

本調査は、独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構が株式会社MOTENA-Seaに委託して実施したものである。

内航船における水素燃料利用の 技術動向などに関する調査報告書



将来の代替燃料の候補の一つである水素燃料について、2021年12月に国土交通省が公表した「内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会とりまとめ」においては、2020年度の後半以降から外航船を中心に順次商用船に導入されることが想定されるが、一部の内航船においても同様に利用が可能であることから、内航船での利用も念頭に開発・実証を進めていくことが重要であるとされている。また、同とりまとめにおいては、我が国2050年のカーボンニュートラルに貢献するため、水素燃料船の実証・導入など、将来を見据えた内航海運への代替燃料の活用等に向けた先進的な取組の支援を行っていく必要があるとされている。

このため、特に貨物船を対象として、内航船における水素燃料利用の技術動向等に関する調査を実施することより、内航カーボンニュートラルの推進に資することを目的とする。

1. 水素燃料利用の技術動向の調査

(1) 船舶関連の国内動向

① 関係省庁の政策動向

② バンカリング施設等水素燃料の供給動向

(2) 国内で現に使える船舶関連の水素技術

① 国内における船舶関連水素技術

2. 貨物船での水素燃料利用コンセプトの検討

1. 水素燃料利用の技術動向調査

(1) 船舶関連の国内動向

①関係省庁の政策動向

省庁	名称	概要	海事分野の特記事項
内閣府	・水素基本戦略 (2023年6月6日更新) ：経産省資源エネルギー庁で取り纏め ・エネルギー基本計画 ・グリーン成長戦略	2050 年カーボンニュートラルを達成するため官民での共通認識として必要なビジョンを示しながら、課題認識と取組方針を明示するとともに、水素社会の早期実現に向けた国家の意志を表すもの。	次世代船舶の技術開発支援 (上限 350 億円)
経済産業省 資源エネルギー庁	2023年実施会議 ・第8回水素政策小委員会 ・第32回水素・燃料電池戦略協議会	水素製造・供給インフラの整備や水素エネルギーの利活用推進。	水素・燃料電池戦略協議会
国土交通省	・内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会	水素搬送・供給インフラの整備や水素エネルギーの交通利用を促進。	国交省・内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会
環境省	・注目国内外動向 ・アプリケーション別研究開発進捗一覧	水素エネルギーの持続可能性や環境への影響について調査研究を実施。	ゼロエミッション船等の建造促進事業（国交省連携事業）

① 関係省庁の政策動向

(国交省海事局：内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会)

内航海運においては、関係省庁と連携し、省エネ技術の開発・普及を進めるとともに、(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構の船舶共有建造制度や、船舶の特別償却制度等により省エネ船舶の普及を図っていた。今般、第203回国会(臨時国会)冒頭の菅内閣総理大臣の所信表明演説において、2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことが宣言され、海運を含めた様々な分野において、省エネ・脱炭素化の取り組みを加速する必要性が高まっている。このため、内航海運分野について、「内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会」を設置し、内航海運におけるカーボンニュートラルの推進に向けた検討を進める。

2050年カーボンニュートラルに向けた動き



■ 内閣総理大臣所信表明演説(令和2年10月26日)

2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち**2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す**。

■ 内閣総理大臣施政方針演説(令和3年1月18日)

2050年カーボンニュートラルを宣言しました。もはや環境対策は経済の制約ではなく、社会経済を大きく変革し、投資を促し、生産性を向上させ、産業構造の大転換と力強い成長を生み出す、その鍵となるもの。

COP26までに、意欲的な2030年目標を表明し、各国との連携を深めながら、世界の脱炭素化を前進させます。

《関連計画等の見直し》

■ 地球温暖化対策計画の見直し

- ・中期：2030年度に2013年度比26%減
- ・長期：2050年までに80%減
- ★2021.11のCOP26に向け改定予定

■ エネルギー基本計画の見直し

- ・2030年エネルギーミックスの実現
火力全体56%(77%)、原子力22~20%(6%)、
再エネ22~24%(17%) ※(2018年度)
- ★地球温暖化対策計画と併せ改定予定

■ パリ協定長期成長戦略の見直し

- ・ビジネス主導の非連続なイノベーションを通じた「環境と成長の好循環」の実現
- ★2050年カーボンニュートラルに伴い見直し検討

○ 総理閣僚懇話会(R3.3.9)

- ・小泉大臣を「気候変動担当」とし、一連の国際会議に政府一体となって対応
- 意欲的な2030年目標の検討を加速
- グリーン社会実現に向け、有識者会議を設置
- 地球温暖化対策推進本部の下に設置

《グリーン成長戦略》

■ 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(R2.12.25)

★経産省を中心に、革新的イノベーションに関わる重要分野について実行計画を策定(昨年末の成長戦略会議に報告)

・「経済と環境の好循環」を作っていく産業政策＝グリーン成長戦略

- ・今後の産業として成長が期待され、2050年カーボンニュートラルを目指す上で取組が不可欠な14の重要分野において、目標、研究開発・実証、制度整備等を盛り込んだ「実行計画」を策定(うち、国交省関連分野は12分野)
- ・高い目標にコミットする企業による長期にわたる技術の開発・実証を2兆円の基金で支援

○ 今後の予定

- ・縦割りを打破し、官民の取組が継続して進むような形で更なる深掘り(4月中を目途に各省の深掘り方針を整理)
- ・与党とも調整を図り、本年夏の成長戦略に反映

《地域脱炭素ロードマップ》

■ 国・地方脱炭素実現会議の設置(R2.12.25)

★議長：官房長官、副議長：環境大臣、総務大臣(第1回会議：令和2年12月)

★環境省を中心に、国・地方が協働する地域脱炭素ロードマップを本年夏に策定予定

- ・5年の集中期間に政策を総動員(①適用可能な最新技術でできる重点対策を全国で実施、②先行モデルケースづくり)

(参考)ゼロカーボンシティの拡大

- ・東京都、京都市、横浜市を始めとする329自治体が「2050年までにCO₂排出実質ゼロ」を表明(R3.3.18時点)

○ 今後の予定

- ・環境大臣を中心に関係団体ヒアリングを実施(2~3月)
- ・本年夏のとりまとめに向け、
第2回会議：4月中旬
第3回会議：6月

出典：国交省海事局資料 カarbonニュートラルに向けた今年度の主な動き 内航海運における更なるCO₂排出削減方策
国交省・内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会 第1回検討会資料(令和3年4月12日(月)実施)
<https://www.mlit.go.jp/maritime/content/001402855.pdf>

① 関係省庁の政策動向

(国交省海事局：内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会)

我が国の目標と各国目標

- **中期目標**：温室効果ガスの排出量を2030年度までに26%削減（2013年度比）
（位置づけ）技術制約、コスト等を考慮し、裏付けある対策・施策の積み上げによる実行可能な目標
- **長期目標**：温室効果ガスの排出量を2050年までに80%削減（基準年なし）
脱炭素社会を今世紀後半のできる限り早期、2050年にできるだけ近い時期に実現
（位置づけ）将来ビジョン。政策の方向性を示し、将来の予見可能性を高め、投資を拡大するための目標
→本年10月26日、臨時国会における菅総理の所信表明演説において、2050年カーボンニュートラルを宣言

各国比較		
	中期目標	長期目標
EU	2030年少なくとも▲55%（1990年比） ※欧州理事会（12月10・11日）合意 ※2013年比▲44%相当	<u>2050年カーボンニュートラル</u> ※複数の前提を置いた8つのシナリオを分析
英国	2030年までに少なくとも▲68%（1990年比） ※2013年比▲55.2%相当	<u>2050年少なくとも▲100%（1990年比）</u> ※一定の前提を置いた3つのシナリオを提示
米国	パリ協定離脱 → バイデン次期大統領は2050年までの <u>GHG排出ネットゼロ</u> を表明	
中国	2030年までに排出量を削減に転じさせる、 GDPあたりCO ₂ 排出量を2005年比65%超削減 （前者は今年の国連総会、後者は気候野心サミット 2020で習主席が表明）	<u>2060年カーボンニュートラル</u> （今年の国連総会で習主席が表明）

2050年カーボンニュートラルを宣言した国の同盟（Climate Ambition Alliance）に日本を含めて121カ国とEUが加盟
他、数カ国が2050年カーボンニュートラルを宣言している

出典：国交省海事局資料 カarbonニュートラルに向けた今年度の主な動き 内航海運における更なるCO₂排出削減方策
国交省・内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会 第1回検討会資料（令和3年4月12日（月）実施）
<https://www.mlit.go.jp/maritime/content/001402855.pdf>

① 関係省庁の政策動向

(国交省海事局：内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会)

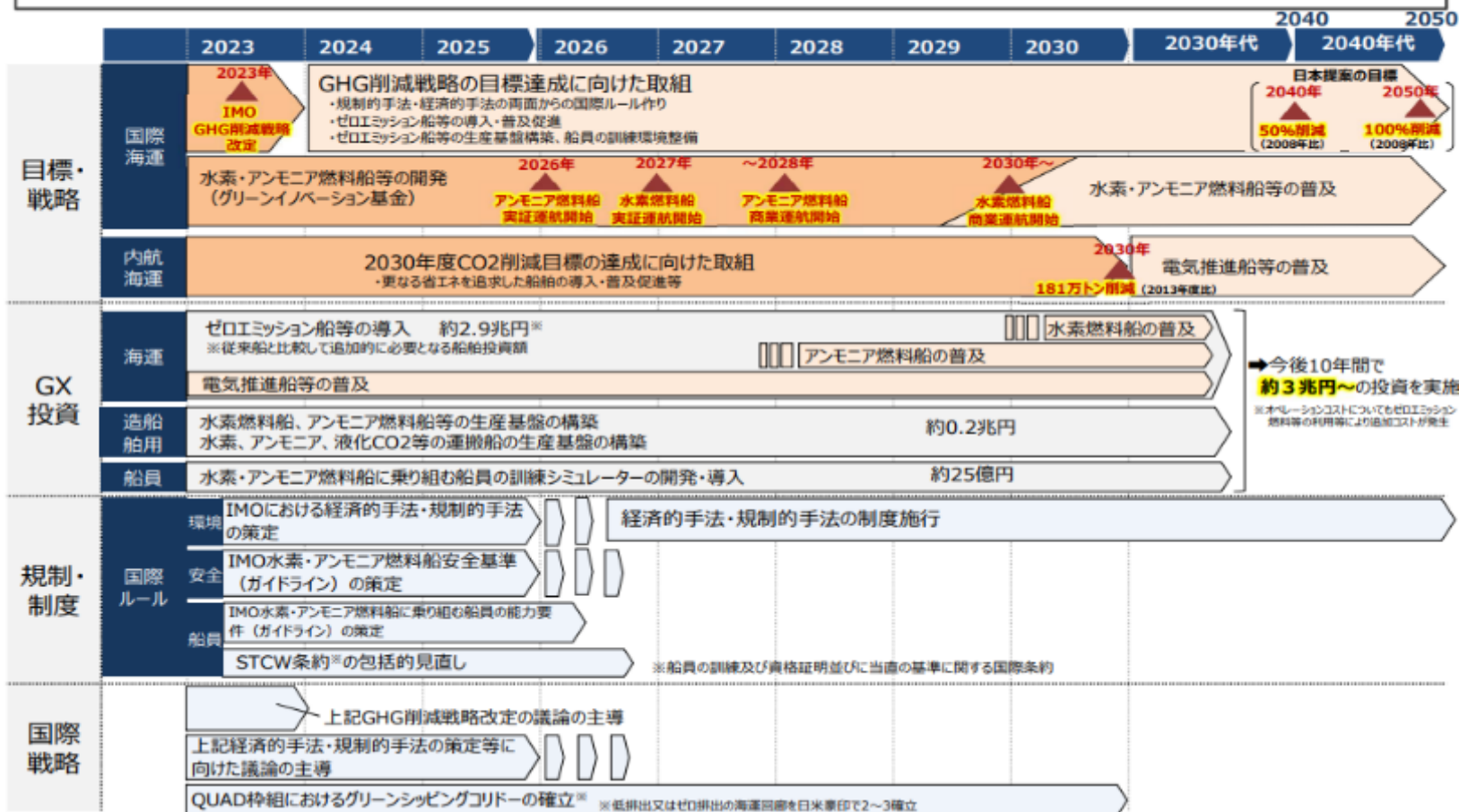


鉄道・運輸機構

JRTT



- 国際海運2050年カーボンニュートラル及び地球温暖化対策計画の目標達成等に向けて、今後10年で、ゼロエミッション船等の導入や国際ルール作りを主導するなど規制・制度の整備を進めることにより、海事産業の国際競争力強化を推進する。



出典：国交省 海事局 カーボンニュートラルに向けた今年度の主な動き

国交省・内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会 第6回検討会資料（令和5年1月24日（火）実施）

<https://www.mlit.go.jp/maritime/content/001402855.pdf>

① 関係省庁の政策動向

(国交省海事局：内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会)

カーボンニュートラルに関する今年度のその他トピック

省エネ法改正(令和4年5月20日公布)

- 脱炭素社会の実現に向け、供給サイドの脱炭素化を踏まえた需要サイドの電化・水素化等による非化石エネルギーへの転換等を図るため、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」(省エネ法)等を改正。
 - ✓ 主な海運関連の改正内容
 - 特定輸送事業者は、国が提示する非化石エネルギーへの転換に関する「判断基準」に定める非化石エネルギーへの転換の目標に関し、定期に、中長期計画書を作成し、国土交通大臣に提出。

港湾法改正(令和4年11月18日公布)

- エネルギー・産業構造の円滑な転換に必要な港湾における脱炭素化の取組を官民連携により推進するための仕組みの整備等を講ずるため「港湾法」を改正。
 - ✓ 主な海運関連の改正内容
 - 港湾法の適用を受ける港湾施設に、船舶に水素・燃料アンモニア等の動力源を補給するための施設を追加し、海運分野の脱炭素化を後押し。

合成燃料(e-fuel)の導入促進に向けた官民協議会(第1回:令和4年9月16日)

- 合成燃料の商用化に向けて、技術面・価格面の課題、国内外への発信、サプライチェーンの構築、CO2削減効果を評価する仕組みの整備等の課題に対応するための議論を加速させるため官民協議会を設立。
 - 商用化推進WGで、需給予測や船舶を含むモビリティ分野を中心とした合成燃料の商用化に向けたロードマップの策定の検討等を実施し、環境整備WGで、CO2削減効果を評価する仕組みの整備の検討等を実施

出典：国交省 海事局 カーボンニュートラルに向けた今年度の主な動き

国交省・内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会 第6回検討会資料（令和5年1月24日（火）実施）

<https://www.mlit.go.jp/maritime/content/001402855.pdf>

① 関係省庁の政策動向

(国交省：運輸分野における水素・燃料電池等の利活用の拡大を目指した技術検討会)

国土交通省では、運輸分野における水素・燃料電池等の更なる利活用の拡大、利便性の向上等を目指して、官民が情報を把握・共有し、技術的課題を整理していくとともに、具体的な解決策等を検討するための官民プラットフォームとして、「運輸分野における水素・燃料電池等の利活用の拡大を目指した技術検討会」を立ち上げた。

運輸分野における水素関連の主な政府計画



■ エネルギー基本計画(R3.10.22閣議決定)

カーボンニュートラル時代を見据え、水素を新たな資源として位置付け、社会実装を加速させる方向性を提示。

■ 国土交通グリーンチャレンジ(R3.7.6 国土交通省とりまとめ)

2050年の長期を見据えつつ、2030年度までの10年間に重点的に取り組む分野横断・官民連携のプロジェクト、政策パッケージをとりまとめ、戦略的に実施する方向性を提示。

《エネルギー基本計画(抜粋)》

4. 2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応

(4)産業・業務・家庭・運輸部門に求められる取組

③運輸部門における対応

・運輸部門の脱炭素化に向けては、自動車の生産、利用、廃棄を通じたCO2排出削減、物流分野におけるエネルギー効率向上、燃料そのものの脱炭素化に向けた取組を通じて、カーボンニュートラルを目指す。

・商用車や港湾を出入する大型車両、船舶等その他輸送分野における水素・アンモニア利用に向け、技術開発や実証に取り組む。

・空港施設・空港車両のCO2排出削減等の取組を推進

・倉庫や港湾ターミナル等における省エネルギー化・省人化機器や再生可能エネルギー設備、燃料電池等の導入により、物流施設のゼロエネルギー化を促進

5. 2050年を見据えた2030年に向けた政策対応

(1)現時点での技術を前提としたそれぞれのエネルギー源の位置付け

④水素・アンモニア

・水素は、電力分野の脱炭素化を可能とするだけでなく、運輸部門や電化が困難な産業部門等の脱炭素化も可能とする、カーボンニュートラルに必要な不可欠な二次エネルギーである。

・水素は、熱や電気の供給源となるだけでなく、アンモニアや合成燃料の製造にも利用されており、需要先の特性に応じて、産業・業務・家庭・運輸・電力部門において、エネルギーを供給することが可能であることから、カーボンニュートラル時代において中心的な役割が期待される。

《国土交通グリーンチャレンジ(抜粋)》

2. 国土交通グリーンチャレンジにおいて分野横断・官民連携により取り組む重点プロジェクト

(3)自動車の電動化に対応した交通・物流・インフラシステムの構築

・事業用のバス・トラック・タクシー等への次世代自動車(FCVを含む)の普及促進

・長距離輸送における燃料電池トラックの開発・普及など、電動車活用の取り組みを推進

(4)デジタルとグリーンによる持続可能な交通・物流サービスの展開

・船舶・鉄道・航空の分野においては、化石燃料からカーボンフリーな代替燃料への転換を加速するなど、次世代グリーン輸送機関の開発・普及促進を図る

・船舶の低・脱炭素化に向けて、革新的省エネ技術等(水素燃料電池船を含む)を活用した船舶の技術開発・実証・導入促進を推進

・水素を燃料とする燃料電池鉄道車両の開発を推進するとともに、その社会実装に向け、営業路線での実証試験等を踏まえた関連基準の見直しや、駅周辺における、鉄道のみならず乗用車・バス・トラック等も利用可能な総合水素ステーションの設置など、必要な環境整備について検討

(5)港湾・海事分野におけるカーボンニュートラルの実現、グリーン化の推進

・カーボンニュートラルポート(CNP)形成の推進、荷役機械や港湾に出入りする大型車両等の燃料電池化の促進

・2050年には船舶分野における水素・燃料アンモニア等の代替燃料への転換を目指す等々

出典：国交省 第1回 運輸分野における水素・燃料電池等の利活用の拡大を目指した技術検討会
(2021年10月29日実施)

<https://www.mlit.go.jp/maritime/content/001402855.pdf>

②バンカリング施設等水素燃料の供給動向

代替燃料バンカリング施設整備に関する調査結果 代替燃料船とバンカリングの現状



■LNG

- ・国内で大型LNG燃料船が就航済み。
- ・伊勢湾・三河湾で国内第1船(かぐや)がバンカリング事業開始(2020年)大型自動車運搬船等に供給。
- ・東京湾で国内第2船(エコバンカー東京ベイ)による事業開始予定(2022年)。
- ・瀬戸内、九州での検討本格化。



「かぐや」から「SAKURA LEADER」へのバンカリング
Central LNGウェブサイト



「エコバンカー東京ベイ」
エコバンカー SHIPPING

■アンモニア

- ・2020年代後半の代替燃料船の実証・実船投入に向けた開発が世界的に進展
- ・わが国における官民協議会の発足。
2028年までにアンモニア燃料船の商用化を目指す計画。
- ・アンモニアの海上輸送実績あり

■水素

- ・海上輸送の実証実験(すいそふろんていあ)、船用内燃機関の技術開発等研究開発段階



アンモニア燃料バルクキャリア
(コンセプト)



液化水素運搬船イメージ)
(Hystra)

出典：一般財団法人 運輸総合研究所

https://www.jttri.or.jp/research/shipping/bunkering_outline.pdf

② バンカリング施設等水素燃料の供給動向

代替燃料バンカリング施設整備に関する考察・提言

アンモニア、水素バンカリングの課題分析①



○LNGとアンモニア、水素の類似点、相違点

- ・ 事業構造、収支構造の類似。今後の供給拠点整備の必要性や熱量体積比・タンク容量の相違等

○課題の整理

LNGに係る事業採算性分析結果をベースとし、上記の類似点、相違点を踏まえ、課題を整理。

■ 事業採算性確保について・・・LNGと比べ、需要規模が小さくなる可能性

- ・ アンモニア・水素について、特にロードマップにLNG・カーボンリサイクルメタン移行シナリオで推移した場合、LNGと比べ需要規模が小さくなり、採算性確保がより厳しくなる可能性。
- ・ LNGバンカリングと同様に、事業採算性確保に向けては、安定的な需要の確保、船舶管理費や建造費等のコストの抑制、適切な販売価格の設定による競争力の確保等が重要なファクター。

■ 安定的なバンカリング需要の確保・・・新たな供給拠点整備による費用負担増の可能性も考慮

- ・ 代替燃料転換の着実な推進が、バンカリング事業の採算性確保の観点からも重要。今後、さらなるインセンティブ措置等の政策的支援の必要性の検討が望まれる。
- ・ 年間バンカリング回数の上限值を引き上げ、より多くの需要を取り込むための効率的なオペレーションの検討の必要性。

■ 適切な燃料販売価格の設定と競争力確保

- ・ 事業の競争力確保のため、適切な燃料販売価格の設定が重要。
- ・ 販売価格の抑制のため、船舶建造や陸上供給施設の整備・運用に対する政策的支援が有効。
- ・ LNGとは異なり、国内における新たな供給拠点整備が必要。事業採算性を高める観点から、供給事業サイドとの役割分担や陸上供給施設関連分の費用負担の適正化の観点が重要。船舶燃料以外の需要も含めた総合的な供給拠点整備を前提としてバンカリングに関わる追加設備分の費用負担を考える、といった観点も重要。

出典：一般財団法人 運輸総合研究所

https://www.jttri.or.jp/research/shipping/bunkering_outline.pdf

②バンカリング施設等水素燃料の供給動向

代替燃料バンカリング施設整備に関する考察・提言 アンモニア、水素バンカリングの課題分析②



- **コストの抑制に関わる取組**・・・特殊設備や安全なハンドリング等のため建造費や船舶管理費の高額化の可能性。コスト削減に資する技術開発、オペレーションの効率化や運用・管理等に対する政策的支援の検討の必要性

○船舶管理費

- ・ アンモニアや水素についても、バンカリングのための固有設備に係る修繕費・舶用品費等が通常の船舶より高額となることが示唆される。
- ・ 岸壁等に係留中の船舶へのバンカリングにおける操船の安全性確保や、燃料の安全なハンドリング等に係るオペレーションの必要性。そのための高度な技術を有する船員の確保等が船舶管理費を押し上げる要因となる可能性。
- ・ 新たな船舶燃料の安全な取扱いや貯蔵等も含めた、現時点の実証あるいは技術開発段階。安全確保に向けた取組とともに、今後のオペレーションにおける船舶管理費の抑制方策の検討の必要性。
- ・ 船舶管理費の低減の観点から、設備やオペレーション等に関する検討に加え、運用に係る政策的支援の検討も重要。

○建造費

- ・ アンモニアバンカー船に必要とされる安全な燃料バンカーの移送設備、また、液化水素バンカー船に係るLNGより高度な断熱技術(真空二重構造のタンクや配管等)の採用等から、同規模のLNGバンカー船よりもこれらの建造費が高額となる可能性。
- ・ アンモニアや水素のバンカリング事業の採算性確保の観点からも、今後の技術的検討等を踏まえた建造費の抑制方策の検討が望まれる。
- ・ 今後のアンモニア・水素の需要の見通しや、建造費が高額となる可能性を踏まえれば、バンカー船の建造費補助の施策は、一層重要なものとなることが考えられる。

出典：一般財団法人 運輸総合研究所

https://www.jttri.or.jp/research/shipping/bunkering_outline.pdf

1. 水素燃料利用の技術動向調査

(2)国内で現に使える船舶関連の水素技術

①国内における船舶関連水素技術

次世代船舶の開発（国費負担額：上限350億円）

- 我が国造船・海運業の国際競争力の強化及び海上輸送のカーボンニュートラル実現に向け、**次世代船舶（水素・アンモニア・LNG等のガス燃料船）の技術開発**を加速することが必要。
- 将来のゼロエミッション船の燃料としては、**水素・アンモニア・カーボンリサイクルメタンが候補**となるが、**長期的にどれが主要な燃料となるか**は、燃料価格や供給インフラの整備状況等に依存するため、**現時点での見極めは困難**。
- 次世代船舶の開発に係る技術力及び国際競争力獲得のため、それぞれの船舶の**コア技術となるエンジン、燃料タンク・燃料供給システム等の開発・実証**を行うとともに、アンモニアバンカリング船開発を含む**船用アンモニア燃料供給体制の構築**を実現する。

水素・アンモニア燃料エンジン

陸上も含め実用化されていない技術

水素：燃えやすすぎる

- ・最小着火エネルギーが小さい
- ・最高燃焼速度が大きい

アンモニア：燃えにくい

- ・難燃性
- ・温室効果の高い N_2O が発生



高度な燃焼制御・燃料噴射技術が必要



LNG燃料噴射技術

出典：JH原動機

燃料タンク・燃料供給システム

	水素	アンモニア
体積	4.5 倍	2.7 倍
沸点	極低温 (-253℃)	低温 (-33℃)
課題	漏洩、脆性	腐食性、毒性

※体積は従来燃料（C重油）との比較

省スペース化、構造最適化、材料最適化が必要



現在のLNG燃料タンク、燃料供給システム



出典：三菱重工業

メタンスリップ対策

- ・LNG燃料船の排気ガスに含まれる未燃メタン低減技術（削減率60%以上）の確立

触媒方式

排気ガス中のメタンを触媒で吸着

エンジン改良方式

燃焼制御でメタン排出抑制
(効率低下、NOx排出増とトレードオフ)

船用アンモニア燃料供給体制

- ・アンモニア燃料船の荷役作業中における円滑な燃料供給に必要なバンカリング船の開発により、アンモニア燃料船普及の加速を期待



LNGバンカリングの様子

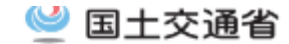
出典：Central LNG

出典：経済産業省 グリーンイノベーション基金 ①次世代船舶の開発

https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/gifund/pdf/gif_17_summary.pdf

①国内における船舶関連水素技術

国産エンジンによるゼロエミッション船の開発・実証



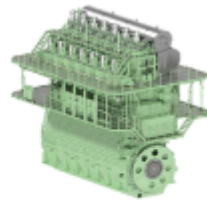
グリーンイノベーション基金(次世代船舶の開発)：350億円(10年間)

- **水素・アンモニア等を燃料とするゼロエミッション船のコア技術となるエンジン、燃料タンク・燃料供給システム等の開発・実証**(※1)を実施
- **メタンスリップ**(※2)を削減する触媒、エンジンシステムの開発・実証を実施

(※1) アンモニア燃料船：2026年より実証運航開始、2028年までのできるだけ早期に商業運航実現
水素燃料船：2027年より実証運航開始、2030年以降に商業運航実現

(※2) メタンスリップ：燃料であるメタンの一部が未燃の状態で大気中に排気されること。

水素・アンモニア燃料エンジン



水素エンジンのイメージ

課題

- 水素**
- ・異常燃焼(ノッキング)の発生
- アンモニア**
- ・亜酸化窒素(N_2O)※の発生
- ※ CO_2 の300倍の温室効果

→ 高度な燃焼制御・燃料噴射技術



ゼロエミッション船
(水素・アンモニア、イメージ)



燃料タンク・燃料供給システム



水素燃料タンク、燃料供給システムのイメージ

課題

- 水素**
- ・体積が重油の4.5倍
⇒貨物積載量の減少
 - ・金属劣化・水素漏洩の発生
- アンモニア**
- ・毒性・腐食性あり

→ 省スペース化、構造・材料最適化

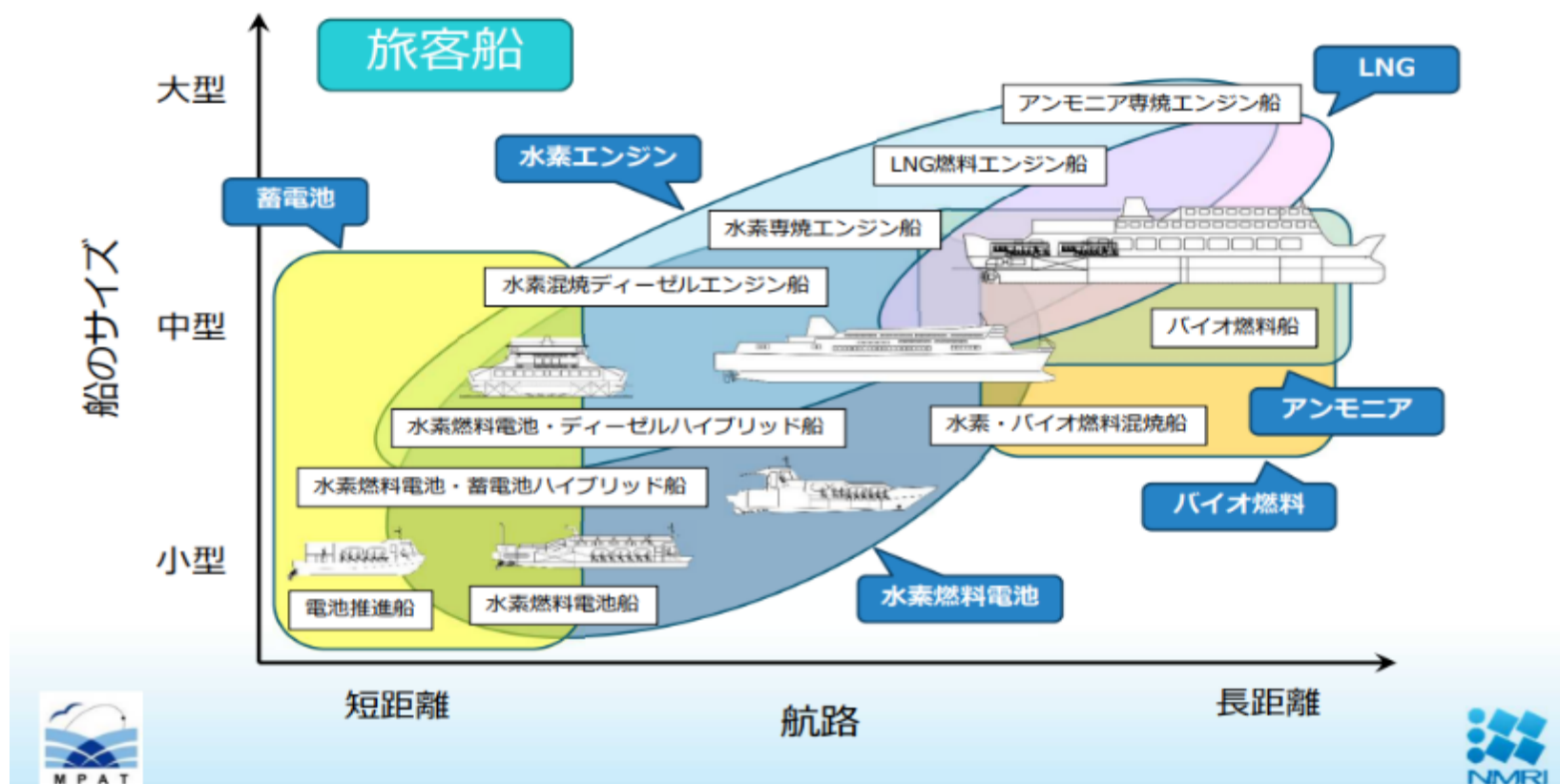
出典：第22回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 産業構造転換分野ワーキンググループ
(2024年1月25日実施)

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/industrial_restructuring/pdf/022_04_00.pdf

①国内における船舶関連水素技術

内航船舶のCN技術適用マップの検討

- 短距離航路の旅客船においては、蓄電池や水素を使用しやすく、静粛性に優れた燃料電池の利用が期待できる。



出典：国交省

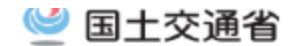
国交省・内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会 第2回検討会資料（令和3年5月25日（火）実施）

資料1－3（国研）海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所提出資料

[001406937.pdf \(mlit.go.jp\)](https://www.mlit.go.jp/001406937.pdf)

①国内における船舶関連水素技術 開発動向（船舶）

内航貨物船の新造代替のCN実現イメージ（燃料転換）



水素燃料

□ 水素燃料電池

- 小型の内航旅客船やプレジャーボートを対象として、開発・実証が活発に進められている。
- 水素燃料電池は、出力や燃料タンク容量の制約から短距離・小型船での利用に適したシステムであり、かつ、低振動・低騒音であることから、旅客船への活用が期待される。
- 完全な船上ゼロエミッション化が可能。



□ 水素エンジン

- 水素燃料電池と比較して、スケールメリットがあるため高出力化は容易であるが、燃料タンク容量の制約から、短距離・小型船での利用に適したシステムである。
- 油混焼とすることで、航続距離を延ばすことが可能で、中距離・中型船への適用も期待される。



■ 水素燃料貯蔵方式

- 圧縮水素…FCVを中心に陸上で普及している関連技術やインフラの転用が可能で、また、常温で貯蔵可能であることから比較的導入が容易。
- 液化水素…極低温対策が必要になるが、圧縮水素と比較して、体積エネルギー密度が高い。



出典：国交省海事局資料 カーボンニュートラルに向けた今年度の主な動き 内航海運における更なるCO2排出削減方策
国交省・内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会 第1回検討会資料（令和3年4月12日（月）実施）

<https://www.mlit.go.jp/maritime/content/001402855.pdf>

①国内における船舶関連水素技術

内航貨物船の新造代替のCN実現イメージ(燃料転換)

国土交通省

□ 各燃料転換手法における航続距離別適用イメージ

	内航船 想定航続距離 200 mile (例：東京-苫小牧)	外航 短距離 想定航続距離 1,000 mile (例：日本-中国)	外航 中距離 想定航続距離 3,000 mile (例：日本-シンガポール)	外航 長距離 想定航続距離 5,000mile (例：日本-LA/LB)
バッテリー推進船	ボット推進等を想定。 200 mile 程度は可能。	電池のエネルギー密度が低いため困難。		
水素燃料船 (液化水素、直接燃焼)	燃料供給装置の技術開発が必要。 国内で内燃機関の技術開発機運あり。 短い航続距離であれば可能。		貯蔵時のスペース効率が課題。	
水素燃料船 (液化、燃料電池)	気化器の技術開発が必要。 燃料電池単独では、負荷追従性および始動性に劣る。 小容量バッテリーとの組合せの可能性。 大型船の場合、大出力モーターの開発が必要。			
水素燃料船 (水素キャリア、直接燃焼及び燃料電池)	水素燃料船の「液化、直接燃焼」及び「液化、燃料電池」に準じる。 分離機の技術開発は難易度高い。 分離機のスペースも必要（敢えてキャリアを使用する必要性は低い）。 大型船の燃料電池の場合、大出力モーターの開発が必要。			
アンモニア燃料船 (直接燃焼)	燃焼性の課題。 N2Oの実態把握（及び削減対策）が必要。		海外ライセンスにおいて2サイクル機関の技術開発機運あり。	
アンモニア燃料船 (燃料電池)	直接燃焼に比べ開発が未成熟。			
カーボンサイクルメタン燃料船	LNG 燃料船の技術を転用可能。 当該燃料がカーボンニュートラルであるとの評価が与えられることが前提。 メタンスリップ対策が必要。			※ 1 本表には、燃料の供給可能性・供給規模に関する考察は含まれない。 ※ 2 水素・アンモニアを燃料に使用する場合、安全上の措置や船員教育が必要となる。 ※ 3 キャリアとは、水素を輸送・貯蔵する担体。 ここでは、液体水素とアンモニアを除いた、水素吸蔵合金や有機ハイドライド等を想定。
船上CO2回収	CO2の貯蔵スペース効率（小型船は特に困難）。 回収率向上。 陸上CO2 受入れ施設整備が必要。	CO2の貯蔵スペース効率。 回収率向上。 陸上CO2受入れ施設整備が必要。		

出典：国交省海事局資料 カarbonニュートラルに向けた今年度の主な動き 内航海運における更なるCO2排出削減方策
国交省・内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会 第1回検討会資料（令和3年4月12日（月）実施）

<https://www.mlit.go.jp/maritime/content/001402855.pdf>

①国内における船舶関連水素技術

ゼロエミッション船等の建造促進事業（国土交通省連携事業）



【令和6年度予算（案）9,400百万円（新規）】

※5年間で総額60,000百万円の国庫債務負担



ゼロエミッション船等の建造に必要な生産設備の整備を支援し、その普及を促進します。

1. 事業目的

- 我が国の運輸部門からのCO2排出量のうち、船舶は自動車に次いで大きな割合(5.5%)を占め、2050年のカーボンニュートラル実現に向けては、水素・アンモニア燃料等を使用するゼロエミッション船等の普及が必要不可欠。ゼロエミッション船等の供給基盤構築を行うことにより、それらの船舶の市場導入の促進によるCO2の排出削減を進めるとともに、我が国船舶産業の国際競争力強化を図る。
- 本事業ではゼロエミッション船等の建造に必要なエンジン、燃料タンク、燃料供給システム等の生産基盤の構築・増強及びそれらの設備を搭載（艦装）するための設備整備のための投資等を支援し、ゼロエミッション船等の供給体制の整備を図る。

2. 事業内容

今後、新燃料船への代替建造が急速に進むと見込まれることを踏まえ、ゼロエミッション船等の供給基盤確保を推進するため、以下の補助を行う。

- ゼロエミッション船等の建造に必要なエンジン、燃料タンク、燃料供給システム等の生産設備の整備・増強
- 上記船用機器等を船舶に搭載（艦装）するための設備等の整備・増強

本事業を通じ、海運分野における脱炭素化促進に資するとともに、ゼロエミッション船等の建造需要を取り込むことにより、我が国船舶産業の国際競争力強化を図る。

3. 事業スキーム

- 事業形態 間接補助事業（補助率：1/2、1/3）
- 補助対象 民間事業者・団体
- 実施期間 令和6年度～

出典：環境省（国交省連携事業）

ゼロエミッション船等の建造促進事業

<https://www.env.go.jp/content/000181429.pdf>

4. 事業イメージ

船用事業者に対しゼロエミッション船等の重要船用機器の生産設備の導入を支援



造船事業者に対しゼロエミッション船等のエンジン、燃料タンク、燃料供給システム等の搭載に必要なクレーン等の艦装設備等の導入を支援

①国内における船舶関連水素技術

水素エンジン/水素燃料電池/水素燃料タンク

会社	種類	概要
(株) MOTENA-Sea	船舶 (HANARIA)	水素燃料ハイブリッド船
ジャパンハイドロ(株)	船舶 (Hydro BINGO)	水素燃料船(水素エンジン)
岩谷産業(株)	船舶	水素燃料ハイブリッド船
(株)商船三井、川崎重工(株)	船舶	水素燃料多目的船
ヤンマーホールディングス(株)	エンジン	水素燃料船電池システム
トヨタ自動車(株)	タンク	高圧水素燃料タンク
		液化水素燃料タンク
豊田合成(株)	タンク	高圧水素燃料タンク
川崎重工(株)	タンク	液化水素燃料タンク
岩谷産業(株)	タンク	陸上置方液化水素タンク

①国内における船舶関連水素技術

舶用水素エンジン及びMHFSの開発

MHFS: Marine Hydrogen Fuel System 舶用水素燃料タンクおよび燃料供給システム

事業の目的・概要

- ① 船舶から排出される温室効果ガスを削減するために、**コンソーシアム3社が出力範囲と用途の異なる舶用水素エンジンを並行して開発**する。開発したエンジンにより実船実証運航を行い、機能および信頼性を確認し、社会実装につなげる。
- ② **舶用水素燃料タンクおよび燃料供給システムを開発**する。陸上試験を経て、補機用の中高速4ストロークエンジン、推進用の低速2ストロークエンジンの実証運航に適用し、機能および信頼性を確認し、社会実装につなげる。

実施体制

※太字: 幹事企業

- ① **川崎重工業株式会社**、ヤンマーパワーテクノロジー株式会社、株式会社ジャパンエンジンコーポレーション
- ② **川崎重工業株式会社**

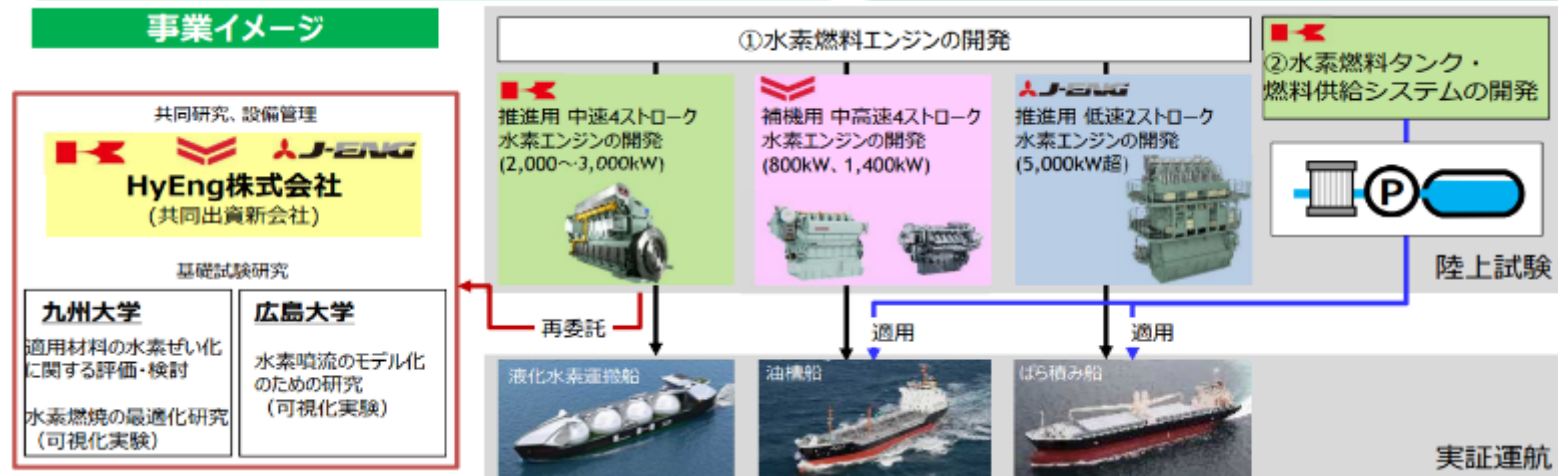
事業期間

- ①、② 2021年度～2030年度(10年間)

事業規模等

- 事業規模 (①+②) : 約219億円
- 支援規模 (①+②) * : 約210億円
*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートでの事業進捗などに応じて変更の可能性あり。
- 補助率など
① : 9/10 → 2/3、② : 9/10 → 2/3 (インセンティブ率は10%)

事業イメージ



出典: 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (別紙2) 事業概要資料
<https://www.nedo.go.jp/content/100938630.pdf>

2. 貨物船での水素燃料利用のコンセプトの検討

試算前提条件

貨物船での水素燃料利用のコンセプトとして、499GT級の貨物船を対象に、既存技術の採用により現時点で実健可能な下表のユースケースにより、ケースごとの航続可能距離とタンク容量を試算する。

表. 推進・電源システムのユースケース (試算条件)

Case	推進システム	電源システム(船内発電機)	水素燃料
推進Case1	水素エンジン	水素発電機	高圧
	水素エンジン	水素燃料電池 + Lib	高圧
	水素エンジン	通常発電機	高圧
推進Case2	推進電動機	水素発電機	高圧
	推進電動機	水素燃料電池 + Lib	高圧
	推進電動機	ディーゼル発電機	高圧
推進Case3	ディーゼルエンジン	水素発電機	高圧
	ディーゼルエンジン	水素燃料電池 + Lib	高圧
※基準ケース	ディーゼルエンジン	ディーゼル発電機	-

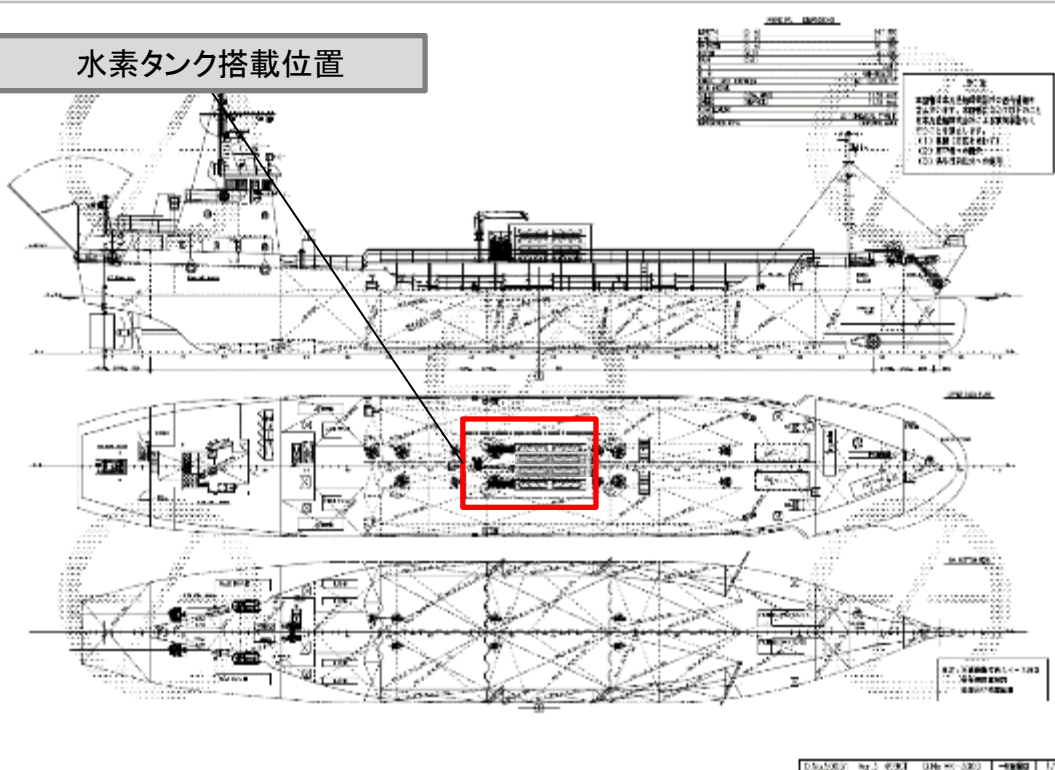
試算前提条件

試算の前提条件は以下とする。

船型	499GT
速力	10.5kt (推進機負荷率 90%)
推進機容量	800kW (電動機/インバータ効率 90%)
一般負荷機器構成	100kW (一般的な499GT貨物船の電力調査票より設定)
水素エンジン	ABC Corp. 6DZC 1000kVA (水素/軽油混焼)
ディーゼルエンジン	YANMAR 6HYP-WET 450kVA(A重油)
ディーゼル発電機	YANMAR 6AYL-WET 423kVA(A重油)
水素燃料電池	YANMAR GH240 FC (水素)
水素発電機	デンヨー 250kW (水素/軽油混焼)

試算前提条件：各燃料タンク搭載量について

水素タンク搭載位置



同等船での検討を基に、
暫定値として以下と仮定する

- 水素タンク搭載可能量：MAX32本
(充填量9.4kg*32本=約300kg)
- A重油タンク容量(m³)：25
- 軽油タンク容量 (m³)：25

各ケース試算結果（燃料消費量）

燃料消費量 (kg/h) = 出力 (kWh) × 負荷率(%) × 基数 × 設備燃費 (kg/kWh)
 (*一般負荷も同様)

	基準ケース	Case1				Case2			Case3	
電力・燃料消費	ディーゼルエンジン +ディーゼル発電機	水素混焼エンジン +水素混焼発電機	水素混焼エンジン +水素燃料電池 +Lib	水素混焼エンジン +通常発電機	推進電動機 +水素混焼発電機	推進電動機 +水素燃料電池 +Lib	推進電動機 +ディーゼル発電機	ディーゼルエンジン +水素混焼発電機	ディーゼルエンジン +水素燃料電池 +Lib	
推進機負荷率(%)	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
1.主推進電動機										
・推進機容量(kW)	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
・電動機/インバーター効率(%)	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
2.発電機負荷										
・推進負荷(kW)	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
・その他負荷(kW)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
発電機負荷合計(kWh)	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
3.発電機台数・負荷率										
・主機	DE	HE	HE	HE	HG	FC	DG	DE	DE	
・定格出力(AC・kW)	432	1000	1000	1000	250	240	450	423	423	
・運転台数	3	1	1	1	5	4	3	3	3	
・負荷率	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	
・主機 出力(kWh)	1,102	850	850	850	1,063	816	1,148	1,079	1,079	
・補機	DG	HG	FC	DG				HG	FC	
・定格出力(AC・kW)	450	250	240	450				240	240	
・運転台数	1	1	1	1				1	1	
・負荷率	50%	50%	50%	50%				50%	50%	
・補機 出力(kWh)	225	125	120	225				120	120	
・燃料消費量(kg/h)	47.25	3.87	3.71	47.25				3.71	3.71	
・LiB 運転台数			1			1			1	
・LiB 負荷率			0%			37%			0%	
・LiB システム 出力(kWh)			0			84			0	
・主機 水素消費量(kg/h)		58	58	58	51.69	61.04				
・ A重油消費量(kg/h)	236.84						230.65	231.91	231.91	
・ 軽油消費量(kg)		46	46	46	143					
・補機 水素消費量(kg/h)		10.34	8.98		0.00	0.00	0.00	10.34	8.98	
・ A重油消費量(kg/h)	47.93			47.93						
・ 軽油消費量(kg/h)		28.56						28.56		

各ケース試算結果 (航続可能時間)

水素エンジン及び水素発電機については、国内技術を調査し(次スライド以降)、公開されているスペックから試算を行った。

一般負荷を水素機器でまかなうCase3の場合、1日以上航続時間が見込まれるが、推進負荷を水素機器でまかなう(Case1, Case2)場合、水素タンクの搭載本数がネックになる為4~6時間程度の航続時間に留まり、主機への水素機器の採用は現状困難と言える。

表1. 試算結果：航続可能時間及び航続可能距離

	基準ケース	Case1				Case2			Case3	
燃料使用量(主補機合計)	ディーゼルエンジン +ディーゼル発電機	水素燃焼エンジン +水素燃料発電機	水素燃焼エンジン +水素燃料発電機 +LiB	水素燃焼エンジン +送電発電機	推進電動機 +水素燃料発電機	推進電動機 +水素燃料発電機 +LiB	推進電動機 +ディーゼル発電機	ディーゼルエンジン +水素燃料発電機	ディーゼルエンジン +水素燃料発電機 +LiB	
高圧水素ガス(kg/h)		68.34	66.98	58.00	51.69	61.04		10.34	8.98	
A重油(kg/h)	284.77			47.93			230.65	231.91	231.91	
軽油(kg/h)		74.56	46.00	46.00	142.80			28.56		
燃料タンク容量										
高圧水素ガスタンク容量(kg)		300.8	300.8	300.8	300.8	300.8		300.8	300.8	
A重油タンク容量(m^3)	25			25			25	25	25	
軽油タンク容量(m^3)		25	25	25	25			25		
航続可能時間/距離										
航続可能時間(h)	83.4	4.4	4.5	5.2	5.8	4.9	103.0	29.1	33.5	
航続距離(マイル)	1,008	53	54	63	70	60	1,244	352	405	

表2. トヨタ製水素G2L-1仕様

		G2L-1
製品仕様		
公称使用圧力	MPa	70
長さ	mm	2,060
直径	mm	486
内容積	L	230.0
タンク質量	kg	136.0
水素搭載量 @公称使用圧力	kg	9.4

【参考】国内技術（水素発電機）（1/2）

ジャパンハイドロ株式会社 水素専焼発電機の国内展開を開始

■水素専焼発電機《H2 MONO FUEL GENSET 50kVA》について

水素専焼発電機「H2 MONO FUEL GENSET 50kVA」は水素のみを燃料とし、化石燃料を使用しないため燃焼時のCO2排出はゼロとなります。排出ガスの後処理装置も必要なく経済的な発電機です。

純度の低い水素も使用可能なため汎用性が高く水素社会の実現に向けた新たな選択肢となります。

本発電機は昨年COP26(国連気候変動枠組条約第26回締約国会議)の会場に給電をおこなった発電機と同型です。



【仕様】

エンジン出力：50kVA

周波数：50Hz

発電機電圧：230V / 400V（100V/200V対応予定）

水素消費量：3.8 kg/hr at 50kVA

水素純度：> 99%

重量：1100kg

出典：2022年5月27日 ジャパンハイドロ株式会社 「水素専焼発電機」の国内展開を開始
<https://jpnh2ydro.com/press/187.html>

【参考】国内技術（水素発電機）（2/2）

-カーボンニュートラル実現を加速- コマツと日立が技術供与し、デンヨーが開発・製品化した水素混焼発電機をコマツ 小山工場に導入

KOMATSU

HITACHI
Inspire the Next

Denyo

このたび、コマツ（社長：小川啓之）と株式会社日立製作所（執行役社長兼CEO：小島啓二 以下「日立」）が技術供与し、デンヨー株式会社（社長：吉永隆法 以下「デンヨー」）が開発に取り組んでいた250kW水素混焼発電機の製品化に成功しました。本発電機は、燃料に水素を最大50%混合した発電が可能となっており、軽油のみを燃料とした場合に比べ、発電時の二酸化炭素（CO₂）排出量を最大50%削減できます。コマツはカーボンニュートラル実現に向けた取り組みとして本発電機の初号機を小山工場に導入し、2023年9月中の本格稼働を目指しています。



■ 本発電機の仕様

発電出力	250kW
出力電圧	200/400V
周波数	50Hz
水素燃料消費量	115Nm ³ /h（50%混焼時）
軽油燃料消費量	34L/h（50%混焼時）
発電効率	35～40%
水素混焼率範囲	0%～50%（軽油のみでも運転可能）

出典：2023年8月8日 株式会社小松製作所 -カーボンニュートラル実現を加速-
コマツと日立が技術供与し、デンヨーが開発・製品化した水素混焼発電機をコマツ 小山工場に導入
<https://www.komatsu.jp/ja/newsroom/2023/20230808>

【参考】国内技術（水素エンジン）（1/2）

大型発電用、高出力・高熱効率・低 NO_x 水素エンジンの燃焼技術を開発

－地球温暖化など大気環境保全への貢献も期待－

ポイント

- これまで大型発電用の水素エンジンは、天然ガスエンジンに比べて出力および熱効率が低く、高負荷運転時に多くの窒素酸化物（ NO_x ）が生成される技術的な問題があった。
- 試験用小型エンジンで、水素燃料の新しい燃焼方式を確立し、大型エンジンとして世界初の高出力・高熱効率・低 NO_x を実現できる火花点火水素エンジンの開発に成功した。
- 水素を大型発電用や船舶用エンジンの燃料に使用することで、地球温暖化防止や大気環境保全への貢献が期待される。

開発結果について(リリースより抜粋)

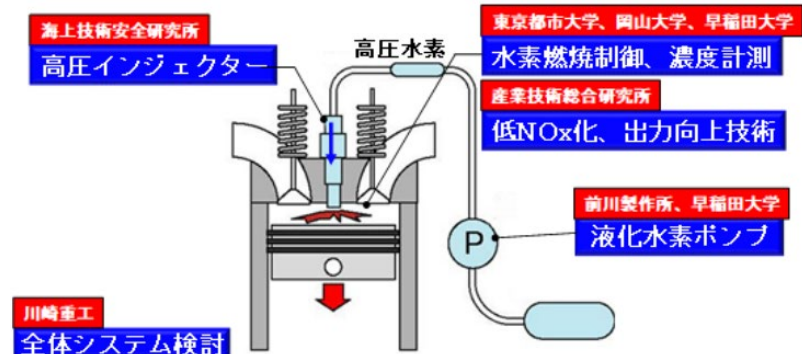
本開発技術の目標値として、

(1)正味熱効率50パーセント(低位発熱量ベース)(大型発電用エンジンに用いられている気筒あたり33.9)リットル、出力600キロワット(kW)の瞬間に換算)以上とすること、

(2) NO_x 排出値は、後処理装置を用いずに大気汚染防止法による規制値よりさらに厳しい大都市圏自治体条例の規制値(200ppm O_2 20パーセント補正值)以下とすること

の2点を設定し、それぞれ上回る性能(正味熱効率54パーセント、 NO_x 排出値20ppm)となりました。

目標性能：熱効率50%*、 NO_x 200ppm以下
(*低位発熱量換算における7MW級エンジン単体の正味熱効率)



出典：2018年5月18日 産総研 (研究責任:川崎重工業(株))
大型発電用、高出力・高熱効率・低 NO_x 水素エンジンの燃焼技術を開発
https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2018/pr20180518/pr20180518.html

【参考】国内技術（水素エンジン）（2/2）

MHIET、5.75MW発電用ガスエンジンの単筒試験機で水素混焼率50%までの安定燃焼を実現

2023-11-01

◆ 発電および蒸気利用における水素混焼時のCO₂排出係数：0.27kg-CO₂/kWhレベル
の実現見通しを確立

◆ 幅広い産業界でコージェネレーションシステムとして使用されるKUガスエンジン（3.65～5.75MW）の水
素混焼化により、分散型電源の低炭素化に貢献

◆ 水素混焼に対応した発電用KUガスエンジンの2025年度中の商品化を目指す

📷 | f X in



KUガスエンジン（18KU30GSI）

出典：2023年11月1日 三菱重工業(株)

MHIET、5.75MW発電用ガスエンジンの単筒試験機で水素混焼率50%までの安定燃焼を実現

<https://www.mhi.com/jp/news/23110101.html>

【参考】国外技術 混焼水素エンジン(ANGLO BELGIAN Corp.)

BEH₂YDRO中速エンジン

CMB.TECHはABC Engine社との共同開発で専用設計の大型水素混焼エンジンの製品化に成功しました。ローンチカスタマーはアントワープ港のHydroTUGプロジェクトになります。

今後、内航・沿岸航路船舶やタグボートの主機や大型外航船の補機として、また鉄道機関車や定置式発電装置としての活用が見込まれています。

- 出力 1MW-2.67MW
- 水素混焼比率 80%程度
- 当初年産100基を予定

	6DZC	8DZC	12DZC	16DZC
Cylinders	6 inline	8 inline	12 V	16 V
rpm	1800	1000	1800	1800
Power (kW)	1800	1325	2800	3518
Power (hp)	1323	1013	2206	3036
Swept vol (litre)	95.7	127.6	191.51	255.21
Dry weight (kg)	16000 kg	12685 kg	18800 kg	21250 kg



JPNH₂DRO

14 別外秘 / 複製不許可 Copyright JPN H2YDRO Limited 2021-2022

BEH₂YDROエンジン ~ 環境性能

最大出力時において地球温暖化ガスの排出を約80%削減することが可能です

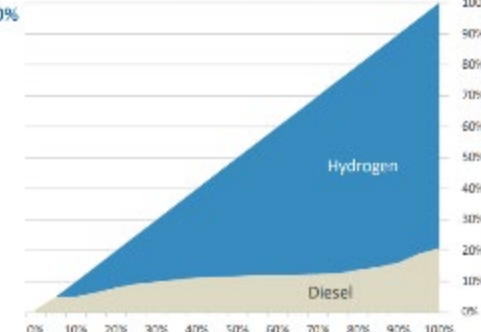
Fuel substitution

1000kW @ 1000rpmにおいて水素混焼比率80%

1000kW時における最大エネルギー効率43%

NOx IMO2 (±8.93g/kWh NOx)

1000kW:燃料消費量
水素: 58kg/h
軽油: 43kg/h



Load %

JPNH₂DRO

15 別外秘 / 複製不許可 Copyright JPN H2YDRO Limited 2021-2022

出典：関西広域連合HPより

ジャパンハイドロの水素社会実現に向けた取組み ~ 水素エンジンの実用性について ~
https://www.kouiki-kansai.jp/material/files/group/15/japan_hydro.pdf

内閣府：

[support-tool_report2303.pdf \(env.go.jp\)](#)

水素基本戦略（2023年6月6日）：

[hydrogen_basic_strategy_kaitei.pdf \(cas.go.jp\)](#)

➤ 環境局

https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/hydrogen/tokyo_hydrogen_vision.html

➤ 経済産業省：

<https://www.enecho.meti.go.jp/category/>

➤ 国土交通省：

<https://www.mlit.go.jp/maritime/content/001584349.pdf>

➤ 一般財団法人 運輸総合研究所

<https://www.jttri.or.jp/research/port/2020the/me05.html>

https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/safety/sos_ei_safety_tk2_000042.html

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/industrial_restructuring/pdf/019_03_00.pdf

➤ 環境省：

https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/company/index.html#Section-Trend

➤ **MOTENA-Sea : 水素燃料電池ハイブリッド船**

<https://www.motech.co.jp/information/2685/>

<https://motena-sea.co.jp/business/>

➤ **岩谷産業 : 水素燃料電池船**

• <https://www.iwatani.co.jp/jpn/hydrogenfuelcellship/>

➤ **ジャパンハイドロ : ハイドロびんご (Hydro BINGO)**

• <https://jpnhydro.com/press/12.html>

➤ **日本財団 : ゼロエミッション船プロジェクト**

• <https://www.nippon-foundation.or.jp/what/projects/zeroemission2050>

➤ **ヤンマーホールディングス : 舶用水素燃料電池システム**

• <https://www.yanmar.com/jp/marinecommercial/news/2024/01/17/132517.html>

➤ **(高圧水素燃料タンク) トヨタ自動車**

• <https://global.toyota.jp/newsroom/corporate/36999981.html>

➤ **(高圧水素燃料タンク) 豊田合成**

• <https://newswitch.jp/p/36123>

➤ **(液化水素燃料タンク) トヨタ自動車**

• <https://www.toyoda-gosei.co.jp/seihin/technology/theme/hydrogen/>

➤ **(液化水素燃料貨物タンク) 川崎重工**

• https://www.khi.co.jp/pressrelease/detail/20230606_1.html

➤ **商船三井、川崎重工 : 水素燃料多目的船**

[news_231019-1.pdf \(khi.co.jp\)](#)

➤ **(陸上置方液化水素燃料タンク) 岩谷産業**

• https://www.iwatani.co.jp/jpn/news/files/2023/20230719_news.pdf

➤ **三井E&S : 水素供給設備建設**

https://www.mes.co.jp/press/2023/1023_002314.html