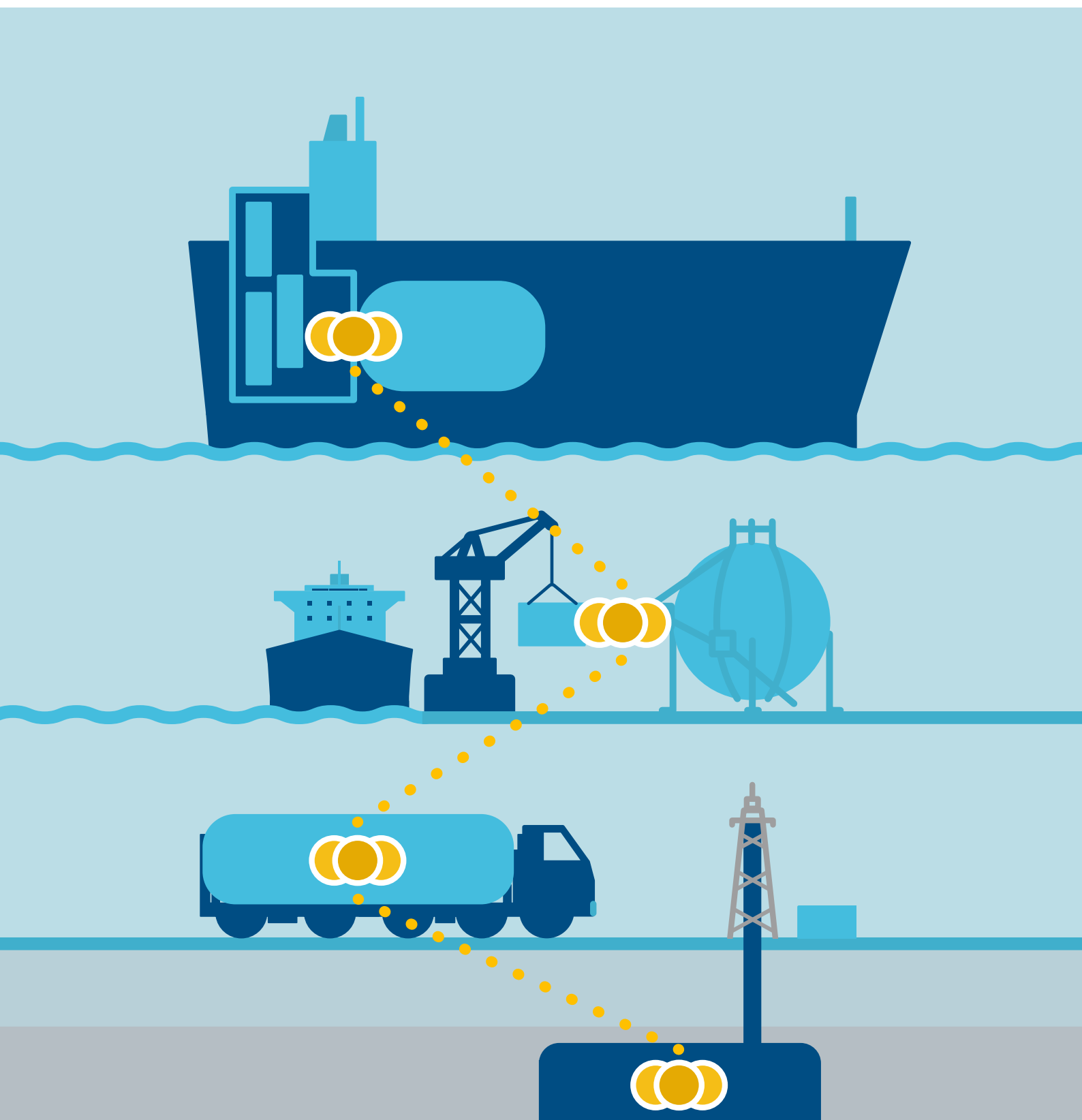


～ 船舶からのGHG 排出評価に関するハンドブック ～  
GHG 排出削減に向けた船上CO<sub>2</sub>回収貯蔵装置導入の考え方  
(第1.0版)

[日本語 / Japanese]



# 目次

---

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| はじめに                                         | 1  |
| 改訂履歴                                         | 2  |
| 略語集                                          | 3  |
| 本ハンドブックの構成                                   | 4  |
| 1章 OCCS 導入検討の基本構造                            | 5  |
| 1-1. 海運業界における OCCS の位置付け                     | 5  |
| 1-2. OCCS バリューチェーンの全体像                       | 5  |
| 1-3. OCCS バリューチェーンを構成する関係者                   | 6  |
| 1-4. OCCS 導入判断の基本的な考え方                       | 7  |
| 1-5. 回収 CO <sub>2</sub> の最終的な処理先に関する 3 つの区分  | 7  |
| 2章 船上 CO <sub>2</sub> 回収技術                   | 9  |
| 2-1. OCCS の構成                                | 9  |
| 2-2. 船上 CO <sub>2</sub> 回収技術の概要              | 9  |
| 2-3. 回収率とエネルギーペナルティ                          | 10 |
| 2-4. 回収 CO <sub>2</sub> の品質と管理               | 10 |
| 2-5. OCCS 導入における主要検討項目                       | 11 |
| 3章 CO <sub>2</sub> 輸送・貯留インフラ                 | 13 |
| 3-1. OCCS インフラの全体像                           | 13 |
| 3-2. CO <sub>2</sub> 輸送システム                  | 13 |
| 3-3. CO <sub>2</sub> の貯留・固定・利用               | 14 |
| 3-4. インフラ接続性に関する留意事項                         | 14 |
| 4章 OCCS に関連する制度と排出削減の考え方                     | 16 |
| 4-1. OCCS に関する制度の基本原則                        | 16 |
| 4-2. EU における回収 CO <sub>2</sub> の GHG 排出削減評価  | 16 |
| 4-3. IMO における回収 CO <sub>2</sub> の GHG 排出削減評価 | 18 |
| 5章 MRV・Chain of Custody・第三者検証                | 21 |
| 5-1. OCCS における MRV の考え方                      | 21 |
| 5-2. Chain of Custody とトレーサビリティ              | 21 |
| 5-3. 第三者検証の役割                                | 22 |
| 5-4. 今後の検証・認証制度の方向性                          | 23 |
| 6章 OCCS 導入判断フロー                              | 24 |
| 6-1. 導入判断の基本アプローチ                            | 24 |
| 6-2. 導入判断の評価項目                               | 24 |
| 6-3. 導入可能性評価の方法                              | 27 |

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 【付録】                                           | 30 |
| 付録 A OCCS の導入実績                                | 30 |
| 付録 B OCCS の実証及び実船適用に向けた主なプロジェクト                | 31 |
| 付録 C EU/EEA 域内及び英国の CO <sub>2</sub> 貯留施設・荷揚げ設備 | 32 |
| 付録 D IMO 及び EU における OCCS 関連作業スケジュール            | 34 |
| 【参考文献】                                         | 35 |

## はじめに

---

国際海運では、温室効果ガス(GHG)排出削減に向け、運航改善、省エネルギー技術の導入及び代替燃料の使用など、様々な取り組みが進められている。その選択肢の一つとして注目されているのが、船上での CO<sub>2</sub> 回収である。そのために導入される船上 CO<sub>2</sub> 回収貯蔵装置(Onboard Carbon Capture Systems:OCCS)は、船舶の排ガスから CO<sub>2</sub> を回収し、船内で処理・一時貯蔵するための船上装置であり、OCCS の導入は既存船を含めた国際海運における GHG 排出削減を支える選択肢の一つとして期待されている。

一方、OCCS の導入及び運用は、船上装置だけでは完結しない。回収された CO<sub>2</sub> の荷揚げ、輸送及び最終的な貯留、固定又は利用に加え、その一連の流れに関するトレーサビリティを確保し、GHG 削減効果の算定及び検証を可能とするためには、MRV(Monitoring, Reporting and Verification)、Chain of Custody(CoC:回収 CO<sub>2</sub> とその属性情報を、サプライチェーンの各段階を通じて移転、監視及び管理するための仕組み)及び第三者検証の仕組みが重要となる。そのため、OCCS の導入にあたっては、CO<sub>2</sub> 回収技術、港湾・輸送インフラ、CCS 事業、GHG 関連制度等を含むバリューチェーン全体を理解し、検討する必要がある。

本会は、「船上 CO<sub>2</sub> 回収貯蔵装置ガイドライン」の策定を通じて OCCS の安全・技術要件の整備を進めるとともに、OCCS に関する技術調査や実証プロジェクトへの参画、制度動向の調査・情報発信などに取り組んできた。本ハンドブックは、これまでの取り組みを踏まえ、主として OCCS の導入を検討する船主及び運航者を対象として、導入判断に必要な技術、インフラ、制度及び GHG 排出削減評価の考え方を総合的に整理し、意思決定に資する情報を提供することを目的としている。回収された CO<sub>2</sub> の荷揚げ及び輸送を経て、貯留、固定又は利用に至るまでの流れや、その GHG 削減効果の算定・検証の考え方を含め、OCCS のバリューチェーン全体を俯瞰できるよう構成した。

本ハンドブックは、2026 年8月末時点で公表されている制度、ガイドライン及び公開情報(本ハンドブック末尾の参考文献参照)に基づいて作成したものである。OCCS に関する国際的な制度及び GHG 排出削減評価に関する方法論は現在も発展途上にあり、回収された CO<sub>2</sub> の算定・検証の具体的な運用については、引き続き議論が進められている。本ハンドブックが、OCCS の導入を検討する船主及び運航者の意思決定を支援するとともに、船用機器メーカー、造船所に加え、CO<sub>2</sub> 輸送・貯留等に関わる陸上事業者を含む、OCCS バリューチェーンに携わる幅広い関係者の理解促進の一助となれば幸いである。

## 改訂履歴

---

| 版   | 改訂日付    | 改訂箇所 | 改訂内容 |
|-----|---------|------|------|
| 1.0 | 2026.10 | —    | —    |
|     |         |      |      |
|     |         |      |      |
|     |         |      |      |

## 略語集

| 略語                       | 英語                                                                                  | 日本語                                                                                                                            |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AVR                      | Accreditation and Verification Regulation                                           | (EU) 認定・検証規則                                                                                                                   |
| CCS                      | Carbon Capture and Storage                                                          | 二酸化炭素回収・貯留                                                                                                                     |
| CCU                      | Carbon Capture and Utilization                                                      | 二酸化炭素回収・利用<br>※CCU には恒久固定型と再放出型があり、<br>制度上の取扱いが異なる(1-5 参照)                                                                     |
| CCUS                     | Carbon Capture, Utilization and Storage                                             | 二酸化炭素回収・利用・貯留                                                                                                                  |
| CoC                      | Chain of Custody                                                                    | 管理の連鎖<br>(供給連鎖を通じた属性管理方式。<br>ISO 22095 参照)                                                                                     |
| DAC                      | Direct Air Capture                                                                  | 大気中二酸化炭素直接回収                                                                                                                   |
| DCS                      | Data Collection System                                                              | (IMO)燃料消費実績報告制度                                                                                                                |
| EEA                      | European Economic Area                                                              | 欧州経済領域                                                                                                                         |
| EOR                      | Enhanced Oil Recovery                                                               | 原油増進回収                                                                                                                         |
| EU                       | European Union                                                                      | 欧州連合                                                                                                                           |
| EU ETS                   | European Union Emissions Trading System                                             | EU 排出量取引制度                                                                                                                     |
| EU MRV                   | European Union Monitoring, Reporting and Verification                               | EU 排出量監視・報告・検証制度                                                                                                               |
| GESAMP                   | Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection | (IMO)海洋環境保護の科学的側面に関する合同専門家グループ                                                                                                 |
| GHG                      | Greenhouse Gas                                                                      | 温室効果ガス                                                                                                                         |
| HAZID                    | Hazard Identification Studies                                                       | ハザードの特定                                                                                                                        |
| IMO                      | International Maritime Organization                                                 | 国際海事機関                                                                                                                         |
| ISO                      | International Organization for Standardization                                      | 国際標準化機構                                                                                                                        |
| LCA                      | Life Cycle Assessment                                                               | ライフサイクル評価                                                                                                                      |
| LCO <sub>2</sub> Carrier | Liquefied Carbon Dioxide Carrier                                                    | 液化 CO <sub>2</sub> 運搬船                                                                                                         |
| LNG                      | Liquefied Natural Gas                                                               | 液化天然ガス                                                                                                                         |
| MEPC                     | Marine Environment Protection Committee                                             | (IMO)海洋環境保護委員会                                                                                                                 |
| MRR                      | Monitoring and Reporting Regulation                                                 | (EU) モニタリング・報告規則                                                                                                               |
| MRV                      | Monitoring, Reporting and Verification                                              | 監視・報告・検証                                                                                                                       |
| MSC                      | Maritime Safety Committee                                                           | (IMO)海上安全委員会                                                                                                                   |
| NO <sub>x</sub>          | Nitrogen Oxides                                                                     | 窒素酸化物                                                                                                                          |
| OCCS                     | Onboard Carbon Capture Systems                                                      | 船上 CO <sub>2</sub> 回収貯蔵装置<br>※Onboard Carbon Capture and Storage の表記が用いられることもあるが、本ハンドブックでは Onboard Carbon Capture Systems を用いる |
| SO <sub>x</sub>          | Sulphur Oxides                                                                      | 硫黄酸化物                                                                                                                          |

## 本ハンドブックの構成

OCCS導入の意思決定に資する情報を体系的に整理

| 章  | テーマ                                                                                                                                       | 主な内容                                                                                                                                                            |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1章 |  <b>全体像を把握する</b><br>OCCS導入検討の前提と基本構造を理解する                | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ OCCS導入の意義と海運業界における位置づけを整理</li> <li>➤ バリューチェーン全体像と検討の基本的な考え方を解説</li> <li>➤ 回収CO<sub>2</sub>の最終的な処理先の区分について整理</li> </ul> |
| 2章 |  <b>技術を理解する</b><br>船上でのCO <sub>2</sub> 回収技術と装置の要点を理解する   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 船上CO<sub>2</sub>回収技術の概要を解説</li> <li>➤ 回収率、エネルギーペナルティ、回収CO<sub>2</sub>の品質管理等技術面の要点を整理</li> </ul>                        |
| 3章 |  <b>インフラを把握する</b><br>CO <sub>2</sub> の輸送貯留等のインフラ全体像を理解する | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ OCCSに係るインフラの全体像と構成要素を整理</li> <li>➤ CO<sub>2</sub>の輸送・貯留・固定・利用の方法と特徴を解説</li> <li>➤ インフラとの接続に関する留意事項を整理</li> </ul>       |
| 4章 |  <b>制度を理解する</b><br>制度削減評価のルールや考え方を理解する                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ EU及びIMOの基本原則と枠組みの解説</li> <li>➤ 各制度における回収CO<sub>2</sub>のGHG削減評価の考え方を整理</li> </ul>                                       |
| 5章 |  <b>排出削減を証明する</b><br>MRV・CoC・第三者検証の仕組みを理解する            | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ MRVの考え方とデータ取得・報告のポイントを解説</li> <li>➤ Chain of Custodyとトレーサビリティの考え方を整理</li> <li>➤ 第三者検証の役割と今後の制度の方向性を解説</li> </ul>       |
| 6章 |  <b>意思決定をする</b><br>各評価項目を踏まえて、導入の可否を判断する               | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 各章で整理した要素を踏まえ、導入判断を検討</li> <li>➤ 評価項目に基づき、総合的に導入可否を判断するプロセスを提示</li> </ul>                                              |

## 1 章 OCCS 導入検討の基本構造

### 1-1. 海運業界における OCCS の位置付け

国際海運業界では現在、脱炭素化に向けた規制及び技術の両面で大きな変化が進んでいる。IMO は 2023 年 IMO GHG 削減戦略において、国際海運からの GHG 排出削減目標を示し、2050 年頃までにネットゼロ排出を達成する目標を掲げている。また、EU においては、EU ETS 及び FuelEU Maritime といった独自規制が導入されるなど、海運事業者に対して GHG 排出量の削減を促す制度が整備されつつある。

こうした状況の下、海運業界では様々な GHG 排出削減手段が検討されており、運航改善や省エネルギー技術に加え、バイオ燃料、メタノール、アンモニア、水素等の代替燃料への転換が主要な選択肢として注目されている。一方で、船舶ごとに運航形態、船齢、利用可能な燃料供給インフラ等の条件は異なるため、すべての船舶に同一の手段を適用できるとは限らない。特に既存船については、代替燃料への転換に際して、燃料供給体制の整備、船体改造、貨物スペースへの影響及び経済性等の課題があることから、適用が難しい場合もある。

このような背景から、既存船を含む幅広い船舶に適用できる可能性を有する GHG 排出削減手段として、OCCS への期待が高まっている。OCCS は、船舶の排ガスから CO<sub>2</sub> を回収し、船内で一時貯蔵するための船上装置である。既存燃料を継続使用しながら GHG 排出量の削減に寄与する可能性があり、海運業界の脱炭素化に向けた選択肢の一つとして期待されている。

また、OCCS は単独で利用されるだけでなく、他の GHG 排出削減手段と組み合わせて活用されることも想定される。将来的には、低炭素燃料やその他の GHG 削減技術との組合せにより、さらなる GHG 削減効果を実現できる可能性がある。そのため、OCCS は海運業界の脱炭素化に貢献する GHG 排出削減手段の一つとして位置づけることができる。

### 1-2. OCCS バリューチェーンの全体像

OCCS を検討する際には、船上装置そのものだけでなく、回収 CO<sub>2</sub> のその後の取扱いまで含めて考える必要がある。OCCS の議論では、装置そのものに注目が集まりやすい。しかし、船上装置による CO<sub>2</sub> 回収は、OCCS バリューチェーン全体の一部に過ぎない。船上で回収された CO<sub>2</sub> は船内に一時貯蔵された後、荷揚げ及び輸送を経て、最終的に貯留、固定又は利用のいずれかへ接続される。

さらに、制度上の GHG 排出削減として評価されるかどうかは、単に船上で CO<sub>2</sub> を回収した事実だけで決まるものではない。回収した CO<sub>2</sub> が最終的にどのように処理されたのか、また、それをどのように説明し検証できるのかが重要となる。実際に、回収 CO<sub>2</sub> の最終処理方法やトレーサビリティの確保は、現在 EU 及び IMO における制度整備において主要な論点となっている。

そのため、OCCS 導入にあたっては、CO<sub>2</sub> の回収、荷揚げ、輸送及び貯留・固定・利用に至る一連の流れを、次の図 1-1 に示すようなバリューチェーン全体として理解することが重要である。また、そのバリューチェーンを制度上の GHG 排出削減として評価するために求められる MRV 及び Chain of Custody 等についても、併せて理解する必要がある。

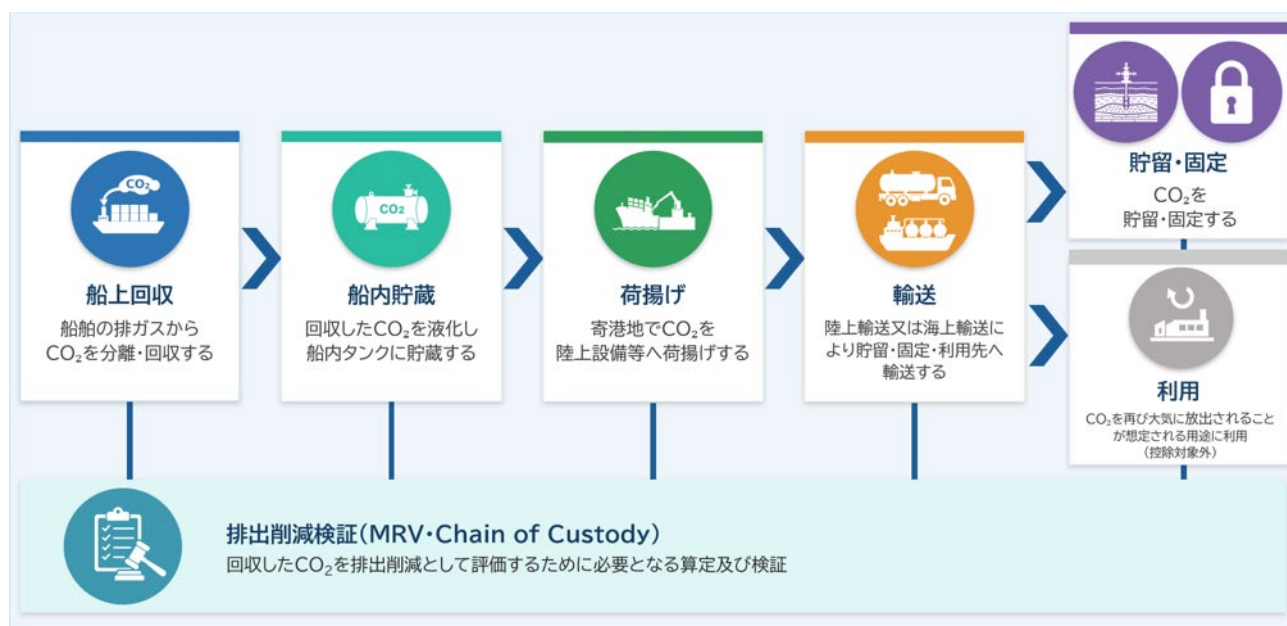


図 1-1 OCCS バリューチェーンの全体像

### 1-3. OCCS バリューチェーンを構成する関係者

前述の通り、OCCS は、船上での CO<sub>2</sub> 回収のみで完結する取組みではなく、回収から最終処理までを含むバリューチェーン全体によって構成される。このため、船主・運航者、機器メーカー、造船所・エンジニアリング会社に加え、港湾事業者、輸送事業者、回収 CO<sub>2</sub> の最終的な処理を担う事業者及び第三者検証機関等、多様な関係者が関与する。OCCS のプロジェクトでは、いずれか一方のみでプロジェクトを成立させることは困難であり、関係者間の連携が重要となる。

まず中心となるのは船主及び運航者である。船主及び運航者は、OCCS 導入の主体として対象船舶、運航パターン及び導入方針を決定するとともに、投資判断や事業性評価を行う。

機器メーカーは、船上回収装置、圧縮・液化装置及び貯蔵装置等の開発・供給を担う。一方、造船所及びエンジニアリング会社は、これらの設備を実際の船舶へ統合する役割を担う。特に既存船へのレトロフィットにおいては、機関室配置、タンク配置、重量バランス及び安全性への影響を考慮するため、計画初期からの関与が必要となる。

また、港湾事業者は回収 CO<sub>2</sub> の受入れ及び荷揚げ設備の整備・運用を担い、輸送事業者は荷揚げ後の CO<sub>2</sub> を最終的な処理先まで輸送する役割を担う。さらに、回収 CO<sub>2</sub> の貯留、固定又は利用を担う事業者は、OCCS による GHG 排出削減効果を成立させる上で重要な役割を担う。

加えて、制度上の算定・検証が求められる場合には、第三者検証機関も関与する。第三者による検証は、回収量や関連データの信頼性を確保し、GHG 排出削減効果を客観的に示す上で重要な役割を担う。

このように、OCCS は多様な関係者によって構成されるバリューチェーンである。そのため、導入検討にあたっては、個別技術の性能だけでなく、各関係者の役割及び相互の関係を整理・調整することも重要となる。

#### 1-4. OCCS 導入検討の基本的な考え方

OCCS の導入可能性は、船上装置の性能だけでは判断できない。回収 CO<sub>2</sub> を適切に処理できるバリューチェーン全体が成立するかどうかが重要となる。

例えば、高性能な OCCS を搭載したとしても、回収 CO<sub>2</sub> を受け入れる荷揚げ設備や輸送ネットワークに加え、貯留・固定・利用先が確保されていなければ、継続的な運用は困難である。また、回収 CO<sub>2</sub> による GHG 削減効果を評価するためには、回収後の流れを把握し、その状況を検証できる仕組みも必要となる。

このように、OCCS の成立性は技術、インフラ、制度及び算定・検証を支える仕組みといった要素によって左右される。そのため、導入検討にあたっては、以下の観点から総合的に評価することが望ましい。

- CO<sub>2</sub>を受け入れ可能な荷揚げ・輸送インフラが存在するか
- 利用可能な貯留・固定・利用先が存在するか
- 当該処理方法が制度上の GHG 排出削減として評価され得るか
- 関係法令及び将来制度との整合性を確保できるか
- 算定・検証を支える MRV 及び CoC 等の仕組みを確保できるか

本ハンドブックでは、このような考え方に基づき、CO<sub>2</sub> 回収技術、輸送・貯留インフラ、制度、算定・検証を支える仕組みについて順に解説する。これらを踏まえた具体的な評価項目及び導入判断の考え方については、6 章に整理する。なお、OCCS の導入実績及び関連プロジェクトについては付録 A 及び B を参照されたい。

#### 1-5. 回収 CO<sub>2</sub> の最終的な処理先に関する 3 つの区分

本ハンドブックでは、回収 CO<sub>2</sub> の最終的な処理先を「地層貯留(貯留)」、「製品中への恒久的な化学固着(固定)」及び「再放出を伴う利用(利用)」の 3 つに区分する。これらは、GHG 排出削減として評価される制度上の取扱いが根本的に異なるため、区別して理解することが重要である(制度上の取り扱いは4章にて解説する)。各区分について、本ハンドブックにおける定義を表 1-1 に示す。

表 1-1 回収 CO<sub>2</sub> の最終処理先の区分の定義

| 区分                         | 本ハンドブックにおける定義                                                                                                            | 代表例                                                               |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 貯留<br>(Storage)            | 回収した CO <sub>2</sub> を深部地下の地質構造へ圧入し、長期間にわたり大気から隔離すること。EU 域内においては、CCS 指令(Directive 2009/31/EC)に基づく許可を受けた貯留サイトへの圧入がこれにあたる。 | 塩水帯水層貯留、枯渇油ガス田貯留(Northern Lights(ノルウェー)、Greensand、Porthos(オランダ)等) |
| 固定<br>(Permanent Fixation) | 回収した CO <sub>2</sub> が製品中に化学的に恒久的に固着し、通常の使用時及び製品寿命終了後の通常の活動においても大気中へ放出されない状態とすること。                                       | 炭酸化コンクリート、炭酸化骨材等、鉱物化(炭酸塩化)による製品                                   |
| 利用<br>(Utilisation)        | 回収した CO <sub>2</sub> を原料又は製品として用いるが、使用時又は製品寿命終了後に再び大気中へ放出されることが想定される用途に供すること。                                            | 合成燃料(e-fuel)・メタノール等の燃料原料利用、食品・飲料用途、溶接・農業利用等                       |
| (参考)<br>EOR                | CO <sub>2</sub> を油層へ圧入して原油の回収率向上を図る技術。地中残留分は貯留に近い性質を持つ一方、主たる目的は原油増進回収であり、純粋な地層貯留とは区別して扱う必要がある。                           | MOL Szank Field(ハンガリー)、Zutica and Ivanic grad storage(クロアチア)      |

なお、一般に CCS は「貯留」に、CCU は「固定」と「利用」の双方にまたがる上位概念である。CCU という語を単独で用いると恒久固定型と再放出型が区別されないため、本ハンドブックでは原則として「固定」「利用」の語を区別して用いる。

## 1 章まとめ

- OCCS の導入検討においては、船上装置だけでなく、CO<sub>2</sub> の荷揚げ、輸送、最終的な処理及びこれらを支える算定・検証の仕組みを含め、バリューチェーン全体の成立性を評価することが重要である。
- OCCS には、船主・運航者、機器メーカー、造船所・エンジニアリング会社、港湾事業者、輸送事業者、貯留・固定・利用を担う事業者及び第三者検証機関等の多様な関係者が関与する。
- 回収 CO<sub>2</sub> の最終的な処理先は、「貯留」、「固定」及び「利用」に区分することができ、制度上の取扱いや GHG 削減効果の評価がそれぞれ異なる。

## 2 章 船上 CO<sub>2</sub> 回収技術

### 2-1. OCCS の構成

前章では、OCCS を船上装置単体ではなく、回収 CO<sub>2</sub> の最終処理までを含むバリューチェーンとして捉える必要があることを説明した。本章では、その起点となる船上 CO<sub>2</sub> 回収技術について解説する。なお、OCCS の安全・技術要件の詳細については、本会発行の「船上 CO<sub>2</sub> 回収貯蔵装置ガイドライン」を参照されたい。

OCCS を理解する上で重要なのは、OCCS が単一の機器ではなく、図 2-1 に示すような複数の装置から構成される複合システムであるという点である。船舶からの排ガスは、まず CO<sub>2</sub> 回収装置に導かれ、CO<sub>2</sub> が分離される。その後、分離された CO<sub>2</sub> は、圧縮、液化等の処理を経て、船内の貯蔵タンクに一時貯蔵される。また、システム全体を安全かつ安定的に運転するため、計測機器や制御システム等も必要となる。なお、CO<sub>2</sub> 単体として貯蔵せず、CO<sub>2</sub> と他の物質と結合させた状態で貯蔵するシステムも存在する。

陸上の CCS 関連設備では、比較的広い敷地を利用できることから、各機器を個別に配置・最適化できる場合が多い。一方、船舶では限られた船内スペース及び重量制約の中でシステム全体を搭載する必要があることから、個々の機器の性能だけでなく、各装置の配置、エネルギー供給、配管及び制御等を含め、システム全体として船舶上で成立するかを確認することが重要となる。

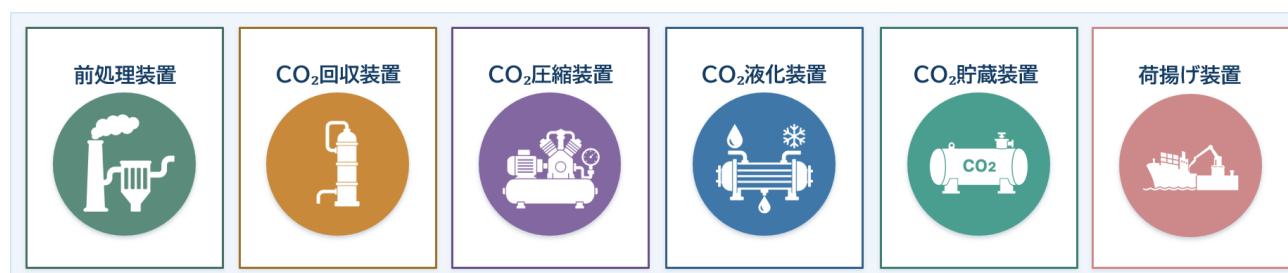


図 2-1 OCCS の基本構成(例)

### 2-2. 船上 CO<sub>2</sub> 回収技術の概要

OCCS の導入を検討する際には、どの回収技術を採用するかが重要な判断項目の一つとなる。現在、船舶への適用が検討されている CO<sub>2</sub> 回収技術にはいくつかの方式が存在する。本節では、燃料の燃焼後に生じる排ガスから CO<sub>2</sub> を分離・回収する燃焼後回収技術として、OCCS に適用される主要な回収技術の概要について解説する。

現時点で公表されている OCCS の実証・開発プロジェクトにおいては、化学吸収法を採用したものが多い。化学吸収法は、アミン等の吸収液を用いて排ガス中の CO<sub>2</sub> を吸収し、その後加熱工程により CO<sub>2</sub> を分離・回収する技術であり、陸上の CO<sub>2</sub> 回収設備において豊富な適用実績を有する回収方式である。このため、海事分野においても有力な技術候補の一つとして検討されている。しかしながら、化学吸収法では、CO<sub>2</sub> を吸収した吸収液を加熱して CO<sub>2</sub> を分離・回収し、吸収液を再生する工程に熱エネルギーを必要とするため、船上で必要な熱源をどのように確保するかが重要な検討事項となる。主機関の排熱利用などが検討されているが、利用可能な熱量は運航条件によって変化する。また、船舶の排ガス組成や運航条件は陸上設備と異なるため、陸上での実績をそのまま適用できるとは限らない。

また、近年は膜分離法も注目されている。膜分離法は、CO<sub>2</sub> を選択的に透過させる特殊な膜を用いて分離を行う方式であり、装置のモジュール化や簡素化が期待されている。吸収液を使用しないため、吸収液の補給・管理が不要であると

いう利点もある一方、現時点では高い回収率を達成するために必要な圧力差の形成等に伴うエネルギー消費や膜性能に関する課題が指摘されている。

このほか、物理吸収法及び深冷分離法などについても研究開発が進められている。これらの技術においても、それぞれ異なる利点と課題を有しており、今後の技術開発や実証結果の蓄積を通じて、船舶への導入可能性に関する知見がさらに拡充されることが期待される。

したがって、OCCS の導入検討にあたっては、対象船舶のスペース・重量、航路、熱源・電力供給、CO<sub>2</sub> 貯蔵容量、CO<sub>2</sub> の荷揚げ頻度及び受入条件等を踏まえ、導入予定の船舶及び航路に適した回収方式を選定することが重要である。例えば、化学吸収法を採用する場合には、特に吸収液の補給拠点及び補給頻度、再生に必要な熱源の確保可能性、装置搭載スペース等を確認することが必要となる。このような条件は回収方式によって異なるため、対象船舶及び航路の特性に応じた方式選定が求められる。

### 2-3. 回収率とエネルギーペナルティ

回収率とエネルギーペナルティは、OCCS の技術評価における重要な指標であり、一般に、回収率を高めるとエネルギーペナルティが増加する傾向がある。また、エネルギーペナルティとは、OCCS において追加的に必要となる熱エネルギーや電力消費を指し、装置の運転コストや燃料消費量等に影響を与える要素である。

実際の OCCS の導入においては、回収率だけで技術进行评估することは必ずしも適切ではない。回収率を高めるためには、より多くのエネルギーや装置容量を必要とするため、エネルギーペナルティも大きくなる傾向がある。例えば、化学吸収法では吸収液再生のための熱需要が増加し、追加のエネルギー供給が必要となる。また、回収率向上のために装置が大型化すれば、必要スペースや重量も増加する。さらに、エネルギーペナルティ増大に伴い、燃料消費量及び GHG 排出が増加する可能性もある。

特に近年の IMO における議論では、単純な CO<sub>2</sub> 回収量だけでなく、回収に伴うエネルギーペナルティも含めた OCCS バリューチェーン全体での GHG 排出への影響が重視されている。例えば、高い回収率を達成したとしても、そのために大きなエネルギーペナルティを伴う場合には、実際の GHG 削減効果が小さくなる可能性がある。

したがって、OCCS 導入検討にあたっては、回収率のみを指標として回収技術进行评估するのではなく、エネルギーペナルティ及び設備規模への影響等を考慮し、最終的な GHG 削減効果を評価することが重要となる。具体的な評価にあたっては、対象船舶の運航条件及び利用可能な熱源・電力を踏まえ、回収率とエネルギーペナルティのバランスを評価するとともに、4章に示す GHG 削減効果の考え方を参照されたい。

### 2-4. 回収 CO<sub>2</sub> の品質と管理

回収 CO<sub>2</sub> については、その回収量に加えて、CO<sub>2</sub> の品質を把握し、適切に管理する必要がある。なぜなら、CO<sub>2</sub> の品質は、その後の輸送、貯留・固定・利用との接続に影響するからである。

船舶の排ガスには、水分や SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 等の不純物が含まれている。これらが十分に除去されていない場合には、吸収液の劣化、圧縮装置、配管及び貯蔵タンクの腐食や装置性能への影響が生じる可能性がある。また、不純物の種類や濃度によっては、液化条件や前処理装置の構成にも影響する。

さらに、輸送事業者や貯留・固定・利用事業者などがそれぞれ独自の受入品質要件を設定している場合がある。そのた

め、CO<sub>2</sub> 純度、水分含有率及び不純物濃度等の品質に加え、圧力及び温度についても適切な管理が求められる。また、要求される CO<sub>2</sub> の品質は、貯留・固定・利用といった最終的な処理先の区分によって異なる場合がある。

このような品質要件は CO<sub>2</sub> 回収装置や前処理装置の仕様にも影響する。例えば、より高い CO<sub>2</sub> 純度や厳しい不純物管理が求められる場合には、追加の処理設備や運転管理が必要となることがある。また、将来的な算定・検証を考慮すると、OCCS の検討段階から回収 CO<sub>2</sub> に求められる品質要件を整理するとともに、運用段階において実際の回収 CO<sub>2</sub> の品質を適切に把握し、記録しておくことが望ましい。

現時点では、OCCS から輸送、貯留・固定・利用までのバリューチェーン全体に適用される統一された基準は確立されていない。そのため、OCCS の導入にあたっては、接続先となる輸送事業者及び貯留・固定・利用事業者で要求される品質要件を事前に確認し、OCCS 及びその運用がそれらの要件に適合できるよう設計・運用する必要がある。将来的な CCS 市場の拡大に伴い、バリューチェーンの複雑化が見込まれるため、CO<sub>2</sub> の品質に関する基準や品質要件の標準化に関する議論が進展することも期待される。

## 2-5. OCCS 導入における主要検討項目

これまで述べてきた技術的な特徴を踏まえると、OCCS の導入可能性は主に、以下の三つの観点から評価することができる。

第一に、搭載性である。OCCS の搭載にあたっては、回収装置だけでなく、圧縮装置、液化装置及び貯蔵タンクまで含めて配置する必要がある。特に既存船へのレトロフィットでは、各装置の配置が技術的な制約となる場合が多い。また、回収した CO<sub>2</sub> を次の荷揚げ港まで船内貯蔵しておく必要があるため、必要タンク容量は回収量、航海日数、寄港頻度及び荷揚げ可能港の状況によって大きく変化する。さらに、装置及び貯蔵された CO<sub>2</sub> の重量は、当該船舶の載貨能力及び復原性に影響を与える可能性がある。このため、導入検討にあたっては、対象船舶の利用可能なスペース及び重量余裕を確認するとともに、装置配置、CO<sub>2</sub> 貯蔵容量及び船舶の貨物・復原性への影響を含めて搭載可能性を評価する必要がある。

次に、エネルギー供給である。OCCS は追加的な熱エネルギー及び電力を必要とするため、発電能力や廃熱利用といったエネルギーマネジメントを考慮することが重要となる。このため、導入する回収方式に応じて必要となる熱及び電力を把握し、対象船舶の運航条件下で必要なエネルギーを安定して供給できるかを確認する必要がある。

最後に、運用・保守体制である。OCCS の導入により、船内の運用管理及び保守管理の対象が増加する。例えば、回収装置、圧縮・液化装置、貯蔵設備、計測機器及び制御システム等について、運転状態の監視、点検及び保守が必要となる。そのため、導入検討にあたっては、必要となる運用・保守作業を整理し、船員の作業負担、保守頻度、消耗品等の補給方法及び陸上支援体制を含め、実際の運航体制で対応可能かを確認する必要がある。

これらの要素は相互に関連している。例えば、回収率を高めることで CO<sub>2</sub> 回収量が増加すると、必要なエネルギー消費量や貯蔵容量も増加する可能性がある。このため、OCCS の導入にあたっては、個々の設備を個別に評価するのではなく、搭載性、エネルギー供給及び運用・保守体制を含め、対象船舶及び航路の条件の下でシステム全体として成立するかを評価する必要がある。

## 2 章まとめ

- OCCS は、CO<sub>2</sub> 回収装置、圧縮・液化装置及び貯蔵装置等から構成される複合システムであり、回収技術には化学吸収法をはじめ複数の方式が存在する。
- 回収率の向上は、エネルギー消費や設備規模の増加を伴う可能性があるため、回収率だけでなくエネルギーペナルティを考慮した GHG 削減効果を評価することが重要である。
- 回収 CO<sub>2</sub> の品質は、荷揚げ、輸送及び貯留・固定・利用との接続性に影響するため、最終的な処理先までの経路を見据えて、必要な要件を確認する必要がある。
- OCCS の適用性は、回収性能だけでなく、搭載スペース、重量増加、エネルギーペナルティ、回収 CO<sub>2</sub> の品質管理及び運航条件等の影響を受けるため、対象船舶ごとの技術的制約を踏まえた検討が重要である。

## 3 章 CO<sub>2</sub> 輸送・貯留インフラ

### 3-1. OCCS インフラの全体像

OCCS を導入する際には、どの回収装置を搭載するかに加え、回収 CO<sub>2</sub> をどこへ運び、最終的にどのように処理するかをあらかじめ整理しておく必要がある。なぜなら、船上で CO<sub>2</sub> を回収したとしても、その後の輸送先や最終処理先が確保されていないと、回収 CO<sub>2</sub> を継続的に処理することができないためである。

OCCS バリューチェーンを支えるインフラは、大きく「荷揚げ設備」、「輸送システム」及び「貯留・固定・利用設備」から構成される。図 3-1 に、想定される CO<sub>2</sub> 輸送システムのイメージを示す。船上で回収された CO<sub>2</sub> は、港湾における荷揚げ設備を経て輸送され、最終的な貯留・固定・利用先へ接続される。したがって、OCCS の導入可能性は船上装置の性能に加え、これらのインフラとの接続性にも左右される。

本章では、CO<sub>2</sub> の輸送システム、貯留・固定・利用の方法及び関連インフラへの接続性について概説する。

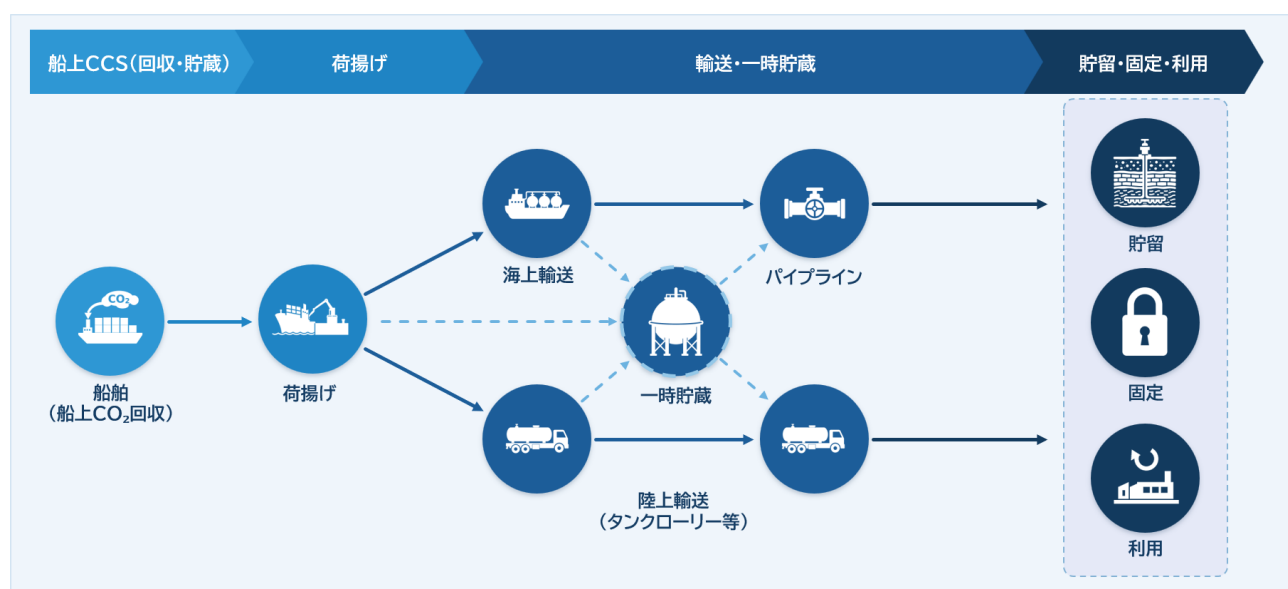


図 3-1 CO<sub>2</sub> 輸送システムの例

### 3-2. CO<sub>2</sub> 輸送システム

船上で回収された CO<sub>2</sub> は、輸送及び貯留・固定・利用に適した状態へ処理された後、船内タンクに一時貯蔵される。船舶が寄港した後は荷揚げ設備を介して陸上設備等へ移送されるが、その後の輸送方法は、プロジェクトの規模、地理条件及び既存インフラの有無によって異なる。実証段階では比較的小規模な量を取り扱う場合が多く、タンクローリー又は ISO タンクコンテナ(国際規格に準拠したコンテナ型タンク)等を活用して回収 CO<sub>2</sub> を輸送する方式が検討・採用されている。

将来的な実用化にあたり大量の CO<sub>2</sub> を取り扱う場合には、より効率的な輸送手段が重要となる。その選択肢の一つがパイプライン輸送である。発生源と貯留サイトが比較的近接している陸上の CCS プロジェクトでは、パイプラインが大量輸送の有力な手段となるが、OCCS では船舶の寄港地が複数の港湾に分散する可能性があるため、パイプラインのみで対応することが難しいケースも想定される。

そのため、近年は液化 CO<sub>2</sub> 輸送船(LCO<sub>2</sub> Carrier)を活用した輸送ネットワークの構築も検討されている。複数の港湾で受入れられた回収 CO<sub>2</sub> を集約し、大規模 CCS サイトへ輸送するネットワークの形成も想定される。このような構想では、CO<sub>2</sub> の集積拠点(ハブ)と輸送ネットワークを組み合わせたバリューチェーンの構築が期待される。

実際の導入検討では、対象船舶の航路及び寄港地、CO<sub>2</sub> の回収量、荷揚げ頻度並びに最終的な貯留・固定・利用先までの距離等を踏まえ、利用可能なインフラと輸送手段をあらかじめ確認する必要がある。

### 3-3. CO<sub>2</sub> の貯留・固定・利用

1 章で述べたとおり、回収 CO<sub>2</sub> は、最終的に貯留・固定・利用のいずれかの方法で処理される。これらの処理方法では、必要となるインフラや CO<sub>2</sub> の品質要件が異なるだけでなく、制度上の GHG 削減効果の取扱いも異なる場合がある。

現時点では、OCCS で回収された CO<sub>2</sub> の最終的な処理先として、CCS(本ハンドブックにおける「貯留」)が有力な選択肢の一つとして検討されている。地層貯留では、CO<sub>2</sub> を深部地下の地質構造へ圧入し、長期間にわたり大気から隔離する。現在世界各地で開発されている大規模 CCS プロジェクトでは、地層貯留方式が広く採用されている。特に北海地域では、枯渇油ガス田や塩水帯水層を利用した大型プロジェクトが進められており、海運由来 CO<sub>2</sub> の受入先となる可能性も検討されている。なお、CO<sub>2</sub> 貯留事業者は、圧入設備や貯留層の保全、安全性及び運用上の観点から、受入可能な CO<sub>2</sub> の品質に関する要件を設定している場合がある。そのため、OCCS で得られる CO<sub>2</sub> の品質が、最終的な貯留先の要求事項を満たしているかを事前に確認する必要がある。

回収 CO<sub>2</sub> を製品化又は原料として利用する CCU も検討されている。ただし、CCU には制度上の位置付けが大きく異なる 2 つの形態が含まれる点に留意が必要である。一つは、鉱物化(炭酸塩化)による炭酸化コンクリートや炭酸化骨材のように、CO<sub>2</sub> が製品中に化学的かつ恒久的に固着し、通常使用時及び廃棄後も大気中へ放出されないもの(本ハンドブックにおける「固定」)である。もう一つは、合成燃料やメタノール等の原料利用のように、使用時に CO<sub>2</sub> が再び大気中へ放出されることが想定されるもの(本ハンドブックにおける「利用」)である。前者は、一定の要件の下で GHG 排出削減として評価対象となり得る一方、後者については、本ハンドブックで取り扱う制度上、現時点ではその対象とはされていない。なお、固定及び利用のいずれの場合でも、OCCS で得られる CO<sub>2</sub> の品質が、最終的な固定又は利用先の要求事項を満たしているかを事前に確認する必要がある。

また、貯留・固定・利用といった最終的な処理方法によって、制度上の GHG 削減効果の取扱いが異なる場合がある(この点については 4 章で詳しく解説する)。そのため、OCCS の導入検討にあたっては、想定する CO<sub>2</sub> の最終的な処理先の候補をあらかじめ整理しておくことが重要である。

### 3-4. インフラ接続性に関する留意事項

ここまで述べたように、OCCS の導入にあたっては、船上回収から荷揚げ設備、輸送手段及び最終的な処理先までが一体となって成立する必要がある。

しかし、利用可能なインフラは地域によって大きく異なる。同じOCCSを搭載した場合であっても、運航海域や寄港パターンによって実現可能性は大きく異なる。例えば、特定港湾に定期的に寄港する船舶では CO<sub>2</sub> 受入設備を利用できる可能性がある一方、不定期航路を航行する船舶では、航路上で利用可能な CO<sub>2</sub> 荷揚げ地点を確保できるかが課題となる。

また、インフラの存在だけでなく、実際に回収 CO<sub>2</sub> を受け入れ可能であるかを確認することも重要である。港湾におけ

る CO<sub>2</sub> の受入れや荷揚げの実務的取扱い、現時点では各国の制度や港湾運用に依存する部分も大きい。したがって、インフラの有無だけでなく、実際に利用可能な受入体制や受入条件についても確認する必要がある。例えば、荷揚げ国・港湾における CO<sub>2</sub> の法的位置づけ、税関上の取扱い等について、導入検討の初期段階で確認しておく必要がある。

さらに、国際海運では、回収 CO<sub>2</sub> を国境を越えて輸送し(越境輸送)、他国で貯留・固定又は利用するバリューチェーンが想定される。この場合には、CO<sub>2</sub> の法的位置付けや越境輸送時の取扱いが制度上の論点となる。越境輸送については、ロンドン議定書等の関連する国際条約の適用関係に加え、関係国間の取決めや各国制度との整合性について、確認することが求められる。

このように、導入判断においては、船舶単体ではなく、「船舶 × 航路 × 港湾 × 処理先(貯留・固定・利用)」の組み合わせで、回収から最終処理までのバリューチェーンが成立するかを評価する必要がある。EU/EEA 地域等における主要な CO<sub>2</sub> 貯留施設及び荷揚げ設備の例については付録 C を参照されたい。

### 3 章まとめ

- OCCS の導入判断は、回収 CO<sub>2</sub> の荷揚げ、輸送及び最終的な処理先(貯留・固定・利用)との接続性によって左右される。
- 回収 CO<sub>2</sub> は荷揚げ後、陸上輸送又は海上輸送を経て、貯留、固定又は利用先へ引き渡されるため、対象船舶の航路、寄港地、回収量及び荷揚げ頻度を踏まえ、適切な輸送手段及びインフラを検討する必要がある。
- 貯留、固定及び利用は、それぞれ必要なインフラや CO<sub>2</sub> の受入条件、制度上の取扱い等が異なるため、回収 CO<sub>2</sub> の最終的な処理先をあらかじめ想定し、その要件を確認する必要がある。
- OCCS の導入にあたっては、インフラの有無だけでなく、荷揚げ国における法的位置付けや受入体制、越境輸送に係る制度等も含め、「船舶×航路×港湾×処理先」の組み合わせとして、回収から最終処理までのバリューチェーンが成立するかを評価することが重要である。

## 4 章 OCCS に関連する制度と排出削減の考え方

### 4-1. OCCS に関する制度の基本原則

OCCS を導入する目的の一つは GHG 排出量の削減であるが、制度上の評価においては、船上で回収された CO<sub>2</sub> 量がそのまま GHG 排出削減量として認められるわけではない。

EU及びIMOにおける制度に共通する考え方として、「どれだけ CO<sub>2</sub> を回収したか」だけでなく、「回収した CO<sub>2</sub> が最終的にどのように処理されたか」が重要である。例えば、回収 CO<sub>2</sub> が適切に地層へ貯留された場合と、利用後に再び大気中へ放出された場合とでは、GHG 排出削減評価は異なる。

制度上 GHG 排出削減として評価を受けるためには、回収量に加えて、その後の輸送、貯留、固定又は利用の状況を説明し、検証できることが重要となる。言い換えれば、OCCS は船上装置だけで完結する技術ではなく、回収後のバリューチェーン全体を通じて評価される技術である。

もっとも、EU と IMO では、制度の成熟度や評価の考え方に違いがある。EU では既に一定条件下で回収 CO<sub>2</sub> を GHG 排出量から控除できる制度が整備されている一方、IMO では現在、GHG 削減効果の算定・検証方法を整備するための議論が進められている。

本章では、EU 及び IMO において、OCCS による回収 CO<sub>2</sub> が GHG 排出削減評価上、どのように取り扱われ、今後どのように評価されようとしているのかについて整理する。なお、今後の制度検討の主なスケジュールについては付録 D を参照されたい。

### 4-2. EU における回収 CO<sub>2</sub> の GHG 排出削減評価

EU では、船上で回収された CO<sub>2</sub> について、一定の条件を満たす場合に排出量から控除が認められる制度が既に整備されている。これは現時点で最も制度整備が進んでいる事例の一つである。ただし、控除の対象となるのは船上で回収された CO<sub>2</sub> 量そのものではなく、回収 CO<sub>2</sub> が所定の要件に従って引き渡された量、又は恒久的に固定された量である。

OCCS による回収 CO<sub>2</sub> の取り扱いには、複数の制度が関係している。OCCS による回収 CO<sub>2</sub> の GHG 排出削減上の取扱いを理解するためには、これらの制度を相互に関連付けて捉える必要がある。

- 船舶からの排出量を監視、報告及び検証する制度(EU MRV)
- 船舶からの排出量に対する排出枠の償却を求める制度(EU ETS)
- CO<sub>2</sub> の輸送、地層貯留及び恒久固定を規律する制度(CCS 指令等)

こうした中、船舶に適用される EU ETS では、対象船舶のEU関連航海における GHG 排出量に応じて排出枠の償却が求められている。同制度上、船上で回収された CO<sub>2</sub> について、一定の条件下で排出量からの控除が次のとおり認められている。

- (1) **貯留の場合**:「適格な CO<sub>2</sub> 輸送・貯留サプライチェーンへ引き渡されたことが確認・検証された CO<sub>2</sub> 量」について、排出枠の償却対象となる排出量から控除することが認められている(EU ETS 指令 Article 12(3a))。引渡し後の輸送・貯留時の漏洩については、輸送事業者又は貯留事業者が償却義務を負う。
- (2) **固定の場合**:「EU が定める要件を満たす製品中に恒久的に固定された CO<sub>2</sub> 量」について、排出枠の償却対象

となる排出量から控除することが認められている（EU ETS 指令 Article 12(3b)及び Delegated Regulation (EU) 2024/2620）。恒久固定として認められるためには、CO<sub>2</sub> が長期間にわたり安定的に固定されることが求められる。例えば、同委任規則の要件を満たす炭酸化コンクリートや炭酸化骨材のように、製品中に CO<sub>2</sub> が恒久的に固定される場合には対象となり得る。

- (3) **利用の場合**: 回収 CO<sub>2</sub> を合成燃料の原料等に利用し、使用時に再び大気中へ放出されることが想定される用途については、排出枠の償却対象となる排出量からの控除は認められていない。この場合、当該炭素は合成される燃料側のライフサイクル評価において考慮されることとなる。

最終的な処理先によって、どの時点の CO<sub>2</sub> 量が控除対象として認められるかを図 4-1 に示した。

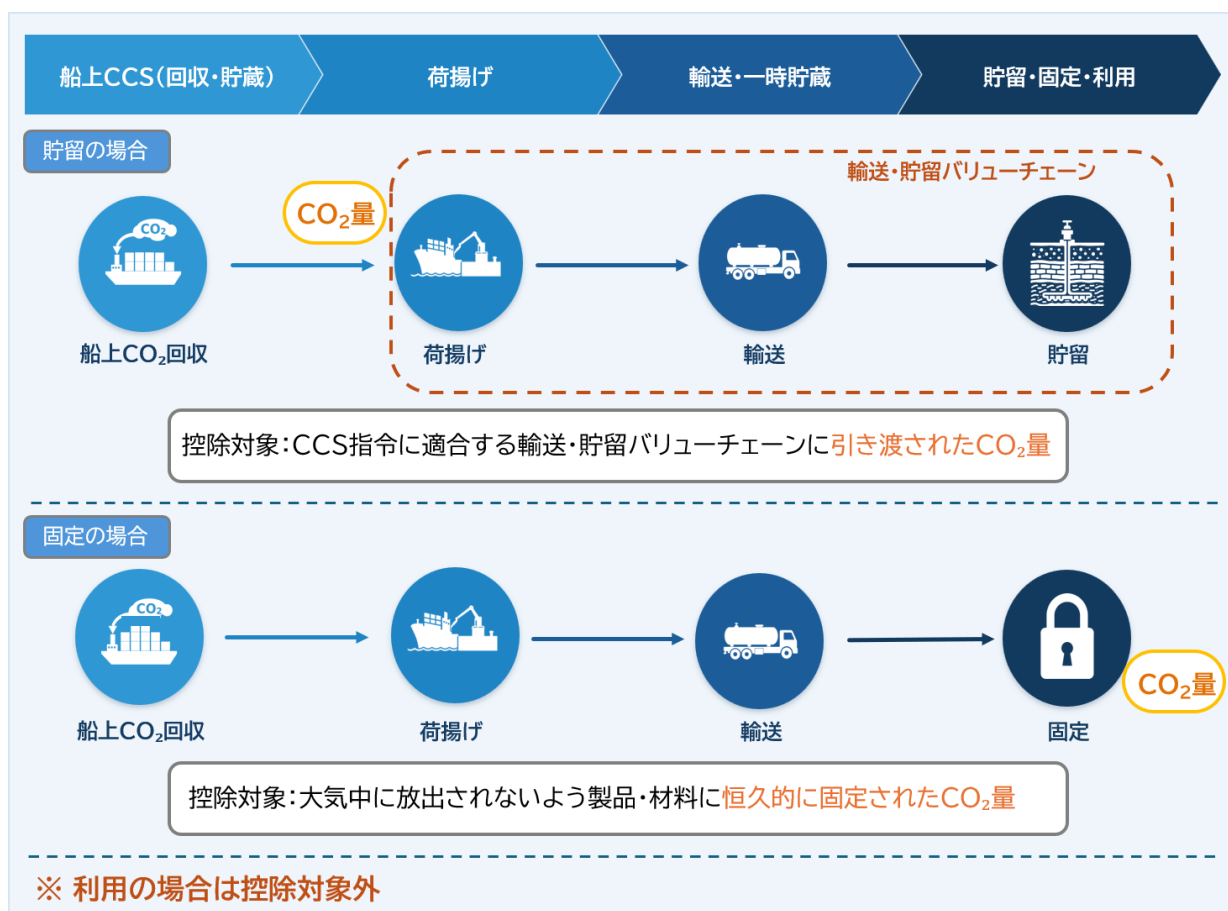


図 4-1 EU ETS における回収 CO<sub>2</sub> の控除対象

以上のとおり、回収 CO<sub>2</sub> を固定する場合であっても、自動的に GHG 排出削減として認められるわけではなく、固定の態様や最終的な CO<sub>2</sub> の帰結が重要となる。そのため、回収後の輸送、貯留又は固定（再放出を伴う利用を除く）までを含めたバリューチェーン全体の管理及び証明が必要となる。

一方で、制度上の課題も残されている。その代表例が、OCCS 由来 CO<sub>2</sub> を適格なサプライチェーンへ引き渡したことを説明、検証する仕組みである。EU ETS、EU MRV 及び CCS 指令等はそれぞれ存在しているものの、船上回収から最終的な処理まで一体として管理する専用の CoC 制度は整備されていない。その結果、実務上は、船上で回収された CO<sub>2</sub> が適格な CO<sub>2</sub> 輸送・貯留サプライチェーンへ引き渡されたこと、又は恒久固定の要件を満たす形で製品中に固定されたことを、どのように説明し検証するかが課題となっている。

今後の課題としては、船上回収から最終処理までを一体として取り扱う MRV、CoC 及び第三者検証の枠組みをどのように整備するかが挙げられる。なお、2025 年から適用開始された FuelEU Maritime において、現時点では船上回収された CO<sub>2</sub> は制度上考慮されていないものの、将来的な技術進展等を踏まえ、その制度上の取扱いを評価することとされている。

#### 4-3. IMO における回収 CO<sub>2</sub> の GHG 排出削減評価

EU が既に制度運用を開始しているのに対し、IMO では現在、OCCS による GHG 削減効果をどのように評価し、制度へ反映するかについて議論が進められている。特に、船上で回収された CO<sub>2</sub> 量だけでなく、OCCS の運転に伴うエネルギー消費や回収後の輸送及び貯留・固定等までを含めたバリューチェーン全体を考慮し、正味の GHG 削減効果を評価しようとしている点が特徴である。

こうした議論は、2023 年 IMO GHG 削減戦略を受けて進められている LCA ガイドライン(燃料のライフサイクル GHG 強度に関するガイドライン)及びネットゼロフレームワーク(国際海運の GHG 排出削減目標の達成に向けた中期対策の枠組み)の検討と密接に関係している。その中で、2024 LCA ガイドライン(Resolution MEPC.391(81))では GHG 削減効果を反映するための控除項( $e_{OCCS}$ )が導入された。

$e_{OCCS}$  は、OCCS による GHG 削減効果を LCA ガイドラインの GHG 強度算定に反映するための控除項である。算定にあたっては、図 4-2 に示すように船上だけでなく、輸送や貯留・固定までを含むバリューチェーン全体に伴う GHG 排出が考慮される。

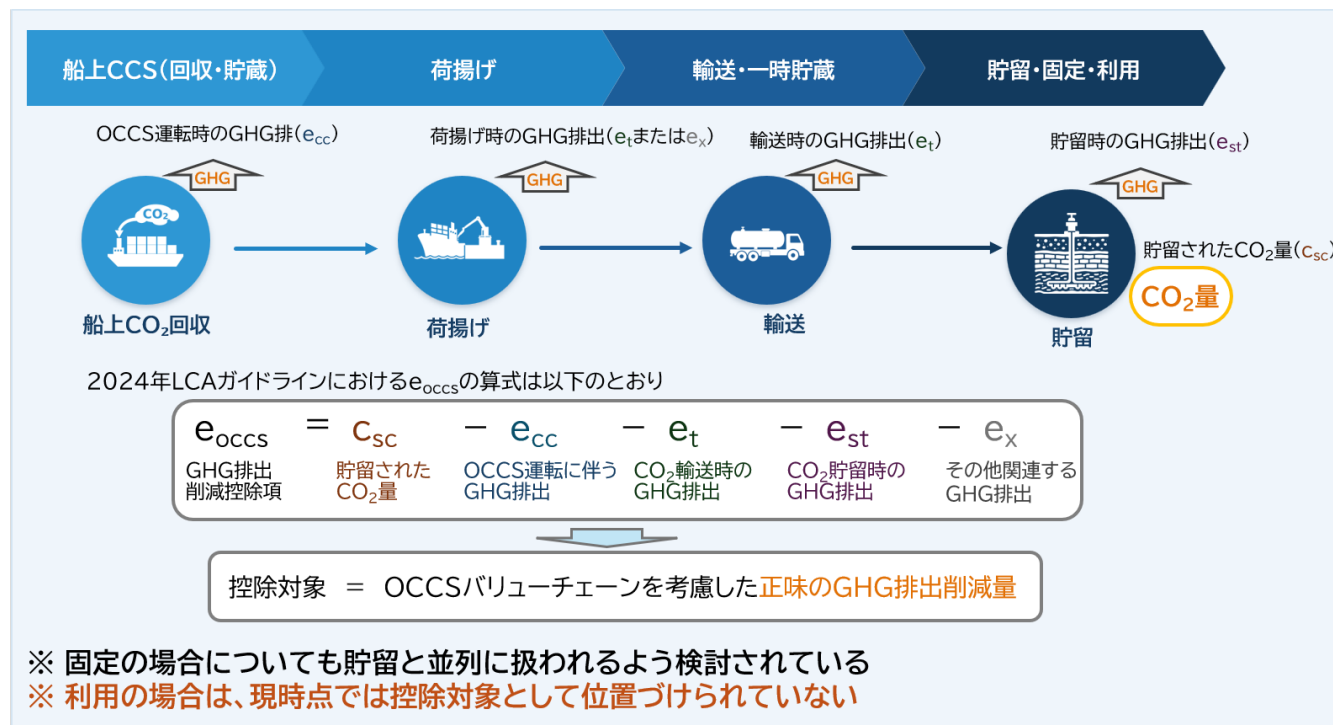


図 4-2 LCA ガイドラインにおける回収 CO<sub>2</sub> の控除対象

例えば、船上で 100 トンの CO<sub>2</sub> を回収した場合であっても、OCCS の運転に伴うエネルギー消費に加え、回収 CO<sub>2</sub> の輸送、貯留又は固定に関連する GHG 排出を考慮した結果、OCCS による正味の GHG 削減効果は 100 トンよりも小さくなる可能性があり、バリューチェーン全体を通じた GHG 削減効果に基づいて GHG 排出削減量が評価される。もっとも、GHG 削減効果を反映するための控除項(e<sub>OCCS</sub>)は導入されたものの、その具体的な算定・検証方法は現時点では整備されていない。特に、制度運用上は次のような点が主要な検討課題として残されている。

- 回収量をどのように測定するのか
- OCCS のエネルギー消費をどのように評価するのか
- 輸送時の GHG 排出及び CO<sub>2</sub> 損失量をどのように算定するのか
- どれだけの CO<sub>2</sub> 量が貯留又は固定されたか

また、IMO 議論における課題の一つが、こうした算定結果を支える検証及び認証の仕組みの構築である。海運事業者において、船上における CO<sub>2</sub> 回収量や関連装置の運転データについては管理・記録できるが、船外へ引き渡された後の輸送、貯留又は固定の状況については、直接把握することが難しい。

このため、現在の議論では、持続可能燃料分野の認証制度等も参考にしながら、第三者機関を活用した検証の仕組みの構築についても検討が進められている。特に論点となっているのが CoC である。船上で回収された CO<sub>2</sub> が、最終的にどこでどのように処理されたのかを追跡・確認できなければ、制度上の GHG 削減量を適切に評価することはできない。そのため IMO では、CO<sub>2</sub> の船上回収から貯留又は固定までのトレーサビリティをどのように確保するかが重要な論点となっている。なお、利用の取扱いについては、現時点では IMO において具体的な評価方法は整備されておらず、今後の検討課題となっている (CoC とトレーサビリティについては 5 章参照)。

こうした状況を踏まえ、MEPC 84 (2026 年 5 月)では、OCCS の規制枠組みの策定を継続するとともに、OCCS による GHG 削減量の算定、検証及び認証に関するガイダンスの策定作業を進めることが合意された。

現時点で、IMO は EU ETS のような具体的な制度運用段階には至っていない。しかし、将来の国際制度の基盤となる算定・検証ルールの整備が進められており、その中心的なテーマは、単純な CO<sub>2</sub> 回収量ではなく、回収された CO<sub>2</sub> による GHG 削減効果をどのように評価し、それをどのように証明するかにある。

表 4-1 EU と IMO における回収 CO<sub>2</sub> の取扱い比較

|                                                                                                                      | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | IMO                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 規定の整備状況                                                                                                              | EU ETS<br>一定の取扱いあり<br>FuelEU Maritime<br>未導入                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | LCAガイドラインにおいて、GHG 削減効果を反映するための控除項 (e <sub>OCCS</sub> ) を導入済み<br>詳細な方法論は検討中                                                                                                                                                                                    |
| 基本的な考え方                                                                                                              | EU ETS<br>適格な CO <sub>2</sub> 輸送・貯留サプライチェーンへ引き渡されたことが確認・検証された CO <sub>2</sub> 量、又は要件を満たす製品中に恒久固定された CO <sub>2</sub> 量を評価                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | バリューチェーン全体を考慮した GHG 削減効果を評価                                                                                                                                                                                                                                   |
| 評価対象                                                                                                                 | EU ETS<br>✓ 貯留(CCS):<br>控除対象は、適格な CO <sub>2</sub> 輸送事業者又は貯留施設へ引き渡されたことが確認・検証された CO <sub>2</sub> 量 (EU ETS 指令 Article 12(3a))。<br>✓ 固定(恒久固定型 CCU):<br>控除対象は、要件を満たす形で、製品中に恒久固定された CO <sub>2</sub> 量となる (EU ETS 指令 Article 12(3b) 及び Delegated Regulation (EU) 2024/2620)<br>✓ 利用(再放出型 CCU):<br>控除対象外。合成燃料原料利用等、使用時に再放出されるものは船舶側の排出量から差し引くことはできない。                                                                                         | LCA ガイドライン<br>✓ 貯留(CCS):<br>バリューチェーン全体を考慮した GHG 削減量が控除対象として位置づけられている。<br>ただし、算定・検証・認証の方法論は未整備であるため、現時点では控除に反映されない。<br>✓ 固定(恒久固定型 CCU):<br>貯留と並列に扱われるよう検討されている。<br>✓ 利用(再放出型 CCU):<br>現時点で控除対象として位置付けられていない。<br>二重計上防止の手法を含め、検討中。                              |
| 現時点で控除できるか                                                                                                           | EU ETS<br>上記 CO <sub>2</sub> 量を排出枠の償却対象から控除可能                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 現行制度では、e <sub>OCCS</sub> による控除を実際の GHG 排出削減量として反映するための算定・検証・認証方法が整備されていない。<br>※LCA ガイドラインの GHG 強度計算式に控除項 (e <sub>OCCS</sub> ) があるが、算定・検証・認証に関する方法論が未整備のため、e <sub>OCCS</sub> = 0 として扱うこととされている。                                                                |
| CoC・トレーサビリティ                                                                                                         | OCCS 専用の CoC 等の制度は未整備                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 制度設計上の主要論点の一つとして位置付けられている。                                                                                                                                                                                                                                    |
| 今後の見通し                                                                                                               | FuelEU Maritime<br>2027 年末までに欧州委員会が反映を検討予定                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2028 年までの関連ガイドラインの作業完了を目標                                                                                                                                                                                                                                     |
| 関連法令                                                                                                                 | 1. Directive 2003/87/EC: EU ETS 指令<br>2. Regulation (EU) 2015/757: MRV Maritime<br>3. Delegated Regulation (EU) 2023/2917: M-AVR<br>4. Implementing Regulation (EU) 2018/2066: MRR<br>5. Implementing Regulation (EU) 2018/2067: AVR<br>6. Directive 2009/31/EC: CCS 指令<br>7. Delegated Regulation (EU) 2024/2620: 温室効果ガスが製品中に恒久的に化学固着したとみなすための要件 (EU ETS 指令 Article 12(3b) に基づく委任規則)<br>8. Regulation (EU) 2023/1805 (FuelEU Maritime) | 1. 2024 LCA Guidelines (MEPC.391(81))<br>2. Report of the Marine Environment Protection Committee on Its Eighty-Third Session (MEPC 83/17), 2025<br>3. Report of the Marine Environment Protection Committee on Its Eighty-Fourth Session (MEPC 84/16), 2026. |
| 共通点: どちらも「船上回収量」そのものではなく、制度上定められた時点・態様 (EU は適格サプライチェーンへの引渡し又は製品への恒久固定、IMO はバリューチェーン全体の GHG 削減効果) に基づく評価とその証明を重視している。 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                               |

#### 4 章 まとめ

- OCCS による GHG 排出削減を制度上評価するためには、船上での回収量だけでなく、回収後の輸送及び最終的な貯留・固定等の状況を踏まえ、実際の GHG 削減効果を適切に把握・説明することが重要である。
- EU では、EU ETS において、適格な CO<sub>2</sub> 輸送・貯留サプライチェーンへ引き渡された CO<sub>2</sub> 量又は要件を満たして製品・材料に恒久固定された CO<sub>2</sub> 量について、一定条件下で GHG 排出量からの控除が認められている。一方、再放出を伴う利用については、現時点では控除の対象とされていない。
- IMO では、LCA ガイドラインにおいて、OCCS による GHG 削減効果を反映するための控除項 (e<sub>OCCS</sub>) が導入されているものの、算定・検証・認証に関する具体的な方法は現時点では整備されておらず、実際の GHG 排出削減量の評価には至っていない。今後、回収から輸送、貯留・固定までを含むバリューチェーン全体の GHG 削減効果を適切に反映させるための制度整備が進められることとなっている。

## 5 章 MRV・Chain of Custody・第三者検証

### 5-1. OCCS における MRV の考え方

OCCS による GHG 排出削減を制度上評価するためには、回収された CO<sub>2</sub> の量や品質を継続的に把握・記録し、その結果を説明できることが重要となる。その基盤となるのが、監視(Monitoring)、報告(Reporting)及び検証(Verification)からなる MRV の枠組みである。

従来の海運分野における MRV 制度は、主として船舶の燃料消費量や GHG 排出量を対象として発展してきた。EU MRV や IMO DCS はいずれも、船舶がどれだけの燃料を消費し、どれだけの CO<sub>2</sub> または GHG を排出したのかを把握することを目的としている。

一方、OCCS では評価対象が排出量に加え、図 5-1 に示すような CO<sub>2</sub> の回収量、貯蔵量、引渡量、輸送量及び最終的な貯留・固定・利用量にまで広がり得る。このため、OCCS における MRV は、単に排出量を管理する仕組みではなく、回収した CO<sub>2</sub> のバリューチェーンに関する情報を管理し、GHG 削減効果の算定・検証を支える情報基盤として位置付けられる。もっとも、海運事業者に求められる範囲は制度によって異なる。EU ETS では、適格なサプライチェーンへの引渡し時点で船舶側の責任が完結するため、海運事業者に求められるのは引渡量及びその適格性の証明である。一方、IMO では、輸送及び最終処理に伴う排出も控除項(e<sub>OCCS</sub>)の算定に影響し得るため、船外情報の取扱いが主要な論点として残されている。

また、CO<sub>2</sub> 量の管理だけでなく、CO<sub>2</sub> 純度や不純物濃度などの品質情報も必要なデータとなり得る。そのため、将来的な算定・検証、トレーサビリティを支える基礎情報として、回収量や品質に関するデータを継続的に取得・保存できることが重要となる。

今後の OCCS を対象とする MRV の枠組みは、従来の船舶からの排出量だけでなく、回収後の CO<sub>2</sub> を含めたバリューチェーン全体のデータ管理を支える仕組みとして位置付けられる。



図 5-1 OCCS における MRV の対象範囲(例)

### 5-2. Chain of Custody とトレーサビリティ

Chain of Custody の国際規格である ISO 22095 の定義によれば、CoC とは、インプット及びアウトプットとその関連情報が、供給連鎖の各段階を移動する際に、それらを移転、監視及び管理するプロセスをいう。OCCS においては、回収された CO<sub>2</sub> そのものに加え、「いつ、どの船舶で、どれだけ回収され、最終的にどのように処理されたか」という属性情報を、サプライチェーンの各段階において一貫して管理する仕組みとして捉えることができる。トレーサビリティは、対象物の履歴、所在又は用途を追跡できる能力をいう。トレーサビリティは CoC と密接に関連するが、ブック&クレー

ム方式のように、物理的な追跡を前提としない CoC モデルも存在するため、トレーサビリティと CoC は同一ではない。

CoC には複数の方式(モデル)があり、ISO 22095 では、上述のマスバランス及びブック&クレームに加え、アイデンティティ保持、分別管理及びコントロールブレンディングの計 5 モデルが定義されている。このうちマスバランス及びブック&クレームについては、2026 年 1 月にそれぞれ ISO 22095-2 及び ISO 22095-3 が発行された。

OCCS では、複数の船舶から荷揚げされた CO<sub>2</sub> が、陸上受入設備、集積拠点(ハブ)又は液化 CO<sub>2</sub> 輸送船において、他の排出源由来の CO<sub>2</sub> と混合されることが想定される。この場合、個々の船舶が回収した CO<sub>2</sub> を物理的に識別し続けることは現実的でない。したがって、いずれの CoC モデルを適用し得るかは、船舶ごとの GHG 排出削減量を制度上主張できるか否かを左右する重要な論点となる。持続可能燃料の分野では物理的な混合を認めつつ、帳簿管理により入出力全体で属性情報の整合を確保するマスバランス方式が既に広く採用されており、今後の議論が注目される。

このような認証制度では、原料から燃料製造、供給及び最終利用までを追跡するための仕組みが整備されている。OCCS においても同様に、次の点を追跡・確認できる仕組みの整備が求められると考えられる。

- 誰が管理していたのか
- いつ管理主体が移転したのか
- 最終的にどのように処理されたのか

なお、制度上の責任移転の考え方も存在する。これは、EU の CCS 指令第 18 条に基づく貯留サイト閉鎖後の事業者から所轄官庁への法的義務の移転や EU ETS 指令 Article 12(3a)に基づく適格サプライチェーンへの引き渡しに伴う償却義務の移転を指す制度上の概念であり、CoC とは区別して理解する必要がある。

実際、今後の OCCS 制度では、回収量等のデータを取得・管理する MRV に加え、回収後の輸送、貯留・固定・利用に関する情報をサプライチェーン全体で管理する CoC の構築が重要になる。

### 5-3. 第三者検証の役割

MRV 及び CoC に基づく情報の信頼性を確保するためには、独立した第三者による検証が重要となる。海運事業者は回収後の輸送や最終処理を直接把握することが難しい場合があり、最終処理事業者も船上での回収状況を確認する立場にないためである。

将来的な制度では、船上回収量、船内貯蔵量、引渡量、輸送量、貯留・固定・利用量及びバリューチェーン全体を通じた正味の GHG 排出削減量などが検証対象となる可能性がある。なお、再放出を伴う利用については、現時点で GHG 排出削減としての評価対象とされていないが、CO<sub>2</sub> の処理を説明する上では記録の対象となり得る。また、CO<sub>2</sub> 量の検証だけでなく、品質情報や CoC に基づく記録も確認対象になることが考えられる。IMO における議論でも、船上部分については主管庁による検証を基本としながら、船外部分については第三者検証の仕組みを活用する案が示されており、引き続き審議されている。

このように、OCCS では船上だけでなく、回収後のバリューチェーン全体を対象として GHG 削減効果が評価されることから、第三者検証機関は、船上で取得されたデータのみならず、バリューチェーンの各段階で記録された情報の整合性を確認することが重要になると考えられる。

#### 5-4. 今後の検証・認証制度の方向性

EU 及び IMO のいずれにおいても、OCCS 専用の検証制度は発展途上にあり、制度開発の方向性について議論が進められている。その中で重要な論点となっているのが、CoC 及びそれを支えるトレーサビリティの確保である。

前述の CoC の考え方にに基づき、信頼性の高い GHG 排出削減量の評価を行うためには、適用する CoC モデルを明確にしたうえで、そのモデルに応じて必要となる記録及び管理の範囲を特定する必要がある。

OCCS では、回収された CO<sub>2</sub> について、回収から輸送、最終的な処理先(貯留・固定・利用)に至るまで適切に管理され、その結果を追跡・確認できることが重要となる。そのため、回収、引渡し、輸送、貯留、固定又は利用に関する記録・証明等をどのように管理し、関係者間で共有するかが課題となっている。

また、国際海運では、多数の事業者が関与する長いバリューチェーンが形成されることが想定される。このため、トレーサビリティ及び CoC を効率的に運用する手段として、電子的な記録管理やデータ連携の活用も検討対象となっている。

さらに、今後は EU 制度、IMO 制度及び各国制度との整合性確保も重要となる。海運は本質的に国際的なセクターであり、回収、輸送及び最終的な処理先が複数国にまたがることも想定される。そのため、制度間で求められる算定・検証要件の整合性やデータ連携のあり方が課題になると考えられる。

#### 5 章まとめ

- MRV は、CO<sub>2</sub> 回収量、貯蔵量、引渡量及び品質情報等を継続的に把握・管理し、OCCS バリューチェーンにおけるデータ管理の基盤となる。
- CoC は、回収 CO<sub>2</sub> 及びその属性情報をサプライチェーンの各段階で移転、監視及び管理する仕組みであり、トレーサビリティの確保を支える手法の一つとなる。
- 第三者検証は、MRV 及び CoC に基づく情報の信頼性を担保し、GHG 削減効果を客観的に示すための重要な役割を担う。
- 今後の制度では、回収から輸送、貯留・固定・利用までを対象としたトレーサビリティ及び認証の仕組みの整備が主要な論点になる。

## 6 章 OCCS 導入判断フロー

### 6-1. 導入判断の基本アプローチ

本章では、主に OCCS の導入を検討する船主・運航者を対象として、対象船舶及び航路への OCCS 導入の可能性を評価するために確認すべき主な事項を整理する。あわせて、期待される GHG 削減効果及び経済性を確保できるかという観点から、導入判断の基本的な考え方を示す。

前章までに述べたように、OCCS の導入可能性は船上装置の性能だけで決まるものではない。回収 CO<sub>2</sub> を適切に貯蔵し、寄港地で荷揚げした後、輸送、貯留、固定又は利用するまでのバリューチェーンが成立することに加え、その取扱いが適用される制度の要件を満たし、GHG 削減効果を適切に算定・検証できるための仕組みを構築できることが必要となる。

そのため、OCCS の導入判断にあたっては、少なくとも以下の事項を総合的に評価することが望ましい。

- ① 制度適合性
- ② インフラ接続性
- ③ 船上装置の技術成立性
- ④ MRV・CoC・第三者検証への対応可能性
- ⑤ バリューチェーン全体の経済性

上記の個別の評価項目で高い評価が得られたとしても、他の項目に大きな課題が残る場合には、その船舶又は航路への OCCS 導入が成立しない可能性がある。例えば、対象航路に CO<sub>2</sub> 荷揚げ設備が存在していても、最終的な処理先の受入条件を満たさなければ回収した CO<sub>2</sub> を処理することができない。また、技術的に高い回収率を実現できても、追加エネルギー消費や設備費用を含めた経済性を確保できなければ、導入の合理性を説明することは難しい。

### 6-2. 導入判断の評価項目

#### ① 制度適合性の評価

まず、対象船舶及び航路において OCCS による GHG 削減効果がどの制度においてどのように評価され得るかを確認する。例えば、EU 航路では、EU ETS や FuelEU Maritime との関係を確認する必要がある。また、IMO においても OCCS による GHG 削減効果の取扱いについて検討が進められていることから、導入時点の制度だけでなく、今後の制度整備の動向も踏まえて評価することが望ましい。

制度適合性を評価する際には、少なくとも以下の事項を確認する。

- 対象船舶及び航路に適用される GHG 関連制度
- OCCS による GHG 削減効果の制度上の取扱い
- 回収 CO<sub>2</sub> の荷揚げ、輸送及び最終処理が制度上どのように取り扱われるか
- GHG 削減効果の算定に必要なデータを取得・記録できるか
- 検証又は認証に必要なデータ及び記録を適切に管理できるか
- 今後想定される制度変更が導入効果に与える影響

現時点では OCCS に関する制度整備が進行中であることから、導入時点で確定していない事項については、一定の制度的不確実性を考慮する必要がある。

## ② インフラ接続性の評価

OCCS では、船上で回収された CO<sub>2</sub> を船内に貯蔵するだけでは GHG 排出削減を完結できない。回収 CO<sub>2</sub> を適切な設備で荷揚げし、その後、輸送、貯留、固定又は利用するための受入先を確保する必要がある。

したがって、対象船舶の寄港地及び運航パターンも踏まえ、回収 CO<sub>2</sub> を継続的に受け入れることが可能なインフラが存在するかを確認する。

具体的には、以下の事項を確認する。

- OCCS 搭載船が利用可能な CO<sub>2</sub> 荷揚げ設備の有無
- 荷揚げ設備の位置及び対象船舶の寄港地との適合性
- 荷揚げ設備の処理能力及び受入条件
- 荷揚げ後の CO<sub>2</sub> 輸送手段及び輸送ネットワーク
- 貯留、固定又は利用先確保の可能性
- 最終的な処理先における CO<sub>2</sub> の受入条件
- 回収 CO<sub>2</sub> の品質が各段階の受入条件を満たすか
- 荷揚げ、輸送及び最終的な処理に必要な契約・手続

特に、既存の CO<sub>2</sub> 荷揚げ設備が存在する場合でも、それが食品・飲料等の用途を前提とした設備である場合には、回収 CO<sub>2</sub> の受入れ及びその後の貯留等に利用できるとは限らない。このため、設備の存在だけでなく、用途、品質条件及び処理能力まで確認する必要がある。

## ③ 船上装置の技術成立性の評価

対象船舶に OCCS を搭載し、通常の運航を維持しながら必要な回収性能を確保できるかを評価する。

主な評価項目は、以下のとおりである。

- CO<sub>2</sub> 回収率
- エネルギーペナルティ(必要な電力及び熱源)
- 装置の設置スペース
- 装置及び関連設備による重量増加
- CO<sub>2</sub> 貯蔵容量
- 燃料消費量及び運航性能への影響
- 保守・運用に必要な作業
- 船上における安全性及び既存設備との適合性
- 必要な回収 CO<sub>2</sub> の品質確保

特に既存船へのレトロフィットでは、設置スペース、重量及び既存設備との干渉が制約条件となる場合がある。また、OCCS の運転に必要な電力・熱源の確保に伴い燃料消費量が増加する可能性があるため、回収率だけでなく、エネルギーペナルティを含めた実質的な GHG 削減効果を評価する必要がある。

さらに、船上で回収された CO<sub>2</sub> の品質が、荷揚げ後の輸送、貯留、固定又は利用に必要な受入条件を満たすことも確認する必要がある。このため、船上装置の選定にあたっては、回収性能だけでなく、回収後のバリューチェーンを含めて適切な方式を選定することが望ましい。

#### ④ MRV・CoC・第三者検証への対応可能性

4 章及び 5 章で述べたように、OCCS の導入効果を制度上評価するためには、制度によっては、船上で回収された CO<sub>2</sub> の量だけでなく、OCCS の運転に伴うエネルギー消費、回収 CO<sub>2</sub> の荷揚げ及び輸送、さらに最終的な貯留、固定又は利用までを考慮した算定が必要となる場合がある。そのため、導入検討段階から、将来的な算定・検証に必要なデータを取得・管理できる構成としておくことが望ましい。

確認すべき事項として、例えば以下が挙げられる。

- CO<sub>2</sub> 回収量を適切に測定できるか
- OCCS の運転に伴うエネルギー消費量を把握できるか
- 回収 CO<sub>2</sub> の品質を測定・記録できるか
- CO<sub>2</sub> の荷揚げ量及び引渡し記録を取得できるか
- 輸送及び最終処理に関する情報を取得できるか
- 回収 CO<sub>2</sub> の由来及び取扱い履歴を関連付けて管理できるか
- 第三者による検証に必要な記録を保存できるか

特に、船上で取得するデータと、荷揚げ後の輸送事業者、貯留・固定・利用事業者等が保有するデータを適切に関連付けることが重要となる。そのため、CoC 等の情報管理の仕組みについても、導入初期から考慮することが望ましい。

なお、IMO 等における OCCS の算定・検証方法は今後も整備されることが見込まれるため、現時点で確定していない要件については、将来の制度変更に対応できる柔軟性を確保することが望ましい。

#### ⑤ バリューチェーン全体の経済性

OCCS の導入判断では、船上装置の導入費用だけでなく、回収から最終的な処理までのバリューチェーン全体のコストを評価する必要がある。

主な費用項目として、以下が挙げられる。

- OCCS 本体及び関連設備の設備費
- 設備の改造・搭載工事費
- OCCS の運転・保守費
- 追加燃料・エネルギー費
- CO<sub>2</sub> 荷揚げ費用
- CO<sub>2</sub> 輸送費用
- 中間貯蔵費用
- 貯留・固定・利用に係る費用
- MRV、検証及びトレーサビリティに係る費用
- 必要な契約・手続等に係る費用

また、導入効果を評価する際には、単純な設備費用だけでなく、OCCS によって得られる GHG 削減効果及び適用される制度による経済的価値を考慮することが重要となる。

このため、対象船舶及び航路について、OCCS を導入しない場合の対応策や他の GHG 削減対策との比較を行い、必要な投資及び運用コストに対して十分な削減効果が得られるかを評価することが望ましい。

### 6-3. 導入可能性の評価方法

OCCS の導入可能性を評価する際には、対象船舶及び航路を一つのプロジェクト単位として、前節の評価項目を相互に関連付けながら確認することが有効である。

具体的には、対象航路において OCCS による GHG 削減効果を制度上評価できる可能性があるかを確認する。次に、回収された CO<sub>2</sub> を荷揚げし、輸送及び最終処理するためのインフラが確保できるかを確認する。これらの見通しが得られた場合には、対象船舶に必要な設備を搭載できるか、必要な回収性能を確保できるか、運航への影響を許容できるかを評価する。さらに、GHG 削減効果の算定・検証に必要なデータを取得・管理できる構成となっているかを確認する。最後に、設備費用、追加燃料・エネルギー費用及び CO<sub>2</sub> の荷揚げ、輸送、最終処理等に係る費用を含め、バリューチェーン全体の経済性を評価する。

これらの評価結果に基づき、例えば以下のように導入可能性を整理することができる。

#### 導入可能性が高いケース

制度上の評価方法が明確であり、CO<sub>2</sub> 荷揚げ・輸送・最終処理のインフラが確保され、対象船舶への設備搭載及び必要な回収性能が成立するとともに、算定・検証に必要なデータを取得でき、経済性も確保できる場合。

#### 条件付きで導入可能なケース

技術的には成立するものの、CO<sub>2</sub> 荷揚げ・輸送インフラ、最終処理先、制度上の取扱い又は経済性について一定の条件がある場合。この場合には、必要な条件を明確にした上で、制度・インフラ等の整備状況を継続的に確認する必要がある。

#### 現時点で導入が困難なケース

対象航路に利用可能な CO<sub>2</sub> インフラが存在しない、対象船舶に必要な設備を搭載できない、制度上の GHG 削減効果を評価できる見通しが無い、又はバリューチェーン全体として経済性を確保できない場合。

ただし、OCCS に関する制度及びインフラは今後変化する可能性があるため、現時点で導入が困難であっても、制度整備、インフラ整備及び技術開発の進展に応じて、再評価することが望ましい。

上記OCCS導入判断のためのフローを図 6-1 に示す。

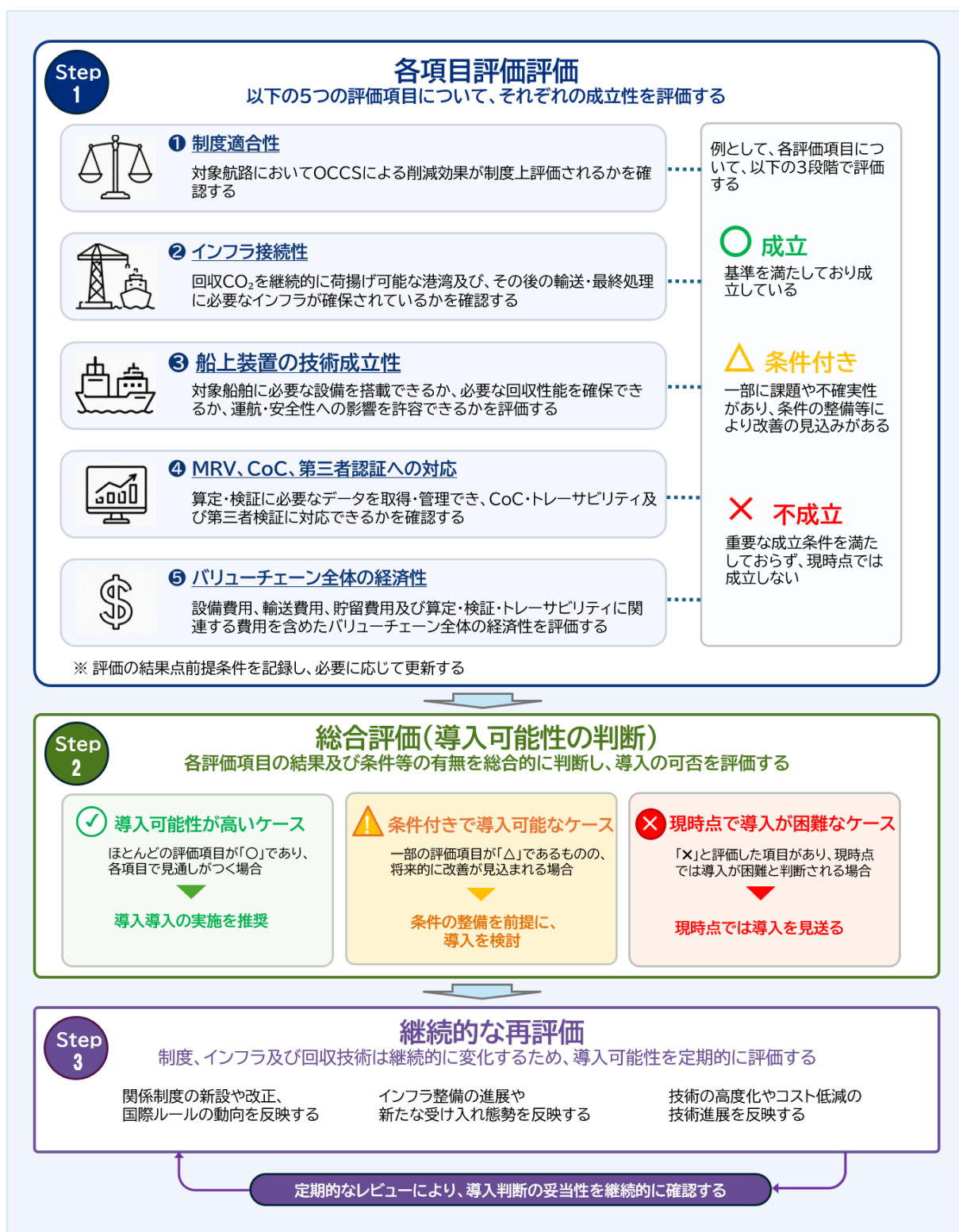


図 6-1 OCCS 導入判断フロー

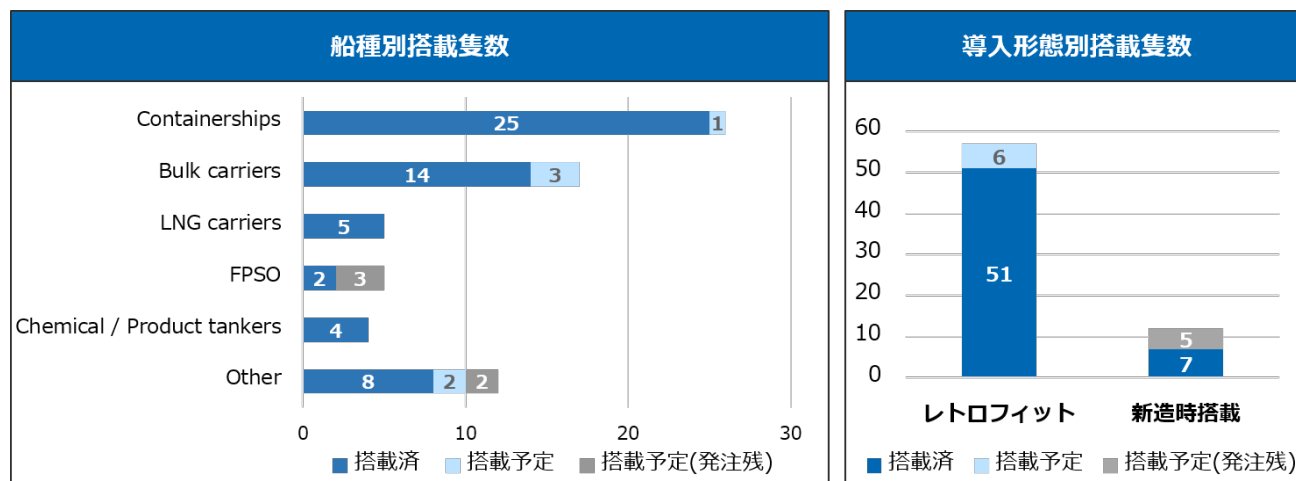
## 6 章まとめ

- OCCS の導入判断では、制度適合性、インフラ接続性、技術成立性、MRV・CoC・第三者検証への対応可能性及びバリューチェーン全体の経済性を総合的に評価することが重要である。
- 導入判断にあたっては、GHG 削減効果を適切に算定・検証できることに加え、CO<sub>2</sub> の回収から最終処理までに必要となるデータ、記録及び関係者間の役割分担をあらかじめ整理しておくことが望ましい。
- OCCS に関する制度、インフラ及び技術は今後も変化することが見込まれるため、現時点で導入が困難な場合であっても、制度・インフラ・技術及び経済性の進展を踏まえて、導入可能性を継続的に再評価することが重要となる。

## 【付録】

## 付録 A OCCS の導入実績

OCCS に関する実証プロジェクトは世界各地で進められており、実船への搭載事例も徐々に増加している。図 A-1 に示すとおり Clarkson's Research で確認できる情報によれば、2026 年 5 月末時点で、5,000GT 以上の船舶における OCCS 搭載船は 58 隻、搭載予定船は 11 隻である。搭載船の 58 隻は、同時点の 5,000GT 以上の就航船に対して約 0.14%に相当する。



出典:Clarksons Research によるデータベース(5,000GT 以上、2026 年 5 月末時点)を基に作成

図 A-1 OCCS の搭載実績

## 付録 B OCCS の実証及び実船適用に向けた主なプロジェクト

OCCS に関連するプロジェクトは世界各地で進められており、OCCS の性能検証に加え、実船搭載を前提とした設計・安全性評価、さらには回収した CO<sub>2</sub> の荷揚げ、輸送及び利用又は貯留までを含めた取組みも現れている。代表的なプロジェクトを以下の表 B-1 に示す。

表 B-1 OCCS の実証及び実船適用に向けた主なプロジェクト

| プロジェクト                           | プロジェクト概要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CC-Ocean<br>(2021)               | 川崎汽船株式会社・三菱造船株式会社・NK が共同で実施した、OCCS を実船に搭載し、洋上での CO <sub>2</sub> 回収を実証するプロジェクト。2021 年 8 月から約 6 か月間、石炭運搬船 CORONA UTILITY にて実施し、純度 99.9%以上の CO <sub>2</sub> 回収に成功した。NK は安全性の観点に基づき、プロジェクト全般に関わる評価・検証を実施した。(1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| REMARCCABLE<br>(2024)            | MR 型タンカーを対象とした OCCS レトロフィットの設計・安全性評価プロジェクト。実船搭載を前提とした FEED(基本設計)、HAZID 等による安全評価、経済性評価等が実施され、商船への本格適用に向けたエンジニアリング上の知見が整理された。対象船 STENA IMPERO(MR 型タンカー)において、年間正味約 19.7%の CO <sub>2</sub> 削減を燃料ペナルティ 9.2%で達成し得るとの結果が示された。CapEx は 1,360 万 USD、削減費用は 769 USD/tCO <sub>2</sub> と試算された。(2)                                                                                                                                                                                                                                |
| EverLoNG<br>(2025)               | LNG 運搬船と半没水クレーン船に OCCS を搭載し、LNG 燃料使用船における実船実証を行ったプロジェクト。また、CO <sub>2</sub> の荷揚げ、輸送・貯留を含む CCUS バリューチェーンの検討や、OCCS の実用化に向けたルール・認証の枠組みの検討が行われた。(3)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Project CAPTURED<br>(2024, 2025) | Evergreen のコンテナ船 EVER TOP に OCCS をレトロフィットで搭載し実証を行ったプロジェクト。<br>2024 年には、本会が EVER TOP に SCCS-Full(現 OCCS-Full)ノーテーションを付与。さらに、荷揚げされた CO <sub>2</sub> 量を確認し、パナマ主管庁の指示の下、IMO 燃費実績格付制度(CII)上の年間 CO <sub>2</sub> 排出量から控除した(主管庁の裁量による個別判断として、当時の CII 評価において控除が認められた事例である。なお、本ハンドブック 4 章のとおり、IMO における回収 CO <sub>2</sub> の算定・検証の枠組みは現在検討中であり、本事例は現行の一般的な制度上の取扱いを示すものではない)。<br>2025 年には、回収 CO <sub>2</sub> の荷揚げ、輸送、陸上での処理(固定又は利用)までを対象に CO <sub>2</sub> 回収後のバリューチェーン構築を実証。本会は回収 CO <sub>2</sub> の取扱いについて主管庁・管轄当局との調整に関与した。(4) |
| Clipper Eris<br>(2025)           | Solvang ASA が保有するエチレン運搬船 CLIPPER ERIS に、Wärtsilä 製の OCCS をフルスケールで搭載し、実運航下で実証を行った世界初のプロジェクト。燃焼後の排ガスから CO <sub>2</sub> を回収、液化して甲板上の液化 CO <sub>2</sub> タンクに貯蔵する構成で、前処理・吸収・脱離・液化・貯蔵の 5 段階プロセスから成る。実船で最大約 70%(1 日あたり約 50 トン)の CO <sub>2</sub> 回収を達成。貯蔵した CO <sub>2</sub> は寄港地で荷揚げする構成であり、荷揚げ後は検証された CCUS バリューチェーンにおける恒久貯留又は利用が想定されている(2026 年 7 月時点で具体的な処理先は公表されていない)。(5)                                                                                                                                                |

出典:

- (1) ClassNK, 川崎汽船、三菱造船と共同で洋上用 CO<sub>2</sub> 回収装置検証のための 小型デモプラント試験“CC-Ocean”プロジェクトを実施
- (2) Global Centre for Maritime Decarbonisation (GCMD), Project REMARCCABLE: Realising maritime carbon capture to demonstrate the ability to lower emissions
- (3) EverLoNG, Demonstrating carbon capture on LNG-fuelled ships
- (4) ClassNK, EVERGREEN のネオパナマックス型コンテナ船に対し、船上 CCS 装置に関わるノーテーションを付与、Global Centre for Maritime Decarbonisation (GCMD), GCMD details how onboard captured CO<sub>2</sub> was successfully offloaded, transported and utilised
- (5) Solvang ASA, World-first full-scale onboard carbon capture on Clipper Eris, Wärtsilä, Onboard carbon capture solution (CCS) for ships

## 付録 C EU/EEA 域内及び英国の CO<sub>2</sub> 貯留施設・荷揚げ設備

EU では、CO<sub>2</sub> の地下貯留を行う施設に対し、EU の CCS 指令(Directive 2009/31/EC)に基づく CO<sub>2</sub> の貯留許可制度が設けられている。

2026 年 5 月時点で確認できる EU/EEA 域内の主な CO<sub>2</sub> 貯留施設は表 C-1 のとおりである。

表 C-1 EU/EEA における主な CO<sub>2</sub> 貯留施設

|     | 国      | 施設名                            | 概要                                                                        | CO <sub>2</sub> 貯留能力 (年間)                             | 稼働年        | 貯留許可  |
|-----|--------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------|-------|
| 稼働中 | ハンガリー  | MOL Szank Field                | ガス精製プラントで生じる CO <sub>2</sub> の回収・輸送・EOR を伴う貯留(※1)                         | 16 万トン                                                | 1992 年     | 不明    |
|     | ノルウェー  | Equinor Sleipner               | 天然ガス田からのガス生産時に生じる CO <sub>2</sub> の分離・貯留                                  | 100 万トン                                               | 1996 年     | 許可取得済 |
|     | ノルウェー  | Equinor Snøhvit                | 天然ガス田からのガス生産時に生じる CO <sub>2</sub> の分離・貯留                                  | 70 万トン                                                | 2008 年     | 許可取得済 |
|     | クロアチア  | Zutica and Ivanic grad storage | ガス精製プラントで生じる CO <sub>2</sub> の回収・輸送・EOR を伴う貯留(※1)                         | 65 万トン                                                | 2014 年     | 不明    |
|     | アイスランド | Climeworks Orca                | DAC により回収した CO <sub>2</sub> の貯留                                           | 0.4 万トン                                               | 2021 年     | 許可取得済 |
|     | アイスランド | Climeworks Mammoth             | DAC により回収した CO <sub>2</sub> の貯留                                           | 3.6 万トン                                               | 2024 年     | 許可取得済 |
|     | イタリア   | Eni Ravenna                    | ガス処理プラントで生じる CO <sub>2</sub> の回収・輸送・貯留<br>※Phase 2 にて貯留規模拡大予定             | Phase 1: 2.5 万トン<br>(Phase 2: 400 万トン)                | 2024 年     | 許可取得済 |
|     | アイスランド | Silverstone                    | 地熱発電所から排出される CO <sub>2</sub> の回収・貯留                                       | 3.7 万トン                                               | 2025 年     | 許可取得済 |
| 未稼働 | ノルウェー  | Longship (Northern Lights)     | 工場等で回収した CO <sub>2</sub> を中間貯蔵施設まで船舶輸送、海底パイプラインで貯留<br>※Phase 2 にて貯留規模拡大予定 | Phase 1: 150 万トン<br>(Phase 2: 500 万トン以上、2028 年後半稼働予定) | 2025 年     | 許可取得済 |
|     | デンマーク  | Greensand                      | 石油・化学産業由来の CO <sub>2</sub> の船舶輸送・貯留                                       | 開始時 40 万トン(2030 年に向け 400~800 万トンへ拡大予定)                | 2026 年中頃予定 | 許可取得済 |
|     | オランダ   | Porthos                        | 複数の排出源から回収した CO <sub>2</sub> の輸送・貯留                                       | 250 万トン                                               | 2027 年後半予定 | 許可取得済 |

出典: Global CCS Institute, Global Status of CCS 2025, IOGP, CO<sub>2</sub> storage projects in Europe, European Commission, Reports on the implementation of the CCS Directive 等を基に作成(計画値を含み、将来変更される可能性がある) ※1 EOR を伴う貯留は、主たる目的が原油増進回収であり、純粋な地層貯留とは区別して理解する必要がある。EU の CCS 指令に基づく貯留許可の有無により制度上の取扱いが異なり得るため、個別の確認を要する(1-5 節参照)。

表 C-1 のとおり、EU/EEA 域内では既に複数の CO<sub>2</sub> 貯留施設が稼働している。また、ノルウェーの Longship (Northern Lights)、デンマークの Greensand、オランダの Porthos などは、特定の排出源からの CO<sub>2</sub> のみを対象とするのではなく、複数の排出源から回収した CO<sub>2</sub> の受入れを前提とした施設として準備が進められている。

CCS 指令には貯留施設及び輸送インフラへの第三者アクセスに関する規定(Article 21)が置かれており、貯留施設事業者以外の第三者も既存インフラを利用し得る。ただし、CCS プロジェクトでは一般に CO<sub>2</sub> の回収元が契約上事前に定まっており、特定事業者からの貯留が優先されるため、第三者が CO<sub>2</sub> を貯留するには、貯留施設事業者との別途契約が必要となる。

CO<sub>2</sub>の恒久的な地層貯留のためにはCO<sub>2</sub>の荷揚げ設備が必要となる。近年では液化CO<sub>2</sub>の荷揚げに対応した施設が一部地域で稼働しているほか、欧州を中心に大規模CCSプロジェクトと連携した関連インフラの整備も進められている。

2026年5月時点で確認できるEU/EEA及び英国における主なCO<sub>2</sub>荷揚げ施設は表C-2のとおりである。

表 C-2 EU/EEA 及び英国における主な CO<sub>2</sub> 荷揚げ・取扱施設

|     | 国      | 施設名・港湾名                                            | 概要                                            | CO <sub>2</sub> 荷揚げ量(年間) | 稼働年      |
|-----|--------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------|----------|
| 稼働中 | 英国     | Nippon Gases Tilbury, Warrenpoint & Teesside Ports | 液化 CO <sub>2</sub> の荷揚げ港<br>(食品・飲料向けに使用)      | 不明                       | 2019 年   |
|     | フィンランド | Loviisa Port                                       | 液化 CO <sub>2</sub> の積み出し港<br>(食品・飲料向けに使用)     | 不明                       | 不明       |
|     | ドイツ    | Port of Hamburg                                    | 液化 CO <sub>2</sub> の荷揚げ港<br>(食品・飲料向けに使用)      | 不明                       | 不明       |
|     | ノルウェー  | Øygarden                                           | Øygarden の受入れターミナルにて液化 CO <sub>2</sub> の荷揚げ可能 | 不明                       | 2025 年   |
| 計画中 | ポーランド  | Port of Gdansk                                     | オープンアクセスの液化 CO <sub>2</sub> 輸出入ターミナル          | 270~870 万トン              | 2027 年以降 |
|     | オランダ   | CO <sub>2</sub> Next Terminal, Port of Rotterdam   | オープンアクセスの液化 CO <sub>2</sub> 輸出入ターミナル          | 540 万トン                  | 2028 年   |
|     | オランダ   | Project Aramis, Maasvlakte, Port of Rotterdam      | 液化 CO <sub>2</sub> の荷揚げ                       | 2,200 万トン                | 2030 年   |
|     | スウェーデン | Port of Gothenburg                                 | CO <sub>2</sub> 輸送チェーンの構築                     | 400 万トン                  | 不明       |

出典:Global Centre for Maritime Decarbonisation (GCMD), Concept Study to Offload Onboard Captured CO<sub>2</sub>などを基に作成

表 C-2 のうち、稼働中の設備の多くは食品・飲料向け等で利用される液化 CO<sub>2</sub> の取扱設備であり、船上回収 CO<sub>2</sub> 及び CO<sub>2</sub> の永久貯留向けに整備されたものではない。なお、食品・飲料向け用途は本ハンドブックでいう「利用」に該当し、使用後に CO<sub>2</sub> が大気中へ再放出されるため、現時点では制度上の GHG 排出削減として評価されない点に留意が必要である。一方、Øygarden、計画中の CO<sub>2</sub>Next Terminal 及び Project Aramis 等のプロジェクトでは、CCS バリューチェーンの一環として、CO<sub>2</sub> の受入れ、一時貯蔵及び輸送機能の整備が進められている。なお、これらは主として産業由来 CO<sub>2</sub> を対象とした施設であるものの、船上で回収した CO<sub>2</sub> の受入先となる可能性がある。

## 付録 D IMO 及び EU における OCCS 関連作業スケジュール

- 本ハンドブックの 4 章では主として GHG 排出削減評価に関する制度を扱うが、IMO ではこれに加えて安全要件等についても並行して検討が進められている。これらの作業は、MEPC、GESAMP-LCA WG (GESAMP の燃料ライフサイクル GHG 強度に関する作業部会) 及び MSC (海上安全委員会) / CCC (貨物運送小委員会) において並行して進められている。
  - (1) OCCS 利用のための規制枠組みの整備  
MEPC において、承認された作業計画では、OCCS の利用による GHG 削減効果を IMO 制度へ反映するための規制枠組みの開発が進められている。主な検討事項として、以下が挙げられている。
    - OCCS の試験、検査及び認証に関するガイドライン
    - GHG 制度への反映方法
    - 法的障壁への対応
    - 認証された受入設備への接続
    - データ記録及び報告
  - (2) OCCS による GHG 削減効果の算定方法の開発  
2024 LCA ガイドラインでは、 $e_{OCCS}$  が燃料ライフサイクルにおける GHG 強度評価の控除項として導入された。現在、GESAMP-LCA WG において、OCCS に係るシステム境界や GHG 算定等の手法が検討されている。
  - (3) OCCS の安全要件の整備  
MSC 110 では、OCCS の安全要件に関する課題及び規則上のギャップが特定された。CCC 12 から本格的な検討が開始される予定であり、主な検討事項として以下が示されている。
    - 回収 CO<sub>2</sub> の分類 (貨物、廃棄物、船外排出物等)
    - 回収 CO<sub>2</sub> の貯蔵・輸送要件
    - IMDG Code 改正の必要性
- EU では、FuelEU Maritime の見直しの一環として、船上 CCS を含む新しい GHG 削減技術を GHG 強度の算定に含める可能性について、欧州委員会 (EC) がレポートを作成し、検討が行われる予定となっている。

表 D-1 IMO 及び EU における主な OCCS 関連作業計画

| 年          | 主な会合・活動                | 内容                                            |
|------------|------------------------|-----------------------------------------------|
| 2026(9月)   | CCC 12                 | OCCS 安全要件及び規則上の課題の検討開始                        |
| 2026~2027  | OCCS 通信部会(CG)          | MEPC において承認された作業計画に基づき検討                      |
| 2027(夏頃)   | MEPC 86(予定)            | CG による報告及び審議                                  |
| 2027年末     | FuelEU Maritime レビュー報告 | 欧州委員会が OCCS 等の GHG 削減技術の評価結果及び制度への反映の要否について報告 |
| 2028年(9月頃) | CCC 14                 | OCCS 安全要件の作業完了を目標とした検討                        |
| 2028(秋頃)   | MEPC 88(予定)            | OCCS 規制枠組み及び関連ガイドラインの策定完了を目標                  |

出典:IMO Secretariat, IMO's ongoing work on onboard carbon capture and storage (OCCS) systems 及び FuelEU Maritime 規則 Article30 2(i)を基に作成。

## 参考文献

### IMO 関連

1. IMO, 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships, Resolution MEPC.377(80), 2023.
2. IMO, 2024 Guidelines on Life Cycle GHG Intensity of Marine Fuels (LCA Guidelines), Resolution MEPC.391(81), 2024.
3. IMO, Report of the Marine Environment Protection Committee on Its Eighty-Third Session (MEPC 83/17), 2025.
4. IMO, Report of the Marine Environment Protection Committee on Its Eighty-Fourth Session (MEPC 84/16), 2026.
5. IMO, IMO's ongoing work on onboard carbon capture and storage (OCCS) systems, 2025.
6. IMO, MARPOL Annex VI (Prevention of Air Pollution from Ships)

### EU 制度・規制関連

1. EU, Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union (EU ETS Directive).
2. EU, Regulation (EU) 2015/757 on the monitoring, reporting and verification of carbon dioxide emissions from maritime transport (EU MRV Regulation).
3. EU, Implementing Regulation (EU) 2018/2066 (Monitoring and Reporting Regulation, MRR).
4. EU, Implementing Regulation (EU) 2018/2067 (Accreditation and Verification Regulation, AVR).
5. EU, Directive 2009/31/EC on the geological storage of carbon dioxide (CCS Directive).
6. EU, Delegated Regulation (EU) 2024/2620 establishing rules on permanently chemically bound carbon dioxide.
7. EU, Regulation (EU) 2023/1805 on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport (FuelEU Maritime Regulation).
8. EU, Implementation of Directive 2009/31/EC, Guidance Document 3: Criteria for transfer of responsibility to the competent authority.
9. 日本海事協会, 海運 EU-ETS に関する FAQ(第 2.1 版)
10. 日本海事協会, FuelEU Maritime 対応に関する FAQ(第 5 版)

### Chain of Custody 関連

1. ISO 22095:2020 (incl. Amendment 1:2026), Chain of custody — General terminology and models.
2. ISO 22095-2:2026, Chain of custody — Part 2: Requirements and guidelines for mass balance.

3. ISO 22095-3:2026, Chain of custody — Part 3: Requirements and guidelines for book and claim.

#### OCCS・CCS・海事脱炭素関連

1. 日本海事協会, 船上 CO<sub>2</sub> 回収貯蔵装置ガイドライン(第 2.1 版)
2. Global CCS Institute, Global Status of CCS 2025 Report.
3. IOGP, CO<sub>2</sub> Storage Projects in Europe.
4. Global Centre for Maritime Decarbonisation (GCMD), Concept Study to Offload Onboard Captured CO<sub>2</sub>.
5. Global Centre for Maritime Decarbonisation (GCMD), Project REMARCCABLE.
6. EverLoNG Project Consortium, Demonstrating Carbon Capture on LNG-Fuelled Ships.
7. International Energy Agency (IEA), CCUS in Clean Energy Transitions.
8. Clarksons Research, Fleet Database and OCCS Installation Data (2026 年 5 月末時点)

一般財団法人 日本海事協会  
認証本部 環境部

〒102-8567 東京都千代田区紀尾井町 4 番 7 号  
Tel : 03-5226-3025  
Email : dcs@classnk.or.jp

[www.classnk.or.jp](http://www.classnk.or.jp)

2026 年 10 月