

令和3年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費（ルール形成戦略に係る調査研究（燃料アンモニアのルール形成戦略に係る調査研究））

報告書

2022 年 3 月



一般社団法人 クリーン燃料アンモニア協会

< 目次 >

1. 目的と実施体制	1
1.1 背景と目的	1
1.2 実施項目	1
1.2.1 燃料アンモニアの活用を進める上で法規制等の動向調査	1
1.2.2 燃料アンモニアの ISO の検討等に必要となる情報の収集を目的とする調査	2
1.2.3 検討会の開催	3
1.3 実施体制	3
2. 燃料アンモニアの活用を進める上で法規制等の動向調査	6
2.1 設備について	6
2.1.1 燃焼器の NOx 排出基準	6
2.1.2 タンクの設備基準	6
2.1.3 その他設備の基準	8
2.2 燃料としての成分について	8
2.3 安全面について	9
2.3.1 関連法規における取扱い	9
2.3.2 安全の側面でのリスク評価	10
2.3.3 安全の側面での設備対応	10
2.3.4 安全の側面でのソフト対応	11
2.4 二酸化炭素の排出について	12
2.4.1 低炭素水素の定義・認証	12
2.4.2 CI 算定手法策定の動向	13
3. 燃料アンモニアの ISO の検討等に必要となる情報の収集を目的とする調査	15
3.1 アンモニアの取扱いに関する動向調査	15
3.1.1 アンモニアの市場規模や用途	15
3.1.2 アンモニアの燃料用としての用途拡大に際しての障壁	15
3.2 燃料の規制に関する動向調査	16
3.2.1 化石燃料の成分規制におけるIS化の動き	16
3.2.2 燃焼設備基準及び安全基準	16
3.2.3 投資基準	17
3.3 2.、3.1 及び 3.2 で得られた情報等を元にした以下の検討	19
3.3.1 IS 化を進めることの意義・価値の整理と実現の可能性についての分析・検討	19

1. 目的と実施体制

1.1 背景と目的

燃料として利用するアンモニア（以下、「燃料アンモニア」という。）は、燃焼しても二酸化炭素（CO₂）を排出しないゼロエミッション燃料であり、地球温暖化対策において有効な手段の1つとなっている。

燃料アンモニアは、「新国際資源戦略」（2020年3月策定）において混焼を含めた技術開発等と利用拡大について明記され、その後、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（2020年12月策定）において14の重要分野の1つとして位置付けられたところである。さらに、燃料アンモニアの着実な導入・拡大に向けた技術的・経済的な課題への対応を官民で議論する場として「燃料アンモニア導入官民協議会」を立ち上げ、2021年2月に策定した「中間取りまとめ」においては、2030年時点で年間300万トンの国内での燃料アンモニア需要を想定する等、導入・拡大の具体化に向けた検討を進めているところである。

燃料アンモニアの利用に向けて、技術面においては、2014～2018年に実施された内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）での研究開発において、燃焼時における窒素酸化物（NO_x）の排出抑制が可能となり、それを受けて新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）でのFS事業を実施しているところである。

今後、燃料アンモニアの実際の利用とその拡大に対応するためには、技術面のみならず、サプライチェーン面も検討する必要がある。その中で、アンモニアの利用、活用を進めるための環境整備も必要となる。既にアンモニアは肥料や産業用途で利用されており、それらを流通させるための様々なルールは運用されているが、新たに燃料として使用されることに伴い、用途の追加や、膨大な流通量の増加に合わせたルールの見直しや追加の検討が必要となる。

我が国でアンモニアの利用技術を主導しているからこそ、先行して利用・流通における国内規制の対応を進め、国際標準化（IS化：International Standard 化）を目指すことが、我が国の燃料アンモニア産業の発展において重要であり、さらには東南アジアを始めとした世界全体での燃料アンモニアの活用を後押しすることにつながる。

そこで本事業では、燃料アンモニアの設備基準、成分基準及び安全基準のIS化に向けて必要な情報収集を行うとともに、検討会の場を設け、必要な議論等を行う。

1.2 実施項目

1.2.1 燃料アンモニアの活用を進める上で法規制等の動向調査

(1) 設備について

アンモニアは分子に窒素を含んでいるため、燃焼を適切に制御しない場合には、窒素酸化物が排出され、環境に影響を与える恐れがある。また、アンモニアを燃料として大量に利用する場合、タンク等の設備の大型化も必要とある。これら、燃焼器のNO_x排出基準やタンク等の設備基準等について、文献や関係者へのヒアリング調査を実施し、情報収集及び整理等を行う。

(2) 燃料としての成分について

アンモニアを燃料として扱う際、貯蔵期間等を背景に、既存の原料用途に比べて水分量等の求められる

スペックが異なる可能性があるため、必要な国内外のアンモニア品質基準及び成分の確認方法等について文献調査、関係者へのヒアリングを実施し、情報収集及び整理等を行う。

(3) 安全面について

アンモニアは現在も原料用途で使用されており、高圧ガス保安法や電気事業法等の関連法規により安全性が担保されているが、燃料としての利用に伴い設備の大型化が必要なことから、設備、運用の両面から安全性を確保するために不十分な部分がないか確認することが必要である。本調査では、既存の関連法規の整理及びアンモニア製造事業者や利用事業者へのヒアリングを実施し、追加的な制度整備の必要性について検討を行う。また、高圧ガス保安法等の既存制度における扱いも整理する。

(4) 二酸化炭素の排出について

アンモニアについては化石燃料及び再生可能エネルギーから製造することが可能であるが、化石燃料から製造する場合、製造時等に CO₂ が発生することとなる。製造時等のライフサイクルでの CO₂ 排出についても今後合理的な形で低減していくことが期待されるであろう観点から、本調査では、既存の関連法規の整理及びアンモニア製造事業者、供給事業者や利用事業者へのヒアリングを実施し、国際動向等について検討を行う。

1.2.2 燃料アンモニアの ISO の検討等に必要となる情報の収集を目的とする調査

(1) アンモニアの取扱に関する動向調査

現在、世界的にアンモニアは原料用途（肥料・脱硝用途）に限られているところ、燃料としてのアンモニア利用への国際社会からのとらえられ方、現在の市場規模や用途等の現況について把握し、用途拡大に際しての障壁に関する調査・分析を行う。

また、ISO の海外／国内における議論の動向のうち、アンモニアに関連した議論について情報収集及び整理等を実施する。（企業、規制当局、大学等へのヒアリングを実施し、情報収集及び整理等を行う。また、当該議論のキーパーソンを発掘し、関係を構築する。）

(2) 燃料の規制に関する動向調査

ISO の海外／国内における議論の動向及び国際的な規制のうち、化石燃料等の燃料の成分、燃焼設備基準、安全基準、投資基準（EU のサステナブルファイナンス関連規制等）に関連した議論について情報収集及び整理等を実施する。（企業、規制当局、大学等へのヒアリングを実施し、情報収集及び整理等を行う。また、当該議論のキーパーソンを発掘し、関係を構築する。）

(3) 1.2.1 及び 1.2.2(1)(2)で得られた情報等を元に、以下について検討を行う。

- ① 我が国が燃料アンモニアの活用を促進し、IS 化を進めることの意義・価値（経済効果等の利益）の整理と、実現の可能性について分析・検討。
- ② 燃料アンモニアの IS 化を実現するためのロードマップ及び戦略等（国際標準化を達成するための視点）。
- ③ 燃料アンモニアの IS 化後の燃料アンモニアの国際的な普及のための戦略等（世論形成やロビーイング、二国間・マルチでの政府間対話、といった戦略の実行手段を含めた検討）。
- ④ ①～③のゴールとなる、開発した基準（ISO 規格等）をルール化する際の複数のシナリオの構築。

1.2.3 検討会の開催

上記の 1.2.1 及び 1.2.2 の調査・検討結果を踏まえて、燃料アンモニアの設備基準、成分基準及び安全基準の IS 化に向けて議論するため、有識者（学識経験者、専門家、金融関係者等）5 名程度で構成される検討会を、4 回程度開催する。なお、委員の選定については資源エネルギー庁資源・燃料部政策課担当者と協議した上で決定する。

1.3 実施体制

本調査研究では、燃料アンモニアの活用を進める上で各種法規制の動向調査や IS 化のための各種調査が主となることから、関連法規である電気事業法および高圧ガス保安法の専門家、IS 化活動の専門家、更に燃料アンモニアの安全性含む全般の学術的な専門家からなる検討会を設置し、検討を実施した。本調査研究の実施体制を図 1.1 に、検討会委員等名簿を表 1.1 に、検討会開催状況を表 1.2 にそれぞれ示す。

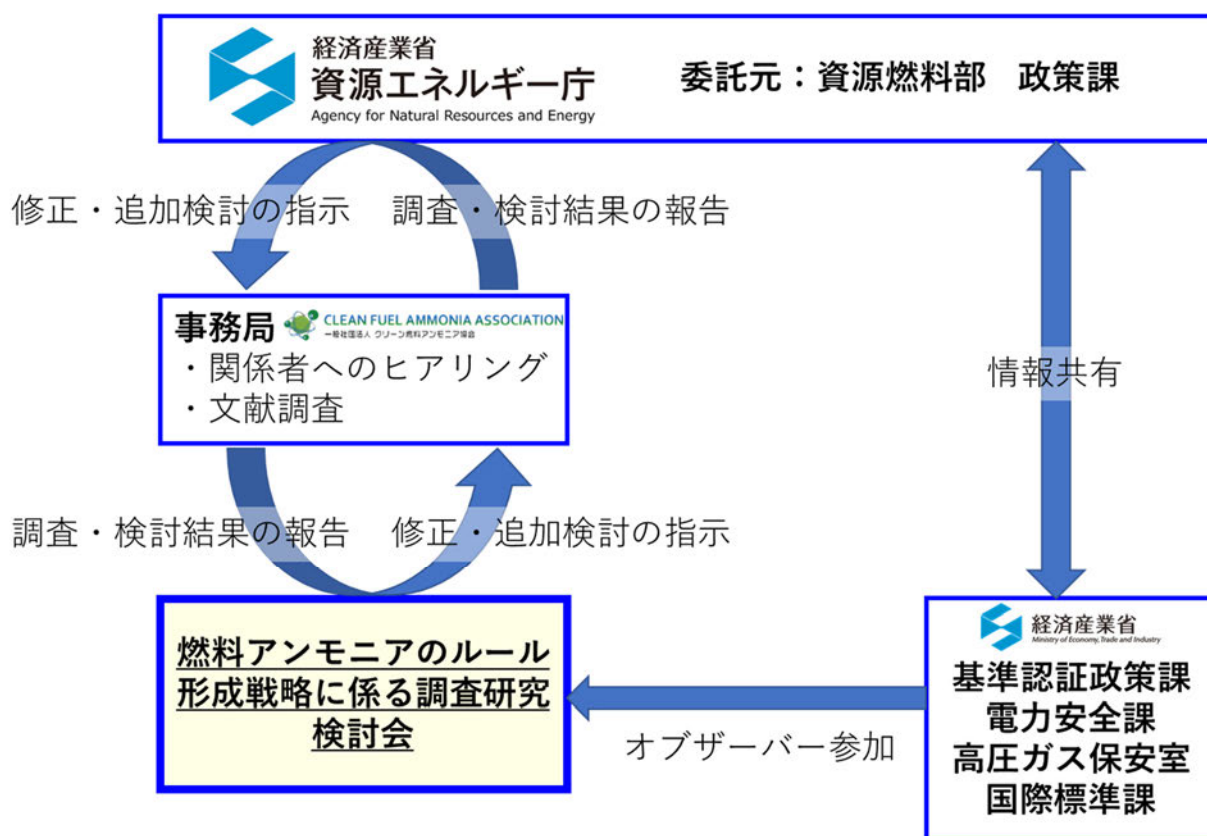


図 1.1 実施体制図

表 1.1 「燃料アンモニアのルール形成戦略に係る調査研究」検討会委員等名簿

座長（敬称略）

塩沢 文朗 戦略的イノベーション創造プログラム
エネルギーキャリア 元サブプログラムディレクター

委員（五十音順、敬称略）

岸川 義明 高圧ガス保安協会 総合企画部 技術企画課 課長代理
国岡 正雄 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 イノベーション推進本部
標準化推進センター 標準化オフィサー
小島 由継 国立大学法人広島大学 自然科学研究支援開発センター 特任教授
齋藤 知久 電気事業連合会 立地電源環境部 副部長

オブザーバー（敬称略）

藤田 和子 経済産業省 基準認証政策課 調査員
秋田 恵菜 同 国際標準課 課長補佐
猿橋 淳子 同 国際標準課 基準認証専門官
昇 奈津美 同 国際標準課 係長
半田 恵美 同 国際標準課 調査員
吉田 董 同 国際標準課 係員
畑山 和博 同 高圧ガス保安室 専門職
望月 武 同 電力安全課 課長補佐
石橋 剛彦 同 電力安全課 係員
細野 浩司 三菱商事（株） CFAA認証WGリーダー
須田 俊之 （株）IHI CFAA技術基準WGリーダー
山下 登敏 三菱重工業（株） ボイラ技術部 次長
竹井 康裕 同 ボイラ技術部 主幹
垣見 宗洋 同 新事業開発・推進部 主席技師
圓島 信也 同 新事業開発・推進部 主幹
伊藤 岳彦 （株）IHI カーボンソリューションSBU 技術センター 燃焼技術
部 主幹

委託元（敬称略）

渡邊 雅士 経済産業省 資源・エネルギー庁
資源・燃料部 政策課 企画官
金子 健一郎 経済産業省 資源・エネルギー庁
資源・燃料部 政策課 課長補佐
吉田 哲士 経済産業省 資源・エネルギー庁
資源・燃料部 政策課 係長

事務局

宮崎 進 一般社団法人クリーン燃料アンモニア協会 事務局長
加藤 資一 同 事務局次長
高藤 誠 同 事務局次長
岡島 裕一郎 同 事務局次長

表 1.2 検討会開催状況

	開催日	主な議題
第 1 回	2021 年 9 月 30 日	・ 本調査研究および検討会の主旨 ・ IS 化候補アイテムの方向性に対する論点出し
第 2 回	2021 年 11 月 16 日	・ 日本の強み深堀による IS 化アイテムの抽出 ・ 抽出したアイテム（アンモニア燃焼ボイラ）の IS 化検討進捗 ・ 国内法規制との整合性調査進捗
第 3 回	2022 年 1 月 26 日	・ アンモニア燃焼ボイラの IS 化検討進捗（既存 TC 調査、工程・リソース検討等） ・ 国内法規制との整合性調査進捗
第 4 回	2022 年 3 月 10 日	・ アンモニア燃焼ボイラの IS 化検討結果 ・ 国内法規制との整合性調査結果

2. 燃料アンモニアの活用を進める上で法規制等の動向調査

2.1 設備について

燃焼器の NO_x 排出基準やタンク等の設備基準について調査検討した結果を以下に示す。

2.1.1 燃焼器の NO_x 排出基準

NO_x だけでなく、温暖化係数の高い N₂O、未燃のアンモニア（以降、スリップアンモニアと記載）について、排出基準とモニタリングの観点から調査検討を実施した。

(1) NO_x について

NO_x は大気汚染防止法等によって排出基準が定められており、石炭焚ボイラや天然ガス焚ガスタービンにおいても、大気放出前の連続分析が実施されているため、アンモニア利用時も同様に現行法規制を遵守していく必要がある。石炭焚ボイラでは石炭が、天然ガス焚ガスタービンでは天然ガスが主燃料であり、これらにアンモニアを混ぜて燃焼させる混焼から導入が開始されるが、当面は主燃料での規制値を超えないような、現状非悪化の運用が前提となると想定する。しかし、アンモニア 100%で燃焼させる専焼の研究開発も進められており、特にガスタービンにおいては、アンモニア混焼率が高くなると NO_x は増加する傾向が報告されているため、混焼率が 50%を超えるようなアンモニアが主燃料となる場合の規制値の在り方については、今後の研究開発動向も考慮し検討が必要である。

(2) N₂O について

N₂O は排出基準値は定められていないものの、地球温暖化対策の推進に関する法律、いわゆる温対法上温室効果ガスとしての報告義務がある。石炭焚ボイラおよび天然ガス焚ガスタービンともに、環境省の温室効果ガス総排出量算定方法ガイドラインに則って算出されている。たとえば石炭焚ボイラにおいては、N₂O の排出量は CO₂ の排出量に比べ微々たるものであることがこれまでの運用実績からわかっていることもあり、NO_x のように常時分析監視は実施されていない。ただし NO_x と同様に、アンモニアの混焼率が高まりアンモニアが主燃料となる場合には N₂O の増加が懸念されるため、今後の研究開発において、燃焼器のサイズ、燃焼温度、混焼率等の N₂O 排出におよぼす影響が明確になった段階で、計測可否を判断し、必要な場合には N₂O の算出方法や計測頻度、計測方法などを見直す可能性はある。

(3) スリップアンモニアについて

アンモニアは排ガス中の濃度規制は設けられていないが、大気汚染防止法の特定物質として指定されている。また、悪臭防止法では敷地境界および煙突出口濃度における規制値はあるため、敷地境界でアンモニアを常時監視している場合もある。スリップアンモニアの数値は燃焼率の向上など今後の研究開発の動向で明確になるものと考えられるが、現時点では、悪臭防止法によってスリップアンモニアの濃度は規制されているため追加の規制は不要と考えられる。なお、石炭焚ボイラでは、脱硝装置出口にてアンモニアを計測した実績があり、計測精度の高い手分析が採用されている。

2.1.2 タンクの設備基準

主に、技術基準全般、タンクからの安全距離、タンク開放検査の周期について調査検討を実施した。

(1) 技術基準全般

タンクには PC（PC：Prestressed Concrete）タンク及び金属 2 重殻タンクの二つの構造があり¹⁾、ア

1) 猪瀬幸太郎, IHI, LNG タンクの構造と溶接, WE-COM マガジン（日本溶接協会溶接情報センター）(2015), No.16, pp. 1-12, available from <http://www-it.jwes.or.jp/we-com/bn/vol_16/sec_1/1-1.pdf>, (参照日 2022 年 2 月 15 日).

ンモニア貯槽用としては、国内では全てが金属 2 重殻タンクで製作されている。高圧ガス保安法適用で製作実績のあるタンクのサイズは 1.5～3 万トン／基であり、その規模での金属 2 重殻タンクの設計製作技術は確立できているといえる。ただし、アンモニア貯槽における大きな課題のひとつとして、内層壁におよぼす応力腐食割れ（SCC：Stress Corrosion Cracking）があり、対策としては、内層壁材の応力除去、SCC が発生しづらい材料の選定、亜鉛溶射やショットピーニングによる内層壁のコーティングなどが挙げられるが、統一の技術指針はなく、各メーカーやユーザーの経験によるところが大きい。LNG タンクでは、高圧ガス保安法、電気事業法とも日本ガス協会発行の「LNG 貯槽指針」が技術基準の解釈例とされていることから、アンモニアタンクでも同様に、高圧ガス保安法、電気事業法で共通に参照されるような、「アンモニア貯槽指針」を整備することが事業者から望まれている。

今後の燃料アンモニア流通増加を考慮すると、10 万トン／基クラスにタンクの大容量化が必要となる。金属 2 重殻タンクの場合、高強度材料の使用が不可欠となるが、高強度材料では SCC の影響が大きくなると想定されるため、SCC を発生しない高強度材料の開発や亜鉛溶射等高強度材料使用時でも SCC を防止できる対策の開発などが必要となっている。限られた敷地内での大容量の貯蔵を考えた場合、コンパクトに設置できる PC タンクも選択肢として考えられるが、PC タンクでのアンモニア貯槽は台湾台中市の液化アンモニアターミナル（2 万トン×2 基）でしか日本企業が建設した中では実施例がない。技術的な課題としては、内層材の SCC 発生の懸念は同様で、その他としては、インタンク式ポンプのモーターの導線がアンモニアで腐食する点だが、台中市のタンクにおいては、モーターとポンプを分離しアンモニアがモーターに接しない構造としている。この構造のポンプを製造・供給できるサプライヤーが現状 1 社であることや、日本の法規への適合性など課題がある。

タンクの大型化にあたっては、研究開発の進捗にもよるが、1.5～3 万トン／基クラスの金属 2 重殻タンクの製作実績はすでに多くあるため、各社独自で設計製作されていた点、考慮されていた安全対策等の知見を「アンモニア貯槽指針」にまとめ、高圧ガス保安法、電気事業法の技術基準解釈例で共通に参照されるようにすることが当面の目標と考える。

(2) タンクからの安全距離

高圧ガス保安法におけるタンクからの安全距離（保安区画と保安距離）は、コンビ則（コンビナート等保安規則）に準じており、今後の大規模アンモニアタンクを想定した場合においても、コンビ則の適用が可能と考える。漏洩シナリオについては、リスクアセスメントや防災アセスメントにより検討評価するものであるが、現時点では災害想定と緊急時対応を設定することが困難である。そこで、当面は国内外の基準を精査し、個別状況に合わせ、たとえば、設備内の機械要素の破損確率が高いものを想定することを起点とした漏洩時の被害状況、その場合の対策を検討するという考え方を採用し、本格運用時に改めて議論を実施する。なお、通常運転時においては、敷地境界にて臭気がないことという悪臭防止法の考え方を適用する。

(3) タンク開放検査の周期

高圧ガス保安法において、二重殻構造貯槽がコンビ則の耐圧試験の対象から外れているため、保安検査の方法である KHKS0850 においても二重殻構造貯槽は耐圧性能の確認の対象から外れている。従って、高圧ガス保安法上タンクの開放検査周期に定めはないため、各ユーザーの経験によって実施されており、国内事業者へのヒアリングの結果からは、自主検査として 8～10 年程度の周期で開放検査が実施されている。前述のとおり、アンモニア貯槽時には SCC の懸念があり、開放検査時の磁粉探傷検査にて SCC が

確認される例もあることから、当面は従来どおりの周期での自主検査を実施し、タンク内面の SCC 進行度合いを検証することで次回の内部点検の要否や周期の判断材料とする。将来的には安全性を担保しつつ開放検査を不要とする対策（新たな材質、構造等）が求められる。

2.1.3 その他設備の基準

荷役設備であるローディングアームの緊急時の離脱装置の設置要否、緊急離脱時の残液漏洩防止対策等について調査検討を実施した。

(1) 緊急離脱装置(ERS:Emergency Release System)の設置要否

LNG、LPG、及び石油用のローディングアームには、港湾法－港湾の施設の技術上の基準に ERS を設置するよう記載があり、石油会社国際海事評議会 (OCIMF) においても推奨事項とされていることから、国内の LNG、LPG、及び石油用ローディングアームには ERS が全て設置されている。一方で、アンモニア用ローディングアームには国内では上記のような法規制はないものの、海外では OCIMF がアンモニアを含むほとんどの油種に対し ERS 設置要求を盛り込んでいることや、燃料利用においては LNG、LPG、及び石油と同等の高い調達・供給安定性が求められることから、アンモニアを燃料として受入れる場合には、LNG、LPG、及び石油と同様に ERS を設置することが整合的と考える。

(2) 緊急離脱時の残液漏洩防止対策

緊急離脱時の残液の系外への漏洩を防止するため、緊急離脱前に系統に残留している残液を窒素等で置換する対策（窒素パージシステム）がなされることが多い。法規制上は残液の系外への漏洩防止対策の実施義務はないが、アンモニアは毒性を有し系外漏洩時の人体への影響が懸念されるため、安全面や環境面からも、本対策は実施された方が望ましい。技術的には、既存のアンモニア用のローディングへの窒素パージシステムはすでに商用化されているが、今後のアンモニア流通量増加に伴いローディングアームの口径が大きくなる場合の窒素パージシステムは開発が必要な段階にある。

2.2 燃料としての成分について

現状のアンモニアの標準的な納入条件およびコマーシャル条件について調査検討した結果を表 2.1 に示す。

表 2.1 アンモニアの標準的な納入条件及びコマーシャル条件

品質	(三国間・輸入) アンモニア純分：最小 99.5wt% 水分：最大 0.5wt% 油分：最大 10.0wtppm 温度：-33.0℃ (国内) 脱硝用途 アンモニア純分：最小 99.9wt% 水分：最大 0.1wt%
荷揚げ条件	アンモニアの輸送船の型式は深冷型

	耐圧：0.7bar、耐低温：-48℃ 深冷型の場合の荷役条件 最大荷役能力：1,630MT/h 積載量：24,700MT 揚げ荷圧力/温度：～0.9Mpa/-33℃ 荷役時間（満載時）：18h
危険/責任移転	積地
数量/品質保証地点	積地（数量は、国内では積地と揚地基準併存）
瑕疵担保責任	売主は契約書規定の SPEC のみを保証 責任負担の上限は商品金額

品質においては、国内流通の方がアンモニア純度は高いものの、三国間・輸入の品質でも問題なく運用できている点から、三国間・輸入の品質をベースと考えて問題ない。また、危険／責任移転等の商業条件の考え方においては、従来の商取引ルールを踏襲可能と判断する。以下に示す課題はあるものの、総じて品質を IS 化することが国内産業競争力へ影響することは想定されない。

以下に課題を示す。

- ・上記品質はハーバー・ボッシュ法により製造されたアンモニアの品質を想定しているため、それ以外の方法で製造されたアンモニアについては、純度等について確認が必要となる。
- ・上記品質を担保するために、入船毎に成分分析を実施する必要があるか、今後検討が必要である。
- ・SCC に対して燃料中の残留酸素濃度が影響するとの EU の報告があるため、商取引上の品質基準に含めることが望ましいか、今後検討が必要である。
- ・取扱量が増加すると純度による熱量価値への影響が懸念されるが、個別契約内で精算条件等を規定することで対応可能と想定する。
- ・石炭焚ボイラや天然ガス焚ガスタービンでアンモニアを利用する場合に、その性能基準を担保するにあたり、アンモニアの品質を定める可能性がある。今後の研究開発の動向を踏まえ判断する。
- ・船舶用燃料としてのアンモニアには IS 化の動きがあり、その活動を否定するものではない。

2.3 安全面について

燃料アンモニアが関連する法規における取扱いの整理、安全の側面でのリスク評価及び設備・ソフト対応について調査検討した結果を以下に示す。

2.3.1 関連法規における取扱い

アンモニアを燃料として用いる場合の、高圧ガス保安法や電気事業法などの関連法規における取扱いを整理した結果を表 2.2 に示す。2.1 でも一部述べたが、高圧ガス保安法に関しては、現行の法規の範疇で各種設備の取扱いを概ね整理できる見込みだが、電気事業法においては、ポンプ等には脱硝用アンモニアとしての基準はあるものの、燃料用アンモニアとしては全般的に基準・解釈例がないため、その構築が必要な状況にある。

表 2.2 関連法規における取扱いの整理結果

	高圧ガス保安法	電気事業法	その他規制法	主な安全対策	検討の方向性
①タンカー	—	—	船舶安全法、海上交通安全法、IMO基準	船級協会が検査、認証	現行法規の適用
②アンローディングアーム	○	基準・解釈例が必要	港湾法	LNGでは緊急離脱装置	緊急離脱装置要否検討
③貯蔵タンク(金属2重殻)	○			材料、防液堤	高圧ガス保安法に準ずる
③貯蔵タンク(PCタンク)	○(解釈例は未整備)			材料、容量、構造	海外では実績あり。 技術基準・解釈例を整備する。
④タンクローリ	貯蔵所、移動式製造設備	—	道路法等	材料、構造、通行制限等	現行法規の適用
⑤ポンプ	○	基準・解釈例が必要 (脱硝用はあり)		材料、厚さ等	高圧ガス保安法に準ずる
⑥気化装置	○			材料、厚さ等	高圧ガス保安法に準ずる
⑦配管	○			原則として溶接で接続	高圧ガス保安法に準ずる
⑧消費機器	—		労働安全衛生法等	材料、漏洩対策、非常装置等	現行法規に準ずる
⑨緊急設備	○			漏洩センサ、散水設備、消火設備等	使用量増に伴う設備追加の要否検討

2.3.2 安全の側面でのリスク評価

アンモニアガスの漏洩時の拡散挙動検討とタンク破損、着火時の輻射について調査検討した。

(1) アンモニアガスの漏洩時の拡散挙動検討について

アンモニアガスの漏洩時の拡散挙動検討にあたっては、アンモニアタンク設置時のリスク評価の実施を推奨する。シナリオ設定は事業所毎の特性や自治体毎の要求等に合わせ判断されるべきだが、合理的なシナリオを設定するために国内外のリスク基準及びガイドラインを参照することを推奨する。また、リスク評価の上で新たなガイドラインが必要な場合は、まずは評価方法を決めてから、各国のリスク基準を判断材料にしつつ、具体的な前提事項や評価基準を設定することになると考えられる。

(2) タンク破損、着火時の輻射について

まずは上記で想定した災害において大量漏洩をもたらすタンク破損があり得るかの検討が必要となる。ただし、アンモニアは可燃性を有するものの、爆発範囲は 16～25vol%と狭く、最小発火エネルギーは 680mJ と高く、燃焼時の最高放射熱は 14kW/m² と低いことから、屋内漏洩でない限り大規模な火災や爆発事故は発生し難い。そのため、着火爆発ではなく、暴露による人的被害を想定したリスク評価をどうするかを検討の方が重要度が高い。

2.3.3 安全の側面での設備対応

散水設備や漏洩センサ等について調査検討を実施した。

(1) 散水設備

電気事業法、高圧ガス保安法ともに可燃性液化ガス及び毒性ガスへの散水設備の設置要求がある。設備の温度上昇防止措置としての貯槽及びその支持体への散水要求であり、既存法規に準じた対応が必要となる。一方で、アンモニアの開放漏洩に対する吸収剤もしくはアンモニアガスの大気拡散防止としての散水や発泡剤の効果は限定的であり、ワーストシナリオを想定した水源の確保や拡散防止対策を散水や発泡剤で担保するのは現実的ではない。

(2) 水膜、発砲液等のタンク

電気事業法、高圧ガス保安法ともにアンモニアタンク本体への水膜、発砲液の設置要求はないが、防火のための 30 分以上の水源の確保要求はある。(1)同様、アンモニアの開放漏洩に対する吸収剤もしくはアンモニアガスの大気拡散防止としての発砲剤の効果は限定的である。

(3) 散水後のアンモニア水の処理方法及び必要設備

散水後のアンモニア水の処理方法に関する基準は認められないが、一般高圧ガス保安規則に「毒性ガスの廃棄は、燃焼又は吸収、中和等の処理を行うことにより十分安全なものとして放出」との記載があるため、各事業所の設備にてこれに準じた対応が必要となる。また、アンモニアの大気への放出量を最小とするアンモニア水の処理方法などの規定が必要である。

(4) 漏洩センサ

電気事業法、高圧ガス保安法ともにガス滞留部への漏洩センサの設置要求があるため、滞留防止、滞留による爆鳴気生成防止、及び作業安全の観点から、ガス検知器設置については既存法規に準じた対応が必要となる。

(5) 排ガス除害設備、構造基準など

電気事業法では、安全弁、漏洩対策設備、除害設備の設置要求がある。高圧ガス保安法では、アンモニアに対する除害設備の設置要求があり、漏洩時の除害のための措置については一般高圧ガス保安規則にて記載されている。従って、これら既存法規に準じた対応が必要となる。具体的には、アンモニアガスの放出にあたっては、水や中和剤による吸収を一次対応とし、二次対応としてフレアスタックへの接続を想定するのが合理的である。

2.3.4 安全の側面でのソフト対応

漏洩時の人的対応に必要な装備、消防との連携、防災マニュアル、パブリックアクセプタンスについて調査検討を実施した。

(1) 漏洩時の人的対応に必要な装備

電気事業法、高圧ガス保安法ともに除害のために必要な保護具の設置要求がある。また、高圧ガスにおいては、保護具の種類と必要数について一般高圧ガス保安規則にて規定されている。従って、これら既存法規に準じた対応が必要となる。

(2) 消防との連携

高圧ガス各ユーザーでは、危害予防規程の中で関係官公署との連絡・連携に対する基準が設けられている（ホットラインの設置など）。想定される大型タンク設置事業所では相応の防災マニュアルがあると想定されるため、従来の手法に準じる対応で問題ないとする。

(3) 防災マニュアル

高圧ガス保安法では第一種製造者に対して都道府県知事に危害予防規程の届出を要求している。危害規程で定める事項は一般高圧ガス保安規則に規定されている。各ユーザーは上記に定める事項に基づき事業所毎に危害予防規程を制定管理している。従って、危害予防規程の項目は既存法細則に規定されている項目に準じる対応で問題ないとする。

(4) パブリックアクセプタンス

リスクの定義と妥当性、対応について丁寧な説明が必要となると想定される。臭気に関しては、通常運

転時に敷地境界で臭気のないことを担保できることの説明ができるようにしておくことが重要である。

2.4 二酸化炭素の排出について

低炭素水素の定義・認証制度構築や、ライフサイクルでの CO₂ 排出について CI (Carbon Intensity) 算定手法を策定する動きが国内外で活発化している。以下に調査結果を示す。

2.4.1 低炭素水素の定義・認証

(1) 欧州CertifHy

CertifHy は、HINICIO が主導し、GREXEL、Ludwig-Bölkow-Systemtechnik (LBST)、AIB、CEA および TÜV SÜD から構成されたコンソーシアムであり、Clean Hydrogen Partnership からの支援を受け、欧州委員会の要請により 2015 年に組成された。CertifHy では低炭素水素の定義を行い、この水素の認証制度 (Guarantee of Origin : GO スキーム) 構築に向けたプロジェクトを推進しており、以下²⁾の通り再生可能エネルギー由来のグリーン水素とともに非再生可能エネルギー由来 (化石燃料等) の低炭素水素を定義している。算定境界は Well to Gate としている。Well to Gate とは水素製造だけでなく井戸元から採取・輸送も含めており、水素製造のみを対象とする場合を Gate to Gate という。

現時点では天然ガス水蒸気メタン改質 (Steam Methane Reforming : SMR) で排出される CO₂ の 60% 以上削減した水素を低炭素水素としているが、上記に「Best Available Technology の GHG 原単位を定期的に再評価し、排出削減率目標を漸次高める予定である」と記載されており、後述する EU タクソノミーの低炭素水素の基準 73.2%削減に合わせて削減率を 60%から引き上げる動きがある。

THE PRODUCTS ELIGIBLE FOR THE CERTIFHY™ LABELS ARE

H2 from renewable origin:

- Wind/solar/hydro electricity production. Those production processes have zero GHG emissions, hence zero carbon intensity by European convention.
- Biomass based production, which could come with GHG emissions as defined by RED II

Low-carbon hydrogen from non-renewable origin:

- Nuclear or fossil energy using CCS (carbon capture and storage) & potentially CCU (carbon capture and utilization) which is yet to be defined by the European law.

The carbon intensity limit for renewable and non-renewable H2 is fixed at 60% below the amount of GHG emissions from a Steam Methane Reformer (SMR), being current Best Available Technology (BAT) for merchant H2 production. The GHG intensity of the BAT will be regularly re-assessed, and the emission reduction % targets are to increase over time.

The GHG intensity of H2 production batches that are not receiving any CertifHy™ label need to remain below the BAT benchmark. (e.g. Electrolysers using grid electricity when the RE plant is not producing).

(2) 豪州 GO スキーム

豪州政府は 2030 年までにメジャーなグローバルな水素プレイヤーになることを目標として、2019 年 11 月に国家水素戦略を策定した。この水素戦略では認証スキームの構築が成功指標の一つとなっており、水素生産に伴う CO₂ 排出量の算定・トラッキングに関する認証スキームの構築が早期アクション項目の一つとして位置付けられている。これを達成するために 2020 年より水素認証スキームの具体的な検討を開始し、国際動向との整合性や国内の算定・報告制度・再エネ証書制度と一定の連携を踏まえた制度構築を進めている。2020 年 6 月には制度の方向性について Online Survey を実施し、2021 年 6 月に Discussion

Paper をリリース、2 回目のパブリックコメントを 2021 年 8 月 6 日まで実施した。その時点では水素に対象を絞った内容となっており、アンモニアに関しては近い将来に提示していくとの言及に留められている。初期スキームとしては、早期実現を目指して当初は Well to Gate を想定し将来的に Well to Gate 以外に対象を拡大する可能性を提示、オフセットは許容するスキームと対象外とするスキームの 2 つのオプションを提示するなど、IPHE (International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy) における議論やパブリックコメントを参考に比較的限定的なスコープが提案されている。今後は水素 GO 制度の実証の中で排出源の特定、算定方法、報告の負担や期間、認証の発行手続き等の検証を行う予定とされている。

2.4.2 CI 算定手法策定の動向

(1) IPHE (International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy)

IPHE は燃料電池と水素技術を用いたクリーンで効率的なエネルギーおよびモビリティシステムへの移行を促進・加速することを目的とした国際政府間パートナーシップである。従って、その活動は主として水素とその燃料電池利用に関連するものであり、アンモニアは水素キャリアとして位置づけられ主要な議題とはなっていない。

IPHE は 2020 年 10 月に「IPHE Working Paper Methodology for Determining the Greenhouse Gas Emissions Associated with the Production of Hydrogen (水素製造に伴う GHG 排出量の算定手法に関するワーキングペーパー)」を発表した。本ペーパーに記載されている内容は概ね以下の通りである。

- ・算定境界は Well to Gate でスコープ 1~2、一部 3 を含む。
- ・資本財の建設、製造、廃棄、出張、従業員の通勤、上流のリース資産からの排出は考慮しない。
- ・純度 99% 以上 & 3MPa。
- ・GHG の対象は CO₂、CH₄、N₂O。
- ・CCS は IPCC ガイドラインに基づいて定義される。
- ・副生物への分配はエネルギー含有量に応じた配分、代替システムを考慮した配分、経済価値に基づく配分の順。

なおアンモニアについては本ディスカッションペーパーの Appendix として他水素キャリアと併せて追加公表される予定となっている。

(2) 米国 AEA (Ammonia Energy Association)

AEA は米国を中心としたアンモニア関連企業等により 2004 年に設立され、持続可能なエネルギー経済においてアンモニアの利用を促進することを目的とした NPO である。現在、世界 140 の企業が加盟しており、2020 年には初の地域支部である AEA オーストラリアが発足した。AEA は、低炭素アンモニアに関する世界的に統一された認証制度の確立を目指した活動を展開している。

AEA では現在、アンモニア製造における CI (Carbon Intensity) 算定手法の確立を目指したワーキンググループの立ち上げを準備しており、近日中に WG 活動を開始すると見られている。その検討方針を定めるにあたって 2020 年 10 月にディスカッションペーパーを公表・アンケート調査を実施している。

(1) に記載の IPHE とも一定の協力関係にあり、IPHE ディスカッションペーパー Appendix のアンモニア Chapter については、IPHE が AEA に案を提示し AEA からフィードバックを受ける予定とのことである。AEA も IPHE の CI 算定手法は最大限尊重すべきであると考えており、AEA がこれから策定する

CI 算定手法は IPHE の手法と極めて近いものになる（ex. 算定境界は Well to Gate とする等）と思われる。

(3) 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）

国内では JOGMEC が 2022 年 1 月に「LNG・水素・アンモニア製造に伴う温室効果ガス算定のためのガイドライン案」を公表した。アンモニアに関する CI 算定ガイドラインとしては、恐らく世界で初めて公表されたものである。

IPHE、AEA と異なる点は算定境界である。海外 2 者が明確に Well to Gate を算定境界としている一方、JOGMEC ガイドライン案では我が国の国内制度が未定であること、Well to Gate とした場合に水素・アンモニア製造ロケーション間でのイコールフッティングに課題があること等の理由により、算定境界を Well to Gate と定義せず「Well to Gate の各段階における算定手法」を示すに留めている。

本案は 2 月 18 日までパブリックコメントを募集し、それを反映した第 1 版が近日中に公表される予定となっている。

3. 燃料アンモニアの ISO の検討等に必要となる情報の収集を目的とする調査

3.1 アンモニアの取扱に関する動向調査

アンモニアの市場や用途、アンモニアの燃料用としての用途拡大に際しての障壁について調査検討した結果を以下に示す。

3.1.1 アンモニアの市場規模や用途

アンモニアの市場は、すでに肥料用途や工業用途といった原料用で確立されている。図 3.1 に示すとおり、世界の原料用アンモニア生産は 2019 年で年間約 2 億トンであり、そのうち貿易量は 1 割（約 2,000 万トン）で、ほとんどが地産地消されている。日本国内では、原料用アンモニア消費量は約 108 万トン（2019 年）であり、国内生産は約 8 割、輸入は約 2 割（輸入元はインドネシア及びマレーシア）と、世界的に見ても小規模な市場となっている。

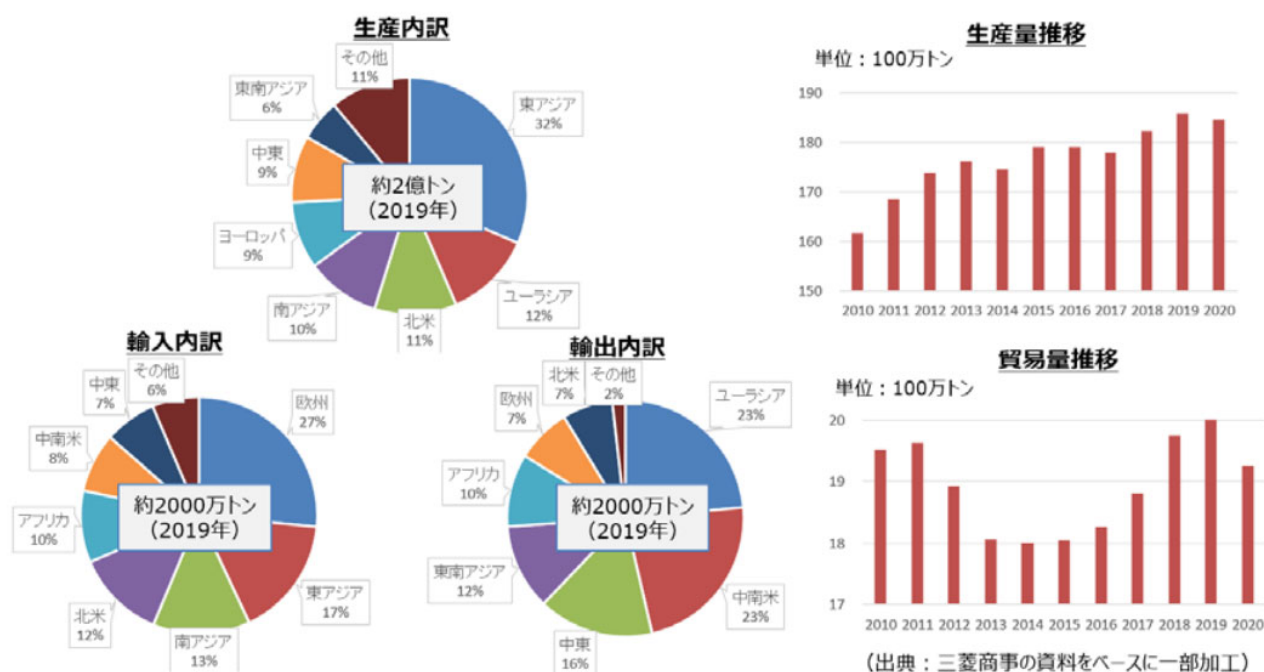


図 3.1 アンモニア生産・輸入・輸出内訳および生産量・貿易量推移³⁾

3.1.2 アンモニアの燃料用としての用途拡大に際しての障壁

3.1.1 で示したように、すでにこうした原料用市場が国内外に存在している一方、その規模が限られる中で、今後新たに燃料用途での活用を進めていくにあたっては、市場価格の高騰を防ぎつつ、安定的に必要な量を確保していくことが必要となる。今後、石炭火力発電にアンモニアの 20%混焼を実施すると、1 基（100 万 kW）あたり年間約 50 万トンのアンモニアが必要となる。例えば、国内の大手電力会社の全ての石炭火力発電で 20%の混焼を実施した場合、年間約 2,000 万トンのアンモニアが必要となり、現在の世界全体の貿易量に匹敵する。そのため、これまでの原料用アンモニアとは異なる燃料アンモニア市場

の形成とサプライチェーンの構築が課題であり、図 3.2 に示すように、海外から、化石燃料由来で製造時の CO₂ を一定割合削減したブルーアンモニア、再生可能由来の製造時の CO₂ をゼロとしたグリーンアンモニアの調達網を構築する必要がある。

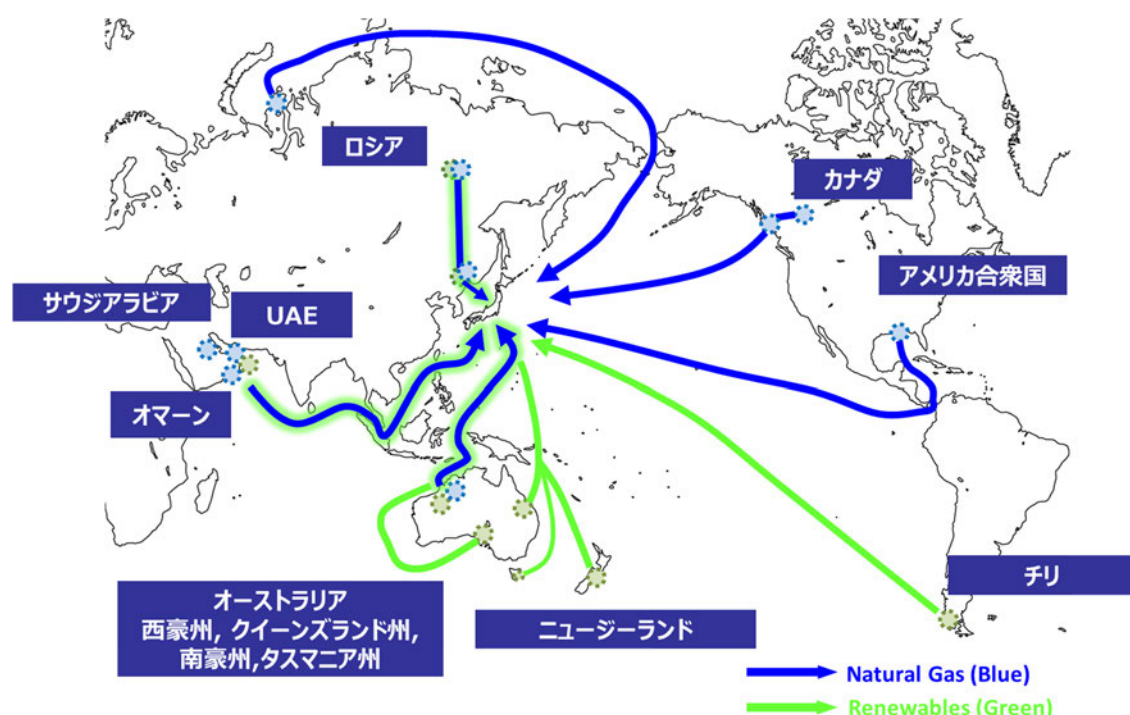


図 3.2 ブルー及びグリーンアンモニア供給網

3.2 燃料の規制に関する動向調査

化石燃料の成分規制における IS 化の動き、燃焼設備基準及び安全基準、投資基準について調査検討した結果を以下に示す。

3.2.1 化石燃料の成分規制におけるIS化の動き

近年国際的な新たな規制が導入され、IS 化も図られようとしているのは、船舶燃料の硫黄分含有率である。国際海事機関（IMO：International Maritime Organization）が硫黄分含有率の上限を、3.5mass% から 2020 年 1 月 1 日以降は 0.5mass% に引き下げた。この硫黄分含有率規制に伴い、ISO8217 委員会 TC28/SC4/WG6 にて、船舶燃料規格である ISO8216/8217 の 2023 年 3 月の改訂に向けた活動が進められている。

3.2.2 燃焼設備基準及び安全基準

燃焼設備として、ボイラであれば ISO16528 が、ガスタービンであれば ISO3977 が規定されているが、その機器の機能を発揮するための構造・材料や、安全面への配慮などの要求事項等が記載されている。従って、たとえば燃焼により排出される NO_x 等の生成物がある数値以下にするとといった記載はなく、ガスクロマトグラフにより測定することといった測定方法を規定しているのみであり、各生成物の数値は各国の環境規制に従うことが前提の考え方である。

安全に関する国際規格は、基本安全規格（A 規格）、グループ安全規格（B 規格）、製品安全規格（C 規格）に分類される。基本安全規格（A 規格）は広範囲の製品およびシステムに適用可能な一般的な安全側面に関する基本的な概念、原則および要求事項からなり、グループ安全規格（B 規格）はいくつかの製品もしくはシステムに、または類似の製品もしくはシステムのファミリーに適用可能な安全側面からなり、製品安全規格（C 規格）は特定の製品もしくはシステムに、または製品もしくはシステムのファミリーのための安全側面からなる。上記安全に特化した規格以外で、たとえば燃焼設備であるガスタービンの ISO である ISO3977 での安全に関する記載としては、用いる燃料の成分のチェック、ガス漏洩検知や防爆対策を施すことなどがある。

3.2.3 投資基準

(1) EU タクソノミー

EU 欧州委員会は Sustainable Finance の法整備の一環として、EU 域内の企業や金融機関等の経済活動や投融資についてグリーンな活動を統一的な基準を用いて峻別するためのスクリーニングを実施し、企業・金融機関等に情報開示を義務付けている。2021 年 4 月には独自基準となる EU タクソノミーを公表した。

EU タクソノミーでは、水素および水素を原料とした合成燃料（アンモニアはこれに該当）の基準が ANNEX 1 の 3.10. Manufacture of hydrogen に記載されている。

3.10. Manufacture of hydrogen

Description of the activity

Manufacture of hydrogen and hydrogen-based synthetic fuels.

The economic activities in this category could be associated with NACE code C20.11 in accordance with the statistical classification of economic activities established by Regulation (EC) No 1893/2006.

Technical screening criteria

Substantial contribution to climate change mitigation

The activity complies with the life-cycle GHG emissions savings requirement of 73.4% for hydrogen [resulting in life-cycle GHG emissions lower than 3tCO₂e/tH₂] and 70% for hydrogen-based synthetic fuels relative to a fossil fuel comparator of 94g CO₂e/MJ in analogy to the approach set out in Article 25(2) of and Annex V to Directive (EU) 2018/2001.

Life-cycle GHG emissions savings are calculated using the methodology referred to in Article 28(5) of Directive (EU) 2018/2001 or, alternatively, using ISO 14067:2018¹¹⁹ or ISO 14064-1:2018¹²⁰.

Quantified life-cycle GHG emission savings are verified in line with Article 30 of Directive (EU) 2018/2001 where applicable, or by an independent third party.

Where the CO₂ that would otherwise be emitted from the manufacturing process is captured for the purpose of underground storage, the CO₂ is transported and stored underground, in accordance with the technical screening criteria set out in Sections 5.11 and 5.12, respectively, of this Annex.

基準値として、94g-CO₂e/MJ の化石燃料比で水素は 73.4%削減 (3t-CO₂e/t-H₂ 未満)、水素を原料とした合成燃料は 70%削減とされている。算定境界は Life Cycle GHG emissions との記載があることから Well to Wheel と思われる。

(2) 米 インフラ投資・雇用法

米国のインフラ投資・雇用法案は、2021 年 8 月に上院、11 月に下院で可決され、11 月 15 日の大統領署名によって法として制定された。10 年間の予算額は本法の新規予算 0.55 兆ドルに既存の予算 0.65 兆ドルを加えた総額 1.2 兆ドルである。

このうち水素製造関連予算は、①水素製造拠点 4 か所の設置に 80 億ドル、②クリーン水素製造の研究開発に 5 億ドル、③水素製造コスト引き下げ等に 10 億ドルの計 95 億ドルとなっている。

この投資基準として「水素製造サイトでの排出量が 2kg-CO₂e/kg-H₂」とされているが、具体的には法案制定日から 180 日以内にエネルギー省長官が環境庁長官と協議し、CI 基準を策定するとしている。なお、算定境界は明記されていないが、「製造サイトでの」との記載があるため Gate to Gate と思われる。

別の上院及び下院提出済みの水素の税額控除に関する法案では基準を、「閾値 2.5kg-CO₂e/kg-H₂」や「SMR 水素製造比ライフサイクル GHG 排出量を 40%以上削減したもの」としており、ここの整合性も含めて引き続きの注視が必要である。

(3) 英 水素戦略

2021 年 8 月、英国の Department for Business, Energy & Industrial Strategy は UK Hydrogen Strategy を公表した。本戦略ではグリーン・ブルー水素を大量製造する計画が示されており、水素製造に関するキーコミットメントとして以下が掲げられている。

2.2 Hydrogen production



Key commitments

- Ambition for **5GW of low carbon hydrogen production capacity by 2030.**
- We will launch the **£240m Net Zero Hydrogen Fund** in early 2022 for co-investment in early hydrogen production projects.
- We will deliver the **£60 million Low Carbon Hydrogen Supply 2** competition.
- We will finalise design of **UK standard for low carbon hydrogen** by early 2022.
- We will finalise **Hydrogen Business Model** in 2022, enabling first contracts to be allocated from Q1 2023.
- We will provide further detail on our **production strategy and twin track approach** by early 2022.

2022 年初頭に 2 億 4 千万ポンドの Net Zero Hydrogen Fund を立ち上げること、および低炭素水素の英国基準を完成させることが記されている。本戦略では基準ないし基準案としての記載はされていないものの、水素製造時の CI として ATR (Auto Thermal Reforming) with CCS: 16.0 gCO₂e/MJ H₂ (LHV)、SMR with CCS: 21.4 gCO₂e/MJ H₂ (LHV) との例示されているため、この辺りが基準値になることが想定される。(参考：米インフラ法の 2kg-CO₂e/kg-H₂ は 16.7 gCO₂e/MJ H₂ (LHV) に相当)。

3.3 2.、3.1 及び 3.2 で得られた情報等を元にした以下の検討

3.3.1 IS 化を進めることの意義・価値の整理と実現の可能性についての分析・検討

燃料アンモニアの一連のバリューチェーンにおける各種機器・技術において、IS 化を進めることの意義・価値や実現可能性、ロードマップ及び戦略、実行手段、複数のシナリオ等について、各種機器・技術において日本が有する強み、日本企業のシェア、将来的な市場規模、IS 化達成希望時期などの観点から、各アイテムを担う国内の主要企業へのヒアリングを元に整理した。ヒアリングを踏まえると、今後は以下のような対応が考えられる。

- ① 最優先で IS 化に取り組むべきアイテムを抽出し、そのアイテムに対して、規格原案の作成に着手した。その技術が国際的に選択され普及するには、こういった要求事項、構成とすべきかなど、今後詳細な検討を実施する。
- ② 抽出したアイテムの提案方法について調査検討し、提案先候補として考えられる既存の TC (Technical Committee) の国内審議団体へのヒアリングを実施した。提案内容と既存 TC のスコープへの合致度、国際的な仲間作り等の観点から、引き続き調査検討を実施する。
- ③ 抽出したアイテムの目標の IS 化時期からバックキャストした IS 化工程や必要となる人的リソースについて検討した。①の規格原案や②の提案先など考慮し、今後見直しを図る。

以上