

内航海運の省エネルギー診断

(社) 日本船舶機関士協会
省エネ診断員
金山節男

改正省エネ法「エネルギー使用の 合理化に関する基本方針」 (運輸部門)

- ◆ 推進体制を整備
- ◆ エネルギー使用の合理化に資する運航
- ◆ 輸送能力の高い輸送用機械・器具の使用
- ◆ 輸送能力の効率的な活用
- ◆ その他 関係者との連携の強化等

内航海運における地球温暖化対策の現状

内航海運からの排出量

- ◆内航海運からのCO2排出量は約1300万トン
(運輸部門全体に占める割合:約5%、日本全体に占める割合:約1%)

地球温暖化対策の現状(京都議定書関連)

- ◆改正省エネ法(平成18年4月施行)
 - ・対象者 : 特定貨物輸送事業者(総船腹量2万GT以上)
特定荷主(輸送量3万トンキロ以上)
 - ・義務付け : 中長期的計画の策定及び毎年報告
 - ・目標 : エネルギー消費原単位を年平均1%以上削減
- ◆京都議定書目標達成計画(平成17年4月)の自主行動計画
 - ・実施主体 : 内航総連、旅客船協会
 - ・目標 : 2010年のCO2排出原単位を3.0%削減(1990年比)
 - ・現状 : (内航総連) 排出総量は減少しているが、原単位は6%増(2007年度)
(旅客船協会) 排出総量は減少しており、原単位は1%減(2007年度)

内航海運省エネ診断推進委員会



- 「内航海運省エネ診断推進委員会」

内航海運業界における自主行動計画達成のための具体的な取組みを支援するために、

平成二十一年度、国土交通省海事局内に「内航海運省エネ診断推進委員会」が設置されました。

- 「内航海運省エネ診断推進委員会」の目的

- ・省エネ効果・環境負荷低減効果の高い取組み推進体制構築。

- ・内航船に適した省エネ対策指導方法と実施方式。

- ・診断ニーズに応じた診断基礎技術。

- ・省エネ診断の周知・啓発のあり方を検討し制度の浸透を図る。

- 「省エネ診断員」

内航海運省エネ診断推進委員会の下部組織としての分科会が設けられ、

個船の省エネ診断を担当する「診断員」が委嘱されました。

「診断員」は、一級海技士免状を有し、船舶機関長や船舶管理の経験が豊富な者を中心に構成されています。

「内航船舶の省エネルギー診断」の基本方針



- 現状の把握と、省エネ推進の可能性を共有
運航データの可視化
- 運航の工夫による省エネをサポート
省エネ着眼点の掘り起こし
- 簡単にシミュレーションし効果を予測できる
省エネルギー自己診断ソフト

省エネ診断のチェック項目



I 陸上の省エネ管理 書類及び面談にて診断

エネルギー管理体制；	組織整備 / 人材教育 / 省エネ目標 / 中・長期計画 環境管理との整合 / 公的優遇制度の利用
エネルギー使用量管理；	会社全体 / 個船 / 統計・分析と見える化
エネルギー原単位管理；	輸送活動量 / エネルギー使用原単位 / CO ₂ 排出量
環境関連の管理；	CO ₂ 排出対策 / Nox・Sox排出対策 / 廃棄物・ビルジ処理対策
PDCAサイクル管理；	Plan Do Check Actionの継続的改善の実施状況 ○航海計画立案・最適航路選定・効果的な減速航行 ○貨物以外積載物の削減・船体の最適トリム検討 ○貨物の管理 ○航海設備の有効利用 ○計測・記録
運航管理；	○船舶性能管理 ○予防保全計画の立案 ○省エネ推進の為の船体・機関・機器の改善計画立案 ○計測・記録記録
保守管理；	○動機付け
船員教育；	

省エネ診断のチェック項目



II 本船の省エネ対応体制： 訪船し、面談・計測DATA及び現状チェック診断

船体・推進器；

○船底・水線部の汚損・塗装状況

○入渠時船底部整備計画

○プロペラの汚損状況

○CPP装備船の管理体制

主機関・減速機；

○主機の運転状態・記録・性能・整備状況等

○主機関回転数とCPP翼角最適運転点選択

発電設備；

○ディーゼル発電機運転状態・性能・整備状況等

○軸発電機使用状況

熱発生装置及び熱交換器；

○補助ボイラー運転状態・整備状況

○排ガスエコマイザー運転状態・整備状況

○熱交換器運転状態・整備状況

電力消費機器；

○機関室補機

○甲板補機

○荷役設備

○照明設備

居住設備；

○空調設備

○厨房設備・冷凍/冷蔵設備

情報の取得と活用状況；

○海・気象・海流の情報取得/航海計画立案

○航路・港湾・荷役予定の情報取得/航海計画立案

計測・記録・報告書の作成と報告状況；

○航海・機関日誌

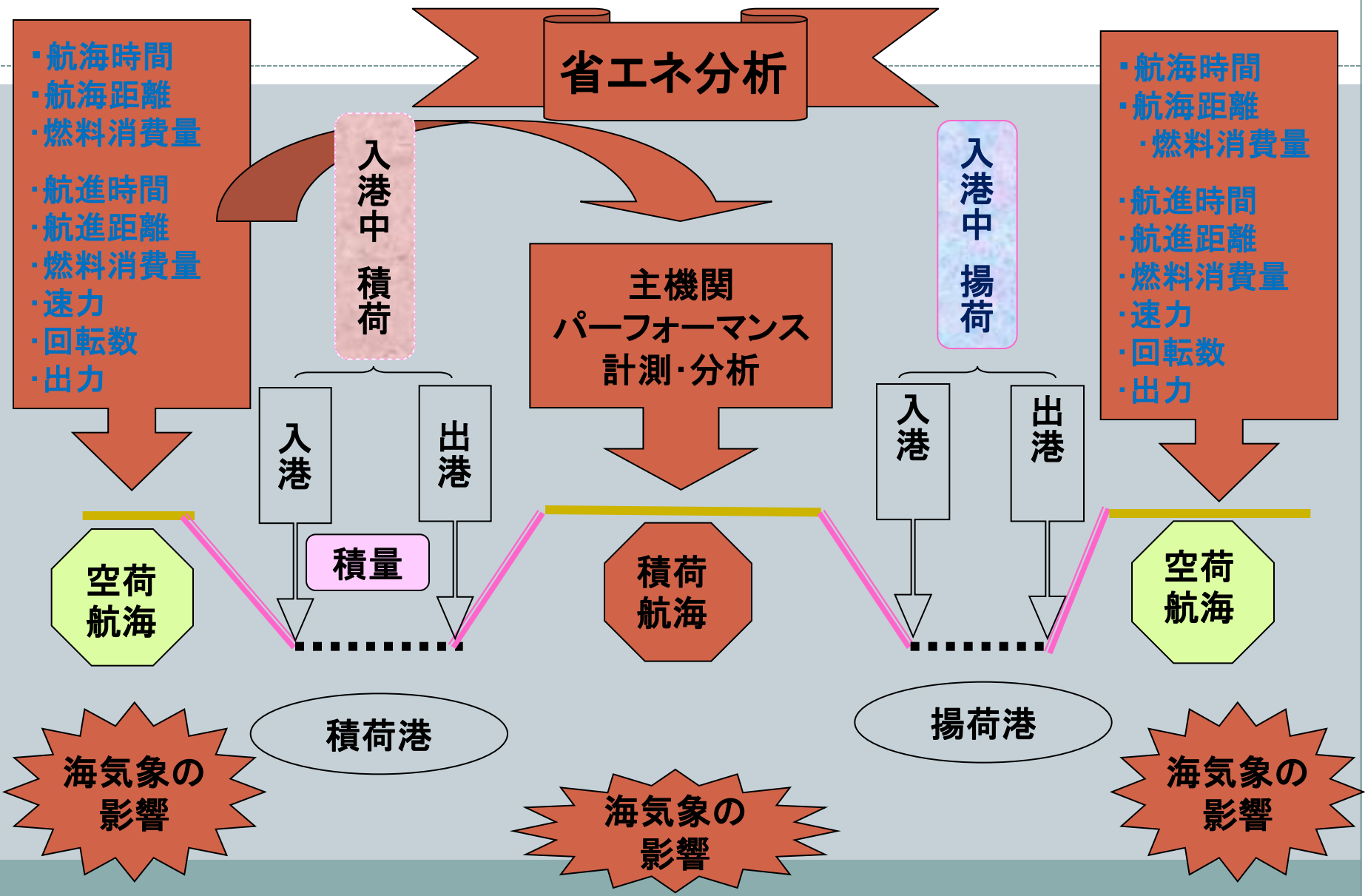
○航海・機関撮要日誌

○荷役・荷物管理記録

○機器整備記録

○MOチェックリスト

船舶の“年間就航実績”作成のポイント



CO₂削減方策の着眼点と検討例



- **CO₂排出量** ∝ **燃料消費量**

CO₂排出原単位 ∝ **燃料消費原単位** = **船の燃料消費量** ÷ **輸送活動量**

< **CO₂排出原単位** = エネルギー使用原単位 = **エネルギー効率運航指標** >

< **CO₂排出量** = 活動量(A) × エネルギー効率(B) >

輸送活動量 = 積載量(ton) × 航海距離(km)

積荷を増やし かつ、空荷航海を削減する。

説明 : A港からB港まで同じ量の荷物を運ぶなら

燃料消費量 (∝CO₂排出量) が少ないほうが効率が良い。

また、同じCO₂排出量ならば、多くの貨物を長距離運ぶほうが効率が良い。

船の燃料消費量 = (主機関 + 発電機関 + ボイラ)の燃料消費量

各々のエネルギー効率を向上し、不要なエネルギーを削減する。

CO₂削減方策の着眼点と検討例



1. 主機関、船体の省エネ対応

経年に伴う船体抵抗軽減策 + 主機関の船用特性を利用した軽減策
主機関出力 \propto 回転数の3乗 港間の燃料消費量 \propto 船速の2乗

- ・ 停泊時間の短縮と減速航海
- ・ 入渠による適正な推進性能維持と船体性能の劣化回復
- ・ オートパイロットのエコノミーモードの活用
- ・ 燃料油、清水の積載量管理
- ・ 船体トリムの調整
- ・ 気象、海象 および、海流情報等の活用
- ・ 主機関回転数とCPP翼角の最適点の設定
- ・ 軸発電機運転の見直し

2. 発電機関(船内電力)の省エネ対応

- ・ 冷却海水ポンプの運転法
- ・ 機関室通風機の運転台数
- ・ 夏季空調温度の設定
- ・ 照明の管理

3. 熱発生装置、熱交換器の省エネ対応

- ・ 補助ボイラの空-燃比の調整
- ・ 荷物油の加熱方法
- ・ 主機関の排熱利用と排エコ発生蒸気の有効活用

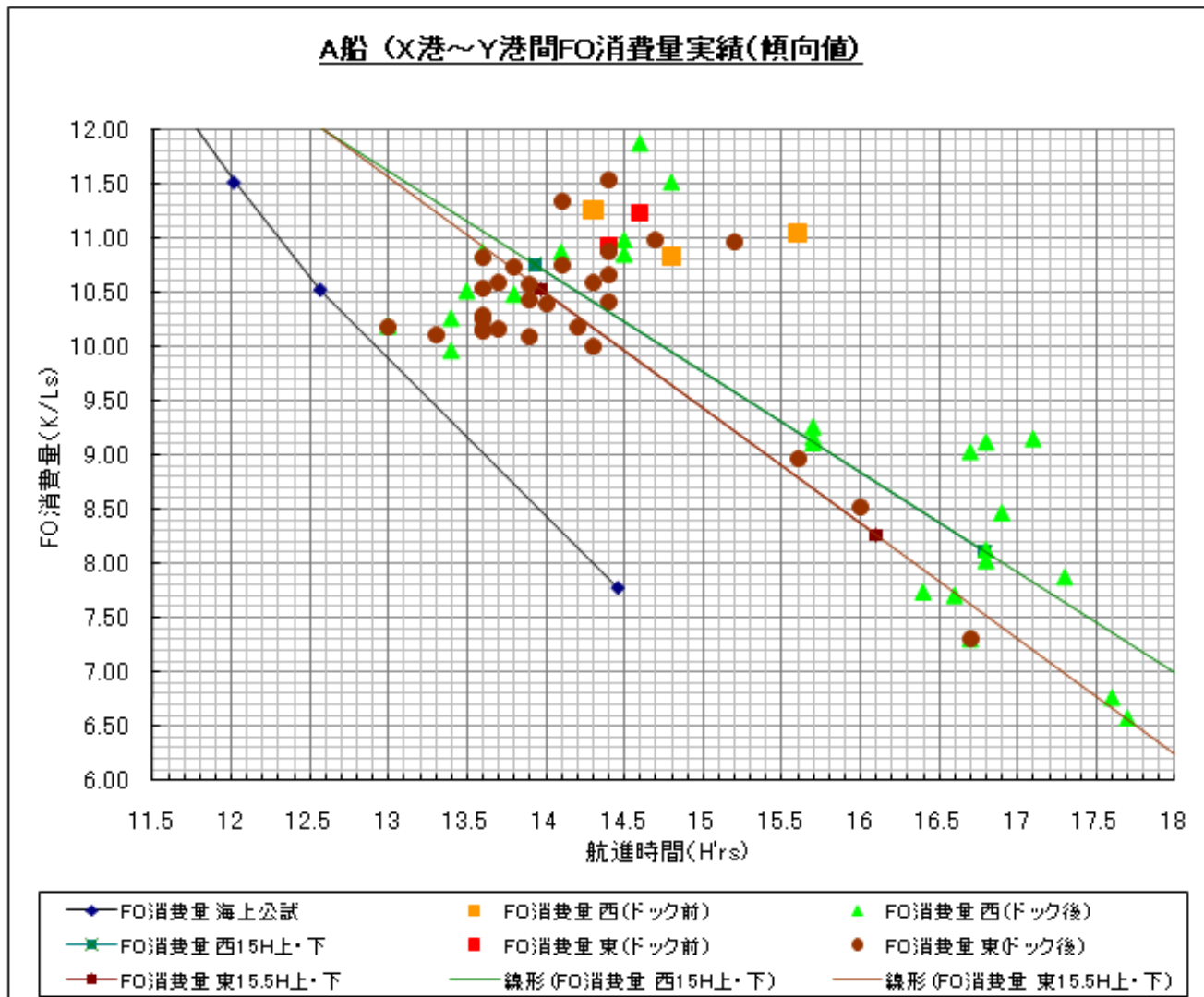
関係者全ての意識改革

一見して小さな省エネ効果より期待できないように思われますが、

これらを積み重ねることで得られる効果の大きさの実例を示すことで、

自船に対する省エネルギー推進の意欲の向上が期待出来ます。

減速航行による省エネルギー検討例



停泊時間の短縮・情報の活用による減速航行

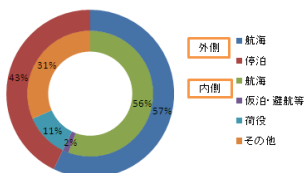
停泊時間を短縮し減速航海を行いましょ。

荷役開始時刻に合わせた航海計画により、減速航海出来る余地が大きい。

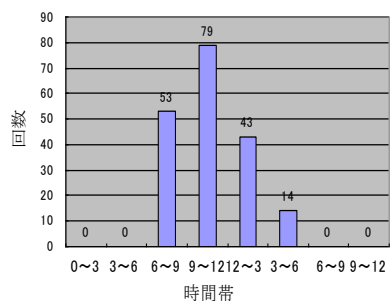
情報を活用し、港間減速航海は一定の主機出力で。

黒潮を考慮した航海計画をたて、一定の主機出力で減速運航をしたB船長に比べ、経済運航を考慮しなかったA船長は3.46%多くの燃料を使用しました。

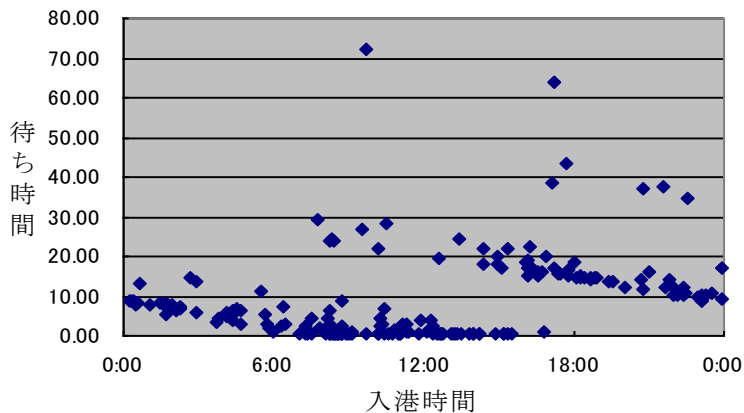
航程別時間



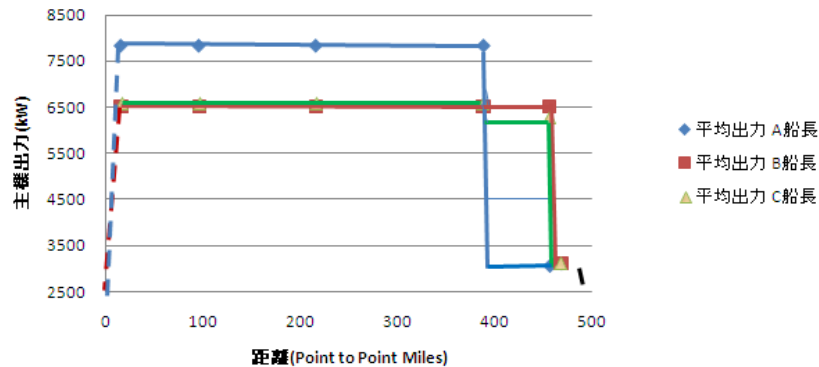
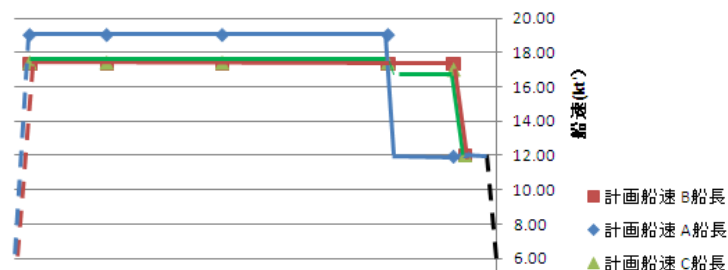
荷役開始時間頻度



待ち時間 (全航海 - 入港時間)



計画船速と主機出力

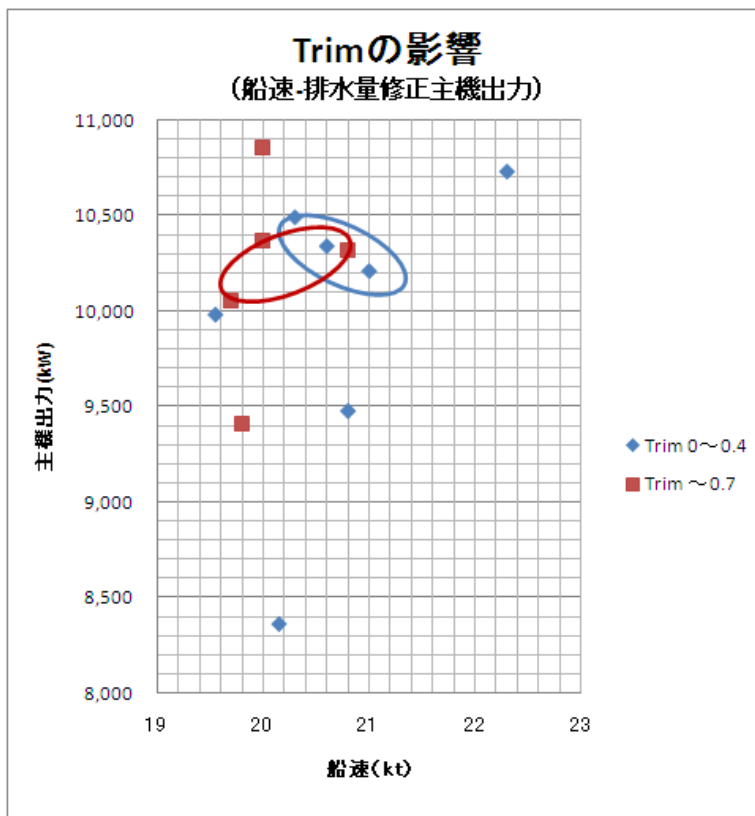
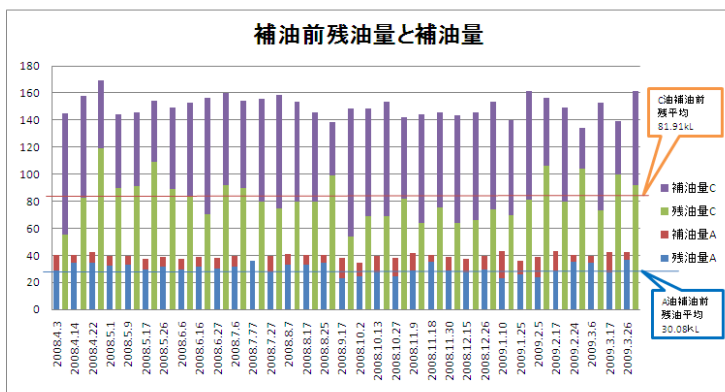


荷物以外の積載物管理と省エネルギー

燃料油・清水の補給計画

船体のトリム

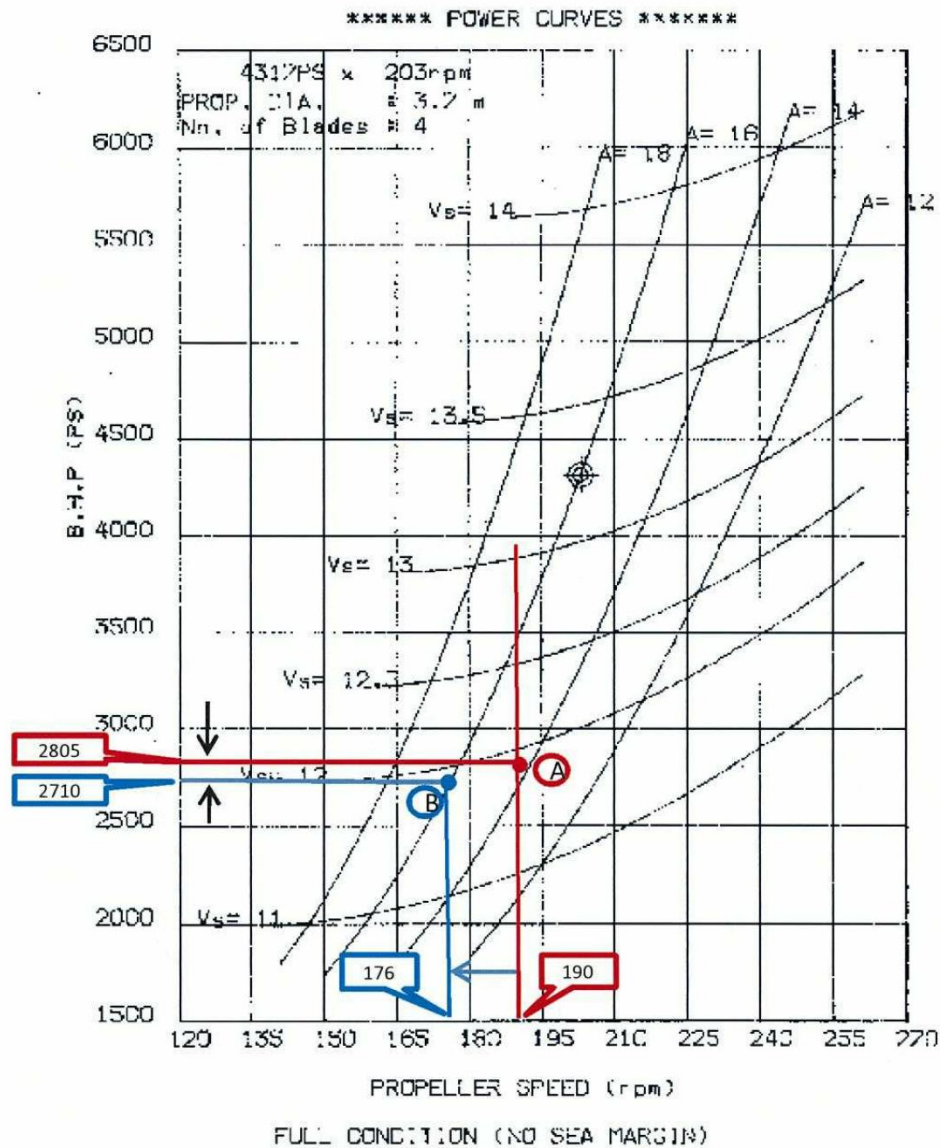
$$\text{主機出力} \propto \text{船速}^3 \times \text{排水量}^{2/3}$$



省エネルギー 自己診断ソフトの例

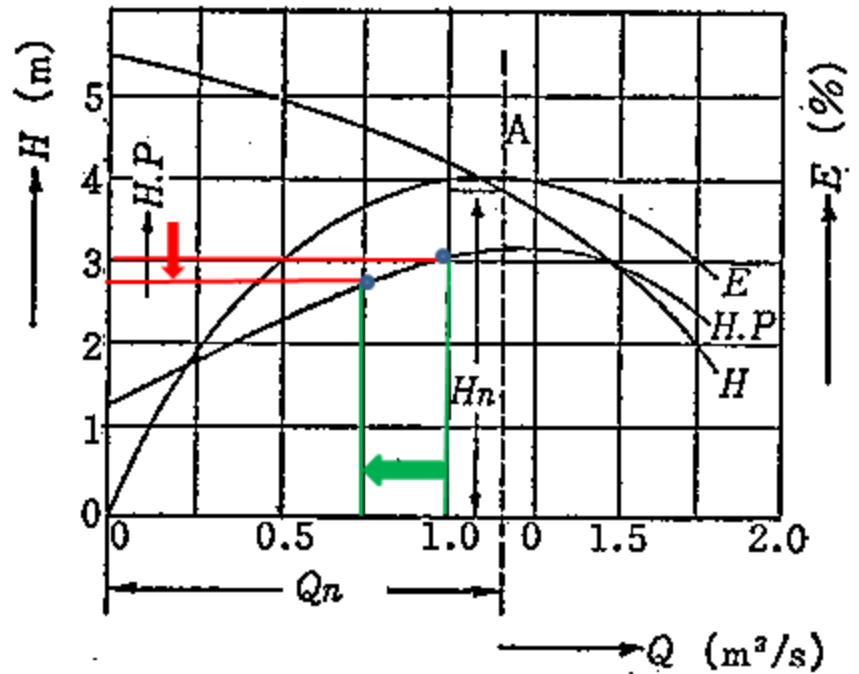
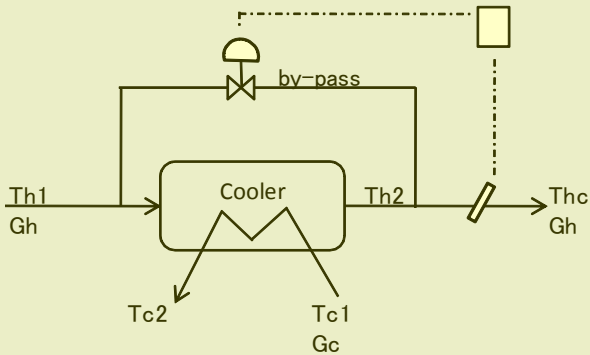
主機回転数-C.P.P.翼角の
最適運転点と、
軸発電機使用効果の検討

(航走推定曲線図を利用した検討例)



エネルギー自己診断ソフトの例 (冷却海水ポンプの流量調節による省エネルギー)

駆動電動機電力 \propto ポンプの流量



H = 流量の変化に対する揚程の変化
 $H.P.$ = 流量の変化に対する所要馬力の変化
 E = 流量の変化に対する効率の変化

渦巻きポンプの特性曲線

エネルギー自己診断ソフトの例 (冷却海水ポンプの流量調節による省エネルギー)

本船データの入力

プレートクーラの流体出口温度の計算

下記の 部分に入力してください。

船名 :

要目表より

	定格流量 (M ³ /h)	比重 (γ)	定圧比熱 (cp)	定格流量 (kg/s)	運転台数	ポンプ実流量 (kg/s)	2009.11.06 (MCR 80%)	
							流量 (M ³ /h)	運転流量/定格流量
SW Pump	160	1.025	3929.2	45.55556	1	23.89899	83.9	0.52
FW Pump	140	1	4180	38.88889	1	39.21874	141.2	1.01

要目表および海上公試成績表(85%MCO)より

SW Pump Motor	定格電流 (A)	運転電流 (A)	定格電力 (kW)	運転電力 (kW)	運転電力 /定格電力	運転流量 (M ³ /h)	運転流量/ MCR 85%時流量
	30	20	18.5	12	0.66	84	1.00
(2009.11.06)		22	18.5	13	0.73		

FW Pump Motor	定格電流 (A)	運転電流 (A)	定格電力 (kW)	運転電力 (kW)	運転電力 /定格電力
	36	22	22	13	0.61
(2009.11.06)		22	22	13	0.61

セントラル冷却器	冷却面積 (M ²)	使用台数	合計冷却面積 (M ²)	海水温度 (°C)	清水入口温度 (°C)	低温冷却水 設定温度 (°C)
	40.6	2	81.2	21	36	33
(2009.11.06)				出口温度 (°C)	27	25

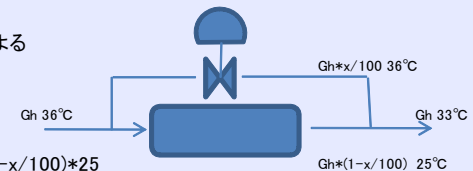
By-pass弁の開度		%	
	36		0.36

By-pass弁の開度の確認 2009.11.06データによる

Bypass(%) : x
Gh : 冷却清水流量

$$cph * Gh * 33 = cph * Gh * x / 100 * 36 + cph * Gh * (1 - x / 100) * 25$$

By pass = %



エネルギー自己診断ソフトの例 (冷却海水ポンプの流量調節による省エネルギー)

試算データの入力と試算結果

プレートクーラの温度試算

熱容量流量を求める

清水側	$cph \cdot Gh$	52161 W/K
海水側	$cpc \cdot Gc$	46952 W/K

熱容量流量のうち小さいほうを(cpg)sであるから

(cpg)sは	$cpc \cdot Gc$	46952 W/K
(CpG)llは	$cph \cdot Gh$	52161 W/K

熱交換器の温度効率 η は、

$$\eta \text{ は } cph \cdot Gh \cdot (Th1 - Th2) / ((cpg)s \cdot (Th1 - Tc1)) = cpc \cdot Gc \cdot (Tc2 - Tc1) / ((cpg)s \cdot (Th1 - Tc1)) \text{ で表される。}$$

η	0.4
	0.733333

清水出口温度 Th_2 は

Th_2 は	$Th1 - \eta \cdot (Th1 - Tc1)$	参考) 2009.11.06データ
Th_2	30 °C	25 °C

交換熱量 Ql は

Ql は	$\eta \cdot (cpg)s \cdot (Th1 - Tc1)$
Q	312966 W
	431656 W

海水出口温度 Tc_2 は

Tc_2 は	$Tc1 + Q / (cpc \cdot Gc)$	参考) 2009.11.06データ
Tc_2	30 °C	27 °C

対数平均温度差の算出

向流式の場合	
$\Delta T1 = Th1 - Tc2$	6 °C
$\Delta T2 = Th2 - Tc1$	9 °C
対数平均温度差(ΔTm)は、 $(\Delta T1 - \Delta T2) / \ln(\Delta T1 / \Delta T2)$ で表される。	
ΔTm	7 °C

冷却海水ポンプ電流値

海水温度 20 A 変更前 22 A

21 °C
TRUE

セルD76が、TRUEの場合、
冷却清水出口温度が、低温冷却清水の設定温度以下であり、
かつ、対数平均温度差(ΔTm)が、2°C以上で、
冷却海水ポンプの運転流量が定格の0.5以上であるから検討に値する。
セルD76が、TRUE以外の場合は、検討に値しない。

プレートクーラの温度試算

熱容量流量を求める

清水側	$cph \cdot Gh$	52161 W/K
海水側	$cpc \cdot Gc$	33718 W/K

熱容量流量のうち小さいほうを(cpg)sであるから

(cpg)sは	$cpc \cdot Gc$	33718 W/K
(CpG)llは	$cph \cdot Gh$	52161 W/K

熱交換器の温度効率 η は、

$$\eta \text{ は } cph \cdot Gh \cdot (Th1 - Th2) / ((cpg)s \cdot (Th1 - Tc1)) = cpc \cdot Gc \cdot (Tc2 - Tc1) / ((cpg)s \cdot (Th1 - Tc1)) \text{ で表される。}$$

η	0.4
	0.733333

清水出口温度 Th_2 は

Th_2 は	$Th1 - \eta \cdot (Th1 - Tc1)$	参考) 2009.11.06データ
Th_2	30 °C	25 °C

交換熱量 Ql は

Ql は	$\eta \cdot (cpg)s \cdot (Th1 - Tc1)$
Q	312966 W
	431656 W

海水出口温度 Tc_2 は

Tc_2 は	$Tc1 + Q / (cpc \cdot Gc)$	参考) 2009.11.06データ
Tc_2	34 °C	27 °C

対数平均温度差の算出

向流式の場合	
$\Delta T1 = Th1 - Tc2$	2 °C
$\Delta T2 = Th2 - Tc1$	9 °C
対数平均温度差(ΔTm)は、 $(\Delta T1 - \Delta T2) / \ln(\Delta T1 / \Delta T2)$ で表される。	
ΔTm	5 °C

冷却海水ポンプ電流値

海水温度 19 A 変更前 22 A

21 °C
FALSE

セルD76が、TRUEの場合、
冷却清水出口温度が、低温冷却清水の設定温度以下であり、
かつ、対数平均温度差(ΔTm)が、2°C以上で、
冷却海水ポンプの運転流量が定格の0.5以上であるから検討に値する。
セルD76が、TRUE以外の場合は、検討に値しない。

エネルギー自己診断ソフトの例 (冷却海水ポンプの流量調節による省エネルギー)

省エネ試算結果

冷却海水ポンプの運転電流値を見ながら吐出弁を徐々に絞って省エネを図る。

目標電流値の試算

2009年11月6日ケースを例に試算する。
セルD75Iに、予定電流値を入力する。
この時、セルD76が、TRUEであること。
今仮にセルD75Iに、20と入力してみよう。
この時、セルD76が、TRUEであるから、
冷却海水ポンプの吐出弁は電流値20Aとなるまで絞ってもよい。

省エネ率の試算

この時の「省エネ率」は、「(1-調整後の電力/調整前の電力)*100」となる。

9.09%

この時の冷却海水ポンプの所要電力

12.19 kW/h

調整前の冷却海水ポンプの所要電力

13.41 kW/h

電力削減量

1.22 kW/h

年間電力削減量

10,681.63 kW/年

年間発電機燃料削減量(A重油)

2.32 kL/年

年間A重油削減金額

115.23 千円/年

原油換算削減量

2.34 kL/年

CO₂削減量

6.91 t-CO₂/年

船全体での省エネ率

0.12%

年間運転時間 8,760 h/年

燃料消費率 205 g/kW/h

A重油価格 49.7 千円/kL

A重油比重 0.85

発電効率 0.9

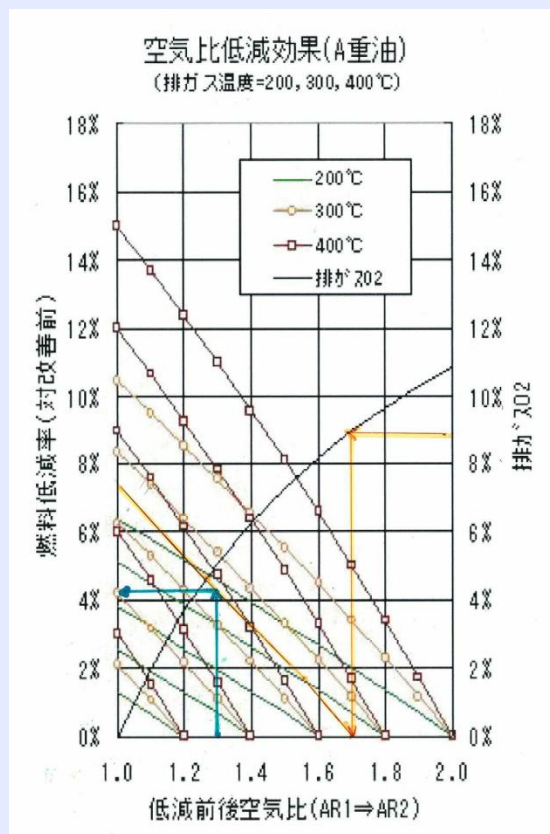
本船の年間燃料消費量

A重油 413.37 kL/年

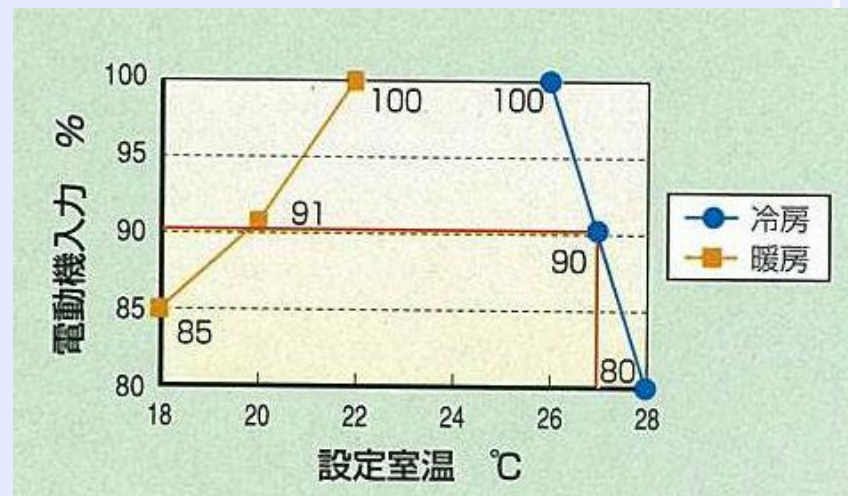
C重油 1399.95 kL/年

エネルギー自己診断ソフトの例 (簡易試算図による検討例)

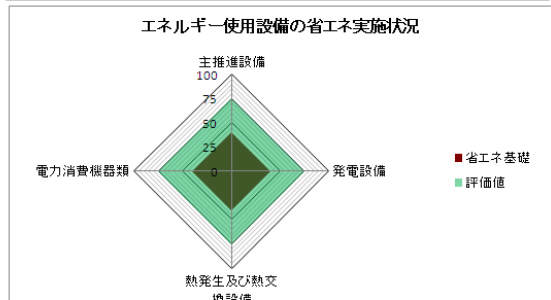
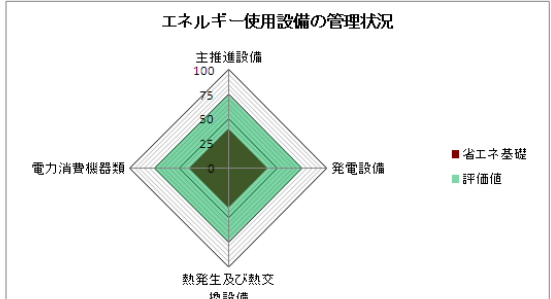
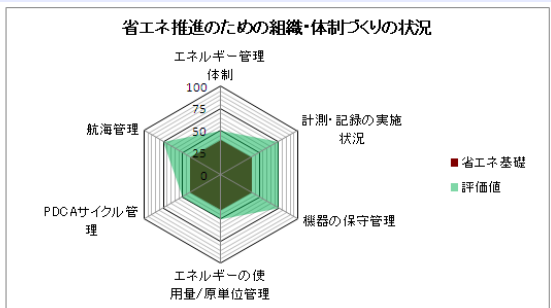
ボイラの空-燃比調節による省エネ



空調設定温度調節による省エネ



省エネルギー診断例



凡例
 [注：グラフの作成上、設備名のない軸があります。]
 ■ 省エネ基礎
 ■ 評価値
 貴社・貴船の現状：この部分が多いほど良好です。今後一層の推進を回ってください。
 省エネルギー取組みの基礎部分です。この部分が見えなくなるよう省エネルギー推進に注力下さい。

II-1 省エネルギー診断結果の概要

(1) 低減額計 20,545 千円

	現状(千円/年)	低減額(千円/年)	削減率
重油 A	16,313	1,055	6.5%
重油 C	109,015	19,490	17.9%
その他	0	0	
合計	125,328	20,545	16.4%

注) 『現状金額』は、7項のエネルギー使用状況を基に下記の予測効果で使用した単価(下記)を乗じて推算しています。又、『低減額』は、下記の提案内容のうち「運用にて実施可能な提案」および「回収可能な投資によるもの」を合計した金額です。尚、削減電力も燃料換算して含めています。

A重油	49.70 千円/kL	39.1 GJ/kL
C重油	39.05 千円/kL	41.7 GJ/kL
原油		38.2 GJ/kL

(2) 診断結果の内訳

《I. 運用にて実施可能と思われる提案》

所見リスト分類No	改善事項 (所見リストに対応して箇条書き)	エネルギー種類	予測効果			
			省エネルギー量 (kL/年) kWh/年等	原油換算 kL/年	削減額(**) (千円/年)	CO ₂ 削減量 (t-CO ₂ /年)
1	1-7 停泊時間の短縮と減速航海	A重油	16.74	17	832	45
		C重油	446.27	482	17,427	1330
2	1-7 オートパイロットのエコノミーモードの活用	A重油		0	0	0
		C重油	12.14	13	474	36
3	2-2 船体のトリム調整	A重油	11.51	12	572	31
		C重油	253.87	274	9,914	757
4	2-3 燃料油・清水等の積載量の管理	A重油	0.77	1	38	2
		C重油	16.99	18	663	51
5	4-1 ボイラの空燃比調節	A重油		0	0	0
		C重油	6.02	7	235	18
6	5-1-2 機関室通風機運転	A重油		0	0	0
		C重油	7.06	8	276	21
7	5-3-1 夏季空調設定温度の適正化	A重油	0.47	1	23	1
		C重油	0.47	1	18	1
8	5-5-1 航海中の貨物艙内照明の消灯と省エネ型蛍光灯	A重油	3.25	3	162	9
		C重油	22.30	24	871	67
合計		A重油	21.23	21	1,055	58
		C重油	499.11	539	19,490	1487
合計				560	20,545	1545

省エネルギーを推進するために

今後の課題

「エネルギー使用原単位」を算出するための

“基準の作成”

と

“計測データの統計・分析システム”の確立

今後の最重要課題

人類の幸せのために 美しい地球を守ろう

省エネは、
関係者全ての理解と協力
小さな努力の積み重ね
が大切です



ご清聴ありがとうございました