

# 船上CO<sub>2</sub>回収貯蔵装置ガイドラインの概要 及び関連技術課題

一般財団法人 日本海事協会  
技術研究所

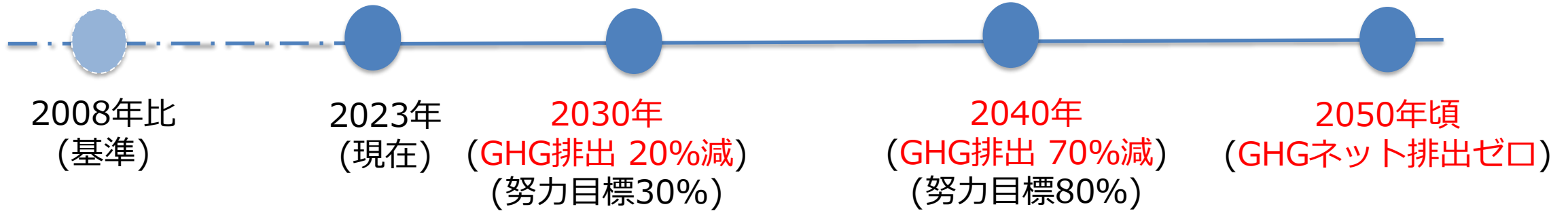
© 2023 NIPPON KAIJI KYOKAI



1. 背景
2. CO<sub>2</sub>回収・貯蔵方法
3. 共同研究の紹介
4. ガイドラインの概要
  - 安全要件
  - 技術的な課題
5. まとめ

## IMOのGHG削減戦略

※MEPC80 (2023年7月開催)



**前広な準備が必要。**

ClassNKとしては、ガイドラインの発行や基準の公開、各種サービスを提供し支援していく。

# 1. 背景

## GHG削減方法

カーボンニュートラル化の可能性のある燃料の使用

- バイオ
- アンモニア, 水素(カーボンフリー燃料)
- 合成メタン, 合成メタノール(合成燃料)...

課題に向けて取り組んでいる。

2050年までの規制の中で, (例えばインフラの整備等を理由に)燃料転換が間に合わず, 化石燃料を使用した船舶が残る可能性はある。

船上CO<sub>2</sub>回収貯蔵に関する技術が少しずつ注目を集めている。  
(GHG排出の規制への対策の1つとしての可能性)

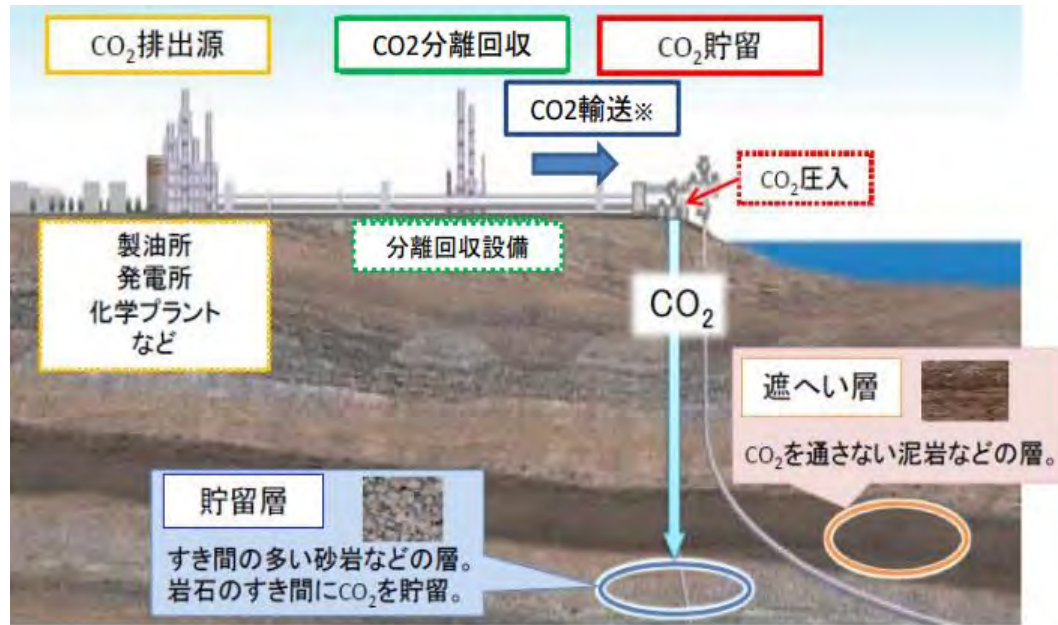
- EEDI/EEXI, CIIの計算において, 船上で回収されたCO<sub>2</sub>分の考慮は, IMOにて審議継続。※MEPC80
  - ✓ 装置の使用を認めるための規制枠組みを検討する為に, ISWG-GHG(GHG排出削減に関するIMOの中間作業部会)において, 新規議題を設置することが合意。
  - ✓ 場合によっては, ゼロエミに向けた橋渡しの技術又は複合的なシステムの一部として, 選択が可能に。

# 1. 背景

## 回収したCO<sub>2</sub>の処理と利用

### 1. 処理

CO<sub>2</sub>を地中に貯留する。CCS, EOR。



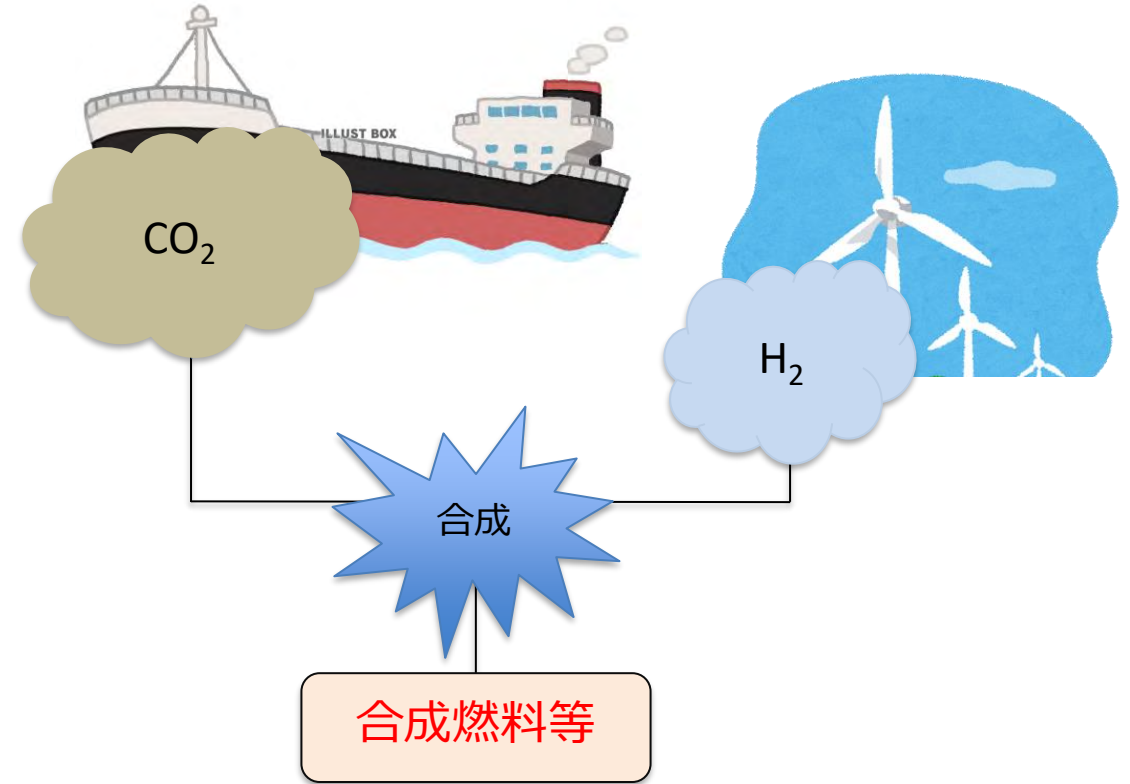
出典:環境省,我が国におけるCCS事業について

日本: 実証試験(北海道苫小牧)

貯留箇所選定 (JOGMEC殿主導)

### 2. 利用

合成燃料, 合成樹脂等。資源として利用。



CO<sub>2</sub>回収装置の需要を高める要因になる。処理・利用システムへの連結は不可欠。

## 2. CO<sub>2</sub>回収・貯蔵方法について

CO<sub>2</sub>回収貯蔵装置は, 陸上での実績が多く存在する。

吸収法	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 <sub>2</sub> 回収能力	高	中	低	高
CO <sub>2</sub> 純度	高	中	低	高
排ガス圧力	低圧	高圧	高圧	高圧

※化学吸収法: CO<sub>2</sub>と液体の化学反応を利用。

物理吸収法: CO<sub>2</sub>を液体中に溶解。

膜分離法: CO<sub>2</sub>分離機能のある膜を利用。

深冷分離法: 沸点の違いを利用。

**化学吸収法: 火力発電所等の排ガスが低圧・CO<sub>2</sub>低濃度域においても回収可能。**

**→船舶としても一定の優位性がある。**

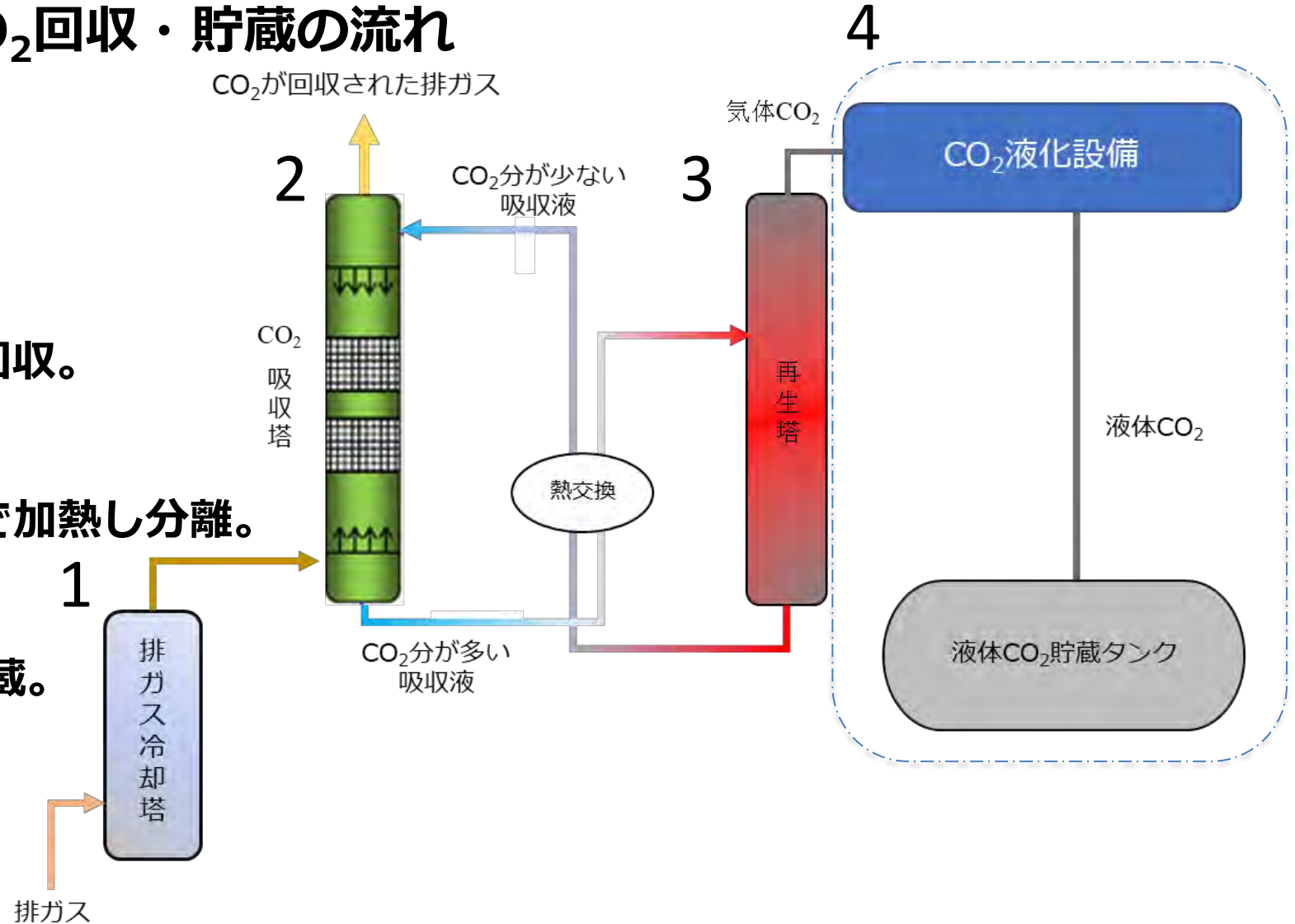


**今後, 技術的发展により様々な回収方法が想定されるが,  
ガイドラインにおいては化学吸収法を主体とした構成で作成している。**

## 2. CO<sub>2</sub>回収・貯蔵方法について

### 化学吸収法による船上CO<sub>2</sub>回収・貯蔵の流れ

1. 排ガス冷却塔:  
40℃程度まで冷却。
2. CO<sub>2</sub>吸収塔:  
CO<sub>2</sub>を吸収液と向流接触させ回収。
3. 再生塔:  
回収したCO<sub>2</sub>を120℃程度まで加熱し分離。
4. 液化・貯蔵設備:  
分離した気体CO<sub>2</sub>を液化し貯蔵。





### 3. 共同研究の紹介

陸上では様々なCO<sub>2</sub>回収が実施されている。



- 「小型デモプラントの研究開発」三菱造船株式会社殿, 川崎汽船株式会社殿との共同プロジェクト(2020年8月~2022年5月)

**目的:** 陸上プラントの技術を流用した船上でのCO<sub>2</sub>回収技術の性能確認

**供試船:** 石炭運搬船 M/V CORONA UTILITY  
(本船主機排ガスを一部分岐してCO<sub>2</sub>回収装置に通過させる)

**結果:** デモプラントを用いた実証試験において, CO<sub>2</sub>回収量, CO<sub>2</sub>回収率, CO<sub>2</sub>回収純度はすべて計画値以上の性能を達成した。





## 4. ガイドラインの概要

### 2023年4月 船上CO<sub>2</sub>回収貯蔵装置ガイドライン発行

#### 構成

- 1章 通則
- 2章 CO<sub>2</sub>回収装置関連設備
- 3章 CO<sub>2</sub>貯蔵装置関連設備
- 4章 船級符号への付記
- 5章 検査
- 付録 アミン水溶液を用いたSCCSの追加エネルギー及び設備 (CO<sub>2</sub>回収装置, CO<sub>2</sub>貯蔵タンク)の主要な寸法概算



船上CO<sub>2</sub>回収貯蔵装置  
ガイドライン

## 4. ガイドラインの概要 (安全要件)

### ■ 適用(化学吸収法を対象)

- 1. …CO<sub>2</sub> の吸収液としてアミン水溶液を使用した化学吸収法を使用し，回収した CO<sub>2</sub> を液体で貯蔵するものに適用
- 2. 前-1.に規定されない CO<sub>2</sub> 吸収法及び貯蔵法を採用する場合は，個々の設計に応じてその都度検討

### ■ 安全に係わる要件

#### リスク評価

CO<sub>2</sub>回収貯蔵装置の設置及び使用により生じる人員，環境，船体の構造強度又は保全性に対するリスクについて検証するため，リスク評価を行わなければならない

➤ 各種安全要件（例えば右にある貯蔵装置の警報要件）

CO<sub>2</sub>貯蔵装置の警報点<sup>(1)</sup>

異常状態の種類 <sup>(2)</sup>	警報
CO <sub>2</sub> 機関区域の換気	○ <sup>(3)</sup>
CO <sub>2</sub> 機関区域の酸素濃度	L
CO <sub>2</sub> 機関区域の二酸化炭素濃度	H
ホールドスペースの二酸化炭素濃度	H
タンク内液面 <sup>(4)</sup>	H L
タンク内圧力	H L
タンク内温度	H L
電動機	○ <sup>(3)</sup>
制御，警報，監視，安全装置の電源	○

## 4. ガイドラインの概要（安全要件）

### 船級符号への付記

- 1. 2章及び3章の規定を満足する場合、船級符号に「Shipboard Carbon dioxide Capture and Storage-**Full**」（略号SCCS-Full）を付記する。
- 2. 2章の規定のみを満足する場合、船級符号に「Shipboard Carbon dioxide Capture and Storage-CO<sub>2</sub> **Capture**」（略号SCCS-Capture）を付記する。
- 3. 3章の規定のみを満足する場合、船級符号に「Shipboard Carbon dioxide Capture and Storage-CO<sub>2</sub> **Storage**」（略号SCCS-Storage）を付記する。

### SCCS-Ready の船舶に対する船級符号への付記

#### 適用

本会に登録する船舶であって、CO<sub>2</sub>回収装置及び貯蔵装置の一部又は全部の設置に関する設計を実施し、その旨を船級符号に付記することについて申込があったものに適用する。

# 4. ガイドラインの概要 (技術的な課題: 吸収塔のサイズ)

吸収塔の寸法概算・・・船の復原性・船橋視界に影響する。

13,000 kW級主機排ガス (50%, 85%)を吸収塔に通す場合。

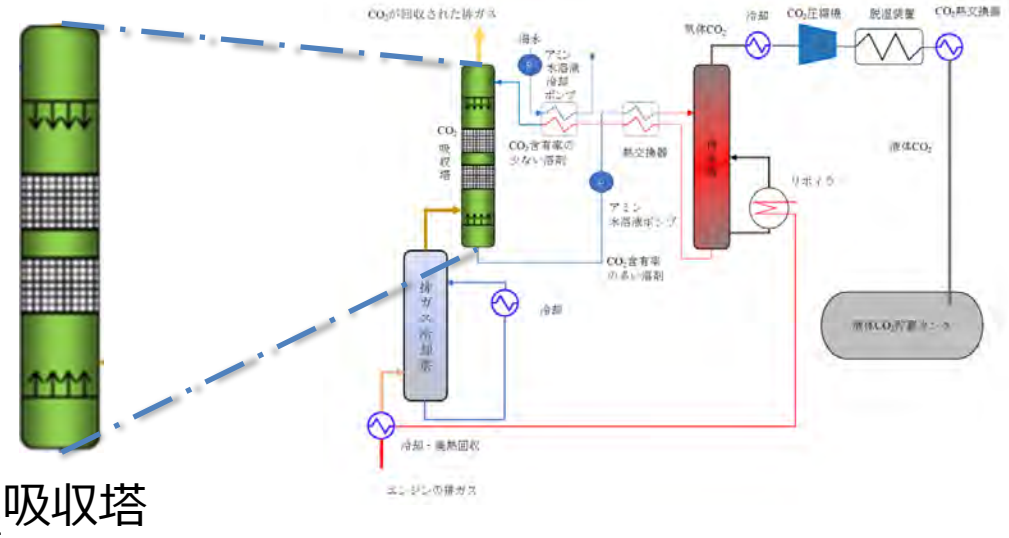
直径 
$$d = \sqrt{\frac{4\dot{m}}{\pi u \rho}} \quad (1)$$

- $d$ : 吸収塔直径 (m)
- $\dot{m}$ : ガス流量 (kg/s)
- $u$ : ガス流速 (m/s) , 概算では2m/s とする。
- $\rho$ : 排気ガス密度 (kg/m<sup>3</sup>)

排ガス量(%)	$\dot{m}(kg/s)$	$u(m/s)$	$d(m)$	$p(bar)$	$R(J/kg \cdot K)$	$T (^{\circ}C)$	$\rho(kg/m^3)$
50	13.83	2	2.8	1.05	288	40	1.164
85	23.51	2	3.6	1.05	288	40	1.164

高さ 
$$h = 48.4\eta_{CO_2} - 22 \quad (2)$$

- $h$ : 吸収塔高さ (m)
- $\eta_{CO_2}$ : CO<sub>2</sub>回収率 (%) ( $\eta_{CO_2} \geq 50\%$ )



CO<sub>2</sub>吸収塔

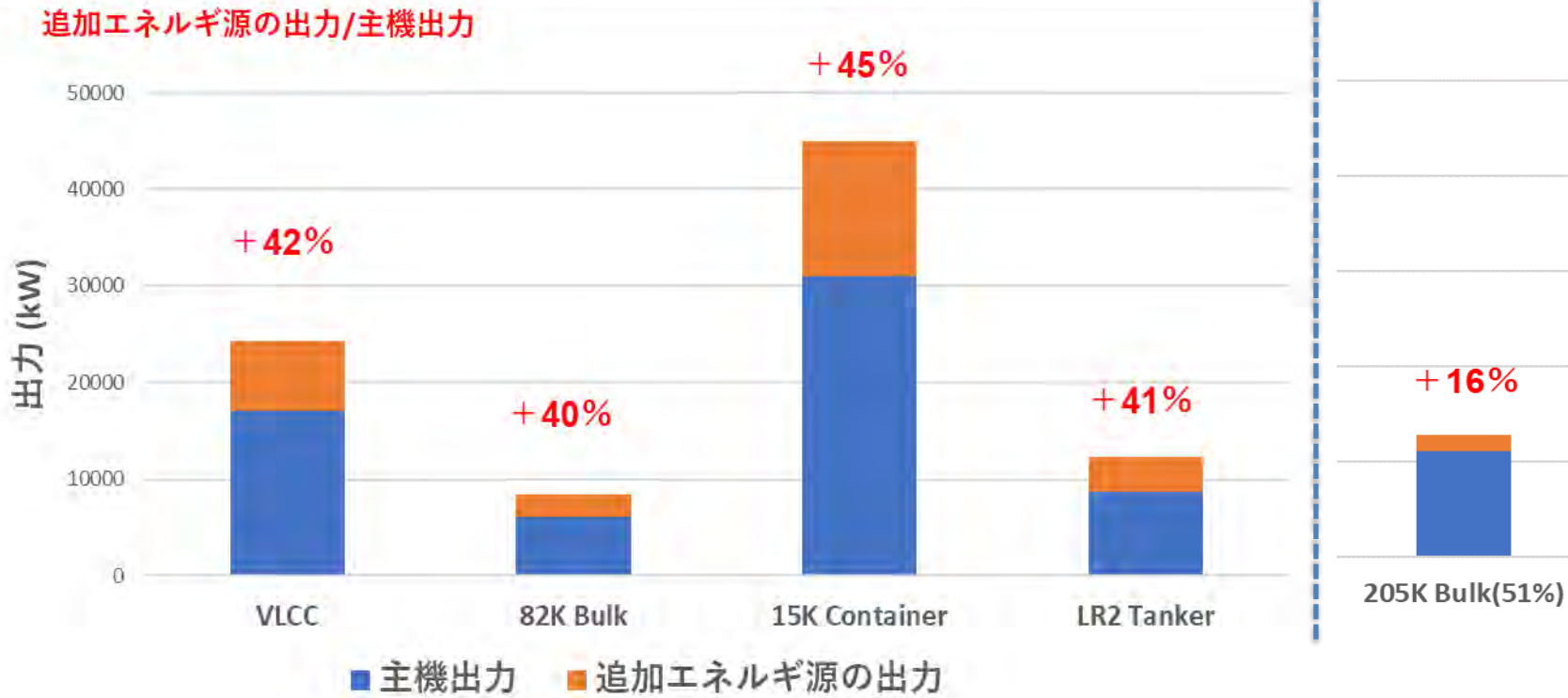
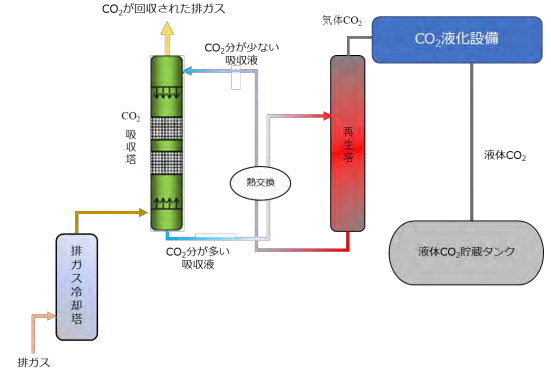
$\eta_{CO_2}(\%)$	$h(m)$
50	2.2
55	4.6
60	7.0
65	9.5
70	11.9
75	14.3
80	16.7
85	19.1

# 4. ガイドラインの概要 (システムの稼働に必要なエネルギー)

## 船舶別のCO<sub>2</sub>回収に伴う追加エネルギーの事例 ※)

回収率82%で主機出力の40%以上の追加エネルギーが必要。

205K Bulk(回収率51%)における追加エネルギーは主機出力の約16%。



**追加エネルギー:**  
 熱エネルギー,  
 (CO<sub>2</sub>吸収液の加熱等)  
 電気的エネルギー  
 (圧縮, ポンプ駆動等)

※) 三菱重工業株式会社殿の試算結果より作成

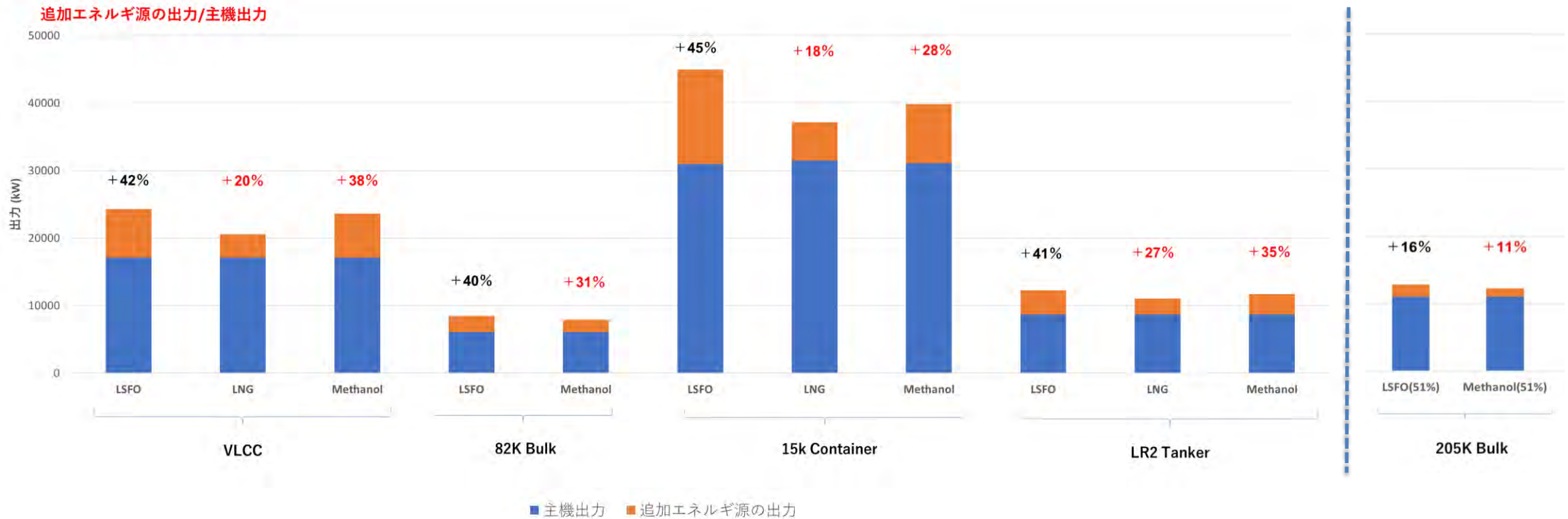


# 4. ガイドラインの概要 (システムの稼働に必要なエネルギー)

## 船舶別・燃料別のCO<sub>2</sub>回収に伴う追加エネルギーの事例 ※)

回収率82%, 205KBulkにおいては, 51%で実施。

LNGにおいては, 気化する際の冷熱を利用することで, CO<sub>2</sub>液化エネルギーを抑えることができる。



※) 三菱重工業株式会社殿の試算結果より作成

# 4. ガイドラインの概要 (貯蔵タンクのサイズ)

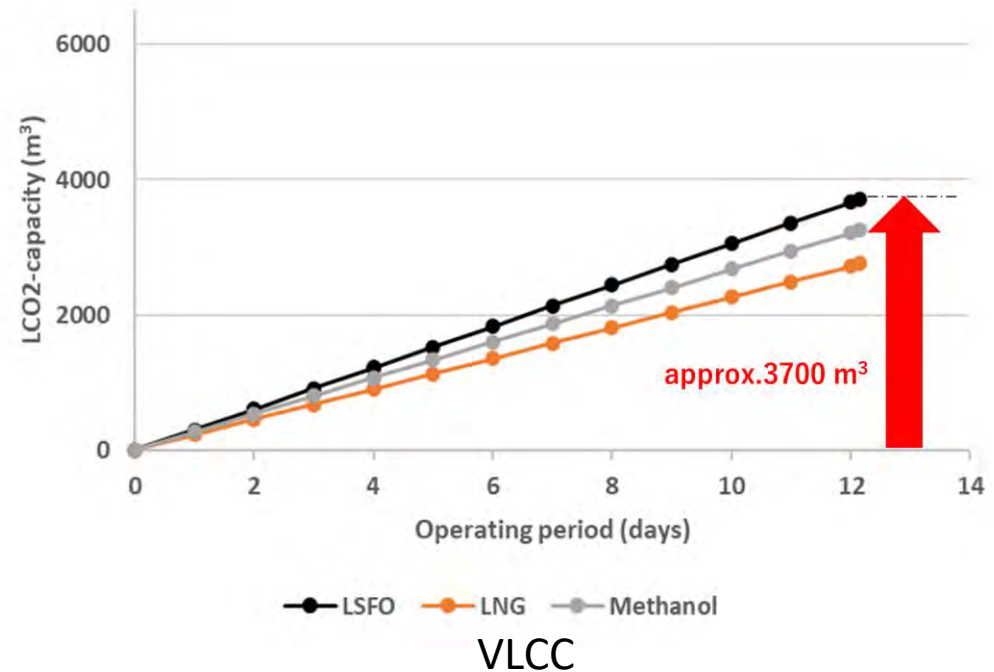
## 液化CO<sub>2</sub>タンク容量の試算・・・回収したCO<sub>2</sub>の貯蔵場所の確保

各対象船種における条件 (LSFO, Methanol, LNG)

Ship type	VLCC	82K Bulk	205K Bulk	15K Container	LR2 Tanker
Engine	17,000 kW	6,000 kW	11,000 kW	31,000 kW	9,000 kW
Ship speed (knot)	14.5	13.5	13.5	19	13.5
Capture rate (%)	100				

※前述の条件とは異なる。

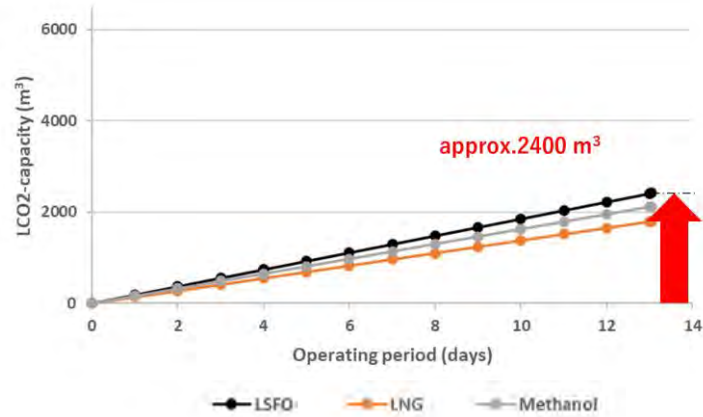
※ LR2 Tankerはプロダクトタンカー (一般的に 115K D.W.T)を指す。



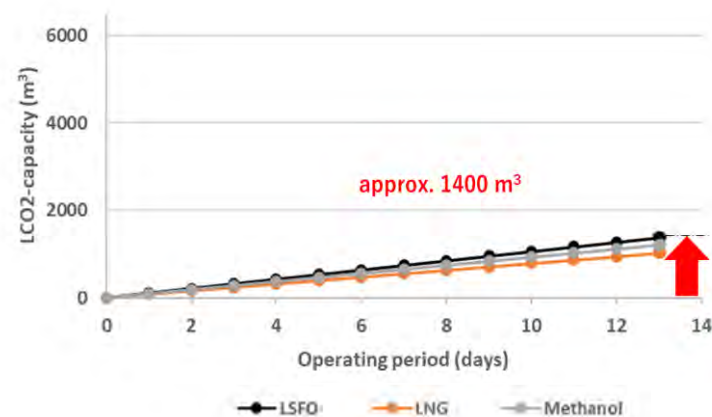


# 4. ガイドラインの概要 (貯蔵タンクのサイズ)

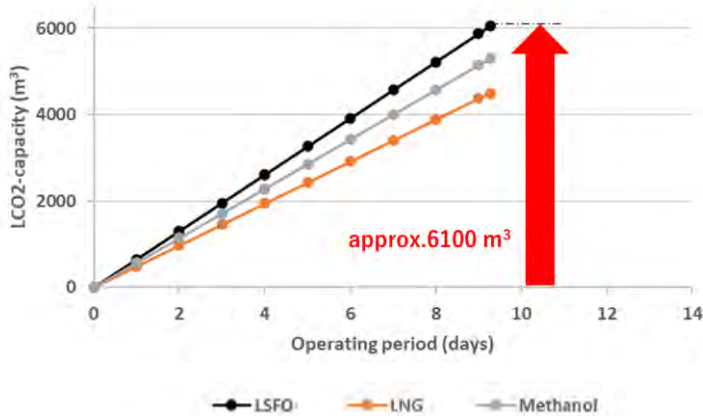
## 液化CO<sub>2</sub>タンク容量の試算



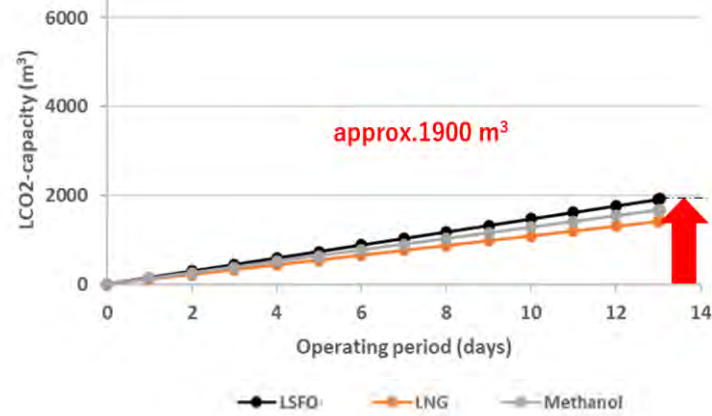
205K Bulk



82K Bulk



15K Container



LR2 Tanker

船舶毎に現実的な回収率を検討していく必要がある。

## 5. まとめ

- 船上CO<sub>2</sub>回収は, GHG削減の手段の1つとなる可能性はある。  
※実搭載の拡大にはGHG排出規制枠組みへの取入れとともに, 回収したCO<sub>2</sub>の荷役, 輸送及び処理・利用インフラの整備が必要。
- 船上CO<sub>2</sub>回収には回収量に応じて追加エネルギーと相応のスペースが必要となる為, 現実的な回収率の検討も必要。
- 迅速に支援認証する為にガイドラインを発行, ブラッシュアップ, 検討の支援を行う。

**THANK YOU**

**for your kind attention**

