

エンジン状態の見える化による省エネについて

エンジン状態の見える化は、効率の良い領域でのエンジン運転を支援し、特に往航・復航の航行時に省エネが期待されます。省エネ効果は以下のように算出します。

1. 航行時の燃料消費特性

漁船航行時の機関回転数と燃料消費および船速の関係の一例を図1に示す。機関回転数を1900rpmから1850rpmに減速することで、船速は11.7⇒11.39へ0.31ノット低下するものの燃料消費は164⇒151.4へ12.6L/h削減可能である。このように、主機関の回転数と燃料消費量等をリアルタイムに見える化することで、効率的な省エネ運転が指向される。

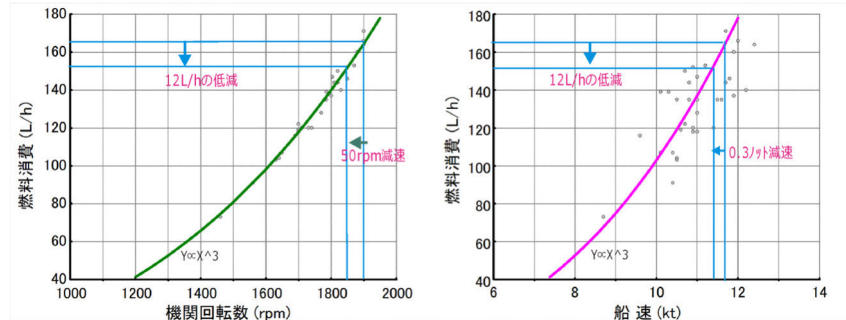


図1 漁船航行時の燃料消費特性(19GT さんま棒受網漁船、670kW/1938rpm)

2. 操業工程全体の燃料消費

主機関状態の見える化は、往航・復航の航行時間が長く、操業中の主機関負荷が小さい一本釣り漁業や刺網漁業等への導入が有効である。省エネ効果は、往航・操業・復航の工程別の燃料消費をモデル化した上で、操業全体に対して算定する必要がある。図1・図2の条件を基に省エネ効果を算定する。

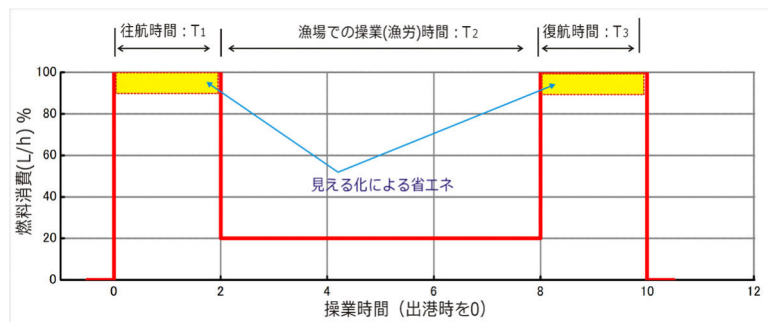


図2 操業全般の燃料消費のモデル化

3. 省エネ効果の算定

回転数50rpmの減速により、燃料消費(L/h)は164⇒151.4L/hと7.7%削減されるが、船速が11.7⇒11.39ノットへ低下するため、航行時間は11.7/11.39=1.027倍に延長する。この延長分 δT と定義すると、1航海全般の省エネ効果は、1900rpm航行時の燃料消費(L/h)を100%として、減速前の燃料消費量: $Q_1 = 100 \times T_1 + 20 \times T_2 + 100 \times T_3$ 、減速後の燃料消費量: $Q_2 = 92.3 \times (T_1 + \delta T) + 20 \times T_2 + 92.3 \times (T_3 + \delta T)$ となる。 $T_1 = 2$ hr、 $T_2 = 6$ hr、 $T_3 = 2$ hr、 $\delta T = 2 \cdot (1.027 - 1) = 0.054$ hrを代入すると、 $Q_1 = 520$ 、 $Q_2 = 499.2$ となり、操業全体の省エネ効果は4.0%と算定される。

* 漁船の航走特性は、船用3乗カーブ従うものと仮定して船速を推定する。

* 操業中の燃料消費量については、以下の表の該当する漁業種類の負荷率を用いた出力(連続出力×負荷率)とし、4モード燃費率を用いて算出する。ただし、操業中の燃油消費量が個別に把握できる場合はそれを優先して差し支えない。

操業時の負荷率	漁業種類
20%	一本釣り、はえ縄、刺網、敷網(棒受網)、採介藻
30%	定置網、いか釣り(発電機主機駆動)
40%	まき網(網船・付属船)、ひき網(シラス船びき等)、かつお・まぐろ
60%	底びき、内海底びき(調整機関)

※内水面については海面漁業の漁法に準ずる。

JET-Cap による省エネについて

JET-Cap は、プロペラに合わせた最適なフィンをキャップに装着し、キャップ後流に発生するハブ渦を拡散することで省エネ効果が期待されます。省エネ効果は、プロペラ形状や船型によっても異なりますが、以下のように算出します。

1. CFD(数値流体力学)での効果推定

プロペラ単独性能は、プロペラのみでの状態での前進係数に対するスラスト係数・トルク係数・単独効率の関係を表す(図1)。JET-Cap 装着によって、スラスト係数 K_T の向上、トルク係数 K_Q の低減、プロペラ単独効率 η_o の向上が CFD 計算にて確認され、同一船速における主機の必要馬力 BHP が減少する(図2)。※ $BHP = EHP / (\eta_t \times \eta_r \times \eta_h \times \eta_o)$ であり、 η_o の増加率が BHP の削減率となる。

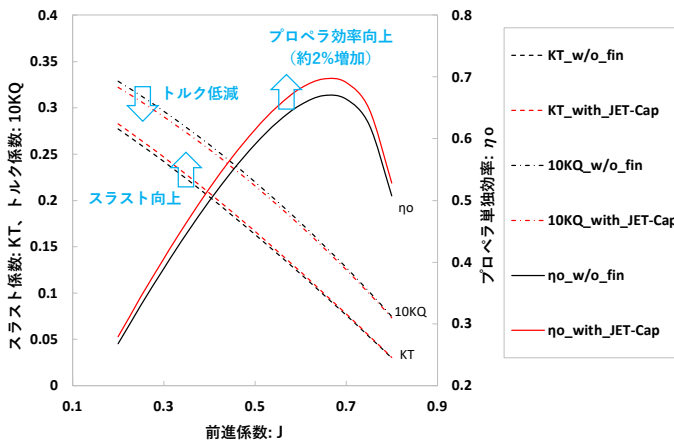


図1 プロペラ単独性能

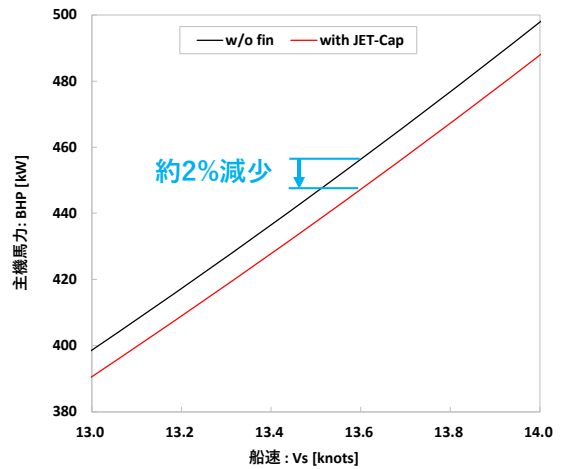


図2 パワーカーブ

2. 実船試験での検証

19GT FRP 製巻き網運搬船でフィンキャップ無と JET-Cap 装着での比較試験を実施した。主機給気圧、燃費(時間当たりの燃料消費量)ともに平均にて約 3%程度低減、すなわち約 3%程度の馬力低減効果(燃費削減効果)が確認された(図3)。

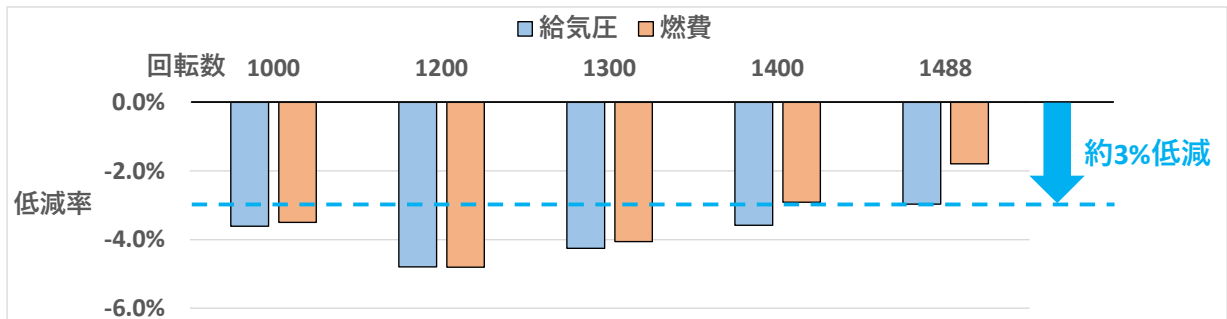


図3 JET-Cap による主機給気圧低減、燃費削減効果

3. 省エネ効果の算定

以上から、約3%の省エネ効果(燃料消費量の削減)が実船試験で確認されたが、プロペラ形状や船型によっても省エネ効果は異なるため、CFD 計算結果等も勘案し、本事業では省エネ率を2%とする。

CFRP プロペラによる省エネについて

CFRP(炭素繊維強化プラスチック)プロペラは、ブレードに軽量・高強度である CFRP を採用し、高効率や低振動を実現し、省エネや船内環境の改善が期待できます。

省エネ効果は、金属および CFRP プロペラで比較実船検証を行い、以下のように算出します。

1. 実船検証(商船: 499G/T ケミカルタンカー)

499G/T ケミカルタンカーで従来の金属製プロペラ(CAC703)と CFRP 製プロペラで比較検証を行いました。図 1 は海上公試運転での船速と出力との関係です。同じ船速で CFRP の方が金属製よりも馬力が 9%低減しています。図 2 は運航時の船速と燃料消費との関係です。燃料消費は CFRP の方が低減しており、図 1 の海上公試結果と同様に 9%削減されています。

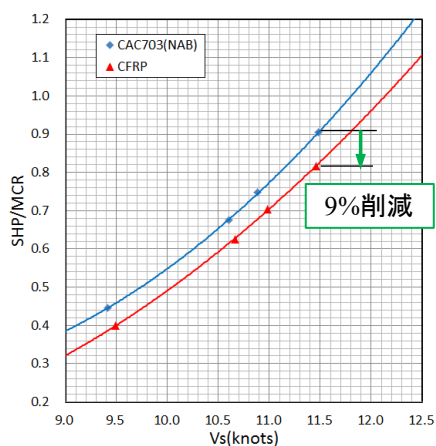


図 1 船速と馬力の関係(商船)

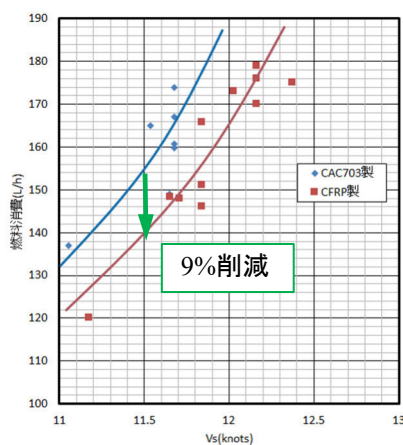


図 2 船速と燃料消費の関係(商船)

2. 実船検証(漁船: 19G/T カツオー一本釣り漁船)

19G/T カツオー一本釣り船で金属製(CAC703)と CFRP 製プロペラの比較を行いました。図 3 は船速と馬力との関係です。同じ船速で CFRP の方が金属製よりも馬力が 11%低減しています。図 4 は振動計測結果です。CFRP の方が 30%程度低下し、居住環境が改善されます。

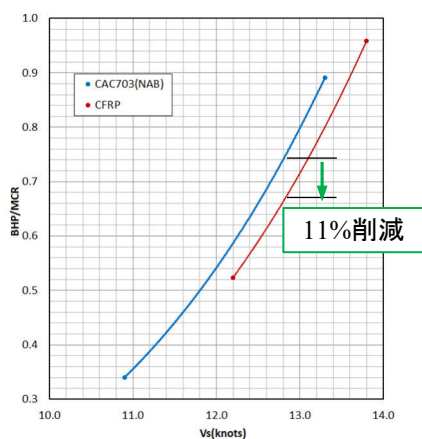


図 3 船速と馬力の関係(漁船)

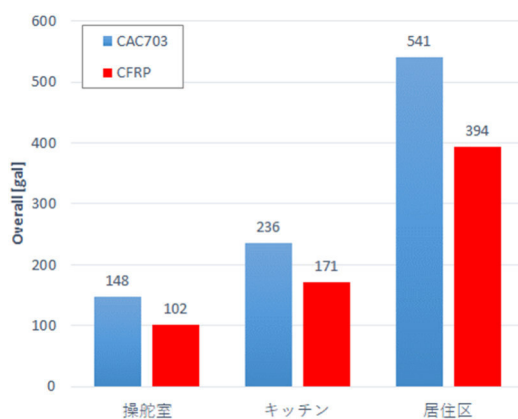


図 4 振動計測結果

3. 省エネ効果の算定

以上から、CFRP プロペラに換装することで従来の金属製に比べ 9~11%燃料消費削減が確認されている。ただ、CFRP プロペラはエコキャップと同時搭載しており、そのキャップ分の効率アップ 2~3%を差し引くと、CFRP プロペラ単体で省エネ効果は 6%~8%程度であり、船体形状やプロペラ搭載の制約影響もある為、本事業では CFRP プロペラの省エネ率を 5%とする。

増速機導入による省エネについて

いか釣り漁業など、停船状態で集魚灯を使用する漁船では、メインエンジン直結で発電機を駆動しています。この時、エンジンは 1800rpm 等の一定回転が要求されます。電力負荷が小さい場合、増速機を介することで、より燃費率の良い領域でのエンジン運転が可能となります。省エネ効果は以下のように算出されます。

1. 増速機導入の効果

一般的な漁船機関の運転範囲と燃費率の関係を図 1 に示す。図中には、発電機を従来の機関直結から増速比 1.5 の増速機を介した際の機関の運転点をプロットした。中速から低速に運転点が移行することで、より燃費率の良い領域での運転が可能となる。この例では、機関出力 200PS(負荷 31%)の場合、約 10%の燃費改善が図れる。機関出力 300PS(負荷 46%)では、7%の燃費改善を示している。このように低負荷で発電機を駆動する場合には、増速機を介することで 7%以上の燃費率向上が見込まれる。実際、増速機の伝達ロス差し引いても 5%以上の省エネ効果が期待される。

2. 操業工程全体の燃料消費

操業工程全般の燃料消費の経過を図 2 のように仮定する。増速機はいか釣り漁業などへの導入が有効であり、往航・操業・復航の工程別の燃料消費モデルから操業全体からみた省エネ効果を算定する必要がある。

3. 省エネ効果の算定

増速機により 5%の燃費改善を可能とする条件で、出港から帰港までの全般の省エネ効果を算定する。導入前の燃料消費量: $Q_1 = 100 \times T_1 + 50 \times T_2 + 100 \times T_3$ 、増速機導入後の燃料消費量: $Q_2 = 100 \times T_1 + 47.5 \times T_2 + 100 \times T_3$ となる。 $T_1 = 2$ hr、 $T_2 = 8$ hr、 $T_3 = 2$ hr を代入すると、 $Q_1 = 800$ 、 $Q_2 = 780$ となり、**操業全体の省エネ効果は 2.5%**と算定される。

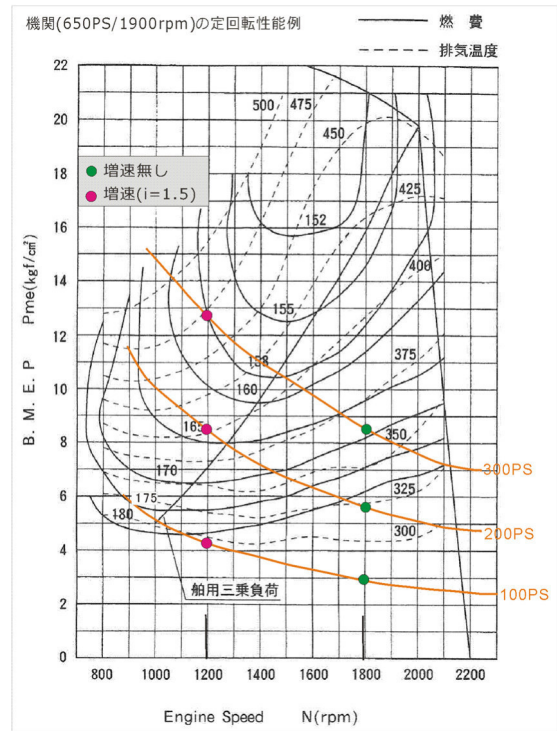


図 1 等燃費曲線と増速機導入による燃費率削減効果

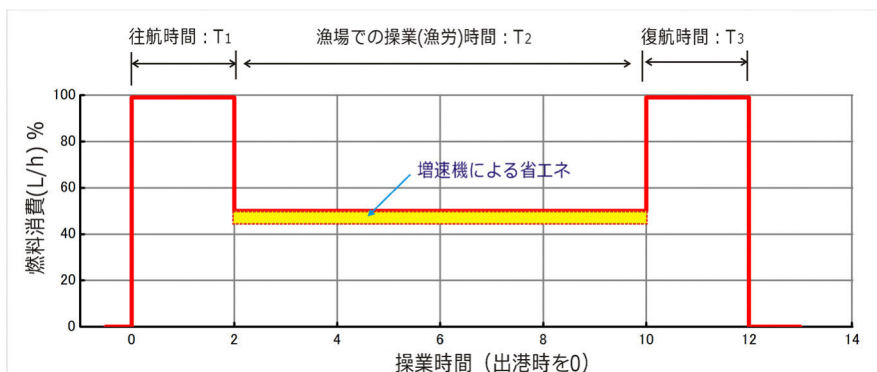


図 2 操業全般の燃料消費のモデル化

* 省エネ効果は、操業時(集魚灯点灯など)の電力負荷の大小や漁場までの距離によっても異なることに留意。

二段減速機導入による省エネについて

漁船推進系にとって減速機の減速比は重要な検討項目です。底びき網曳網時に、エンジンが低回転・高トルクの厳しい条件で運転されている場合など、二段減速機の導入により、より燃費率の良い領域でエンジンを運転することで省エネが可能です。

1. 二段減速の効果

一般的な漁船機関の運転領域と燃費率の関係を図1に示す。図中には、現状の曳網点(減速機1速)から二段減速機を導入した際の曳網点(減速機2速)をプロットした。この事例では、曳網出力200PS(負荷率31%)の場合には、2速を導入しても燃費率は悪化する傾向となる。一方、曳網出力300PS(負荷率46%)では、3.3%の燃費改善効果を示す。このように曳網負荷率が高い場合は、二段減速機の導入により、機関の運転点を燃費率が改善される領域に移行させることで曳網時の省エネが可能となる。

2. 操業工程全体の燃料消費

二段減速は、機関が低回転・高トルク(トルクリッチと呼ばれる)の運転を強いられる底びき網曳網時に有効であり、往航・操業・復航の工程別の燃料消費モデル(図2)を基に操業全体からみた省エネ効果を以下に算定する。

3. 省エネ効果の算定

ここでは、二段減速機導入による燃費改善効果を3%として出港から帰港までの全般の省エネ効果を算定する(図2の場合)。導入前の燃料消費量: $Q_1 = 100 \times T_1 + 60 \times T_2 + 100 \times T_3$ 、2段減速機使用時の燃料消費量: $Q_2 = 100 \times T_1 + (60 \times 0.97) \times T_2 + 100 \times T_3$ となる。 $T_1=1$ hr、 $T_2=8$ hr、 $T_3=1$ hrを代入すると、 $Q_1 = 680$ 、 $Q_2 = 665.6$ となり、操業全体の省エネ効果は2.1%と算定される。

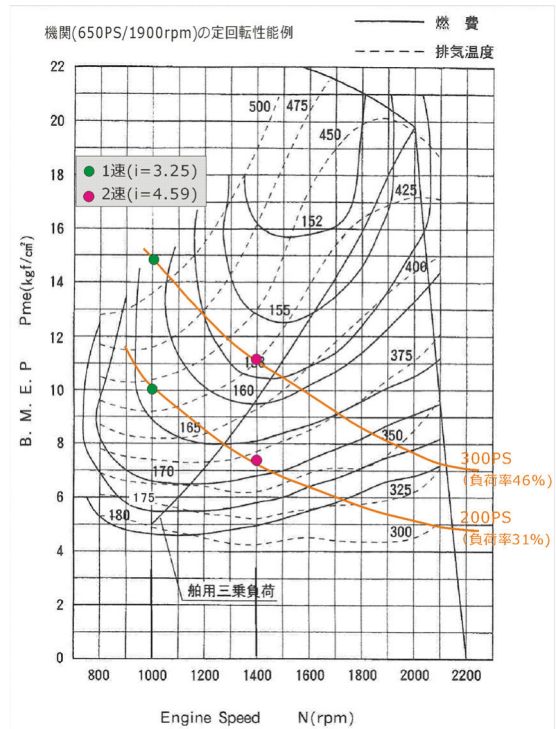


図1 二段減速による燃費率改善効果

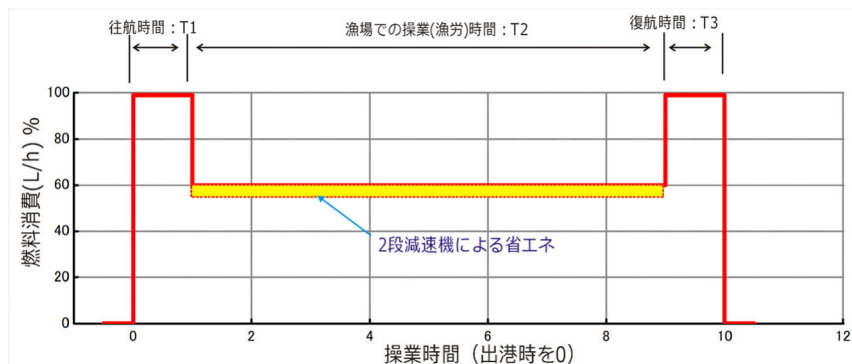


図2 操業全般の燃料消費のモデル化

<2段減速の留意事項> 曳網負荷が小さい場合には、より減速比の大きい2速を利用しても、省エネに対して逆効果となる場合があります。曳網時の機関回転数が低く、黒煙が発生する場合や排気温度が一定以上に高い状態など、曳網負荷率が高い条件では2段減速機導入による省エネ効果が発揮されず。

最適航路選定システムによる省エネについて

海天・近海版の最適航路選定システムは、風、波、海流の予測値と漁船の航海性能を用いて、日本沿岸・近海を漁場とする漁船の最短時間航路もしくは最少燃料航路を提供するシステムである。
省エネ効果を評価するため、最少燃料航路を対象とする。最少燃料航路は、航海時間を指定して、目的地まで最少燃料で到着する航路であり、そのための最適エンジン回転数も計算される。最適航路選定システムによる省エネ効果は、以下の方法で評価される。

1. 省エネ効果の評価手法

- (1) 省エネ効果を評価する漁船の航海性能、漁港、漁場、漁期、漁港⇒漁場および漁場⇒漁港まで通常航行する航路、等に関する情報を入手する。
- (2) 過去1年間の風、波、海流の実況値(数値予報の解析値)を用いて、多くの航海について当該漁船の最少燃料航路のシミュレーションを行い、最少燃料航路と通常航行する航路の燃料消費量を計算する。

なお、システムの評価は、実際の漁港・漁場位置等の情報をもとに、近年の気象・海象状況データを使用して、条件の異なる50回以上のシミュレーションを上記手法をもって行い、算出するものとする。

2. 効果の範囲等

日本沿岸・近海の比較的狭い海域では、風・波が最少燃料航路に及ぼす影響より、海流(黒潮)が最少燃料航路に及ぼす影響の方が大きい。したがって、強い海流が存在する海域を航行する場合に、最適航路選定システムによる大きな省エネ効果が期待できる。

海流が航路選定の主なファクターとなる場合、漁船の大きさや形状は、航路選定にほとんど影響しない。一方、漁船の速力は航路選定に大きく影響する。速力が小さい漁船ほど、海流の影響を強く受けるので、最適航路選定システムによる省エネ効果が大きい。

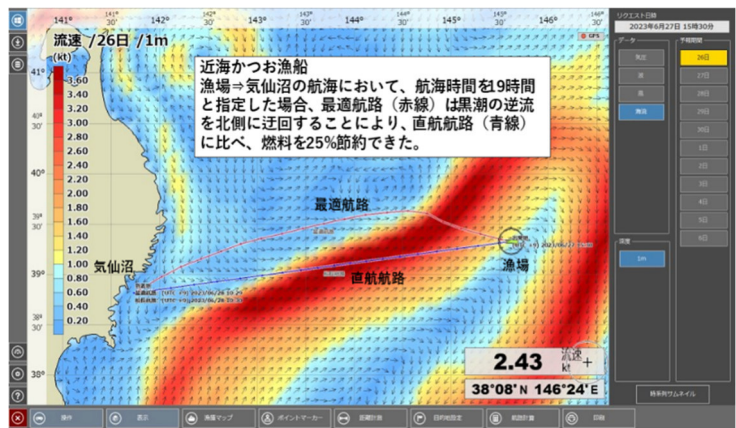


図1 最適航路シミュレーションの例

3. 省エネ効果の算定

シミュレーションの結果、最少燃料航路の平均燃料消費量をF1、通常航行する航路の平均燃料消費量をF2とすれば、省エネ効果は $\{(F2 - F1)/F2\} \times 100\%$ により求められる。

かつお一本釣り漁船を対象とし、シミュレーションの結果、往航時の省エネ効果が8%、復航時の省エネ効果を10%であったと仮定すると、1航海全般の省エネ効果は、従前の燃料消費量: $Q_1 = 100 \times T_1 + 20^{*1} \times T_2 + 100 \times T_3$ 、システム導入後の燃料消費量: $Q_2 = 92 \times T_1 + 20 \times T_2 + 90 \times T_3$ となる。図2より $T_1=2$ hr、 $T_2=6$ hr、 $T_3=2$ hr を代入すると、 $Q_1 = 520$ 、 $Q_2 = 484$ となり、**操業全体の省エネ効果は6.9%**と算定される。

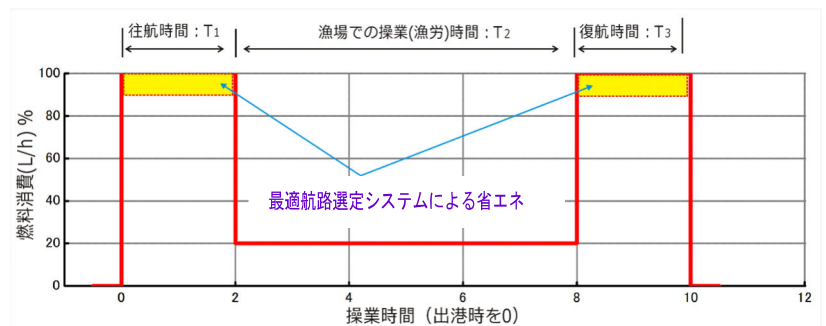


図2 操業全般の燃料消費のモデル化

*1 操業中の負荷率は20%として算出した。