『千祥』のその後の状況および電気推進船の今後の課題*

米 倉 信 義* 蔵 本 由 紀 夫**

Technical Information of Chemical Tanker “SENSHO” After it goes into service and Technical Report to be Investigated for Future Development

By Nobuyoshi YONEKURA ; Yukio KURAMOTO

After it goes into service of the first domestically “SENSHO” of the Chemical tanker, various kinds of electrical propulsion ship is constructed by an environmental aspect and movement of an economic aspect. Therefore, for development of those new ships, it is a report summary from a shipowner and a building engineer.

1. はじめに

現在、内航電気推進船の建造が特に盛んになってきた。前世紀までは、種々の機関の性能向上が主体であったが、それもほぼ頂点に達した。

新たな課題として地球環境の課題が大きく提示された事もあって、今世紀においては、多様化する燃料、各種機器の開発及び制御用 IT の発展等により従来の機関推進システムを電気推進システムに変更する試みが一般商船においても実施されてきた。

本稿は、その先人を務めた立場より船主および建造技術担当者の立場より纏め紹介するものである。

図 2.1 『千祥』一般配置図

2. 本船の概要

2.1 要目

船主： 吉祥海運(株) 防府
船名： 『千 祥』 山口 防府
全長： 62.9m 垂線間長 57.0m
幅(型) 10.0m
深さ(型) 4.5m 計画満載喫水 3.6m
載貨重量： 960ト 載貨容積 812.5m³
速力 11.9Kt (90% MCR) 試運転速力 12.4Kt

2.2 建造時のコンセプト 建造に先駆け広島電気推進検討会では船主の意向を踏まえ、建造目的を以下に決定した。

(1) 近代化の推進 (経済面)

① 航海中および荷役中のエネルギー相互補完を行い、荷役面での効率化を図る。

②船舶としての安全・性能向上

* 2機2軸船で、安全な航海の実現

* 操縦性能の向上(真横に移動可能)

* トルクリッチによる運転の制約を排除

(2) 環境面の対応

NO_x 及び CO₂ 削減策を実施

前船の主機関(定格回転数 340min⁻¹ FPP)に対し、本船は発電機関 1,200min⁻¹ 電気推進 CPP の採用により、CO₂およびNO_xの削減を狙った。

* 原稿受付 平成 18 年 12 月 20 日。

** 正会員 (有)エムシーテック (広島市中区江波沖町5-1)

*** (株)イコーズ (山口県周南市御幸通2-12)

2.3 電気推進装置の選択 電気推進装置の選択に当たり種々の検討を行った。選択に当たり、本船は実験船ではなく、就航後に即運送業に従事する船舶であることを基本にして方針を定めた。

(1) 推進装置の決定

ヨーロッパの電気推進船の事故データと国内実績データに照らして、実用上の故障率を含めた総合判断により、バトックフロー船尾の採用に見合う、国産非旋回式PODを採用した。

推進器効率の点からFPPインバータ運転が望ましいが、本船はケミカルタンカーである点から安全最優先であり、効率を犠牲にしてCPP（回転速度一定）制御を採用した。

(2) 発電機台数

本船の運航状態と安全性の確保の観点より、通常2台運転、非常時1台運転とし常時1台予備発電装置を保持することに決定した。

(3) 舵の採用

PODを旋回型とする案は、推進効率の点からも検討会の中でも採用をすべきとの議論もあったが、旋回装置部の事故例が多く見られるヨーロッパのPOD事情から見て、安全の観点から採用を断念し、舵を採用した。

(4) 安全性（冗長性）の確保

前各項を採用しても電源の維持が出来ない限り電気推進船の安全性は確保できない点から、事故機関の自動切離制御を行った。

電気推進方式の採用で信頼性が低下するので、冗長性の確保が求められるため、又本船の運動性能の確保の点から2軸2舵を採用した。

3. 就航実績

千祥は、就航6年目を迎え本船の運航安定性も熟年期を迎えつつある中で、更なる電気推進船の改善を試みたのでその2例を紹介する。

3.1 荒天時航行 荒天時の航行は船舶にとってその性能をフルに発揮できるか否かを示すチャンスであり、平成17年11月28日荒天計測を行った。結果は図3.1.1の通りである。

本船は波（波高 約2m）に向かって約10.5ktで走行して、速力はわずかに変化しているが、針路は安定している。

推進電動機の入力（電力kW）と発電機出力は小刻みに変化しているが、安定して運転している。推進電動機の入力（電力kW）と発電機出力の相関を見るために、20時00分から2分間拡大したデータを図3.1.2に示す。

この図から推進電動機の負荷変化は直接発電機に直接伝達されていることが明白である。

図 3.1.1 荒天時航行データ

図 3.1.2 荒天時航行データ（拡大）

3.2 推進性能改善 本船の運行実績から推進性能の改善策を種々検討した結果、推進電動機の回転速度を下げ、推進効率を改善する試験を行った。

推進電動機の回転速度は、かご型電動機の採用に伴い、可変できないので発電機側の回転速度を下げた実施した。この結果を図3.2に示す。

図 3.2 推進電動機可変速度データ

この結果、大幅な性能改善が出来た。

3. 3 燃料消費含めた経済性 電気推進船は大きな関心が持たれており、経済性が立証されないために見合わせている船主さんが多いと聞くが、今回傭船先オペレーターの協力を得て、社船&傭船合わせて7隻の約2年間（平成16年度&17年度）のデータを入力することができた。守秘義務と個人情報に配慮し、船名等詳細の情報開示は出来ないが報告する。一般的に伝達効率のロス部分を船体構造と推進効率で補い、更には省エネ効果へ転じようとする取り組みに対して、風評では燃費が悪いとされてきた。

数パーセントの省エネ効果を出す計画であった本船の状況は、幾つかの課題（船体抵抗と推進効率）を残しながら、結論から言えば従来船と比較してイーブンと評価出来ている。そして課題に対する対策が明確にされてきた現在、第2船建造で省エネを証明できるレベルに到達したと言えよう。

航海中の燃費比較においては、従来船での補助機関消費量を加算することで、真の比較とされるところだが、主機関のみの燃料消費量が比較されがちであるために、燃費が悪いとされている。今回開示頂いた資料には毎月の積込、消費、航海時間、航程距離、航海率、平均速力、燃料消費量（主機関&その他）等、詳細に分析されており、主機関消費のみ比較すればあまり良くないが、その他（補機等を含めた）消費量においては他船より少なく、年間の総燃料消費量における全船比較では、主機出力から想定される範囲内で他船と同等に推移している。

電気推進船の建造船価は高いとされており、その割増部分を燃料消費だけで補うことが現状では難しいと思われるが、作業軽減における省人化やランニングコスト等経費削減の可能性は高く、経済耐用年数からみた経済性は必ず証明できる要素を実感している。

定期検査までの5年間が経過していないが、陸上監視システムを活用した計画保全検査方式やメンテ契約による陸上支援体制等、これまでの約4年間では明らかにランニングコストの経済性を立証しており、それ以上に航海に対する安心感は従来船と比較して格段と高い状態を維持している。

4. 電気推進船計画時の課題（一般課題）

内航電気推進船を建造し、約5年間運転維持した視点より今後の電気推進船計画時の課題を以下に示す。

4. 1 電気推進損失の補完

① 電気推進方式を採用した場合、本質的にプラント効率は15%程度（日本の場合）低下するので

船体形状や推進方式の改善で補完できるかが最大の課題である。

EUの場合、発電機や推進電動機の効率が日本の現状機器と比較して合計5~8%程度高く電気推進単体で損失の補完が出来ている様である。

（EUの場合は、合計損失は10%程度となっている）

② FPP推進器でインバータを使用した場合は、インバータ部の効率低下分に加え、発電機の効率低下分、場合によっては変圧器の効率低下分が加算され推進器効率で改善した部分の一部を悪化させる場合があり、基本設定に当っては、注意が必要である。

③ 内航船の場合、発電機関が小型の為、電気推進にすれば燃料消費率が改善されるのでそちらのメリットで補完することも可能である。

この場合、軸発電装置を搭載した場合と同様な効果なので、燃料消費量の削減（CO2の削減も同じ）のみを狙って建造する場合は、この点で注意が必要である。

4. 2 推進用機器 推進電動機は高効率化及び低速可変速化が今後の課題である。

1) 電動機を選択

① 低速度、大型化の点では同期電動機の方が有利。又同期電動機は永久磁石が使用可能なので効率が向上する。（EUなどの例では、国内の2%弱高効率である）
② 小型から出力3,000kw以下では誘導電動機が国内では一般的に使用されている。

回転速度範囲720~1800min-1が使用されている。

2) 誘導電動機

一般には1速が採用されているが、CPPの場合や低速航行が長い船種には極数変換による可変速誘導電動機を採用する必要がある。

3) 減速機

① POD方式の場合は、構造上ベルギヤ一部で減速できるがライン軸方式の場合は減速機を使用するのが一般的である。

② 但しライン軸方式では、誘導電動機の回転速度は700kw級で、300min-1（24極）位まで製造可能である。同時に推進電動機の名が示す通り、両方向スラスト軸受けを内蔵した機種も製造可能である。減速機には専用の給油装置や保護・監視装置が必要であるが、低速電動機を採用すれば、シンプルになり、軸方向の配置寸法が短くなる。

4. 3 船体配置計画 電気推進船を建造する場合、在来船の設計に対して以下の点で注意が必要である。一般的にあまり論じられていない点を主体に記述する。

1) 船体・配置等の計画

① 電気推進方式を採用した場合は、在来の機関ライン推進方式より、発電機、主配電盤、制御盤、減速機及び電動機が追加装備される。従って機関室の再配置や重量配分に十分注意が必要である。小型船舶での採用の場合、船尾重量が増加して軽荷喫水の時にスターントリムが大きくなる傾向になるので注意が必要である。

船尾形状を大きくする事によって高速化や船尾重量の増加に対抗出来るが、一方、荒天時の追い波による船体の動揺が増加する面にも注意が必要である

② 機器の再配置は可能であるが、合計すれば在来船以上のスペース(ボリューム)が必要である。

海外 POD の場合は、一般的に推進電動機を推進器と合体し船外に配置する事によって船内の大きなスペースを再利用しているが、推進電動機や減速機を船内配置する場合には、広いスペースを確保する必要がある。荷物槽の拡大を狙う場合は、特に配置関係は重要な検討要素である。

2) 保針性能

特に POD 型推進装置及びバトックフロー船尾を採用する場合、保針性に問題が発生する場合がある。主要因は船体形状の他に、POD の旋回分解能や操舵装置の分解能不足である。

特に旋回形 POD で自動航行を行う場合は、旋回指数(K, T 値)の測定は勿論のこと、高速・高分機能制御系が必要である。

4. 4 冗長性の確保

電気推進方式の採用によりフレキシブルなシステムと成るが、それ故に、推進システムの信頼性が低下するので(計算上の故障率が上昇するので)、冗長性の確保が必要となる。

特に推進装置、発電機、推進電動機、制御装置等のいずれか1台が故障しても補完出来る様に冗長性を確保する必要がある。

Table Simulation を行い Active Safety、Fail Resist & Fail Safe の確保が必要である。

特に電気推進船の場合は、機関部の操作に特殊な技能が要求されないので、遠隔操作が可能になって、機関室の定員削減や無人化が実施できる要素を持っているので、注意をして冗長性の計画は行う事が重要である。

4. 5 推進電力の需要率と高調波対策

特に小型船にインバータを採用した場合、推進電力が発電機定格出力の約 40%以上を占める時は、高調波対策を検討しておく必要がある。

一般的に発電機や推進電動機は高調波対策が実施され

ているが、THD が 5%を超えるような場合や推進システムにサイリスタ制御を採用する場合は注意が必要である。

サイリスタやインバータを使用している補器類や制御機器類は、高調波対策対象機器と成るので注意が必要である。推進電動機が発生する高調波ノイズの為に誤動作しない様な対策が必要である。

参考： IEC 92-101 Amendment #1 では、『TH は、電気推進に限らず 5%を超えない事と規定されている。』(THD : Total Harmonic Distortion)

4. 6 高圧化と分散型配電方式

推進機器の大型化に伴う電気回路の損失を補う為に高圧化は避けて通れない課題である。

又船内に配置されている各種の負荷への給電は、現在の様な中央集中型では無く、分散型を検討しておくべきである。国内では、過去に S&O 財団の補助金で機関室モジュールの検討を行った時に分散型配電方式として提案したが採用されなかった。ところが、近年電気推進船の建造が多い EU で電力ネットワークとして SAM Electric より発表された。[1]

その一部を図 4.6.1 に電力ネットワークとしての新配電方式を示す。又図 4.6.2 に図 4.6.1 で示した系統の母線部に個々に設置される分岐用遮断器(含む回路保護装置)の装備例を示す。

図 4.6.1 新配電方式

分散型配電・給電方式が採用され電力系統も弱電系統の様なシステムが採用されている。

図 6.4.2
分岐用遮断器

4. 7 インバータの多様化 推進電動機を運転する場合、1 台のインバータで運転することも可能であるが、複数のインバータで 1 台の推進電動機を運転するのが一般的である。

この複数台の推進用インバータは、出入港中や停泊中は半数以上が休止しているため、このインバータを他の補機に使用することが出来る。例えばバウスタスタ制御、甲板ウインチ制御等に利用が可能である。

5. 電気推進技術面の開発課題

前項 4. 電気推進計画時の課題を見据えて、更に電気推進船の性能や効果を高めるには、技術面の開発が必要と思う。メカニカルリンク、ハイドロリンクからエレクトリックリンクになって、フレキシビリティが増加した事によって、種々の面で性能等の向上の可能性が出て来た。次に事例を列挙する。

電気推進を採用する事によって船内のエネルギー系統は電氣的にリンクされ、ネットワーク化することが可能である。高温超伝導電動機等に関しては、国内外で実用化試験段階に達しており、早期に試験搭載が望まれるところであるが、本資料では割愛する。

5. 1 エネルギー蓄積技術 エネルギーは色々な形で発生していると同時に色々な形で利用できる。その前提にどのような手段でエネルギーを蓄積(以下蓄エネと省略)するかである。

蓄エネ技術は、機械的手段としてはフライホイール方式、油圧方式であれば蓄圧方式が可能だが、やはり蓄エネ時間や効率を考えれば、どうしても電氣的な蓄エネが優れていると思う。

電氣的な蓄エネには、二次蓄電池やキャパシタが代表され、現在陸上の設備では、風力発電や電気自動車等に多用されているが、電気推進が最も効果を発揮できる部分である。

電気推進の運転面でこのエネルギーをどこで利用するかが課題であるが、推進電動機の起動時、船内無停電化及び荒天時の負荷の平準化等で利用することができる。このことによって、発電設備の小型化が可能であると同時に負荷が平準化され、安定した電源装置が構成できる。

5. 2 電源バックアップシステム(予備電源装置)

電気推進船の電源は複数の発電装置を搭載しているが、船内の不慮の停電時に備えて、常時発電装置を運転しておく訳にはいかない。そこで停電時にスタンバイ

発電機が起動するまでの約 40 秒間の最低電力を維持する容量の予備電源装置が必要である。

この予備電源装置は、内航船の場合、機関起動用の二次蓄電池が最も手堅な相手である。

この機関起動用の二次蓄電池を更に活性化して有効な手段とする為には、電力変換装置が必要である。

＜参考＞ 機関起動用の二次蓄電池は、船内発電装置が異常になった場合は、スタンバイ機が起動するまでの 40 秒間は、バックアップ出来る容量がある。800kw 級発電機関起動用二次蓄電池は、24V、約 600Ah である。仮に最重要負荷が 200kw 位あって、40 秒間バックアップするには、変換器等の効率を 50%として単純計算すると、185Ah 程度の容量となり十分に使用可能である。

5. 3 ハイブリッド化 メカニカルリンクでは、軸発電装置や荷役ポンプの軸端利用が採用されていたが、エネルギーを効率よくリンクが可能な電気推進の場合は、ハイブリッドが可能になった。これは大きなメリットである。ハイブリッドに採用される電源装置は、燃料電池、ガスエンジン、排ガス蒸気タービンや高効率ガスタービンを初め二次蓄電池やキャパシタなども可能である。

船舶におけるハイブリッドのニュースは数少ないので、計画例を示す。

1) 太陽電池・風力発電装置利用

600 人乗ハイブリッドフェリー建造発表(環境対策を重視)

*在来ディーゼル機関より 70~90%排気物を削減

*2 年以内に 1 隻就航、5 年以内に 2 隻目就航予定

*就航地区 Alcatraz Island from San Francisco
速力 12 and 15 knots

*地震等の非常時は、太陽電池と風力発電にのみで低速航行する。(官庁要請)

*ハイブリッド構成：太陽電池、風力発電、蓄電池、ディーゼル発電装置 [2]

2) 熱電変換 (Thermoelectrics) 利用

機関の排熱エネルギーを電気エネルギーに変えて利用する研究は国内外で盛んに行われてきたが、21 世紀を向かえ実用期に突入したと思う。

事例としては、大型トラック (300PS) の排気マフラに取り付けて、最高効率 32.5%, 最大 10kwe のエネルギーを回収した実験事例がある。

N 極に Si/SiC、P 極に B₄C/B₅C を使用して温度差 200deg (250°C-50°C=200°C) を使用して回収している。

大型機への実用展開が期待されている。[3]

3) 排気タービン発電再利用

機関に装備されている過給機を使用して発電する方式で、直接的に駆動する方法と 2nd Stage 排気タービンを設け 2 段で駆動する方法が実施されている。

国内外の大型機関では、実用化に向けて研究が盛んである。[4]

4) 機器の高効率化

電気推進機器すべてに関して効率を向上させる更なる努力が必要である。現在の国内電気機器の効率は EU のそれに比較して 2% 程度低いので早く追いついて追い抜いて頂きたい。

具体的には、力率改善や永久磁石の採用等があるが詳細は既発表の日本船用工業会講演資料[5]を参照願いたい。

5. 4 電力変換装置

1) 電力変換装置

交流電源で蓄電が出来ない限り、直流蓄電となるので、使用する場合は電力の直交変換が必要である。前項 5. 1) の蓄エネを制御するのにもこの変換技術が必要である。

2) 可変周波数電源

船舶の電源は 60Hz 一定として扱われているが、省エネの観点から可変周波数電源とすべきではないかと考えている。

内航船では、常時 MCR で航海している訳ではなく、MCR の 75~85% 出力で航海しているのが現状である。ところが発電機関は 60Hz 一定となっているので補機自身に回転速度を制御できる機能が保持されていない限り、各ポンプ類は定格回転速度で運転されており、過剰な出力で運転されている。[5]

3) 高周波発電変換装置

船舶の電源は 60Hz が一般的に採用されているが、陸上の様に多くのユーザーに供給しているわけではないので、船内での電源システムに応じた周波数を選択する余地が残っている。60Hz 保持の為に、高速機関に減速機を付加して 60Hz 発電機を運転している現状は、前項 5. 4 1) 電力変換装置の進歩に伴い進化していく必要がある。

ガスタービンや小型蒸気タービン等の高速化もあるが、負荷である大半の電気機器は、交流を一旦直流に変換(コンバータ)して再度交流化(インバータ)している観点より、周波数の影響は、驚くほど深刻ではないと思う。直流回路で共通化すれば、周波数の影響は無くなる。

5. 5 高分解能油圧制御 バトックフロー船尾の舵の制御や POD の旋回制御を行う場合、実角で 0.1deg 以下の制御が可能な高分解能を持った油圧装

置が必要である。

電気推進では POD の採用で舵が省略されたり、小型の舵が装備されるが、何れの場合も現在の制御装置よりもっと高分解能が必要な場面が生じている。

『千 祥』の事例では、針路不安定船ではないが、舵を 0.5Deg 保持しても舵の方向に変針した実績がある。

5. 6 環境対策 環境問題は避けては通れない課題であるだけに、前向きに処理する必要がある。

環境対策では NOx が先ず話題になり、電気推進の場合は NOx は低減できると言われているが、回転速度に対応した IMO の規制上内容から来るもので、2 次、3 次規制が開始されればそのハンディは無くなってしまふ。従って DF (Dual Fuel) 機関の採用やハイブリッドによる多種機関の並行・選択運転等が必要になってくる。電気推進の場合は、原動機を選択肢は幅が広く、目的にあった原動機を混在で使うことが可能である。

例えば航海中は C 重油を使用し、停泊中はガスエンジンと言った組み合わせも可能である。内航の LPG 運搬船は、真っ先にこの様な対策を実施して頂きたい。

それで無ければ陸電に寄らざるを得なくなってしまう。

5. 7 多重・多種機関 電気推進船の場合、冗長性の確保と機関の高効率点での運転が要求される為、各機関を 90% 前後の負荷レベルに設定するのであれば、複数台の並行運転が必要になってくる。

重要なのは、異種機関や気筒数の少ない機関を並行運転する場合、機関間の電力動揺の有無を事前に確認しておく必要がある。

しかも並行運転する機関は、蒸気タービンで有ったりガスタービンで有ったりするので、異種機関も含めた並行運転の技術や(電子)ガバナの特性を習得しておく必要がある。

スウェーデン エコーシップ[6]では 7 台のディーゼル機関が設定されている。

5. 8 無人化機関室の実現 電気推進機装置は、制御や監視が遠隔で容易に出来る為、機関推進の様に始動前に圧縮空気槽の弁を開けるとか、プライミング操作を行うとか必要が無くなる。結果として遠隔で起動可能となり機関室無人化の素養を持っている。

冗長性の確保で安全性を担保すれば、一気に無人化機関室に変身可能である。勿論課題は燃料油で、A 重油専焼と成る必要があるかも知れないが、無人化になれば経済面では十分補えると思う。

6. 次世代内航船建造普及の必要性について

電気推進船の利点は経済性以上に注目する点が多い。

1) 国土交通省海事局で検討されている「内航船舶の代替建造を促進するための方策について」での冒頭によれば、安全性・経済効率化・環境負荷軽減等様々な観点より、現状の内航船事情は老朽化を呈しており、社会的要請に応える環境にないことが示唆されている。

老朽船の活用は、船舶の維持・整備コストの増大のみならず、燃費等経済効率性を悪化させる。また、海洋汚染や大気汚染等 地球温暖化対策の観点からも、排出ガス規制、省エネ法改正による省エネ計画の策定の義務付け等、規制が強化されつつあり、更に、船員不足対策を考えても、船内設備・船内労働環境等の劣悪な居住環境を改善しなければならないとされている。

しかし、内航新聞社のアンケート調査状況によれば、電気推進船の評価は低く（約6割が大きな期待が出来ない）期待値も希薄である。その理由として、船価に対する経済性を疑問視する否定的意見が多く聞かれる。

経済的評価は先ほど述べたが、電気推進船普及による各部の開発は、船価ダウンに繋がる。多少の船価高を補うものは準備されている。何よりも千祥のオーナー兼管理者である者が、零細事業者の代表として脆弱な経営基盤の中で本船を管理出来ていることが一番の証明である。

2) 船主としてまた船舶管理会社としてこれからの内航海運を活性化するためには、船員労働の軽減を含む船内環境整備と船員の地位向上を図ることが必要と思っている。

そして、魅力ある産業へと転換させることで、若年船員の雇用育成と事業の継承（後継者が育つ）こそが活性化の大きな要因と考えている。

そのために必要なことは、船内労働の軽減と地位向上であり、船舶の高度化により船員一人一人のスキルを高め、過重労働となっている航海当直以外の作業における陸上支援を徹底して追及することで、省力化、省人化を進めることである（勿論、現状より労働の軽減を図ることが条件）。

3) 電気推進船そのものは決して高度な船舶ではなく、エンジニアにとっては取り扱いの容易な船舶である。しかも作業軽減された時間を航海当直の支援をすることで安全が担保される。

高度化とは、航海支援装置による安全担保であり、陸上支援システムによる労働軽減にある。これらの活用に電気推進船は適すると思う。

現在、日本人船員は年間1,500人から2,000人をベースに業界から退室しており、新たに供給できる学

卒船員は約380人程度とデータが示しており、団塊の世代を考慮しその年齢構成から5年後には、大きなカーブを描きながら絶対数が低下することが明確である。船員一人当たりに対する輸送量が増加することを予想しながら対応しなければならない。

あとがき

最後に、電気推進船は停滞していた造船技術をも活性化させるものと思っている。千祥を踏み台として、今後建造される電気推進船が更なる改良を加えながら、色々な推進形態（タンデム・シングル・パラレル等）の船舶ができる。つまり、船主や造船所の企画力で効率的な船が作れる環境を持った船舶となる。ヨーロッパに負けない優れた技術力で効率的、合理化された船舶の建造により業界の活性化に取り組むことを切望する。

参考文献

1. SAM Electronics GmbH
<http://www.sam-electronics.de/home.html>
2. Hybrid Ferries Planned for Alcatraz Tours
Monday, May 15, 2006 Dayly News @ Maritime Mail. Com
3. Waste heat Recovery Utilizing Electric Turbocompound, DOE Contract DE-SC05-99OR22735、2004DEER Conference CORONADO, CA
4. High Efficiency Quantum Well Thermoelectriccs for Waste Heat Power Generation, Hi-Z Technology, INC San Diego, CA92126、
5. 米倉信義、エンジニアリングサイドから見た船舶の省エネ技術、2006 summer、41-46、日本船用工業会誌
6. Ecoship Engineering AB
SE-444 22 Stenungsund
Sweden
Tel: +46 303 77 31 00
Fax: +46 303 77 31 00
E-Mail: info@ecoship.com