

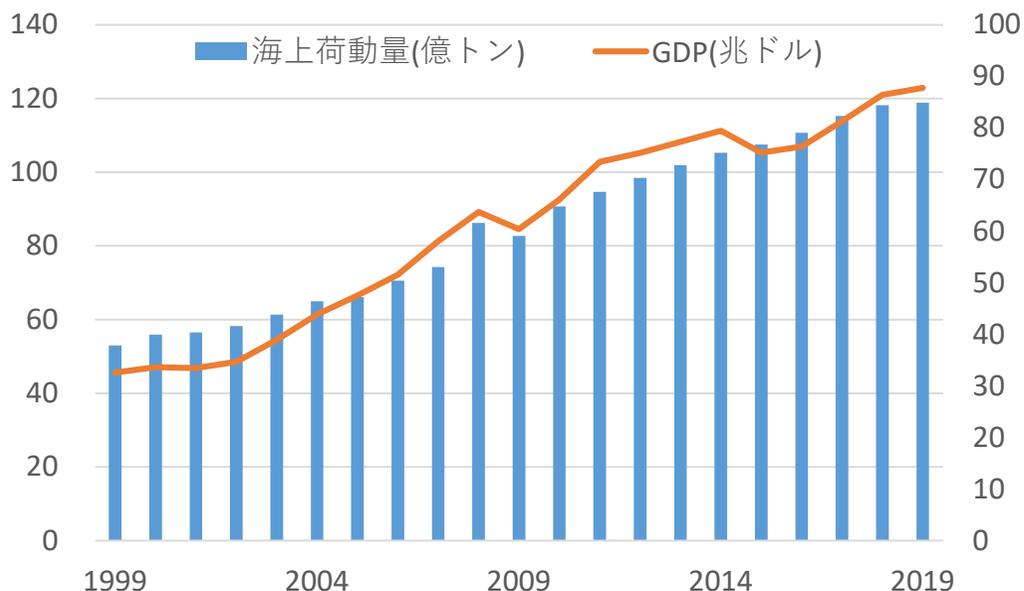
「次世代船舶の開発」プロジェクトの 研究開発・社会実装計画(案)について

国土交通省海事局
海洋・環境政策課
令和3年5月24日

1. 背景・目的
2. 目標
3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援
4. スケジュール

- 世界のGDPの成長と海上荷動き量は相関関係にあり、世界の海上荷動量は拡大傾向（毎年平均約4%の伸び率）
- 外航海運を担う大型船舶は、重油を燃料とし、1隻あたり年間数万トンのCO₂を排出。

＜世界の海上荷動量の推移＞



出典：Clarkson「SHIPPING REVIEW DATABASE」
The World Bank HP

＜我が国の貿易を支える船舶＞



ばら積み船



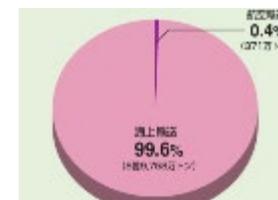
タンカー



コンテナ船

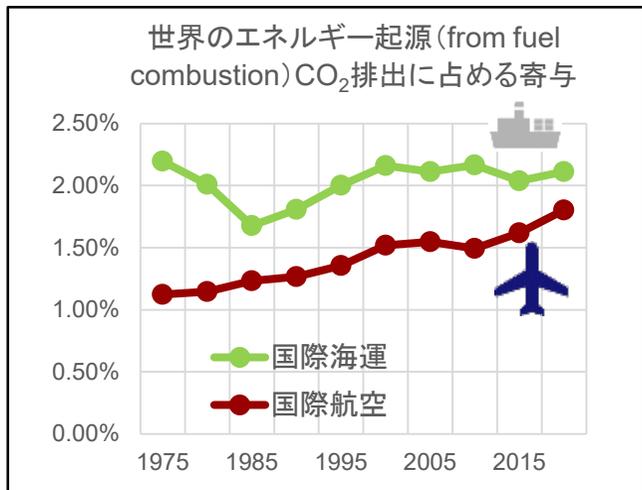
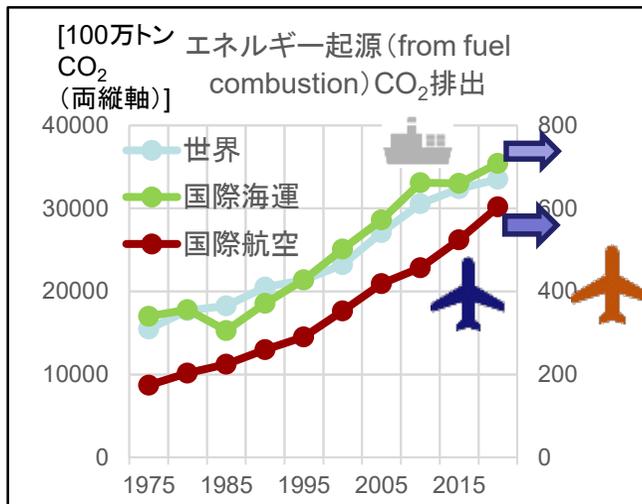
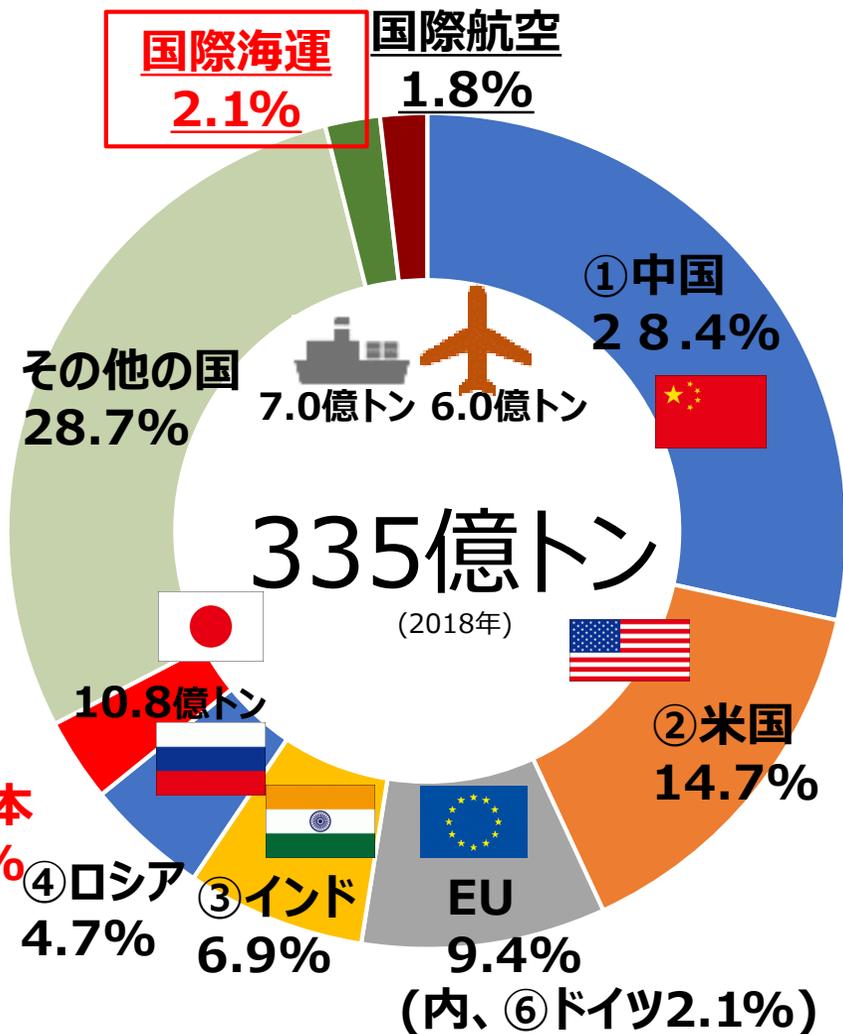


自動車専用船
(Pure Car Carrier)



我が国貿易量の輸送割合

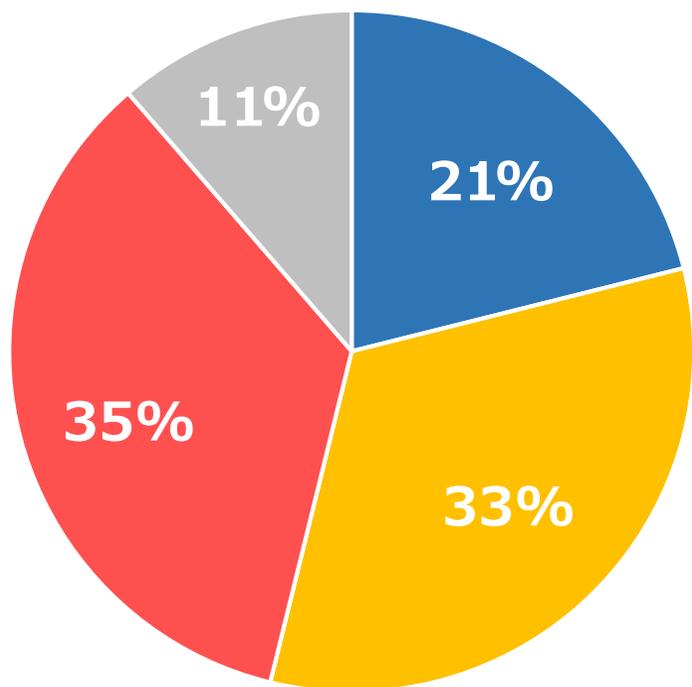
- 国際海運からのCO₂排出は、世界全体の約2.1%(ドイツ一国分に匹敵)
- 海上荷動量の増加により、何も対策を取らない場合、**2050年に21.1億トンに増加**



出典：IEA「CO₂ Emissions from Fuel Combustion: Overview 2020」

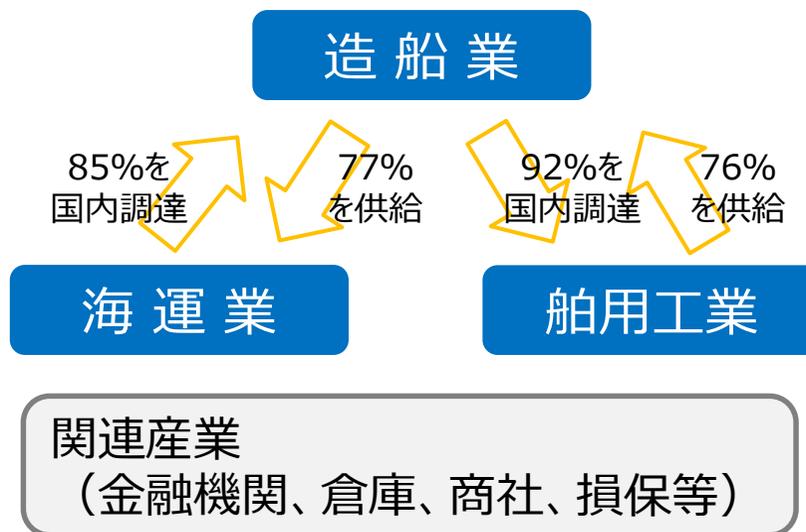
- 世界の新造船建造量は日本・中国・韓国が激しく競合。
- 我が国では海運・造船・舶用を中心に、関連分野が密接に関連した海事クラスターを形成しており、船舶建造による経済波及効果が大きい（船の価格の約2.2倍の経済波及効果）。

＜世界の建造量シェア＞
(2015-19年)



■ 日本 ■ 韓国 ■ 中国 ■ その他

＜我が国の海事産業クラスター＞

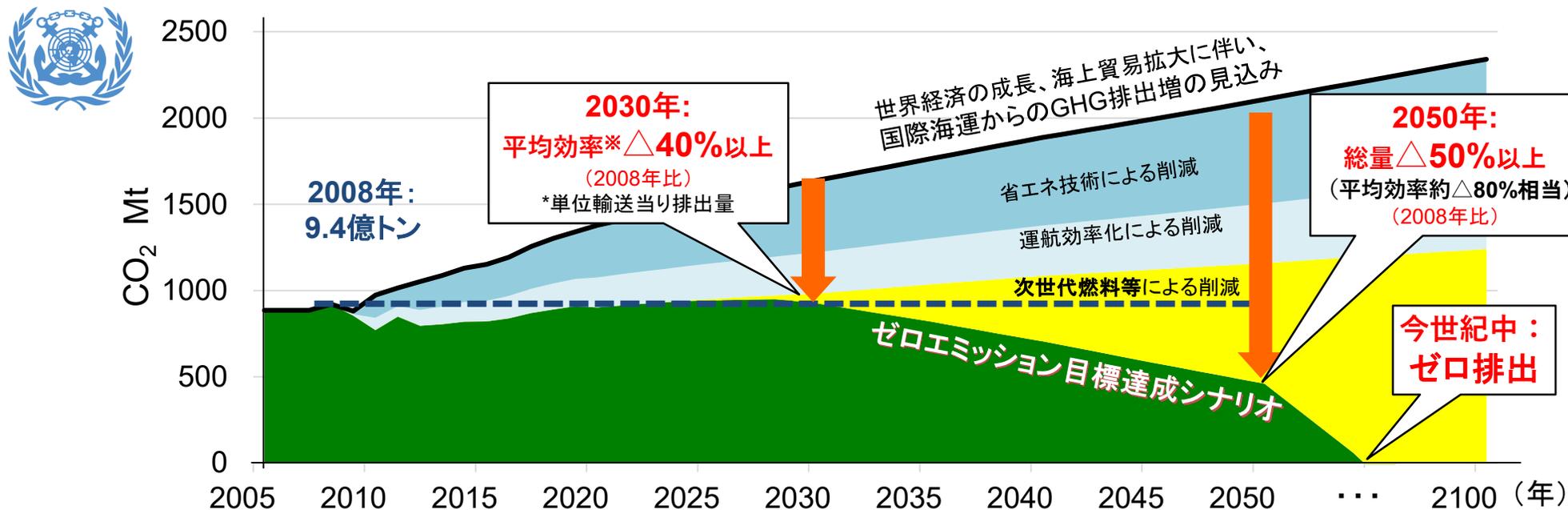


海事クラスター全体
付加価値額: 3.9兆円
(GDPの約1%)
売上高: 11.3兆円
従業員数: 34万人



- 国際海運からの温室効果ガス(GHG)排出削減対策は、国連気候変動枠組条約(UNFCCC)における国別削減対策の枠組みには馴染まないことから、国際海事機関(IMO)に検討が委ねられている※。
- IMOは2018年にGHG削減戦略を策定し、国際海運における以下のGHG削減目標に合意。
 - ① 2030年までに平均燃費を40%以上改善(2008年比)
 - ② 2050年までにGHG総排出量を50%以上削減(2008年比)
 - ③ 今世紀中できるだけ早期にGHG排出ゼロ
- 目標達成に向けた対策をIMO海洋環境保護委員会で審議中。

※国際航空分野においても同様にUNFCCCとは別に国際民間航空機関(ICAO)に検討が委ねられている



国際海事機関(IMO)における国際ルール策定の主導

- 我が国の技術的優位性が発揮できる環境整備として、技術的規制や経済的手法に係る国際ルール整備を主導している。
- これまでに、環境性能に優れた船舶の普及を促進するため、我が国主導で新造船燃費規制を導入するとともに、段階的な規制強化を実施してきた。
- 性能が劣る船舶の代替や抜本的な燃料転換を促進するため、既存船に対する燃費性能規制や燃料油課金等の経済的手法に係る国際ルール作りに我が国主導で取り組んでいる。

【これまでの成果（いずれも日本主導で策定）】

2013年 **新造船の燃費性能規制** 導入以降、段階的に強化。省エネ船舶の普及を促進。

2019年 **燃料油消費量報告制度** 毎年の運航データを報告・集約。船舶の燃費実績が見える化。

【現在、審議中のルール】

既存船の燃費性能規制

既存船への燃費規制適用は初。性能の劣る既存船にペナルティ（出力制限や改造による燃費改善）を与え、新造船への代替を促進。本ルールは、日本主導での18カ国との共同提案がベース。

2023年 最短の場合には、**2023年**に発効の見込み。

経済的手法

国際海運の脱炭素化を一層加速させるため、抜本的な燃料転換等を促進する経済的手法（例：燃料油課金）の議論を開始予定。

【参考】

- 2018年のMEPC議長として、我が国の齋藤英明氏（国土交通省大臣官房技術審議官）がアジアから初めて議長に選出。
- 2019～2021年の議長にも連続して再選。



2025

2028

2030

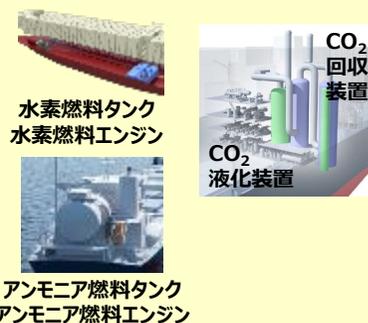
2040

2050

研究開発

- ・研究開発体制の強化
- ・試設計
- ・船体関係技術の開発 (タンク、船内移送・保管技術等)
- ・機関関係技術の開発 (混焼 / 専焼)

新規開発するゼロエミッション技術の例



技術の実証

- ・新燃料の実証試験 (混焼 / 専焼)
- ・小型内航船から大型外航船にかけての段階的な実証

制度導入に向けた国際交渉

導入促進

- ・新造船への代替を促す国際制度 (船舶の燃費性能規制、市場メカニズムやファイナンス制度等)

関連ルールの検証・策定・改正

- ・安全規則
- ・船員関連規則
- ・燃費性能評価手法

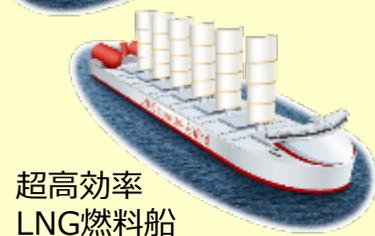
第一世代
ゼロエミ船
の実船投入
開始

ゼロエミ船の
普及

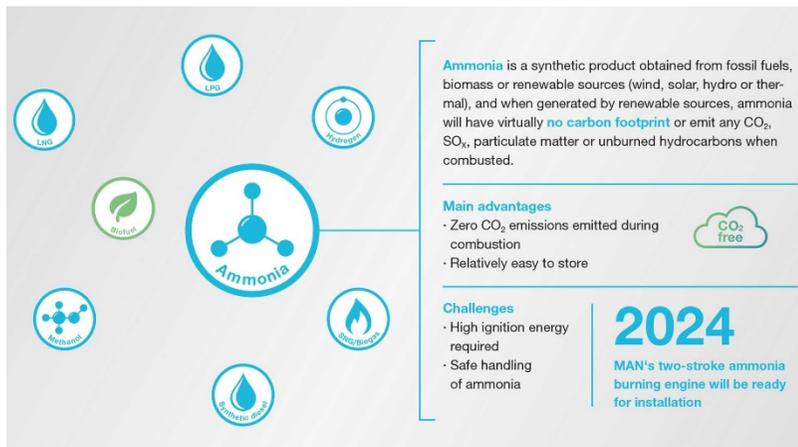
燃料供給体制の整備

総量△50%以上
(平均燃費約△80%相当) (2008年比)

ゼロエミッション船
の将来イメージ

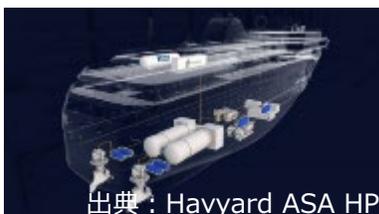


- ドイツ・MAN社がアンモニア燃料エンジン開発
 - 中国、韓国もゼロエミッション船のパイロット船就航を目指して開発中
 - 旅客船の産業が強い欧州では水素燃料電池船の開発ニーズが高まっている
- **我が国の国際競争力獲得には、世界に先駆けたゼロエミッション船の商業運航実現が必須**



出典：MAN Energy Solutions HP

MAN社（エンジンメーカー最大手）
アンモニア燃き2ストロークエンジンの開発を宣言



出典：Havyard ASA HP

ハブヤード社（ノルウェー）
水素燃料電池RORO旅客船プロジェクト



出典：中国船舶集団HP

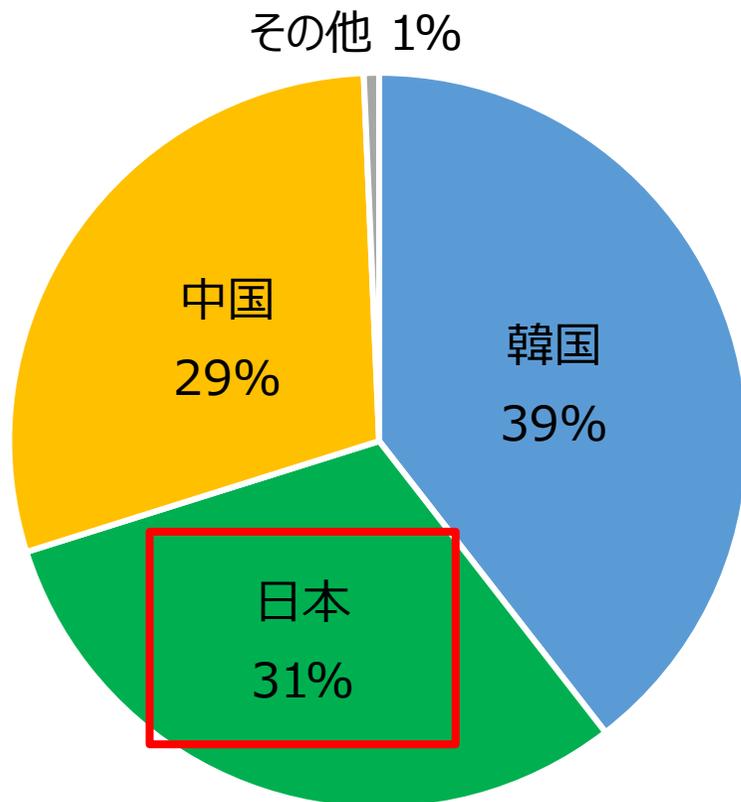
中国船舶集団
内陸河川航行の水素燃料電池貨物船の実証



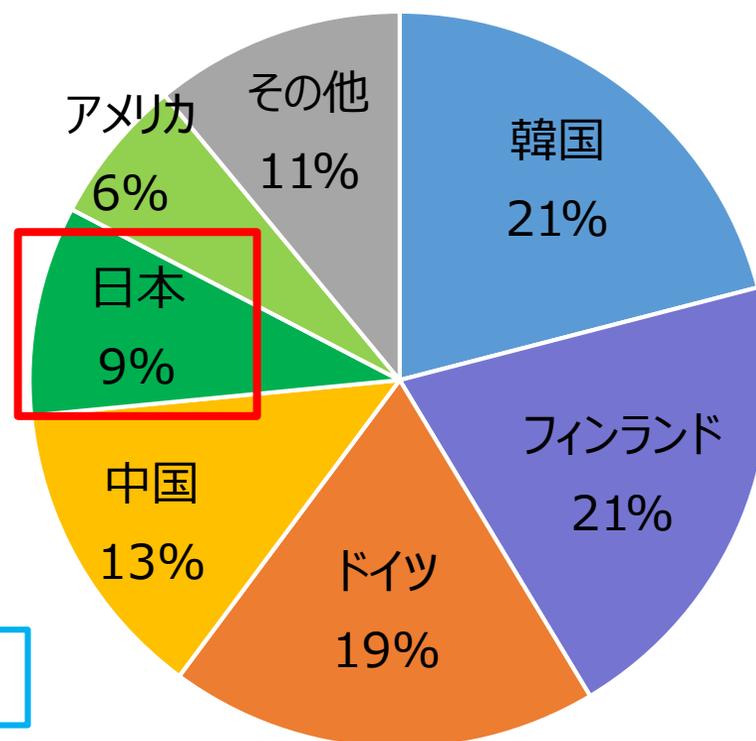
出典：Deepresource HP

サムスン重工業、大宇造船海洋
アンモニア燃料船の商用化に向けた開発

2ストロークディーゼルエンジンの国別生産状況



4ストロークディーゼルエンジンの国別生産状況



主要メーカー

- MAN
- バルチラ
- J-ENG
- 三井E&Sマシナリー 等

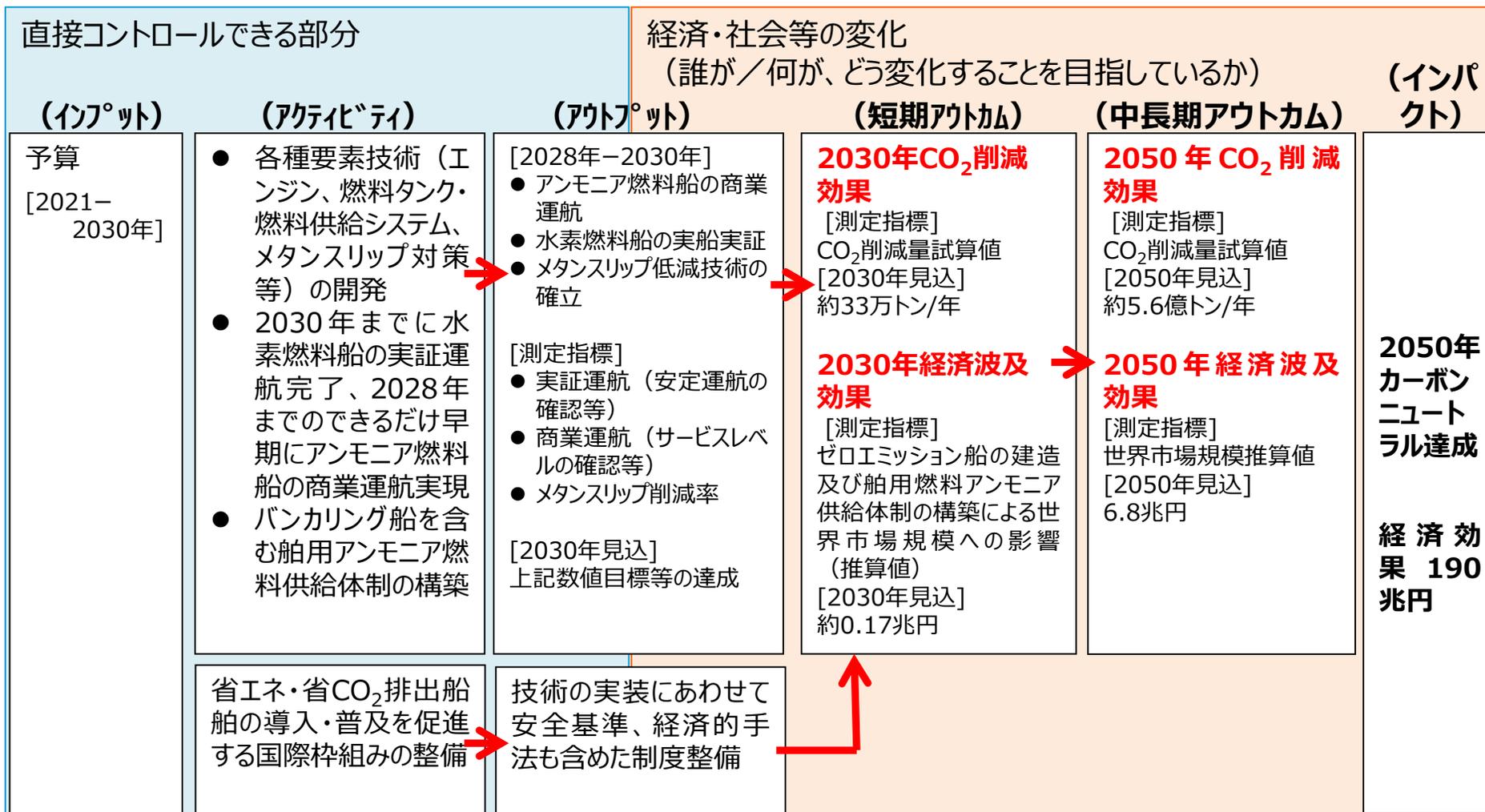
- ◆ ゼロエミッションの達成に必須となるLNG、水素、アンモニア等のガス燃料船開発に係る技術力を獲得するとともに、国際基準の整備を主導し、我が国造船・海運業の国際競争力の強化及び海上輸送のカーボンニュートラルに向けて取り組む。

	現状と課題	今後の取組
カーボンフリーな代替燃料への転換	<ul style="list-style-type: none"> 一部企業等が自動車用等の水素燃料電池システムを転用した小型の水素燃料電池船やリチウムイオン電池を用いたバッテリー推進船を開発・実証中。 <p style="text-align: center;">水素・アンモニアを直接燃焼できるエンジンが必要</p> <ul style="list-style-type: none"> 水素燃料電池システムやバッテリー推進システムは出力・重量・サイズ上近距離・小型船に限定。 遠距離・大型船向けに高出力が必要だが、水素・アンモニアを直接燃焼できるエンジンが存在しない。 	<p style="text-align: center;">遠距離・大型船向けの技術開発・実用化</p> <ul style="list-style-type: none"> 近距離・小型船向けに水素燃料電池システムやバッテリー推進システムの普及を促進。 遠距離・大型船向けに水素・アンモニア燃料エンジン及び付随する燃料タンク、燃料供給システムの開発・実用化を推進。
LNG燃料船の高効率化	<ul style="list-style-type: none"> IMOにおける国際ルール整備を完了（国際ガス燃料船安全コード（IGFコード）が2017年1月に発効）。 国内における先進船舶導入等計画の認定制度（海上運送法改正により2017年度に創設）や内航船省エネルギー格付制度（暫定運用：2017年7月～、本格運用：2020年3月～）の運用によりLNG燃料船の普及を促進。 <p style="text-align: center;">燃料タンクのスペース効率改善等が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> ガス燃料はエネルギー密度が低く、高張る（燃料タンクが貨物スペースを圧迫）。 スペース効率の高い革新的な燃料タンクや燃料供給システムが必要。 	<p style="text-align: center;">スペース効率の高い革新的技術を開発</p> <ul style="list-style-type: none"> スペース効率の高い革新的な燃料タンクや燃料供給システムの開発。 低速航行、風力推進システムと組み合わせCO₂排出削減率86%を達成するとともに、再生メタン活用による実質ゼロエミ化を推進。
省エネ・省CO₂排出船舶の導入・普及を促進する国際枠組の整備	<ul style="list-style-type: none"> 日本主導により、国際海事機関（IMO）において、2013年から、新造外航船に燃費性能規制が適用済。同規制により、燃費性能の良い省エネ・省CO₂排出船舶の普及を促進。 CO₂排出量の多いコンテナ船など一部の船種について、EEDI規制値の更なる強化及び規制適用時期の前倒し（2025年1月→2022年4月）を実施（2020年11月、関係する条約改正案を採択）。 <p style="text-align: center;">既存外航船に対する対策が課題</p> <p>既存船に対するCO₂排出規制の国際枠組みが存在しない（既存外航船に対してCO₂排出削減策を講じることが必要）。</p>	<p style="text-align: center;">燃費性能規制を早期に実施</p> <ul style="list-style-type: none"> 日本主導により、IMOにおいて、既存船の燃費性能規制（EEXI）及び燃費実績の格付け制度を提案し、本年11月に原則合意。 燃費性能規制の早期実施により、既存船に新造船並みの燃費基準を義務付け、性能が劣る船舶の新造船代替を促進。格付け制度により、省エネ・省CO₂排出船舶にインセンティブを付与。

船舶産業の成長戦略「工程表」

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
カーボンフリーな代替燃料への転換 <ul style="list-style-type: none"> 燃料電池船 EV船 ガス燃料船 	○水素燃料電池船 ○フルバッテリー船 ○水素・アンモニア燃料船 ・水素燃料エンジン ・アンモニア燃料エンジン	実証 実証 技術開発 ・革新的燃料タンク ・燃料供給システム	技術開発 技術開発	実証 実証	2025年より前に実証開始 実証	★目標(2030年時) ・2028年までにゼロエミッション船の商業運航実現 水素燃料電池船導入拡大 ゼロエミッションEV船導入拡大 水素・アンモニア燃料船導入拡大	★目標(2050年時) ・船舶分野における水素・アンモニア等の代替燃料への転換 水素燃料電池船商業的拡大 ゼロエミッションEV船商業的拡大 水素・アンモニア燃料船商業的拡大	
LNG燃料船の効率化 <ul style="list-style-type: none"> 技術開発・導入 風力推進等との組み合わせ 	○LNG燃料船 ・革新的燃料タンク ・燃料供給システム ・風力推進	技術開発 技術開発 実証	実証	実証	実証	超高効率LNG燃料船+風力推進船導入・拡大	超高効率LNG+風力推進船* 商業的拡大 *CO ₂ 排出削減率86%、再生メタン活用でゼロエミッション	LNG燃料から再生メタンへ次第に転換
国際枠組の整備 <ul style="list-style-type: none"> 新造船 現存船 船社、船主 	○新造船 ○現存船						EEDIの更なる規制強化(未定)	EEEXI・燃費実績格付け制度の見直し等(未定)
						○船舶、船主等	経済的手法(例:燃料油課金)の導入による研究開発、普及等の促進(未定)	11

1. 背景・目的
2. 目標
3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援
4. スケジュール



アウトプットの達成が、アウトカムの発現につながることを示すエビデンス

※レポートベースでのエビデンスを提示。FSを行った場合には結果に即した記載をする。

① 国際海事機関（IMO）において合意されている国際海運からのGHG排出削減目標について、2050年の目標達成シナリオとして次世代燃料等による削減量が示されている。

「次世代船舶の開発」により期待される成果

【地球温暖化防止への貢献】

- 2030年の短期アウトカム：CO2削減量 約33万トン
- 2050年の中長期アウトカム：CO2削減量 約5.6億トン

【日本経済・雇用への貢献】

- 経済波及効果 2030年:約0.17兆円、2050年:約6.8兆円
- **造船・船用工業**:水素・アンモニアを燃料とするエンジン・船舶を世界に先駆けて開発し、日本の海運に提供するとともに、競争力を強化
- **海運**:船用燃料バンカリングも含めいち早くゼロエミッション船に運航ノウハウを獲得。荷主への訴求力向上、ESG投資の確保等、船社経営全般の競争力向上

日本の海事クラスター全体の競争力強化

船用工業

- 水素・アンモニアエンジンを開発し世界をリード
- 競争力の高い製品を海外・国内造船所へ供給



<エンジン>



<ポンプ>



<プロペラ>



<航海用機器>

造船業

- 次世代船舶を開発し、環境技術で世界をリード
- 競争力の高い船舶を海外・国内海運事業者へ供給

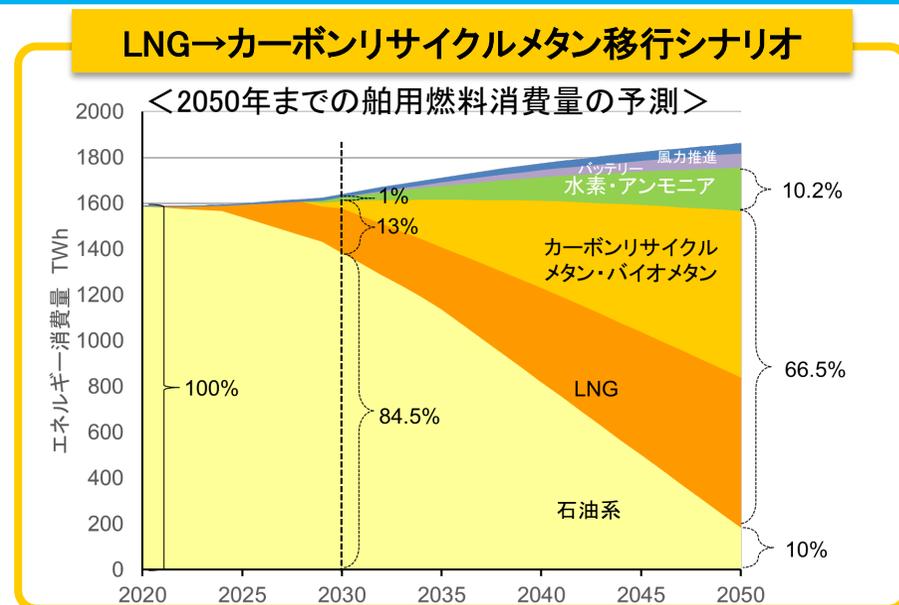
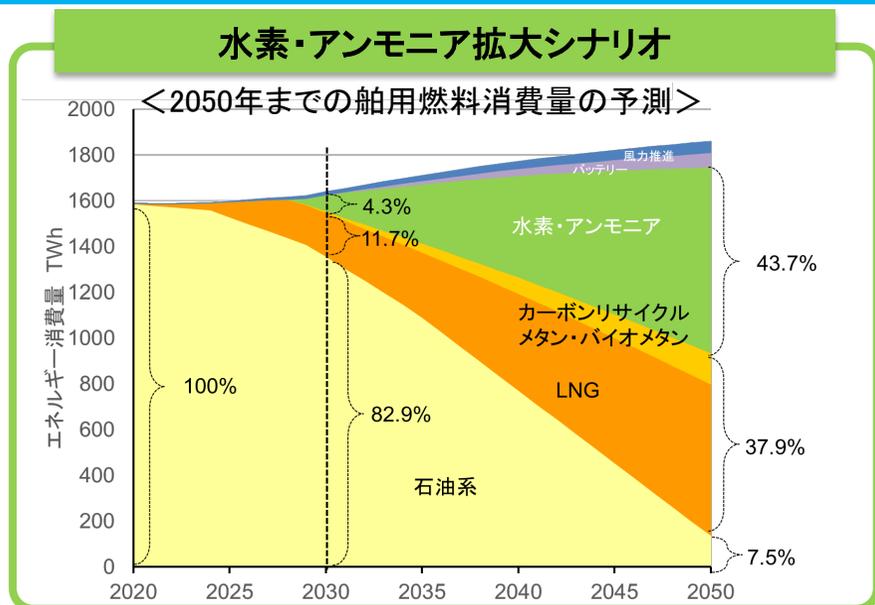


海運業

- ゼロエミ船の運航ノウハウの獲得による競争力強化
- 次世代船舶の社会実装により海運のゼロエミッション、SDGsに貢献



- ゼロエミッション船の燃料の選定は重要な論点であるが、それぞれにメリット・デメリットがあることから、**長期的にどれが主要な燃料となるか又は複数の燃料が共存するか、現時点で見極めることは不可能。**
- また、**供給インフラの整備状況等、航路や船の種類によって用途の棲み分けも長期的に行われる**と考えられるため、現時点で燃料を絞り込まず、それぞれの技術開発を支援。
- 加えて、現時点で開発対象の絞り込みを行ってその想定が外れた場合、我が国海事産業の国際競争力に深刻な悪影響を及ぼす可能性が高い。
- 水素は2030年までに実証運航完了、アンモニアは2028年までのできるだけ早期に商業運航実現を目指しているが、水素・アンモニアの開発要素の困難さ等を踏まえると、両方ともただちに開発に取り組む必要がある。
- アンモニアについては、開発競争が世界的に始まっていることから、社会実装までをいち早く実現する観点から、船用燃料供給体制に関しても支援していくことが必須。

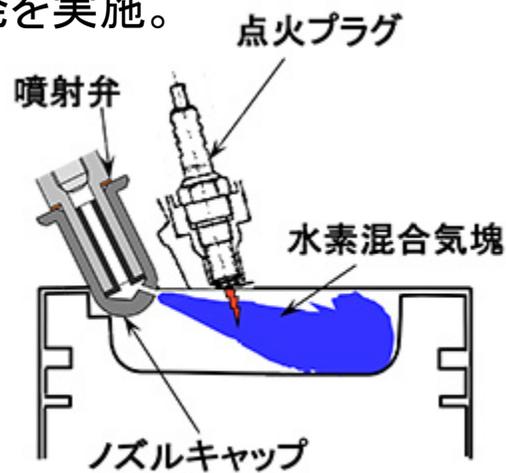


次世代船舶に関する技術開発の状況

- 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第1期「エネルギーキャリア」において、アンモニア直接燃焼及び水素エンジン技術開発を実施。
- 小型の船舶では、バッテリー船の実用化が進められているほか、燃料電池船の実証事業が実施されている。

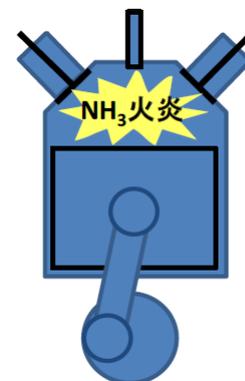
SIP水素エンジン技術開発

試験用小型エンジン(1.05 L)を用いて、火花点火水素エンジンの水素燃焼技術の基礎技術開発を実施。



SIPアンモニアエンジン技術開発

試験用小型エンジン(1.08 L)を用いて、ディーゼルエンジンの燃焼技術の基礎技術開発を実施。



バッテリー船、燃料電池船の技術開発

世界初のゼロエミッション電気推進タンカーの建造決定
2022年3月竣工予定



出典: e5ラボ

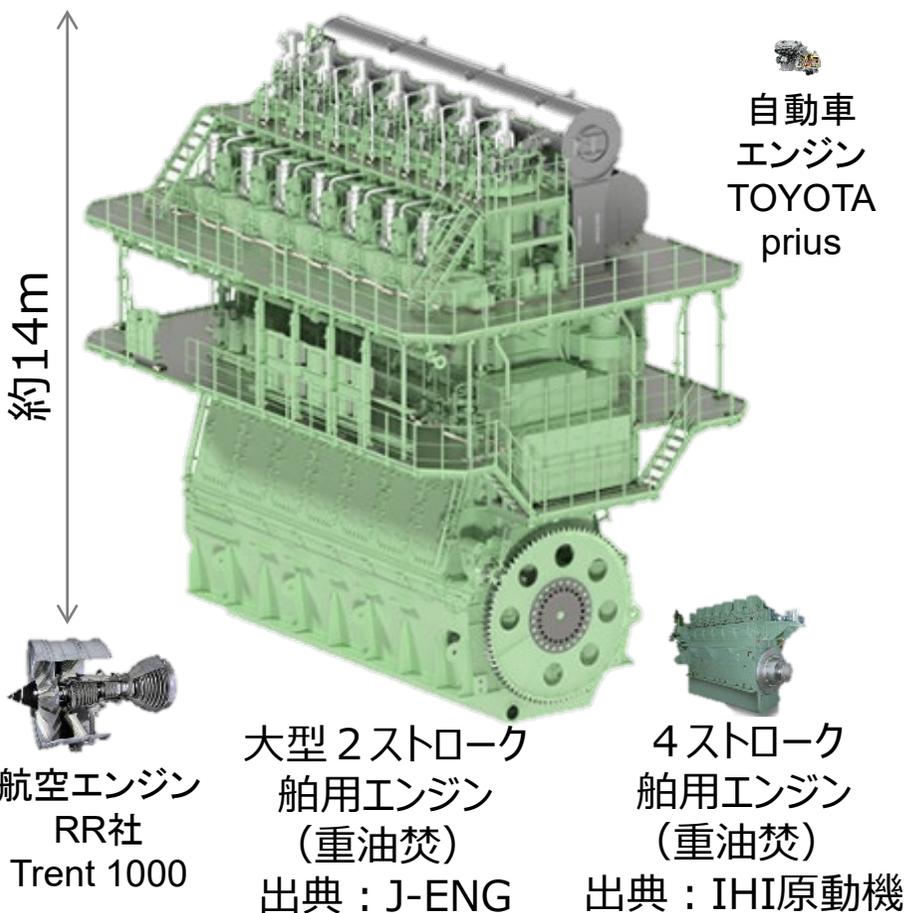
NEDO「高出力燃料電池搭載船の実用化に向けた実証事業」
2024年に実証運航予定



出典: 横浜市

次世代燃料エンジンの開発

- 船舶のエンジンは、大型船の主機に用いられる低速2ストロークエンジン、中小型船の主機に用いられる中速4ストロークエンジン、各種船舶の補機を中心に用いられる高速4ストロークエンジンが存在。
- これらのエンジンの組合せによって、小さな漁船・ボートから、長さ400mの超大型外航コンテナ船を動かしている。



船用エンジン	自動車エンジン
ディーゼル機関	ガソリン機関
2ストローク (低速) 4ストローク (中高速)	4ストローク
シリンダ直径 200mm~1,000mm	数十mm
出力 数百~数万kW	~200kW
効率50%程度	効率30%程度
波による大きな 負荷変動	加減速による 負荷変動
(参考) 低速：~500回転/分 中速：500~1,500回転/分 高速：1,500~回転/分	自動車エンジンは 数千~1万回転/分

- 本事業ではゼロエミッション船に係る技術開発を加速することで我が国**造船業・船用工業の国際競争力を強化**するとともに、**海運業も一体となって社会実装を進める**ことで**2030年以降のゼロエミッション船の普及を牽引していく**こと等を目的として目標、研究開発内容を設定。

水素燃料船

燃料体積：4.46倍、沸点：-253℃、脆性あり

1. **水素燃料エンジン、燃料タンク・燃料供給システムを開発し、2030年までに水素燃料船の実証運航を完了**

※商用化までに10年以上かかる水素燃料エンジン、燃料タンク、燃料供給システムの開発は委託事業で実施することを想定。

＜研究開発内容＞ ①水素燃料エンジンの開発、②水素燃料タンク・燃料供給システムの開発

アンモニア燃料船

燃料体積：2.72倍、沸点：-33℃、毒性・腐食性あり

2. **アンモニア燃料エンジン、燃料タンク・燃料供給システムの開発及び船用アンモニア燃料供給体制の構築**により、**2028年までのできるだけ早期に商業運航を実現**

＜研究開発内容＞ ①アンモニア燃料エンジンの開発
②アンモニア燃料タンク・燃料供給システムの開発
③船用アンモニア燃料供給体制の構築（バンカリング船開発）

LNG燃料船のメタンスリップ対策

燃料体積：1.65倍、沸点：-162℃

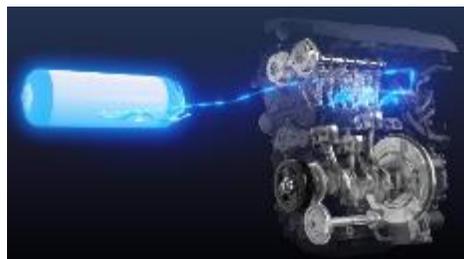
3. **2026年までにLNG燃料船のメタンスリップ削減率60%以上を実現**

1. 背景・目的
2. 目標
3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援
4. スケジュール

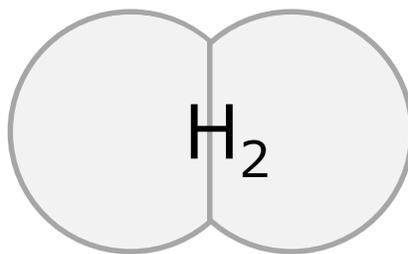
- 水素燃料船を実現するためには、エンジン、燃料タンク、燃料供給システムの開発が不可欠であるが、最小着火エネルギーが小さく最高燃焼速度が大きい水素の燃焼制御、水素の漏洩・脆性対策が必要。
- 水素は液体でも重油の4.5倍の体積となるため、燃料タンクの開発にあたって、貨物搭載量への影響を最小限にするための省スペース化、BOG発生を含む圧力変動管理対策が必要。

水素燃料エンジン

- ・最小着火エネルギーが小さい
 - ・最高燃焼速度が大きい
- ⇒ 高度な燃焼制御技術、燃料噴射技術が必要



(参考) 自動車用水素エンジン
(3気筒、1,618cc、圧縮水素)
出典：トヨタ



水素燃料タンク・燃料供給システム (液体水素)

- 体積4.5倍
 - 極低温-253℃
 - 漏洩・脆性リスク
- ⇒ 省スペース化
構造最適化
材料最適化



水素運搬船の貨物タンク
(積載量1,250m³、75トン)
出典：HySTRA

- アンモニア燃料船を実現するためには、エンジン、燃料タンク、燃料供給システムの開発が不可欠であるが、難燃性であるアンモニアの燃焼制御、排気ガス中の N_2O 対策、アンモニアの腐食性・毒性への対策が必要。
- アンモニアは肥料用途等により、一定のサプライチェーンが存在。船用燃料としての貯蔵・供給体制を構築することで、アンモニア燃料船の社会実装・普及拡大への道筋をつける。

アンモニア燃料エンジン

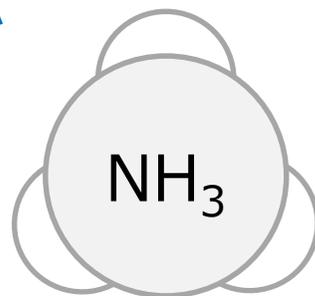
- | | | |
|-----------------------------|---|---------------------|
| ・難燃性
・温室効果の高い N_2O が発生 | ➔ | 高度な燃焼制御技術、燃料噴射技術が必要 |
|-----------------------------|---|---------------------|

船用アンモニア燃料供給体制の構築 (バンカリング船開発)

- ・十分な燃料供給能力を有するバンカリング船を開発。
- ・船の種類に対応した柔軟性を確保。

アンモニア燃料タンク・燃料供給システム (常温中圧／低温常圧)

- | | | |
|---------------------|---|--------------------------|
| 体積2.7倍
腐食性
毒性 | ➔ | 省スペース化
材料最適化
構造最適化 |
|---------------------|---|--------------------------|



LNGバンカリングの様子（積載量：3,500 m^3 ）
出典：Central LNG

- 超高効率LNG燃料船は産学官による「国際海運GHGゼロエミッションプロジェクト」におけるコンセプト船の1つ。更に、カーボンリサイクルメタンの供給拡大に対応してゼロエミッション船となる。
- 2050年においても主力のガス燃料として期待されるLNG・カーボンリサイクルメタン燃料船においても、メタンスリップの問題は発生。CO₂に比べて25倍の温室効果があるメタンを排ガスから除去する技術の開発が必要。

メタンスリップ対策

触媒方式

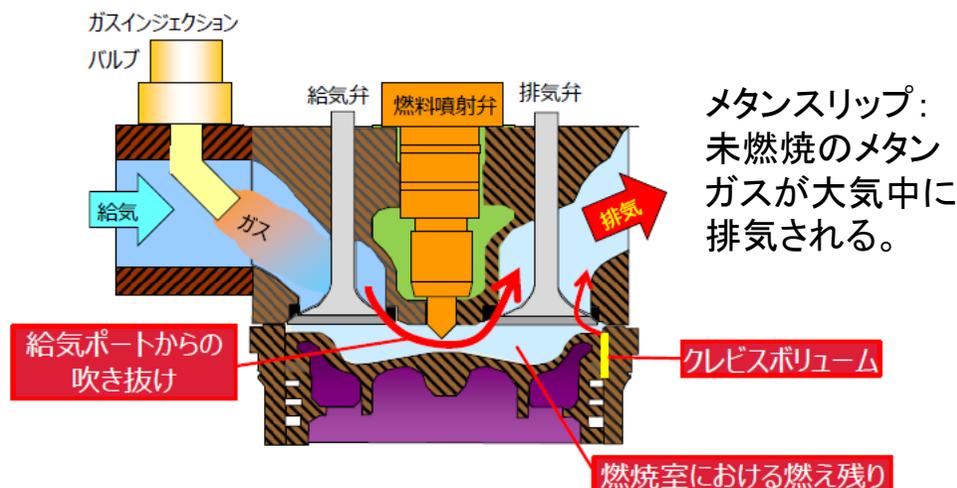


エンジン改良方式

効率低下、NOx排出量増を抑えつつメタンスリップを低減する燃焼制御技術



超高効率LNG燃料船のコンセプト

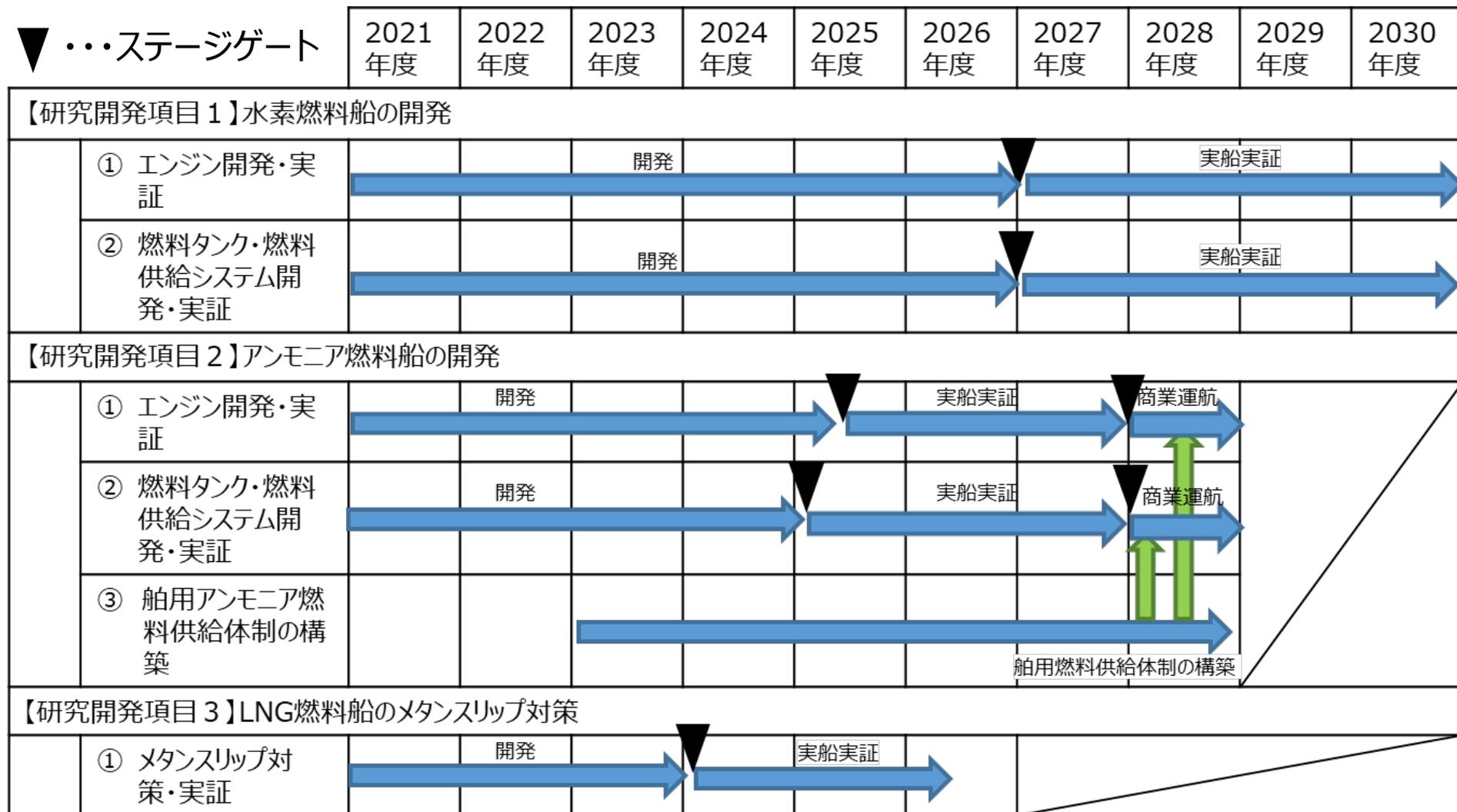


メタンスリップのメカニズム 出典：ヤンマー

1. 背景・目的
2. 目標
3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援
4. スケジュール

本事業の実施スケジュール(一例)

- 具体的なスケジュールは提案者の創意工夫に委ねることを原則とするが、想定される一例は以下のとおり。また、ステージゲートを設定し、事業進捗を見て、継続可否を判断。



参考資料

(参考)日本の船用工業製品生産額・輸出額・輸入額の推移

(億円)

16,000

14,000

12,000

10,000

8,000

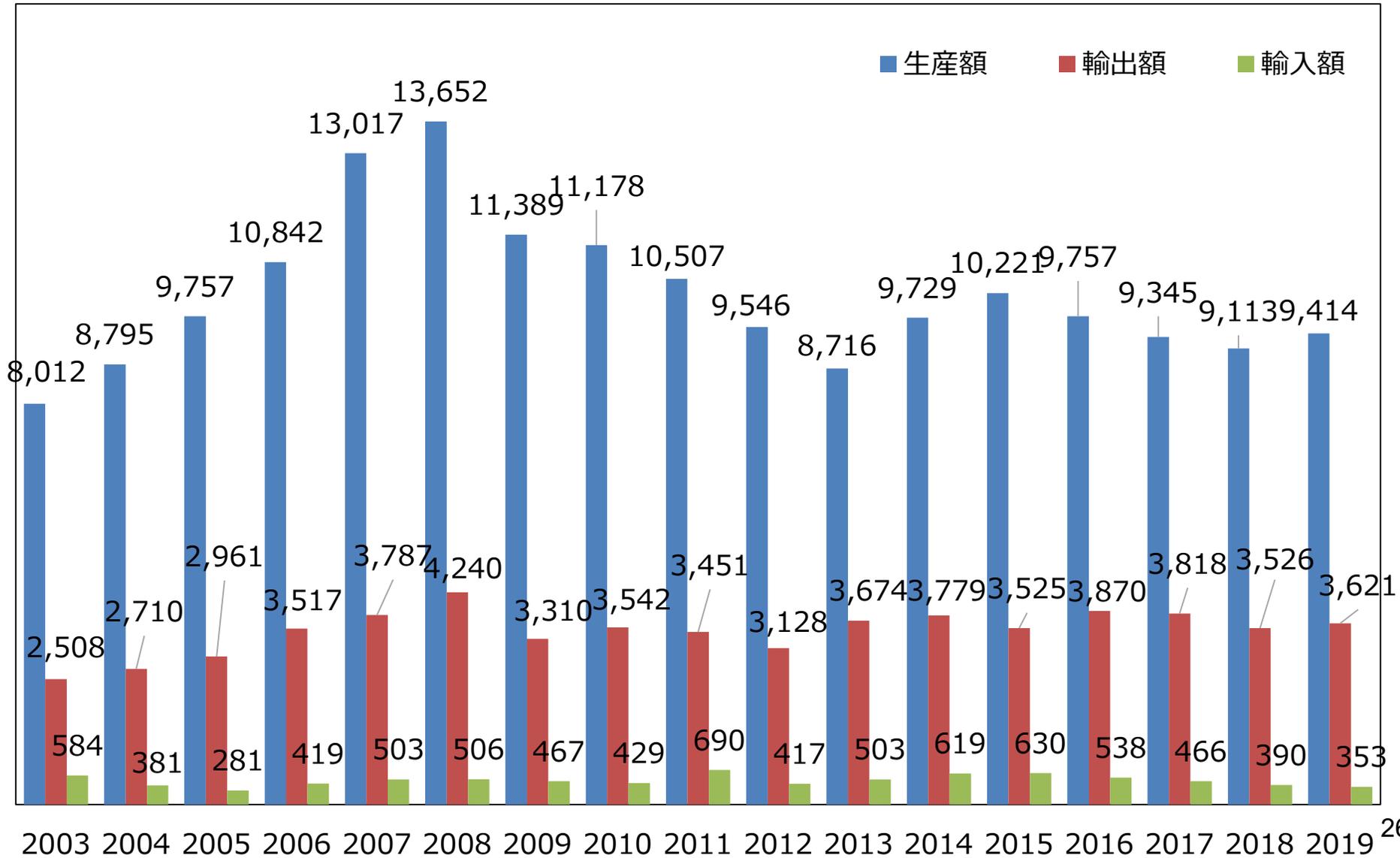
6,000

4,000

2,000

0

■ 生産額 ■ 輸出額 ■ 輸入額

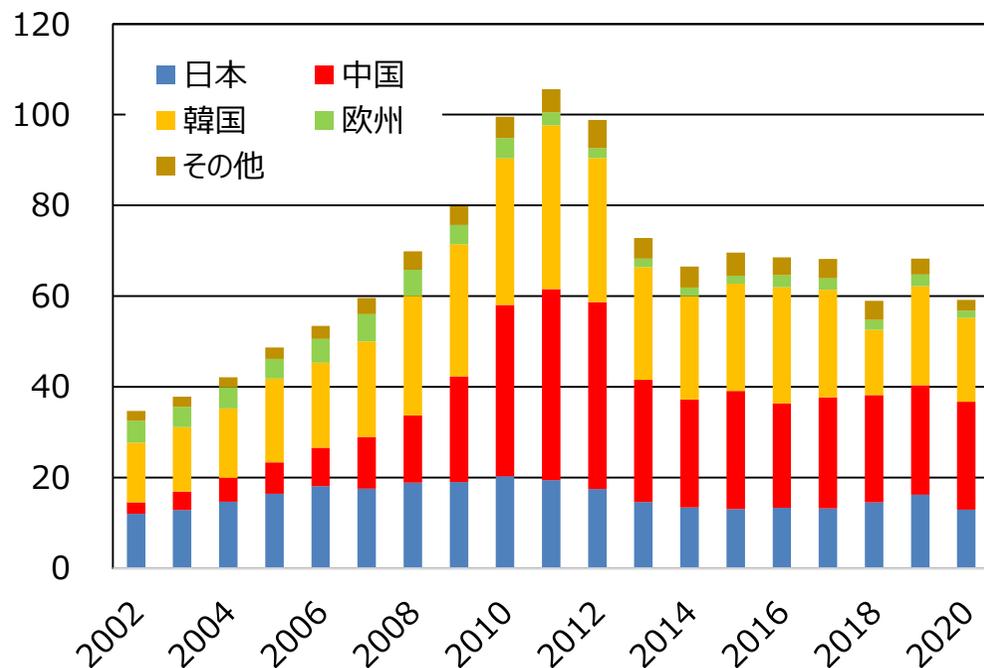


(参考)造船業の現状

- 世界の新造船受注量がリーマンショック以降に激減したため、世界の新造船建造量は2011年をピークに大きく落ち込み、供給力過剰が続いている。
- 現代重工業による大宇造船海洋の買収合意、中国国営2大グループの統合など、中・韓造船企業の規模が更に大きくなり、加えて大規模な公的支援を受ける中、我が国造船業にとって、益々競争環境が厳しくなる見込み。

世界の建造量の推移

(百万総トン)



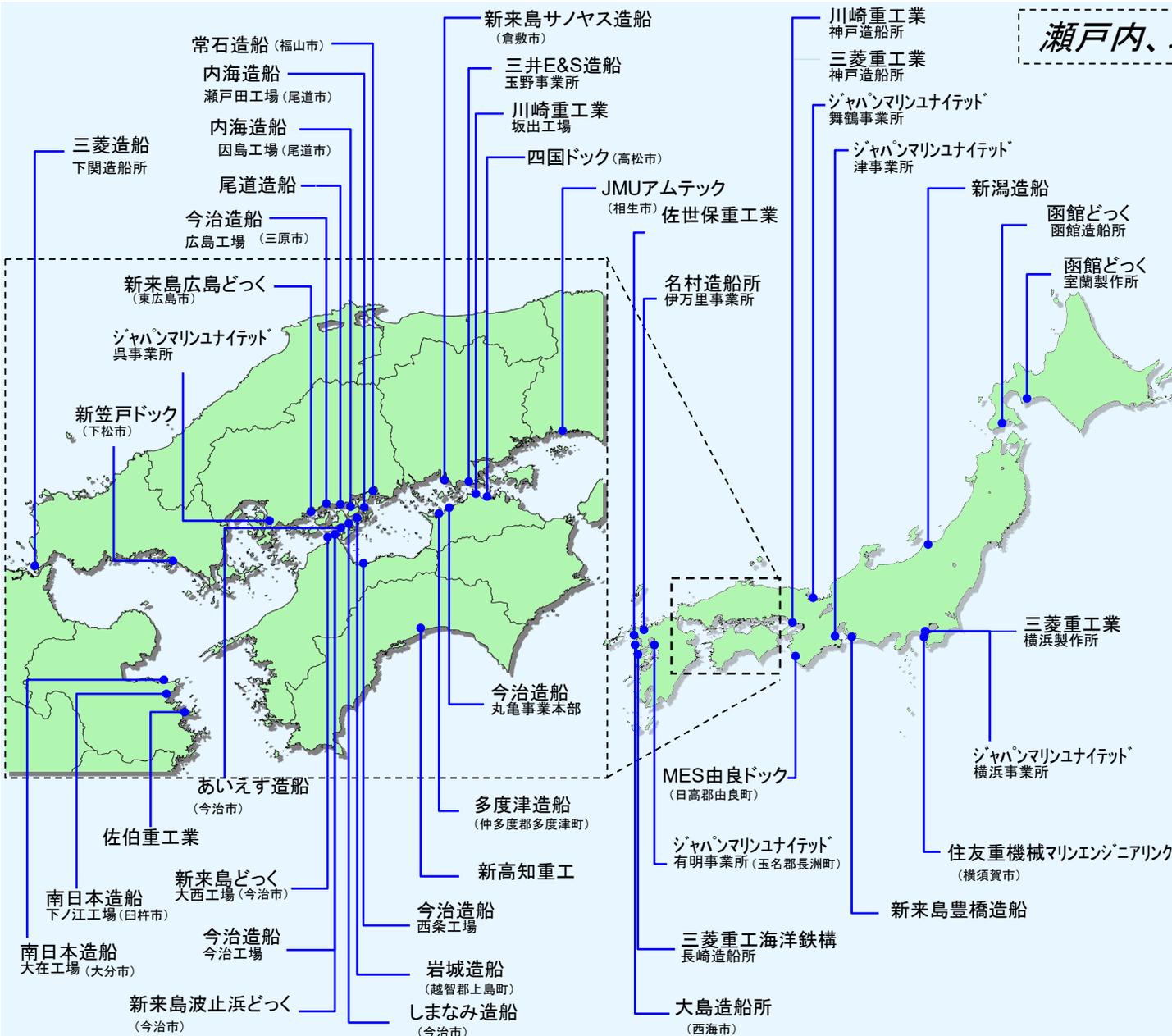
造船企業グループ別の建造量 (2020年)

(万総トン)



出典：IHS Markit

(参考)日本主要造船所の分布



瀬戸内、北部九州を中心に造船所群を形成

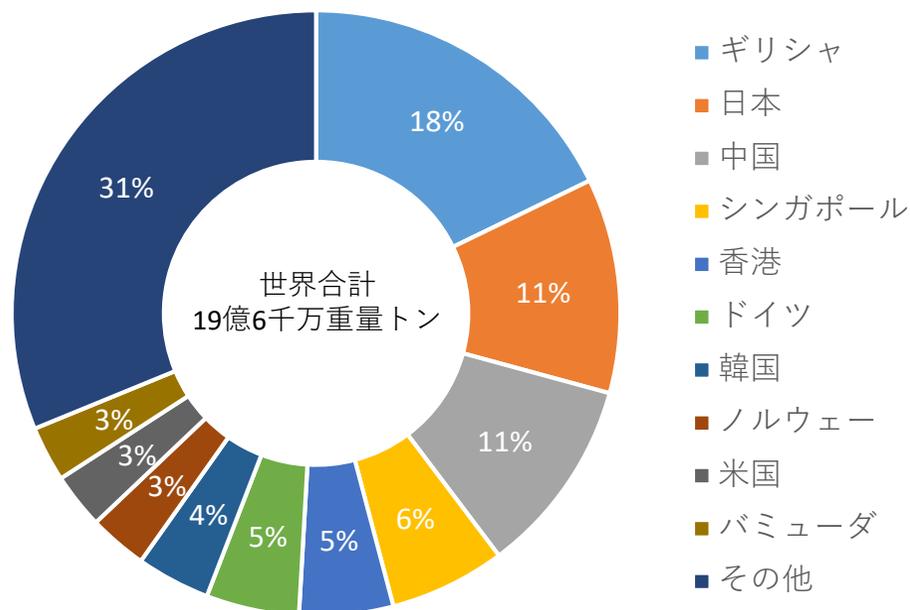
主要造船所
 (グループ企業含む建造量が多い造船所を抽出)

- ①今治造船(株)
 - ・今治工場
 - ・丸亀事業本部
 - ・西条工場
 - ・広島工場
 - ・多度津造船(株)
 - ・岩城造船(株)
 - ・(株)新笠戸ドック
 - ・あいえず造船(株)
 - ・しまなみ造船(株)
 - ・(株)南日本造船
- ②ジャパンマリンユニテッド(株)
 - ・津事業所
 - ・有明事業所
 - ・舞鶴事業所
 - ・横浜事業所
 - ・呉事業所
 - ・(株)JMUアムテック(修繕)
- ③(株)大島造船所
- ④(株)名村造船所
 - ・伊万里事業所
 - ・函館どつく(株)
 - ・佐世保重工業(株)
- ⑤三井E&S造船
 - ・玉野事業所
 - ・四国ドック(株)
 - ・新潟造船(株)
 - ・MES由良ドック(株) (修繕)
- ⑥(株)新来島どっく
 - ・大西工場
 - ・(株)新来島波止浜どつく
 - ・(株)新来島広島どつく
 - ・(株)新来島豊橋造船
 - ・(株)新来島サノヤス造船
 - ・新高知重工(株)
- ⑦三菱重工業(株)
 - ・神戸造船所
 - ・長崎造船所
 - ・下関造船所
 - ・横浜製作所(修繕)
- ⑧常石造船(株)
- ⑨尾道造船(株)
 - ・尾道造船所
 - ・佐伯重工業(株)
- ⑩川崎重工業(株)
 - ・神戸造船所
 - ・坂出工場
- ⑪住友重機械マリンエンジニアリング(株)
- ⑫内海造船(株)
 - ・因島工場
 - ・瀬戸田工場

(参考)世界の船社ランキング

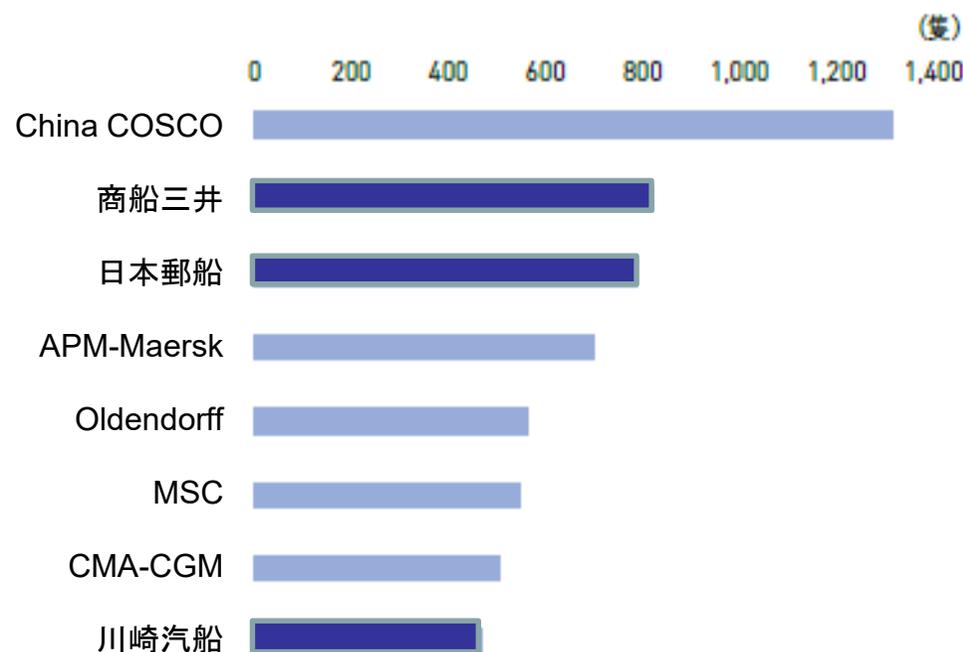
- 日本の外航海運企業の保有船腹量は、世界の船腹量の11%を占めており、その規模はギリシャに次いで世界第2位。
- 日本の外航海運の主要会社である日本郵船、商船三井及び川崎汽船の3社は、船隊規模において世界10位以内に入っている。

世界の国別保有船腹量



(出典) UNCTAD「REVIEW OF MARITIME TRANSPORT」

世界主要海運会社の船隊規模 (全船種)



出典: 各社公表値(2020年5月調査時、各社最新数値)

(出典) MOLアニュアルレポート 2020