

**第33回海事立国フォーラム**  
**海事産業の課題と、未来への期待**

**2024年2月19日**

**(一財)運輸総合研究所 特任研究員**  
**東海大学 海洋研究所 特任教授**  
**大坪新一郎**  
博士(環境学)

日本の貿易の99.6%は海上輸送、とよく言われる。  
天然資源がほぼ無く、食料自給率も低く、他国と地続きではなく、石油や穀物などは重くて航空機では運べないので、海上輸送比率がきわめて高くなるのは当然。

日本にとって**安定的な海上輸送**の確保は社会経済の存立基盤であり、その**公共性は高い**。

しかしながら、**海上輸送は公共事業ではない**。

民間企業が、船というハードを装備し、船員などの人的資源を投入し、船の運航というソフトを動かしている。

→「国の予算でハコモノを作る」発想では有効な政策は策定・実施できない。

海運・造船が、世界単一市場で戦う民間企業としての強さを維持しない限り、公共性の高い製品やサービスの水準を維持できない。

ここに産業政策としての難しさがある。

海運・造船・船員が一体となって成長し日本経済を支えられるよう、産業基盤を維持・強化しつつ、GHG（温室効果ガス）排出削減といった社会的要請に応えられるように政策誘導しなければならない。

この難しい課題に、これまでの政策の集大成として挑んだのが、2021年の通常国会において全会一致で可決成立し、同年5月21日に公布された「海事産業強化法」（以下、本法）である。

本法は、造船・海運分野の競争力強化、船員の働き方改革・内航海運の生産性向上等を図るもので、正式名称は、「**海事産業の基盤強化のための海上運送法等の一部を改正する法律（令和3年法律第43号）**」という。

新法ではなく、海上運送法、造船法、内航海運業法、船員法、船員職業安定法、船舶安全法の6本の既存法律の改正をまとめて行ったものである。

本日は、海事産業強化法の狙いや内容を網羅的に説明することはしない。

本法の策定段階で、特に重要と考えていた課題や狙いについて、その一部を紹介し、それらについて、本法成立当時から現在に至るまでの成果、環境変化、さらなる課題、について考察したい。

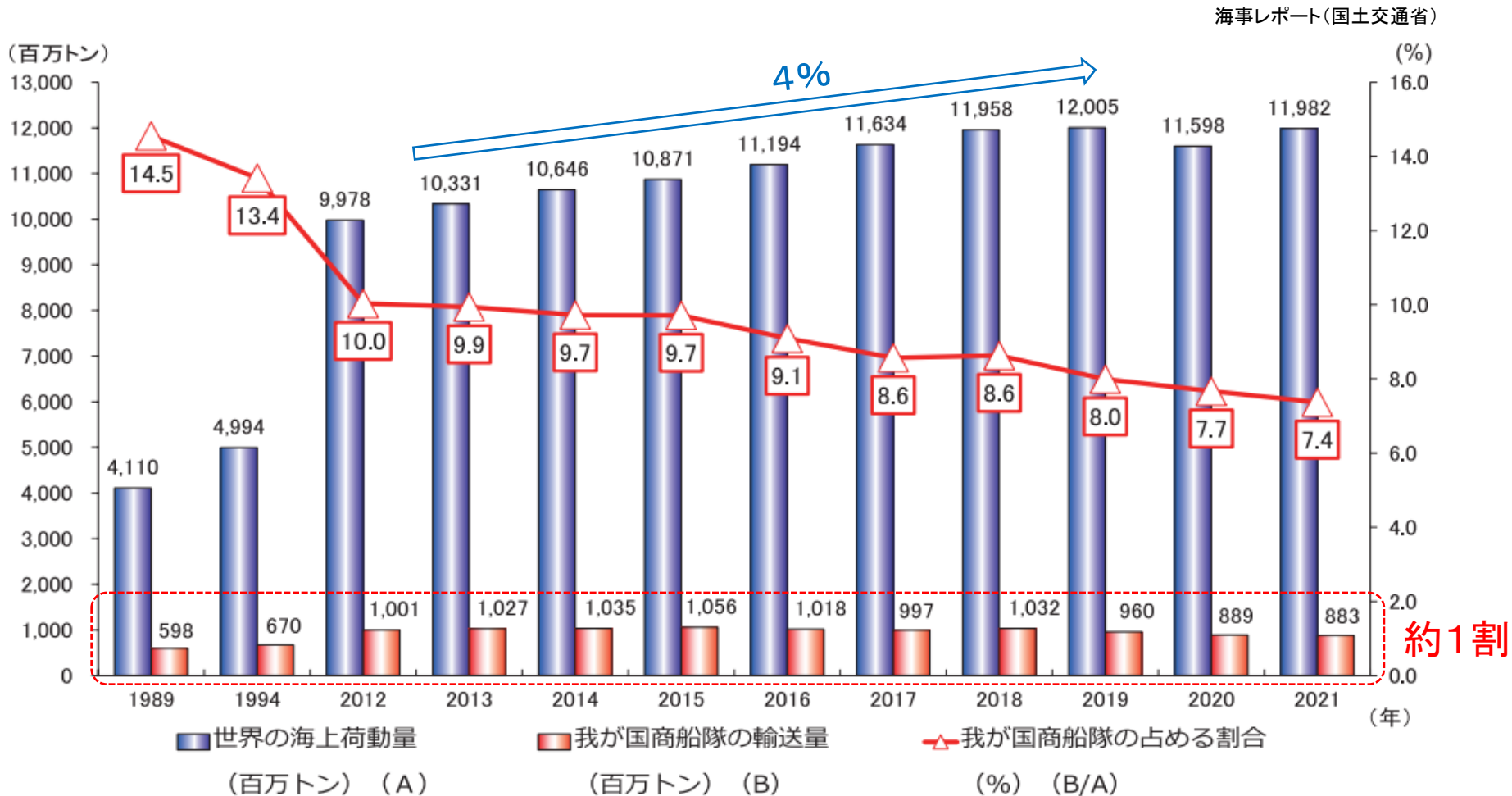
※なお、重要と思っている課題の選択を含めて、個人の意見です。

# 課題 1

日本の海運と造船（舶用含む）の関係性：  
共に成長できるか

# 世界全体の海上輸送量と日本商船隊の世界シェア

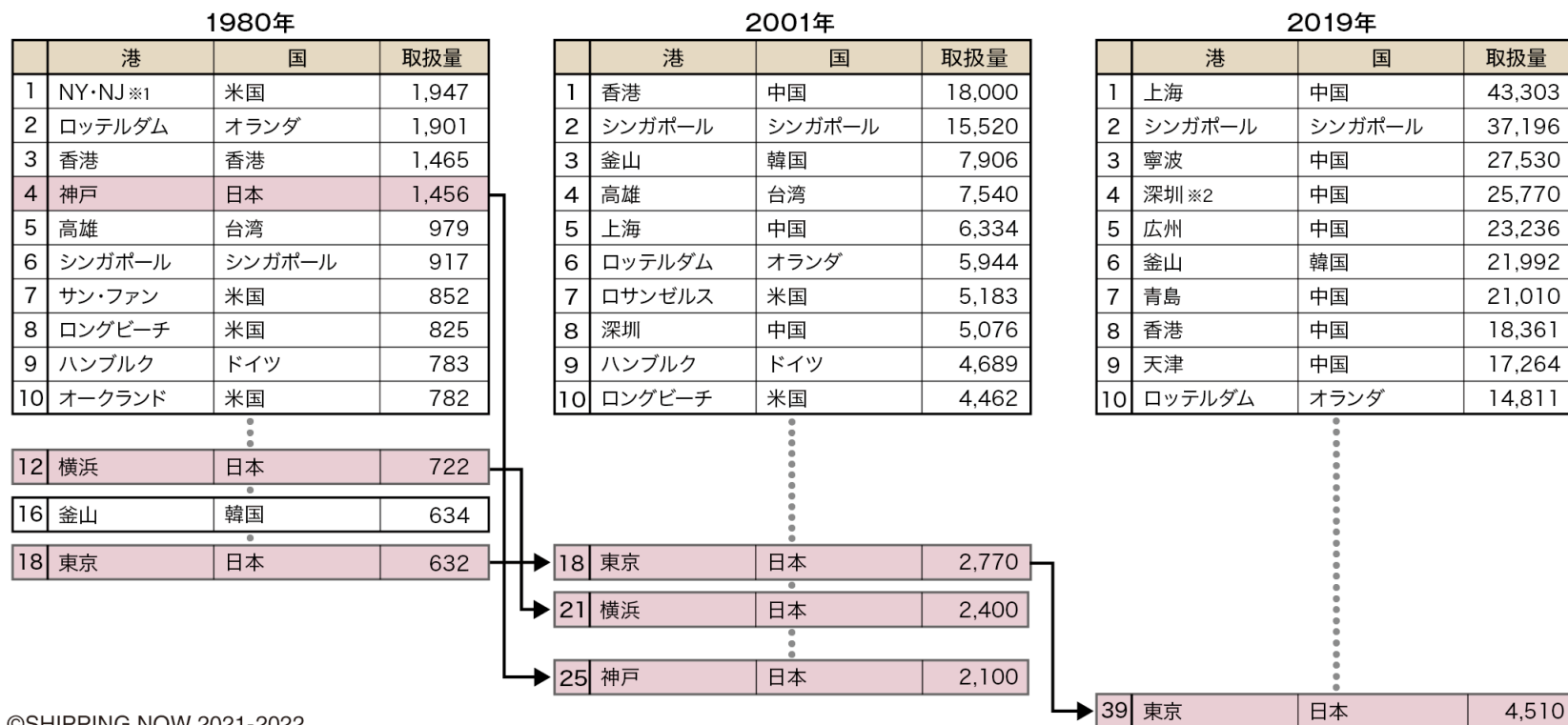
- 世界の海上荷動量は拡大傾向(伸び率:約4% 年率)
- 日本商船隊の輸送量は、ほぼ横ばい(年間10億トン)で、世界シェアは約1割(減少傾向)



# 世界主要港コンテナ取扱量の推移

(1980,2001,2019年経年比較)

コンテナが貨物の全てではない。しかし、トレンドとして、日本発着貨物量の相対的低下を示す。→世界に占める日本経済全体の相対的シェアの低下



©SHIPPING NOW 2021-2022

日本船社にとってみると、「日本発着貨物」以外の輸送(「三国間輸送」)で海外船社との競争に勝たなければならない。

→昔は日本の荷主(石油、製鉄、自動車など)向けに輸送していればよかったが。



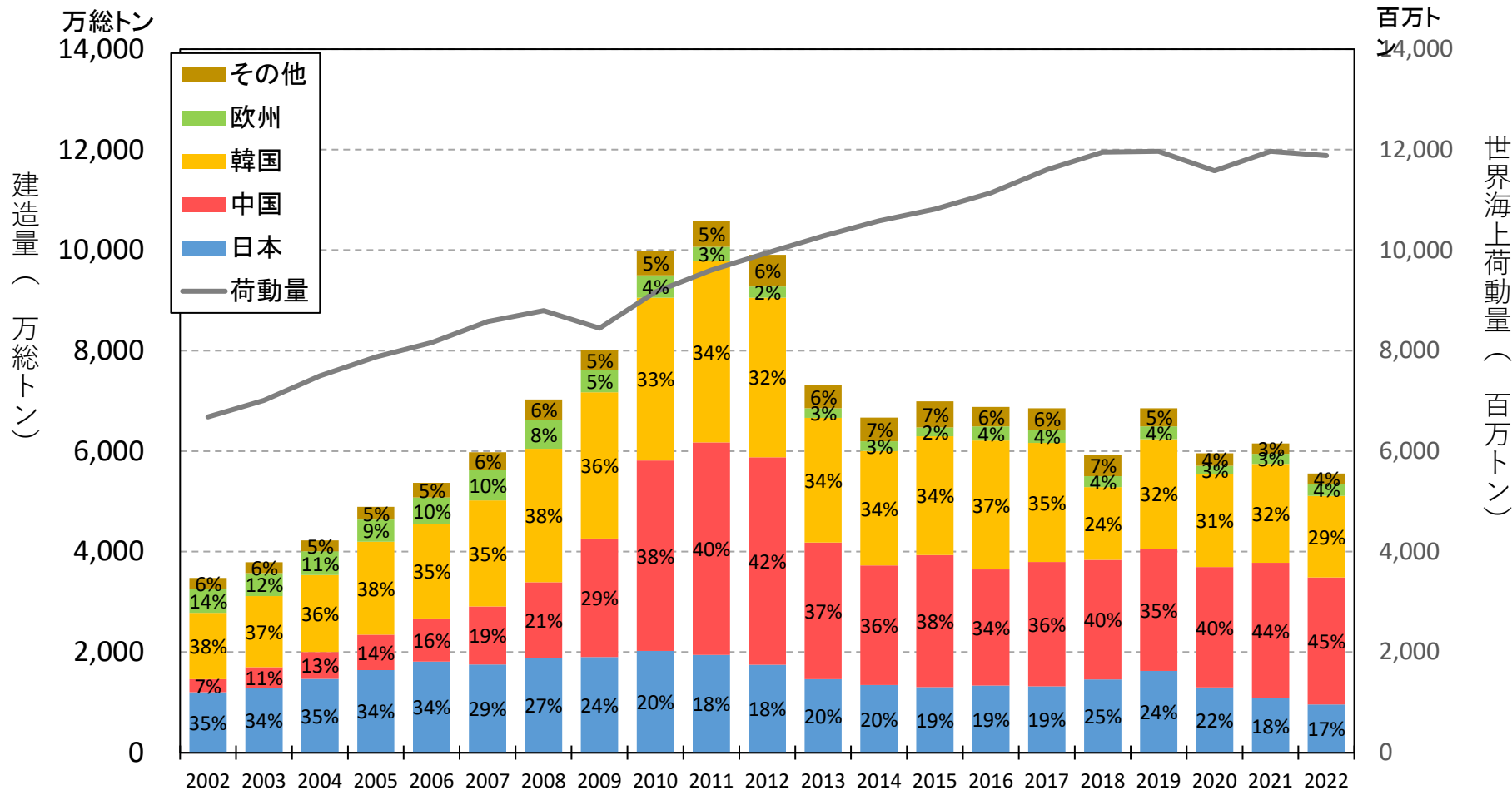
日本の海運は世界でもメジャープレイヤーだが、日本の経済力が相対的に低下する中で、「日本に頼らない」ビジネスを強化せざるを得ない。

三国間輸送、また、海洋開発などの新規分野などで国際競争に打ち勝っていかなければならない。

性能に優れた船舶を、デジタル技術を活用して「賢く」運航することが必要。

# 世界における船舶建造量

世界的に建造需要が低迷する中、中国が建造量を維持しシェアを増大する一方、日本は2019年以降、建造量・シェアがともに減少。韓国も2019年以降、建造量が減少。



出典: IHS Markit (建造量)、Clarkson (海上荷動量)

※海上荷動量はトンベースであり、2022年は推計値

国営の中国造船所、巨額の公的支援を受ける韓国造船所との競争の中で、相対的に規模の小さいわが国造船業は苦戦した。

魔法のような解決策はない。

過去において、日本の造船と海運は協働しつつ、共に成長してきた。

例えば、

日本の製鉄会社用の鉄鉱石運搬船を日本海運が長期契約、当該荷主から厚板を多く調達している日本造船が受注

→かつては予定調和的だったが、今は実海域燃費性能などを厳しく評価される。

日本海運では海外建造船が増加する等、日本造船との関係性や周辺環境は年々変化している。

例えば、

かつての日本の電力・ガス企業向けのLNG輸送船、日本海運が長期契約し、日本造船が荷主の意向をふまえてMOSS型を建造。

→現在はLNG輸送船はコモディティ化し、「どこでも使いやすい」メンブレンが主流に。MOSSに集中した日本は撤退。

そのような変化の中での、日本出資の海運会社による大型コンテナ船建造計画（2020年～）

これを日本造船が失注した時の影響、メッセージ効果は計り知れない（と、当時、考えた）。

# 大型コンテナ船保有用船事業へのJOIN出資を認可

令和4年6月 国土交通省プレスリリース

国土交通大臣は、令和4年6月27日、大型コンテナ船保有用船事業への株式会社海外交通・都市開発事業支援機構（JOIN）の支援について、JOIN法に基づく認可を行いました。

JOINは、正栄汽船株式会社とともに船舶保有特別目的会社を設立して、世界最大級・低燃費のコンテナ船を保有・用船し、我が国海事クラスターの国際競争力強化を後押しします。

本事業は、正栄汽船株式会社及びJOINが、リベリアに特別目的会社を設立して世界最大級・低燃費のコンテナ船を2隻保有するとともに、正栄汽船子会社を通じて日系海運会社に対して定期用船することにより、我が国造船業及び海運業の競争力強化に資するものです。

世界最大級の貨物積載量（24,000TEU）によるスケールメリット及び最先端の船型設計による低燃費化により、海上輸送コストの一層の削減を実現するコンテナ船が、我が国造船会社により初めて建造されるとともに、日系海運会社により運航されることで、我が国造船業及び海運業の競争力強化に寄与します。

## 《本事業の概要》

■ 参画企業 : 正栄汽船、JOIN ■ JOIN出資額 : 約42億円

## 海事産業強化法の背後にある思い：

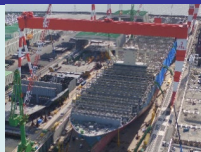
（前述の案件の実質的意思決定は、海事産業強化法が出来る前のこと）

- ◆公的支援を提供した「単発」で終わらせたくない。
- ◆海運と造船の好循環が継続するような仕組みができないか。

# 海事産業強化法(造船・船用分野と海運分野の競争力強化)

- 令和3年5月、**海事産業強化法**が成立し、造船・船用分野及び海運分野は令和3年8月20日施行。
  - <造船・船用分野> 造船・船用事業者が作成する**生産性向上や事業再編等に係る計画**の認定・支援制度を創設。
  - <海運分野> 海運事業者等が作成する、**安全・低環境負荷で船員の省力化に資する高品質な船舶(特定船舶)の導入に係る計画**の認定・支援制度を創設。令和5年7月には、日本船主が作成する、**我が国の経済安全保障上重要な外航船舶の確保等に係る計画**の認定・支援制度を創設。
- ⇒ **供給側の造船・船用工業と需要側の海運業の両面からの総合的な施策により好循環を創出**

## 造船・船用分野



### 事業基盤強化促進基本方針

(国土交通大臣等が策定)

大臣認定

### 事業基盤強化計画

(造船・船用事業者が作成)

#### <支援措置>

- **長期・低利融資**
- **税制の特例措置(登録免許税) 等**

31グループ・49社を認定

好循環を創出

## 海運分野



### 特定船舶導入促進基本方針

(国土交通大臣等が策定)

大臣認定

### 特定船舶導入計画※1

(海運事業者等が作成)

※1 事業基盤強化計画の認定を受けた造船事業者の建造する船舶が対象

#### <支援措置>

- **長期・低利融資**
- **税制の特例措置(固定資産税)**
- **内航船の建造支援(JRTT) 等**

18件・19隻の特定船舶を認定

※令和5年7月に創設

### 外航船舶確保等基本方針

(国土交通大臣が策定)

大臣認定

### 外航船舶確保等計画

(日本船主が作成)

#### <支援措置>

- **税制の特例措置**  
(特別償却率を最大12%上乘せ※2)

※2 事業基盤強化計画の認定船用事業者が製造する舶用品(主機エンジン、プロペラ及びびナー)を搭載し、かつ、認定造船事業者により建造された船舶が対象

(※認定状況は令和6年公表予定) 15

好循環が生まれるために:

- 造船が海運の新たなニーズに合うような製品を供給できるよう、パートナーとしてコンセプト段階から協働できるようにすることが必要。

「うちの製品はこれだけです」という対応は不可。

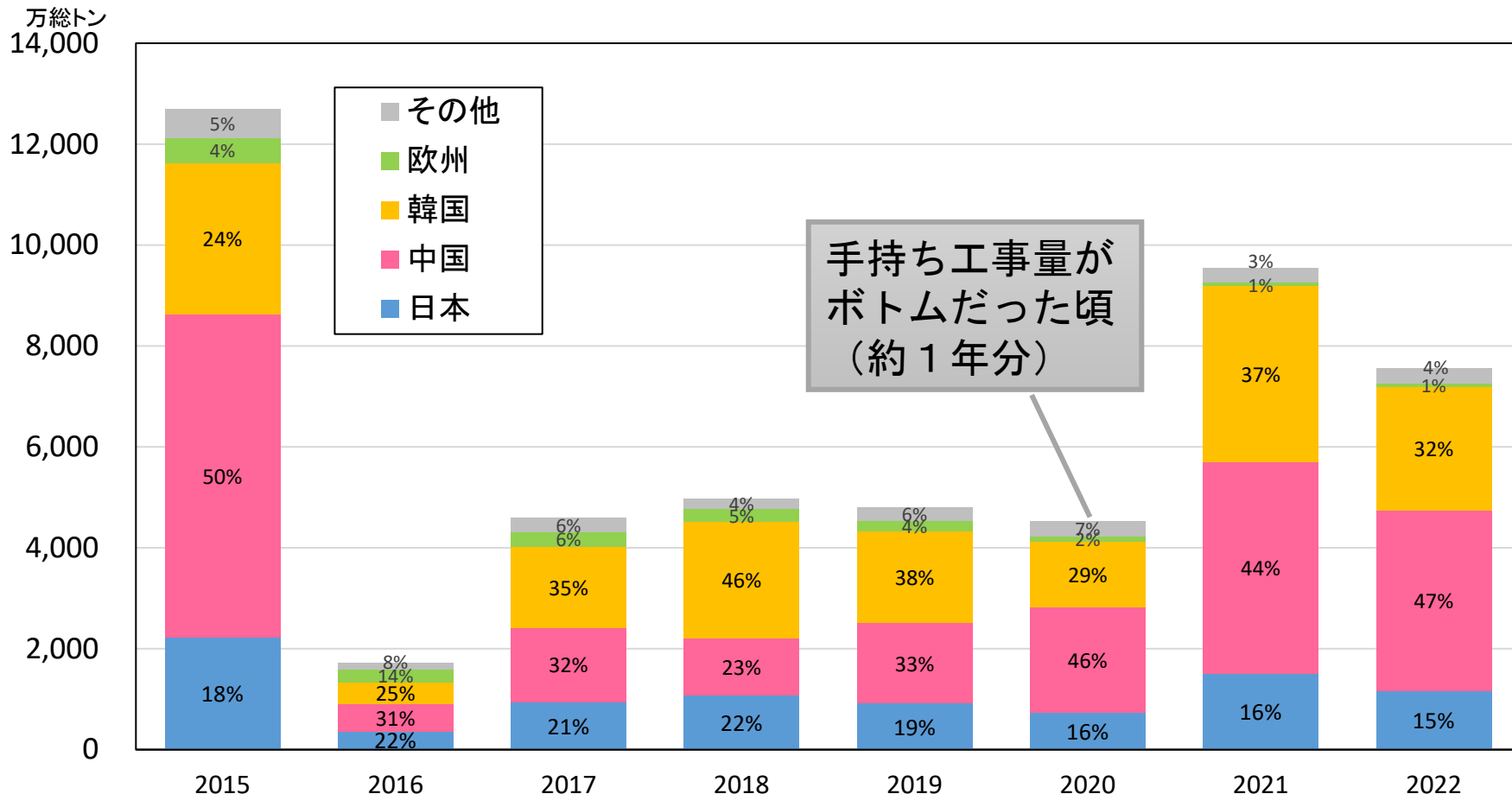
- 一方で、造船側のマンパワーも限られていて、全方位の検討は難しい。海運側としては、この制約を意識し、長い目で協働して、商売道具(船と、それを効率的に動かすためのソフトを含む)の磨き上げに努めてほしい。

⇒好循環を生むための支援措置を用意する



# 世界における船舶受注量と国別シェア

世界的な発注の低迷の中、2020年にかけて日本の受注量・シェアが減少。2021年以降、コンテナ船・LNG運搬船の受注を中国と韓国が大きく獲得し、日本のシェアは15-16%で推移している。



出典：日本のデータは日本船舶輸出組合 他国のデータはIHS Markit

(※IHS Markitは、日本の足元の受注データの捕捉率が低く市況を反映できていないことから、日本船舶輸出組合の輸出船契約実績を使用している)

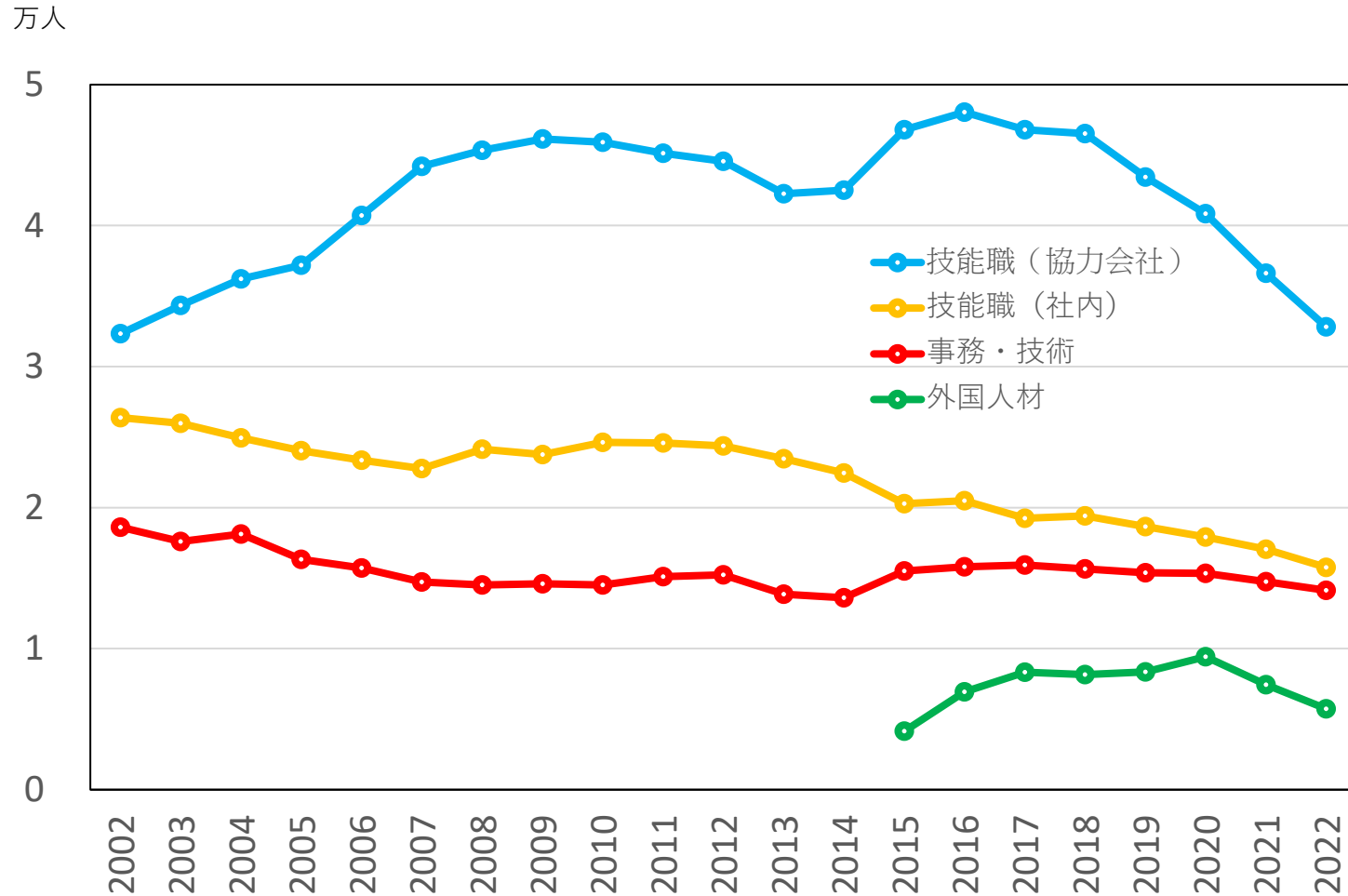
日本の手持ち工事量は2020年後半を底に、一定程度回復した。

しかし、  
厳しくなっている周辺環境、要因もあり。

一つは鋼材価格。国内厚板価格は、2021年初めから2022年半ばまでに8割上昇し、その後も高止まり。中韓との差が広がっている。

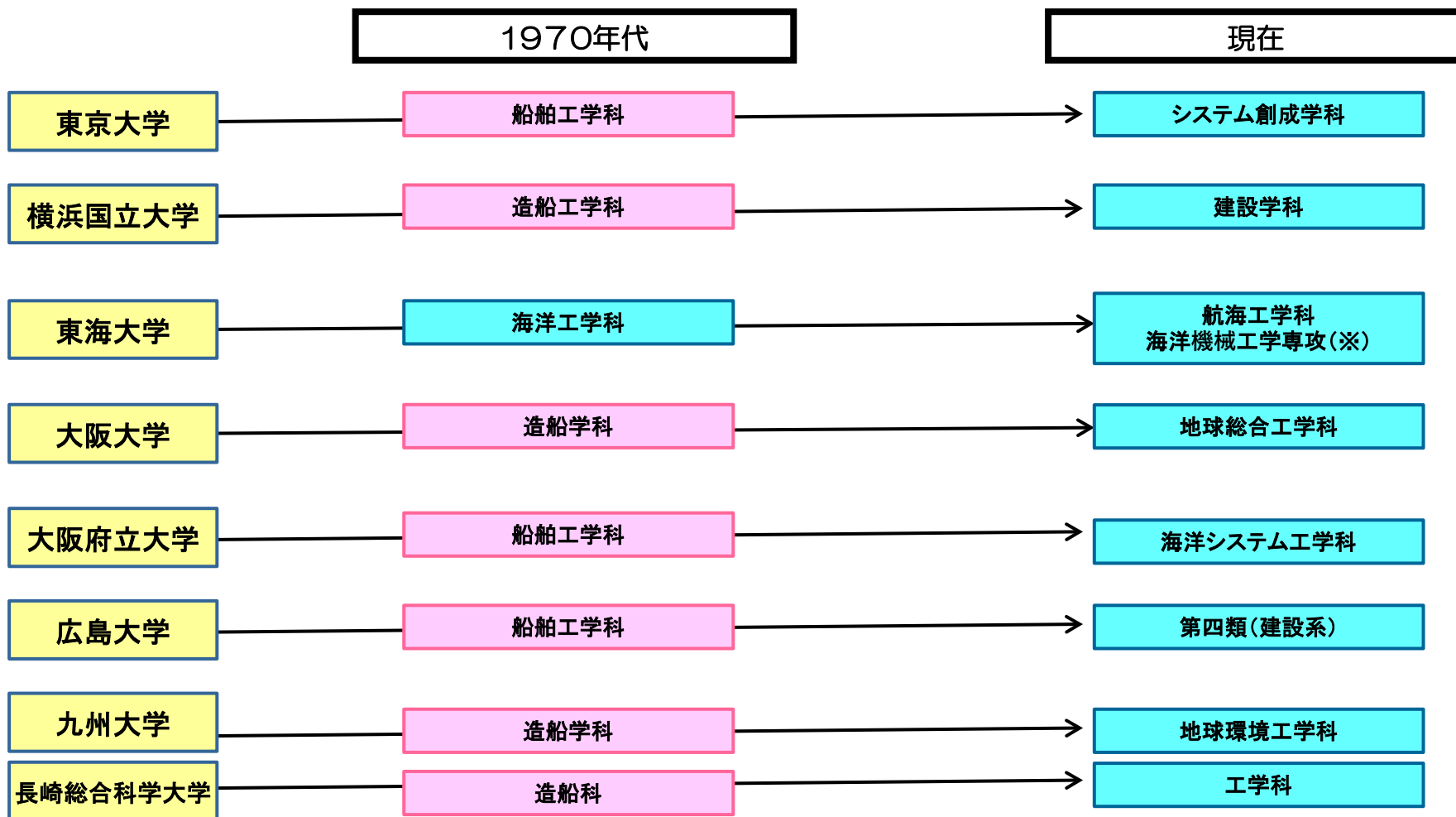
# 日本造船業における就労者数 【業種別】

事務・技術職数と造船所社内の技能職数は継続して減少傾向が続いている。一方、協力会社の技能職数は2016年まで増加し4.8万人に達したが、それ以降の減少幅が大きく3.3万人まで減少。



# 造船関連学科の変遷

時代の変遷に伴って造船関連学科は減少し、現在ではコース等の一部として組み込まれている。



※東海大学海洋学部は現在の2年生から再編され、船舶・機械系の専攻は無くなり、海洋理工学科海洋理工学専攻の一部（地質・化学等の理学系と一緒に専攻）となっている。

「造船関連学科の減少」→大学のせいには出来ない。

平成27年度 国土交通省海事局による

「造船業・海洋産業における人材確保・育成方策に関する検討会」に示されたように、大学側は努力している。

現代において、大学側は、  
学生が海事産業に興味を持つように、また、  
必要なスキルを少しでも学生時代に身につけられるように、  
考えうる全ての努力を行っていると感じられる。

# 第3回造船業・海洋産業における人材確保・育成方策に関する検討会 資料1-7 (公開資料、抜粋) 平成27年

## 大阪大学等における造船技術者育成に関する取組みの報告 大阪大学 梅田直哉

- 1) 船舶海洋工学科系学生の乗船経験 (第1回検討会指摘事項)
  - ・ 1年生全員の船舶見学 (年により海保巡視船、航海訓練所練習船など) 大学予算
  - ・ 2年生全員の船舶見学 (大阪近辺の停泊中の大型カーフェリー) 梅田准教授研究費
  - ・ 3年生全員の進水式見学 (三井造船玉野) 藤久保教授研究費
  - ・ 2~3年生希望者の造船所見学 (今治造船、新来島どっく) 今治造船提供
  - ・ 4年生の造船所見学 (今治造船広島工場: 14000TEUコンテナ船) 今治造船提供
  - ・ 4年生の乗船実習 (神戸大学練習船深江丸: 日帰り) 神戸大経費
- 2) 教材作成
  - ・ 日本船舶海洋工学会監修の「船舶海洋工学」教科書シリーズ 日本財団助成
- 3) 産官学連携による提供講義
  - 「海事政策重点プログラム」(国土交通省海事局と連携) 3年生「海事政策論」
  - 「関西海事アライアンス」(大阪府立大学、神戸大学と連携)
    - ・ 大学院前期1年「造船産業技術特論」(日本造船工業会提供)
    - ・ 大学院前期1年「海上物流と海運産業」(船主協会提供)
    - ・ 大学院前期1年「船舶のリスク管理」(国土交通省海事局・海技研・NK提供)
- 4) 産官学連携による提供講座
  - ・ 三井造船船舶ハイブリッド推進共同研究講座(2009年~2012年)(電気推進船の研究を通して電気系研究人材を海事分野へ) 国交省・NK補助金
  - ・ 今治造船共同研究講座(2014年~2017年)(水槽実験による省エネ船の設計開発)
- 5) 造船技術の絶え間ない技術革新の周知
  - ・ 2年生「船舶海洋工学序論」における船舶技術史の講義 (これまでの船舶の発展過程を学習することで、現在の船の姿が過渡的なものに過ぎないことを理解し、その将来を展望する視点を与える。)
- 8) 産官学におけるニーズと知見等の共有 (業界要望に基づく共同研究等の実施)
  - 例) 最低出力問題 ・ 国交省・造船業界より学会研究会で問題提起
    - ・ 学会で研究ストラテジー研究委員会立ち上げ ・ 研究委員会で研究計画の策定
    - ・ 日本海事協会よりの研究経費支援 ・ 3大学・2研究機関での実験中心の研究開始 (学部4年生、大学院生が研究に参加) ・ 中間成果をIMOへの提案文書に反映、現在IMOでも審議中

現在、60歳前後の人材（昭和の終わりに就職）は、造船業界に極端に少ない。（殆ど採用していないので当然）

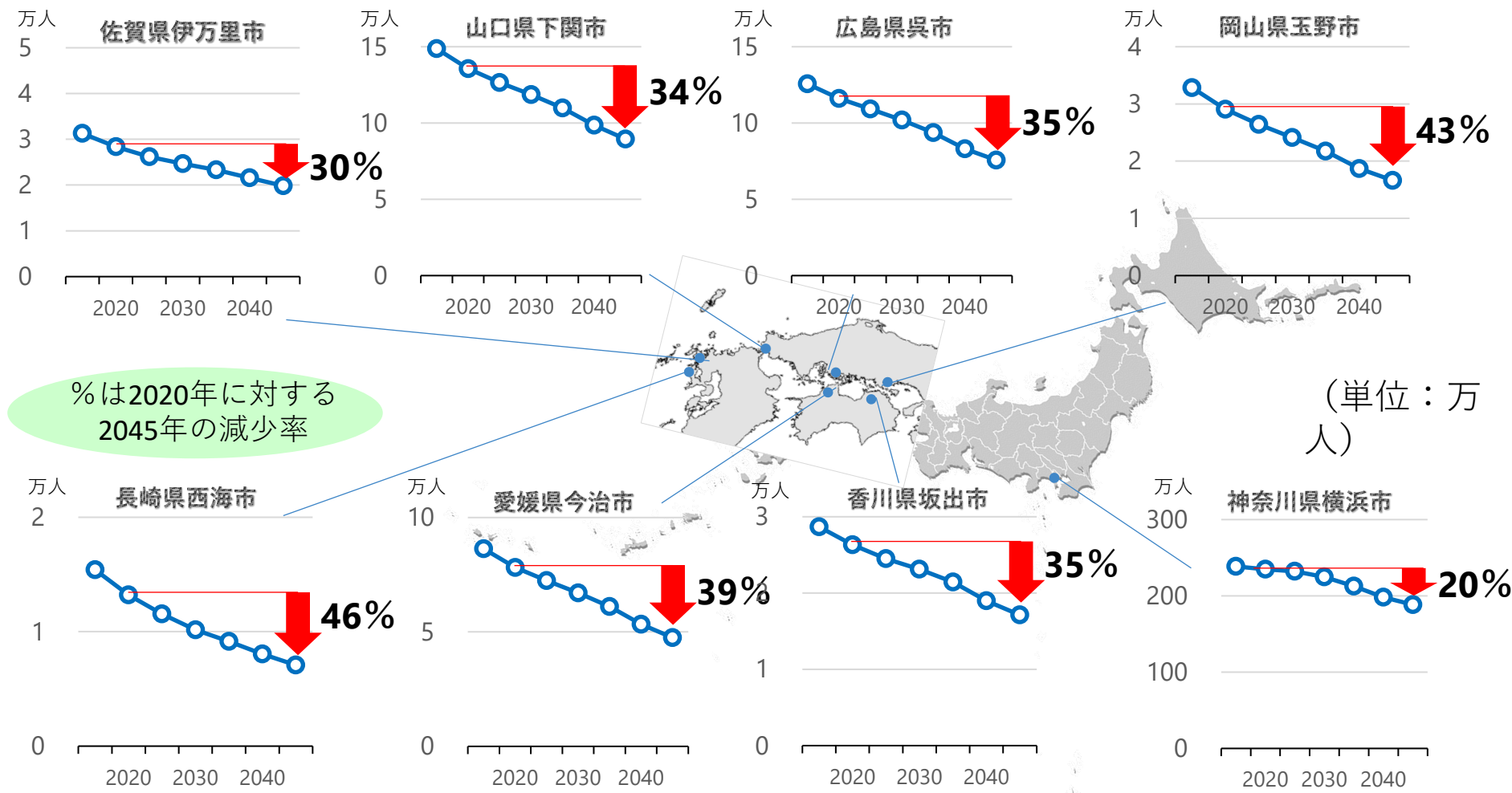
この世代が大学生だった頃、大学は何をしていたのだろうか？ また、企業側は産学連携をしていたのだろうか？

この世代が50歳前後で主力であるべきだった時代、日本造船業は、これまで建造経験の少ない船種にチャレンジし、痛手を被った。

人材育成には「時間遅れ」があるので、対策が難しい。

# 船舶産業が盛んな市区町村における生産年齢人口の将来推計

地方における生産年齢人口（15-64歳）の減少は、都市部を含む日本全体よりも早く進む。日本全体で22%（2020年に対して2045年の減少率）

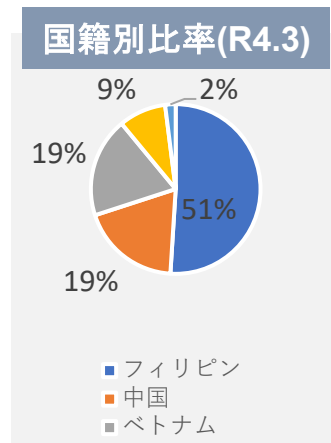
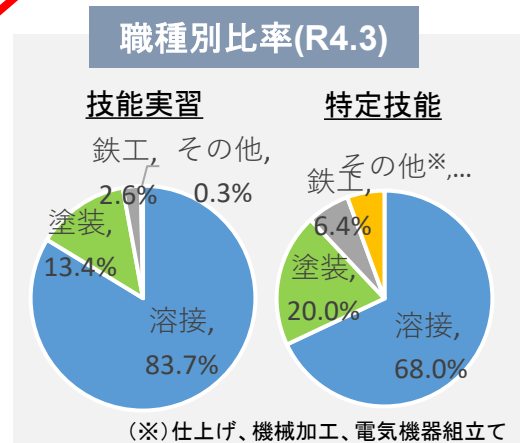
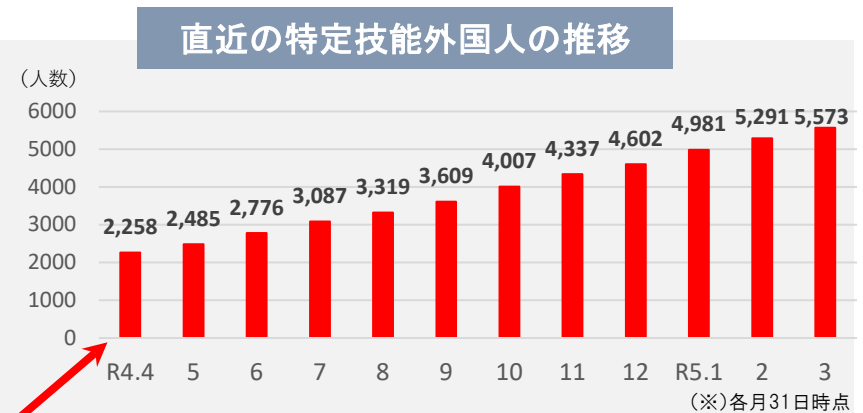
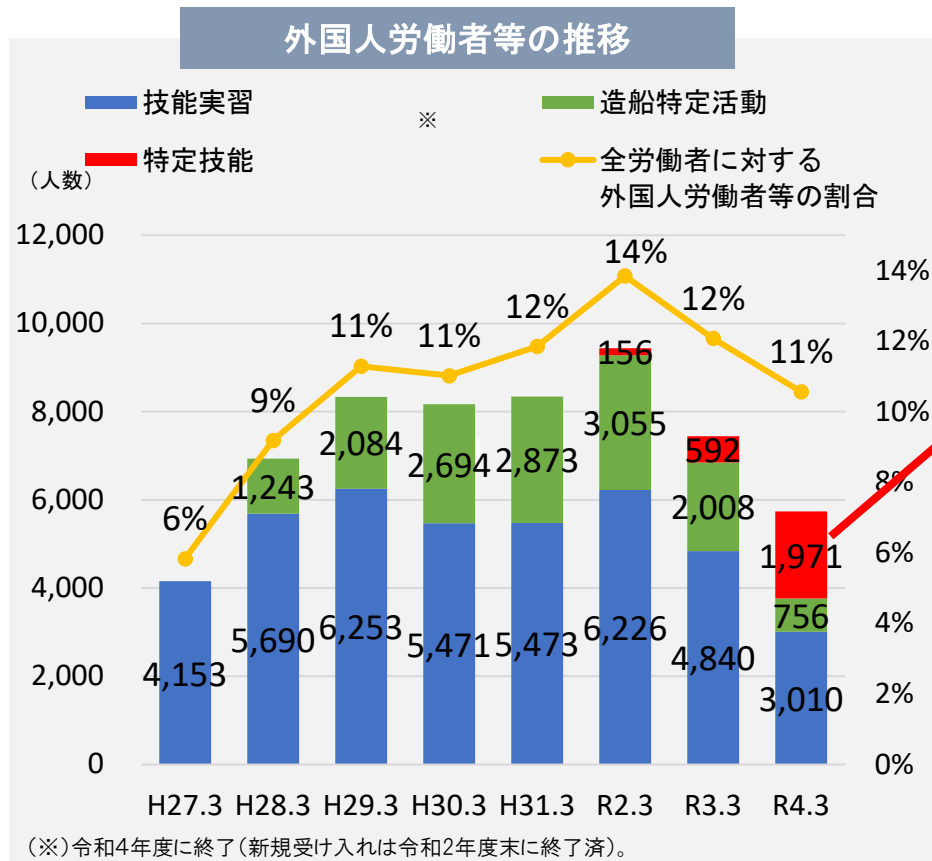


出典：国立社会保障・人口問題研究所「日本の地域別将来推計人口（平成30（2018）年推計）



# 造船・船用分野における外国人材の受入れ

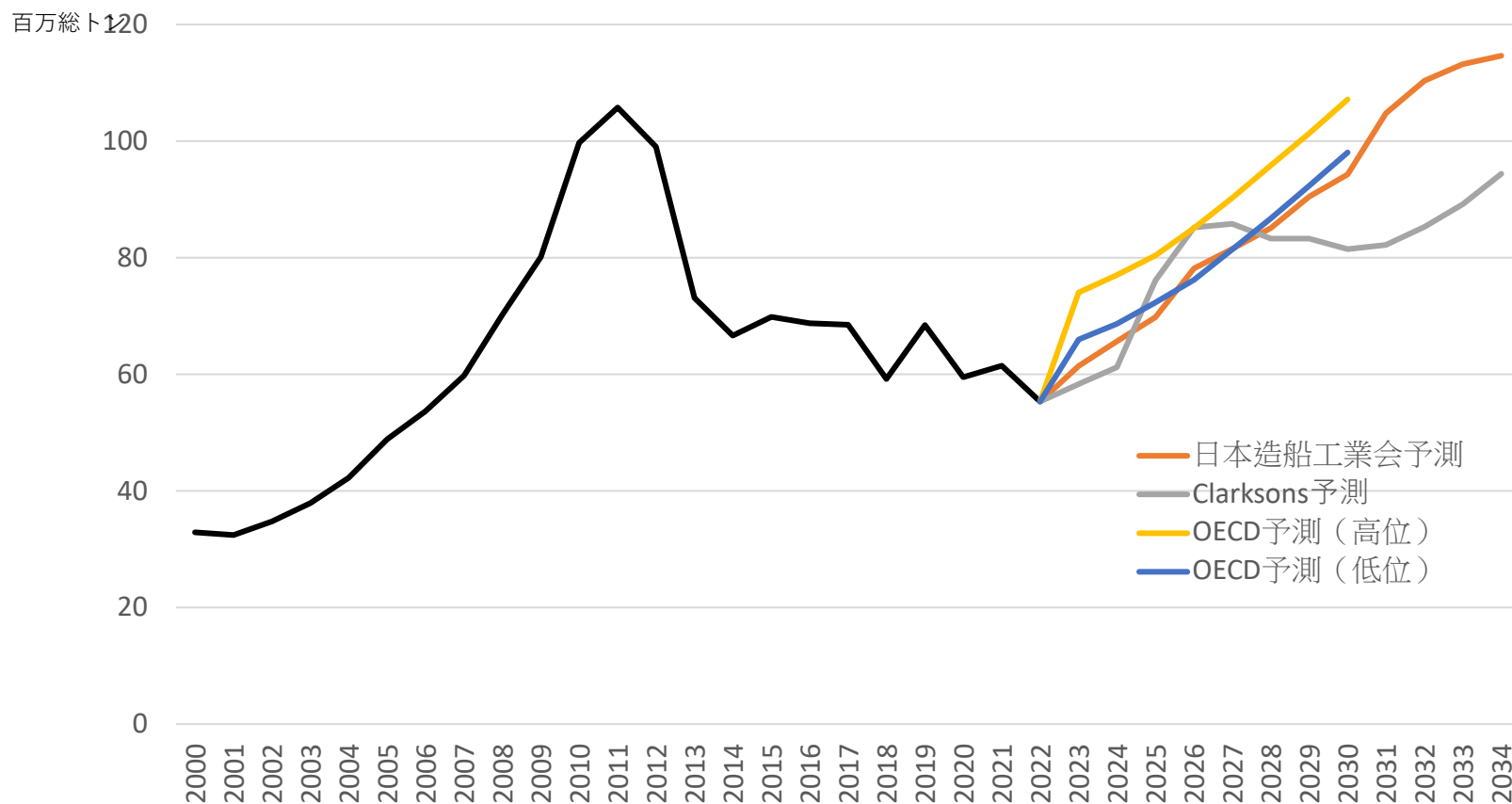
- コロナ禍による入国制限により、過去2年間は外国人労働者等の全体数は減少傾向にあったが、入国制限の緩和や造船事業者の操業度上昇に伴い、直近の特定技能外国人の受入数は増加傾向。
- 外国人造船就労者受入事業（造船特定活動）は、昨年度末に終了（新規受け入れは令和2年度末に終了済）。（令和5年3月の特定技能外国人の受入れ数は、5,573人）



(出典) 技能実習及び造船特定活動は国交省調べ（造船業のみ）。特定技能は入管庁調べ（速報値）。  
技能実習は各年4/1時点。造船特定活動及び特定技能は各年3/31時点。外国人に係る数値は在留数。

# 今後の世界的な船舶建造の需要見通し

海上輸送量の増加や過去の大量に建造された船舶の代替需要等によって、各機関は、**建造需要が増加**していき、2030年代に1億総トン規模まで増加すると予測している。

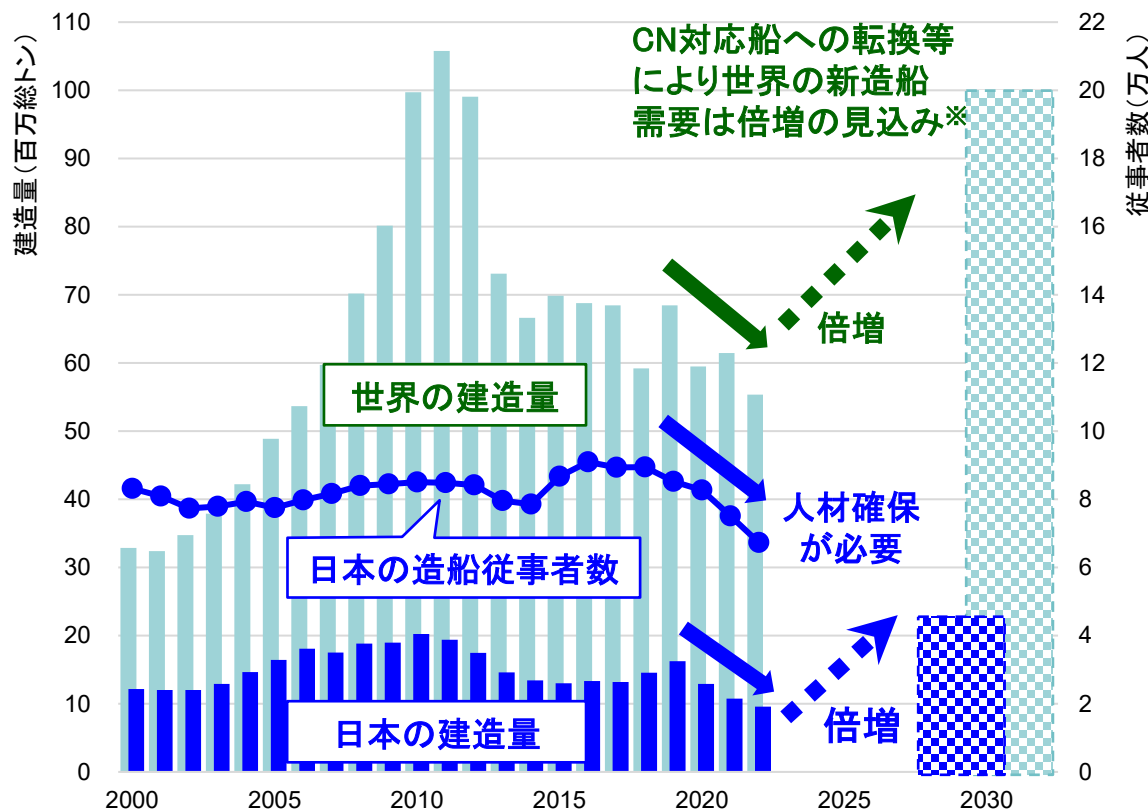


出典： 日本造船工業会予測： 日本造船工業会資料（2022年12月）  
Clarksons予測： Clarkson Shipbuilding Forecast Club資料（2022年9月）  
OECD予測： Monitoring developments of ship supply, demand, prices and costs（2022年11月）

# 造船市場の動向と今後の課題

ショートカットの道はなく、国交省海事局の示す、以下の課題と方針で地道に進むしかない。

- 世界的に新造船需要低迷が長期化する中、中韓との熾烈な価格競争で **人材を含めた技術・生産基盤の一層の強化が課題**
- 今後、新造船需要の回復局面で **2030年代の需要は倍増** すると見込まれる一方、人材確保は困難な状況
- CN・自動運航などの **新技術への対応力を強化** しつつ、経済安全保障を支える **船舶の供給基盤の強化** が喫緊の課題



※ OECD予測: 1.0~1.1億総トン(2030年)  
 Clarksons予測: 0.82億総トン(2030年)  
 0.94億総トン(2034年)

## 課題

経済安全保障を支える  
船舶の供給基盤の強化

船舶関連機器の  
サプライチェーン強靱化

デジタル技術を活用した建造量の倍増、  
次世代船舶への対応力の強化

バーチャル・エンジニアリングの実現

高度な造船人材の確保・育成

魅力ある職場への変革  
外国人材の円滑かつ適正な受入れ

## 海事産業強化法成立の後の動き

**経済安全保障**： その重要性の認識が高まり、新たな支援措置が講じられることとなった。

- **サプライチェーン強化**のための支援を受けて船用部門における設備投資は進められるだろう。
- もう一つの柱である「**先端的な重要技術**」の**開発**を進められるような、人的資源は足りるか？

今後、**需要のパイが増える**、**新しい切り口の支援措置も用意された**。  
しかし、

**人的資源の制約**という点では、過去もっとも厳しい局面にある。

**「人は、もっとも欠乏した（＝貴重な）資源である」**ことは、  
後述の論点3（内航）と同じ。（造船の方がもっと深刻か）

**限られた資源を効率的に活用する。**

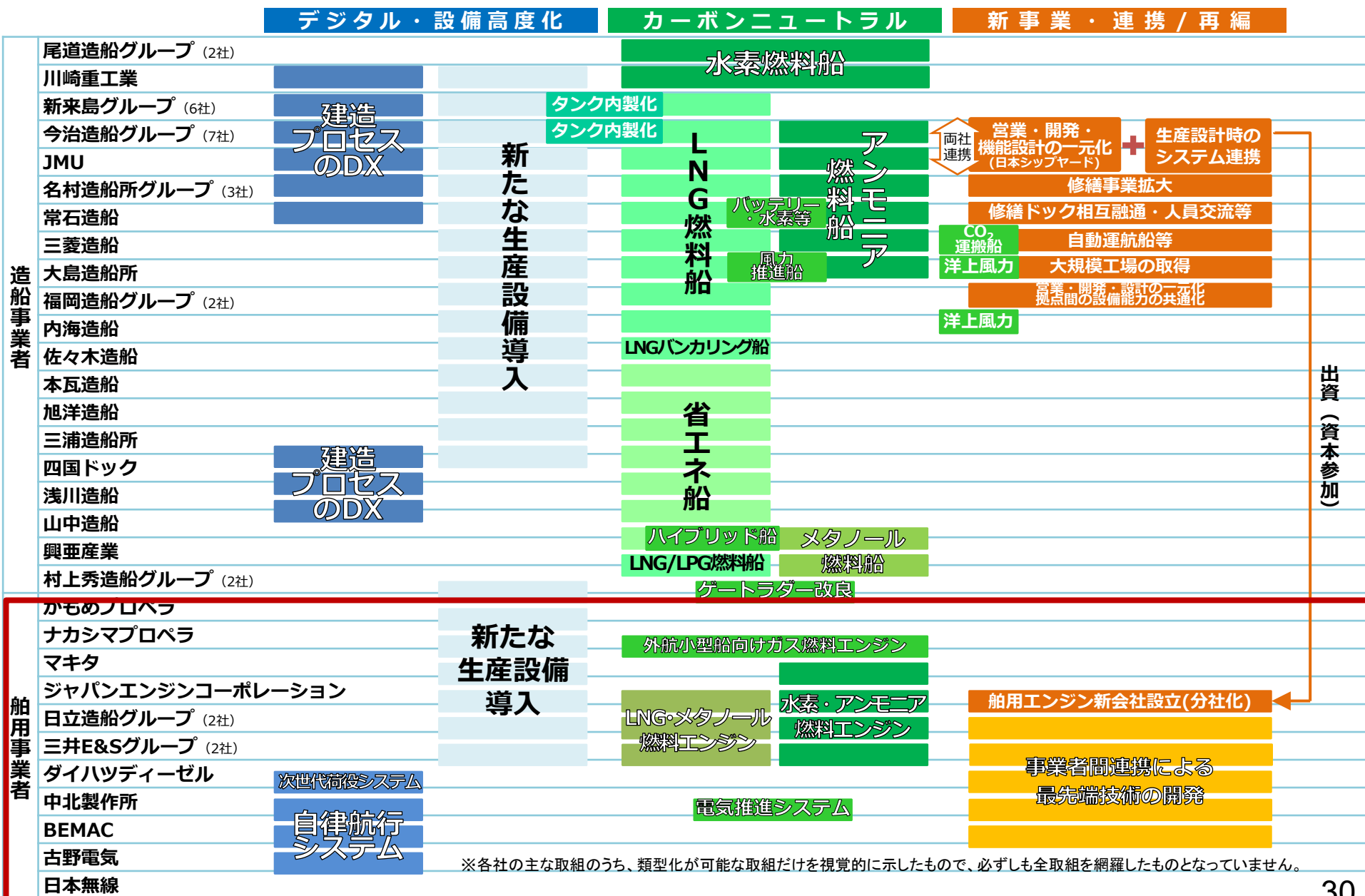
例えば、

日本海運にとってワン・ストップで相談できるような、（海運のニーズに応える）エンジ・設計会社※に、資源を集める

- ・コンセプト段階から双方向で相談
- ・サプライチェーンも含めて提案
- ・「どこで造るか」は案件ごとに選択

※この経営には海運側の関与・コミットが必要と思われる。（残念ながら）造船だけでは、まとまらないだろう。（前述の特定年代の人材難が背景。）

# 造船・船用事業者による事業基盤強化計画の取組内容 (令和5年8月10日時点)



※各社の主な取組のうち、類型化が可能な取組だけを視覚的に示したもので、必ずしも全取組を網羅したものになっていません。

出資 (資本参加)

## 課題 2 脱炭素化を成長の糧にできるか

海事産業強化法における造船・船用事業者の取り組み（事業基盤強化計画の内容）を見ると、カーボンニュートラルへの対応に重きを置いていることが分かる。

造船産業の未来に大きな影響を与えるカーボンニュートラルへの動向について考察する。

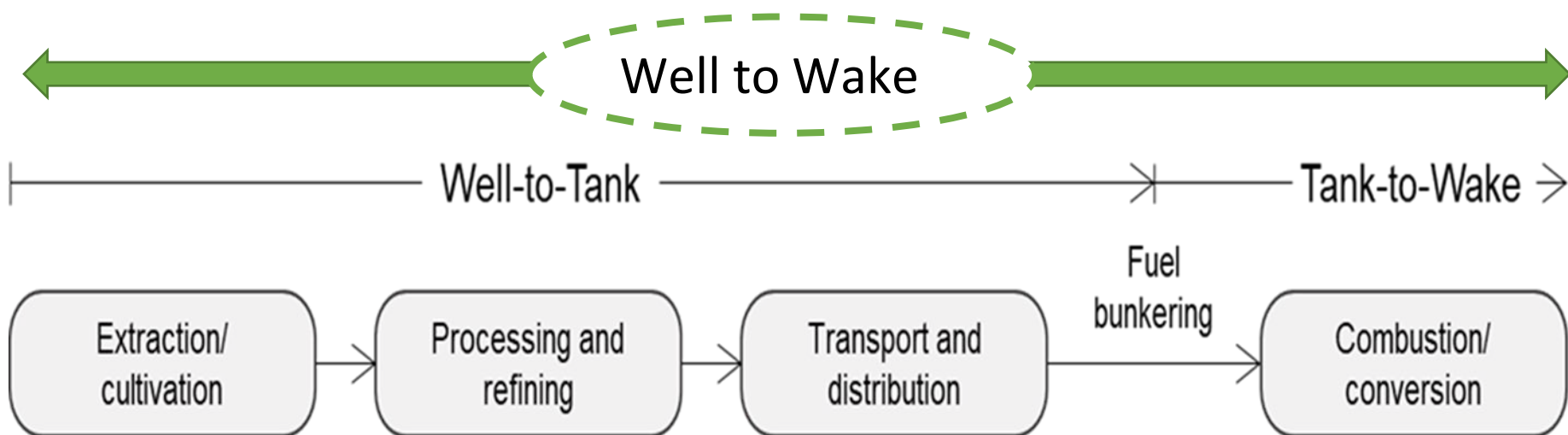
IMO削減目標の改定（2050年半減 → 2050年ゼロ）も厳しいが、

「Well to Wakeを考慮する」（曖昧な表現ではある）が、はるかに厳しい。

これまでの段階的ゼロエミッションに向けての努力は、

Tank to Wake（船上での燃料燃焼による排出）の減少を目指すもので、成果を上げてきた。

Tank to Wakeをゼロに近づけることは、視界に入っている。





# 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 (GI) 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



アンモニア燃料試験エンジン

アンモニア燃料供給設備

#### 課題

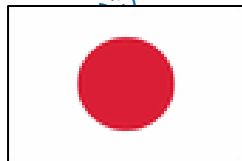
- 水素**
- ・ 異常燃焼(ノッキング)の発生
- アンモニア**
- ・ 亜酸化窒素( $N_2O$ )<sup>\*</sup>の発生
- ※ $CO_2$ の300倍の温室効果

→ 高度な燃焼制御・燃料噴射技術



### ゼロエミッション船

(水素・アンモニア船のイメージ)



### 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

### 我が国船用エンジンメーカーによる世界初の取組

- 令和5年5月、(株)ジャパンエンジンコーポレーションが船舶用大型低速2ストロークエンジンでの世界初のアンモニア燃料と重油の混焼運転試験を開始。
- 同月、(株)IHI原動機も実船に搭載予定の4ストロークエンジンでの世界初のアンモニア燃料と重油の混焼運転試験を開始。

# Tank to Wakeを減らす努力は進んでいる

## 低炭素・脱炭素燃料によるGHG削減率



### 脱炭素燃料

N<sub>2</sub>Oの発生を抑制しつつ、アンモニアの混焼率を高めることが技術課題

### 低炭素燃料（化石燃料由来）

GHG削減効果 25%以下程度  
⇒ブリッジソリューションの位置づけ

### ブリッジソリューション

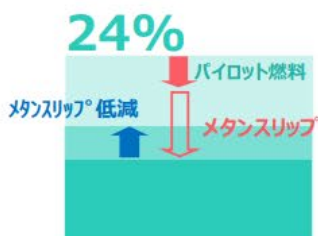


メタノール

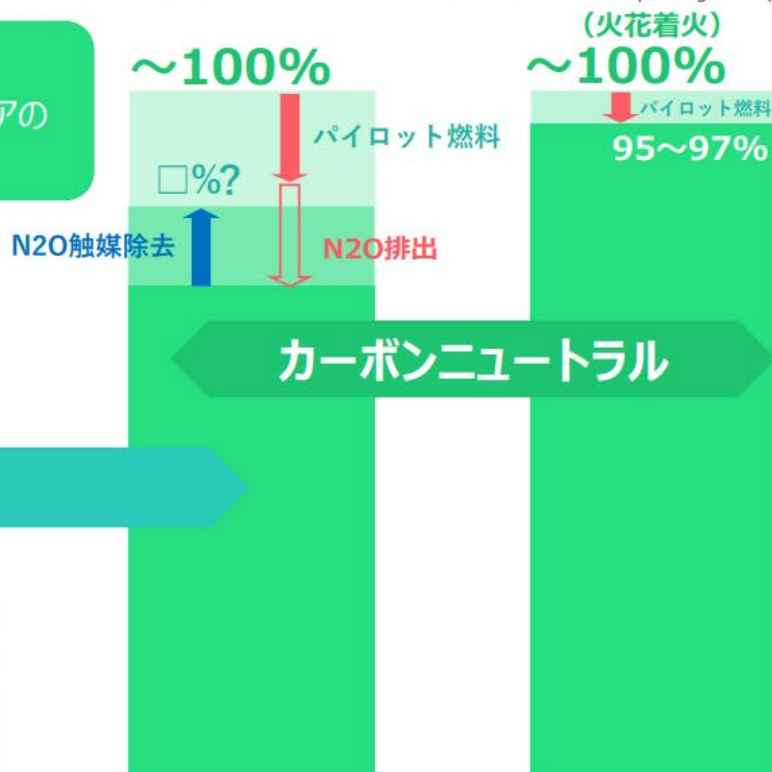


LPG

低炭素燃料



LNG



アンモニア

水素

脱炭素燃料

# アンモニア燃料試験エンジン



アンモニア燃料試験エンジン

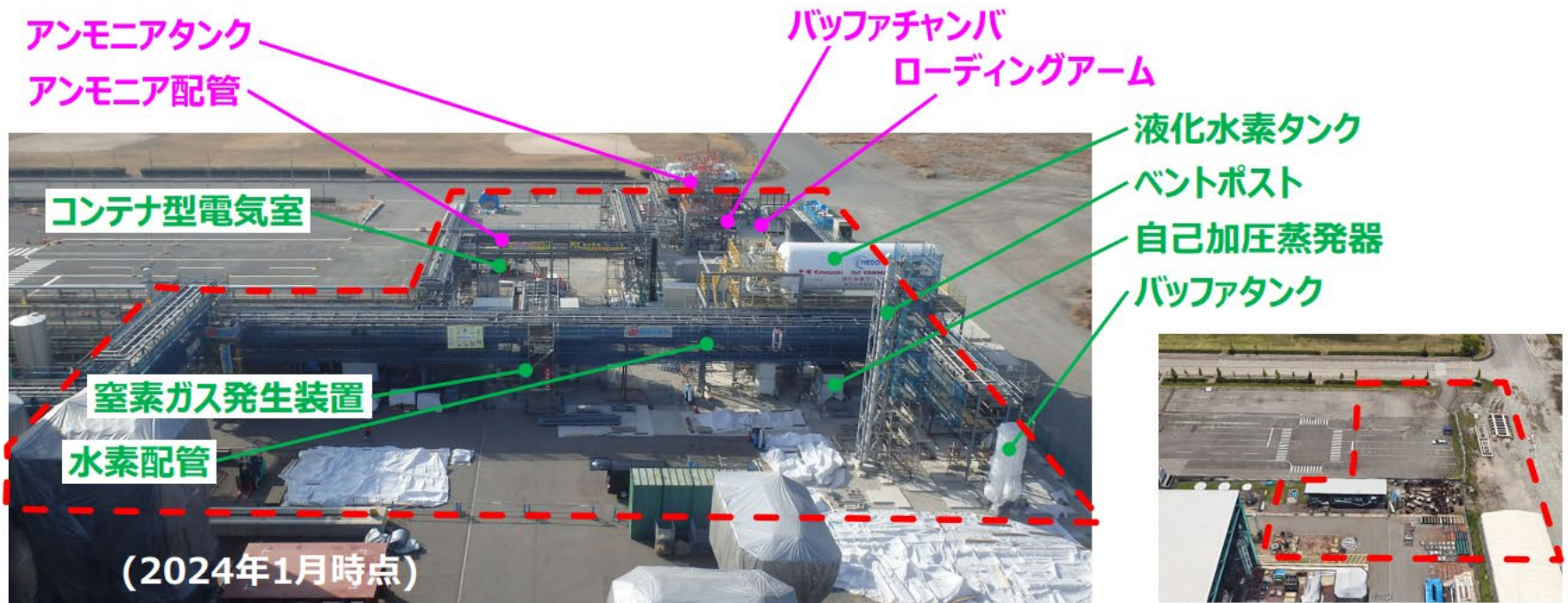


アンモニア供給設備

- 三菱重工業総合研究所長崎地区にある単筒試験エンジンのアンモニア燃料エンジンへの改造工事と、同エンジンへアンモニア燃料を供給するアンモニアタンクやアンモニア供給装置を設置。
- 2023年5月に、**低速2ストロークエンジンでは世界初となるアンモニア混焼運転をスタートした。**各種運転パラメータを最適化し、燃費や排ガス性能の見極め、安全性の実証を行っていく。

# J-ENG本社工場（兵庫県明石市）設備の建設状況

2024年度の完成を目指し、J-ENG本社工場内に、水素・アンモニアの陸上試験運転設備の設置工事を実施中。



- 2021年8月、KHI様/YPT様/J-ENGの3社共同出資にて設立
- 共通要素技術(燃焼、材料)の開発や、標準化・ルール作りなどを推進
- 水素燃料エンジン陸上運転共用設備の維持・運用  
(水素燃料エンジン運転設備は、J-ENG本社工場[兵庫県明石市]に設置)

**水素エンジンの陸上実証設備 (3社共用)**  
J-ENG本社工場 (兵庫県明石市) に設置



水素貯蔵装置



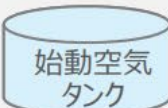
水素供給装置



潤滑油  
タンク



清水  
タンク



始動空気  
タンク

- 潤滑油・清水・始動空気系統
- 加熱・冷却装置
- 制御装置、安全装置
- 電源設備、建屋等

特殊装置 (SCR等)

推進用 中速  
4ストロークエンジン

← 川崎重工業様

補機用 中高速  
4ストロークエンジン

← ヤンマーパワーテクノロジー様

推進用 低速  
2ストロークエンジン

← ジャパンエンジンコーポレーション

水素エンジン開発において、陸上運転設備を共用し、複数企業が同じ場所で開発・実証を進めているのは画期的。

Tank to Wake排出を減らすのは視界良好として、何故、Well to Wakeを減らすのが困難なのか。

# Back to the Basics どうすればCO<sub>2</sub>排出を減らせるのか

## 【方法1】

**エネルギーの消費量(燃料使用量)を減らす**

船が少ないエネルギーで進むためには？

とりあえず、方法1でやろう！ →日本がリードし、成果を上げてきた。

## 【方法3】

**「燃料」を使わずに、電気を使う(※)**

※ただし、水力・地熱・太陽光・風力などの再エネ又は原子力で作った電気

バッテリーは小型・短距離の船しか使えない

**残念！**

## 【方法2】低・ゼロ炭素燃料を使う

当面、「低」炭素のLNGを使う  
将来は、ブルー・グリーンな水素・アンモニアを使う

**時間がかかる！**

ここを、深掘りしてみる。

**船が進むときの抵抗を減らす**

→摩擦抵抗、造波抵抗

(人間が泳ぐときに大きな波は立てたくない。水着を改良したりする。)

**船が進むときの無駄を減らす**

プロペラの回転が100%推進力になっているわけではなく、ロスがある。(人間が腕を掻く、バタ足をするときロスがあるのと同じ)

**「自然の助け」を借りる**

カイト、帆により風力を用いて、エンジンの出力を減らす。

# CO<sub>2</sub>排出を減らす方法

# ゼロ炭素・CN燃料

水素(H<sub>2</sub>)

炭素(C)を含まないので、燃焼してもCO<sub>2</sub>は出ない。 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

アンモニア(NH<sub>3</sub>)

アンモニアは、水素を原料として、窒素(N)を化合して作られる。現在でも肥料として大量生産され、世界の食料生産を支えている。

バイオ燃料

「ドロップ・イン」燃料と呼ばれる。既存のエンジンで、既存の燃料に混ぜて使える点で期待が高い。

基本的には、植物油、または植物を発酵させたアルコール

炭素(C)を含むので、燃焼させればCO<sub>2</sub>は発生する。「ゼロ炭素燃料」ではないが、「カーボンニュートラル(CN)燃料」として脚光を浴びている。何故？

バイオ燃料は植物由来。それが生産される過程(植物が成長する)において「マイナスのCO<sub>2</sub>排出」(=吸収)と見做す。物理的には燃焼時にCO<sub>2</sub>を発生するが、CO<sub>2</sub>をカウントするための「制度(又はルール)」の整備と運用があって、はじめて「CN」とされる。

→ CN燃料を普及させるために、「制度的なイノベーション」が必要。

さらに、食料生産や、森林によるCO<sub>2</sub>吸収を阻害しないためのルールも必要。



# 燃料を全部水素にすればいいのでは？

Tank to Wakeだけ考えるのなら、それで良い。Well to Wakeを考慮すると、そう簡単ではない。

水素(H<sub>2</sub>)

アンモニア(NH<sub>3</sub>)

※アンモニアは、水素のキャリア（水素を運ぶ手段の一つ）

不都合な真実

水素は、ごく少量を除き、自然界に存在しない。掘れば出てくる(基本的に自噴する)石油・ガスとは全く異なる。水素は、現在でも工業製品として生産・使用されているが、**生産過程において多量のCO<sub>2</sub>を排出する。ライフサイクル(生産されて、輸送・貯蔵され、消費(燃焼)されるまで)のCO<sub>2</sub>排出量で考えれば重油よりも多い。**

容易ではない！

現在使われているのはグレー水素  
(生産時にCO<sub>2</sub>を排出)

今後は  
ブルー水素  
(生産時に出るCO<sub>2</sub>を回収して、地層貯留する(CCS))

グリーン水素  
(風力発電等で作った電気で水を電気分解して水素を作る)

# その他の燃料は？

メタノールの熱量あたりCO<sub>2</sub>排出量は、重油に比べて10%程度しか減らない。  
現在の製造法は、

メタンCH<sub>4</sub>→（改質）→CO 及び H<sub>2</sub>→（合成）→CH<sub>3</sub>OH

メタノールがCN燃料となるためには、

- ・原料の水素が「グリーン」（再エネ由来の水電解等）で、かつ、回収したCO<sub>2</sub>を使ってメタンを合成する、

- ・または、バイオメタンを使う、ことが必要

（注1）原料水素の生産だけではなく、改質や合成（現状、エネルギー消費大）について再エネを使用することが必要。

（注2）上記製法以外にバイオマスからの直接生成（今のところ小規模）もありえる。

水素、アンモニア、合成メタン等、色々燃料はあっても、「水素をどう作るか」が、第一の問題となる。

※家庭や事業場、EVが使える移動体については電気をどうやって作るかの問題だが、狭い空間で大出力が必要な船舶は内燃機関が最後まで残る。

## ■ブルー水素

Tank to Wake はゼロ、Well to Wakeは重油の4分の1程度まで削減可能（運輸総研の調査による）

- 複雑で大規模な生産プラント（できる限り排出を減らし、かつ、排出されるCO<sub>2</sub>を捕捉できる）、
- CCS（地層貯留）に適した地層、及びプラントから注入場所までCO<sub>2</sub>を輸送するパイプライン及び注入する装置が必要。

## ■グリーン水素

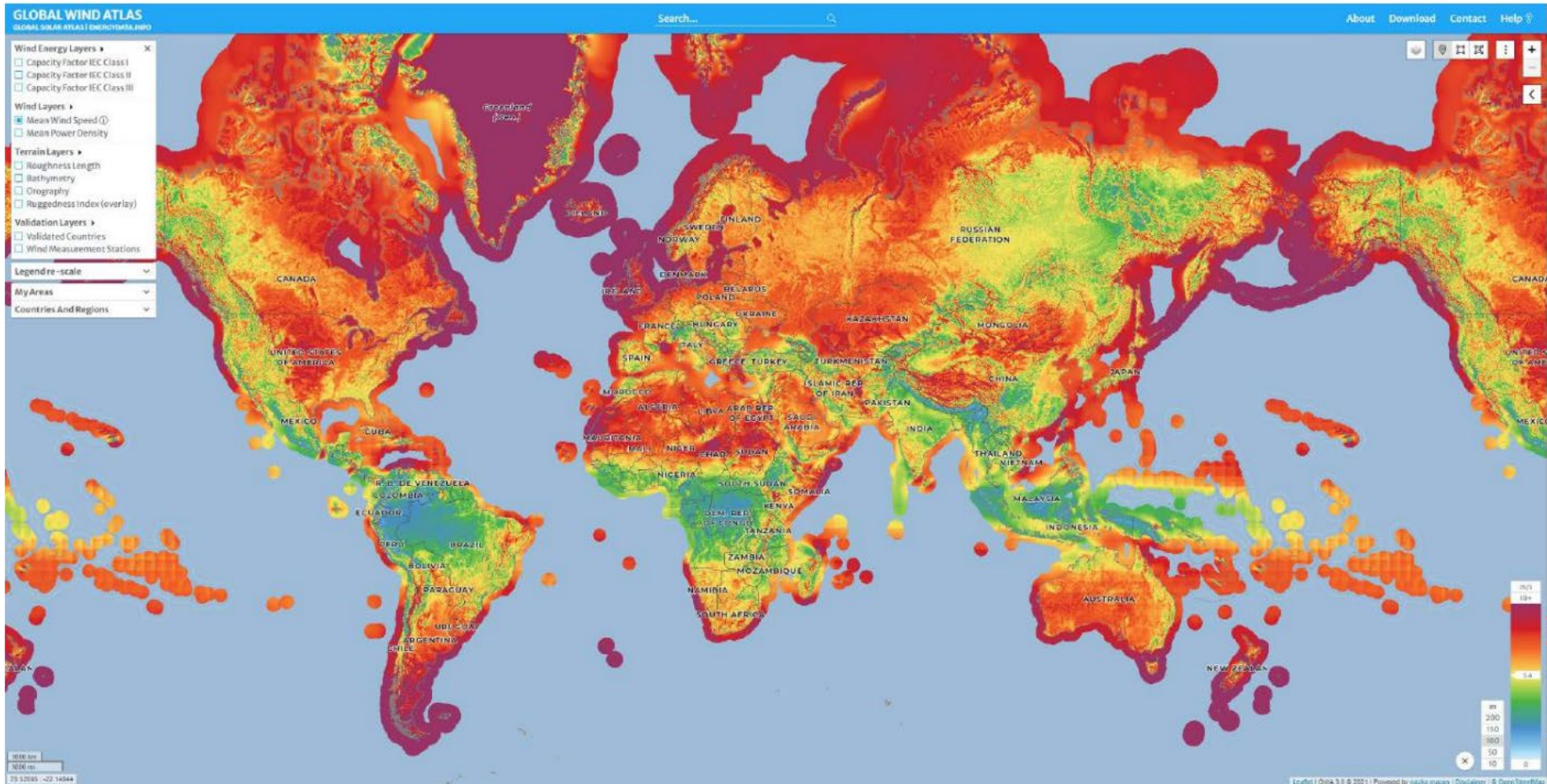
Well to Wakeでゼロに近づけることが可能

- 生産から輸送まで全て、再生可能エネルギー（又は原子力）で賄うことが必要。

→グリーン水素の生産には、とりあえず、風力発電が有望とされるが、現実には厳しい。

どちらも簡単ではない。なお、グレー水素（現在の生産方法）は、WtWでは重油より悪い。

# 世界の風況 何故、再エネ由来の水素を豪州等の海外で作ろうとするのか？



出典) "Global Wind Atlas" (2021年4月30日最終アクセス) <https://www.globalwindatlas.info/>

欧州や米国は年間の平均風速が概ね9m/s以上であるのに対し、アジアは 7m/s ~8m/sとなっている

# カーボンニュートラルの調査研究に携わって

主任研究員 竹内 智仁 運輸総研だより Vol.9 2024冬号

「運輸総研の現場から」

(抜粋)

交通分野としても2050年カーボンニュートラル達成を目標に掲げていますが、そこに至るために必要な燃料を造るには一体どれだけ**大量の再エネ新規開発が必要**になるのでしょうか？

我々の研究チームでのシミュレーション結果の一例をお示しすると、世界の国際海運が必要とする脱炭素燃料の生産のために2030年までに20MWの風力発電換算で約3000基、2050年までには70000基相当以上が新たに必要と試算されました。

※20MWの風車：ローター一直径250m、まだ実証できていない。

2050年CNを達成するには、現在の状況から**段階的な移行（トランジション）**が必要。**「物理的に」「具体的に」「いつまでに」何をしなければならぬのか**（ゼロエミ燃料船をいつまでに何隻建造するのか、どれだけの量のゼロエミ燃料が必要か等）、をまず示す必要がある。

このため、運輸総研が2022～2023年度に調査研究を実施。船隊構成や使用燃料のトランジションのシミュレーションを行った。

### 【前ページの試算について】

必要な代替燃料（種類も製造方法も多岐にわたる）のエネルギー総量については、上記シミュレーションにより算定。

ただし、「必要な風車基数」については、このエネルギー総量から、原料として必要な水素量を算定し、その全てを風力による電力を用いて水電解により生産するという単純な設定を用いている。この部分には、不確定要素と仮定が多く、あくまで「規模感」を掴み、CN達成のために為すべきことの大きさを伝えるためのもの。

**単に規模感であっても、それも重要！**

「規模感」を知ったうえで、その試算が物理的に成り立つのか？ は別問題。

例えば、風力で必要な電力を賄おうとしても、

- ・ 風況の良い場所→沖合→水深大→係留が困難（海底に係留索が大きく広がる、又はテンションをかける場合は海底への固定が困難）、電力ケーブルが長大化

- ・ 風車が大型化→ 単体として20MW級の製造・運用が可能か不明、プラス、後方乱気流の影響、係留索の干渉等から、風車同士の距離を離す →さらに一基あたりの海域面積が必要、→さらに沖合へ、さらに深くなり、さらに係留と送電が困難に。

風車の数が増えれば増えるほど制約条件が厳しくなるのは明らかで、解が収束しない可能性がある。

少なくとも、「この地点とこの地点に風車を、合計で〇万基設置することで供給可能」という解は示されていない。（コストの問題をさておき、物理的に可能、という解も示されていない）

地域	地域／政府資金	参加企業例(太字はPJ管理)	プロジェクト概要
中部大西洋岸	ペンシルベニア州 デラウェア州 ニュージャージー州 最大7.5億ドル (約1,087億円)	<b>MACH2TM</b> (中部大西洋水素ハブ) DuPont(素材) PBF Energy(石油) Air Liquide(産業ガス) etc.	<製造>水電解(再エネ+原子力) <利用>産業、輸送、発電 大型トラック輸送、工業プロセスの改善、熱供給などで産業への水素利用の拡大を目指す。
アパラチア	ウェストバージニア州 オハイオ州 ペンシルバニア州 最大9.25億ドル (約1,341億円)	<b>Batelle</b> (コンサル) GTI Energy(コンサル) Plug Power(水素関連機器メーカー) TRC (コンサル) etc.	<製造>ガス改質+CCS <利用>産業、輸送、電力、家庭熱 ※パイプライン、ST、CO2永久貯蔵所の開発によるコスト低減を狙う。
カリフォルニア	カリフォルニア州 最大12億ドル (約1,740億円)	<b>ARCHES LLC</b> (官民合同アライアンス) First Element Fuel(水素ステーション事業)※日本企業が多く出資 <b>TOYOTA TSUSHO AMERICA</b> (卸売) <b>IWATANI</b> (産業ガス卸売・機器販売) Plug Power(水素・燃料電池システム開発会社) etc.	<製造>水電解(再エネ)、バイオマス由来水素 <利用>産業、輸送、電力 ※公共交通機関、大型トラック輸送、港湾等の利用を想定
メキシコ湾岸	テキサス州 ルイジアナ州 最大12億ドル (約1,740億円)	<b>GTI Energy</b> (コンサル) <b>Mitsubishi Power America</b> (総合機器) Air Liquide(産業ガス) AES(電力) etc.	<製造>水電解(再エネ)、ガス改質+CCS <利用>産業、輸送、電力 ※塩の洞窟を活用した水素貯蔵、大規模水素パイプラインの構築を計画。
ハートランド	ミネソタ州 ノースダコタ州 サウスダコタ州 最大9.25億ドル (約1,341億円)	<b>EERC</b> (ノースダコタ大学の組織) Marathon Petroleum Co.(石油・ガス) TC Energy(エネルギーインフラ) Xcel Energy(発電)	<製造>水電解(再エネ+原子力)、ガス改質+CCS <利用>産業、輸送、発電、家庭熱 ※水素発電、寒冷地での暖房利用、肥料アンモニアで利用。
中西部	イリノイ州 インディアナ州 ミシガン州 最大10億ドル (約1,450億円)	<b>MachH2</b> (ミッド・アトランティック水素ハブ) Bloom Energy(水素・燃料電池システム開発) Air Liquid(産業ガス) BP(石油・ガス) etc.	<製造>水電解(再エネ、原子力)※一部、ガス改質+CCS <利用>産業、輸送、発電 ※鉄鋼・ガラス製造での熱利用や発電、SAF利用などに活用。
パシフィック・ノースウエスト	ワシントン州 オレゴン州 モンタナ州 最大10億ドル (約1,450億円)	<b>ワシントン州商務省</b> CHARGE(水素・再生可能エネルギー燃料コンソーシアム) RHA(再生可能水素アライアンス) <b>Mitsubishi Power America</b> (総合機器メーカー) etc.	<製造>水電解(再エネ) <利用>産業、輸送、発電 ※大規模な水素製造が特徴。



## 米国の水素ハブでの水素製造：

- ・天然ガス改質＋CCS
- ・再エネ（＋原子力）による水電解

2023年10月、米国エネルギー省は7か所の地域を水素ハブとして選定（年間300万トン）実現はまだ先。

Downstream（水素、アンモニア等を船の燃料として安全に使う）は、技術開発途上だが、克服できる。（あと数年）

最下流（＝船での燃焼）の少し手前（陸上タンクでの貯蔵や、船への燃料供給船などのインフラ）は欠かせないピースであるが、「相対的に」難易度は低い。

**圧倒的に難しいのはUpstream！！**

地球温暖化対策全体を見れば、「最も難しいところは見ない」という姿勢を変えることが重要。

日本の造船・船用業界としては、  
Well to Tankについてはコントロールしようがない。

現在の取り組み（Tank to Wakeの段階的ゼロエミ化）  
を継続・強化するしかない。

今後、全体像としては、どうなるのだろうか。

まず、世界的な（船用に限らない）、水素（それを原料とするアンモニア、合成メタン、CNメタノール等を含む）の製造・供給の進み具合が支配的要素。それに従属するが、

- ・火力発電混焼のためのアンモニア輸入（日本及びアジアを中心に）、及び
- ・陸上（移動体含む）の燃料電池、水素GT/レシプロによる発電・コジェネ用（将来は製鉄用）の水素輸入　　が進み、

●それらのためのアンモニア輸送船、水素輸送船のためにアンモニアエンジン・水素エンジンが投入される。（貨物を燃料に使うのが合理的）

それらと並行して、

●自らの裁量でバイオメタノール等を調達できる者がメタノール燃料船を投入

●アンモニア・水素が陸上用として輸入・貯蔵される陸上拠点近くでバンカリングできる限定された航路での、アンモニア燃料・水素燃料の貨物船、が（逐次）投入される。

一方で、太宗は、

あらゆる省エネ機器を搭載し、風力を利用し、エネルギー効率を極限まで高めたミニマムエミッション船（燃料はLNG、又は、不定期船はMGO専焼で燃費追及）が多く建造される。

こういった予想図を念頭に置いて、造船・船用業界は対応するのではないか。

燃料は一種類にはならない。

航空はSAF（バイオ燃料の一種）に決まっているではないか？  
理由は、他に選択肢が無いから。一つしか選択肢が無いことは、それが容易であることを意味しない。

造船・船用は海運と連携しつつ、TtWで世界をリード。

海運の選択肢 WtT（特に生産過程）に関して

- 世界中の業界と連携して、声を上げる。（「これだけの代替燃料が必要！」）  
訴える相手は、エネルギー上流のプレイヤー、及び、それらを支援する政府（日本、海外を問わず）
- 自ら、上流に張る。

以下、参考資料

# 【参考】 燃料の種類 ブルー水素、グリーン水素など

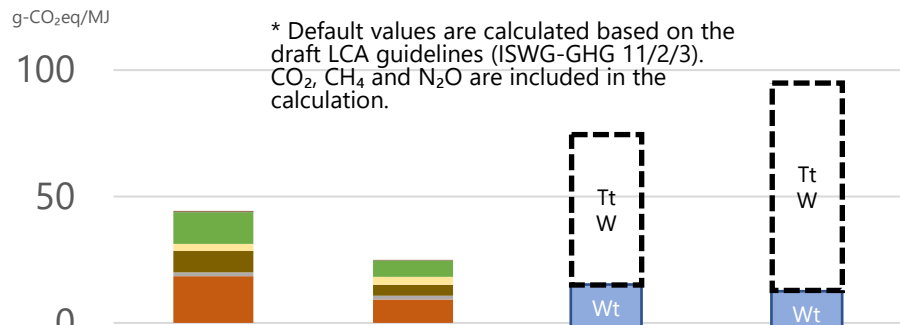
燃料及び生産工程	セクション番号	生産プロセスの概要	製品の輸送形態
褐炭由来液化水素 <b>ブルー水素</b>	4.1	炭素から水素への変換 $2C + O_2 \rightarrow 2CO \quad (\text{ガス化反応})$ $CO + H_2O \rightarrow H_2 + CO_2 \quad (\text{シフト反応(Water-Gas Shift)})$ WGSに必要な水は海水淡水化により供給。水素と同じモル数のCO <sub>2</sub> が副生成物として生成される。CO <sub>2</sub> は回収され、海底に地層貯留される。	液化水素(LH <sub>2</sub> ) BOGは燃料として使用
再生可能エネルギー利用、水電解による液化水素 <b>グリーン水素</b>	4.2	淡水を使った水電解（アルカリ法又はPEM）: $2H_2O + \text{electrical energy} \rightarrow 2H_2 + O_2$ 水は4.1と同様の方法により生成。	液化水素(LH <sub>2</sub> ) BOGは燃料として使用
再生可能エネルギー利用、水電解による液化アンモニア	4.3	アンモニア生成（ハーバーボッシュ法）: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ 水素は、4.2と同様の方法により生成。窒素は、大気から分離して生産。	液化アンモニア(LNH <sub>3</sub> ) BOGは燃料として使用
再生可能エネルギー利用、排ガス回収CO <sub>2</sub> を用いた合成メタン	4.4	合成メタン生成の概要: $CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$ CO <sub>2</sub> は産業排出源からの排気ガスから回収し、4.2と同様の方法で生成された水素と反応させて合成メタンを生成。	液化合成メタン BOGは燃料として使用

水の電気分解に使われるelectrical energy (電力)が、どこから来るかが問題。原子力発電、又は、再エネ(風力など)ならOK。または、水の電気分解ではなく、高温ガス炉(新型の原子炉)を使った直接水分解ならベスト(研究中)

## 4. 代替燃料LCA-4.1 褐炭由来LH<sub>2</sub>-GHG排出量と化石燃料のデフォルト値との比較

褐炭由来LH<sub>2</sub>のWtTをLSFO(低硫黄重油)・LNGのデフォルト値(WtW、LCAガイドライン案に基づく)と比較した。水素のTtW排出量はゼロのため、褐炭由来LH<sub>2</sub>のWtWは化石燃料のWtWより大幅に少ない。

2030年までに本格稼働する設備での生産を想定し、2030年に利用可能な最良の技術を使用する設定としている。その前提で、ケース1のWtT(=WtW)は、CCSを使用せず、系統電力を使用したケース3(参考値)の294.1 g-CO<sub>2</sub>eq/MJから、44.7 g-CO<sub>2</sub>eq/MJへと大幅に削減される。



	Case 1 2030 On-site power generation CCS90%	Case 2 2030 On-site power generation CCS95%	LNG (Default*)	LSFO (Default*)
1. Brown coal extraction	0.2	0.1		
2. Desalination of seawater, 3. Water transfer	0.3	0.2		
4. Brown coal pre-treatment, 5. Air separation, 6. Gasification, 7. Conversion incl. WGS, Gas refining, 8. CO <sub>2</sub> capture, 9. CO <sub>2</sub> transportation and compression, 10. Others	12.7	6.5		
11. CO <sub>2</sub> injection	3.0	3.1		
12. Liquefaction	8.5	4.3		
13. Storage and loading, 14. International transport, 15. Unloading and storage, 16. Domestic transport, 17. Bunkering	1.6	1.5		
Emissions from material flows	18.4	9.2		
WtT Total	44.7	25.0	18.5	13.2
TtW Total	0.0	0.0	57.9	76.8

**Case 3 (reference)** 100% Power Grid electricity, no CCS: WtT emissions is 294.4 g-CO<sub>2</sub>eq/MJ

運輸総合研究所によるLCA評価の結果より

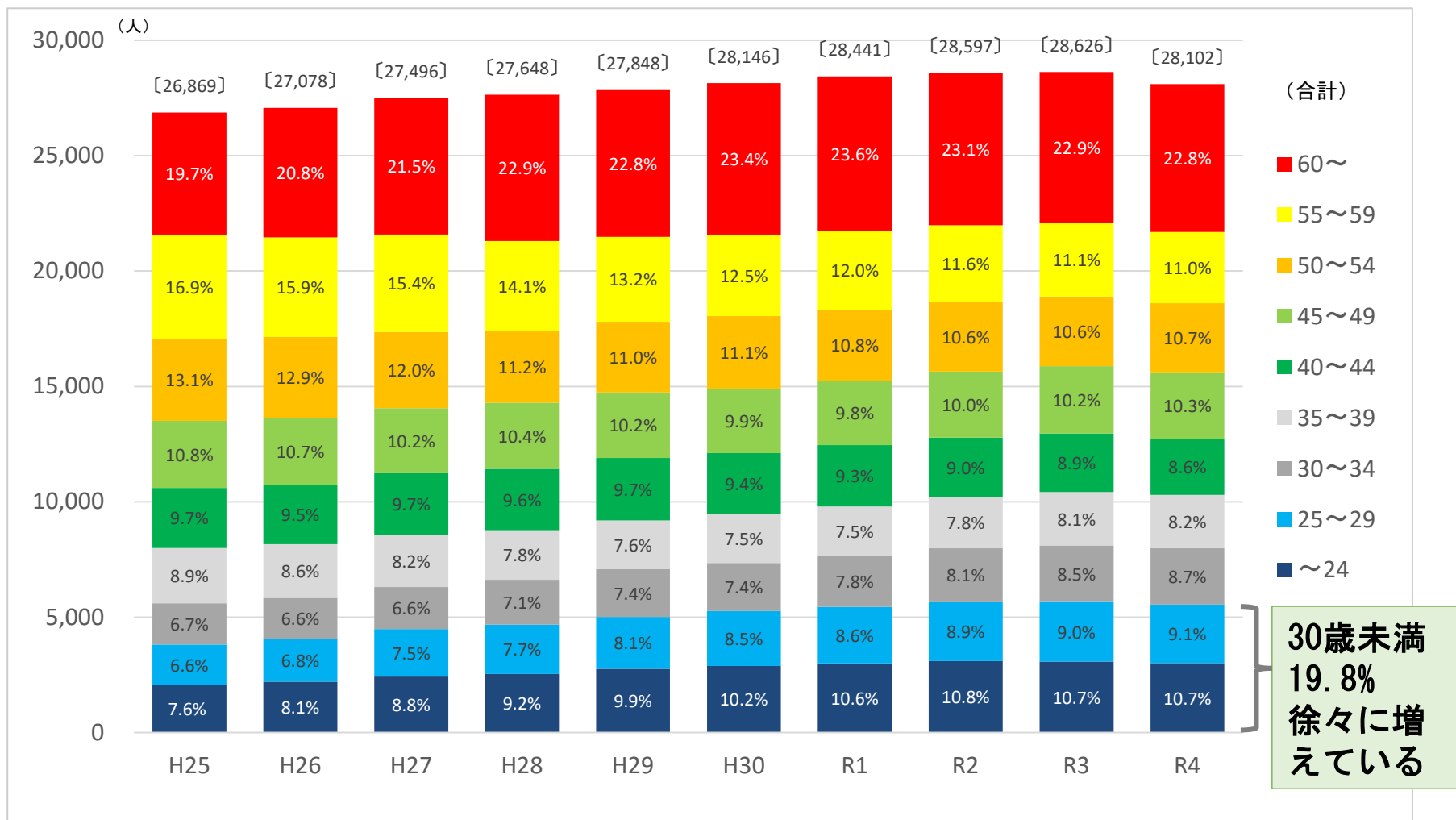
## 課題 3

内航は船員不足を克服できるか



# 内航船員数の推移（年齢階層別）

- 内航船員全体に占める30歳未満の若年船員は近年増加（平成25年 14.2%→令和4年 19.8%）。
- 他方、50歳以上の船員の割合は近年は減少しつつも、依然として全体の半数近くを占めている。

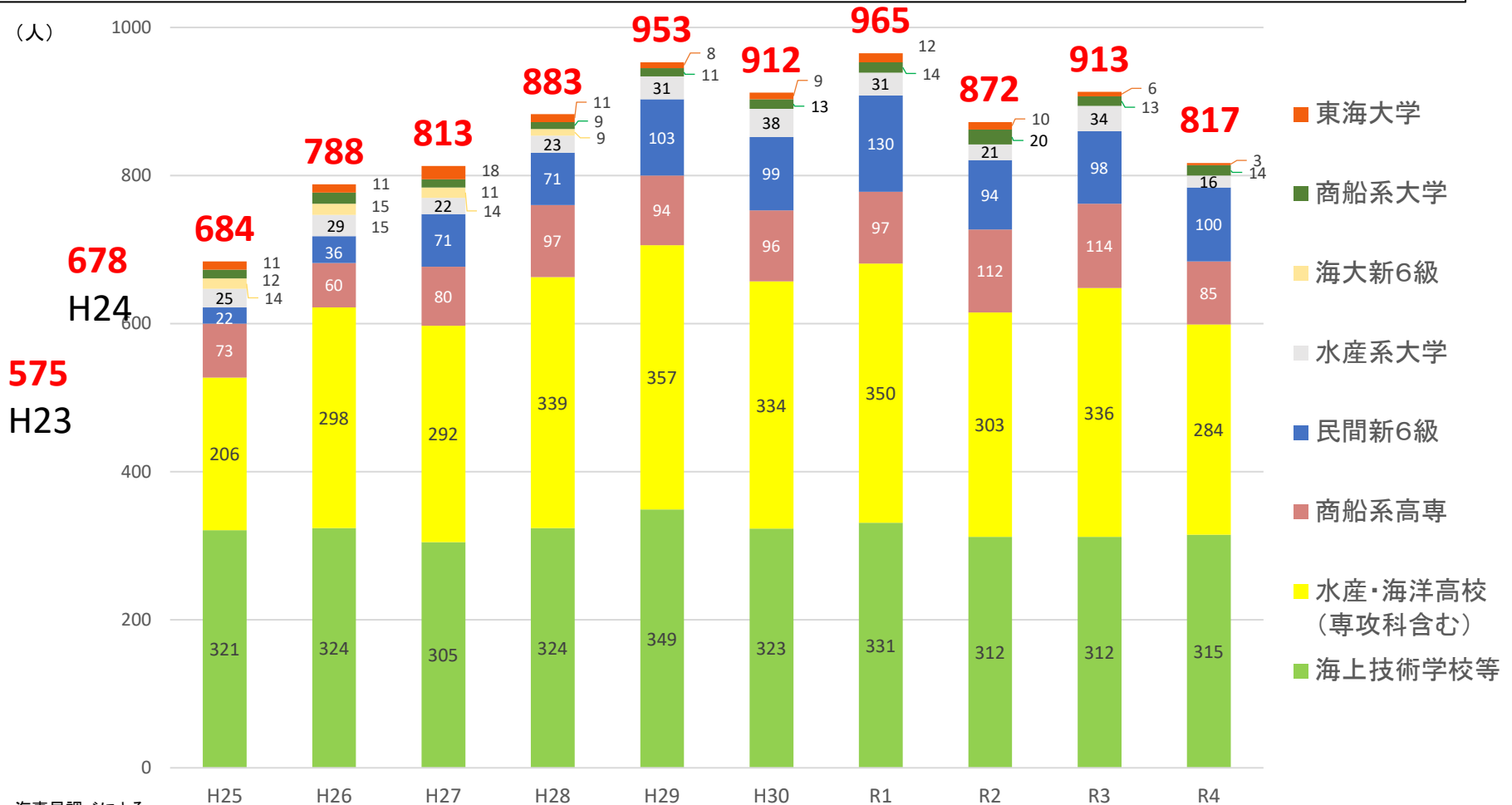


出典：海事局調べによる。

注：船員数は、各年10月1日現在の乗組員数と予備船員数を合計したもので、非雇用船員を含んでいない数字である。  
船員数は、外国人(永住者等)を含んだ数字である。

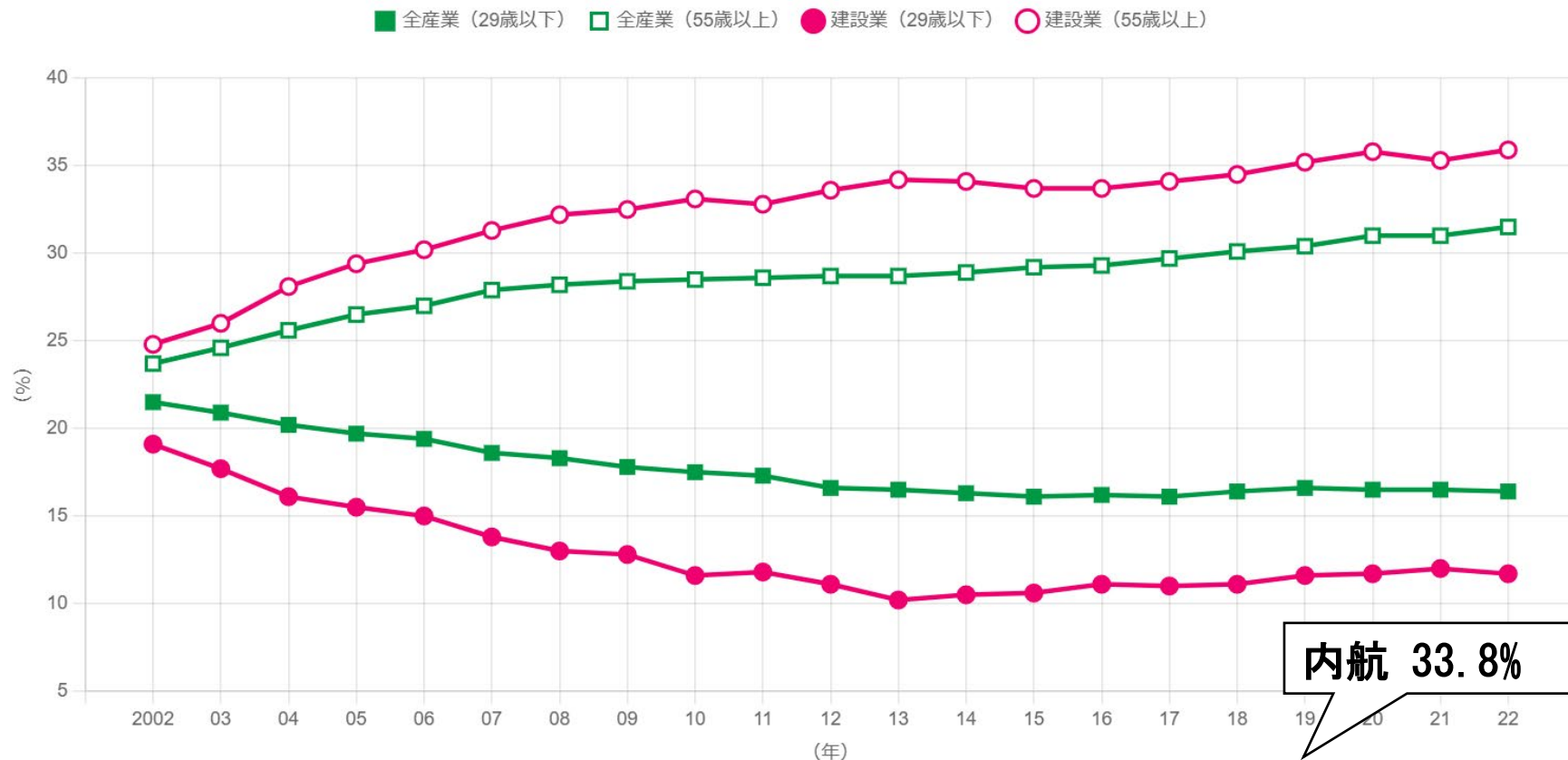
# 内航船員新規就業者数の推移

これまでの取組により、海上技術学校や水産・海洋高校等の卒業生を中心に、新規学卒者の内航への就職は増加傾向にあったが、ここ数年はやや減少傾向にある。



海事局調べによる。  
 内航には旅客船を含む。  
 海上技術学校等：海上技術学校、海上技術短期大学校、海技大学校(海上技術学校・短大からの進学コース)  
 海大新6級：海技大学校で実施していた6級コース(平成19年度～平成28年度)  
 民間新6級：民間養成施設で実施している6級コース(平成21年度創設)

# 【参考】 建設業就業者の高齢化の進行



内航 33.8%

内航 19.8%

資料出所：総務省「労働力調査」（トップページ）  
 総務省「労働力調査」（詳細ページ）

建設業就業者は、2022年には**55歳以上が約36%**、**29歳以下が約12%**となり、全産業と比べ高齢化が著しく高くなっている。建設業の生産体制を将来にわたって維持していくためには、若年者の入職促進と定着による円滑な世代交代が不可欠である。

# 新規入職者数と就業者数

## 建設業

500万人に対して4万人強/年（1%弱）

## 内航

28000人に対して895人/年※（3%強）

※過去5年の平均

「計算上は」新規入職者が定着できるのであれば、約30年で入れ替わり。（長期的にバランスするはず）

ただし、内航では、新規入職者数の増加傾向が令和元年度に頭打ちになり、その後微減していること、及び、新人の定着率（30歳未満）が下がっている（同じ時期に有効求人倍率は上昇）ことが懸念される。

# 内航船内の業務実態調査（概要）

## ● 本調査の趣旨

平成29年度に開催された「後継者確保に向けた内航船の乗組みのあり方等に関する検討会」において実施された業務実態調査について、内航船員の労働実態を把握する観点から、集計・整理し直したものの。

## 【有効回答数】

調査期間：平成29年7月から9月までの間の1月間  
 対象隻数：貨物船17隻、タンカー24隻、計41隻  
 対象船員数：287人分、8,897人日分の労働時間

## 1. 月間総労働時間

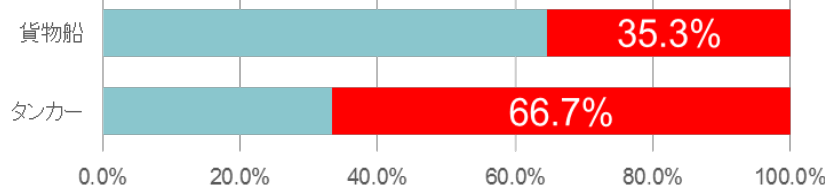
内航貨物船員は総実労働時間が長い傾向。これは、休日がない連続労働によるものと考えられる。

	総実労働時間	労働日	
		所定内	所定外
内航船員 (287人)	238.06 時間	209.85 時間	29.86 日
一般労働者 計	170.9 時間	156.0 時間	20.4 日
建設業	180.3 時間	164.9 時間	21.8 日
運輸業, 郵便業	187.6 時間	159.7 時間	20.9 日

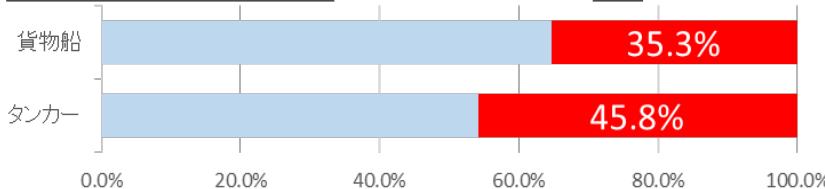
## 2. 長時間労働者の発生状況

- 調査期間中、1日の労働時間が14時間を超えた船員が発生した船舶の割合は、貨物船で35.3%。タンカーで66.7%。
- 調査期間中、1週間の労働時間が72時間を超えた船員が発生した船舶の割合は、貨物船で35.3%。タンカーで45.8%。

<1日の総労働時間が14時間を超えた船員が発生した船舶の割合>

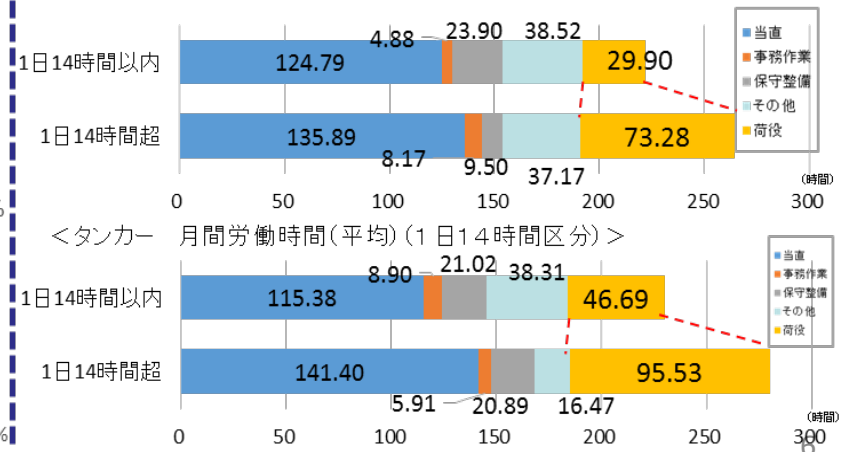


<1週間の総労働時間が72時間を超えた船員が発生した船舶の割合>



## 3. 荷役による作業負担の状況

荷役時間の長さや労働時間の長さには相関関係が見られた（1日の労働時間が14時間超の船員と14時間以内の船員の間で、荷役を除いた労働時間にはさほど大きな差は見られなかった）。



全産業で深刻な人手不足。内航海運のみが人を十分確保できる、  
という事態はありえない。

統計のみを見れば、長期的には、また、マクロには、充足できるはずだが、現実はそのではなく、足りないという声が多い。

### 内航は一括りにはできない

短距離旅客船で日帰り勤務が出来る、  
大型貨物船で、労働環境が良い、  
企業が大きいので社内でステップアップしやすい



小型船、入港頻度が高い、船が古い、居住性悪い、  
力仕事・汚れ仕事が多い、荷役の負担が大きい

後者の方が、事業者数は多いと思われる

労働条件を改善すること等により若者の定着率を上げることが必須。

→ 様々な働き方改革を推進中（労務管理の適正化、労働時間管理の例外的な取り扱いの見直し等）

制度の改革だけではなく、

実際に働く環境を変えてみてはどうか？

船が変わってしまえば、強制的に環境は変わる。

（良い方向に変わるように、船の変革、を考える）

頻繁な入出港、荷役時の労働に負担感があることは分かっているので、その改善を重点的に。

# 内航船への新技術等の活用イメージ

## データの蓄積と利活用

- 運転データ等の船舶検査等への活用
- 運航管理の高度化への活用
- 機器・システム開発へのフィードバック

## 船載システムによる船員サポート

- 操船支援システムによって、障害物の自動検知や避航航路の選定を支援
- 書類作成・報告業務等の自動化、電子化
- 日常的な遠隔健康管理やヘルスマモニタリングデバイス等による船員の健康管理支援

## 離着機の自動化

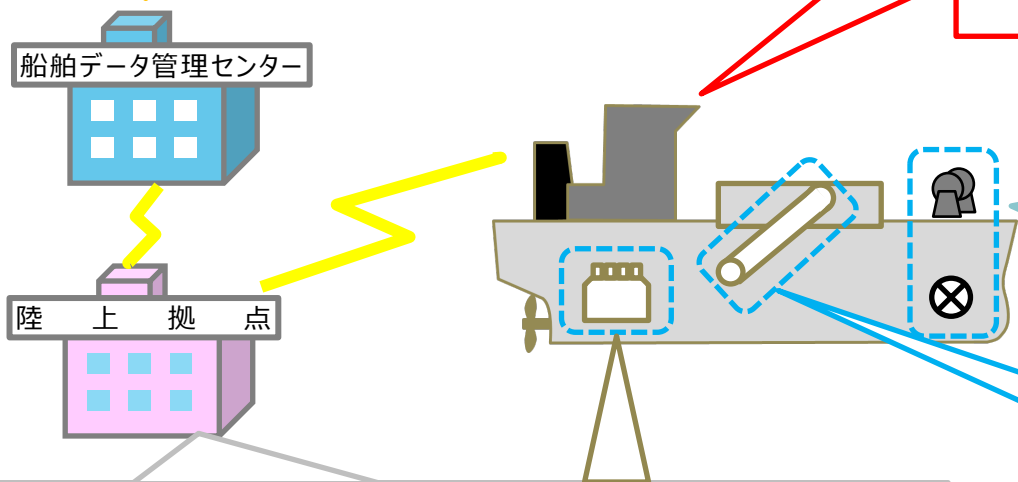
- 離着機操船の自動化・半自動化
- 陸上側施設との連携

## 荷役の自動化

- 荷役（特にタンカー荷役）の自動化による労務負荷軽減

## 機関等の遠隔監視と陸上拠点からのサポート

- 陸上拠点から機関・設備等の状態監視、陸上から船上船員への保守管理等のアドバイス
- 陸上拠点からの見張り・操船業務の補助、支援
- 船員や機関等に精通した技術者が遠隔からサポートすることで、安全性を維持しつつ、船上の労働負荷を低減





技術だけで、すべて解決できるわけではない。

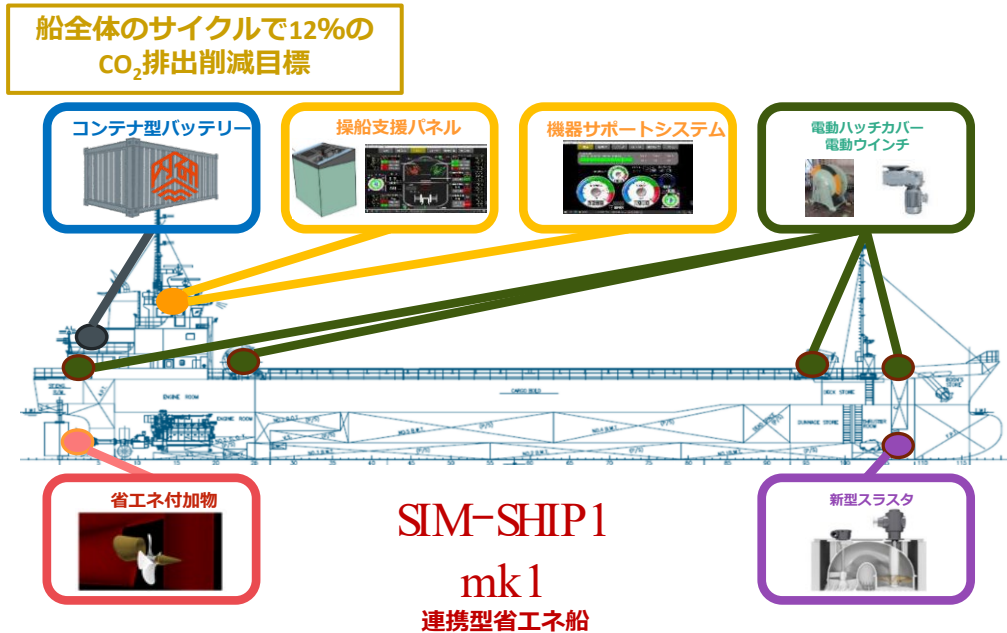
しかし、

「実物を造って実際に動かす」ことが、制度や慣行を含めて世の中を変えるには有効。

一例として、内航ミライ研究会の取り組みがある。

SIM-SHIP CargoShipNumber1 mark1 499GT

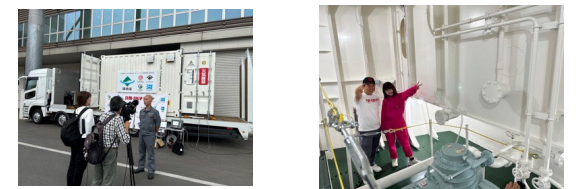
# SIM-SHIP1 mk1 499GT貨物船



ネット記事



TV・YouTube取材



「連携型省エネ船の普及に資する高効率推進システムの最適化と省電力システムを搭載したコンセプトシップの建造と評価」として開発した技術・機器を搭載した船舶を建造し、実証実験や実運航で評価を実施。

船主：國喜商船・JR TT 共同実施者：山中造船 アドバイザー：海上技術安全研究所  
実証フィールド：愛媛県今治市

# SIM-SHIP1 mk2 499GT貨物船

コンセプト

## 省エネ・CO<sub>2</sub>削減と船員負荷低減を両立する次世代型貨物船

特徴

- 運航時の省エネだけでなく、停泊・荷役・離着岸時のCO<sub>2</sub>削減技術を搭載
- 陸上支援により、運航管理と荷役を含む船内作業の最適化を目指す
- リアルタイムで船陸でCO<sub>2</sub>削減量を表示し、運航に合わせた省エネ運転が可能

陸電利用・機器電源

ミライバッテリー



統合管理

ミライパネル・モニタ



運航効率改善

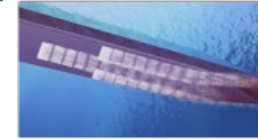
陸上サポートシステム



船体抵抗改善・推進効率改善

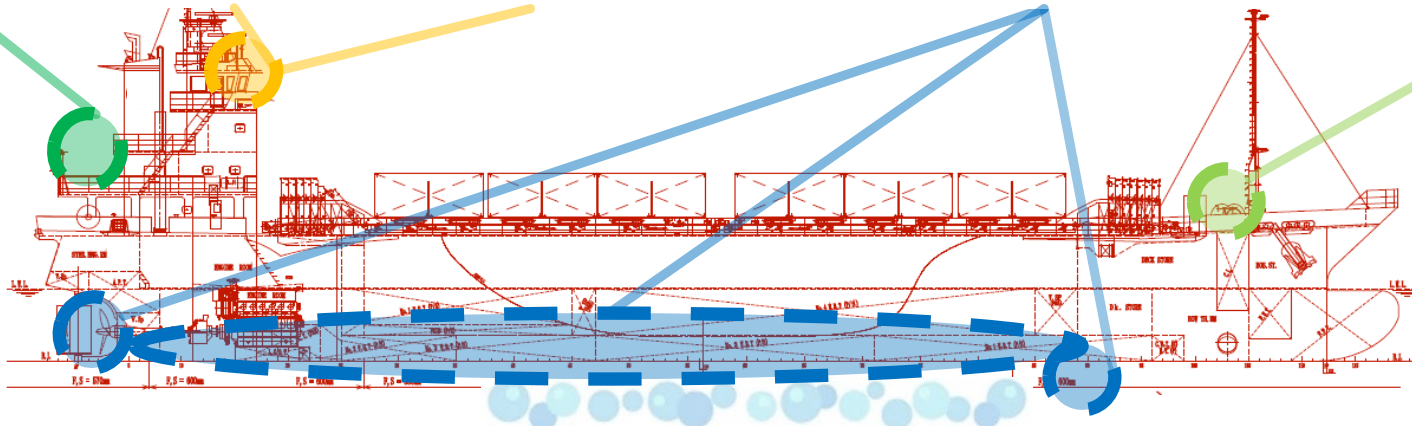
高度空気潤滑システム(ALS)

ALSを最大限・最適化できる高効率プロペラ・省エネ付加物・船体設計



船内電力低減

省電力甲板機械



# SIM-SHIP2 コンセプト立案中

## ケミカル・オイルタンカー(499GTをメインとし、199~999GTを含む)

コンセプト

### CO<sub>2</sub>削減と船員負荷低減を両立する次世代小型内航タンカー

特徴

- 運航時の省エネだけでなく、停泊・荷役・離着岸時のCO<sub>2</sub>削減技術を搭載
- 陸上支援により、運航計画と荷役の最適化を目指す

停泊・荷役時利用

コンテナ型バッテリー



既存船への適用技術を目指した次世代陸電技術を搭載

停泊・荷役時利用

操船支援パネル



デジタル技術を活用した船員負荷低減技術

運航効率改善

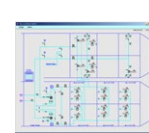
陸上監視システム



荷主・事業者との連携により運航計画の最適化を目指すIoTツール

荷役作業負荷低減

バルブ自動制御システム



各バルブを遠隔化し自動制御プログラムを組むことにより船員負荷低減する技術

船内電力低減

省電力甲板機械



電化技術を活用した船員負荷低減とCO<sub>2</sub>削減を両立する技術

推進効率改善

高効率プロペラ  
省エネ付加物



運航実態にあわせた推進システムの燃費性能最適化

軸摩擦抵抗改善

低摩擦軸受



従来のゴム軸受けから低摩擦・低摩耗の軸受により効率最適化

船体抵抗改善

空気循環システム (ALS)



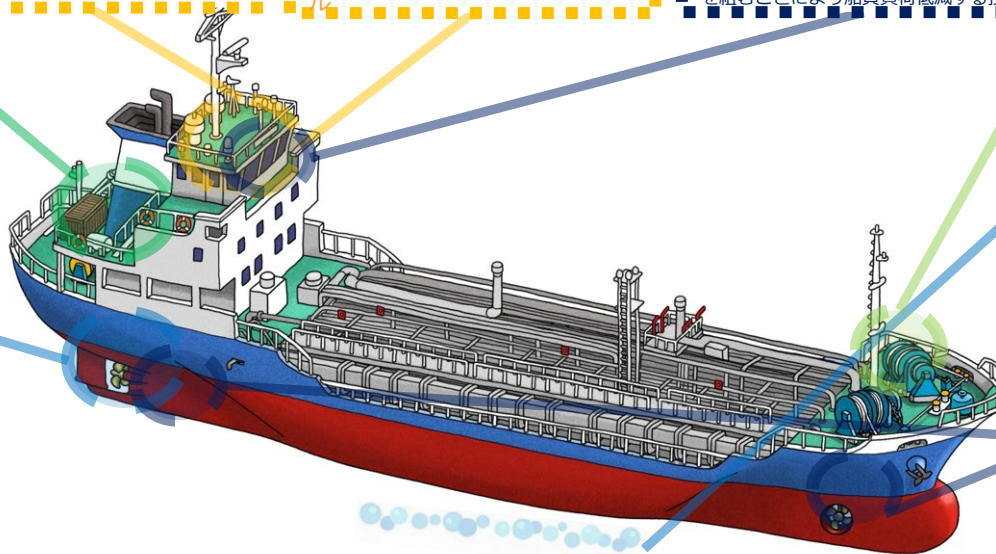
船尾のみならず、船全体の抵抗を低減する空気潤滑システムにて性能最適化

離着岸時間短縮

デジタル電動スラスト



船首尾スラストを装備による離着岸時間の短縮による船員負荷低減とCO<sub>2</sub>削減する技術



# 業界が抱える課題とSIM-SHIP

## ①船員

高齢船員・若手船員不足  
→運航の人員が不足

## ②船主

建造船価の高騰  
→船舶の隻数不足

## ③造船所

船舶の高度化に課題  
→高度な船舶不足

課題が多数有り時代が求める船舶の建造が進まない。

## SIM-SHIPで以下のことを業界に提供し課題の解決を目指す

- ✓ 船舶を建造し市場に供給
- ✓ 主として環境問題に配慮し人員削減が可能な船
- ✓ SIM-SHIP = 省エネ・省CO2と労働負荷を削減できる船
- ✓ 高度な船舶だが同一仕様で現場が作りやすい船
- ✓ 船員が操船・転船しやすい船舶、船舶そのものの冗長化
- ✓ 高価な船舶だがオペレーター・荷主が求める性能
- ✓ 船価が高くてでも傭船したい船舶の性能（環境・労働・積荷）

# SIM-SHIPの展開例

船舶（SIM-SHIP）の建造コンサルタント

内航船をスタンダード化し販売（建売・同一仕様の建造）

数年内にアジア地域に中古船として販売

国内では常に新しい技術の船舶が普及する

- ✓造船所： ほぼ同一の船舶を建造 → 図面・工法の標準化
- ✓船員： ほぼ同一の操船方法で安全航行 → 操船の標準化
- ✓船主： 購入価格・売却価格が安定する → 市場の安定と事業継続
- ✓国外： 若い船齢の日本製船舶が普及 → 高品質な船舶の普及
- ✓国内： 新技術の開発・普及が加速 → さらなる技術開発

## 現状

一社の船主に対して一品生産の船舶。仕様が異なる。  
他船（他社）から移ってきた船員は慣れが必要。



## ありうべし未来

個船ではなく、型式（システム）で考える。

（例）SIM SHIP1 Mk. 1, Mk. 2

SIM SHIP2 Mk. 1, Mk. 2, Mk. 3... SIM SHIP3.....

- ・それぞれの型式で、細部に至るまですべて仕様統一  
→使いやすい（操船及びメンテナンスの標準化）、造りやすい（習熟効果でコスト減）、
- ・クルー制の導入（航空機では同じ型式ならば、個機に違いは無い）  
→休みをとりながらも、人材を効率的に活用
- ・まとめて保有、リースも可能。（車検時の代車のように、定検・修繕時に代船を回すことも）
- ・まとめて管理、陸上支援 →海上での省力化・省人化

## 【他分野での参考】

### 前・中期防衛力整備計画（平成31～35年度）

全体を通して、**人材不足に対する危機感が強調されている。**  
計画の方針には、「**多様かつ優秀な人材の確保、生活・勤務環境の改善、働き方改革の推進、処遇の向上等、人的基盤の強化に関する各種施策を総合的に推進**」とあり、海上要員についても具体的に記載。

（3）持続性・強靱性の強化

（ウ）生活・勤務環境の改善

…**複数クルーでの交替勤務の導入による艦艇要員1名当たりの洋上勤務日数の縮減**を行うなど、**生活・勤務環境の改善**を図る。

（2）装備体系の見直し

限られた人材を最大限有効に活用して防衛力を最大化するため、…。**新型護衛艦（FFM）や潜水艦等の設計の工夫、…等による省人化**の取組を積極的に推進する。

ハード（船）の工夫  
で省人化する



FFM： 実際に大幅省人化されている。  
クルー制も導入。全く同じ仕様で建造されている。

## 造船業界の「都市伝説」

「事業所が異なると同じ仕様では造れない」？

FFMは、別企業（当時）により、別事業所にて、詳細まで同一図面で連続建造されている。

艤装密度の極めて高い船で既に出来ているので、一般商船で出来ないはずはない。



内研が実プロを進めてくれたおかげで、  
省人化、5人を3人にする、といった発言を表で出  
来るようになった。（それだけでも大きな進歩！）

現代において、人は、もっとも「欠乏した  
（＝貴重な）資源」である。

「省人化」を「人減らし」と考えるのは、止めよう。  
欠乏した資源は、「それしか使えない」ところで使  
うべきで、代替できるところは他にやらせる。

（機械・システムが出来るところは、それにやらせ  
る。）

それが「貴重な資源を大切にすること」ということ。  
（「人の仕事や職域を奪っている」のではない。）

省人化・省力化と言っても、安全性は妥協できない。

## ありうべき未来

個別に（個船ではなく）、ある型式・システム（例えばSIM SHIP2 Mk. 2）に対して、安全審査を、民間事業者と第三者機関が連携して、実施。JGはそれを承認。

陸上支援体制、船上での体制（乗り組み）を一体で審査、承認。

→ソフト（陸上・海上の体制、マネジメント、ソフトウェア）とハード（船舶、各種機器類）を含め、船舶＋陸上システムの全体の「型式承認」のようなもの。

なお、既存の配乗表（トン数、出力ごとで細かく場合分け）は、上記の個別承認（それに向けた民間の努力）をしない場合のデフォルト値として扱う。

海事産業強化法は、あくまで第一歩、改革のきっかけ。

未来は、これから皆で作るもの。

- 正しく、原因とメカニズムを理解する。単に悲観・諦念するのとは違う。
  - 物理法則は変えられない。また、自分のせいではない（過去の負の遺産など）原因も多い。
- 前例踏襲や、自縄自縛を避ける。（伝統的な事業ドメインではない等）
- 実態を進めれば、制度は後からついてくる。

ありがとうございました



Shimizu Port, from a Commuting Ship of Tokai University, Shizuoka Campus  
“Mirai” (formerly nuclear-powered “Mutsu”) of JAMSTEC is leaving the port (right), and “Chikyu” of JAMSTEC rests in the port (left).

# 參考資料

# 船舶職員の乗組み基準（配乗表）

船舶の大きさや機関出力、航行する区域等に応じ定められた乗組み基準に従い、有資格者である海技士を船舶職員として乗り組ませなければならない。

○船舶職員及び小型船舶操縦者法施行令(昭和58年政令第13号)別表第一第一号表(甲板部)

甲板部	遠洋区域				近海区域				沿海区域		平水区域			
	甲区域				乙区域				丙区域		船長	一等航海士		
航行区域	船長	一等航海士	二等航海士	三等航海士	船長	一等航海士	二等航海士	三等航海士	船長	一等航海士			二等航海士	三等航海士
船舶職員	船長	一等航海士	二等航海士	三等航海士	船長	一等航海士	二等航海士	三等航海士	船長	一等航海士	二等航海士	三等航海士		
総トン数 (G/T)	一級	二級	三級	三級	一級	三級	四級	五級	三級	四級	五級	三級	四級	五級
5,000	二級	二級	三級	四級	三級	四級	五級	五級	四級	五級	五級	四級	五級	五級
1,600	二級	三級	四級		三級	四級	五級		四級	五級		四級	五級	五級
500	三級	四級	五級		四級	五級			五級	六級				五級
200	四級	五級			五級				六級					六級

○船舶職員及び小型船舶操縦者法施行令(昭和58年政令第13号)別表第一第二号表(機関部)

機関部	遠洋区域				近海区域				沿海区域		平水区域			
	甲区域				乙区域				丙区域		機長	一等機関士		
航行区域	機長	一等機関士	二等機関士	三等機関士	機長	一等機関士	二等機関士	三等機関士	機長	一等機関士			二等機関士	三等機関士
船舶職員	機長	一等機関士	二等機関士	三等機関士	機長	一等機関士	二等機関士	三等機関士	機長	一等機関士	二等機関士	三等機関士		
機関出力 (KW)	一級	二級	三級	三級	一級	三級	四級	五級	三級	四級	五級	三級	四級	五級
6,000 (8,158PS)	二級	二級	三級	四級	三級	四級	五級	五級	四級	五級	五級	四級	五級	五級
3,000 (4,079PS)	二級	三級	四級		三級	四級	五級		四級	五級		四級	五級	五級
1,500 (2,040PS)	三級	四級	五級		四級	五級			四級	五級		五級	六級	五級
750 (1,020PS)	四級	五級			五級				五級			六級		六級

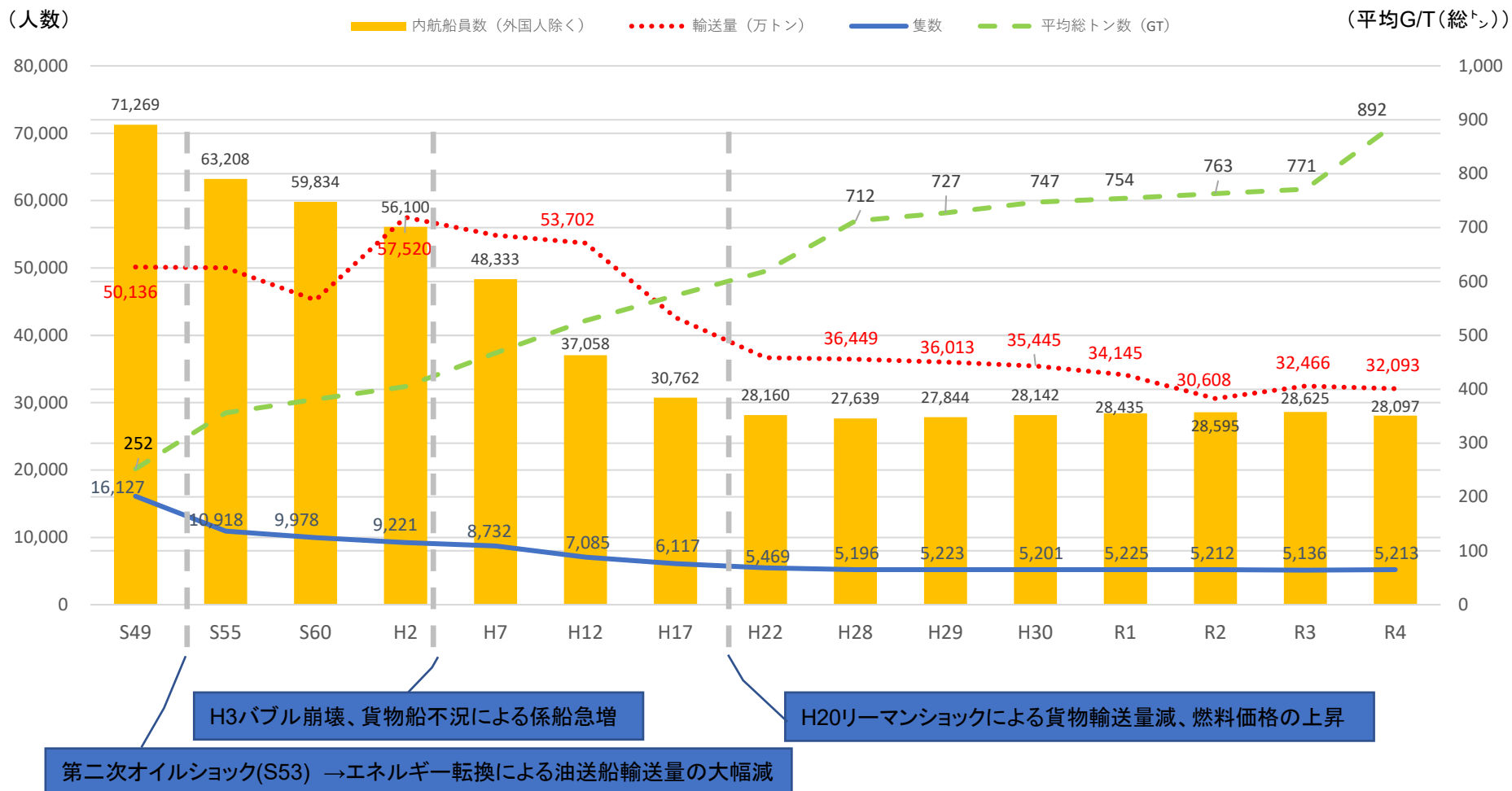
[KW]=0.7355×[PS]

## 上記海技資格の他、船員に必要な主な資格等（船員法関係）

航海当直部員	航海当直業務を行う部員に必要な資格
危険物等取扱責任者	タンカー（石油、液化ガス、液体化学薬品）で、危険物取扱業務を管理する者に必要となる資格
衛生管理者	一定の船舶で、船員の健康管理、船内衛生の保持等、衛生管理業務を担当する者に必要となる資格
船舶料理士	一定の船舶で、船内の調理業務を管理する者に必要となる資格
救命艇手	旅客船において、救命艇の操作等を担当する者に必要となる資格

# 内航船員数の推移

- ・内航船員は、船舶数の減少等に伴って、約45年間で約7万1千人から約2万8千人へと減少。
- ・この間、内航船は、大型化・省力化等が進展し、輸送効率が向上（平均トン数 252トン→892トン）。
- ・一方で内航船の輸送量は、景気変動による増減はあるが、傾向としてはバブル期を頂点になだらかに減少。



出典：船員数、隻数及び平均総トン数は海事局調べ。(H17までの船員数は船員統計による。) 輸送量は内航船舶輸送統計による。  
 注：船員数は、各年10月1日現在の乗組員数と予備船員数を合計したもので、非雇用船員を含んでいない数字であり、外国人(永住者等)を除いた数字である。



# 船員と陸上労働者の労働時間あたりの給与・時給の比較

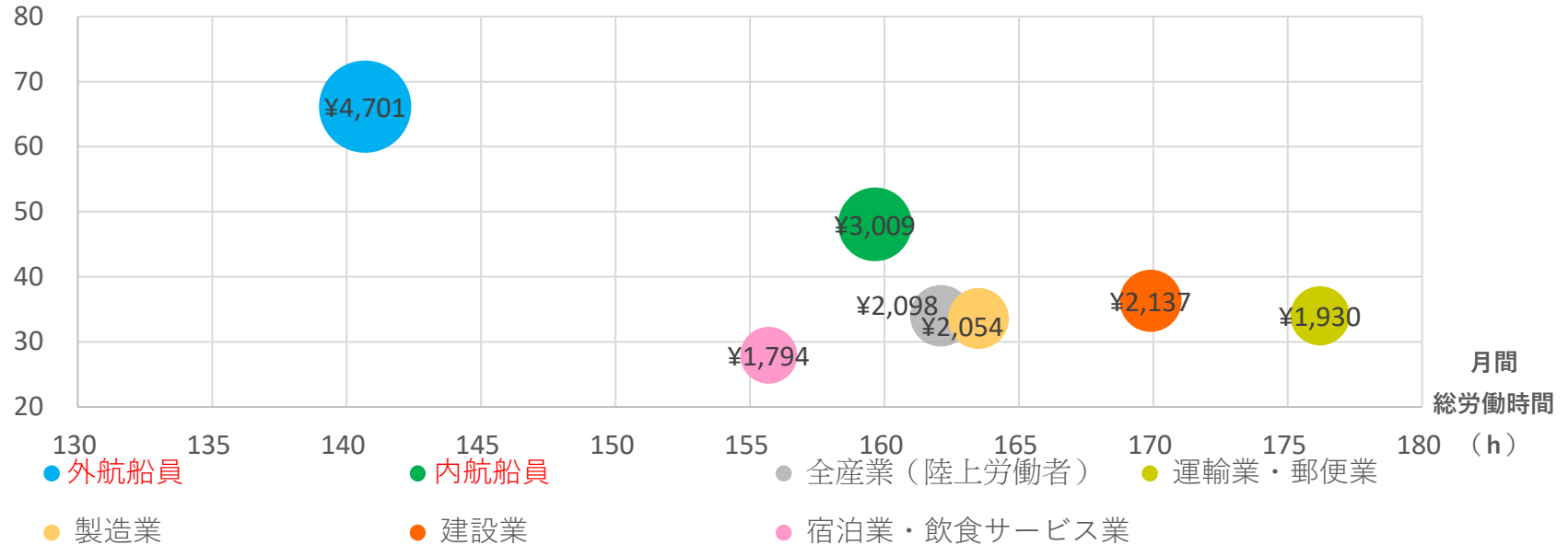
## 海上労働の特殊性による船員法の特別な労働基準の例

特例① 一般の労働者は、出勤し、一定の場所に拘束されている時間が労働時間となる可能性があるのに対し、船員は、拘束された環境下である船内にいるだけでは労働時間とはならず、あくまでも船内で作業に従事した時間を労働時間としている(船員法第4条第2項)。

特例② また、航海の安全を確保するために必要がある場合は、労働時間の制限を超えて、又は休息时间においても、船長の指示により、船員を作業に従事させることができることとなっている。

月額給与  
(万円)

## 労働時間あたりの給与・時給の比較



### 【月額給与について】

- 1 外航船員及び内航船員の賃金額は、船員労働統計(定期払いを要する報酬(基本給や家族手当等)、時間外勤務(超過勤務や夜間割増))及び航海日当の数値である。
- 2 陸上労働者の賃金額は、賃金基本構造統計(きまって支給する現金給与額の企業規模計(10人以上))の数値である
- 3 船員は、外航船舶及び内航船舶に乗り組む全ての「船長、職員、部員」の計の数値を用いている。
- 4 陸上労働者は、常用労働者のうち短時間労働者を除いた一般労働者の集計結果を用いている。

資料) 国土交通省「船員労働統計」、厚生労働省「賃金基本構造統計」の令和3年6月分のきまって支給する現金給与額により国土交通省総合政策局作成。

### 【月間総労働時間について】

- 1 船員は、時間内労働、時間外労働、補償休日労働のそれぞれの時間数の小数点以下の数値を四捨五入して掲載している。
- 2 船員以外については、「毎月勤労統計調査令和3年分結果確報」における一般労働者(常用雇用者のうち、パートタイム労働者以外の者)に係る総実労働時間、所定内労働時間及び所定外労働

時間の数値を年間に換算し、小数点以下の数値を四捨五入して掲載している。

資料) 「船員労働統計(令和4年6月分)」及び「毎月勤労統計調査令和4年分結果確報」により作成。

# 船舶管理業の登録制度の創設

- 荷主等との対等な関係を築き、また、コスト負担について理解を得るためには、内航海運業界側での効率化や付加価値向上といった生産性向上のための取組みが必要不可欠。

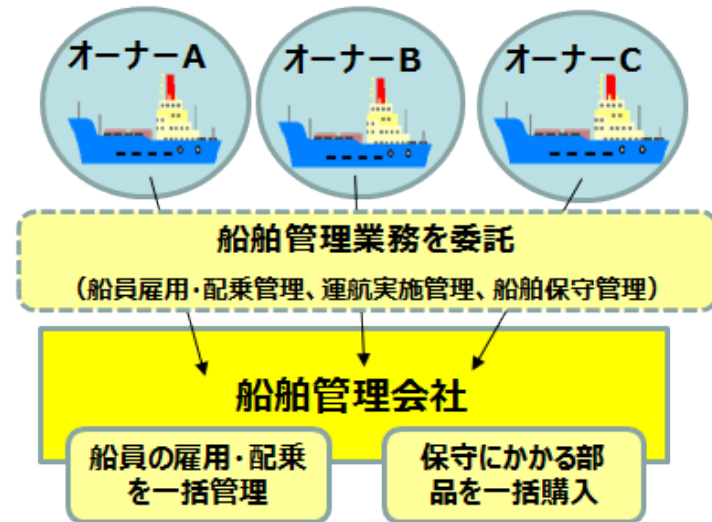
## 所有と管理の分離に対応した仕組みづくり

- 小規模オーナーの事業基盤強化や経営効率化のための手法として、船舶の所有と管理の分離は現実的な手法。
- 船舶管理会社の活用により、船舶管理や船員教育の効率化、安全運航、コストの見える化が図られるほか、オーナーが事業規模を拡大する際も活用出来る。
- そこで、平成30年度より船舶管理事業者の任意の登録制度を開始。しかしながら、任意の登録制度では、法的位置づけが不明瞭であり、負担する責任も軽く、活用を考える際の不安材料になっているとの意見もあった。

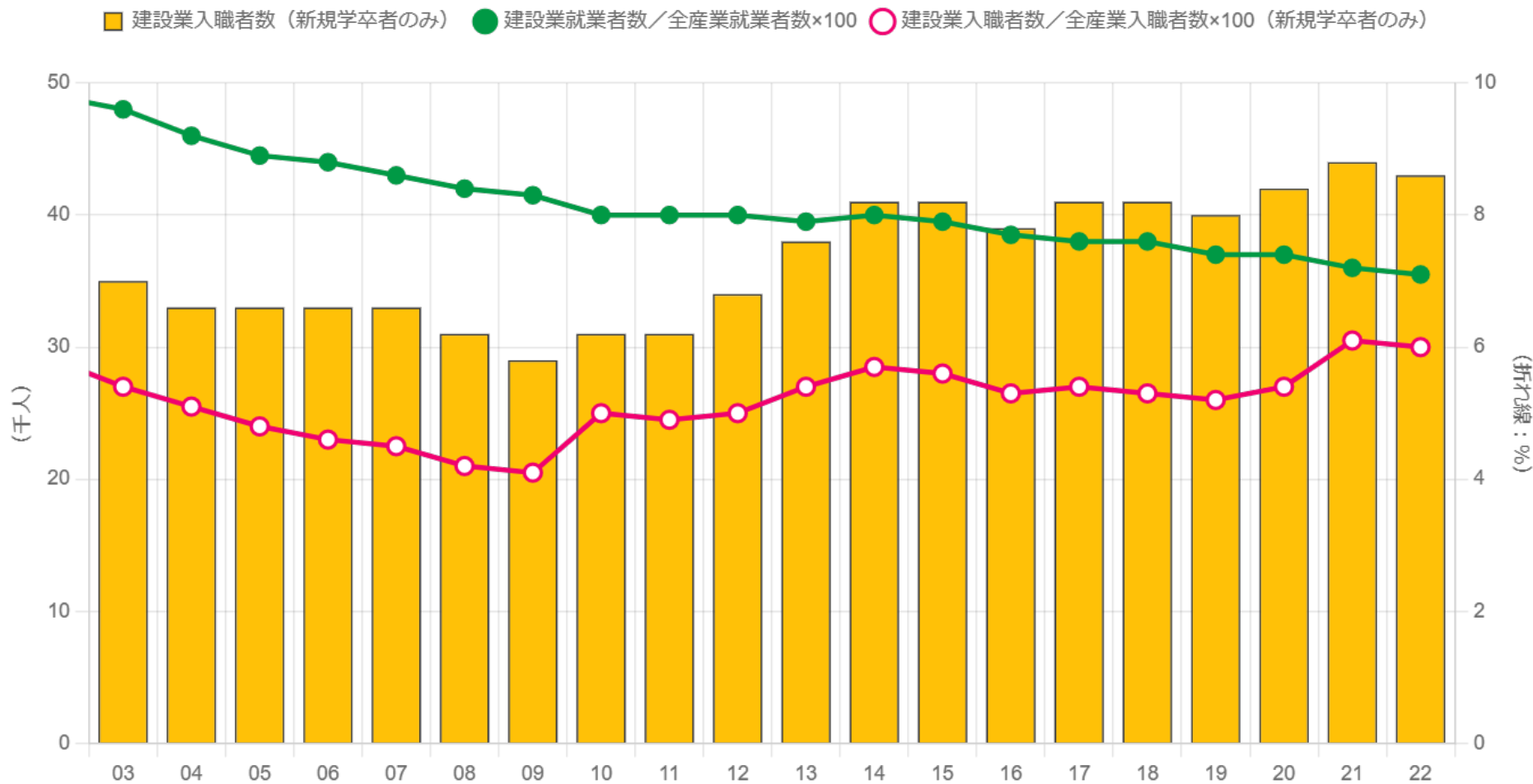
- 内航海運業法等を改正し、従来の所有と管理が一体であることを前提とした制度から、所有と管理が分離した場合もあるとの前提に立った制度に転換し、マンニング事業者のみならず船舶管理契約を用いる狭義の船舶管理会社も含めて制度上の位置づけを付与し、これらに同じ責任を負わせることとした(令和4年4月1日施行)。

- オーナーが、自社による船舶管理に加え、船舶管理会社やマンニング事業者、さらには船員派遣事業者の活用も含め、最適な事業形態を安心して選べる環境整備を図り、事業基盤の強化を目指す。

### <所有と管理を分離するパターン>



# 【参考】 建設業 新規学卒者の入職状況



新規学卒者の建設業への入職者は減少が続いてきたが、2009年の2.9万人を底に増加に転じ、2022年には4.3万人と2014年以降4万人台を維持している。