6 LNG船におけるシステム全体図

- 石油タンカー

右図7は、POLBにて改装工事中のBPの石油タンカーターミナルの完成予想図です。石油の荷役等を行う栈橋の1ヶ所に陸電供給スペースが設けられ、そこに受・送電施設等の電気設備やケーブル管理機器が設置されます。

石油タンカーもLNG船同様、規格により、電気設備を危険区域に設置することは禁止されていますので、船外受電箱は居住区域に設置します。栈橋からケーブル管理機器（ケーブルリール）により船内へ運ばれたケーブルは船外受電箱に接続されます。その後の電源切換え作業に大きな違いはありません。

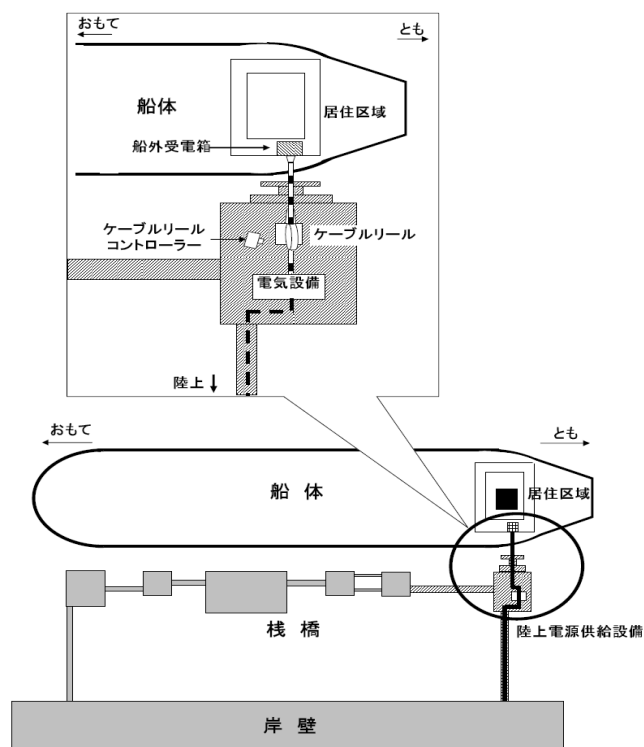


図7 石油タンカーにおけるシステム全体図

Ⅲ. 練習船 - 水産大学校「耕洋丸」

ここでは、水産大学校の練習船、「耕洋丸」の事例を紹介します（図8）。「耕洋丸」で採用されているシステムは前述の一般的な電源切換えとは少し異なります。通常、低圧電源システムを採用している船には、陸上から6.6kVを送電し、船内で変圧器により降圧させますが、「耕洋丸」においては陸上からの送電電圧を予め450Vにして送電します。送電の手順としては、

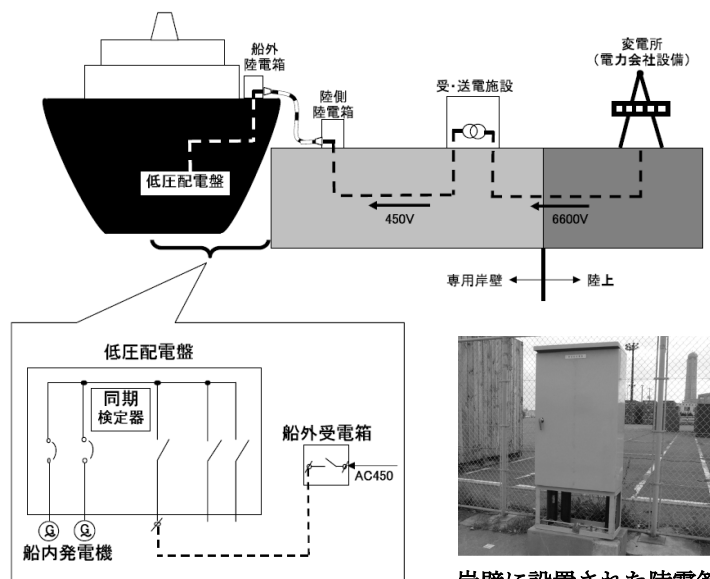
1. 陸側陸電箱からの送電開始

陸側陸電箱から船外受電箱に電源を投入し、船外受電箱の遮断器を投入します。

2. 発電機電源と陸電の同期

船内主配電盤に装備された同期検定器で確認しながら発電機のガバナーを操作し、発電機電源と陸電の同期をとります。

図8 「耕洋丸」におけるシステム全体図



岸壁に設置された陸電箱



3. 主配電盤内へ陸電投入

同期が合ったことが確認されたら、主配電盤内に装備された陸電用遮断器を投入します。
このとき、船内電源と陸電が並列接続状態となっています。

4. 発電機遮断器を開放

主配電盤の陸電用遮断器が投入されてから 0.5 秒後には発電機の遮断器を開放します。以上で、電源切換えが完了となります。

これは、日本の電力会社の規定により、陸上電源と船内電源との 1 秒以上の並列接続は認められておらず、もし 1 秒以上行う場合は追加で保護機能を設ける必要があるので、「耕洋丸」では、並列運転中の負荷移行は行いません。「耕洋丸」のシステムは、船内電力が少なく（100kW 程度）、小型船にはこの方式が適当だと考えます。

おわりに

これまで述べてきたように、陸電供給システムでは、追加する必要機器も多く、特に港湾の大幅な改造工事も伴うため、実用化への道のりは厳しい状況にあります。また、船・港湾・陸上電力会社間での陸・海を超えた調整が必要なため、標準化の策定も容易ではありません。しかし、陸電供給システムの運用により、船舶からの排出ガスが削減され、大気汚染防止に貢献できることは確かです。今日の環境保護、地球温暖化防止への関心の高まりに合わせて、この陸電供給システムが世界的に広まることが望まれます。

会社プロフィール

(株) ジェーアールシーエス 代表取締役 近藤 高一郎

<http://www.jrcs.co.jp/>

〒750-8515 山口県下関市東大和町 1-2-14

TEL 0832-61-0300 FAX 0832-61-0330
