

環境保全に貢献する新技術への取り組み例

一般財団法人 日本海事協会 技術研究所

2022年10月

地球温暖化防止に貢献するべく、海事分野においてもGHG排出削減に向けての取り組みが積極的に行われております。



本会は皆様の各種の取り組みに対して安全を中心にサポートすべく各種ガイドラインの開発などに向けて鋭意取り組んでおります。

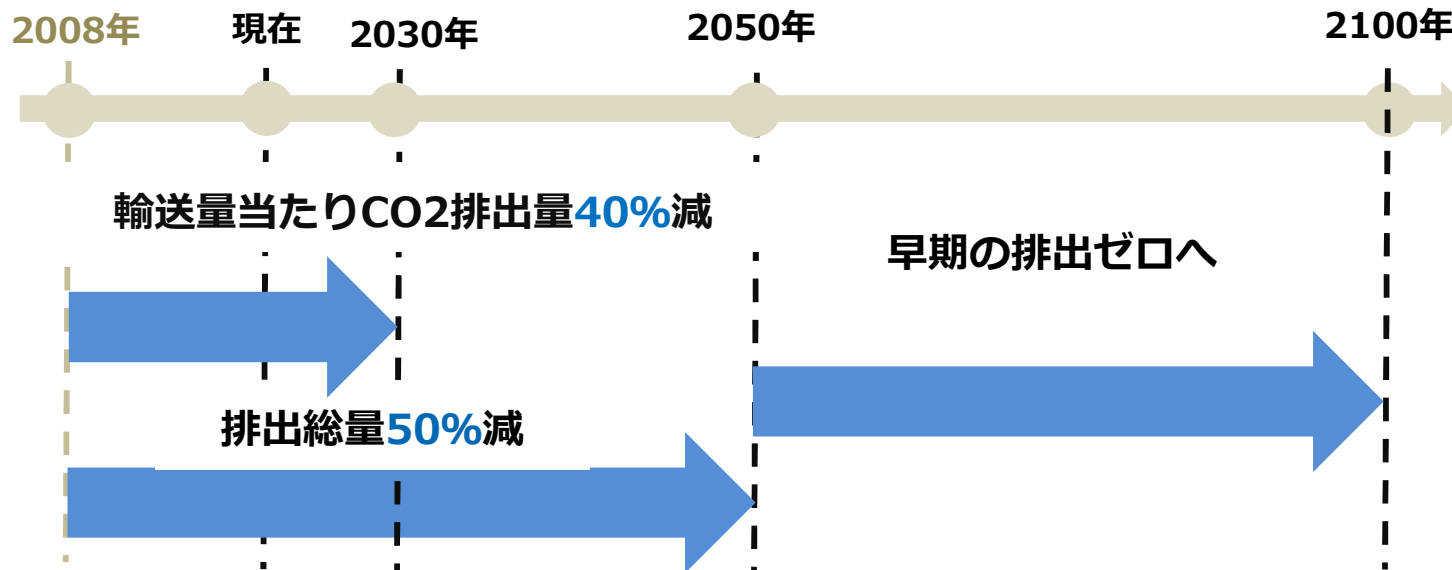
本日はアンモニア・水素燃料及び船上CO₂回収装置の現状と今後の取り組み概要をご紹介します。

目次

1. アンモニア・水素燃料について
2. CO₂回収装置について
3. まとめ

■ 国際海運のGHG対応

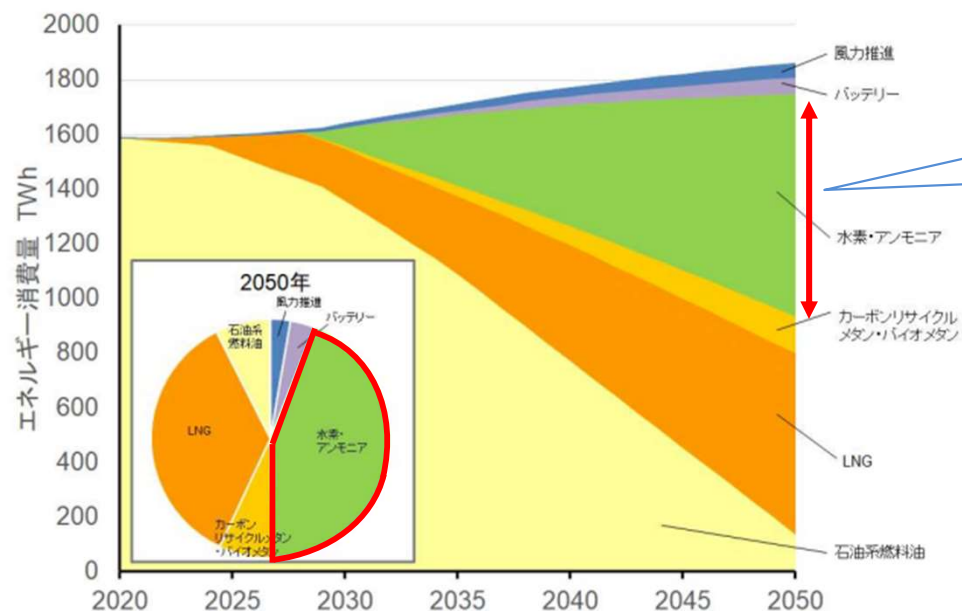
- ・ 国際海運のGHG削減目標(2008年比)



菅義偉元首相の所信表明演説「2050年CO₂排出量を実質ゼロへ」

- ・ 目標を達成するためには、CO₂を排出しないアンモニアや水素燃料の普及が不可欠。
次世代燃料船に対応する安全性について検討し用意する必要。

■ アンモニア・水素燃料の使用予測



国際海運の消費エネルギーの
約45%

※水素・アンモニア拡大シナリオに基づく

出典:国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ

■ アンモニア・水素燃料の船上における使用方法

内燃機関が主流に
国内外のメーカー
が開発

2st	MAN ES	WinGD	J-ENG
アンモニア	○	○	○
水素	—	—	○

4st	MAN ES	Wartsila	IPS	ABC, CBM	Rolls Roys, mtu	川崎重工	ヤンマー
アンモニア	○	○	○	—	○	—	—
水素	○	○	—	○	—	○	○

J-ENG,川崎重工,ヤンマーは3社共同出資会社「HyEng」設立、水素エンジンの開発へ

■ アンモニア・水素燃料の船上使用にあたっての課題

✓ アンモニア燃料の課題

毒性



生命と健康に直ちに危険を及ぼすレベル
300 ppm $\div$ 0.23 g/m³

腐食性



貯蔵用タンクの応力腐食割れ

N₂O生成

	地球温暖化係数 (GWP)
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298

...

出典: Occupational Safety and Health Administration, "Ammonia Refrigeration", <https://www.osha.gov/ammonia-refrigeration>

出典: TAKADA TECHNICAL REPORT Vol. 18 2008 「液体アンモニアタンクに発生した応力腐食割れ対策」

✓ 水素燃料の課題

爆発性



6 Hydrogen fireball about 170 m/sec after tank rupture in Test 2 (cylinder installed under an SUV). (From Zabolsh, R., Proceedings of the 5th International Seminar on Fire and Explosion Hazards, Edinburgh, UK, April 23-27, 2007. With permission from the School of Engineering, University of Edinburgh.)

可燃限界4.0～75 Vol%

わずかな静電気で爆発

水素脆化

Understanding Hydrogen Embrittlement

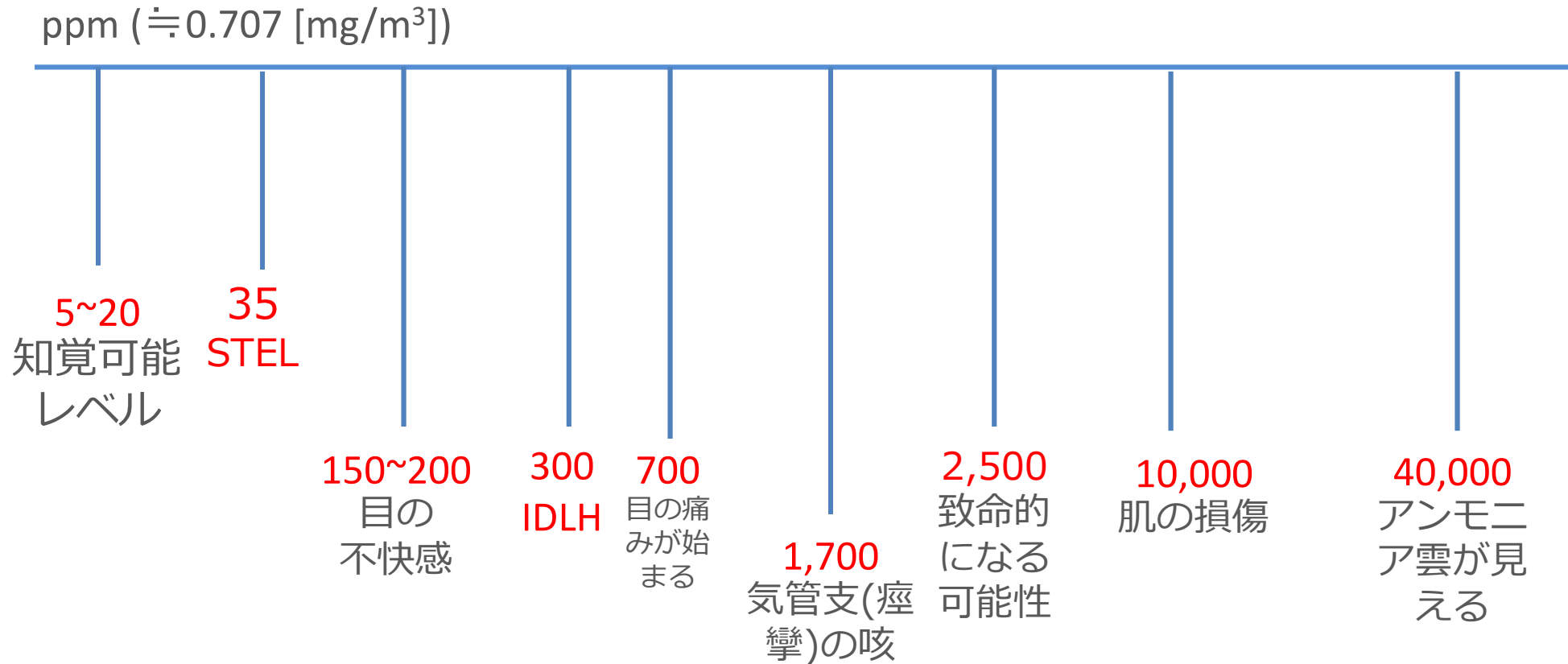


極低温

	沸点 (°C)
H ₂	-253
CH ₄ (LNG)	-161
NH ₃	-33

...

アンモニアの濃度別に起きる症状。

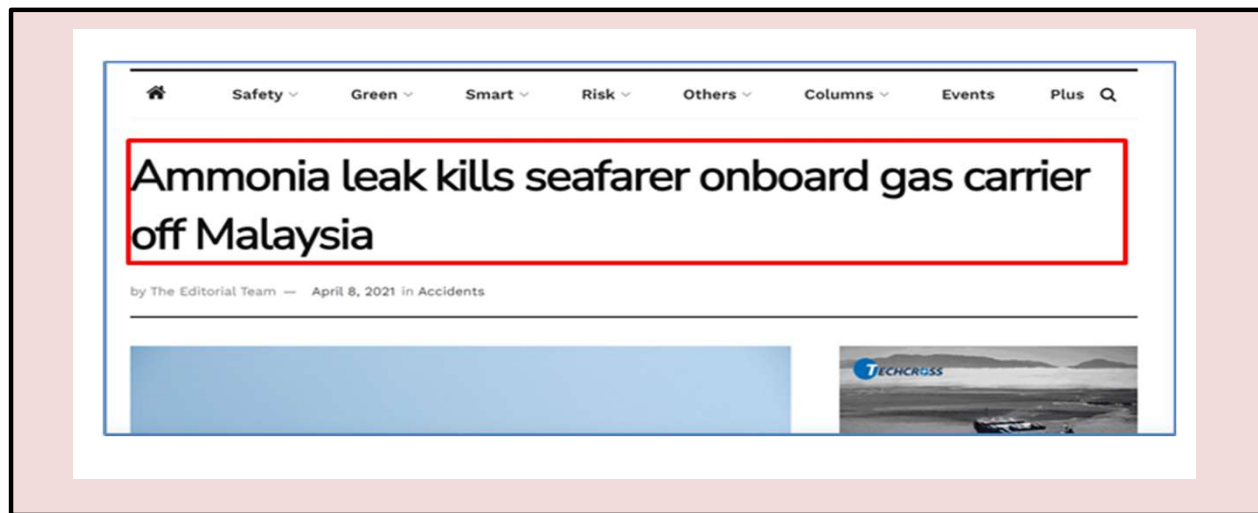


STEL (Short-term Exposure Limit): 15分間の短時間曝露限界、1日の作業でどの時間帯においても超えてはならない濃度。

IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health): 30分以内に脱出可能な状態や回復不能な健康障害に陥る危険を回避できる限界の濃度。

■ 実施項目

(1) 幅広い事故の調査



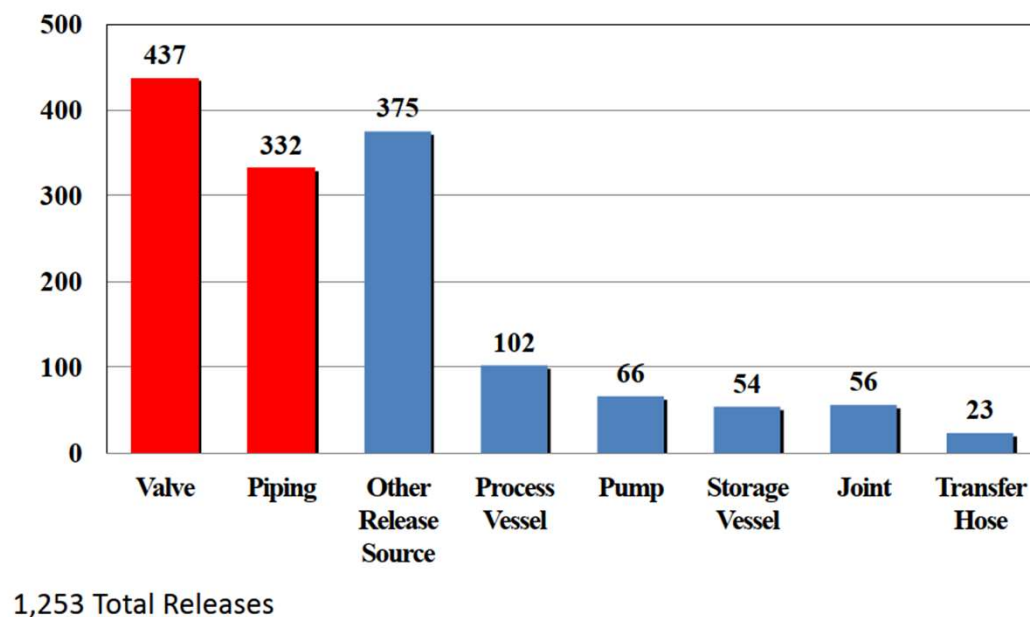
どのような部品
どのような場所
どのような状況
で漏洩が起きる
のかの情報抽出を目指す。

アンモニア:陸上設備(肥料工場等)、海上(冷凍設備等)
水素:陸上設備(工場・水素ステーション等)

顧客に対しても調査やまとめた情報を提供し、業界促進。

(1) 幅広い事故の調査

RMP database:
(1994~2013)



アンモニア漏洩事故箇所

事故原因:設備不良等。不適切な材料の使用。ヒューマンエラー。漏洩後の誤った対応等が挙げられる。実際には複合したケースが多い。

アンモニア:軽症～町レベルの避難。

■ 実施項目（続き）

（２）実プロジェクトで生じた課題への取り組み



得られた対策の
一般条件化の抽出

（３）利用可能な規格等の調査

利用可能な要件
の抽出・提供

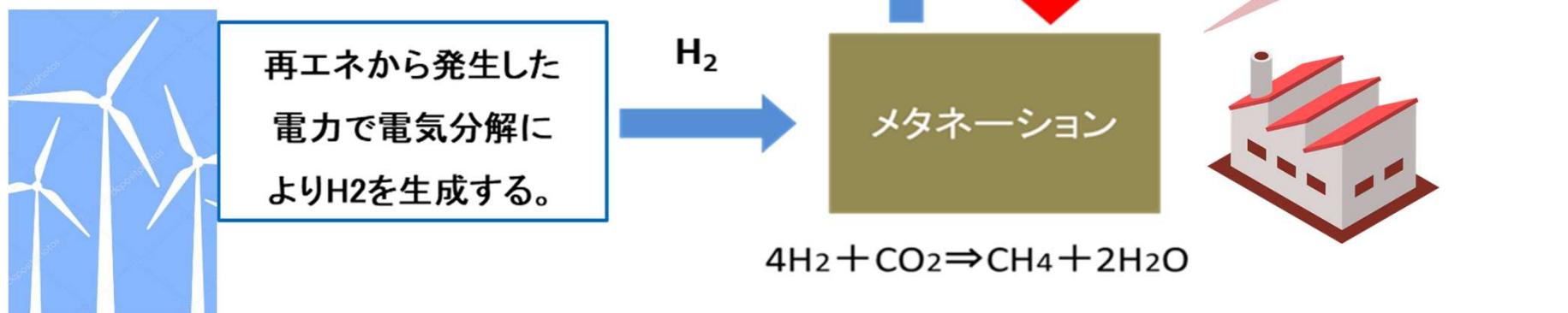
（４）弱点を特定するための燃料システムの シミュレータの開発

オペレーション起
因のものも含めて
潜在的なリスクの
発見を可能に

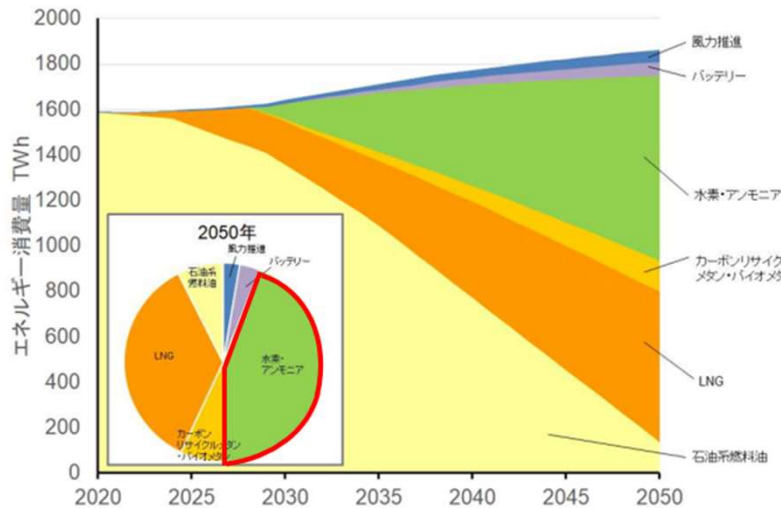
危険箇所のレポートとして外部に発信。

■ 背景

- ・ CO₂を出さない燃料の使用に対して、排出したCO₂を回収する方法も削減技術として注目が集まっている。
- ・ 回収したCO₂は合成メタン、メタノールの原料になる。
- ・ 回収装置が効果的な地球温暖化対策になるのか総合的に調査する必要がある。



■ CO₂回収装置の使用予測



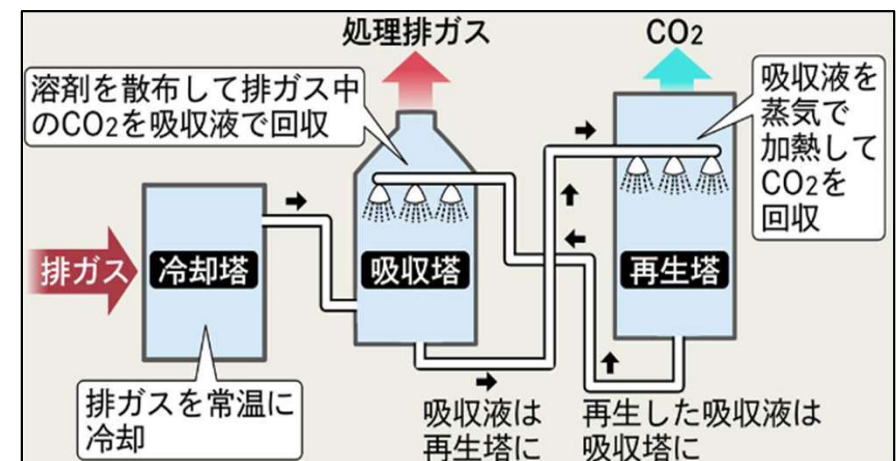
2050年でも船用燃料の約50%程度化石燃料が残ると想定されるため、陸上に加えて、船上CO₂回収装置の計画の可能性がある。

出典: 国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ

■ CO₂回収手法

候補船に対する評価基準	化学吸収法	物理吸収法	膜分離法	深冷分離法
技術的成熟度	高	低	低	中
CO ₂ 純度	99%	捕捉率と純度は連動している。 CO ₂ 純度は低く、吸着式で80%、 膜式で60%、捕捉率も低い。		99.9%
CO ₂ 回収能力	90-99%			90-99%

化学吸収法によるCO₂回収の概要



出典: 三菱重工エンジニアリング

■ 川崎汽船及び三菱造船との共同プロジェクト(2020年8月~2022年5月)

(1) 概要 「小型デモプラントの研究開発」

目的: 陸上プラントの技術を流用した
船上でのCO₂回収技術の
性能確認

供試船: ばら積船 88,000トン型

M/V CORONA UTILITY (主機

6S60MC-C 9960kw×89rpm)

排ガスを一部分岐してCO₂回収装
置に通過させる。

CO₂回収装置



(2) 結果

搭載工事完了後

吸収液	排ガス流量 [Nm ³ /h]	CO ₂ 回収量 [ton/day]	アミン吸収液消費速度 (100w%基準) [kg/h]	CO ₂ 回収率(Ave) [%]	CO ₂ 純度 [%]
MEA	65	0.1	0.091	69	99.9
KS-1™	65	0.1	0.034	76	99.9

MEA: モノエタノールアミン、一般的に使われるCO₂吸収液

KS-1™: 三菱重工独自開発のアミン吸収液、回収効率が良く、再生に必要なエネルギーが少ない。

デモプラントを用いた実証試験において、船上でのCO₂回収が確認できた。

■ CO₂回収装置に関する世界の動向

2022/4/6 エバーロング社がLNG燃料船にCO₂回収装置を搭載する実証試験を行うと発表。

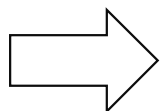


Press release issued by the EverLoNG Project Consortium

FOR IMMEDIATE RELEASE Wednesday 6 April 2022

2022/6/24 シンガポール船社X-PRESS FEEDERSが自社船へのオランダのメーカvalue maritime社製のCO₂回収装置の搭載計画を発表。

X-Press Feeders to fit two more ships with onboard carbon capture
by Mariska Buitendijk | Jan 25, 2022 | Emissions, Energy transition, News, Shipping



船上CO₂回収のプロジェクトが活発化している。

■ 回収・液化・船内貯蔵や陸揚げの全体のコンセプト確立に向けての課題

✓ CO₂発生量が多い

	C重油	A重油	天然ガス(LNG)
単位質量当たりの CO ₂ 排出量 [t-CO ₂ /t-Fuel]	3.127	2.7819	2.861

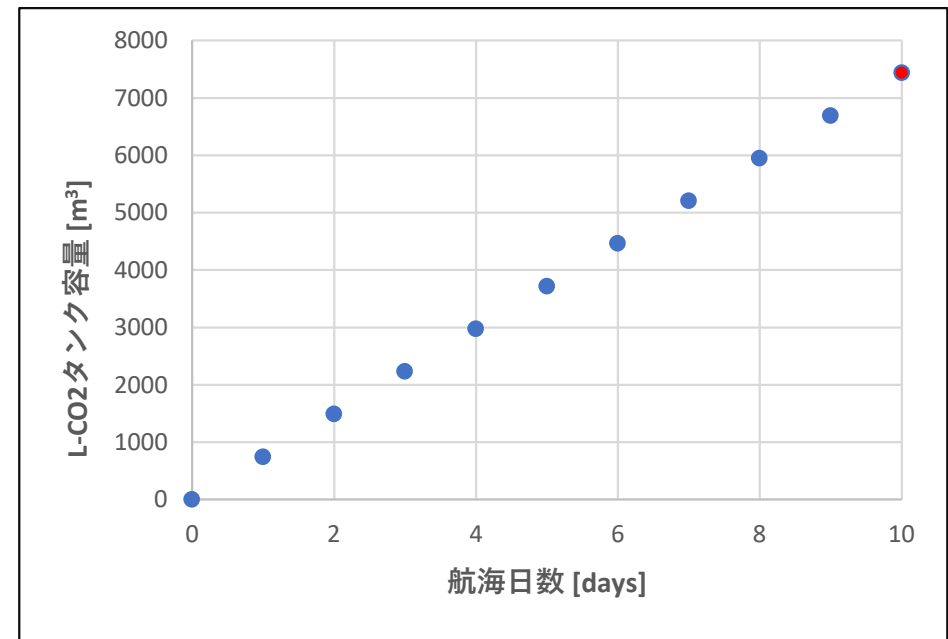
⇒CO₂は燃料の約3倍排出される。

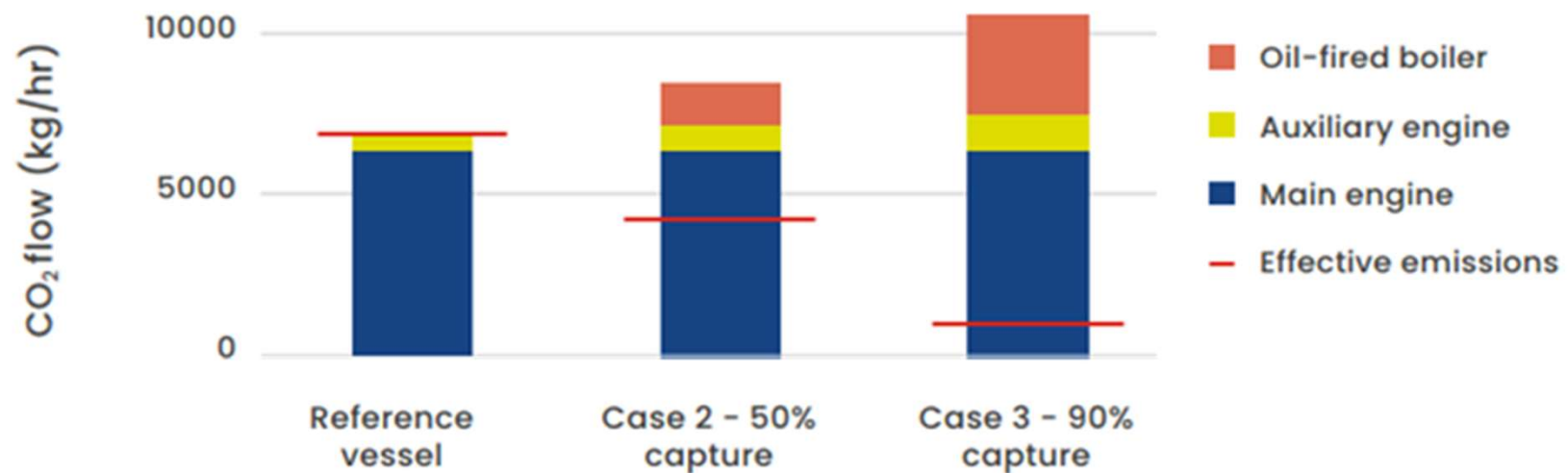
✓ 回収に追加エネルギーが必要

状況によっては、主機の出力の
30~40%にも達する結果も存在。

例) 20,000 TEUコンテナ船(メタノール)の場合
CO₂回収量 766t/dayとの試算

出典:佐伯 和基「船上CO₂回収実証実験“CC-Ocean”プロジェクトの紹介」
及びゼロエミ関連技術の解説





回収率が高くなると必要なエネルギーも増えていく(図case2, 3)。

一般的に文献によると、主機からの廃熱を利用し、8%のCO₂は回収できるが、これ以上に回収する為には、補助エンジンや、ボイラーからの熱源を必要とする。回収目標によっては、追加工事無しの見込み。

出典: Stena Bulk, "O₂ IS CARBON CAPTURE ON SHIPS FEASIBLE?", 2021

■ 実施項目

船上のCO₂回収装置の安全性・経済性評価に向けて取り組む。

(1) CO₂回収に関する総合的情報収集と分析

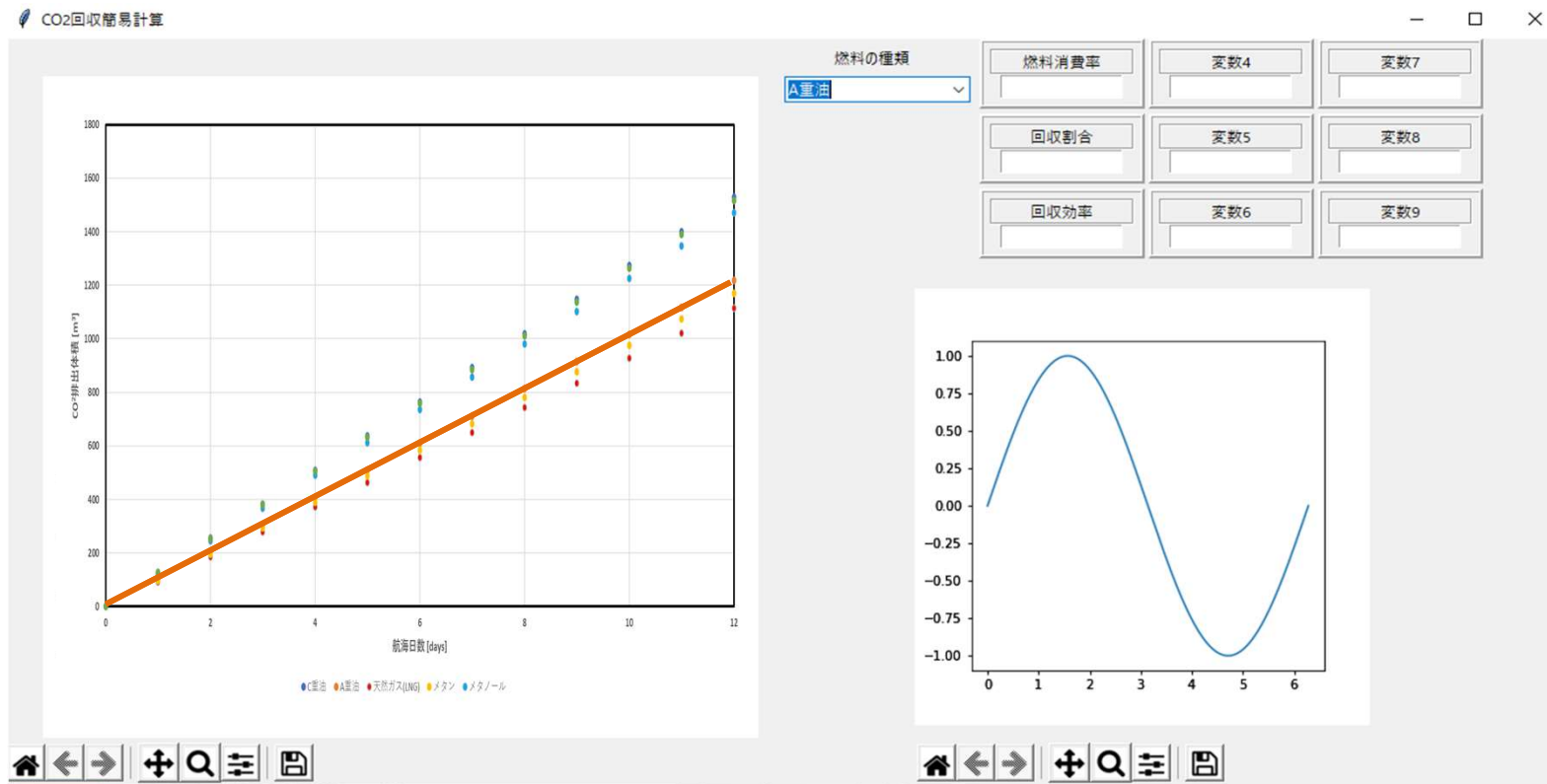


CO₂回収装置に関するパンフレット(案)

パンフレットの発行や指針及びQ&Aの掲載等、幅広く情報面でサポート。

■ 実施項目（続き）

(2) CO₂回収装置における安全性・経済性についても検討し、簡易的にシミュレータによって、業界全体に向けて幅広く結果を幅広く見れるようなものを検討。



簡易シミュレータのイメージ

1. 水素とアンモニアの利用にあたっての課題抽出及び対策の検討を通じて安全性の向上に貢献。
2. シミュレーション技術の開発を通じて燃料システムの安全な設計及びオペレーションを支援。
3. 船上CO₂回収システムの安全性・経済性の評価方法の開発を通じて、安全性の向上に貢献するとともにGHG削減方法の選択についても支援する。

THANK YOU

for your kind attention

