

「カーボンニュートラルポート(CNP)形成計画」策定マニュアル

初版

2021年12月

国土交通省 港湾局

はじめに	1
1. CNP 形成計画について	2
1-1. CNP 形成計画の策定に向けて	2
1-2. CNP 形成計画の策定主体、対象港湾	3
2. CNP 形成計画の策定について	3
2-1. CNP 形成計画策定フロー	3
2-2. CNP 形成計画の概要	4
3. CNP 形成計画に記載する事項について	6
3-1. 対象港湾の特徴等	6
3-2. CNP 形成計画における基本的な事項	6
3-2-1. CNP 形成に向けた方針	6
3-2-2. 計画期間、目標年次	7
3-2-3. 対象範囲	7
3-2-4. 計画策定及び推進体制、進捗管理	8
3-3. 温室効果ガス排出量の推計	9
3-3-1. CO ₂ 排出源の区分	9
3-3-2. CO ₂ 排出量の推計方法	10
3-3-3. CO ₂ 吸収量の推計方法	15
3-4. 温室効果ガスの削減目標及び削減計画	16
3-4-1. 温室効果ガス削減目標	16
3-4-2. 温室効果ガス削減計画	16
3-5. 水素・燃料アンモニア等供給目標及び供給計画	17
3-5-1. 水素・燃料アンモニア等の需要推計・供給目標	18
3-5-2. 水素・燃料アンモニア等の供給計画	22
3-5-3. 水素・燃料アンモニア等の供給等のために必要な施設	23
3-5-4. 水素・燃料アンモニア等の供給等のために必要な施設の規模・配置	25
3-5-5. 水素・燃料アンモニア等のサプライチェーンの強靱化に関する計画	36
3-6. 港湾・産業立地競争力の強化に向けた方策	36
3-7. ロードマップ	36
3-8. 対策の実施・進捗管理・公表	37

【参考資料1】 CNP形成に資する取組事例集

【参考資料2】 関係法令等

【参考資料3】 CNP 形成計画イメージ

はじめに

2020年10月、我が国は「2050年カーボンニュートラル」を宣言し、2021年4月には、「2030年度に、温室効果ガスを2013年度から46パーセント削減することを目指す。さらに、50パーセントの高みに向け、挑戦を続けていく」ことを表明した。その後、これらの目標は、「地球温暖化対策計画」(令和3年10月22日閣議決定)にも記載されたところである。

島国日本において港湾は、輸出入貨物の99.6%が経由する国際サプライチェーンの拠点となっており、また、CO₂排出量の約6割を占める発電所、鉄鋼、化学工業等の多くが立地する臨海部産業の拠点、エネルギーの一大消費拠点でもある。

すなわち、港湾地域は、脱炭素エネルギーである水素や燃料アンモニア等の輸入拠点となるとともに、これらの活用等によるCO₂削減の余地も大きい地域である。このため、港湾地域において脱炭素化に向けた先導的な取組を集中的に行うことは、我が国の2050年カーボンニュートラルの実現に効果的・効率的であると考えられる。

加えて、世界的に、SDGs(持続可能な開発目標)やESG投資(環境・社会・ガバナンス要素も考慮した投資)への関心が高まる中、国際港湾の競争力として、従前のコスト、スピード、サービスといった視点に加え、「環境」を意識した取組も重要な要素となりつつある。

このため、国土交通省では、水素・燃料アンモニア等の大量・安定・安価な輸入・貯蔵等を可能とする受入環境の整備や、脱炭素化に配慮した港湾機能の高度化、集積する臨海部産業との連携等を通じてカーボンニュートラルポート(以下「CNP」という。)を形成することとしており、2021年1月から3月に、まずは全国6地域7港湾において「CNP検討会」を開催し、港湾地域からのCO₂排出量、水素や燃料アンモニア等の利活用方策等について検討を進めてきた。

その後、2021年4月の日米首脳会談において、日米で世界の脱炭素化をリードしていくことを確認するとともに、日米首脳共同声明別添文書において、日米両国がCNPについても協力することとされた。さらに、2021年9月の第2回日米豪印首脳会合において「日米豪印海運タスクフォース」が立ち上げられ、グリーンな海運ネットワークを形成していくこととされた。このように、CNPの形成に向けた国際的な協力関係も構築されてきているところである。

こうした国内外の動きを踏まえ、国土交通省では、今後のCNPの形成に向けた取組の加速化を図る各種方策について整理等を行うため、2021年6月から「カーボンニュートラルポート(CNP)の形成に向けた検討会」を開催してきた。第1回及び第2回検討会の議論を踏まえ、2021年8月、CNP形成に向けた施策の方向性について中間とりまとめを行うとともに、中間とりまとめを踏まえ、国土交通省において、「CNP形成計画策定マニュアル(ドラフト版)」を作成した。

その後、引き続き本検討会において議論を継続し、今般、CNP形成に向けた「カーボンニュートラルポート(CNP)形成に向けた施策の方向性」のとりまとめを行うとともに、国土交通省において『「カーボンニュートラルポート(CNP)形成計画」策定マニュアル(初版)』の作成を行った。

なお、国土交通省は、マニュアルについて、世界の脱炭素化にかかる政策や技術開発の動向等を踏まえ、引き続き不断の見直しを行っていく。このほか、気候変動への適応を含む港湾の強靱化の方策の検討、CNP形成に資する国際標準化の検討、関係法令を含むソフ

ト面の環境整備等を通じて港湾管理者の取組を支援し、CNP 形成を促進するとともに、全国レベルでの CNP 形成の取組の進捗をフォローアップしていく。

1. CNP 形成計画について

1-1. CNP 形成計画の策定に向けて

CNP とは、国際物流の結節点かつ産業拠点となる港湾において、水素・燃料アンモニア等の大量・安定・安価な輸入や貯蔵等を可能とする受入環境の整備や、脱炭素化に配慮した港湾機能の高度化、集積する臨海部産業との連携等を通じて温室効果ガスの排出を全体としてゼロにすることを目指すものをいう。

港湾におけるカーボンニュートラルを実現するため、各港湾において発生している温室効果ガスの現状及び削減目標、それらを実現するために講じるべき取組、ロードマップ等を取りまとめたものが CNP 形成計画である。

我が国に輸出入されている貨物の 99.6%を取り扱い、CO2 排出量の約6割を占めるエネルギー転換部門や産業部門等の企業の多くが立地する港湾・臨海部において、多くの事業者が連携することによって、様々な企業が有する既存ストックの有効活用の可能性が広がるとともに、より多くの水素や燃料アンモニア等の需要が創出され、安定かつ安価な供給の実現に資すると考えられる。このため、CNP 形成計画の対象範囲は、港湾管理者等が管理する公共ターミナル(コンテナターミナルやバルクターミナル等)における取組に加え、公共ターミナル等を経由して行われる物流活動(海上輸送、トラック輸送、倉庫等)や港湾(専用ターミナルを含む。)を利用して生産・発電等を行う臨海部に立地する事業者(発電、鉄鋼、化学工業等)の活動も含め、港湾地域全体を俯瞰して面的に設定することが推奨される。その他、港湾工事における脱炭素化の取組についても CNP 形成計画の中に位置付けることが望ましい。

公共ターミナル外の事業者にとっては、CNP 形成計画に位置付けられることによって、当該事業者の脱炭素に向けた取組を港湾という場を通じて公にすることができ、地域の脱炭素化への貢献、顧客や投資家の理解促進が期待できる。さらに、企業誘致や航路誘致に取り組む港湾管理者にとっても、CNP 形成計画に立地企業の取組を掲載することによって、当該港湾における包括的な脱炭素の取組や水素・燃料アンモニア等の利用環境を周知することができ、当該港湾への ESG 投資の誘引、環境面での競争力の強化に繋がることが期待できる。なお、CNP 形成の対象範囲については、関係者が協議した上で、港湾毎に適切な範囲を決定することが望ましい。範囲の設定の考え方によっては、様々な事業が CNP 形成に含まれ得るが、当該事業の実施主体の同意を得ることとする。

地域の脱炭素化を進めるためには、地域脱炭素ロードマップに基づき、脱炭素先行地域の創出等に加え、地域と暮らしに関わるあらゆる分野において脱炭素を前提とした政策立案・実施を行うことが求められる。CNP の形成は地域と暮らしの脱炭素に関わる個別分野の対策・促進施策の一つであるが、上記のとおり、CNP 形成計画は、対象範囲が広範にわたるものであり、港湾を中心に多様な関係者の連携を促し、港湾地域や周辺地域の脱炭素化に幅広く寄与することを目指すものである。

本マニュアルは、港湾管理者が、様々な関係者がそれぞれ実施する取組を CNP 形成計画に位置付けていくプロセス、各取組に伴って必要となる港湾の施設の規模・配置の検討

の方法、CNP 形成計画を作成した後の進捗管理の方法等を中心にまとめたものである。CNP 形成計画を起点に、港湾地域や周辺地域の脱炭素化に波及していくことが期待される。

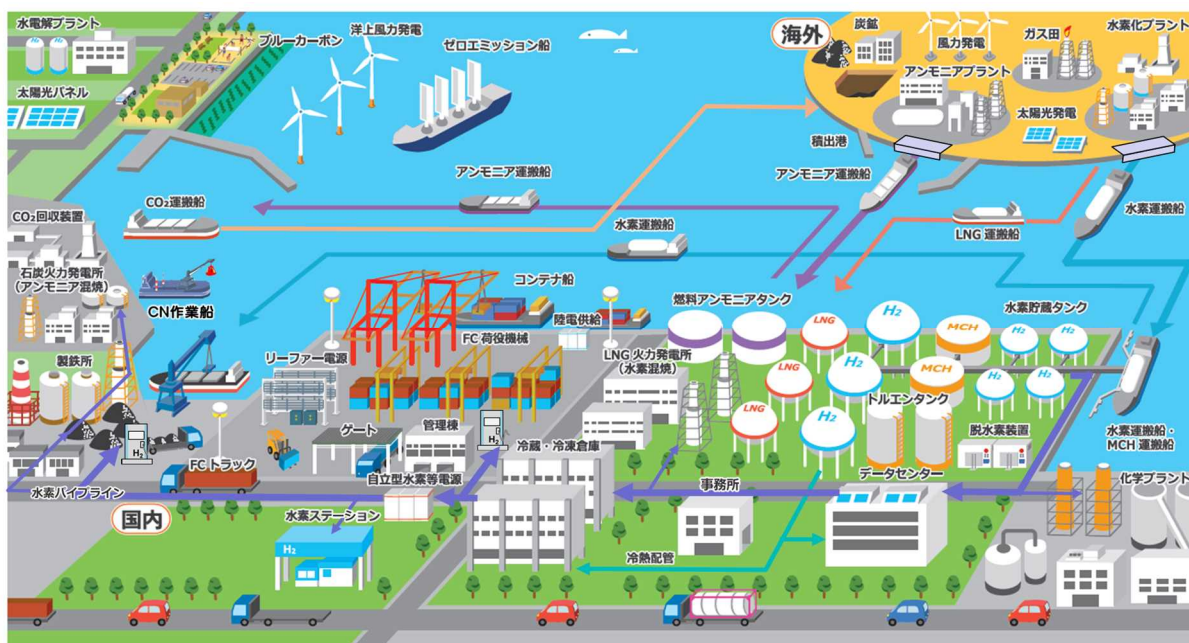


図 1: CNP 形成の形成イメージ

1-2. CNP 形成計画の策定主体、対象港湾

CNP 形成計画は、国際戦略港湾、国際拠点港湾及び重要港湾の港湾管理者が策定することを基本とする。また、地方港湾の港湾管理者においても、CNP 形成計画の策定は推奨される。

港湾管理者が同計画を策定するに当たっては、関係者の協力を得て策定することから、協議会を設置する等、関係者(※1)の意見が十分に反映される体制を構築することとする。

※1:「関係者」とは、国(地方整備局等)、地方公共団体(市町村の環境、エネルギー関連部署等)、当該港湾に関係する船社、港運業者、トラック事業者、倉庫事業者、荷主企業、周辺立地企業、エネルギー供給事業者等(以下「関係事業者」という。)を想定する。

2. CNP 形成計画の策定について

2-1. CNP 形成計画策定フロー

CNP 形成計画策定に関する一般的なフローを以下に示す。

CNP 形成計画の策定では、計画策定者である港湾管理者が関係者と連携して協議会を設置し、意見を反映して計画の検討を進めることが望ましい。策定した CNP 形成計画は、公表し、適宜見直していくものとする。

なお、CNP 形成計画において、新たな貨物の取扱いや土地利用計画に変更が生じる場合は、適宜、港湾計画の変更を行う必要がある。また、計画策定者が地球温暖化対策推進法に基づく地方公共団体実行計画を策定している場合、当該計画との整合性を図る必要がある。

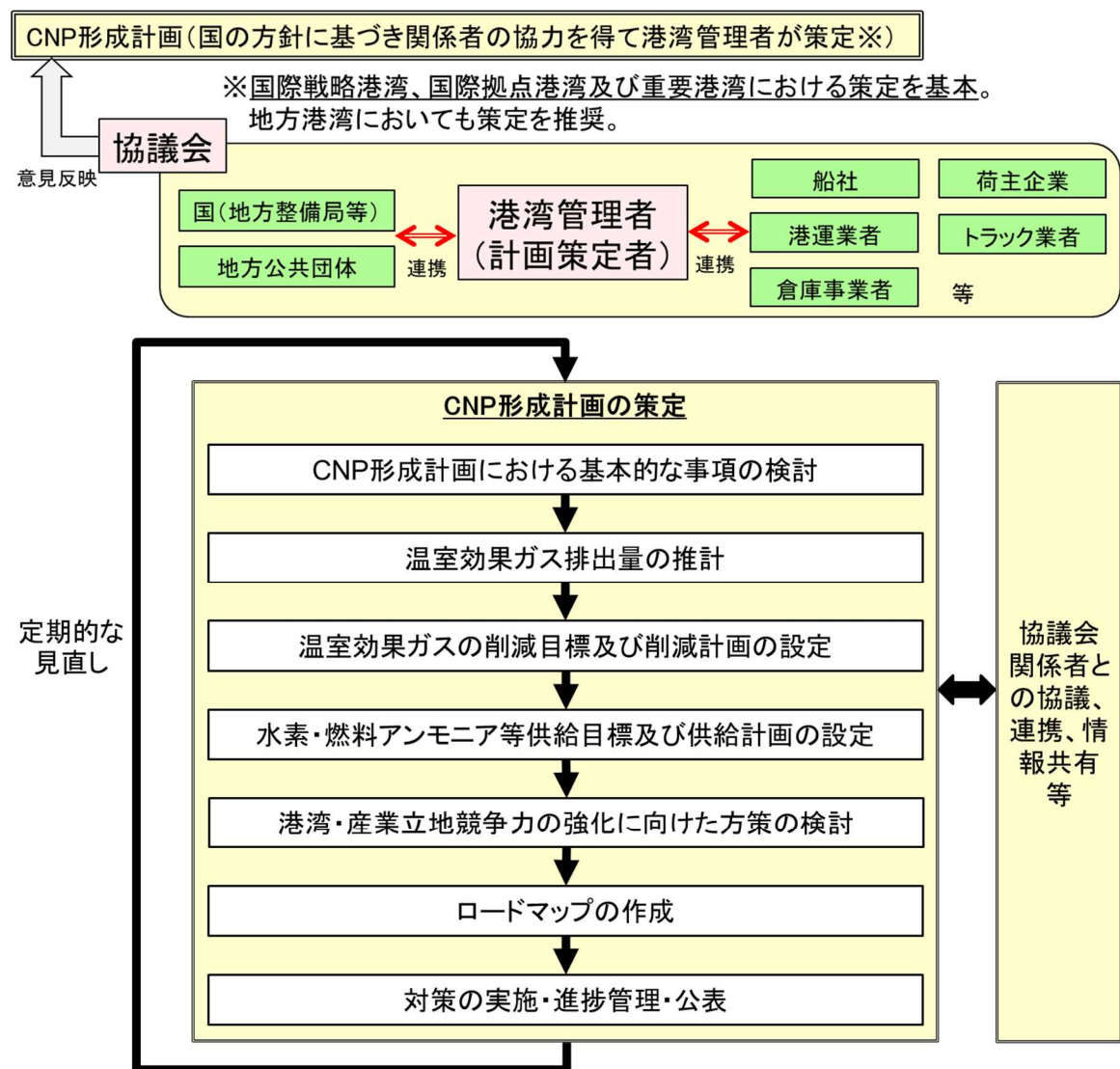


図 2: CNP 形成計画の策定フロー

注: 当該フローについては、今後、同計画策定に関する手続きの検討状況に応じて適宜見直しを行う。

2-2. CNP 形成計画の概要

CNP 形成計画は、港湾及び周辺地域に立地する事業者や取扱貨物等によって、その達成手段や範囲が異なり、それに対応する取組も港湾によって異なる。そのため、港湾管理者は、当該港湾の港湾区域や臨港地区に加え、背後圏を含む周辺地域の情報を収集し、港湾の特徴に即した CNP 形成計画を策定することが求められる。

また、CNP 形成計画は、①当該港湾地域の脱炭素エネルギーの需要・供給に対応し、地域の脱炭素化・産業活性化を推進する役割、②当該港湾地域に留まらず、二次輸送等を含め、他地域の CNP 形成にも寄与する広域的な役割、の2つの視点で作成することが必要である。

CNP 形成計画に記載する事項として、表1の内容が考えられる。

表 1: CNP 形成計画に記載する事項

項目	CNP 形成計画に記載する事項(※)
対象港湾の特徴等	・地理的位置、港湾の利用状況、港湾区域・臨港地区及び周辺地域の産業の概況、地域の各種計画での位置付け 等
CNP 形成計画における基本的な事項	・CNP 形成に向けた方針 ・計画期間、目標年次 ・対象範囲 ・計画策定及び推進体制、進捗管理
温室効果ガス排出量の推計	・温室効果ガス排出量の推計(計画策定時・基準年(原則として 2013 年度時点))
温室効果ガスの削減目標及び削減計画	・温室効果ガス排出量削減目標 ・温室効果ガス削減計画
水素・燃料アンモニア等供給目標及び供給計画	・水素・燃料アンモニア等の需要推計・供給目標 ・水素・燃料アンモニア等の供給計画 ・水素・燃料アンモニア等の供給等のために必要な施設 ・水素・燃料アンモニア等のサプライチェーンの強靱化に関する計画
港湾・産業立地競争力の強化に向けた方策	・環境面での港湾の競争力強化策 ・産業立地競争力強化策
ロードマップ	・温室効果ガス削減計画、施設整備計画等に係るロードマップ
対策の実施・進捗管理・公表	・CNP 形成計画の実施、進捗管理、公表の手法

(※)詳細は、次項(3. CNP 形成計画に記載する事項について)を参照。

地域特性を踏まえ、技術や基準が変化していくことを織り込みつつ、まずは連携等の場となる協議会を設置し、その時点で想定できる取組を CNP 形成計画に前広に記載し、その後適宜適切に見直していくことが望ましい。

3. CNP 形成計画に記載する事項について

3-1.対象港湾の特徴等

CNP 形成計画を作成する対象港湾の特徴を記載する。記載に当たっては、地理的位置、当該港湾の概要(沿革、機能・役割(物流、人流、避難施設、レクリエーション機能等)、航路、取扱貨物等)、主要ターミナルの配置(整備中の施設状況を含む。)、関連する臨海部産業の概況や背後圏の概況など、港湾及び周辺地域の特徴が把握できるように留意する。

3-2.CNP 形成計画における基本的な事項

3-2-1.CNP 形成に向けた方針

CNP とは、国際物流の結節点かつ産業拠点となる港湾において、水素・燃料アンモニア等の大量・安定・安価な輸入や貯蔵等を可能とする受入環境の整備や、脱炭素化に配慮した港湾機能の高度化、集積する臨海部産業との連携等を通じて温室効果ガスの排出を全体としてゼロにすることを旨とするものをいう。このため、CNP の形成においては、次の2つの観点から CNP 形成に向けた方針を記載する。

- ① 水素・燃料アンモニア等の大量・安定・安価な輸入や貯蔵等を可能とする受入環境等の整備
- ② 港湾地域の面的・効率的な脱炭素化
 - ②-1 脱炭素化に配慮した港湾機能の高度化(港湾ターミナル内の脱炭素化)
 - ②-2 集積する臨海部産業との連携(港湾ターミナル外の脱炭素化)

このうち、②-1、②-2については、全ての港湾において計画への記載が求められるが、①については、水素・燃料アンモニア等の輸入や二次輸送、CO₂ の輸移出などを行う港湾において記載することを基本とする。また、洋上風力発電の導入促進に不可欠な海洋再生可能エネルギー等拠点港湾(基地港湾)の整備を行う場合や、洋上風力により発電された電力の当該港湾での使用又は余剰電力から水素を製造し当該港湾から移出する場合は、その機能についても記載する。ただし、水素・燃料アンモニア等の供給計画については、二次輸送時に港湾を利用しない場合も含め、水素・燃料アンモニア等の需給状況が分かるように記載するものとする。

また、脱炭素化に配慮した港湾機能の高度化の取組の目指すべきものとして、これまでのコスト、スピード、サービスに加え、環境面の取組を通じた港湾の国際競争力の強化についても記述することが望ましい。加えて、サステナブルファイナンス、トランジション・ファイナンス、その他の脱炭素化に関係する制度・指針等の検討状況や世界の動向を注視し、国内外からの投資や資金を誘引しつつ、CNP 形成に取り組んでいくことが重要である。

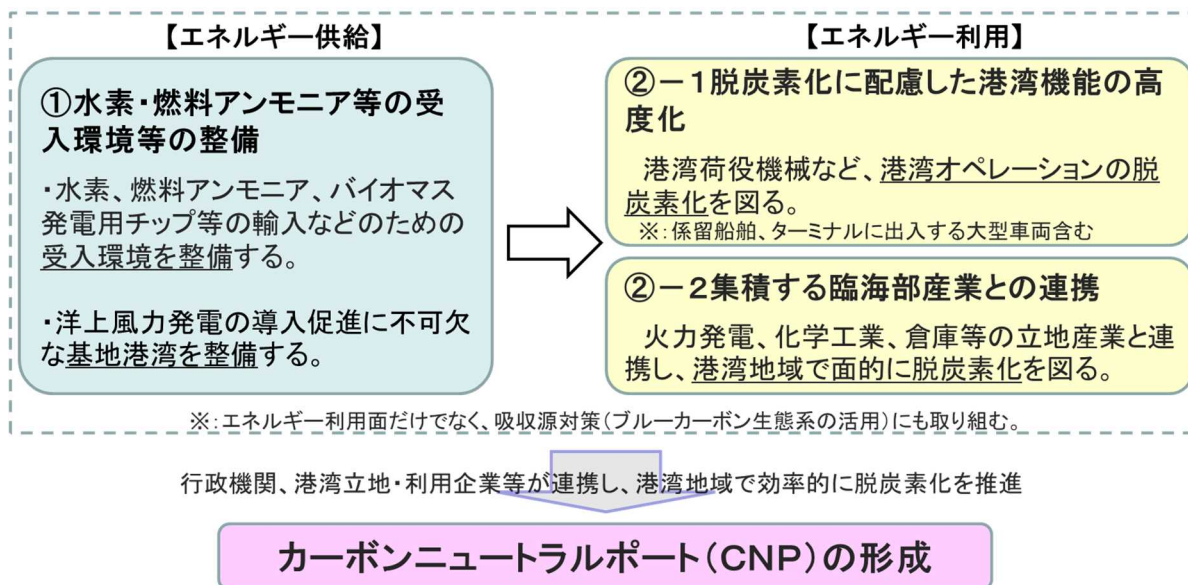


図 3: CNP 形成に向けた方針の検討

3-2-2.計画期間、目標年次

政府の温室効果ガス削減目標(短・中期目標:2030 年度に 2013 年度比 46%削減、長期目標:2050 年にカーボンニュートラル実現)等を踏まえ、港湾における CNP 形成に必要な期間、目標年次を設定する。

本計画の目標は、「3-2-1.CNP 形成に向けた方針」における「①水素・燃料アンモニア等の大量・安定・安価な輸入や貯蔵等を可能とする受入環境等の整備」については、水素・燃料アンモニア等の供給量、「②港湾地域の面的・効率的な脱炭素化」については、温室効果ガスの削減量を基本とする。

また、CNP 形成計画を策定した後も、計画対象範囲の情勢変化、CNP 形成に関する技術の進展、水素・燃料アンモニア等のコスト見通し等に基づき、適宜 CNP 形成計画を見直していくことが望ましい。なお、計画期間や見直し時期については、港湾計画、地球温暖化対策推進法に基づく地方公共団体実行計画等の関連する計画の見直し状況等にも留意した上で対応する。

3-2-3.対象範囲

CNP 形成計画の対象範囲は、港湾管理者等が管理する公共ターミナル(コンテナターミナルやバルクターミナル等)(※2)における脱炭素化の取組に加え、ターミナルを經由して行われる物流活動(海上輸送、トラック輸送、倉庫等)や港湾(専用ターミナルを含む。)を利用して生産・発電等を行う臨海部に立地する事業者(発電、鉄鋼、化学工業等)の活動も含め、港湾地域全体を俯瞰して面的に設定することが推奨される(「1-1 CNP 形成計画の策定に向けて」参照)。その際、水素・燃料アンモニア等のサプライチェーンの機能維持に必要な取組についても位置付けることが望ましい。

このように港湾地域全体を俯瞰して面的に取組を行う際には、国や地域の気候変動対策や産業・エネルギー政策等との整合を図りつつ、周辺地域への脱炭素化の波及効果も

念頭に取り組を進めることが重要である。

さらに、港湾と関係の深い洋上風力発電について、基地港湾の整備に加えて、余剰電力から製造される水素の海上輸送ネットワークを活用した配送拠点等としての取組も CNP 形成計画に位置付けることが望ましい。

その他、港湾工事の脱炭素化や藻場・干潟等のブルーカーボン生態系の造成・再生・保全等、港湾空間を活用した様々な脱炭素化の取組についても、柔軟に CNP 形成計画に位置付けることが望ましい。また、内湾の環境改善や養殖を含む水産との連携等の生物多様性に資する取組等についても、CNP に関連する事業として、当該港湾の関係者と協議の上、一体での推進を検討するものとする。

なお、CNP 形成計画の対象範囲については、関係者が協議した上で、港湾毎に適切に設定することが望ましい。対象範囲の設定の考え方によっては、様々な取組が CNP 形成に含まれ得るが、当該取組の主体に同意を得て、CNP 形成の検討を進めなければならない。

※2: CNP 形成計画に記載する公共ターミナルとして、コンテナターミナル、バルクターミナル、フェリー・RORO ターミナル、クルーズ・旅客船ターミナル、作業船・官公庁船だまり等が想定される。なお、漁船だまり等の小規模な公共施設は対象外としても良い。

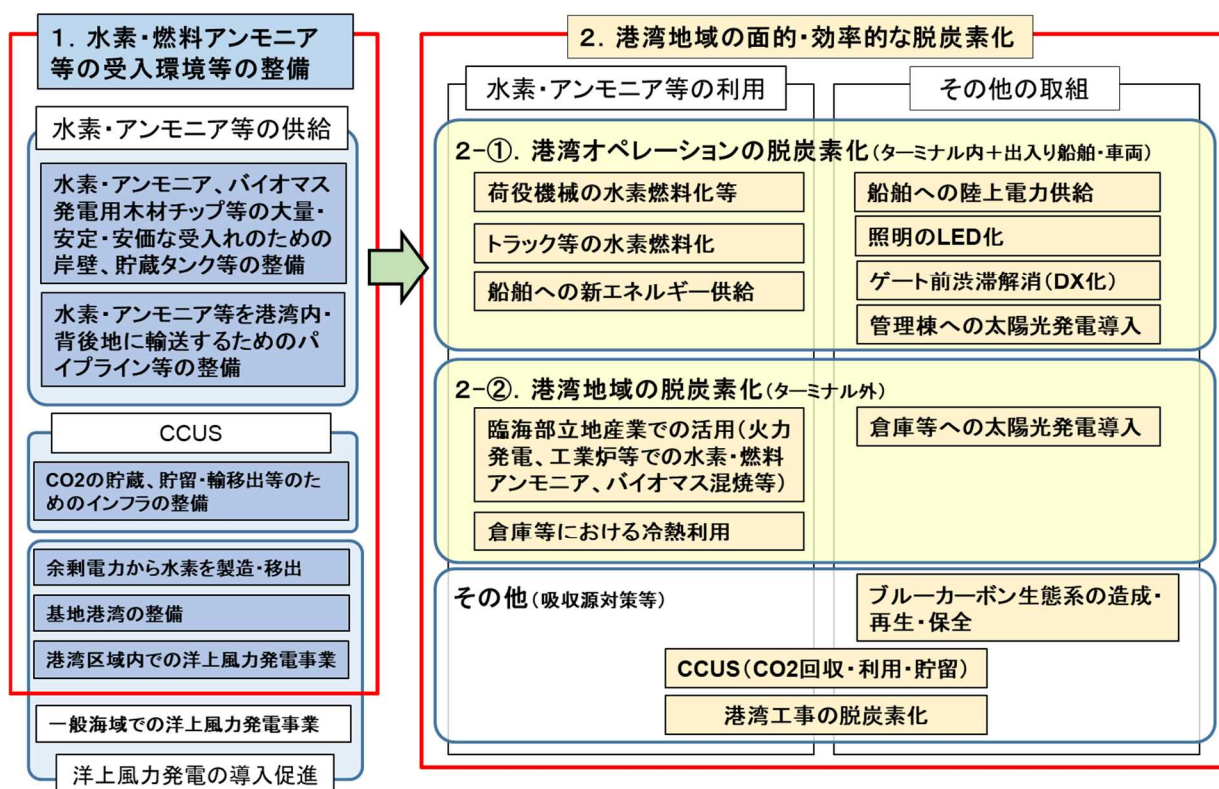


図4: CNP 形成計画の対象範囲

3-2-4. 計画策定及び推進体制、進捗管理

CNP 形成計画の策定及び推進体制としては、図 2 に示すように、対象港湾の港湾管理者が中心となり、対象港湾や臨海部に立地する事業者や管理・運営に携わる関係者が参画する協議会を設置することが望ましい。

協議会の構成員としては、ターミナル内の関係者(港湾運営会社、港運事業者等)、タ

一ミナルを出入りする船舶・車両の関係者(船社、トラック事業者等)、ターミナル外の関係者(港湾を利用する発電・鉄鋼・化学工業等の事業者、倉庫事業者等)、関係行政機関(国、地方公共団体等)、水素等供給事業者等が想定される。

CNP 形成計画の推進に当たっては、計画策定主体であり、公共側の取組実施主体である港湾管理者をサポートし、協議会構成員間の連携を促し、具体的な企画・実施につなげていく中心的な主体となる民間事業者(マネージャー)の役割も重要である。¹

また、CNP 形成計画の策定後は、定期的に計画の進捗を確認し、必要に応じ柔軟に計画を見直すため、協議会において PDCA サイクルを回す体制を構築することが望ましい。

3-3.温室効果ガス排出量の推計

3-3-1.CO2 排出源の区分

本計画においては、我が国における温室効果ガスの約9割を占め、地球温暖化に及ぼす影響が最も大きいとされる CO2 について排出量を推計する。なお、CO2 の他に顕著な温室効果ガスの排出がある場合には、それについても把握することが望ましい。CO2 排出源については、表2のとおり3つ(①港湾ターミナル内(公共、専用別)、②港湾ターミナルを出入りする船舶・車両(公共、専用別)、③港湾ターミナル外(対象港湾で貨物を取扱う関連事業者を対象))に区分して、排出源毎に港湾活動に関わる CO2 排出量を推計する。特に公共ターミナルに係る①及び②については、CNP 形成計画において、CO2 排出量削減への取組を記載する際の必須項目とする。また、専用ターミナルに係る①及び②、③については、事業者(当該港湾で貨物を取扱う関連事業者を対象)の意向も踏まえ、可能な限り記載することが推奨される。なお、①②③のそれぞれについて、推計対象とした範囲を明記しつつ、対象外とした範囲については、その理由を示すことが望ましい。③において火力発電所を推計対象とする場合、電気・熱配分前の排出量として計上されるため、一部、二重計上になり得る点に留意する。

表2:CO2 排出量の推計区分

区分(場所)	排出源
①港湾ターミナル内 (公共、専用別)	<ul style="list-style-type: none"> ・荷役機械 ・陸上電力供給設備 ・リーファーコンテナ用電源 ・管理棟・照明施設 等
②港湾ターミナルを出入りする船舶・車両 (公共、専用別)	<ul style="list-style-type: none"> ・停泊中の船舶 ・コンテナ用トラクター ・ダンプトラック 等
③港湾ターミナル外 (対象港湾で貨物を取扱う関連事業者を対象)	<ul style="list-style-type: none"> ・発電所、工場等での活動 ・倉庫・物流施設での活動 ・事務所等での活動

¹ 具体的な優良事例が出てきた時点で、本マニュアルや CNP 形成に係る情報プラットフォームで共有する。

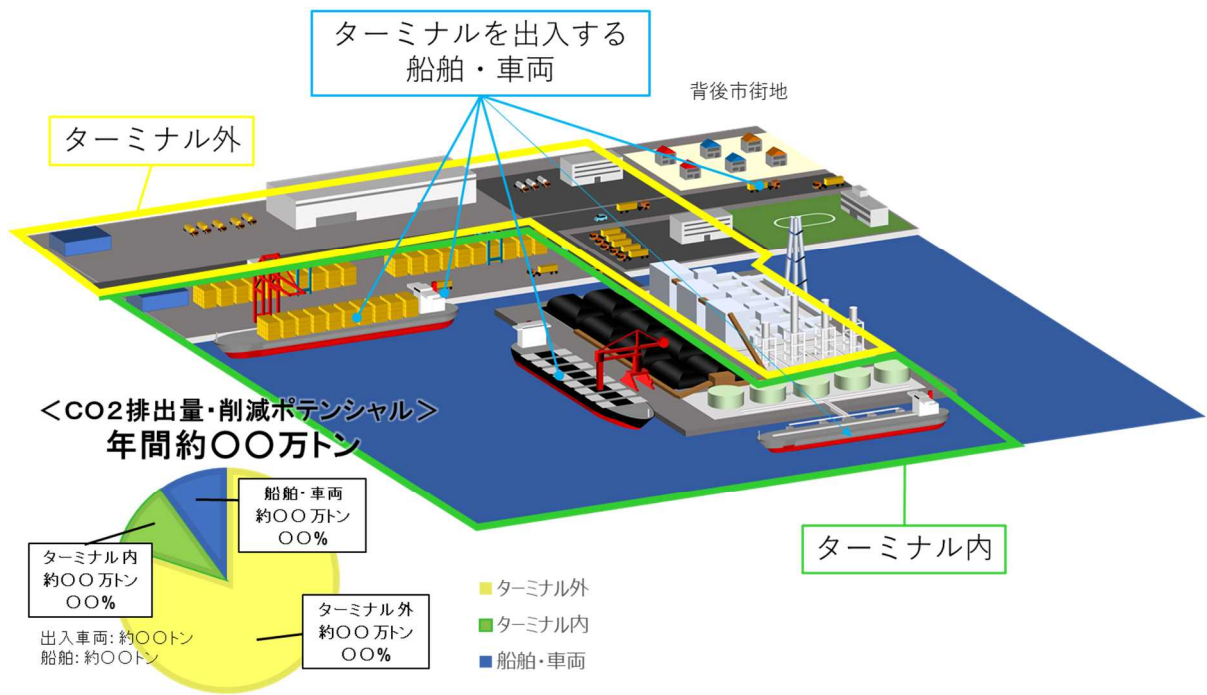


図5:CO2 排出量・削減ポテンシャル推計結果イメージ

3-3-2.CO2 排出量の推計方法

CO2 排出量の推計にあたっては、対象港湾及び周辺地域全体の CO2 排出量を把握する。すなわち、港湾管理者が管理する公共ターミナル(コンテナターミナルやバルクターミナル等)に加え、公共ターミナルを経由して行われる物流活動(トラック輸送、倉庫等)や港湾(専用ターミナルを含む。)を利用して生産・発電等を行う臨海部に立地する事業者(発電、鉄鋼、化学工業等)からの排出量についても把握する。また、推計年次は、基準年(2013 年度を原則とするが地球温暖化対策推進法に基づく地方公共団体実行計画で定めるものを考慮)及び現状(最新の情報が得られる時点)の2つの時点を基本とする。なお、CO2 の他に大きな温室効果ガスの排出がある場合には、それについても把握することが望ましい。

具体的には、対象港湾及び周辺地域において、エネルギー(燃料、電力)を消費している事業者のエネルギー使用量をアンケートやヒアリング等により調査し、それらにCO2 排出係数(※3)を乗じることで、CO2 排出量を推計する。また、非エネルギー由来のCO2 排出がある場合には、アンケートやヒアリング等の調査により、CO2 排出量を加算する。

ヒアリング調査等からエネルギー使用量が得られなかった事業者については、代替措置として、各事業分野の活動量(※4)を把握した上で、単位活動量当たりのエネルギー使用原単位(※5)を乗じることにより、エネルギー使用量及びそれに基づくCO2 排出量を推計する。

上記を加算することで、対象港湾及び周辺地域のエネルギー使用量及びそれに基づくCO2 排出量を推計する。なお、原単位については、最新版のものを使用することを推奨する。

- ※3:環境省 HP「温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度」掲載の燃料・電力別の CO2 排出原単位
 ※4:生産量、物流量、焼却量等の温室効果ガスの排出に関わる活動の規模を表す量
 ※5:生産量、発電量、物流量、延床面積等の活動量をパラメーターとして各事業分野に設定されているエネルギー使用原単位

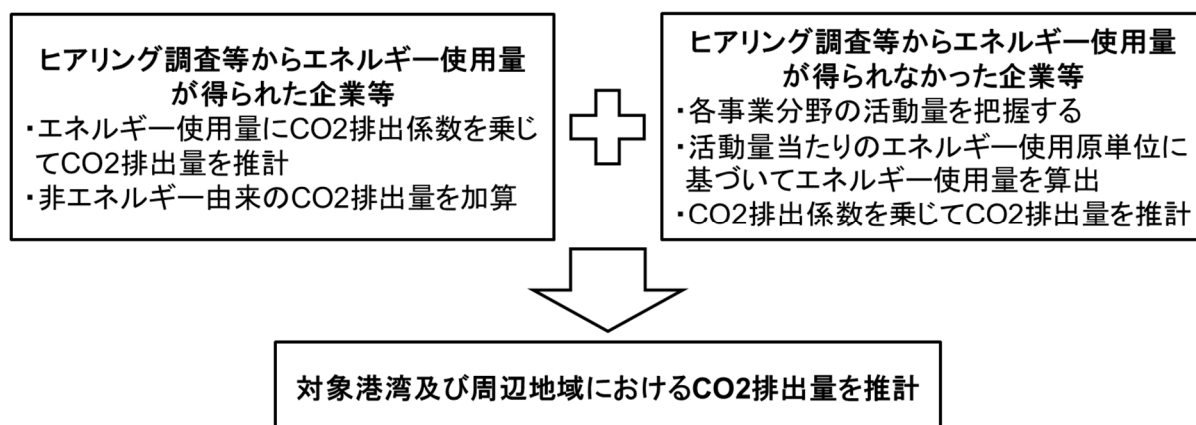


図6:対象港湾及び周辺地域の CO2 排出量の算定フロー

<CO2 排出量／削減量の推計方法>

ヒアリング調査等からエネルギー使用量が得られた事業者については、それらに CO2 排出係数を乗じることにより、CO2 排出量を推計する。

- ◆ 燃料については、その使用量に、燃料の種類ごとの CO2 排出係数を乗じて推計する。
- ◆ 電力については、その使用量に、電気事業者ごとの CO2 排出係数を乗じて推計する。

なお、CO2 排出源については、自治体の環境部局等が把握している区域内の CO2 排出量も参照しつつ、表2のとおり3つ(①港湾ターミナル内(公共、専用別)、②港湾ターミナルを出入りする船舶・車両(公共、専用別)、③港湾ターミナル外(対象港湾で貨物を取扱う関連事業者を対象))に区分して、排出源毎に港湾活動に関わる CO2 排出量を推計する。

<対象となる CO2 排出活動>

- ◆ 燃料の使用による CO2 排出量:燃料使用量×単位使用量当たりの CO2 排出量
- ◆ 電気(※6)の使用による CO2 排出量:電気使用量×単位使用量当たりの CO2 排出量

※6:他者から供給された電気(自家発電は燃料の使用に計上されているため除外)

表3:主な排出係数一覧

排出活動	区分	単位	排出係数
燃料の使用	原料炭	tCO2/t	2.61
	一般炭	tCO2/t	2.33
	ガソリン	tCO2/kL	2.32
	灯油	tCO2/kL	2.49
	軽油	tCO2/kL	2.58
	A 重油	tCO2/kL	2.71
	B・C 重油	tCO2/kL	3.00
	液化石油ガス	tCO2/t	3.00
	液化天然ガス	tCO2/t	2.70
電力の使用		tCO2/kWh	※

※:電力の排出係数は、契約している電気事業者の最新版の調整後排出係数を確認すること。

資料:燃料の排出係数は、環境省 HP「温室効果ガス排出量 算定・報告・公表制度」
 <https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calculiran_2020_rev.pdf>を基に作成
 (令和3年10月13日アクセス)

ヒアリング調査等からエネルギー使用量が得られなかった事業者については、表4のとおり、対応する施設ごと、事業分野ごとに、既存文献やヒアリング調査等に基づき、施設等の規模・活動量(生産量、取扱量等)や「活動量当たりのエネルギー使用原単位」を設定し、それらの活動量と原単位からエネルギー(燃料、電力)使用量を算定し、算定したエネルギー使用量に表3のCO2排出係数を乗ずることで、対象港湾及び周辺地域におけるCO2排出量を推計する。なお、各施設等のエネルギー使用原単位については、表4を参考とすることができる。また、エネルギー使用量がジュール単位(J)で算定される場合は、表5を参考とすることができる。

表4:エネルギー使用原単位一覧

対応する施設等	エネルギー使用原単位(年当たり)	備考
荷役機械	電力使用量(MWh)及び軽油(kL)／ 物流量(万TEU) ガントリークレーン:29.0(MWh/万TEU) トランスファークレーン:14.43(kL/万TEU) ストラドルキャリア:0.07(kL/万TEU) トップリフター:1.41(kL/万TEU) トラクターヘッド:5.18(kL/万TEU) リーチスタッカー:0.77(kL/万TEU)	事業者へのヒアリング調査等を基に、1万TEU当たりの電力・燃料使用量を算出(港湾局調べ)

対応する 施設等	エネルギー使用原単位 (年当たり)	備考
	ディーゼル燃料フォークリフトの燃料消費率: 2.5t 級 (1.4L/h)	【参考】「令和 3 年度版建設機械等損料表」、一般社団法人日本建設機械施工協会
コンテナ埠頭	電力使用量(MWh)/利用面積(m ²) コンテナヤード照明: 0.00247(MWh/m ²) コンテナターミナル管理棟: 0.243(MWh/m ²)	【参考】「港湾における温室効果ガス排出量算定マニュアル(案)Ver1.0」、平成 21 年 6 月、国土交通省 港湾局
物流センター	電力使用量(MWh)/普通倉庫延床面積(m ²) 普通倉庫の照明・空調等: 0.040(MWh/m ²)	【参考】三菱倉庫「環境・社会報告書 2020」
物流センター (冷蔵)	電力使用量(MJ)/冷蔵倉庫延床面積(m ²) 冷凍冷蔵庫:419(MJ/m ²)	【参考】東京都における冷蔵倉庫のエネルギー消費実態に関する調査研究、2003 年 2 月、日本建築学会計画系論文集
輸送車両	ガソリン等(L)/輸送量(t・km) 普通貨物車:0.192(L ガソリン/t・km) 国際海上コンテナ用トラクタ: 0.0421(L 軽油/t・km)	【参考】経済産業省告示「貨物輸送事業者に行わせる貨物の輸送に係るエネルギーの使用量の算定の方法」 輸送車両の輸送量等の把握が難しい場合には、取扱量をもとに車両台数を設定し、輸送距離を「全国輸出入コンテナ貨物流動調査」等で設定するなど、簡易的に算出することも可能である。
停泊中船舶	船種、総トン数、総停泊時間に基づいて燃料使用量を算出 (例)コンテナ船(10,000 総トン、週3時間停泊):5,095kg、フェリー(5,000 総トン、週3時間停泊):5,016kg	【参考】「港湾における温室効果ガス排出量算定マニュアル(案)Ver1.0」、平成 21 年 6 月、国土交通省 港湾局 停泊船舶のクラス分けや隻数、停泊時間等の把握が難しい場合には、上記マニュアルを参考に、船種毎・トン階区分毎に停泊隻数や係留時間を設定するなど、簡易的に算出することも可能である。

対応する施設等	エネルギー使用原単位 (年当たり)	備考
火力発電	エネルギー量(MJ)/発電量(MWh) 火力発電所平均値(昼間): 8,126(MJ/MWh)	火力発電効率 B 指標の 44.3%から、1MWh 電力当たり 2.257MWh の一次エネルギー投入が必要。1MWh=3,600MJ で換算すると、8,126MJ となる。 【参考】「ベンチマーク制度の概要について」、平成 28 年 11 月、資源エネルギー庁省エネルギー課
製油	原油換算(kL)/石油製品生産量(千 kL) 石油精製設備:8.41(kL 原油/千 kL)	【参考】2018 年度第 1 回産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会資源・エネルギーワーキンググループ資料 5-1
石油化学	エネルギー量(GJ)/石油化学製品生産量(t) エチレン等製造設備:11.9(GJ/t)	【参考】「ベンチマーク制度の概要について」、平成 28 年 11 月、資源エネルギー庁省エネルギー課
鉄鋼	原油換算(kL)/粗鋼生産量(t) 高炉製鉄業:0.531(kL 原油/t) 電炉普通鋼製造業:0.143(kL 原油/t)	【参考】「ベンチマーク制度の概要について」、平成 28 年 11 月、資源エネルギー庁省エネルギー課
化学	エネルギー量(GJ)/化学製品生産量(t) ソーダ工業 3.22(GJ/t)	【参考】「ベンチマーク制度の概要について」、平成 28 年 11 月、資源エネルギー庁省エネルギー課
セメント	エネルギー量(MJ)/セメント生産量(t) セメント製造業:3,739(MJ/t)	【参考】「ベンチマーク制度の概要について」、平成 28 年 11 月、資源エネルギー庁省エネルギー課
紙パルプ	エネルギー量(MJ)/紙生産量(t) 洋紙製造業:6,626(MJ/t) 板紙製造業:4,944(MJ/t)	【参考】「ベンチマーク制度の概要について」、平成 28 年 11 月、資源エネルギー庁省エネルギー課

資料:各項目の備考欄に記載

表5:燃料の使用に関する排出係数

排出活動	区分	単位	排出係数
燃料の使用	原料炭	tCO2/GJ	0.0898
	一般炭	tCO2/GJ	0.0906
	ガソリン	tCO2/GJ	0.0671
	灯油	tCO2/GJ	0.0678
	軽油	tCO2/GJ	0.0686
	A 重油	tCO2/GJ	0.0693

	B・C 重油	tCO2/GJ	0.0715
	液化石油ガス	tCO2/GJ	0.0590
	液化天然ガス	tCO2/GJ	0.0495
電力の使用(全国平均係数)		tCO2/GJ	0.124

資料:環境省 HP「温室効果ガス排出量 算定・報告・公表制度」別表2等
 <https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran_2020_rev.pdf>を基に作成
 (2021年10月13日アクセス)

3-3-3.CO2 吸収量の推計方法

対象港湾及び周辺海域(内湾全体等)において、ブルーカーボン生態系の造成・再生・保全活動に伴うCO2吸収量を推計することができる。推計にあたっては、港湾管理者等が港湾区域内に整備した藻場等や生物共生型構造物、あるいは民間事業者所有の護岸等に繁茂したアマモ等を対象とすることを基本とする。一方、港湾区域外の周辺海域であっても当該港湾の浚渫土砂等を活用して造成した藻場等を対象とすることも考えられることから、対象とする場合には当該施設の管理者等と調整するものとする。なお、推計年次は、2013年度及び現状(最新の情報が得られる時点)の2つの時点の基本とする。

具体的な推計方法は、対象港湾及び周辺海域(内湾全体等)において、ブルーカーボン生態系の造成・保全・再生により繁茂した藻場等の面積を直接計測あるいはアンケートやヒアリング等により調査し、それらにCO2吸収係数を乗じてCO2吸収量を推計する。

表6:藻場等のタイプ別吸収係数

表-3 吸収係数(年間の単位面積当たりの炭素増加量)の推定結果

生態系	生態系全体の純一次生産速度 ^{*1}	残存率 ^{*2}		吸収係数			
		平均値	上限値	平均値	上限値		
		(トンCO ₂ /ha/年)		(トンCO ₂ /ha/年)			
海草藻場	アマモ場	26.7	65.0	18.5	51.4	4.9 ^{*3}	33.4 ^{*3}
海藻藻場	ガラモ場	24.0	44.7	11.3	11.3	2.7 ^{*3}	5.1 ^{*3}
	コンブ場	90.8	318.1	11.3	11.3	10.3 ^{*3}	36.0 ^{*3}
	アラメ場	36.9	69.6	11.3	11.3	4.2 ^{*3}	7.9 ^{*3}
マングローブ	—	—	—	—	68.5 ^{*4}	68.5 ^{*4}	
干潟	—	—	—	—	2.6 ^{*5}	2.6 ^{*5}	

^{*1}表-1 参照

^{*2}表-2 参照

^{*3}生態系全体の純一次生産速度×残存率

^{*4}IPCC湿地ガイドライン⁵⁾のマングローブ生態系における植物体および土壌のデフォルト値と文献値⁶⁾の森林植林活動における枯死有機物の値の合計から算出

^{*5}IPCC湿地ガイドライン⁵⁾の塩性湿地のデフォルト値の95%信頼区間の下限値を採用

資料: 2019年 土木学会論文集 桑江ら

3-4. 温室効果ガスの削減目標及び削減計画

3-4-1. 温室効果ガス削減目標

「3-2-1. CNP 形成に向けた方針」の項で示す「②港湾地域の面的・効率的な脱炭素化」に関する目標として、前々項(3-3-2)で推計した基準年及び現状の CO2 排出量に対し、温室効果ガス削減対策を講じる際の目標年次における CO2 削減目標を記述する。CO2 削減目標の値は、次項(3-4-2)の「温室効果ガス削減計画」に記載する各対策による温室効果ガス削減量を累計した値となる。この場合、目標年次として 2030 年度及び 2050 年における削減目標は必ず記載する。

なお、対象港湾及び周辺地域において、新たな施設整備や新規事業所の供用が予定されている場合には、既存の施設と区分した上で、当該施設からの排出量及び削減目標についても可能な限り記述する。

3-4-2. 温室効果ガス削減計画

CNP 形成計画には、温室効果ガス削減に向けた具体的な取組を記述する。そのため、前々項(3-3-2)で把握した排出源別の CO2 排出量をもとに、講じるべき温室効果ガス削減対策を具体的に記述して、対策ごとに CO2 削減量を示す。具体的には、「3-3-1. CO2 排出源の区分」の項での表 2 に示す区分(ターミナル内外やターミナルを出入りする船舶・車両等)や各区分における排出源(荷役機械、陸上電力供給設備等)毎の対策内容に対して、それぞれの整備主体名、数量、整備期間、更に公的支援を活用している場合は該当する事業名などを整理して記述する。なお、本マニュアルの参考資料1として、港湾及び周辺地域で想定される具体的な取組事例を示す。

表7: 主な排出源での対策例

区分(場所)	対策の例
港湾ターミナル内	<ul style="list-style-type: none">再生可能エネルギーや自立型水素等電源の導入荷役機械の電動化、水素・アンモニア燃料化照明、クレーン、リーファーコンテナ等の省エネ
港湾ターミナルを出入りする船舶・車両	<ul style="list-style-type: none">停泊中の船舶への陸電供給燃料電池トラックの導入港湾機能のデジタル化による省エネ
港湾ターミナル外 (当該港湾で貨物を取扱う関係事業者を対象)	<ul style="list-style-type: none">エネルギー融通による省エネ (LNG 冷熱及び液化水素冷熱の利用等)水素・燃料アンモニア等の活用バイオマスの活用照明の省エネ上屋や倉庫等への太陽光発電の導入
その他	<ul style="list-style-type: none">洋上風力により発電された電力の活用ブルーカーボン生態系の活用モーダルシフトの推進カーボン・クレジットの活用

表8:2030 年度目標の達成に向けた温室効果ガス削減計画（記載例）

区分	CO2排出量 (●年度)	対象地区	対象施設等	整備内容	整備主体	数量	整備年度	CO2削減量/ 吸収量(2030 年度)	備考
ターミナル内	●トン	●●コンテナターミナル	港湾荷役機械	低炭素型トランスファークレーンの導入	●●(港運事業者)	●基	2022年度～2030年度	●トン	●●省「●●支援事業」
			管理棟	太陽光発電の導入	●●(港湾管理者)	1式	2022年度～2024年度	●トン	●●省「●●補助事業」
出入り船舶・車両	●トン	●●コンテナターミナル	停泊中の船舶	陸上電力供給の導入	●●(船社)	●隻	2022年度～2030年度	●トン	船舶側受電設備の設置 パース改良
					国	1式	2022年度～2023年度		
ターミナル外	●トン	…	火力発電所	アンモニア混焼の導入	●●(電力会社)	1基	2020年後半	●トン	
		…	倉庫	冷熱利用の導入	●●(倉庫事業者)	1棟	2020年後半	●トン	
その他	-	●●沿岸域	-	ブルーカーボン生態系の活用	●●(港湾管理者、企業)	1式	2022年度～2030年度	●トン	

温室効果ガス削減計画は表8に示すように取りまとめることが望ましい。なお、CO2 削減量／吸収量は、CNP 計画の目標年次における数値とし、各対策の整備が完了した時点での数値を記載する。備考には、支援事業メニューや対策を実施するにあたっての要点等を記載する。

なお、モーダルシフトの推進により寄港する船舶が増加し、対象港湾において、停泊中の船舶からの CO2 排出量や港湾ターミナルを出入りする車両からの CO2 排出量が増加する場合には、モーダルシフトによる自動車の陸上輸送距離の短縮に伴う CO2 排出量の減少量と、対象港湾における CO2 排出量の増加量を併記して評価することができる。また、対象港湾における取扱貨物量の増加等により同様の事態が生じる場合には、温室効果ガス排出削減の取組を行う場合と行わない場合との比較により、当該取組を評価することができる。

また、省エネ・再エネ設備の導入や森林管理等による温室効果ガスの排出削減・吸収量といった CO2 削減に価値を付けたものである、カーボン・クレジットの活用による成果についても CO2 削減量として計上することができる。なお、カーボン・クレジットには、政府主体の J-クレジット制度や二国間クレジット制度(JCM)、海外の民間主体のボランタリークレジット等が存在する。また、国内においても、ブルーカーボン・オフセット・クレジット制度が開始されるなど、新規技術等の普及において、カーボン・クレジットの活用が期待されている。

3-5.水素・燃料アンモニア等供給目標及び供給計画

カーボンニュートラルの実現に向けては、水素、燃料アンモニア、バイオマス、LNG、メタネーションによる合成メタン等の様々な新たなエネルギーの活用が考えられる。以下では特に水素(液化水素、アンモニア、有機ハイドライド(メチルシクロヘキサン(MCH)を含む))、燃料アンモニア等を中心にその供給計画の策定手順について記述する(※7)。

※7:水素・燃料アンモニア等の供給計画を作成する際には、水素・燃料アンモニア等の「色」に応じて CO2 が排出されている点を留意する必要がある。例えば、水素に関しては、化石燃料をベースとして生成された水素は「グレー水素」、水素の製造工程で排出された CO2 を回収して貯留・利用等を行うことで、製造工程の CO2 排出を実質的にゼロ(カーボンニュートラル)とした水素は「ブルー水素」、再生可能エネルギー等を用いて水電解等を行う事で製造工程においても CO2 を排出せずに生成された水素は、「グリーン水素」と呼ばれる。また、ライフサイクルを通じた環境への影響を評価する手法である LCA(Life Cycle Assessment:ライフサイクルアセスメント)の観点から、水素・燃料アンモニア等の製造から輸送、供給、利用までの一連のプロセスを通じた CO2 排出量についても留意する。

3-5-1.水素・燃料アンモニア等の需要推計・供給目標

対象港湾及び周辺地域の目標年次における水素や燃料アンモニア等の需要量を推計し、供給目標を定める。需要量の推計は、以下の①、②について実施する。

- ①「3-4-2.温室効果ガス削減計画」に位置付ける具体的な取組に対応した水素・燃料アンモニア等の需要量
- ②上記①の他、対象港湾及び周辺地域における水素・燃料アンモニア等の需要量（CNP 形成計画の対象範囲外の取組等で必要となり、対象港湾を經由する水素・燃料アンモニア等の貨物量）

あわせて、各事業者による脱炭素化に向けた将来計画が具体化されていない場合であっても、現在の化石燃料消費量等を用いて前広に水素・燃料アンモニア等の需要ポテンシャルを推計し、参考として示すことが望ましい。その理由は、各事業者による将来計画が定まっていないからといって、既に具体化している計画に基づく需要のみを考慮することとなれば、当該地域における脱炭素化の取組が広がっていくポテンシャルを正しく評価できず、ミスリーディングなものとなるおそれがあるためである。需要ポテンシャルを示すことによって、企業間連携による調達・利活用等を促す等の効果が期待できる。需要ポテンシャルを推計する手法を以下に示す。

【参考】将来の水素・燃料アンモニア等の需要推計手法

対象港湾及び周辺地域において、水素・燃料アンモニア等の需要ポテンシャルがどの程度あるかを示すことにより、企業間連携による調達・利活用等を促す等の効果が期待される。このため、まだ顕在化していないものの、現在の化石燃料消費量等から推計される将来の需要ポテンシャルを、CNP 形成計画に参考として掲載することが望ましい。

推計時期については、取組を着実に進める観点から、短期～中期、長期など、段階的に設定することを基本とする。

なお、推計時期や水素・燃料アンモニア等の需要量の推計に当たっては、対象港湾の状況と併せ、政府の目標値等（※8）にある目標年（短・中期目標：2030 年、長期目標：2050 年）や導入量（変動傾向）等を参考にし、適正に設定することとする。

また、目的とする水素を海外から輸入する際に海上輸送・陸揚げ・貯蔵等するための水素キャリアとして、液化水素、有機ハイドライド（メチルシクロヘキサン（MCH）を含む）、アンモニアといった形態が考えられるが、それぞれ表9に示すような特徴がある。そのため、使用する水素キャリアごとの性状（温度・相、重量・体積等）、扱い易さ、輸送手段・コスト、LCA の観点からの CO₂ 排出特性、安全性等を考慮し、また、港湾における既存ストックの状況や求められる用途等を踏まえ、最適な水素キャリアを選定する必要がある。

※8：エネルギー基本計画（2021 年 10 月）では、2030 年に水素供給量を最大 300 万トン、2050 年には 2,000 万トン程度を目指すとして示されている。また、燃料アンモニアについては、2030 年時点では年間 300 万トン（水素は換算で約 50 万トン）規模、2050 年には国内で年間 3,000 万トン（水素換算約 500 万トン）規模の国内需要を想定している（表 10 参照）。

表9: 水素キャリアの特徴

キャリア	液化水素	MCH	アンモニア
体積(対常圧水素)	約1/800	約1/500	約1/1300
液体となる条件、毒性	-253℃、常圧 無毒	常温常圧 トルエンは毒性有	-33℃、常圧等 毒性、腐食性有
直接利用の可否	N.A.(化学特性変化無)	現状不可	可(石炭火力混焼等)
高純度化のための追加設備	不要	必要(脱水素時)	
特性変化等のエネルギーロス	現在:25-35% 将来:18%	現在:35-40% 将来:25%	水素化:7-18% 脱水素:20%以下
既存インフラ活用可否	国際輸送は不可(要新設)。国内配送は可	可(ケミカルタンカー等)	可(ケミカルタンカー等)
技術的課題等	大型海上輸送技術(大型液化器、運搬船等)の開発が必要	エネルギーロスの更なる削減が必要	直接利用先拡大のための技術開発、脱水素設備の技術開発が必要

出典: IEA, the Future of Hydrogen等に基づき、資源エネルギー庁作成

資料: 「今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理(案)」, 2021年3月、資源エネルギー庁

表 10: 水素・燃料アンモニア等に関する政府の目標等

		現状	2030年	2050年
水素(H ₂)	供給量	約200万トン/年 ^{※1}	最大 300 万トン/年 ^{※1}	2,000 万トン/年程度 ^{※1}
	価格	100円/Nm ³ ^{※1} (水素ステーション販売価格) 約170円/Nm ³ ^{※2} (現状技術ベースのCIF価格試算値)	30円/Nm ³ ^{※1} (供給コスト(CIF価格))	20円/Nm ³ 以下 ^{※1} (供給コスト(CIF価格))
燃料アンモニア(NH ₃) (上記の内数)	国内需要(想定)	燃料NH ₃ : ゼロ ^{※3} (原料NH ₃ : 約108万トン/年 2019年)	300万トン/年規模 ^{※1} (水素換算約50万トン/年)	約3,000万トン/年 ^{※1} (水素換算約500万トン/年)
	価格	20円台前半/Nm ³ ^{※4} (熱量等価水素換算)	10円台後半/Nm ³ ^{※1} (熱量等価水素換算)	—

【参考】2050年における潜在国内水素需要(一定の仮説に基づく導入量)^{※3}

大規模水素発電: 約500~1,000万トン/年、トラック等商用車: 約600万トン/年、鉄鋼業: 約700万トン/年

※1 エネルギー基本計画(2021.10.22閣議決定)

※2 第25回水素・燃料電池戦略協議会資料(2021.3.22)

※3 燃料アンモニア導入官民協議会 中間取りまとめ(2021.2.8)

※4 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(2021.6.18)

<推計方法①: 化石燃料消費量から水素・燃料アンモニア等需要量を算出>

化石燃料を水素・燃料アンモニア等に転換する場合は、その一次エネルギー投入量(石炭、軽油等)と「熱量等価」な水素・燃料アンモニア等に置き換えられるものと仮定し、将来の需要量を推計する(表 11 参照)。

ヒアリング調査等から将来のエネルギー使用量が得られなかった事業者については、各事業分野の活動量及びエネルギー使用原単位によりエネルギー使用量を算定し、需要ポテンシャルとして推計する。

なお、各事業者の将来の事業計画を踏まえ、事業の縮小や廃止等がある場合にはそれを考慮する必要がある。

表 11:水素・燃料アンモニア等に換算した場合の重量・体積

化石燃料	水素・燃料アンモニア等換算(熱量等価)						
	水素			燃料アンモニア		MCH	
	重量 (kg)	体積 (気体 (m ³))	体積 (液体(m ³))	重量 (kg)	体積 (液体(m ³))	重量 (kg)	体積 (液体(m ³))
軽油(1L)	0.312	3.47	0.00440	2.03	0.00297	5.06	0.00657
重油(1L)	0.323	3.59	0.00456	2.10	0.00308	5.25	0.00682
ガソリン (1L)	0.286	3.18	0.00404	1.86	0.00273	4.64	0.00603
一般炭 (1kg)	0.212	2.36	0.00300	1.38	0.00203	3.45	0.00448
液化天然 ガス(1kg)	0.451	5.02	0.00637	2.94	0.00430	7.33	0.00952
液化石油 ガス(1kg)	0.420	4.67	0.00593	2.73	0.00400	6.82	0.00886
都市ガス (1m ³)	0.370	4.12	0.00523	2.41	0.00353	6.01	0.00781

・化石燃料の熱量は、「環境省:算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」に基づき、軽油 37.7MJ/L、重油 39.1MJ/L、ガソリン 34.6MJ/L、一般炭 25.7MJ/kg、液化天然ガス 54.6MJ/kg、液化石油ガス 50.8MJ/kg、都市ガス 44.8MJ/m³とした。

・水素・燃料アンモニア等の熱量及び密度は、水素(気体)は 121MJ/kg(LHV)で 0.0899kg/m³(0℃、常圧)、液化水素は 121MJ/kg(LHV)で 70.8kg/m³(-253℃、常圧)、燃料アンモニアは 18.6MJ/kg(LHV)で 682kg/m³(-33℃、常圧)、MCH は水素含有率(6.2 重量%)を考慮し 7.45MJ/kg で 770kg/m³(25℃、常圧)とした。なお、アンモニア(水素キャリア)については、アンモニアから水素を取り出し利用するため、アンモニアの水素含有率(17.8 重量%)、脱水素のエネルギーロスを考慮し換算値を算定することとなり、上記の燃料アンモニアとは原単位が異なるので留意が必要である。

<推計方法②：電力消費量から水素・燃料アンモニア等需要量を算出>

現在電力を使用している又は将来電化を計画しているものについて、その電力を自立型水素等電源等により供給しようとする場合の水素・燃料アンモニア等の需要ポテンシャルの推計方法を以下に示す。

水素を一次エネルギー(燃料)として活用する場合は、同様に一次エネルギーとして取り扱う石炭や軽油等と、本来有する熱量を直接的に比較できる。一方で、電力については、エネルギー転換(火力発電)により得られた電力が有する熱量と、その電力を得るた

めに投入された一次エネルギー(燃料)が有する熱量が異なるため、一次エネルギーとしての水素と電力の比較を行うためには、表 12 の換算値を用いる。

表 12:水素・燃料アンモニア等に換算した場合の重量・体積

電力	水素・燃料アンモニア等換算(熱量等価)						
	水素			燃料アンモニア		MCH	
	重量 (kg)	体積 (気体(m ³))	体積 (液体(m ³))	重量 (kg)	体積 (液体(m ³))	重量 (kg)	体積 (液体(m ³))
1MWh	54.1	602	0.7640	352	0.5160	879	1.1409

【換算値の考え方】

- 電力 1MWh を熱量ベースに換算すると、 $1\text{MWh} \times 3,600\text{MJ/MWh} = 3,600\text{MJ}$
- 発電する際の一次エネルギー(燃料)の投入量に対する発電電力量(効率)は、発電設備により異なるが、定置型水素燃料電池の場合、その効率は 55%程度²といわれる。
- その場合、3,600MJ の熱量を得るために投入する一次エネルギーとしての水素の熱量は、 $3,600\text{MJ} \div 0.55 = 6,545\text{MJ}$
- ここで熱量は、水素 121MJ/kg、燃料アンモニア 18.6MJ/kg、MCH7.45MJ/kg であることから、熱量 6,545MJ に相当する重量は、例えば水素では、 $6,545\text{MJ} \div 121\text{MJ/kg} = 54.1\text{kg}$ と算出される。
- なお、同様に石炭火力、石油火力、LNG 火力の場合に必要な 1 次エネルギー投入量(kg)は表 13 となる。

表 13:1MWh(3,600MJ)の発電に必要な1次エネルギーの質量

	定置型水素燃料電池	石炭火力	石油火力	LNG 火力
発電効率(%)	55	42	39	47
1 MWh(3,600MJ) の 発電に必要な 1 次エネルギーの熱量(MJ)	6,545	8,571	9,231	7,660
1次エネルギー1kg 当たりの熱量(MJ)	121.0	25.7	44.2	54.6
1 MWh(3,600MJ) の 発電に必要な1次エネルギーの質量(kg)	54.1	333.5	208.8	140.3

資料:平成 27 年6月 次世代火力発電協議会 第1回会合配布資料

² 東芝エネルギーシステムズ(株) 東芝レビューVol76 No. 3 (2021年5月)より

3-5-2.水素・燃料アンモニア等の供給計画

対象港湾や周辺地域で水素や燃料アンモニア等を利用する場合には、その供給体制を整備する必要がある。

国内でも水素等の製造は行われているが、今後、海外から大量の水素や燃料アンモニア等の輸入が見込まれることから、港湾においてはその受入環境を整備することが求められる。このため、水素や燃料アンモニア等の供給に知見を有する事業者と連携して、対象港湾及び周辺地域の需要を踏まえ、現実的かつ具体的な供給計画を策定する。

(1)規模・配置計画の基本的な考え方

CNP 形成計画においては、対象港湾及び周辺地域に立地する事業者、背後圏地域の需要等を勘案し、水素・燃料アンモニア等供給に必要な施設整備計画を策定する。

規模・配置計画については、水素・燃料アンモニア等の開発に取り組む事業者へのヒアリング調査等を通じ、検討に必要な前提条件の把握に努める。

対象港湾及び周辺地域の将来の水素や燃料アンモニア等の需要を踏まえ、対象港湾における港湾施設の計画について検討する。具体的には、岸壁、貯蔵タンク、パイプライン等について検討することとなるが、需要量や主な需要家の位置、港湾分区条例における用途規制などを踏まえ、適切な施設配置計画を検討する必要がある。

水素や燃料アンモニア等については、これまで民間事業者の専用ふ頭で取扱われてきたが、多くの事業者が使用する燃料であることも踏まえ、公共ふ頭での取り扱いについても検討することが望ましい。また、民間事業者の専用ふ頭を使用する場合でも、周辺での需要拡大が見込まれる場合には、多くの事業者が利用できるような形態を検討することが望ましい。さらに、公共や民間事業者が保有する既存ストックを有効活用することも重要である。

水素や燃料アンモニア等の利用は段階的に進むことが想定されるため、導入規模に応じた適切な受入シナリオを描く必要がある。例えば、導入初期には既存ストックを有効活用しつつ、既存船による輸送を想定し、将来の大規模な需要に対しては、新たな大型船による輸送を想定した施設整備を計画すること等が考えられる。

ただし、現時点ではサプライチェーン構築実証や、スケールアップの過渡的な期間であり、商用段階の具体的な施設規模・配置計画を策定することには限界があるが、本マニュアルを参考にしつつ、水素・燃料アンモニア等の開発に取り組む事業者へのヒアリング調査や、CNP 検討会への参加を要請し、複数のシナリオを想定した上で検討に必要な前提条件を把握し、施設規模・配置の検討を行うことが求められる。

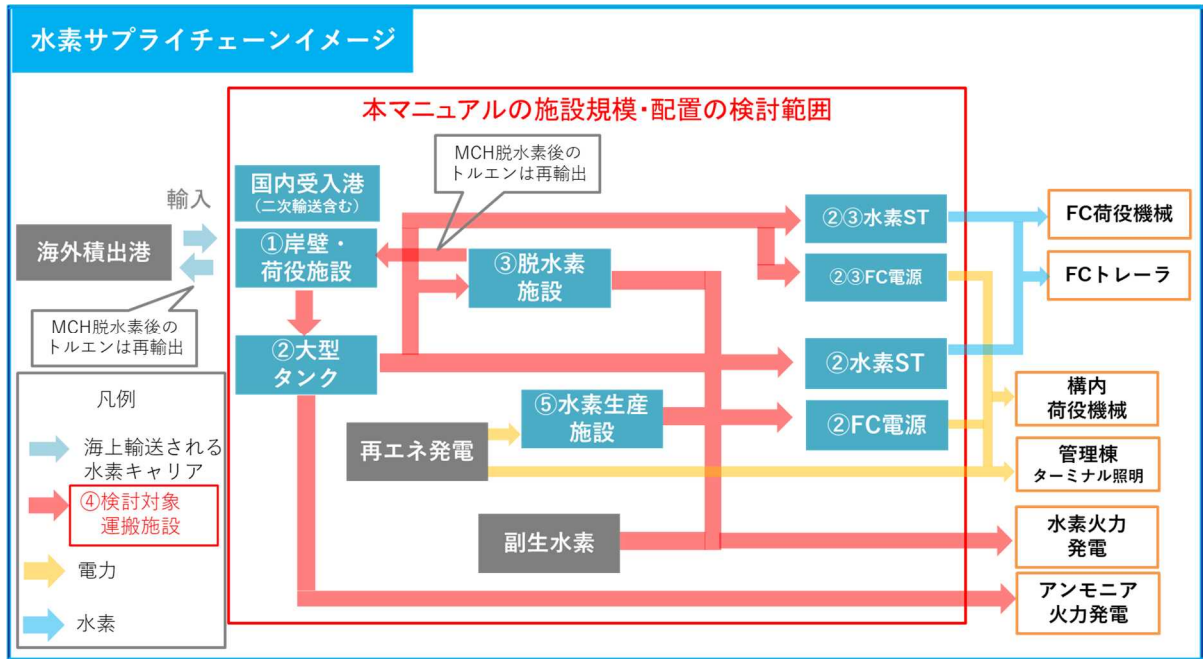


図7: 施設規模・配置の検討を要する施設

3-5-3.水素・燃料アンモニア等の供給等のために必要な施設

本マニュアルでは、水素・燃料アンモニア等供給を担う CNP に関する主な施設として、①係留、荷役施設(岸壁、荷役機械)、②貯蔵施設、③脱水素施設、④運搬施設、⑤水素生産施設を取り上げ、これら施設の規模・配置の検討を行う。

水素・燃料アンモニア等の供給等のために必要な施設で、規模・配置の検討を行う施設は以下のとおりである。

① 係留、荷役施設(岸壁、荷役機械)

海外で生産された各種水素は、それぞれ水素キャリア別に専用の運搬船により、受入港湾に海上輸送される。液化水素は実証段階であるが液化水素運搬船、液化アンモニアは多目的LPG船で輸入され、内航アンモニア運搬船で二次輸送されている。また、有機ハイドライドの場合、川崎港における実証事業でISOコンテナタンク(容積24kL)による輸送事例及び、ケミカルタンカー(1万DWT)を利用した輸入計画が進行中である。

2030年以降は商用規模で各種水素キャリアを安価で大量に供給するために、各種水素キャリア受入港湾にあっては、船型大型化に対応できる延長・水深を持つ岸壁が必要である。水素キャリア別にみると、液化水素はLNG運搬船の技術を進化させた液化水素運搬船、液化アンモニアは多目的LPG船、有機ハイドライドはケミカルタンカー(プロダクトタンカー)による輸送が見込まれる。そのため、大型化した水素キャリア運搬船の受入施設は、現在の石油、LNG、LPG受入基地などの既存インフラの利活用、新規受入インフラが想定される。また、危険物の荷役であるため、専用シーバースや危険物専用岸壁における荷役が想定される。

なお、一般岸壁における取扱については、危険物の荷役許容量に上限が定められている。そのため、一般岸壁における上限を超える取扱については、危険物専用岸壁に準じた

安全管理により、一般岸壁においても荷役許容量の基準によらず許可が可能とする規定があることにも留意し、必要に応じ適用を検討する。(「危険物積載船舶の停泊場所指定及び危険物荷役許可の基準(平 17.10.11 保交安第 49 号)」第2 危険物荷役許可 2 一般岸壁における危険物荷役についての許可の際の基準(2))

また、各種水素キャリアの荷役はローディングアームによる揚液が想定されるが、輸入、国内他港への二次輸送のための払出、移入には、それぞれの規模に応じたローディングアームの整備を検討する。各水素キャリアは性状が異なるため、ローディングアームに互換性はなく、それぞれに対応した機種を使用する点に留意する。(液化水素用極低温ローディングアームは開発中)

② 貯蔵施設

海外からの輸入または、二次輸送により岸壁で荷揚げした水素キャリアは、港湾・臨海部に建設するタンクに貯蔵される。極低温での管理が必要な液化水素タンクについては現時点で 2,500Nm³ タンクが実証段階であり、さらに大型化に向けた開発段階にある。液化アンモニアについては、国内化学メーカーの 15,000-24,000トンタンクによる商用規模の受入実績や、火力発電所では 1,000トン未満のタンクに脱硝用途による貯蔵事例がある。

また、有機ヒドライドは常温・常圧で取扱が可能で、ガソリンやトルエンと同じ危険物第四類引火性液体 第一石油類である。そのため、既存の石油インフラの活用が可能である。なお、有機ヒドライドは水素を抽出(脱水素)するとトルエンとなるため、脱水素後のトルエンを貯蔵するタンクが必要となる。脱水素後のトルエンは再輸出し、海外のプラントで水素を付加させ再び有機ヒドライドとして輸入するサイクルを繰り返す。また、有機ヒドライド、アンモニアは脱水素後の水素タンクも、水素の需給調整、船舶運航計画に応じ検討する必要がある。

さらに、水素ステーション、水素燃料電池方式の電源(常用・非常用)なども水素貯蔵施設として検討する。

③ 脱水素施設

脱水素施設とは港湾・臨海部で輸入された水素キャリアを液化アンモニアや有機ヒドライドから水素を抽出(脱水素)する施設を想定する。また、水素ステーション内の施設で、液化アンモニアや有機ヒドライドから水素を生成するオンサイト型水素ステーションという方法もある。

④ 運搬施設

運搬施設とは貯蔵施設/脱水素施設から需要家までの各水素キャリアの輸送手段をさす。具体的には既存のパイプラインの活用、または新規パイプラインの敷設が想定される。新規にパイプラインを建設する場合、大規模な初期費用が生じるため、水素需要が少ない場合や実証・スケールアップの段階では液化ローリー等による運搬が考えられる。

⑤ 水素生産施設

水素生産施設とは、港湾・臨海部およびその周辺における風力発電・太陽光発電など

の余剰電力から水素を生成する施設を想定する。再生可能エネルギーは天候に左右されやすくいため、発電量が多いときは系統への出力抑制が実施され、発電された電力が活用されない。こうした余剰電力により水素を生成し貯蔵する発想が Power to Gas (P2G) である。蓄電池に比べ、放電ロス、容量の制約がない点で、エネルギーの低炭素化に有望な技術と考えられている。

3-5-4.水素・燃料アンモニア等の供給等のために必要な施設の規模・配置

① 係留施設及び荷役施設(岸壁、栈橋、(物揚場、)荷役機械)





水素キャリアはいずれも危険物であるため、危険物専用岸壁、危険物専用岸壁と同等の安全対策を講じた一般岸壁で取り扱う。岸壁の規模は「3-5-1.水素・燃料アンモニア等の需要推計・供給目標」をもとに当該港湾における、水素キャリア需要ポテンシャルを推計し、貯蔵施設の整備計画に見合った各水素キャリア運搬船を想定する。

水素キャリアは、原則として危険物専用岸壁(D岸壁)での取扱いが想定される。しかし、実証・スケールアップの過程で、一般岸壁における取扱いを想定する場合は、事業者が危険物専用岸壁に準じた安全対策を講じたうえで、港長へ申請し、許可を受けることによって、一般岸壁においても荷役許容量の上限によらず、危険物荷役が可能となる場合がある。(3-5-3.①参照)

また、新たに計画・整備する岸壁の規模・配置については、「3-5-1.水素・燃料アンモニア等の需要推計・供給目標」の設定条件等を明示し、水素キャリア需要ポテンシャル、臨海部の貯蔵施設的能力・水素キャリア運搬船の船型をもとに検討する。運搬船の能力は当該港湾の貯蔵施設的能力に対して過不足が生じないことが望ましいが、将来的な需要の増加、スケールメリット確保による船型大型化に対しても、留意する必要がある。また、水素・燃料アンモニア等が危険物であることに鑑み、特に大型船による輸入拠点となる岸壁では、十分な耐震性を持つことが望ましい。

各水素キャリア別にみると、液化水素は LNG 船の技術をもとに開発が進んでおり、将来的には 16 万 m³ 型の液化水素輸送船の計画がある。また、液化アンモニアは多目的 LPG 船、LPG/LAG 船により運搬されているが、現時点では主に 2 万 5 千トン型、2 万トン未満型による輸送が中心となっている。これまで 5 万トン型の LPG 船による輸送実績はなかったが、アンモニア需要の高まりを受け、国内の造船所では 8 万 7 千 m³ 型が 2023 年に竣工予定となっている。さらに、有機ハイドライドに関しては、ISO コンテナタンクによるコンテナ船での輸送事例や 1 万トン型のケミカルタンカー輸送計画がある。したがって将来的には取扱量増加に伴い、より大型のケミカルタンカーによる輸入が想定される。諸元の想定にあたっては、現在就航中(アンモニア・有機ハイドライド)の運搬船の諸元や、今後の水素キャリア運搬船の開発計画で就航予定の船舶諸元等を参考とする。また、「港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成 30 年改訂版)」の、液化水素運搬船は LNG 船、液化アンモニアは LPG 船、有機ハイドライドはタンカーの諸元を参考とすることができる。

表 14: 水素キャリア運搬船諸元例

水素キャリア	現状	将来
液化水素 ・ -253℃まで冷却 ・ 液化水素専用インフラ必要	液化水素運搬船「水素ふろんていあ」 (2019年進水) (注1) 総トン数 8,000トン 全長 116.0m 幅 19.0m 満載喫水 4.5m タンク容量1,250m ³  出典：HYSTRA HP すいそふろんていあ	16万m ³ 型液化水素運搬船 (2020年代半ば実用化目標) 【参考 (LNG船)】(注2) 総トン数 13万トン 全長 314m 全幅 48.9m 満載喫水 13.1m  出典：川崎重工業資料 大型水素船イメージ (注3)
メチルシクロヘキサン (MCH) ・ 常温で液体 ・ ガソリン用インフラ利用可能	1万DWT型ケミカルタンカー (注4) DWT 1万トン 全長 136m 全幅 19.7m 満載喫水 7.8m  出典：佐々木造船HP SUNNY RAINBOW 1万DWT型ケミカルタンカーの例	8万～10万DWT型ケミカルタンカーLR2(Large Range2) (注5) DWT 10万トン 全長 246m 全幅 43.50m 満載喫水 14.9m  出典：(一財)日本海事協会HP LR2 POSEIDON 10万DWT型ケミカルタンカーの例
アンモニア ・ -33℃又は8.5気圧で液化 ・ LPGと同様のインフラ技術利用可能	2万5千トン型MGC(Mid-size Gas Carrier) (注6) 総トン 2万6千～3万トン DWT 2万2千～2万5千トン 全長 170～185m 全幅 30m 満載喫水 10～11m タンク容量 3万5千～3万8千m ³  出典：名村造船所HP Hourai Maru 2万5千トン型LPG/LAG船の例	87,000m ³ 型VLGC(Very-Large Gas Carrier) (注7) (2023年以降竣工予定) 全長 230.0m 全幅 36.6m 満載喫水 12.0m タンク容量 8万7千m ³  出典：商船三井HP 87,000m ³ 型VLGイメージ

(注1) 川崎重工業プレスリリース「世界初、液化水素運搬船「すいそ ふろんていあ」が進水」 (2019.12.11)
 (注2) 液化水素運搬船はLNG船ベースで開発されており、16万m³型水素運搬船は同型LNG船(約13万総トン)に近い諸元となることが予測されるため、「港湾の施設の技術上の基準・同解説 (平成30年改訂版)」より13万トン型LNG船の諸元を参考に引用した。
 (注3) 川崎重工業プレスリリース「世界最大容積の大型液化水素運搬船用貨物格納設備を開発」 (2021.5.6)
 (注4) 日本郵船等プレスリリース「製油所で脱炭素化を目指す水素サプライチェーン実証実験に、組合がMCHをブルネイから輸送・供給」 (2021.8.10) によれば、1万DWT型ケミカルタンカーを使用する予定である。そのため、対応する船型として「港湾の施設の技術上の基準・同解説 (平成30年改訂版)」より1万DWT型タンカーの諸元を引用した。
 (注5) 経済産業省 第9回水素・燃料電池戦略協議会向け資料「水素供給シナリオ 千代田化工建設 (2017年6月)」によれば、2025年以降に10万DWT型の専用タンカーによる海上輸送の構想がある。そのため対応する船型として「港湾の施設の技術上の基準・同解説 (平成30年改訂版)」より10万DWT型タンカーの諸元を引用した。
 (注6) 戦略的イノベーション創造プログラム「カタール産CO₂フリーアンモニアの日本向け供給に係る検討 (丸紅)」 (SIP終了報告書) における「現在アンモニア輸送の主流で使用されているのは、2万トン～2万5千トン級のMid-size Gas Carrier (MGC)」との記載を引用した。
 (注7) 商船三井プレスリリース「LPGを燃料とした「LPG・アンモニア運搬船」の建造契約を締結」 (2021.8.5)

表 14 は現時点の水素キャリア運搬船の現状及び将来想定される最大船型例であり、当該港湾の水素需要ポテンシャルや、対応する貯蔵施設の容量などによって、最適な船型を想定する必要がある。各水素キャリア運搬船の諸元を「港湾の施設の技術上の基準・同解説 (平成 30 年改訂版)」と比較すると以下のとおり、概ね対応関係にある。今後、水素キャリア運搬船の開発が進むことが見込まれることから、それらの船舶主要諸元動向の情報収集を行う必要がある。

<液化水素運搬船(既存 LNG 船を基に想定)>

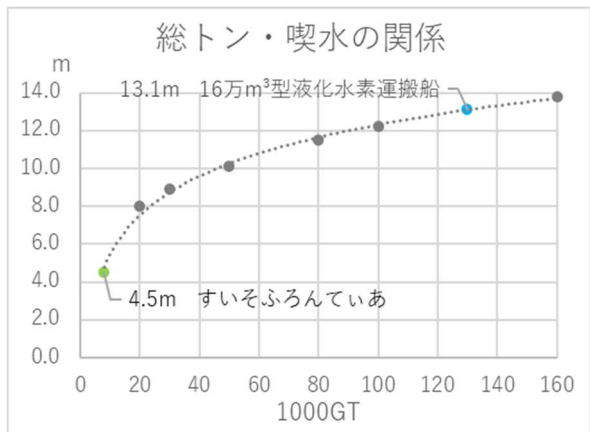
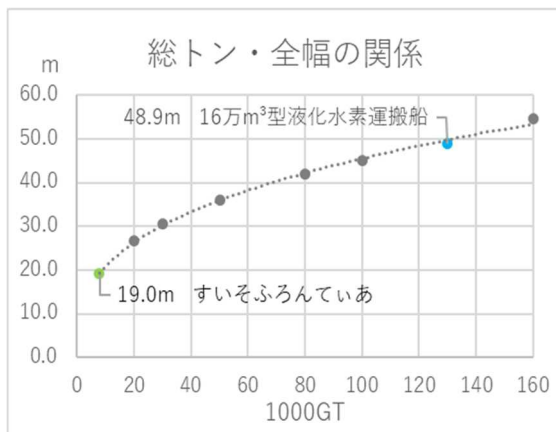
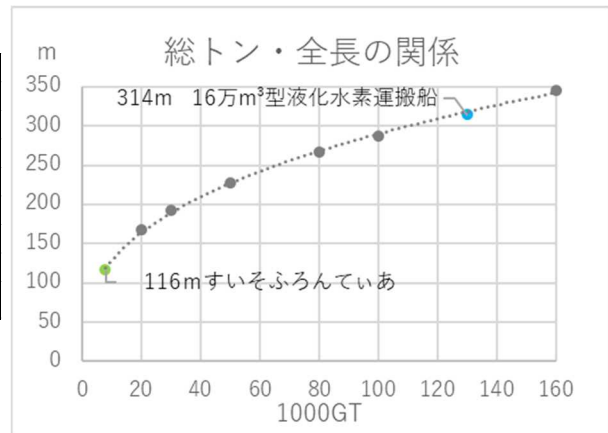
図表1:LNG 船・水素運搬船の諸元比較

■ LNG船と液化水素運搬船の諸元例

総トン	全長(m)	全幅(m)	喫水(m)
8,000	116	19.0	4.5
20,000	168	26.8	8.0
30,000	192	30.6	8.9
50,000	228	36.0	10.1
80,000	267	41.9	11.5
100,000	287	45.0	12.2
130,000	314	48.9	13.1
160,000	345	54.6	13.8

すいそふろんていあ
16万³m³型液化水素運搬船

(16万³m³型液化水素運搬船はLNG船130,000GTの諸元を代用)



資料:「港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成 30 年改訂版)」と液化水素運搬船の諸元より作成

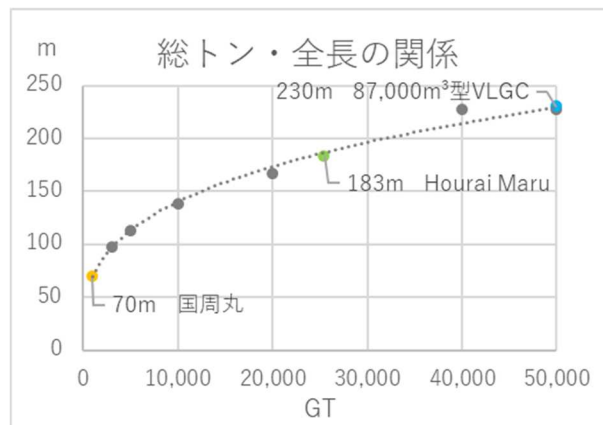
<液化アンモニア運搬船(既存 LPG/LAG 運搬船を基に想定)>

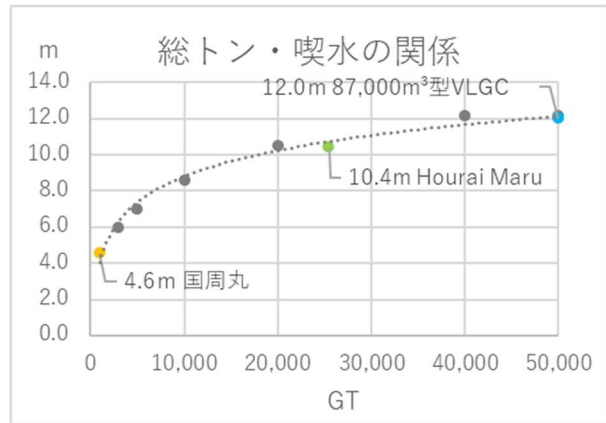
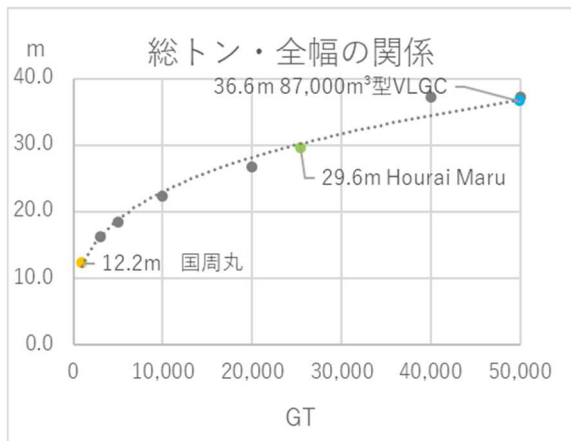
図表2:LPG 船・液化アンモニア運搬船の諸元比較

■ LPG船と液化アンモニア船の諸元例

GT(トン)	全長(m)	全幅(m)	喫水(m)
999	70	12.2	4.6
3,000	98	16.2	6.0
5,000	113	18.5	7.0
10,000	138	22.3	8.6
20,000	167	26.7	10.5
25,458	183	29.6	10.4
40,000	228	37.3	12.2
50,000	228	37.3	12.2
50,000	230	36.6	12.0

国周丸
Hourai Maru
87,000³m³型VLGC





資料:「港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成 30 年改訂版)」と液化アンモニア運搬船の諸元より作成

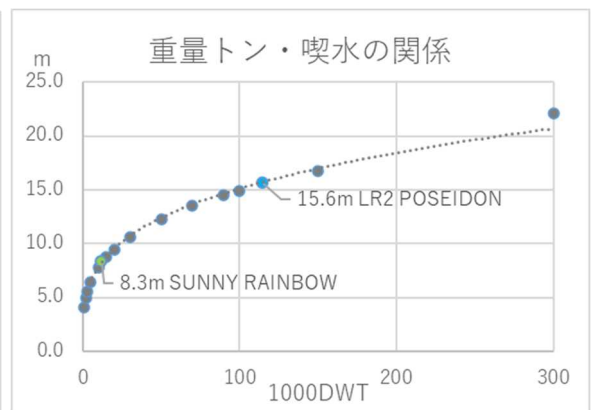
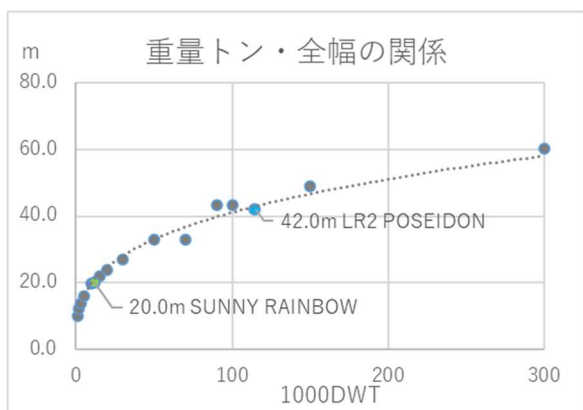
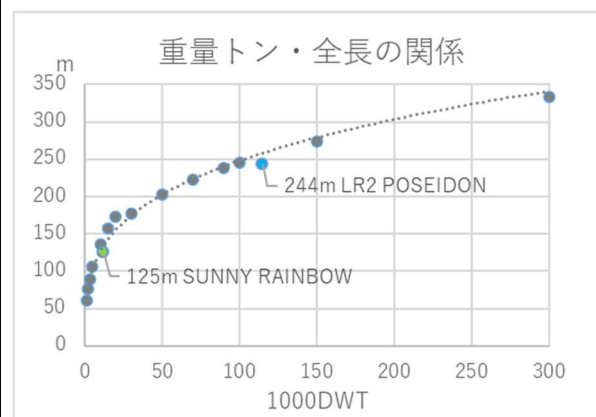
<有機ハイドライド運搬船(既存タンカー(ケミカル/プロダクト船を含む。)を基に想定)>

図表3:有機ハイドライド運搬船の諸元

■ タンカー(ケミカル/プロダクトタンカー含む) 諸元例

DWT(トン)	全長(m)	全幅(m)	喫水(m)
1,000	61	10.2	4.1
2,000	77	12.4	5.0
3,000	89	13.9	5.6
5,000	107	16.1	6.4
10,000	136	19.7	7.8
12,000	125	20.0	8.3
15,000	157	22.1	8.8
20,000	173	24.0	9.5
30,000	177	26.9	10.6
50,000	203	32.9	12.3
70,000	223	32.9	13.5
90,000	239	43.5	14.5
100,000	246	43.5	14.9
115,000	244	42.0	15.6
150,000	274	48.9	16.7
300,000	334	60.2	22.1

1万トン型ケミカルタンカー「SUNNY RAINBOW」
LR2型プロダクトタンカー「LR2 POSEIDON」



資料:「港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成 30 年改訂版)」とケミカル/プロダクトタンカーの諸元より作成

荷役機械は岸壁またはドルフィン(シーバース)に設置されたローディングアームを想定する。水素キャリアは岸壁に設置されたローディングアームと、運搬船のマニホールドを接続し、積載槽から陸上の貯蔵施設へ送られる。現在、原油や LNG などの取扱では、外航

船は口径 12B-24B³、内航船は 口径3B-10B のローディングアームが広く使用されている。機種を導入にあたっては、水素キャリアの種類、取扱量、波高、設置する岸壁の強度、運搬船の喫水の変動に応じ合理的な機種を選定する。

また、公共岸壁(一般岸壁)において、水素キャリア以外の貨物の取扱時、ローディングアーム設置により荷役作業に支障をきたす場合、及び異なる水素キャリアを扱う際は移動式ローディングアームの導入を検討する。

② 貯蔵施設

貯蔵施設は港湾・臨海部に建設される大型タンクを想定し、当該港湾の水素キャリア需要ポテンシャル、寄港一回当たりの取扱量に応じ、十分なタンク容量を検討し、敷地面積を定める。また貯蔵施設の敷地面積の検討に際し、消防法「屋外タンク貯蔵所の位置、構造及び設備の基準」に定める保有空地を確保する。

現時点における標準的なタンクの容量として、液化水素は実証段階で 2,500m³、商用段階で 50,000m³、液化アンモニアは現状で 22,000m³(15,000 トン)、商用段階で 33,000 トンないし 50,000 トン、有機ハイドライドは既存の石油基地のタンクを参考に 150,000m³程度の容量を想定する。周辺地域の需要、運搬船の寄港一回当たりの取扱量に対し十分余裕を持った容量・タンク数を確保する。

立地地域の需要ポテンシャルや土地利用の制約によってはタンクの小型化や、大規模用地を確保できスケールメリットが期待できる場合はタンクの大型化を検討する。

また、消防法の「屋外タンク貯蔵所の位置、構造及び設備の基準」ではタンクに関し、危険物の指定数量に応じた保有空地が定められている。例えば、指定数量の 4,000 倍を超える屋外タンク貯蔵所では、当該タンクの直径・高さのいずれか大きい数値(ただし 15m 未満であってはならない)と規定している。有機ハイドライドのうちメチルシクロヘキサンはガソリンと同じ扱い(第四類引火性液体 第一石油類)になるが、指定数量は 200L である。よって、指定数量の 4,000 倍は $200\text{L} \times 4,000 = 800,000\text{L} = 800\text{kL} = 800\text{m}^3$ である。そのため、大規模な施設は概ね、タンクと他の施設間で、タンク直径と同等の幅の保有空地を有する必要に留意する(危険物の規制に関する政令第 11 条第 1 項第 2 号)。

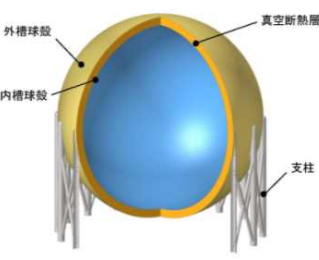
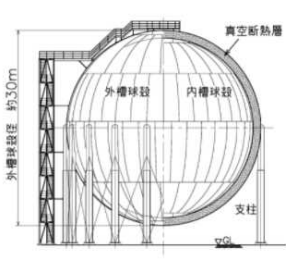
³ B 呼称:外径(インチ)による規格。12B では外径 12 インチとなる。

表 15:屋外貯蔵タンク例

水素キャリア	容量	形状	直径	高さ	備考
液化水素	2,500m ³	球形	19m	-	実証段階
	10,000m ³	球形	30m	-	設計段階
	50,000m ³	円形	59m	42.5m	概念設計段階
液化アンモニア	15,000t	円形	40m	40m	住友化学保有 日本最大 1.5 万トンタンク
	22,000m ³				
	33,000t	円形	55m	40m	基本設計段階(※9)
	49,000m ³				
50,000t	円形	60m	45m	(参考)LPG タンク	
有機ハイドライド	50,000kL	円形	58m	21m	(参考)原油タンク ※備蓄基地の原油タンクを例としたが、一般の石油・化学プラント等、既存の貯蔵設備の転用も可能
	100,000kL	円形	82m	23m	
	160,000kL	円形	100m	23m	

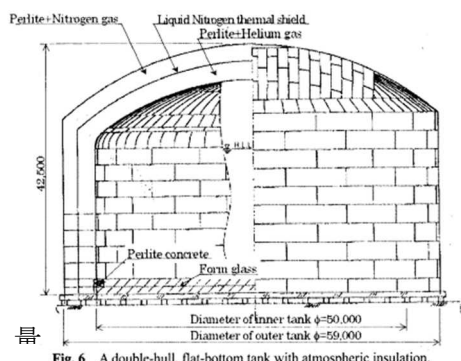
資料:(液化水素)川崎重工 HP、「液体水素輸送・貯蔵技術の開発」川崎重工技報 Vol.38 No.5、(液化アンモニア)SIP 終了報告書「既設火力発電所におけるアンモニア混焼に関する検討」中部電力、「国内2番目のLPガス国家備蓄基地が開所」JOGMEC HP、(有機ハイドライド)「日本最大の原油中継備蓄基地 JX 日鉱日石石油基地(株)喜入基地」日本マリンエンジニアリング学会誌 第 47 巻 第 5 号

※9:SIP 終了報告書「既設火力発電所におけるアンモニア混焼に関する検討」において、碧南火力発電所を想定して実施したアンモニア混焼システムの基本設計の中で設定されたアンモニア貯蔵タンクの仕様



11,200m³の液化水素貯蔵タンク完成イメージ

断面イメージ

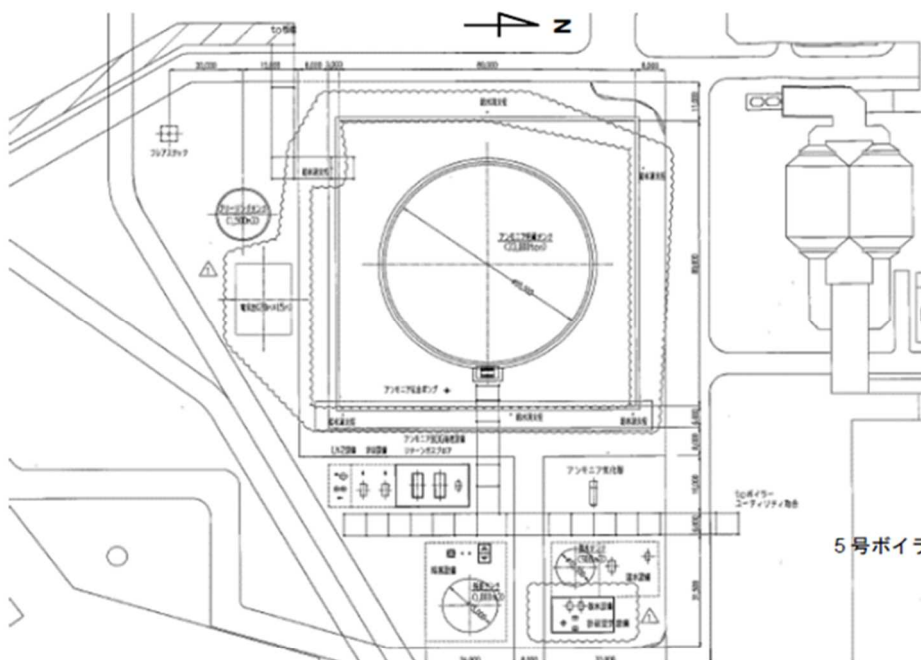


空 景

Fig. 6 A double-hull, flat-bottom tank with atmospheric insulation.
(粉末常圧真空断熱構造)

資料:「国際水素サプライチェーン構築に向けた取組み」川崎重工、「液体水素輸送・貯蔵技術の開発」圧力技術 Vol.38 No.5、川崎重工 HP(2021年10月7日アクセス)

図8:2,500m³、10,000m³、50,000m³ 液化水素タンク(実証/設計段階)



タンク型式	金属 2 重殻方式 (固定屋根 - 球面屋根タンク)
タンク容量	3.3 万トン ; 外航船 2.4 万 DWT + 数日分 (2 週間強分)
タンク寸法	φ 55 m × 高 40 m
防液堤	85 m 四方 × 高 8 m
貯蔵条件	温度 : -35 °C / 圧力 : 0.5 MPa

資料: SIP 報告書「既設火力発電所におけるアンモニア燃焼に関する検討」、平成 31 年 3 月、中部電力
 図9: 碧南火力発電所アンモニア混焼実証事業と液化アンモニアタンク(設計段階)



資料:「SPERA 水素 千代田の水素供給事業」、千代田化工建設株式会社
 図 10:有機ハイドライドタンク(実証段階)

③ 脱水素施設

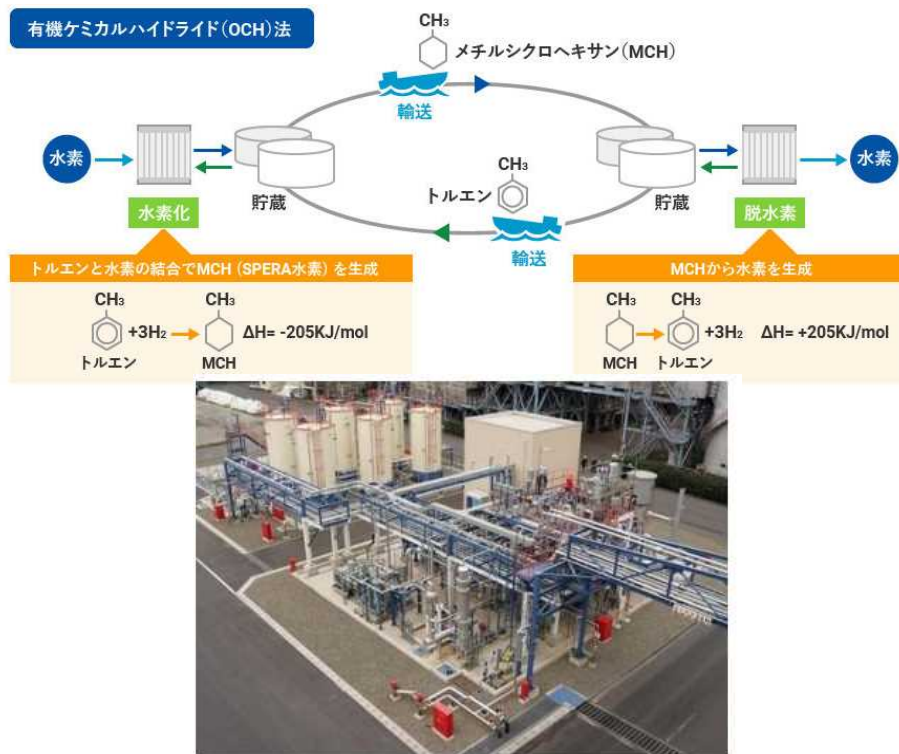
液化アンモニア、有機ハイドライドから水素を抽出(脱水素)する場合、それら貯蔵施設に一体的に整備することを想定し、貯蔵施設の能力に応じた脱水素施設の規模を検討する。具体的には、脱水素後に生じたトルエンの回収・貯蔵施設を含め、水素等の技術開発に取り組む事業者からの情報を受け算出する。

有機ハイドライドの脱水素化技術については、実証事業によるパイロットプラントが建設されている。しかし、既設の設備に付属し既設設備のユーティリティーを活用している、もしくは実証規模の設備であるため、現時点で商用段階における大規模なプラント建設に必要な面積規模は不明である。

そのため、脱水素施設は、既設のインフラを活用した実証事業では小規模にとどまることから、敷地内の遊休地や空き地等利用可能の活用、既設プラントへの併設が可能とみられる。商用段階にあつては、水素・燃料アンモニア等開発に取り組む事業者へのヒアリング調査等を通じ、必要面積を算出する。

また、有機ハイドライドは、脱水素によりメチルシクロヘキサン(MCH)から、トルエンになるため、トルエン貯蔵施設を合わせて確保する必要がある。貯蔵されたトルエンは海外水素生産地で、再び水素を付加してメチルシクロヘキサンとするために輸出される。そのため、脱水素施設はMCH及びトルエンの貯蔵施設と一体的に整備される可能性が高い。MCH及びトルエンの貯蔵施設については、既存の製油所の原油タンク、各種化学タンクを活用できるため、既設インフラの活用可能性を視野に入れて検討を行う。

貯蔵施設、脱水素施設は「石油コンビナート等災害防止法」のレイアウト規制における、貯蔵施設地区、製造施設地区となるため、面積の上限が定められている。



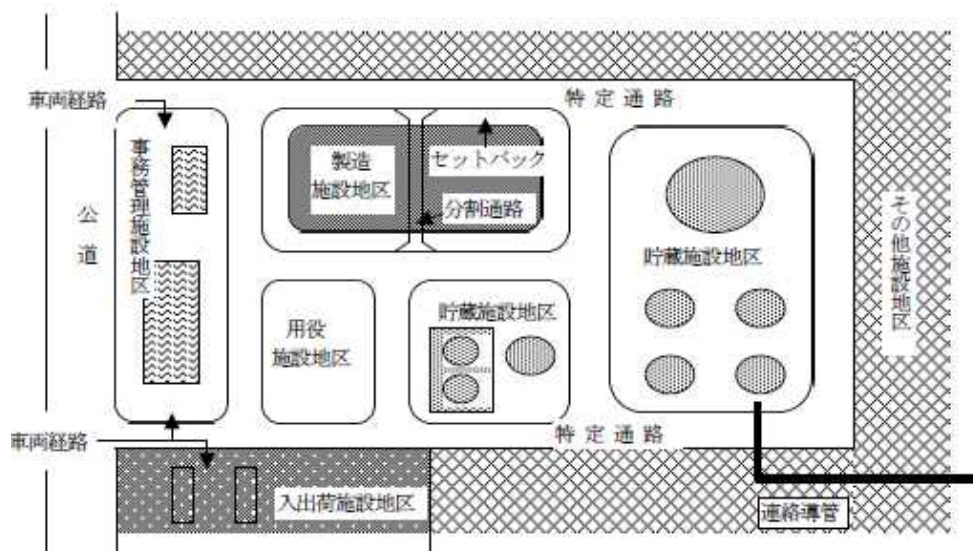
資料:「SPERA 水素システムによる国際間水素サプライチェーン実証」CHIYODA テクニカルレビューVol2. No.5、千代田化工建設株式会社 HP (2021 年 10 月 7 日アクセス)

図 11:有機ハイドライドの循環モデル/脱水素化実証プラント

配置基準の概要(配置省令関係)

地区名	製造施設地区	貯蔵施設地区	用役施設地区	事務管理施設地区	入出荷施設地区
面積	○原則として8万㎡以下 ○概ね七千㎡ごとに4mの分割通路	○原則として9万㎡以下	—	—	—
配置	○外周の全てが特定通路 ○外周から内側5m、3mのセットバック	○外周の全てが特定通路 ○火気を使用する施設地区との地盤面の高低差	○外周の長さ概ね二分の一以上が特定通路と接する	○外周の長さ概ね二分の一以上が特定通路と接する ○公共道路に面する境界線に近接 ○特別防災区域の境界線に近接	○外周の長さ概ね四分の一以上が特定通路と接する
特定通路	○施設地区の面積に応じて6～12m以上 ○両端が他の幅員6m以上の通路に接続 ○二以上の地点で公共道路に接続 ○公共道路から入出荷施設地区又は事務管理施設地区への通常の通行の用に供される道路は製造施設地区又は貯蔵施設地区と接しない ○地盤面から4m以上の間隔(高さ)が必要				
特定通路	○道路内施設の設置制限 ○すみ切りの確保				
幹線通路	○縦断勾配の制限、階段状でないこと				
幹線通路	○敷地面積が50万㎡以上、100万㎡未満は幅員10m以上の通路で事業所の敷地を概ね二分割する ○敷地面積が100万㎡以上は幅員12m以上の通路で事業所の敷地を概ね四分割する				

レイアウト規制



資料:「(4)石油コンビナート等災害防止法上のレイアウト規制等の見直し」、内閣府

図 12:レイアウト規制の概要

④ 運搬施設

岸壁、貯蔵施設、脱水素施設、需要家等の各施設間の水素、水素キャリアの運搬はパイプラインによる接続を想定する。新規に敷設する場合は、2030年以降の本格導入時の需要を見据え、余裕のある敷設計画を検討する。

ただし、実証・スケールアップ期間で取扱量が少ない場合、需要ポテンシャルの小さい港湾では、パイプライン敷設コストを要しない高圧ガスローリー、タンクローリーによる運搬が合理的な場合がある。その場合は、車両輸送とし、臨港道路を運搬施設に含める。

また、運搬施設を検討する際には、需要地での需要ポテンシャルや事業者の意向を踏まえ、運搬施設から需要地までの配送を含めて効率的な輸送ネットワークの構築を検討する。

パイプライン(導管)は、岸壁、貯蔵施設、脱水素施設、需要家等の各施設間の水素、水素キャリアの運搬施設として敷設を検討する。規模の検討にあたっては、2030年以降の水素需要ポテンシャルから、パイプライン(導管)の能力を検討する。

水素(気体)の参考として東京ガスの都市ガスの導管網をあげると、受入基地のある扇島都市ガス供給(受入)では750A(30B、外径30インチ=762.0mm)(2.94MPa)、JERA(受入)では250A(10B、外径10インチ=267.4mm)(6.86MPa)となっている。

液化アンモニアの事例では、JERA 碧南火力発電所のアンモニア混焼計画では、岸壁のローディングアームから、アンモニアタンク(直径55m×高さ40m)まで16インチ配管を使用する計画である。

有機ハイドライドに関しては、メチルシクロヘキサン(水素付加状態)、トルエン(脱水素状態)ともに石油製品としての取扱いが可能であるから、既存の石油関連インフラを参考に検討する。

実証・スケールアップ期には、液化水素ローリーやタンクローリーによる、運搬が想定される。臨港道路については、平時のピーク時間交通量に対応できる車線数を確保しているため、これら車両による輸送が可能であると想定される。従来、これら運搬車両が通行しないような臨港道路が新たな輸送ルートとなる場合は角・カーブにおける円滑な通行が可能となるよう、車線の改良等を実施する。また、取扱量の増加に伴い、輻輳や滞留が生じるおそれがある場合は、車線の増加、待機場所の整備を行う。また、港湾・臨海部の水底トンネルは道路法により危険物積載車の通行が禁止・または制限されている場合があるため、通行に際し道路管理者の許可基準について確認する必要がある。

⑤ 水素生産施設

現時点で水素生産施設は、水電解方式で自立型水素燃料電池システムと一体化した20ftコンテナサイズのものがある。横浜港に設置されている東芝H2Oneの場合、20ftコンテナサイズ2個分のスペースで1ユニットを構成している。そのため、遊休地、空き地等での配置が可能とみられる。

今後は、洋上風力により発電された電力の余剰電力活用により大規模化することも考えられるが、協議会やヒアリング調査等を活用し、水素等の技術開発に取り組む事業者からの情報を受け算出する。

3-5-5.水素・燃料アンモニア等のサプライチェーンの強靱化に関する計画

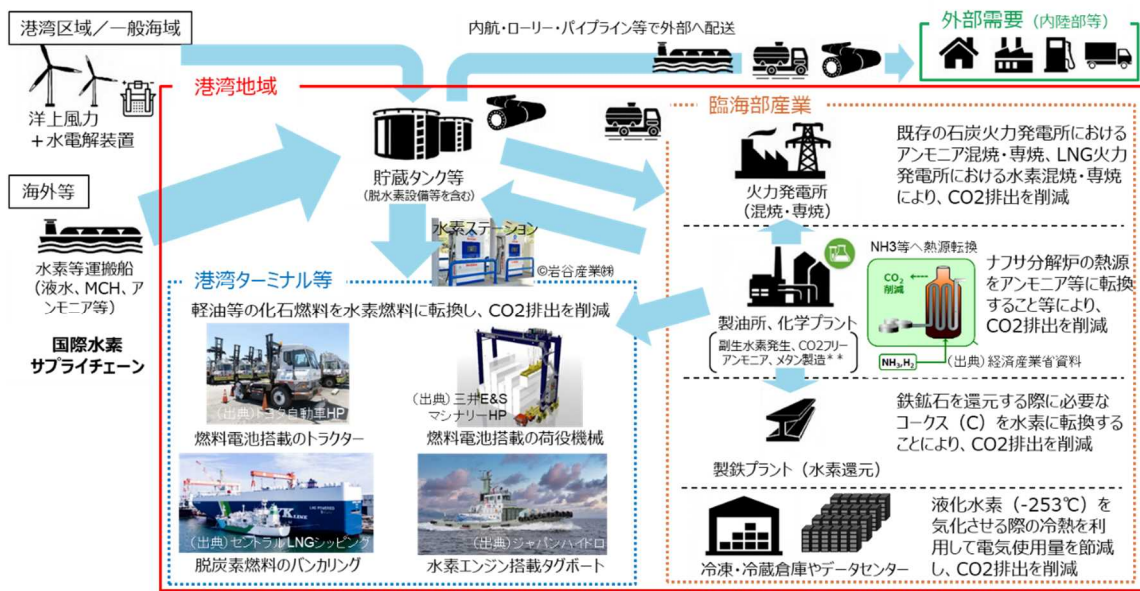
水素・燃料アンモニア等のサプライチェーンを維持する観点から、3-5-3①で掲げた水素・燃料アンモニア等供給施設を構成する岸壁、物揚場、棧橋及びこれに付随する護岸並びに当該施設に至る水域施設沿いの護岸、岸壁、物揚場について、耐震対策や護岸等の嵩上げ、適切な老朽化対策を記述することが望ましい。

また、危機的事象が発生した場合の対応について、港湾BCPへの明記を行うことが望ましい。

3-6. 港湾・産業立地競争力の強化に向けた方策

CNP 形成計画において、温室効果ガス削減に向けた取組が公表されるが、それに合わせて、環境面での対象港湾の競争力強化策、産業立地競争力強化策についても記述することが望ましい。

特に、多様な荷主の貨物を取扱うコンテナターミナルについては、環境への取組を積極的に公表することで、環境志向の強い荷主からの集貨につながることを期待される。



(出典) 資源エネルギー庁資料を元に国土交通省港湾局作成

図 13: 港湾地域を中心とした水素等関連産業の集積イメージ

3-7. ロードマップ

対象港湾における具体的な取組内容、取組時期を明らかにするため、温室効果ガス削減計画及び施設整備計画等に係る具体的なロードマップを記載する。

ロードマップには、可能な限りターミナル毎に詳細な取組事項を記載することが望ましい。また、ターミナル外の民間事業者の取組についても協議会を通じ調整したうえで記載することが望ましい。特に、水素等の供給計画については、需要計画と連動するものであることから、両者が整合の取れた計画である必要がある。

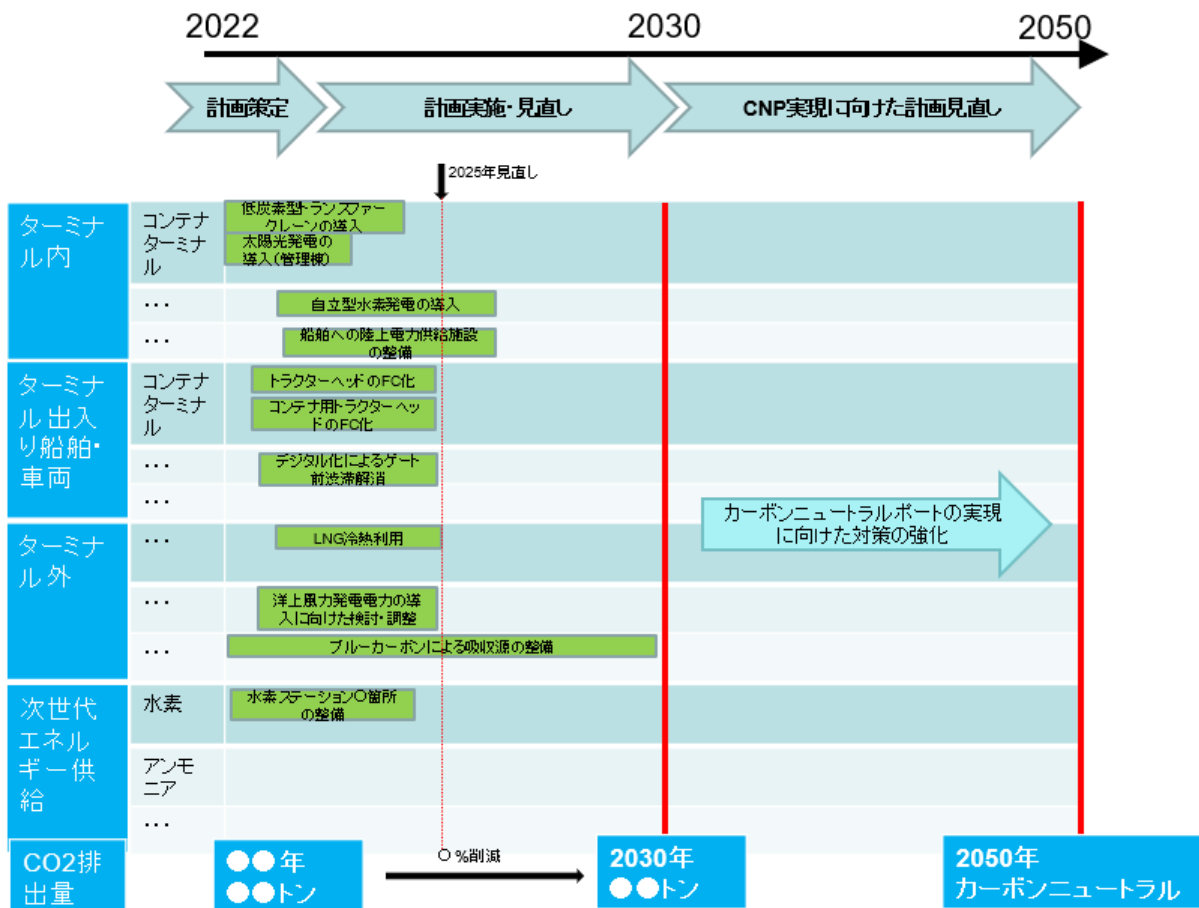


図 14:ロードマップのイメージ例

3-8.対策の実施・進捗管理・公表

対象港湾のカーボンニュートラルを目指すにあたり、CNP 形成計画の進捗管理、実施状況の公表を行うことにより、計画の実施状況や課題を把握することができ、着実な計画の遂行が可能となる。そのため、CNP 形成計画では、進捗管理、公表の方法についても記載することが望ましい。

CNP 形成計画の進捗は、協議会において、定期的に確認するとともに、必要に応じ CNP 形成計画の見直しを行うことが望ましい。脱炭素化に係る制度整備や水素や燃料アンモニア等に関する技術は、進歩が著しいと考えられることから、特に、初期の段階では前提条件等を明確にするとともに、社会・技術動向を見極めつつ、必要に応じ柔軟かつタイムリーな取組が可能となるよう、既存の支援スキームの活用や CNP 形成計画の見直しを行うことが望ましい。計画の見直し時期については、港湾計画、地球温暖化対策推進法に基づく地方公共団体実行計画等の関連する計画の見直し状況等にも留意した上で対応する。