

内航海運のグリーン化に 資する船舶技術



明日を担う交通ネットワークづくりに貢献します。
鉄道建設・運輸施設整備支援機構

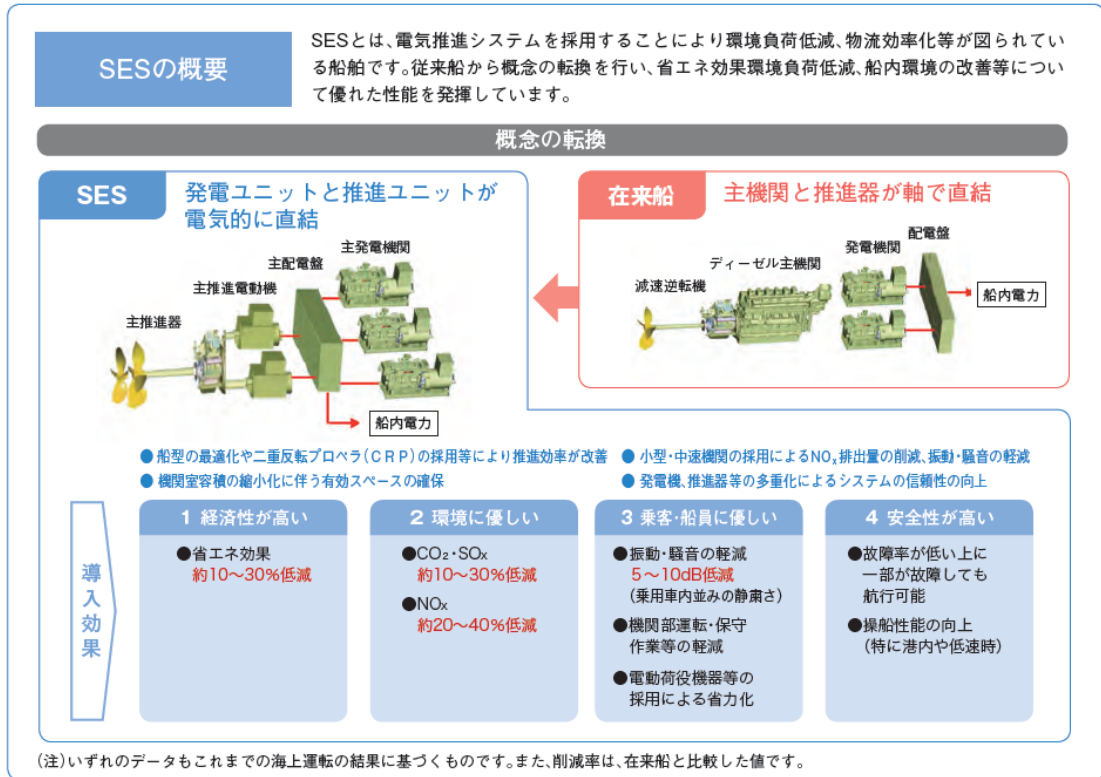


独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構は、
人と地球にやさしい船作りを目指し、
少子高齢化に対応したバリアフリー化船、
スーパーエコシップをはじめとする環境対策船等の
建造促進に積極的に取り組むと共に、
国内海運事業の発展に貢献してまいります。

船名：はやぶさ
船主：共栄運輸（株）
就航航路：函館～青森
船種：カーフェリー
政策目的：高度CO₂(12%)低減化船

1.1 スーパーエコシップ(SES)の概要

スーパーエコシップ(SES)とは、電気推進システムを採用することにより環境負荷低減、物流効率化等が図られている船舶です。鉄道・運輸機構は、国土交通省と連携して、平成17年度から**経済的支援、技術支援などを実施し、SESの建造促進**に取り組んできました。平成28年3月現在、合計**25隻のSESが竣工**しており、**省エネ効果、環境負荷低減、船内環境の改善等について優れた性能を発揮**しています。



1.2 SESの共有建造基準(要約)及び推進方式

【共有建造基準(要約)】

- ① 推力が、『電気推進ユニット』又は『電気推進ユニットと原動機推進ユニット』により供給され、当該システムの原動機の一つに異常が生じても運航に支障がないこと
- ② 推進効率の向上に資する技術、パワーマネージメントの最適化に資する措置によりエネルギー効率の向上が図られていること

推進方式

ラインシャフト CRP 方式



- ・プロペラの二重反転効果により推進効率向上
- ・在来船感覚で操船が可能
- ・最も建造実績が多い
- ・速度はインバータで制御

ポッド方式



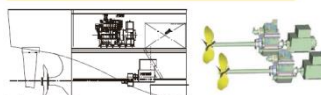
- ・全旋回ポッドの採用により操船性能向上
- ・狭い港湾での離着性能が向上
- ・ポッドの種類、配置、速度制御に多くのバリエーション

タンデム ハイブリッド方式



- ・大きな出力が必要な船で採用が多い
- ・二重反転効果により推進効率向上
- ・全旋回ポッドの採用により操船性能が向上
- ・ポッドプロペラはインバータで制御

2 軸 CPP 方式



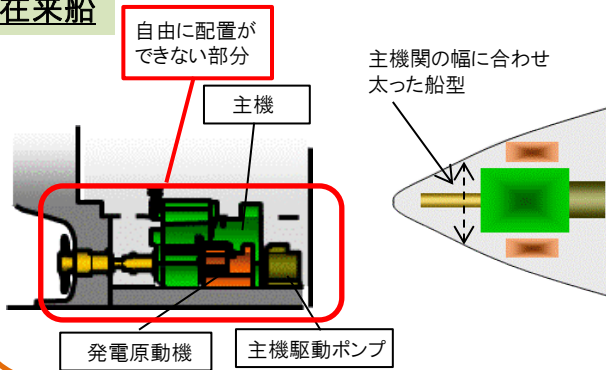
- ・速度はインバータの代わりに可変ピッチプロペラ(CPP)で制御
- ・2軸プロペラの採用により操船性能が向上
- ・従来船との船価差を低減

1.3 電気推進化によるメリット

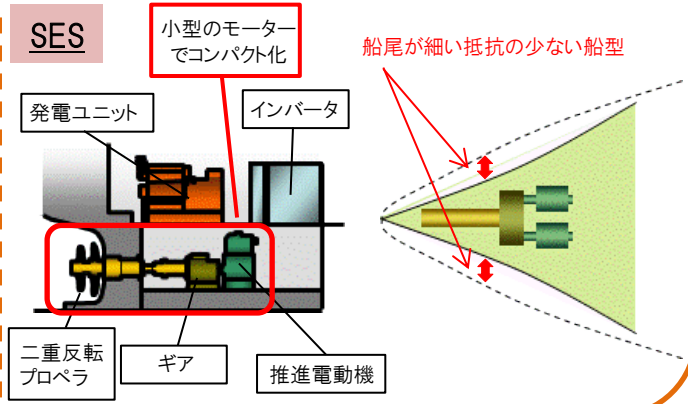
SESの省エネ性能や操船性能の向上に貢献した要素として、機関配置の自由度の増加による船型の最適化、二重反転方式のプロペラの採用による推進効率改善やポッド推進器の採用などがあります。

機関配置の自由度の増加による船型の最適化

在来船



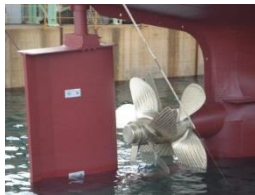
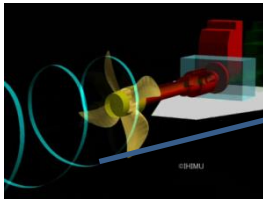
SES



二重反転方式のプロペラの採用による推進効率改善

通常のプロペラ

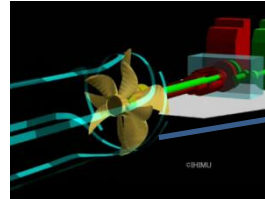
回転流は推進力に活かされず、そのエネルギーが無駄になる



「鶴洋丸」

CRP

前のプロペラが発生させる回転流のエネルギーを後ろのプロペラが推進力に換え、推進効率が向上する

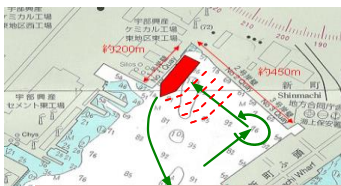


「新衛丸」

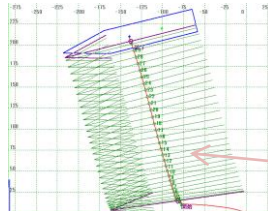


「豊和丸」

ポッド推進器の採用による操船性能の向上



「興山丸」



「桜島丸」

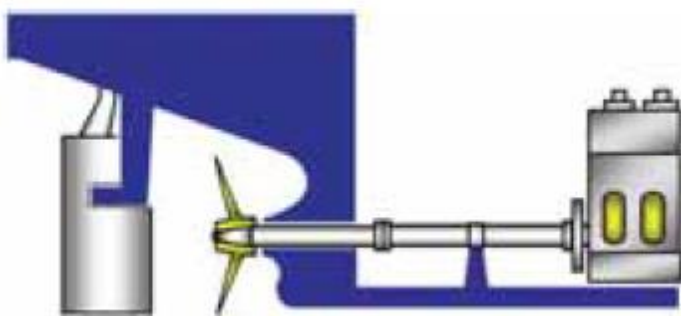


「みやじま丸」

360° 旋回するポッド推進器を使用することにより、狭い港内での横移動や、その場回頭が容易になり、大型船でも従来船に比べて操船しやすい。
また、港内での離着岸性能が向上することで、出入港時間の短縮が可能。

1.4 プロペラ軸及び船尾管軸の抜出検査間隔の延長について

- 旅客船・貨物船等を包括しているJGと、貨物船等のみのNKでは、対応に違いがあります。
- 海水潤滑式または油潤滑式の船尾管軸受を有するプロペラ軸又は船尾管軸について、原則として5年間隔で抜き出し、プロペラ取り付け部等の非破壊検査を行うこととなっておりますが、新造から5年目の抜出検査の結果、定期検査において健全性が確認された場合は、油潤滑式の船尾管軸を有する軸の抜き出し間隔を最大8(NK:10)年まで延長できます。
- また、JG又はNKの承認を受けた予防保全管理方式(PSCM)を採用する船舶にあっては、潤滑油の油分析等の軸の定期的な管理によって、軸の抜き出しを現状は、最大10年間(NK:異常が見られるまで)延期とすることが可能となっています。



抜出検査の間隔の違い

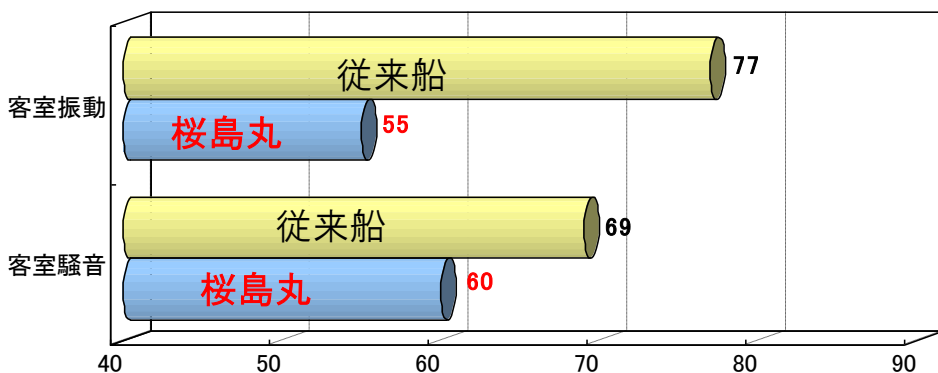
PSCMの採用の有無	通常	問題が無ければ →	延長
無し	5年		JG:8年 NK:10年
有り	5年		JG:現状は10年 NK:異常が見られるまで

1.5 SESの船内環境改善

SESは、従来船で使用する大型のディーゼル主機関に代わり複数の小型ディーゼル発電機関を採用したことで、居住区で高い静粛性(低振動・低騒音)を確保できます。

(単位: dB)		499GT型ケミカルタンカー		749GT型タンカー		1000GT型タンカー	
甲板	計測場所	在来型	ろっこう	在来型	なでしこ丸	在来型	国朋丸
航海船橋甲板	操舵室	66	62.8	68	63	80	64.5
端艇甲板	船長室	66	59.9	70	63	72	60.6
船尾楼甲板	食堂	74	68.3	79	69	81	67.6

1300GT型カーフェリー



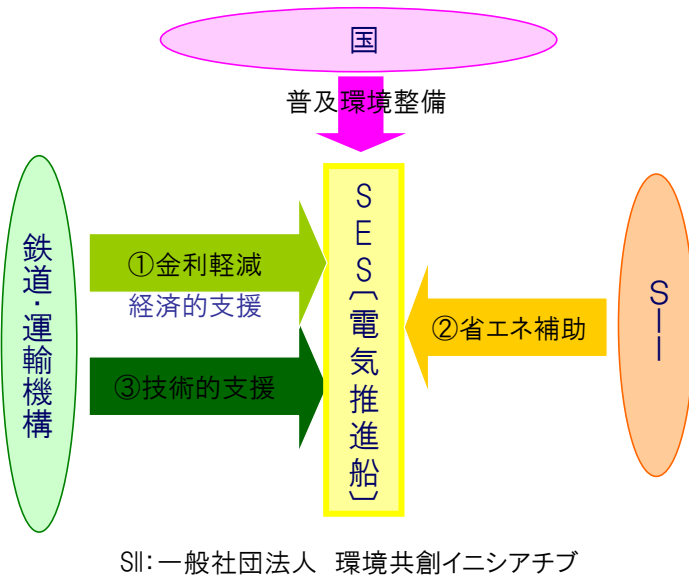
旅客船における居住環境も改善し快適な運航を実現しました。



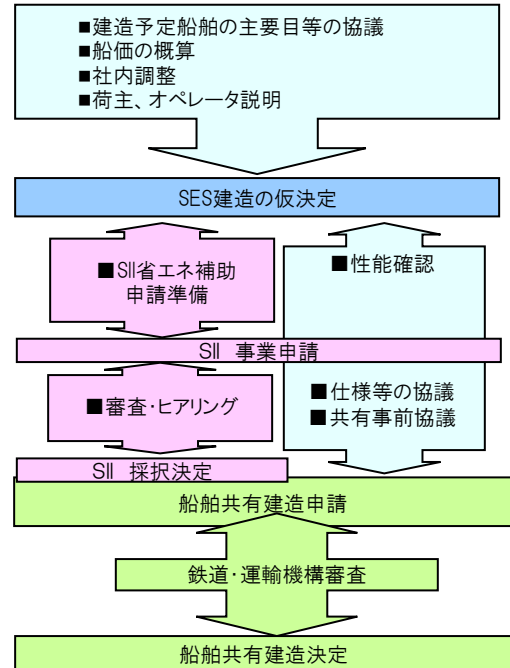
1.6 SESの建造促進支援

SES建造促進支援体制

鉄道・運輸機構は、国からの出資を受け、SES建造促進のため、経済的(事業金利の軽減)・技術的支援を行っています。



SES建造の流れ



1.7 SESへの経済的支援・技術支援

① 機構による経済的支援(平成27年度の例)

ースーパーエコシップ普及促進事業ー

対 象：機構の「SES基準」に適合する共有建造船舶

内 容：事業金利から0.3%軽減

② SII(環境共創イニシアチブ)による補助

ーエネルギー使用合理化事業者支援事業ー

対 象：先端的な省エネルギー設備の導入であって、政策的意義が高いと認められたもの

船価の**約15%相当**が補助された実績あり

(注)電気推進以外の省エネ設備も含まれる。

内 容：省エネルギー設備の費用の1/3以内(1件当たりの上限額50億円/年度)

評価項目：(1) 政策的意義、(2) 省エネルギー効果、(3) 費用対効果、(4) 技術の先端性

SII申請では、過剰設備は認められないといった条件や工程上の条件などがあり、申請には書類作成等の作業のための相当の準備期間が必要となります。

共有船建造でSII申請をお考えの方は、お早めに技術支援課までご相談下さい。

③機構の技術的支援

最適な船舶を計画し、推進性能等を確保するため、基本計画段階、建造段階で技術支援を行っています。

また、メンテナンス等に関して、就航後においても技術支援を行っています。

基本計画段階での技術支援

- SESに関する技術情報の提供
- 省エネ効果の推定
- 電気推進システム等の検討
- 造船所の技術力評価
- 標準船型の開発・提供

建造段階での技術支援

- 電気推進システム等の検証
- トラブル対策
- 関係者との調整

就航後の技術支援

- 保守・整備モデルプランの作成
- 操作マニュアルの作成
- トラブル対応

1.8 先進・高度二酸化炭素低減化船

- ・1990年代初頭船と比較して、トンマイル当たりの二酸化炭素排出量を16%以上低減する船舶は先進二酸化炭素低減化船として最大0.3パーセントの軽減利率を適用しております。
- ・普及を図るため、先進二酸化炭素低減化船の一例として499総トン型鋼材運搬船の船型を国からの受託により機構が開発すると共に、造船所が開発した省エネ船型を機構が認定しております。

先進二酸化炭素低減化船 第1番船「山鋼丸」

- ・ 90年代船と比較して、トンマイル当たりの二酸化炭素排出量を**19%低減**
- ・ 貨物艙容積を確保するためエラ船型を採用
- ・ 居室床面積及び天井高さを拡大し、ILO海上労働条約に対応

第1番船「山鋼丸」の主要目

用 途	貨物船
就航年月	平成22年11月
航行区域	沿海区域
長さ×幅×深さ	69.00×12.00×7.12m
総トン数	498トン
載貨重量	1,710トン
航海速力	13.0ノット

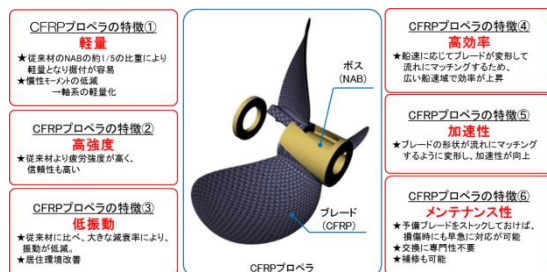


先進二酸化炭素低減化船の竣工実績(平成28年2月末現在18隻)

●機構開発船型(船主／建造造船所)(竣工年月)	
499GT型貨物船	1.山鋼丸(山中造船／山中造船)(H22.11)
	2.みつひろ7(三原汽船／山中造船)(H23.3)
	3.大隆邦(中松海運／山中造船)(H23.8)
	4.千勝丸(勝丸海運／山中造船)(H23.6)
	5.太栄丸(栄吉海運／山中造船)(H25.4)
●造船所開発船型(船主／建造造船所)(竣工年月)	
499GT型貨物船	1.光翔丸(吉祥海運／渡邊造船所)(H23.11)
	2.第三十八三晃丸(三晃海運／徳岡造船)(H24.2)
	3.第五進康丸(泊洋汽船／中之島造船所)(H24.4)
	4.第八新江丸(新洋海運／小池造船海運)(H25.3)
	5.HKL まや(兵機海運／中之島造船所)(H25.3)
	6.第二十七徳丸(松岡船舶／徳岡造船)(H25.5)
749GT型貨物船	成秀丸(協同商船／山中造船)(H27.6)
5,170GT型セメント船	絆洋丸(アジアパシフィックマリン・ジェネック／三浦造船所)(H26.1)
8,600DWT型セメント船	パシフィックグローリー(中津留組／三浦造船所)(H27.6)
6,000GT型セメント船	絆永丸(アジアパシフィックマリン・ジェネック／三浦造船所)(H27.12)
5,000kl型白油タンカー	双信丸(邦洋海運・旭タンカー／熊本ドック)(H26.3)
5,000kl型黒油タンカー	幸秀丸(藤井綱海運／村上秀造船所)(H26.4)
13,000GT型カーフェリー	フェリーびざん(オーシャントランス/佐伯重工業)(H27.12)

2 高度船舶技術実用化対象事業一覧

内航海運の環境負荷低減等を促進するため、高度船舶技術を用いた船舶、船舶用機関及び船舶用品の実用化に係る設計費及び初期故障対応費を助成しておりましたが、本制度は平成28年3月末に終了いたしました。今後は、これら新技術の普及促進を行ってまいります。



(左)内航船向け中速主機関用金属ばね防振装置の実用化

【H27、ヤンマー(株)】

(右)複合材料製プロペラの実用化

【H26-27、ナカシマプロペラ(株)】

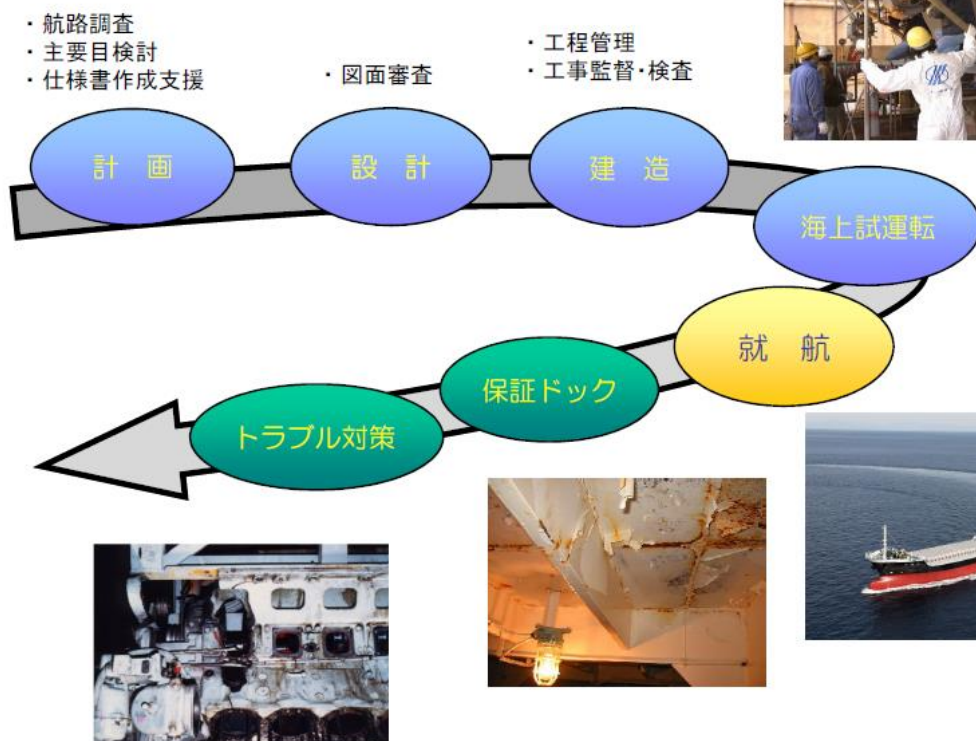
ジャンル	実用化対象事業 (事業者)	概要	メリット
機 機 関 保 守 関	高度船舶安全管理システムの実用化(H18～19年度) 【阪神内燃機工業(株)】	ディーゼル推進用機関において、高機能センサにより燃料噴射、燃焼状態、ライナ・リングの摺動・磨耗状態などをモニタリングし、当該データを、船陸間通信設備を用い陸上側へ送信するシステム。陸上側では船舶の機関の状態を常時遠隔監視を行うとともに、主要部品の衰耗、寿命を予測しながら故障予知診断を行う。	●主な故障について初期状態で検出・診断し、早期に対応することにより、重大故障への進行を防止。 ●陸上での集中管理支援により船上や船社における安全管理業務の負担軽減。 ●トラブル時データ等の蓄積により原因分析と適切な再発防止策による安全性向上。 ●開放整備インターバルの延伸、整備内容の合理化によるメンテナンス費用の低減。
	高度船舶安全管理システム(電気推進用)の実用化(H19年度) 【ヤンマー(株)】	電気推進用機関において、推進機関等の状態を陸上から遠隔で監視・診断を行い、陸上からの支援によって船舶の安全管理の高度化・最適化を図るシステム。発電機関が複数台設置されることや、出力の把握も容易という特性を活かし、個々の発電機関の出力状態に対応した排気ガス各シリンダ出口温度、潤滑油の状態等を基にした単独診断に加え、他の発電機関の状態と比較することによる総合的な診断を行い、機関内部の燃焼状態をより詳細に把握し、診断する。	●安全管理体制の確立による安全性向上、船上での安全管理業務の負担軽減。 ●保守管理業務の合理化(整備間隔の長期化、整備内容の最小化等)による保守費用の低減。 ●機関性能の悪化・不具合などを早期に把握し、環境に悪影響を与える異常燃焼や船舶の安全運航に影響を及ぼす機関故障などを未然に防止する。
	EUP式電子制御ディーゼル機関の実用化(H21年度) 【ヤンマー(株)】	燃料噴射ポンプの上部に電磁弁を搭載し、コントローラにより噴射時期と噴射量の電子制御を行い、負荷と機関回転速度に応じたマップにて、噴射時期を最適化する機能を有するディーゼル機関。 従来式の燃料噴射装置の一部を電子制御化したものであり、高圧の蓄圧部が無く、従来式の燃料噴射機構との互換性を有する構造を特徴とする。	●燃料噴射時期・量を電子制御することにより最適な燃焼を実現し、燃料消費量の低減やNOx・黒煙の発生を抑制する。 ●従来式の燃料噴射機構との構造的互換性を有しており、既存船のエンジンへの適用も容易。 ●燃料噴射制御とエンジンの状態を統合的に監視することで高信頼性を確保することが可能。
	低速4サイクル電子制御機関の実用化(H23～25年度) 【阪神内燃機工業(株)】	燃料噴射圧と燃料噴射期間(燃料ポンププランジャのスピードとストローク)を電子制御し任意に調整できるもので、燃料噴射系以外に調速機能(ガバナ機能)も電子制御を用いて行っている。これまでコスト回収の難しさから電子制御がされていなかった内航船で多く用いられる低速4サイクルディーゼル機関において、蓄圧器によるユニットポンプ式を採用した初の電子制御機関である。	●従来機関と比較してNOx2次規制をクリアしながら、燃費を3～5%低減することが可能(特に部分負荷時に大きな効果)。 ●燃料噴射のタイミングだけでなく噴射パターンの変更(ブーツ噴射)も可能であり、これにより燃料消費とNOx低減の両方に効果的な噴射を実現。 ●蓄圧器によるユニットポンプ式を採用することにより、内航船でも搭載可能な小型化したシステムを実現。 ●油圧で制御を行うことにより、メンテナンス面でランニングコストを低減。
	二段過給システムによる低燃費ディーゼル機関の実用化(H25～26年度) 【ヤンマー(株)】	NOx低減技術の一つである早閉じミラーサイクルを活用するとともに動圧方式の排気マニホールドと二段過給を組み合わせることにより、ミラー度の高い給気弁閉時期においても低負荷・低速時の空気量を確保した低燃費ディーゼル機関。	●約5%(8～10g/kWh)の燃料消費率削減。 ●中速機関の適用により、同一出力でエンジンがコンパクト化でき、機関室スペースを削減

2 高度船舶技術実用化対象事業一覧

ジャンル	実用化対象事業 (事業者)	概要	メリット
航海支援	省力化航海支援システムの実用化(H19年度) 【MHIマリンエンジニアリング(株)】	内航向け航海支援システムSUPER BRIDGE-Xの実績を基本に以下の改良を施している。 ①音声入出力装置の雑音対策及び音声認識率の向上 ②航海当直作業分析結果に基づき音声入力コマンドの充実、音声警報とそのガイダンスの大幅な強化 ③ARPAターゲットとAISデータをトータルで照合・評価した衝突危険の判定、避航方法提示方式の改善、重大事態を回避するための自己防衛操船機能の構築	●通常航海時の操船においてマン・マシン双方向のコミュニケーションが可能な音声インタフェースにより航海当直員からの操船指示に対する確認応答、操船制御を行うことで操船員の操船作業を分担することが可能。 ●航海当直員の情報収集・加工、操船判断の作業を支援。 ●安全航行のための避航方法を自動的に提供することにより、安全かつ余裕のある航海当直を可能。
	タンデム配置推進装置を有する船舶の操船統合制御システムの実用化(H20～22年度) 【MHI関エンジニアリング(株)】	全旋回型ポッドを用いるタンデム推進方式による操船統合制御システム。後進を含む全ての運航モードにおいて複雑な推力用出力の制御を1つのレバー・ハンドルで二重反転効果を最適にする各推進プラント機器の出力配分を自動的に調整する。	●出力配分を自動的に調整することにより燃料消費量の抑制。 ●従来船舶と同様の感覚で容易に操船できるようになることで乗組員負担の軽減や安全性の向上。
	相手船舶静監視システムの実用化(H24～25年度) 【MHIマリンエンジニアリング(株)】	透過型のヘッドアップディスプレイを船橋の見張り場所に装備し、拡張現実(AR:Augmented Reality)の技術を利用して、目視する船影の近傍にAISシンボルとその情報、ARPAターゲットシンボルとその情報等の重畳表示を行う。	●周囲を航行している他船の詳細情報を正確に把握して、あらかじめ衝突の危険性を考慮しながら計画航路に沿って効率的に航行することが可能。 ●操船判断を的確に支援し、見張り作業を効率化。
その他	内航向けタンデム型CRPシステムの実用化(H20～22年度) 【ナカシマプロペラ(株)】	ディーゼル機関駆動の可変ピッチプロペラ(CPP)の後方に、電動機駆動の旋回式ポッド推進器のプロペラを配置し、二重反転効果(CRP効果)によるプロペラ効率の向上が図られるシステム。ポッド推進器は電動機をポッドに内蔵するタイプでなく船内に配置する推進器で多種多様な内航船に適するように3型式のラインナップを取り揃えている。	●推進システムの二重化による冗長性の向上。 ●二重反転効果による通常航行時の推進効率の向上。 ●吊り舵タイプで、シュールピース不要で船体抵抗増加が小さい。 ●ストラットを通常舵と同様の設計を行うことで、ポッドプロペラ停止状態においても十分な舵効きが得られ、非常時における安全性が向上。操船方法は通常の舵を装備した船と同じで特別な習熟は不要。 ●コンパクトな設計とし360°全方位に旋回可能で操縦性能向上。港内等においてはスタンスラストとしての使用や、後進状態でも十分な操舵能力があり、船の機動性を飛躍的に向上。
	内航船舶用排熱回収スターリングエンジン発電システムの実用化(H22～23年度) 【(株)eスター】	船用ディーゼルエンジンから放出されている排ガスの熱エネルギーをスターリングエンジンによって電気エネルギーに変換する排熱回収装置。	●排気管中の長さ1m程度の直管部に設置し、300℃程度の排気ガスから3kW程度の発電が可能。船舶の運航時には常に排熱回収発電が行われ、給電される船内の100V系統に対して、8～10%程度の省エネ効果が見込まれる。 ●小型化、軽量化の課題を解決し、既存のディーゼルエンジンシステムを変更することなく、小型内航船舶に搭載可能。
	複合材料製プロペラの実用化(H26～27年度) 【ナカシマプロペラ(株)】	従来のアルミ青銅铸件(NAB)の回転軸(ボス)に、高強度・軽量かつ柔軟なカーボン繊維強化プラスチック(CFRP)製の翼(ブレード)を組み合わせたプロペラ。	●CFRPはNABIに比べプロペラ重量で約1/2、慣性モーメントは約1/4となり、軸系ねじり振動の低減。 ●CFRP製ブレードの変形を積極的に活かし、翼先端でのキャビテーション発生を抑制し、船尾変動圧の低減に繋がり、船体振動の低減。 ●軽量であるため軸径の大径をすること無く、プロペラの大直径化が可能となり高効率化により燃費削減。
	内航向け中速主機関用金属ばね防振装置の実用化(H27年度) 【ヤンマー(株)】	金属ばねを用いた内航船舶(中速機関)向け防振装置。 ゴム防振に比べ耐久性が高く、ばね定数を低く設定し、防振系の固有振動数を下げた。このことにより高い防振効果が得られること及びクリープ特性が無いため、メンテナンスに要する工数と費用が削減できる。なお、金属ばねの特性より機関発停時の振動が増加する傾向があるが、粘性ダンパーを最適化して併用することにより、静粛性を確保しつつ機関発停時振動を防振ゴム並みに低減する。	●メンテナンス工数短縮による就航率の向上。 ●就航後は防振装置の調整及び交換が不要であるため、メンテナンスコストを低減。 ●従来船に比べ、振動・騒音を低減できるため、船内環境改善により船員の業務効率向上。

3.1 技術支援業務

計画から就航後までの技術支援を実施



3.2 技術調査業務

内航海運事業者が求める省力化、省エネ、安全性向上、船内労働環境の改善等について、外部有識者、関係事業者等と連携して調査研究を行っています。また、技術調査の成果は、機構の技術ノウハウとして蓄積し、技術支援業務に活用するとともに、下記等の調査結果については、共有事業者に技術情報として提供しています。

省エネ機器・省力化機器ハンドブック

内航海運事業者等の方々が、船舶の新造時あるいは改造時において、省エネ対策の策定に必要となる省エネ機器・省力化機器の最新情報を幅広く収集し、ハンドブックの形で取りまとめたものです。ディーゼル機関・タービン関係、ディーゼル機関管理関係、ボイラ関係等、全15分野96機器を対象。詳細については、<http://www.jrtt.go.jp/02Business/Vessel/vessel-information.html>をご覧ください。

船型調査の成果である設計図書の提供

船型調査により得られた、海上労働条約に対応した船型(749GT型白油タンカー、449GT型ケミカルタンカー、2軸型SES)、2軸型SES船型(749GT型白油タンカー、749GT型セメント船、499GT型ケミカルタンカー)等についての設計図書について提供しております。詳細については、<http://www.jrtt.go.jp/02Business/Vessel/vessel-provide.html>をご覧ください。

小型高速旅客船省エネマニュアル

調査研究により得られたマニュアルで運航編、建造編、基本編の3つがあります。詳細については、<http://www.jrtt.go.jp/02Business/Vessel/vessel-manual.html>をご覧ください。

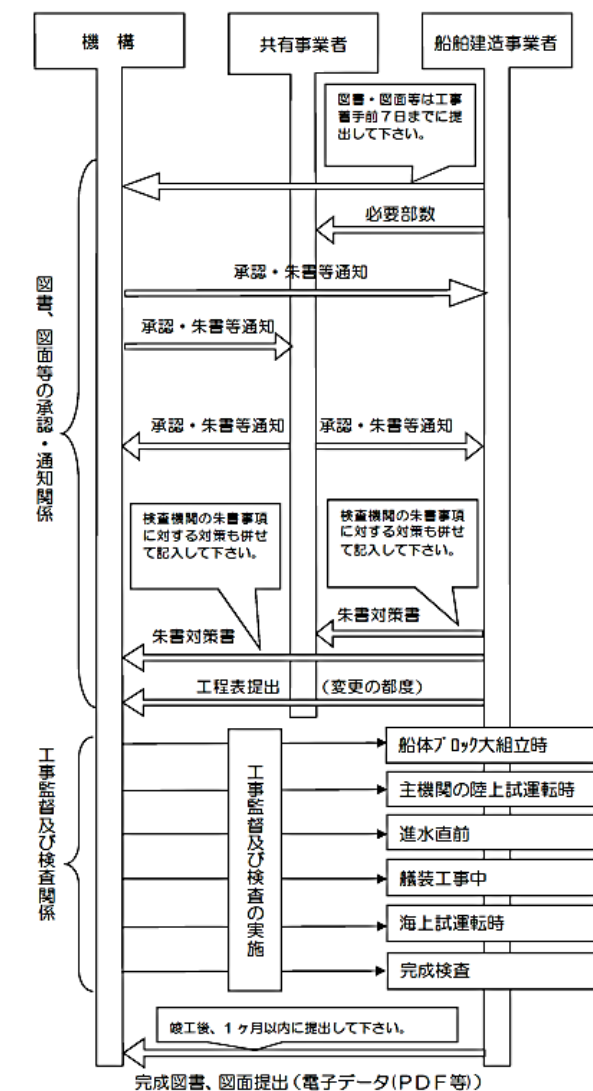
3.3 共有船舶の建造のための技術支援関係手続き(申込から竣工まで)

共有船舶の建造に当たって、技術支援関係の手続を円滑に実施するための手続きは以下の通りです。

なお、ご不明な点等がございましたら、技術支援課までお問い合わせ下さい。

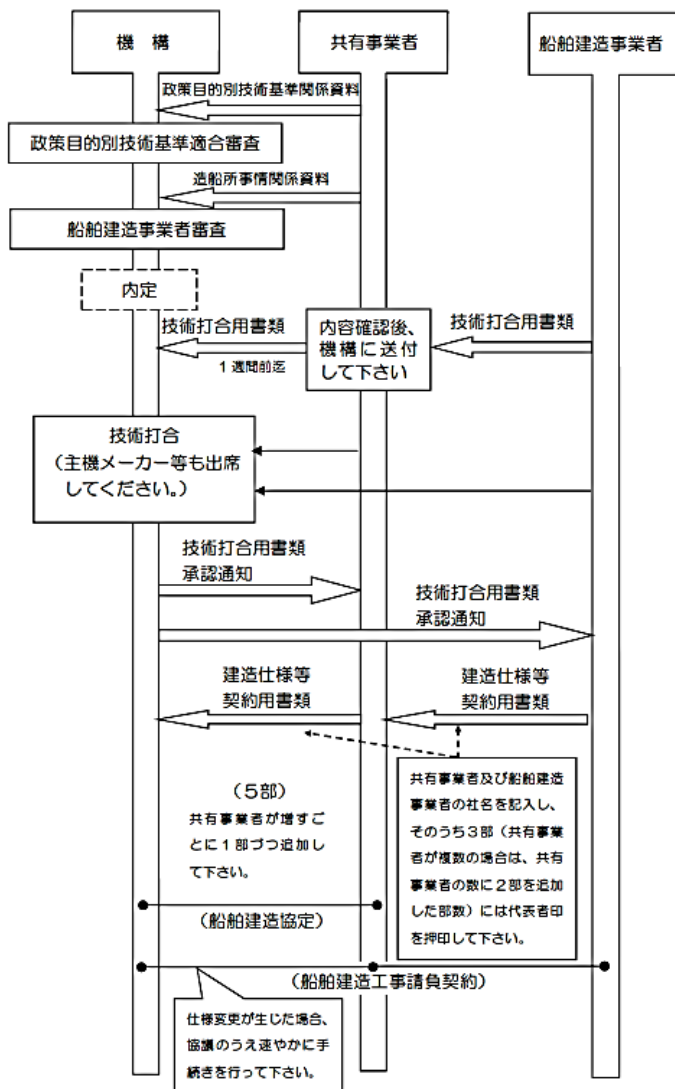
また、下記の手続は随意契約方式による契約をする場合について解説したものですので、他の方式による契約の場合の手続きについては、別途ご相談下さい。

図書、図面の承認及び監督・検査関係手続きフロー



(注) ⇨ は、書類の流れを示す。
→ は、人の流れを示す。

建造工事請負契約までの手続きフロー



(注) ⇨ は、書類の流れを示す。
→ は、人の流れを示す。

詳細については、下記ホームページよりご覧ください。

<http://www.jrtt.go.jp/02Business/Vessel/pdf/kyo-yutetuduki.pdf>

【表表紙】

船名：桜島丸

船主：鹿児島市船舶局

政策目的：スーパーエコシップ

【裏表紙】

船名：第二桜島丸

船主：鹿児島市船舶局

政策目的：スーパーエコシップ



技術支援に関するご相談

技術調査、実用化助成技術に
に関するご相談

共有船の建造に関するご相談

共有船舶建造支援部

TEL：045(222)9123

共有船舶建造支援部

TEL：045(222)9124

共有船舶建造支援部

TEL：045(222)9138

技術支援課

FAX：045(222)9150

開発支援課

FAX：045(222)9150

建造促進課

FAX：045(222)9150