

船舶版アイドリングストップの実証実験について — 積雪寒冷地における大型船舶への挑戦 —

室蘭開発建設部 苫小牧港湾事務所 ○工藤 博文
矢野 隆博
木口 輝

停泊中の船舶から排出される温室効果ガス等の排出ガス削減対策として、陸上から電力を供給することにより船舶の補機関の運転を停止させることが有効と確認されている。

しかし、日本国内では小容量設備以外にほとんど実施されておらず、本格的に陸上電力供給システムを導入するためには、設備の技術的検討に加えて、システムの安全性、陸側と船舶側の接続時の作業性、コスト削減を含む経済性等広範な検討を行う必要がある。

本実証実験は、苫小牧港に入港するフェリーを対象に陸上電力供給システムの実証実験を実施することにより、その技術的課題の検証及び導入効果の確認を行うことを目的とする。

キーワード：CO₂、地球温暖化、大気汚染、船舶

1. はじめに

「船舶版アイドリングストップ」とは、停泊中の船舶が必要とする電力を船内のディーゼル発電機を「ストップ」させ、陸上から船舶に必要な電力を供給することにより二酸化炭素の軽減や排出ガスによる大気汚染防止を目的とするものであり、「陸上電力供給」や「AMP (Alternative Maritime Power)」等と呼ばれている。(図-1 参照)

大気環境に厳しいアメリカカリフォルニア州や船舶からのSO_x(硫黄酸化物)の影響が大きいスウェーデンで先行的に実施されている。

船舶内電気の周波数は通常60Hzであるのに対し、陸上電力は、アメリカは60Hz、ヨーロッパでは50Hzが多く、日本では西日本が60Hz、東日本が50Hzとなっている。50Hz地域では陸電供給を行うにあたり周波数変換が必要になることが課題となっている。

陸上電力供給は有効なCO₂削減手段であるが、日本国内では小容量設備以外にほとんど実施されておらず、停泊中の船舶からの排出ガス削減を目的とした大容量の船舶用陸上電力供給設備を導入するためには、設備の技術的検討に加えて、システムの安全性、陸側と船舶側の接

続時の作業性、コスト削減を含む経済性等広範な検討を行う必要がある。

実証実験は、苫小牧港西港区開発フェリーふ頭2号岸壁に停泊するフェリー「きそ(15,795GT)」を対象に陸上電力供給システムの実証実験を実施することにより、その技術的課題の検証及び導入効果の確認を行うことを目的とする。

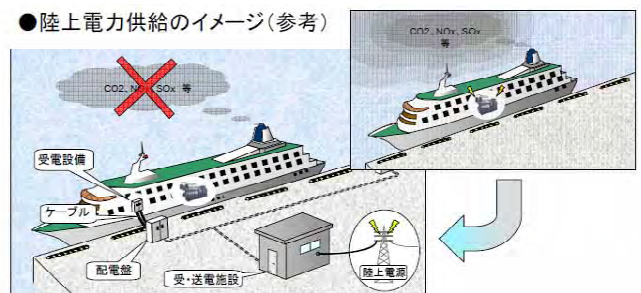


図-1 アイドリングストップ概念図

2. 先行事例

アメリカ：ピッツバーグ港、ロサンゼルス港、
ロングビーチ港、ジュノー港等
EU：イエテボリ港等

大気環境に厳しいロサンゼルス港では、2004年china shipping terminal、2006年NYK terminal(日本郵船)などの整備を行い、2011年までに16バースを整備予定であり、世界で最も陸電が進んでいる港である。

国内では、東京都、横浜市、在日米軍にて実証実験を含めた陸電供給を行っている。

特に在日米軍は、定期運航船とは異なり接岸時間が長いいため陸電の効果が大きく、更にCNG(圧縮天然ガス)発電との組み合わせによるESCO事業も導入し、空母やイージス艦などでも陸電を供給している。(写真-1参照)

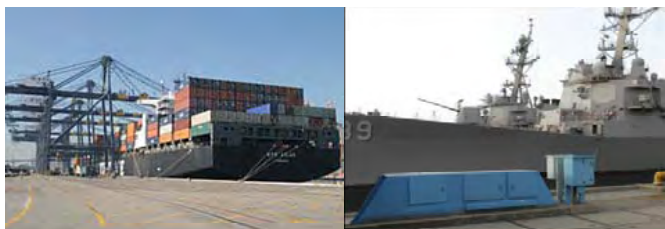


写真-1 陸電供給中のコンテナ船 1) とイージス艦

3. 国土交通省の取組み

平成18年3月に開催された国際海事機関(IMO)海洋環境保護委員会では、船舶からの大気汚染防止のため、陸上電力の必要性について議論が始まり、同年10月からは国際標準化機構(ISO)でも陸上電力設備の国際規格の作成作業を開始した。国土交通省としては、国内の実験結果を踏まえ積極的に参加していくこととしている。

平成18年10月から東京港竹芝ふ頭において貨客船さるび丸(4,964t)を対象に実証実験を行ない、平成20年度からは、「船舶用陸上電力供給に係る技術検討会」を立ち上げ、全国3港(新居浜はシミュレーションのみ)による実証実験結果を基に、技術的な課題の解決とともに、船舶の種類に応じた陸電システムの標準仕様や低コストでの施設整備の検討を行っている。(写真-2参照)



新居浜 大阪 北九州

写真-2 全国3港 2)

4. 苫小牧港での検討

平成20年度実施した3港は全て周波数変換の必要が無い西日本であることから、平成21年度からはさらに、未

検証である以下の点について苫小牧港にて検討を行うこととなった。

- ・50Hz地域(図-2参照)で、かつ、積雪寒冷地域
- ・国内最大級(1万5千GT)のフェリーを対象とした1,000kW級の設備
- ・船側の大きな改造を必要としないシャーシを活用した汎用性の高い供給方法
- ・変換効率の高い1,000kW級EFC(Electric Frequency Converter)(静止形)による周波数変換との無停電接続



図-2 日本国内の送電網と周波数 3)

5. CO2削減効果の検討

苫小牧港西港区東港区共にフェリーバースがあるが、西港区では3バース供用されており利用状況は、写真-3、停泊時の発電量は概ね図-3のとおりである。



写真-3 西港フェリーバース

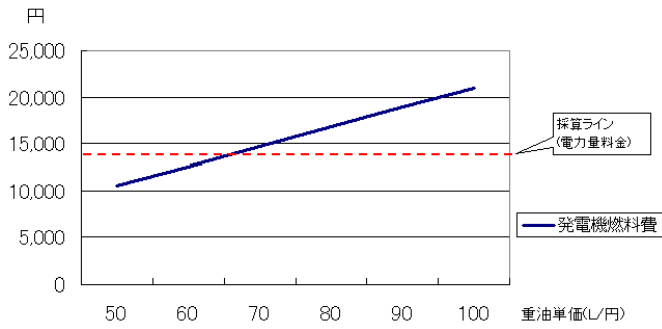


図-4 電力量料金と重油単価変動による比較

基本料金が月額1,785,000円となるため、電力の使用量(h)によって採算ラインが異なってくる。

図-5では、重油単価と使用時間による採算ラインの試算を行った。

その結果、重油単価は100円/Lかつ300h以上の稼働が無ければ、現行の料金体系では、採算ラインに乗らないことがわかる。

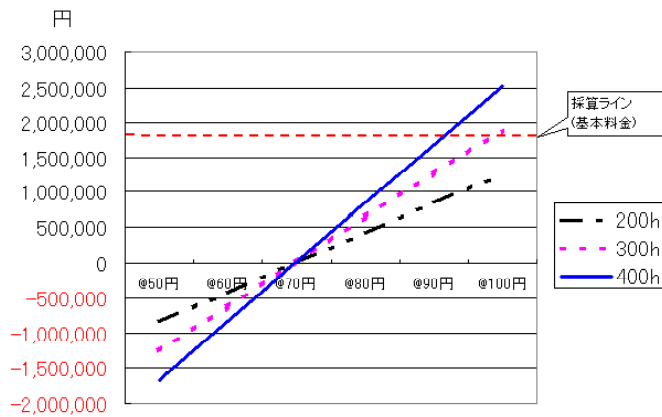


図-5 電気料金と重油料金の比較

過去の実績としては、図-6のとおり2008年にC重油が91円/L程度となったこともあることから、新たな割引制度の導入が無くとも燃料費の高騰が再燃した場合には採算ラインを超える可能性は考えられる。

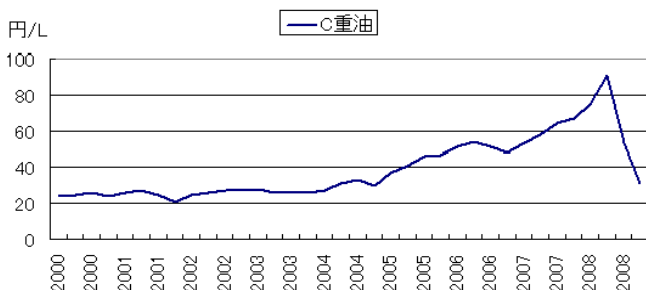


図-6 燃料費の推移

7. 第1回接続実験の内容

平成22年12月9日実験船舶に対して、第1回の接続実験を行った。実験概要は以下のとおり。

太平洋フェリー株式会社所有フェリー「きそ」(写真-4参照)15,795GTを対象に苫小牧西港開発フェリー2号岸壁接岸中に行った。



写真-4 フェリーきそ

実験にあたっては、定期運航している船舶であることから、船側の負担を出来るだけ少なくするため、図-7のとおり、船側の改造が殆ど無いシャーシ搭載式とし、さらに、実証実験であることから必要とする1,300kWから制限を行い800kWにより実験をすることとなった。主な特徴としては以下のとおり。

- 計器の再設定や客室等の電気機器の初期設定の必要が無いよう無停電接続とした。
- 積雪寒冷地であることから、作業性を考えて、高圧6,600V、かつ、船内での接続とした。また、接続ボックスの雪害対策、各種機器の空調などを寒冷地仕様として設計した。
- 東日本の50Hz地域であるため、60Hzへの周波数変換器を介して供給した。
- 変換効率の高いEFC(静止形周波数変換器)を採用した。

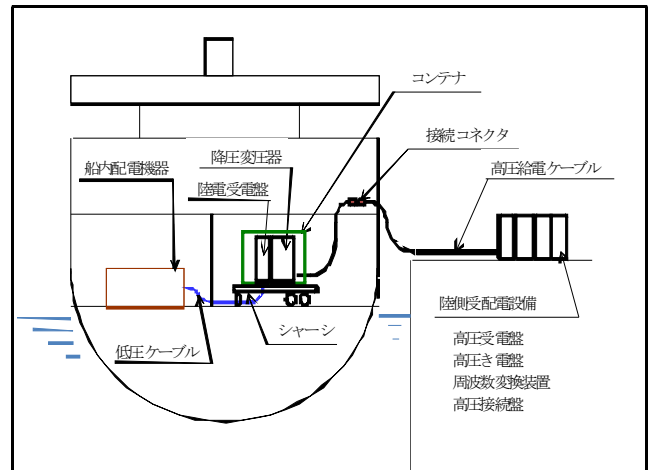


図-7 実験概念図

接続実験により以下のデータ収集を行った

- ・無停電切替における切替え手順と電気的挙動
- ・周波数変換装置の電気的挙動
- ・高圧受電における安全対策
- ・船舶用可搬式受電設備の機能
- ・ケーブル接続の作業性
- ・寒冷地における陸電供給システムの特性
- ・大気質、排出ガス及び騒音計測

8. 第1回接続実験の結果

シャーンにおける変圧器等の積込み、船内配線、ソフトウェアの修正、ケーブルの接続、周波数変換器の起動までを予定通り実施し、最終段階において無停電接続を行うため、**図-8**の同期ブロック図の原理により船側発電機と周波数変換器の同期運転を行った。

しかし、安定した同期をすることが出来なく同期投入を2回行ったが、過電流が発生し船側の優先遮断器がトリップしてしまった。このことから機器の運転データ、作業性や大気観測などのデータ収集を行い終了した。

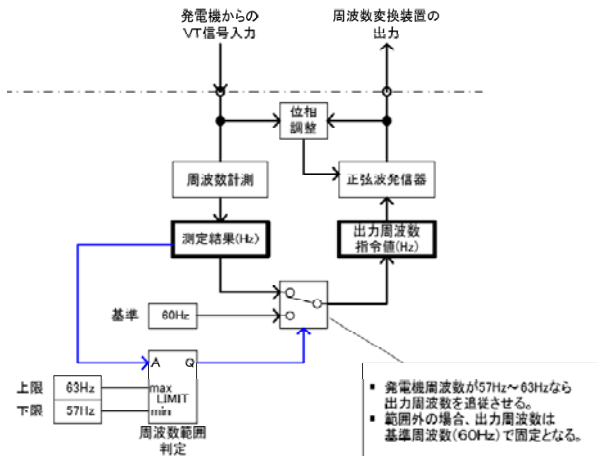


図-8 同期ブロック図

実験で取得したデータを基に同期出来なかった原因を調査した結果、周波数変換器と船側発電機の周波数は**図-9**のとおり59.5Hzでは位相差が発生していることから、同期投入時に過電流が発生したことがわかった。

同期方法としては、**図-8**のとおり船側発電機のVT信号(同期用電圧信号)を周波数変換器が受信し、その状態に合わせた周波数に変換する手法がとられていたが、その制御プログラムに不具合があったため、同期しなかったことが判明した。

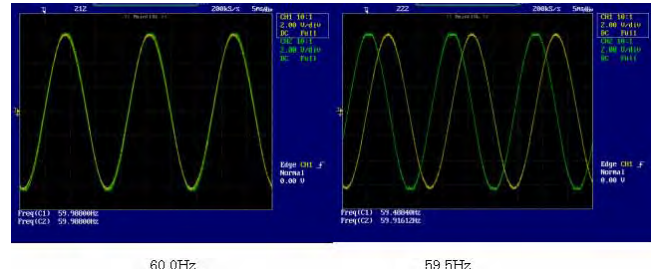


図-9 周波数

その要因としては、フェリーには高負荷な機器が多いこと等から一般的なJEC-2440クラスA(電気学会規格)で規定する過負荷150%-1分ではなく船舶のMCCB等(遮断器)の確実な動作を目的とし300%-10秒としたプログラムの作成や、周波数変換器は静止形のため無停電で接続させるためには船側の発電機と周波数変換器の波長が完全に一致しなければならないなど高度な制御が必要であった。

実験で取得したデータによりプログラムの修正を行い平成22年12月24日フェリーを想定した発電機及び負荷発生装置を使用して模擬実験を行った。

その結果、同期が良好に行え負荷移行に至るまで問題なく終える事ができた。(写真-5参照)

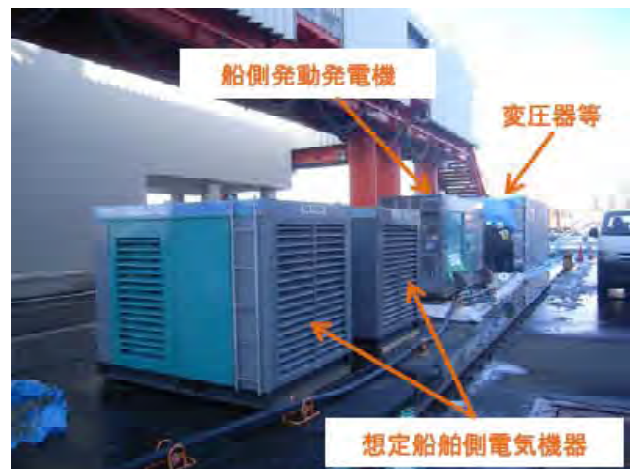


写真-5 模擬実験装置

9. CO2排出量調査

船内発電機の発電量及び燃料消費量の推移は、**図-10**のとおりであり、1,500kW~750kW程度で推移していることがわかる。

発電量及び燃料消費量の累計は**表-11**のとおりであり1接岸8時間では2,130Lの重油を消費していることがわかる。

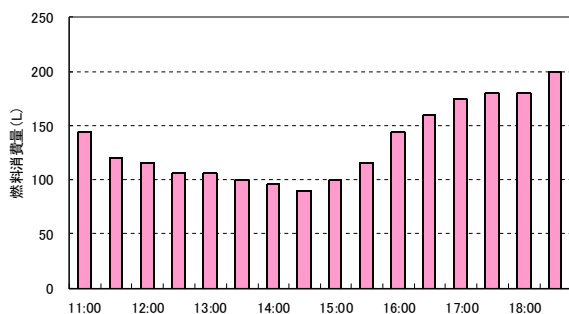
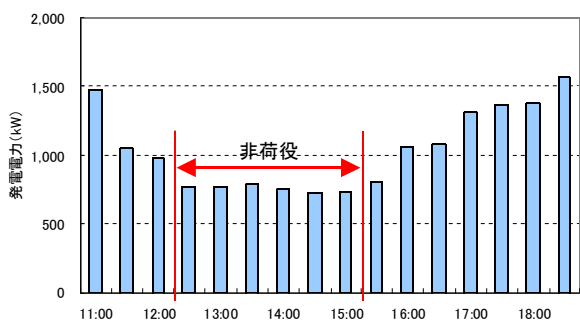


図-10 発電量の推移

停泊時の発電量及び発電に供する燃料消費量

	発電量	燃料消費量(C重油)	時間区分
荷役時	6,060 kWh/回	1,535 L/回	11:00~12:30, 15:30~19:00
非荷役時	2,280 kWh/回	595 L/回	12:30~15:30
計	8,330 kWh/回	2,130 L/回	11:00~19:00 (8時間)

図-11 発電量の累計

CO₂削減量の机上計算で、1,300kWのケースは、実験対象船「きそ」を想定していたが、1接岸あたりは以下の条件で想定していた。

接岸直後離岸直前は、作業の工程上陸電供給が出来ないことから各1hを引き8h-2h=6hとした。また、その時間帯を除くとピークは1,300kWとなる。

よって負荷率を考慮しないで再計算すると発電量は、 $1,300\text{kW} \times 6\text{h} = 7,800\text{kWh}$

燃料消費量は1,000kWh当たり210Lと推算

よって $210\text{L} \times 7.8\text{MWh} = 1,638\text{L}$

今回の調査結果2,130Lから対象の2hを除くと

$2,130\text{L} - 265\text{L} - 380\text{L} = 1,485\text{L}$ となる

以上により、調査結果は推算値の91%となり使用した式及び諸数値は正しいことが確認された。

また、今回の調査は冬期でありエアコンの稼働が少ないため、通年では100%程度になると思われる。

今回の調査から予定の整備効果が期待できることになった。

10. 課題と今後の展望

本取り組みは、CO₂削減や大気汚染を防止する有効な手段であることは間違いなく、技術的課題についても目途がたってきたところである。しかし、重油価格100円/L程度で採算がとれるなどコスト問題が残るため、各機関連携のうえ施策的な取り組みが必要と考えられる。

電気料金の対策としては船舶向けの電気料金割引制度の創設、苫小牧港では勇払ガス田の活用したガスエンジンの採用及びNAS電池(ナトリウム・硫黄電池)を使用し深夜電力の活用やピークカットによる電気料金の削減などが考えられる。

陸電施設の整備は港湾施設としての整備や、補助制度の創設などの施策が考えられる。

さらなるCO₂削減策として港湾施設を利用した洋上風力発電施設などの自然エネルギーを活用した対策も広い港内では可能と考えられる。

これらの取り組みは技術的には可能だが、新たなインフラや法律の整備、関係機関との協議及び更なる実証実験などの必要性が残っている。

先行事例で紹介したとおり船舶版アイドリングストップは世界的な取り組みであり、CO₂削減が叫ばれるなか普及に向けた取り組みが必要である。

平成23年2月17日に第2回の接続実験を行い本実証実験は終了することになるが、苫小牧港での実証実験結果が船舶版アイドリングストップ普及の一助になることを期待する。

11. 参考文献

- 1) 日本郵船株式会社：ホームページ
- 2) 各フェリー船社：ホームページ
- 3) 八坂保能著：電気エネルギー工学
- 4) 経済産業省：2005年度以降適用する標準発熱量の検討結果と改定値について(平成19年5月)
- 5) 財団法人日本経済研究所：苫小牧西港フェリーターミナルへの陸上電力供給設備の導入可能性に関する調査
- 6) 環境省：温室効果ガス平成14年 温室効果ガス排出量算定方法検討会(平成14年8月) エネルギー・工業プロセス分科会報告書
- 7) 北海道電力株式会社：ほくでんサステナビリティレポート2009