

GHG規制における船上CO₂回収・貯留／利用 に関する取り扱いと課題について

三宅 竜二*

1. はじめに

欧州では、欧州連合（EU）がGHG排出量の2050年実質ゼロの達成を目指して、GHG排出量を2030年までに1990年比で55%以上削減する目標を掲げている。2021年7月に、2030年目標達成のための包括的な気候変動政策パッケージ「Fit for 55」が発表され、地域規制として、炭素課金制度であるEU排出量取引制度「EU-ETS」の海運セクターへの拡大案、及び船舶で使用する燃料のライフサイクル全体におけるGHG削減を促進するための「FuelEU Maritime」規則案などが発表された。その後、「EU-ETS」は2024年1月から海運セクターに導入され、「FuelEU Maritime」は2025年1月から開始された。

一方、国際海事機関（IMO）では、GHG削減に関する取り組みとして、GHG削減と経済発展の両立の観点から個船のエネルギー効率の改善に着目し、2013年から設計上の燃費規制のEEDI（エネルギー効率設計指標）と運航上の燃費規制のSEEMP（船舶エネルギー効率管理計画）が実施されている。さらに、2018年にGHG削減戦略が合意され、その短期対策として、2023年からEEXI（就航船の燃費性能指標）と燃費実績の格付け制度（CII格付け）が開始された。2023年7月に開催されたMEPC 80でGHG削減戦略が見直され、新たに「遅くとも2050年頃までにGHGネットゼロ排出を目指す」という野心的な目標が掲げられた。この目標を達成するために、2025年4月に開催されたMEPC 83において、使用燃料のGHG強度規制（GFI規制）とIMOネットゼロ基金による脱炭素化の促進を含むMARPOL条約附属書VIの改正が承認され、2028年から開始される予定である。

船舶から排出されるGHGを削減する手段として、船舶の燃費性能や運航効率の改善をはじめ、使用燃料の低・脱炭素燃料への転換などがある。GHGネットゼロ排出を達成するには、船舶の燃費性能や運航効率の改善には限界があるため、脱炭素燃料への転換が求められ、脱炭素燃料の十分なバリューチェーンを確立する必要がある。一方、2050年においても相当数の化石燃料船が運航され続けることが予想されるため、この問題への対応は今後極めて重要となる。船舶からのGHG排出削減手段として、これまで減速運航や省エネ装置の搭載等が行われてきたが、低・脱炭素燃料への転換には時間を要するため、それまでの解決策「ブリッジソリューション」として、排出されたCO₂を船上で回収し、貯留もしくは利用する「船上CO₂回収・貯留／利用（Onboard Carbon Capture and Storage/Utilization : OCCS/OCCU）」が注目されており、この技術に対する関心が急速に高まっている。船上CCS/CCUは重油焚き船だけでなく、LNGのようなGHG排出量が比較的少ない燃料との組み合わせや、水素やアンモニアのようなゼロエミッション燃料もパイロット燃料に重油を使用するため、ゼロエミッション燃料との組み合わせも考えられる。船上でのCO₂回収は以前からトライアルが実施されてきたが、とりわけ、コスト面で実用化は難しいとされてきた。しかしながら、上述のようなGHG排出削減規制により、罰金や拠出金が求められるようになったため、CO₂排出が運航コストに含まれるようになり、さらに技術の進歩でCO₂の回収効率も向上しコスト削減も進んでいることから、船上でのCO₂回収が経済的に成立する可能性が出てきた。

2050年GHGネットゼロ排出に向けて、船舶からのGHG排出削減手段として、船上CCS/CCUに対する関心が急速に高まっている。一方、GHG排出削減規制において、その削減効果がどのように取り扱われるかで船上CCS/CCUの普及は大きな影響を受けるため、本稿では、EUとIMOのGHG規制における船上CCS/CCUの取り扱いと課題について、最新情報を交えて解説する。

* 開発本部 技術研究所

2. EUのGHG規制における船上CO₂回収・貯留／利用（船上CCS/CCU）の取り扱い

2.1 EU-ETS

2.1.1 船上CO₂回収・貯留（船上CCS）の取り扱い

海運セクターにおけるEU-ETSでは、対象船舶から排出されたCO₂に相当する排出枠（allowance）を、検証を受けた上で償却しなければならない。一方、「EU ETS指令 Article 12 3a.」¹⁾により、図1に示す通り、船上で回収されたCO₂のうち、EU/EEA加盟国の管轄当局から「EU CCS指令」²⁾に基づき許可された貯留施設（EU/EEA域内）に永久貯留するために輸送されたCO₂については、排出枠償却義務の対象外となる。

恒久的な貯留のために船上で回収されたCO₂の輸送時又は貯留時に漏洩したCO₂については、「EU ETS指令 附属書 I」において、「EU CCS指令」²⁾に基づき許可された貯留場所への輸送及び貯留に係る施設がEU-ETSの対象施設とされているため、CO₂を排出した船舶ではなく、輸送又は貯留施設の事業者が当該漏洩したCO₂に相当する排出枠の償却義務を負うことになる。このため、「EU ETS and MRV Maritime General guidance 5.2.3-2」³⁾により、船上CCSにより排出枠償却義務の対象外となるCO₂は、船上で回収されたCO₂量ではなく、CO₂を輸送する事業者に引き渡された量、もしくは、貯留施設に直接引き渡された量となる。

航海区分	EU/EEA加盟国とEU/EEA加盟国以外の 港湾間の航海（航路①）	EU/EEA加盟国の港湾間の航海（航路②）、 及び EU/EEA加盟国の港湾での停泊
EU-ETSの対象 となるCO ₂ 排出量	CO ₂ 排出量の50%	CO ₂ 排出量の100%
償却義務の対象外 となるCO ₂ 排出量	回収・貯留したCO₂の50%	回収・貯留したCO₂の100%

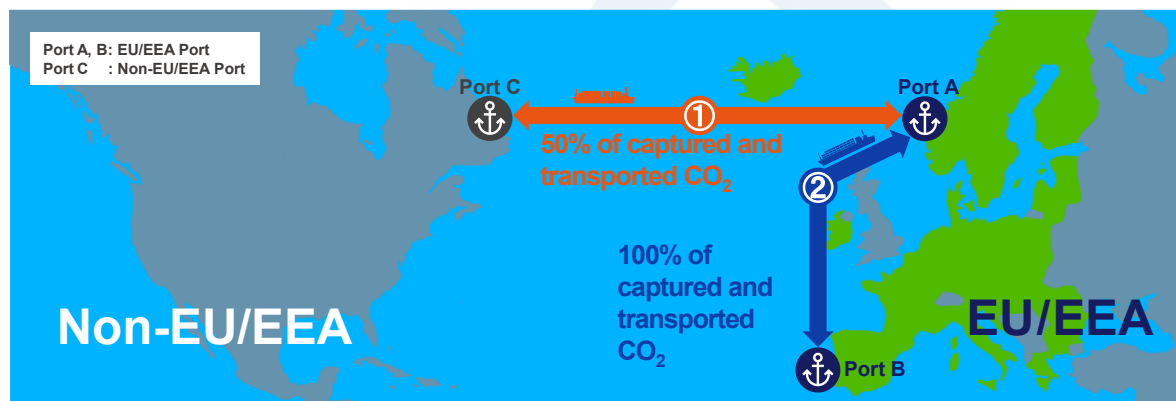


図1 償却義務の対象外となるCO₂排出量

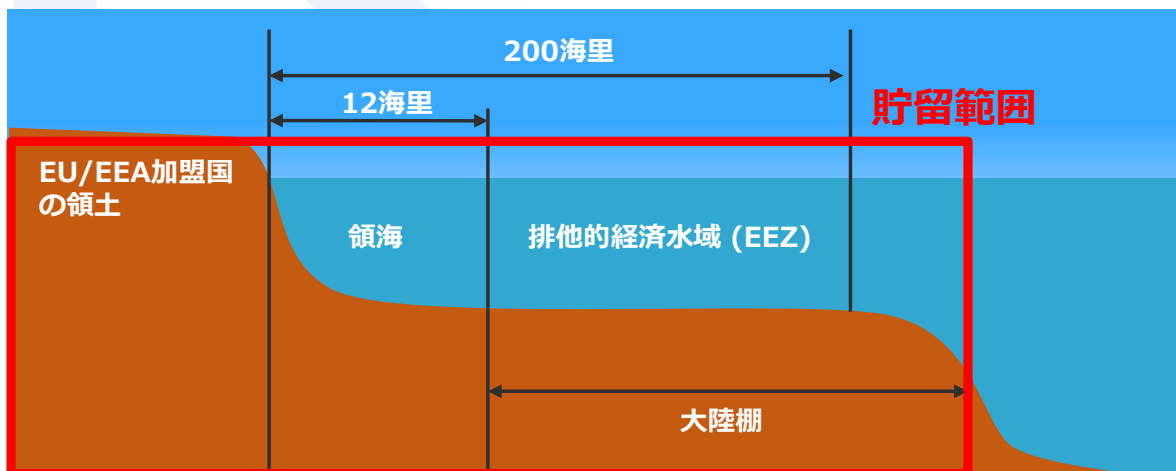


図2 CO₂の貯留が認められている場所

表1 EU/EEA域内で稼働中の貯留施設及び当局から貯留許可を取得した貯留施設例（2025年1月時点）

	地域	施設名	概要	施設のCO ₂ 貯留 可能量(トン/年)	稼働年	貯留許可
EU	クロアチア	Zutica and Ivanic grad storage	ガス精製プラントで生じるCO ₂ の回収・輸送・貯留	不明	稼働中（2014年）	不明
	ハンガリー	MOL Szank Field	ガス精製プラントで生じるCO ₂ の回収・輸送・貯留	不明	稼働中（1992年）	不明
	オランダ	Porthos	複数の排出源から回収したCO ₂ の輸送・貯留	250万	2026年	許可取得済
	デンマーク	Greensand	CO ₂ の船舶輸送・貯留	150万～800万	2025年末～2026年	申請中 (デンマーク初の許可 施設となる見込み)
EEA	アイスランド	Climeworks Orca	DACにより回収したCO ₂ の貯留	4千	稼働中（2021年）	不明
	アイスランド	Climeworks Mammoth	DACにより回収したCO ₂ の貯留	3万6千	稼働中（2024年）	不明
	アイスランド	Silverstone	地熱発電所から排出されるCO ₂ の回収・貯留	3万7千	2025年	許可取得済
	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 ₂ の 分離・貯留	100万	稼働中（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 ₂ の 分離・貯留	70万	稼働中（2008年）	許可取得済
	ノルウェー	Longship (Northern Lights)	工場等で回収したCO ₂ を中間貯蔵施設まで船舶 輸送、海底パイプラインで貯留	150万～350万	2025年	許可取得済

出典：Global CCS Institute, Global Status of CCS 2024, IOGP, CO₂ storage projects in Europe, European Commission, Reports on the implementation of the CCS Directive など

表2 欧州におけるCO₂を荷役可能な港及び計画中の港例（2025年1月時点）

	地域	施設名	概要	CO ₂ 荷役可能量 (トン/年)	稼働年
運用中	英国	Nippon Gases Tilbury, Warrenpoint & Teesside Ports	液化CO ₂ の荷揚げ港（食品・飲用向けに使用）	不明	2019年
	フィンランド	Loviisa Port	液化CO ₂ の積み出し港（食品・飲用向けに使用）	不明	不明
	ドイツ	Port of Hamburg	液化CO ₂ の荷揚げ港（食品・飲用向けに使用）	不明	不明
計画中	ポーランド	Port of Gdansk	オープンアクセスの液化CO ₂ 輸出入ターミナル	270万～870万	2025年
	ノルウェー	Northern Lights	Øygardenの受け入れターミナルにて液化CO ₂ の 荷揚げ可能	150万～350万	2025年
	スウェーデン	Port of Gothenburg	CO ₂ 輸送チェーンの構築	400万	2025年
	オランダ	CO2Next Terminal, Port of Rotterdam	オープンアクセスの液化CO ₂ 輸出入ターミナル	540万	2028年
	オランダ	Project Aramis, Maasvlakte, Port of Rotterdam	液化CO ₂ の荷揚げ	2,200万	2030年

出典：Global Centre for Maritime Decarbonization (GCMD), Concept Study to Offload Onboard Captured CO₂ など

一方、「EU ETS and MRV Maritime General guidance 5.2.3-4」³⁾により、CO₂回収のために船上で追加発生したCO₂排出量は排出枠償却義務の対象となるため、船上CCS装置をモニタリングプランに追加し、追加発生したCO₂排出量も含めてエミッションレポートで報告する必要があるが、回収CO₂の輸送又は貯留の際に漏洩したCO₂はモニタリングの対象外となる。回収CO₂は、図2に示す通り、「CCS指令 Article 2」²⁾に、EU/EEA加盟

国の領土、領海、排他的経済水域及び大陸棚に貯留することが規定されており、これら以外に貯留したCO₂は排出枠の償却対象外として認められない。

Global CCS Institute, Global Status of CCS 2024, IOGP, CO₂ storage projects in Europeなどを調査した結果、2025年1月時点で、欧州で稼働・計画中の商用CCSプロジェクトは191件あったが、このうち、EU/EEA域内で稼働中（パイロット稼働を含む）のCO₂貯留施設は10件（表1）で、貯留施設がCO₂を貯留可能な合計量は年間約750万トンであった。

CCS指令には貯留施設への第三者アクセスの規定「CCS指令 Article 21」²⁾があり、貯留施設事業者以外の第三者が既存の貯留施設や輸送インフラを使用できるようになっている。このため、他所で回収・輸送したCO₂についても貯留は可能だが、CCSプロジェクトでは一般的にCO₂の回収元は特定の排出源・事業者が契約上事前に決まっており、特定の事業者からの貯留が優先されるため、第三者が貯留するためには貯留施設事業者との別途契約が必要となる。表2に示す通り、欧州におけるCO₂を荷役可能な港は2025年1月時点で3港だけで、計画中の港はCO₂の回収・貯留プロジェクトの一環として整備が進められており、いずれのプロジェクトも船上回収CO₂の受け入れを前提としたプロジェクトではないが、船上回収CO₂も受け入れる可能性がある。

2.1.2 船上CO₂回収・利用（船上CCU）の取り扱い

「EU ETS指令 Article 12 3b.」¹⁾により、船上で回収されたCO₂を製品に恒久的に結合し、大気中に放出されないよう利用されたCO₂については、排出枠償却義務の対象外となる。ETS指令の補足規則のCCUに関する規則「Commission Delegated Regulation(EU) 2024/2620 Annex」⁴⁾により、大気中にCO₂を放出しないためにはCO₂を固定化する必要がある、燃料のように燃焼を前提とする利用は認められておらず、以下の建設製品に恒久的にCO₂を結合（炭酸塩鉱物）する必要がある。

- ◇ 鉱物ベースの建設製品に使用される、非結合又は結合した炭酸化骨材
- ◇ 建設製品に使用されるセメント、石灰、その他の水硬性結合剤の炭素成分
- ◇ プレキャストブロック、舗装材、気泡入りコンクリートなどの炭酸化コンクリート
- ◇ 炭酸化レンガ、タイル、その他の石積みユニット

CCUに関する規則⁴⁾には、CCUに使用するCO₂の回収場所及びCO₂を利用する場所に関する規定はないが、EU-ETSの趣旨やEU-ETS指令におけるCCSの規定を考慮すると、EU/EEA域内にてCO₂の回収及び製品利用されたものが対象になると考えられる。

2.2 FuelEU Maritime

FuelEU Maritimeでは、現在のところ、船上で回収されたCO₂の貯留や利用に関する規定がないため、回収CO₂をGHG強度から控除することは認められていない。「FuelEU Maritime規則 Article 30 2(i)」⁵⁾によると、船上CCS/CCU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、2027年末までに欧州委員会（EC）がレポートを作成し、検討する予定である。

3. IMOのGHG規制における船上CO₂回収・貯留／利用（船上CCS/CCU）の取り扱い

国際海事機関（IMO）では、国際海運におけるCO₂排出削減対策として、現在、新造船のエネルギー効率設計指標（EEDI）規制、就航船の燃費性能指標（EEXI）規制、及び燃費実績の格付け制度（CII格付け）を実施しているが、現状、船上CCS/CCUに関する規定がなく課題である。さらに、2028年から開始される使用燃料のGHG強度規制（GFI規制）については、現時点ではGFIの算定式に船上で回収されたCO₂を控除するための項が組み込まれていないが、「EIj（単位エネルギー当たりのGHG排出量）」という要素が導入されているため、その中に船上回収CO₂をどう組み込むかが今後の論点となる。一方、2024年3月に開催されたMEPC 81で採択された「船用燃料ライフサイクルGHG強度ガイドライン（2024年LCAガイドライン）」⁶⁾では、GHG強度の算定式に船上回収CO₂の控除の項が盛り込まれているものの、現状、その計算方法等の詳細が規定されておらず課題である。このため、2025年4月に開催されたMEPC 83において、「非CO₂のGHG排出及び船上CO₂回収・貯留（OCCS）に関する通信部会」より、「船舶から排出されるメタン及びN₂O、並びに船上CO₂回収・貯留（OCCS）に関する報告書」が提出され、審議の結果、「船上CO₂回収・貯蔵を利用するための規制の枠組みを開発するための作業計画」⁷⁾が策定された。作業計画には、船上CO₂回収・貯留の試験・検査・認証に関するガイドラインの開発などが組み込まれたが、とりわけ、船上回収CO₂の恒久貯留又は利用のためには、これらを妨げる可能性がある国際条約と整合を図る必要があるため、関係する国際条約による法的障壁に関する検討も組み込まれ

た。さらに、作業計画に基づき、「船上CO₂回収・貯留の利用に関する規制枠組み」を開発するために、通信部会が再設置され、2026年4月に開催予定のMEPC 84に報告書を提出する予定である。

一方、船上回収CO₂を地中や海底に恒久貯留した場合や、メタノールやメタンなどの燃料の原料として再利用した場合、さらには、セメントなどに恒久的に固定した場合に、回収CO₂を船舶のCO₂排出量からどのように控除するのか、その割り当てをどうするのか、などの問題については、今後、LCAの規制枠組みのさらなる開発において検討される予定である。

4. 回収CO₂の越境移動に関する国際条約

船上で回収されたCO₂の恒久貯留又は利用を妨げる可能性がある国際条約として、CO₂の海底下貯留及び海底下貯留目的のCO₂輸出を規制するロンドン議定書、さらには、有害廃棄物の輸出を規制するバーゼル条約が挙げられる。

4.1 ロンドン条約及びロンドン議定書

「廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約」（通称：ロンドン条約）は、1972年12月にロンドンで採択され、1975年8月に発効した。同条約では、水銀、カドミウム、放射性廃棄物などの有害廃棄物を限定的に列挙し、これらの海洋投棄のみを禁止していた。その後の世界的な海洋環境保護の必要性への認識の高まりを受けて、同条約による海洋汚染の防止措置をさらに強化するため、「1972年の廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約の1996年の議定書」（通称：ロンドン議定書）が1996年11月にロンドンで採択され、2006年3月に発効した。同議定書は、廃棄物等の海洋投棄及び洋上焼却を原則禁止しており、「廃棄物その他の物」にはCO₂が含まれ、かつ、「投棄」の概念には、海への投入等に限らず、海底下の地層への処分も含まれた。さらに、海洋投棄目的（海底下貯留目的含む）で廃棄物等を輸出することも一切禁止された。

ロンドン議定書は、2006年、2009年、2013年、2022年と4度にわたり改正された。このうち2006年の改正（CO₂の海底下地層への処分（貯留）を可能とするもの）及び2022年の改正（海洋投棄を検討できる廃棄物等から下水汚泥を削除）は発効済みだが、2009年の改正（海底下地層への処分（貯留）目的のCO₂の輸出を可能とするもの）及び2013年の改正（海洋地球工学行為規制に関する改正）は未発効である。

2024年1月現在、ロンドン条約の締約国は87か国、ロンドン議定書の締約国は54か国（米国は議定書を未締結）で、事務局は国際海事機関（IMO）本部である。

4.1.1 CO₂の海底下貯留（2006年改正）及び海底下貯留目的のCO₂輸出（2009年改正）

ロンドン議定書は2006年の改正により、CCS目的で回収されたCO₂が附属書 I に追加され、許可を受けることでCO₂の海底下貯留が認められた。さらに、ロンドン議定書では、海洋投棄目的（海底下貯留目的含む）で廃棄物等を輸出することが一切禁止されていたが、CCS活用の必要性が高まってきたため、2009年の改正により、例外として、輸出国と受入国が協定又は取決めに締結していることを条件に、海底下貯留目的のCO₂輸出が認められた。一方、2009年改正が発効するためには、締結国の3分の2（54か国中36か国）の受諾が必要となるが、2024年1月時点で受諾は11か国のみである。2009年改正は未発効だが、2019年の締約国会議決議により、当該改正の暫定的適用に関する宣言をIMOに寄託した国は当該改正を暫定的に適用することが可能となった。ノルウェー、英国、オランダ、スウェーデン、デンマーク、ベルギー、スイス、韓国の8か国が暫定的適用を宣言しており、2009年改正が暫定的に適用されている。

4.2 バーゼル条約

有害な廃棄物の国境を越える移動は1970年代から欧米諸国を中心にしばしば行われてきた。1980年代に入り、ヨーロッパの先進国からの廃棄物がアフリカの開発途上国に放置されて環境汚染が生じるなどの問題が発生し、何らかの事前の連絡・協議なしに有害廃棄物の国境を越えた移動が行われ、最終的な責任の所在も不明確であるという問題が顕在化した。これを受けて、OECD及び国連環境計画（UNEP）で検討が行われ、1989年3月、スイスのバーゼルにおいて、一定の有害廃棄物の国境を越える移動等の規制について国際的な枠組み及び手続等を規定した「有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約」が作成された（1992年5月5日効力発生。2023年11月現在、締約国数は189か国、EU及びパレスチナ）。

バーゼル条約では、この条約に特定する有害廃棄物及びその他の廃棄物の輸出には、輸入国が締約国であっても、輸入国の書面による同意を求めているため、同意がなければ、輸出を行うことはできない。一方、非締約国との廃棄物の輸出入を原則禁止しているものの、条約の趣旨に反しない限り、非締約国との間でも、廃棄

物の国境を越える移動に関する二国間又は多数国間の取決めに締結することを条件に輸出入を認めている。

4.2.1 規制対象となる有害廃棄物

バーゼル条約は規制対象となる有害廃棄物を附属書 I, III, VIII及びIXに規定している。一方、輸出国、輸入国又は通過国である締約国の国内法令により有害であると定義され又は認められている廃棄物についても、バーゼル条約の規制対象となることが規定されている。CO₂は附属書に記載されていないが、輸入国又は通過国が国内法令でCO₂を「有害廃棄物」として指定している場合は、バーゼル条約の規制対象となるため、輸出には輸入国又は通過国の同意が必要となる。

5. GHG規制における船上CCS/CCUの課題

船上CCS/CCUの普及には多くの課題があるが、とりわけ、回収CO₂を貯留／利用するためのバリューチェーンの確立が不可欠である。図3に示す通り、回収CO₂の海底や地中への恒久貯留をはじめ、油田に回収CO₂を圧入することで原油の回収率を向上させるEOR「Enhanced Oil Recovery（原油増進回収）」、回収CO₂をメタンやメタノールなどの燃料や化学品の原料として再利用するカーボンリサイクルなどが期待されており、これらのプロジェクトが実施されているものの、いまだ商業的に成り立つ段階には至っていない。船上CCS/CCUを普及させるには、まずは船上回収CO₂を陸揚げするための港湾設備を整備する必要があるが、上述の通り、欧州においても荷役可能な港は限られており、世界中の港に受け入れ設備を整備するにはかなりの時間を要すると考えられる。さらに、上述の通り、ロンドン議定書はCO₂の海底下貯留及び海底下貯留目的のCO₂輸出を規制しており、バーゼル条約は有害廃棄物の輸出を規制しているが、どちらも輸出国と受入国の同意が必須であり、船上で回収したCO₂を陸揚げするには、該当船の旗国と受入国との間で明確な合意が必要となる可能性がある。

EU-ETSでは、償却義務の対象外として、船上回収CO₂のセメントなどへの恒久的な固定は認められているものの、メタノールやメタンなどの燃料への再利用（カーボンリサイクル）は認められていない。このカーボンリサイクル燃料の取り扱いについては、現在、IMOで検討されているものの、CO₂の排出責任者（CO₂排出者）を、CO₂を回収した者とするのか、カーボンリサイクル燃料を使用して最終的にCO₂を排出した者とするのかなど、その割り当ては非常に難しい問題である。

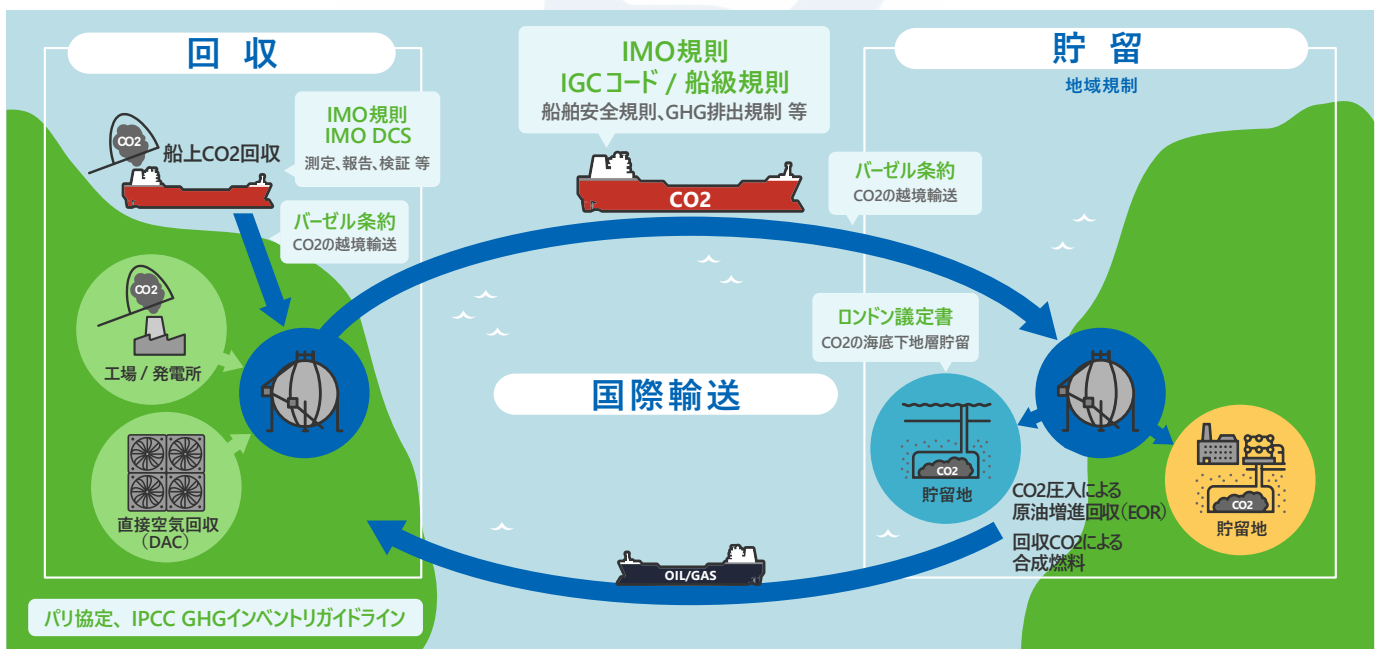


図3 回収CO₂のバリューチェーンに関する規制の枠組み

参考文献

- 1) EU : Directive 2009/29/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 amending Directive 2003/87/EC so as to improve and extend the greenhouse gas emission allowance trading scheme of the Community (Text with EEA relevance)
- 2) EU : Directive 2009/31/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the geological storage of carbon dioxide and amending Council Directive 85/337/EEC, European Parliament and Council Directives 2000/60/EC, 2001/80/EC, 2004/35/EC, 2006/12/EC, 2008/1/EC and Regulation (EC) No 1013/2006 (Text with EEA relevance)
- 3) EU : The EU ETS and MRV Maritime General guidance for shipping companies, Guidance document No. 1, Updated Version, 5 November 2024
- 4) EU : Commission Delegated Regulation (EU) 2024/2620 of 30 July 2024 supplementing Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council as regards the requirements for considering that greenhouse gases have become permanently chemically bound in a product
- 5) EU : Regulation (EU) 2023/1805 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC (Text with EEA relevance)
- 6) IMO : 2024 GUIDELINES ON LIFE CYCLE GHG INTENSITY OF MARINE FUELS (2024 LCA GUIDELINES), IMO RESOLUTION MEPC.391(81)
- 7) IMO : ANNEX 8 WORK PLAN FOR THE DEVELOPMENT OF A REGULATORY FRAMEWORK FOR THE USE OF ONBOARD CARBON CAPTURE AND STORAGE (OCCS), MEPC 83/17