
令和 5 年度
質の高いエネルギーインフラの海外展開に向けた事業実施可能性調査事業

タイ王国・BLCP 石炭火力発電所における
アンモニア混焼に向けた
技術適用や経済性評価、CO2 削減計画等に関する
事業実施可能性調査事業
事業報告書

令和 6 年 2 月
株式会社 JERA
三菱重工業株式会社
三菱商事マシナリ株式会社
日本工営株式会社

目 次

第 1 章 調査の概要	1-1
1.1 調査の背景・経緯	1-1
1.2 調査の目的と対象分野	1-2
1.2.1 調査の目的	1-2
1.2.2 調査対象分野	1-2
1.3 調査団と調査工程	1-4
1.3.1 調査団の構成	1-4
第 2 章 タイ王国の概況	2-1
2.1 社会経済の概況	2-1
2.1.1 一般情報	2-1
2.1.2 政治体制	2-1
2.1.3 経済概況	2-2
2.2 地理と気候	2-4
2.2.1 地理	2-4
2.2.2 気候	2-4
第 3 章 タイ王国における電力セクター調査	3-1
3.1 タイ王国電力セクター方針	3-1
3.1.1 エネルギー開発及びカーボンニュートラル基本計画	3-1
3.2 タイ王国電力セクター概況	3-1
3.2.1 電力需給状況	3-1
3.2.2 電力需要予測	3-3
3.2.3 電源開発計画	3-4
3.2.4 電力セクター関連の基本法、関連法	3-5
3.2.5 電力セクターの構造	3-10
3.2.6 電力価格の構造	3-11
3.2.7 燃料供給	3-15
3.3 タイ王国における脱炭素化およびアンモニア利用概況	3-19
3.3.1 タイの脱炭素化	3-19
3.3.2 石炭火力発電の脱炭素化	3-21
3.3.3 アンモニア関連の基本法、関連法	3-21
3.3.4 アンモニアの製造、輸送	3-23
第 4 章 BLCP 石炭火力発電所における課題とニーズ	4-1
4.1 BLCP 石炭火力発電所の概要	4-1
4.2 BLCP 石炭火力発電所の運転状況	4-1

4.3 運転設備及び能力	4-2
第5章 本邦技術を活用した事業検討	5-1
5.1 本邦技術を活用した協力事業	5-1
5.1.1 タイ王国の電力セクターで導入可能な本邦インフラ技術	5-1
5.1.2 本邦インフラシステム海外展開 2025 と技術による解決の方向性	5-1
5.2 燃料アンモニアのサプライチェーン	5-2
5.2.1 ブルーアンモニア及びグリーンアンモニアの供給予測	5-2
5.2.2 ブルーアンモニア及びグリーンアンモニアの価格予測	5-4
5.2.3 オフテイク契約の実施	5-9
5.2.4 燃料アンモニア調達戦略	5-11
5.3 燃料アンモニア受入港及びアンモニア転換設備に係る概念設計	5-11
5.3.1 全体配置図	5-11
5.3.2 全体プロセス	5-12
5.3.3 燃料アンモニア受入設備	5-14
5.3.4 燃料アンモニア貯蔵・供給設備	5-14
5.3.5 アンモニア除害設備	5-17
5.3.6 既存ボイラ用アンモニア転換設備	5-18
5.3.7 環境保全設備	5-24
5.3.8 燃料アンモニア基地設備全体電源計画	5-28
5.3.9 燃料アンモニア基地設備制御装置計画	5-29
5.3.10 想定災害と防災設備計画	5-31
5.3.11 アンモニア受入設備の課題	5-32
5.3.12 アンモニア燃料への 20cal%転換設備における課題	5-32
5.4 燃料アンモニアサプライチェーンに関わる法規	5-33
5.4.1 日本におけるアンモニア法規制	5-33
5.4.2 日本におけるアンモニアサプライチェーンに関わる法規	5-34
5.4.3 発電用火力設備に関する技術基準	5-35
5.4.4 電気事業法におけるアンモニアに関する技術基準改正	5-36
5.4.5 タイにおけるアンモニアサプライチェーンに関わる法規	5-38
5.4.6 有害物質法および燃料管理法の貯蔵に関する主要管理・技術規定項目	5-40
5.4.7 日本およびタイにおける法規の比較	5-40
5.4.8 構築すべき法令・基準	5-41
5.5 プロジェクト実施コストの見積	5-42
5.5.1 建設コスト	5-42
5.5.2 運転コスト	5-42
5.6 事業工程	5-43

5.6.1.....	5-44
5.7 環境社会配慮.....	5-44
5.7.1 環境・気象変動およびこれに係る社会配慮の世界動向.....	5-44
5.7.2 タイにおける環境分野の基本法と関連法規.....	5-45
5.7.3 環境社会配慮に関連する法規.....	5-55
5.7.4 EIA の枠組み.....	5-56
5.7.5 プロジェクトにおいて想定される環境社会配慮上の留意事項と検証状況 の整理.....	5-59
5.8 課税項目及び免税手続き.....	5-63
5.8.1 課税項目.....	5-63
5.8.2 免税手続き.....	5-66
5.8.3 優遇税制.....	5-69
第6章 エネルギー起源 CO ₂ の排出抑制量の試算.....	6-1
6.1 ボイラでのアンモニア転換による排出抑制量.....	6-1
6.2 燃料アンモニアサプライチェーンでの排出抑制量.....	6-1
第7章 事業全体評価及び商用化に向けた課題と方針.....	7-1
7.1 経済性評価.....	7-1
7.1.1 ケース設定.....	7-1
7.1.2 前提条件.....	7-1
7.2 環境影響評価.....	7-1
7.2.1 火力発電に係る一般的な EIA の項目.....	7-1
7.2.2 スコーピング.....	7-2
7.2.3 予備的影響評価.....	7-8
7.2.4 予備的評価結果と提言.....	7-11
7.3 事業全体評価（経済性、環境影響等）.....	7-12
7.4 商用化に向けた課題と方針.....	7-13
7.4.1 商用化後の事業体制.....	7-13
7.4.2 日本政府による補助金制度について.....	7-13
7.4.3 最後に.....	7-18

図表目次

図

図 1.1 調査団の構成.....	1-4
図 1.2 調査工程	1-5
図 2.1 経済成長率.....	2-3
図 3.1 電力需要状況.....	3-2
図 3.2 電力需要状況.....	3-3
図 3.3 電力需要予測.....	3-3
図 3.4 電源開発計画.....	3-4
図 3.5 電源開発状況.....	3-5
図 3.6 タイの法体系.....	3-6
図 3.7 ESB 体制	3-11
図 3.8 電力価格の構造.....	3-13
図 3.9 電力消費別の電力価格.....	3-14
図 3.10 電力消費者別の電力価格.....	3-14
図 3.11 燃料供給.....	3-15
図 3.12 タイ国内の天然ガス消費と電力セクターへの供給.....	3-16
図 3.13 タイ国内の天然ガス消費と電力セクターへの供給.....	3-16
図 3.14 タイ国内の天然ガス消費と電力セクターへの供給.....	3-17
図 3.15 タイ国内の褐炭・石炭消費と電力セクターへの供給.....	3-18
図 3.16 タイ国内の褐炭・石炭消費と電力セクターへの供給.....	3-18
図 4.1 BLCP の概略系統図.....	4-2
図 5.1 ブルーアンモニア及びグリーンアンモニアの供給予測.....	5-2
図 5.2 ブルーアンモニア及びグリーンアンモニアの供給予測.....	5-3
図 5.3 試算結果	5-5
図 5.4 試算結果	5-6
図 5.5 試算結果	5-7
図 5.6 試算結果	5-7
図 5.7 市場価格の予測.....	5-8
図 5.8 S 字カーブおよび上限下限価格の効果.....	5-10
図 5.9 燃料アンモニアサプライチェーンにおける本章研究改造範囲	5-18
図 5.10 脱硝プロセス概要図.....	5-25
図 7.1 商用化後の事業体制.....	7-13
図 7.2 電源投資の課題と投資判断に必要な要素.....	7-14
図 7.3 長期脱炭素電源オークションの方式.....	7-15

図 7.4 長期脱炭素オークションのスキーム	7-15
図 7.5 支援範囲イメージ	7-16
図 7.6 支援制度のイメージ	7-18

表

表 2.1 経済成長率.....	2-3
表 3.1 タイの電力セクター及び電力事業関連基本法.....	3-7
表 3.2 BLCP における遵守法規.....	3-10
表 3.3 電力価格の構造.....	3-12
表 3.4T-VER によるクレジット発行の対象プロジェクトタイプ.....	3-19
表 3.5 有害物質リストおよび保管マニュアルにおける規定.....	3-23
表 5.1 コスト内訳.....	5-4
表 5.2 ボイラ概略仕様.....	5-19
表 5.3 純度 100%のアンモニア性状.....	5-19
表 5.4 本検討に採用するアンモニアガス性状.....	5-20
表 5.5 本検討に用いる石炭性状（到着ベース）.....	5-20
表 5.6 日本におけるアンモニア法規制.....	5-34
表 5.7 日本におけるアンモニアサプライチェーンに関わる法規.....	5-35
表 5.8 電気事業法および火技に規定された主要技術基準項目.....	5-36
表 5.9 電気事業法技術基準改訂概要.....	5-37
表 5.10 日本におけるアンモニアサプライチェーンに関わる法規に相当するタイの法規	5-39
表 5.11 有害物質法および燃料管理法の貯蔵に関する管理・技術規定項目.....	5-40
表 5.12 日本およびタイにおける法規の比較.....	5-41
表 5.13 気候変動枠組み条約へのタイ国からの提出文書.....	5-45
表 5.14 タイ王国憲法（2017）における環境関連の規定.....	5-46
表 5.15 環境関連の法律(Acts)及びその概要.....	5-47
表 5.16 環境基準に関する省令・告示名一覧.....	5-48
表 5.17 タイにおける大気質環境基準.....	5-49
表 5.18 工業地帯周辺海域における海水水質基準.....	5-50
表 5.19 各排出基準を定めた省令・告示の一覧.....	5-51
表 5.20 タイにおける排ガス基準値.....	5-52
表 5.21 BLCP における排ガス基準値.....	5-53
表 5.22 発電容量 100MW 以上の新設石炭火力発電プラントにおける排ガス基準値(2023)	5-53
表 5.23 タイにおける排水基準値.....	5-54
表 5.24 タイにおける悪臭・騒音基準値.....	5-55
表 5.25 EIA に係る法規制.....	5-55
表 5.26 アンモニア転換の実施に伴い想定される環境社会配慮上の留意事項.....	5-60
表 5.27 タイの税法.....	5-64

表 5.28 付加価値税が課税されない物品・サービス	5-65
表 5.29 付加価値税の非課税対象.....	5-67
表 5.30 関税の免税手続き並びに留意点.....	5-68
表 5.31 投資委員会による税制上の恩典.....	5-69
表 7.6 火力発電に係る一般的な EIA の項目	7-2
表 7.7 スコーピング結果.....	7-3
表 7.8 予備的影響評価（汚染対策・通常操業時）	7-9
表 7.9 予備的評価（自然環境・通常操業時）	7-9
表 7.10 スコーピング結果及び予備的評価（社会環境・通常操業時）	7-10
表 7.11 予備的評価（事故・非常時）	7-11
表 7.12 BLCP におけるアンモニア転換においてモニタリングすべき項目	7-12
表 7.13 事業全体評価結果.....	7-12

第1章 調査の概要

1.1 調査の背景・経緯

タイ王国（以下、タイ）と日本は、600 年にわたる交流の歴史を持ち、伝統的に友好関係を維持している。長年の両国の王室・皇室間の親密な関係を基礎に、政治・経済・文化など幅広い面で緊密かつ重層的な関係を築いており、人的交流は極めて活発である。日本との経済関係について、1980 年代後半以降、日本企業は円高を背景に積極的にタイに進出し、タイの経済成長に貢献しており、1997 年 7 月に顕在化した通貨経済危機に関して、日本は大規模な資金的・人的協力を実施した。2007 年、日タイ経済連携協定を発効するなど、タイは我が国においても重要な国である。

2023 年 1 月 12 日、「日本国経済産業省とタイ王国エネルギー省との間のエネルギーパートナーシップ実現に関する協力覚書」に基づき、我が国経済産業省とタイエネルギー省は第 5 回日タイエネルギー政策対話を実施した。政策対話では、両国のエネルギー政策に関して意見交換を行ったほか、カーボンニュートラルに向けた日タイの企業間の具体的な協業に関する覚書の合同署名式を開催し、小林国際資源エネルギー戦略統括調整官とクリット次官がそれぞれの署名に立ち会った。合同署名式では「BLCP 石炭火力発電所におけるアンモニア混焼に向けた技術適用や経済性評価、CO2 削減計画などの検討に関する覚書」を JERA、MHI、三菱商事株式会社（以下、三菱商事）、Electricity Generating Public Company Limited（以下、EGCO）、Banpu Power Public Company Limited（以下、BPP）、BLCP Power Limited（以下、BLCP）間で締結し、BLCP 石炭火力発電所におけるアンモニア転換に向けて共同で検討を実施することとなった。

タイエネルギー省が発行するエネルギー政策の 1 つである電源開発計画（PDP）に、アンモニア転換は現状対象として記載されていない。一方、タイでは BLCP のような大規模石炭火力発電所は少なく、エネルギーセキュリティの観点からは存続すべきと考えられる。その際、2050 年のカーボンニュートラルおよび 2065 年のゼロエミッション達成を目指すタイとしては、電源の脱炭素化は必須である。そのため、アンモニア転換技術はタイにとって有効な手段であり、本調査を通して次期 PDP へアンモニア転換を含めるよう働きかけ、タイにおける本技術の導入を後押しする。

1.2 調査の目的と対象分野

1.2.1 調査の目的

気候変動対策は世界的に喫緊の課題である。世界の平均気温の上昇を 1.5 度未満に抑えるための温室効果ガス排出量の削減が、気候変動に対応する国際的な枠組みであるパリ協定の重要な目標となっている。また、国連の持続可能な開発目標（SDGs）において、目標 13（気候変動とその影響に立ち向かうため、緊急対策を取る）は気候変動に具体的な対策を求めている。我が国をはじめとする先進各国は、2050 年カーボンニュートラル（温室効果ガス実質排出量ゼロ）の野心的な目標を掲げ、その実現に向け電力および非電力である運輸、産業、民生などエネルギーの需要側も含め多角的な取り組みを進めている。その中でも、電源の脱炭素化は重要な取り組みである。2021 年に開催された第 26 回国連気候変動枠組み条約締約会議（2021, Glasgow UK）（以下、COP26）において、石炭火力発電への支援を終了するための共同声明「Global Coal to Clean Power Transition Statement」が出され、その中で、主要国では 2030 年代、その他の国では 2040 年代に、石炭火力発電を段階的に廃止することが盛り込まれている。経済の持続可能な発展の中、経済と環境の好循環を生み出し、地域社会に利益をもたらす最適な形で、化石燃料電源から脱炭素電源への移行が必要である。

このような世界の状況を踏まえ、我が国経済産業省とタイエネルギー省は前述の日タイ企業間の具体的な協業に関する覚書の合同署名式を開催、その中の具体的な取り組みの一つとして、タイ王国・BLCP 石炭火力発電所におけるアンモニア転換に向けた技術適用や経済性評価、CO₂ 削減計画などの検討が実施されることとなった。本事業は、① BLCP 石炭火力発電所における、本邦技術を活用したアンモニア 20%転換、②短期・中期・長期の価格見積もりを含むアンモニアの納入のためのサプライチェーン構築、③アンモニアバリューチェーンの全体評価、法令環境調査・課題抽出、並びに①、②夫々において案件形成に向けた事業実施可能性調査を実施するものである。

1.2.2 調査対象分野

本事業では、以下のそれぞれの分野について、本邦技術を活用した将来的な案件形成に向けて、現地調査、並びに本邦技術を適用した案件候補の検討を行う。

（１）プロジェクトサイトの調査

BLCP はバンコクから南東へ約 200km に位置する、EGCO および BPP が 50%ずつ出

資する石炭火力発電所である。1 号機、2 号機共に出力 717MW であり、ボイラ、タービンは MHI が、発電機は三菱電機株式会社が納入し、2006-2007 年に順次稼働を開始した。JERA、MHI および三菱商事は 2023 年 1 月に BLCP、EGCO および BPP と、BLCP におけるアンモニア転換の導入に向けた事業化調査に関する覚書（添付書類 1）を締結。アンモニア転換においては、アンモニア受入設備や燃焼設備などの追設が必要となることからその仕様検討、配置計画や設置のための課題の抽出を行う。

（２）バリューチェーンごとの技術検討

１）燃料アンモニア調達

BLCP 向けの燃料アンモニア調達について検討する。足元ではアンモニアの価格は石炭に比べて高価となるが、輸送費を含んだアンモニア価格の将来見通しを算出し、BLCP 向けの燃料アンモニア調達戦略を検討する。

２）受入設備

BLCP への燃料アンモニア持ち込みを想定し、必要設備の選定、追加設備導入費用概算算出、導入スケジュール策定、課題の抽出を行う。既設燃料および燃料アンモニアの配船調査、計画を行う。なお、配船計画結果によっては、既設港湾施設(桟橋)の増強・増設も検討する。新設設備として、ローディングアーム、タンク、アンモニア気化器、パイプラインを検討する。タンク設計に必要となるプロット図は BLCP から入手し活用する。

３）火力発電設備（ボイラ）

カロリーベースで転換率 20%を前提とし、火力発電設備改造内容の検討を行う。2 基を対象とするが、詳細については 1 基を対象とし必要設備の選定、追加設備投資金額概算算出、スケジュール策定、課題の抽出を行うほか、必要となる燃料アンモニア数量の算出を行う。2 基目の適用については 1 基の検討より類推して改造内容を想定する。

４）環境装置（脱硝）

アンモニアを燃焼しても CO2 は発生しない一方で、人体にも悪影響を及ぼす窒素酸化物(NOx)を排出する為、ボイラ出口で脱硝処理を施す必要がある。カロリーベースで 20%転換を行う場合を想定し、脱硝追設の要否含め、必要設備の選定、追加設備投資金額概算算出、スケジュール策定、課題の抽出を行い、必要なユーティリティ量の算出を行う。

(3) バリューチェーン全体評価

1) - 4) までの検討結果を踏まえ、調達した燃料アンモニアを、BLCP で 20% 転換した場合の、サプライチェーンを評価する。併せて、本燃料アンモニアバリューチェーンおよび CO2 削減等の総合的な経済性評価を行う。

1.3 調査団と調査工程

1.3.1 調査団の構成

本事業における調査団の構成を下の図 1.1 に示す。

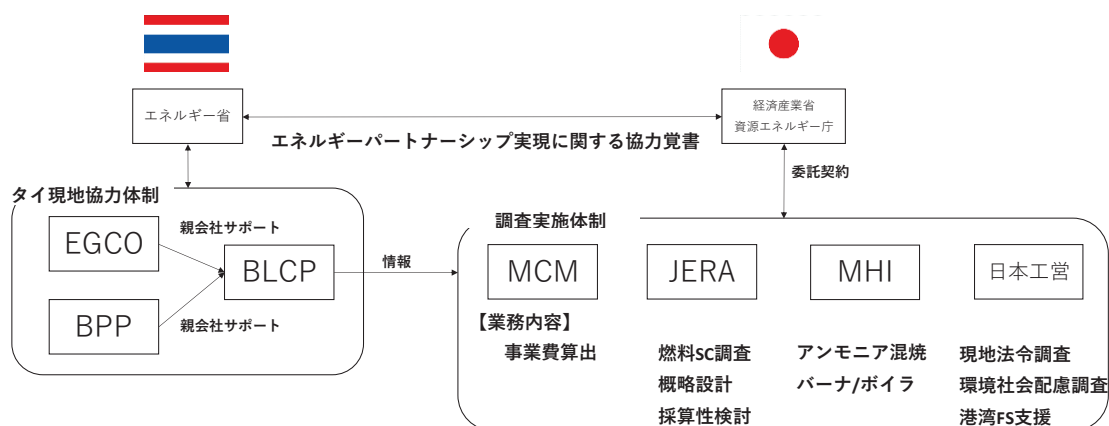


図 1.1 調査団の構成

調査工程を以下の図 1.2 に示す。

(*本調査に関し、タイ国エネルギー省へ説明済み)



図 1.2 調査工程

第2章 タイ王国の概況

2.1 社会経済の概況

2.1.1 一般情報

(1) 基礎情報

タイ王国（以下、タイ）の人口は約 6,609 万人（2022 年）。国民の 94%が仏教を信仰しており、その他イスラム教を信仰している国民もいる。国民の大多数がタイ族であり、その他華人、マレー族などが暮らしている。面積は 51.4 万 km² で日本の約 1.4 倍の国土を有しており、首都はバンコク。公用語はタイ語である。

(2) 我が国との関連性

タイと日本は 600 年にわたる交流の歴史をもち、伝統的に友好関係を維持している。長年の両国の皇室・王室間の親密な関係を基礎に、政治・経済・文化など幅広い面で緊密かつ重層的な関係を築いており、人的交流は極めて活発である。2022 年には日タイ修好 135 周年を迎えた。

経済関係については 1980 年代後半以降、日本企業は円高を背景に積極的にタイに進出し、タイの経済成長に貢献しており、1997 年 7 月に顕在化した通貨経済危機に関して、日本は大規模な資金的・人的協力を実施した。2007 年、日タイ経済連携協定を発効するなど、タイは我が国においても重要な国である。

2.1.2 政治体制

(1) 基礎情報

20 世紀はじめまで絶対王政の国だったが、1932 年に軍人や文官らによる「立憲革命」がおきて立憲君主制に移行した。国王の権力は一時低下したが、世界大戦や共産主義勢力の東南アジア地域での拡大といった国際情勢を反映した形で軍部が国王の権威を盛り立てながら実権を拡大して、軍人に権力が集中した権威主義体制が継続した。

その後、1972 年に発布された暫定憲法により政権に権力が集中したが、経済悪化を背景に学生を中心とする反政府デモが発生した。1973 年にデモ隊に対して政府側が発砲したことをきっかけに「血の日曜日事件」が発生し、事態収束を迫られた当時の内閣は総辞職し、27 年続いたタイの軍事政権は崩壊した。

1980 年代から 1990 年代にかけて民主化が発展し、冷戦終結による軍部の影響力が

相対化する中で「1997 年憲法」の下で急速に勢力を拡大したタクシン党首率いるタイ愛国党と、これに反発する勢力の政治的対立が深刻化してきた。

（２）現政権と昨今の政治情勢

2023 年 5 月 14 日に下院総選挙が行われ、タイ前進党が 151 議席、タイ貢献党（旧タイ愛国党）が 141 議席と民政派が多くの議席を獲得した。首相指名には上下院合計議席数 750 のうち、過半数となる 376 票が必要も、いずれの勢力においても単独で条件を満たす党はなく連立組成が焦点となった。

その中で、第 2 党のタイ貢献党が 2023 年 8 月 21 日に新政権発足を目指す連立の枠組みを発表した。連立には、タイ貢献党を筆頭に、第 3 党のタイ名誉党や国家建設タイ合同党、国民国家の力党など 11 党が名を連ね、タイ貢献党のセター氏が新首相に指名された。

2.1.3 経済概況

（１）概況

外需を中心に成長し、経済成長率は 2015 年に 3.1%、16 年は 3.4%、17 年と 18 年は 4.2%となった。しかし、2019 年は米中貿易摩擦の影響もあり 2.2%の成長率にとどまった。2020 年には、世界的な新型コロナウイルス感染症の蔓延の影響により、-6.1%と 2009 年以来の一成長となったが、世界経済の回復による輸出の回復に伴い 2021 年には 1.5%にまで改善した。その後、GDP の水準は、2022 年第 3 四半期には、新型コロナウイルス感染症拡大前（2019 年第 4 四半期）の水準までに回復し、同年の成長率は 2.6%となった。

国家経済開発委員会（Office of the national economic and social development council）（以下、NESDC）が 2023 年 11 月 20 日に発表した速報値によると、2023 年第 3 四半期の実質経済成長率は前年同期比 1.5%である。

前年同期比 [%]

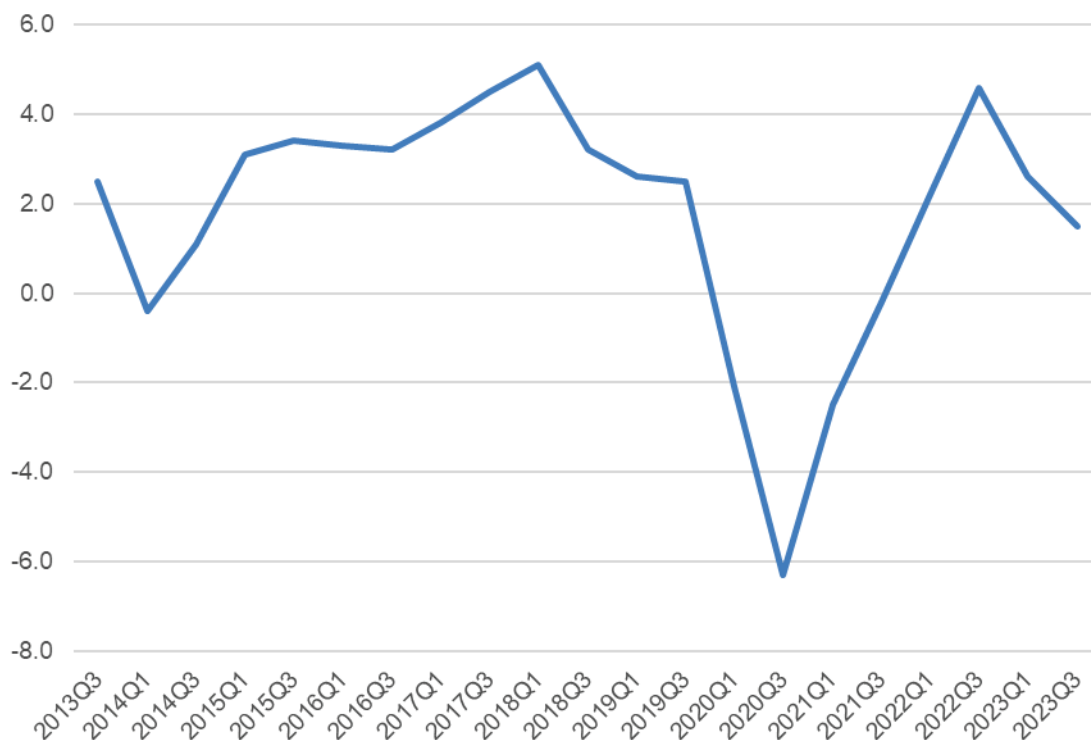


図 2.1 経済成長率

出典：NESDC の GROSS DOMESTIC PRODUCT, CHAIN VOLUME MEASURES Q3/2023 に基づき調査団にて作成

表 2.1 経済成長率

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
前年同期比 [%]	2.7	1.0	3.1	3.4	4.2	4.2	2.2	▲6.1	1.5	2.6

出典：NESDC の GROSS DOMESTIC PRODUCT, CHAIN VOLUME MEASURES Q3/2023 に基づき調査団にて作成

(2) 貿易

2022 年における主要輸出相手国は 1.米国 (16.6%)、2.中国 (12.0%)、3.日本 (8.6%) であり、主要輸出品目は、機械、自動車・同部品、電気機器・同部品、輸出総額は 2,871 億ドルである。

一方、主要輸入相手国は 1. 中国 (23.4%)、2. 日本 (11.4%)、3. 米国 (6.0%) であり、主要輸入品目は、原油、電機機器・同部品、機械・同部品、化学品、輸入総額は 3,3032 億ドルである。

(3) 国内消費

米中貿易摩擦を要因に 2019 年より低調気味であった消費者信頼感指数は、2020 年 3 月以降、新型コロナウイルスの影響で急落した。一時は回復傾向にあったが、2020 年 12 月の第 2 波発生で再度下落に転じ、さらに第 3 波発生で 2021 年 4 月から 8 月にかけては最低値を記録した。2021 年 9 月以降は規制緩和などを背景に小幅上昇を続けるも、2022 年 1 月はオミクロン株の流行により再下落となった。2022 年 2 月はロシアによるウクライナ侵攻による原油価格の高騰のためさらに悪化。2022 年 6 月以降上昇傾向だが、インフレ懸念による消費者の不安感があるため回復速度が遅い状況である。

2.2 地理と気候

2.2.1 地理

タイは国土 51.4 万 km²（日本の約 1.4 倍）で、インドシナ半島の中央部に位置する東南アジア屈指の工業国である。タイはインドシナ半島の中央部を占め、西から北にミャンマーとの国境線が延び、北東はメコン川を境にラオスと接し、南東はカンボジアに、南はマレーシアに接する。首都はバンコクで、タイにおける首位都市として圧倒的な地域を保っている。

2.2.2 気候

タイの気候は熱帯モンスーン気候のため、6～10 月の雨期と 11～5 月の乾期に大別できる。バンコクの年間平均気温は 29.4℃、平均湿度 73.4%（2022 年）と高温多湿で年中蒸し暑い。特に 4～5 月が最も暑く、日中は気温 40℃近くなる日もある。6～10 月の雨期には毎日 1～2 時間雨が降る日もあり、道路の冠水による交通渋滞を引き起こすことがある。

第3章 タイ王国における電力セクター調査

3.1 タイ王国電力セクター方針

3.1.1 エネルギー開発及びカーボンニュートラル基本計画

タイ国におけるエネルギー政策は、エネルギー省の一部局であるエネルギー政策・計画局（EPPO）が取りまとめを務め、国家エネルギー政策委員会（NEPC）が管轄している。

国家エネルギー政策委員会（NEPC）の下で、エネルギー政策は、PDP、省エネルギー計画（EEP）、代替エネルギー計画（AEDP）、ガス計画（GAS）、石油計画（OIL）の5つの計画から構成されている。特に PDP では、2018 年に改訂版の PDP2018Revision が発出され、2032 年までの電源開発の方向性が示された。具体的には、以下の内容の通りになる。

3.2 タイ王国電力セクター概況

3.2.1 電力需給状況

タイ国は、2020 年に発生した Covid-19 の影響を受けた 2020 年、2021 年を除き、経済成長とともに年々電力消費量が増加している。下図の通り、年間電力消費量は、2002 年に 10 万 GWh、2022 年にその約 2 倍の 19.7 万 GWh に達し、2002 年から年平均(CAGR) 約 3.5%で成長している。また、部門別で、最も消費量が多いのは産業用（45～50%）、次いで家庭用と商業用となっている。

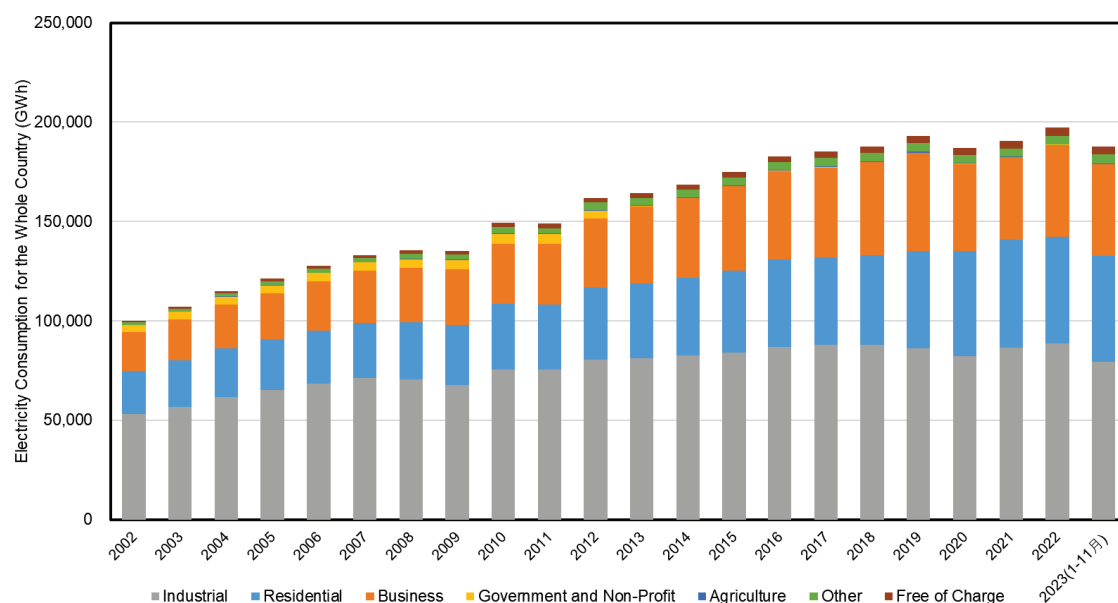


図 3.1 電力需要状況

出典：タイ エネルギー省公表情報より JERA 作成

タイの電源別年間発電量は、ここ 20 年間で経済成長に伴い、2002 年の約 11.1 万 GWh から 2022 年の約 21.6 万 GWh への約 94%増加している（下図参照）。タイは石油・ガスの産出国であるが、天然ガスの需要拡大に応じて、液化天然ガス（LNG）の輸入を拡大している。電力部門では、依然としてガス火力が主な電源構成（約 60%）である。2022 年時点では、天然ガス 53.1%、石炭・褐炭 16.5%、輸入 16.4%（水力が約 7 割）、再エネ 10.1%等の順になっている。タイはここ 10 年間で、脱炭素化に向けて再エネの普及を後押しし、再エネ電源を着実に拡大してきている。

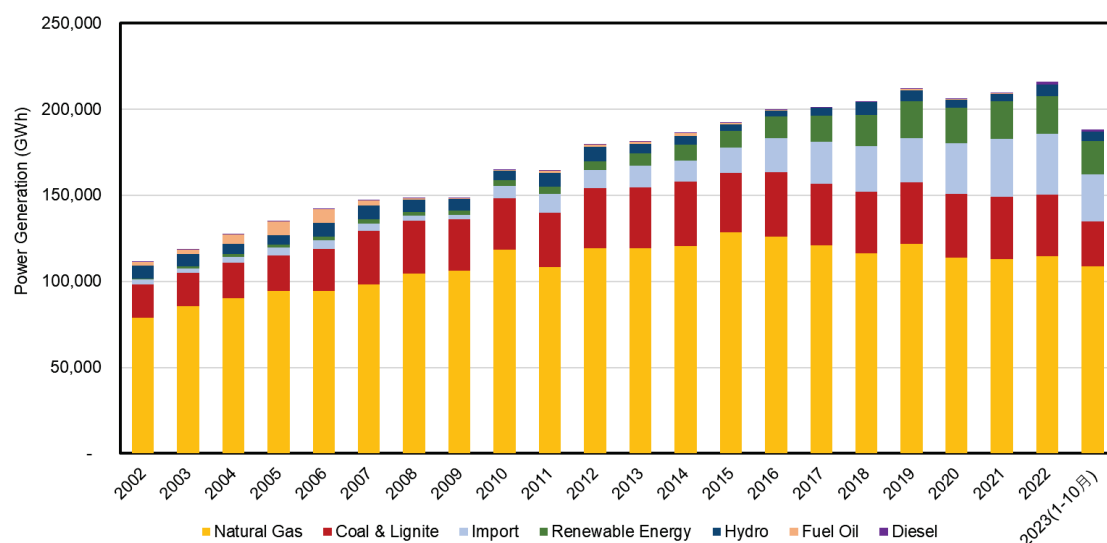


図 3.2 電力需要状況

出典：タイ エネルギー省公表情報より JERA 作成

3.2.2 電力需要予測

タイは PDP について、現在、2020 年 10 月に公表された現行の PDP2018 Rev.1（2018～37 年）を適用しているため、PDP2018 Rev.1 における今後の電力需要予測と実績を下図（EGAT/MEA/PEA の送配電網以外の自家発電等を考慮していない）に示す。PDP2018 Rev.1 では、電力需要（発電量）が 2037 年まで年平均で約 3.2%増加すると予測したが、2020 年より Covid-19 の影響を受けたことから、需要実績が大幅に予測値を下回った。また、ピーク電力についても、実績は予測値に比べて、2020 年より低下傾向で推移し、2018～2022 年間に於いて平均約 8%減で予測値を下回った。

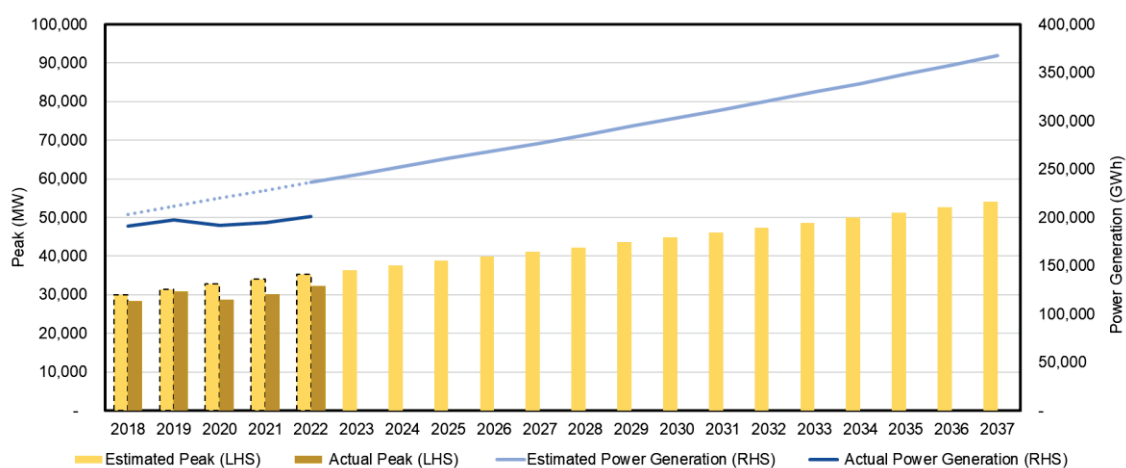


図 3.3 電力需要予測

出典：エネルギー省の公開情報より JERA 作成

3.2.3 電源開発計画

2020 年 10 月に発表された、PDP2018 Rev.1 がタイにおける電源開発の指針であり、燃料別発電量は下図の通りになる。2018 年時点では、48,002MW から 2037 年までには 77,211MW へと増加することを見込んでおり、発電量の燃種の過半はガスが占めている。一方で、タイのエネルギー省では、次期 PDP の作成検討を進めており、タイ政府の脱炭素目標である、2050 年のカーボンニュートラル、2065 年のゼロエミッション達成に沿う形での計画立案が進められるものとする。

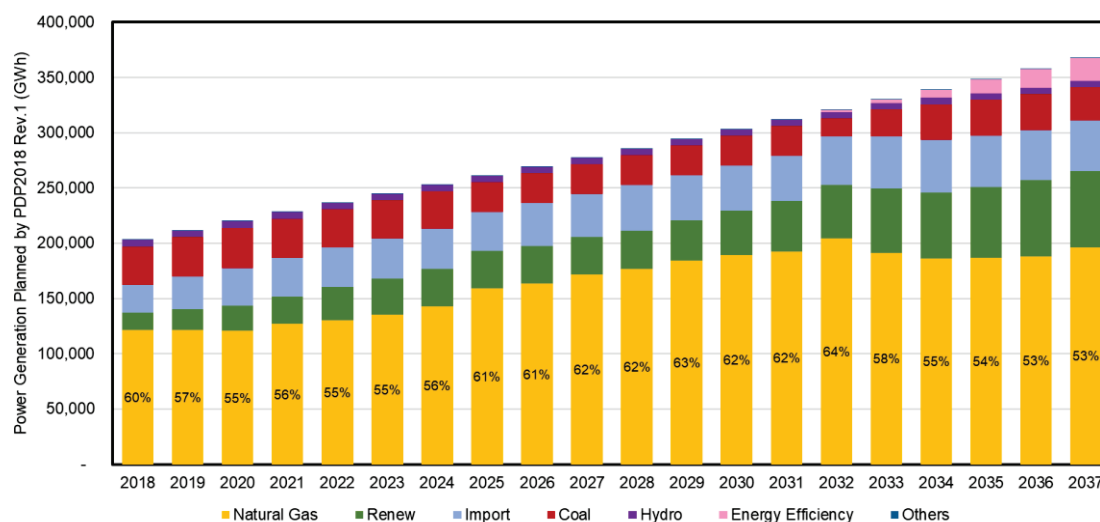


図 3.4 電源開発計画

また、PDP2018 Rev.1 では、2037 年までに発電設備容量を計 56,431MW 増設し、そのうち再エネを計 20,766MW と最も大きく増やせることを計画している（下記円グラフ参照）。これには、全土各地域の電力供給の基盤強化・安定化、発電コストの低減化のほか、天然ガスへの依存低減や新技術への対応に向けて、再エネ電源拡大とともにエネルギー効率向上等を目指している。

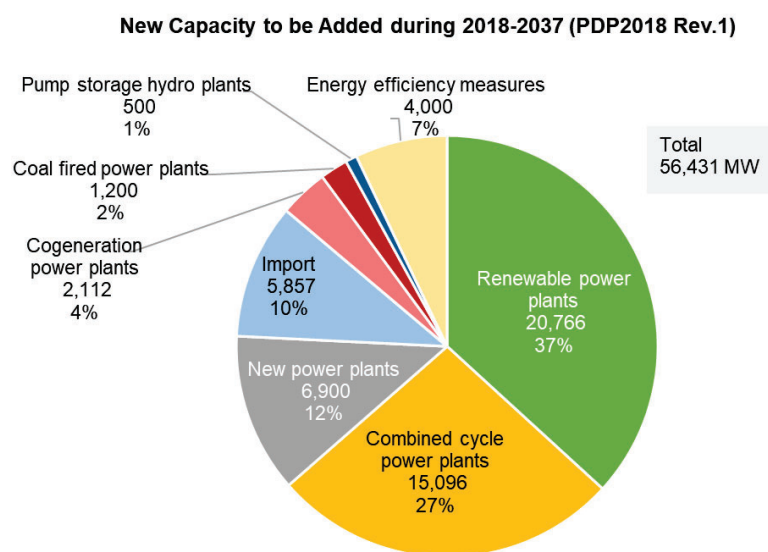


図 3.5 電源開発状況

3.2.4 電力セクター関連の基本法、関連法

(1) タイの法体系

タイの法体系を図 3.1 に示す。

タイの法体系のうち、強制力を伴う規定の多くは、立法府および行政府がそれぞれの権利により制定した成文法に基づいている。法体系上の最高法源は、タイ王国憲法である。現憲法は 2014 年のクーデター後、2017 年 4 月 6 日に公布・施行されたものである。憲法の下位に法律以降が制定されている。

行政府は、下位法規として、省令、省告示、局告示を制定することができる。

優先順位は憲法が最高法源であり、以降は図に示すとおりである。法令の法的効力は、階層によって適用され、より上位の法令に根拠があることにより強制力を有するものであり、下位の法令に規定された内容は上位法令に反することはできない。

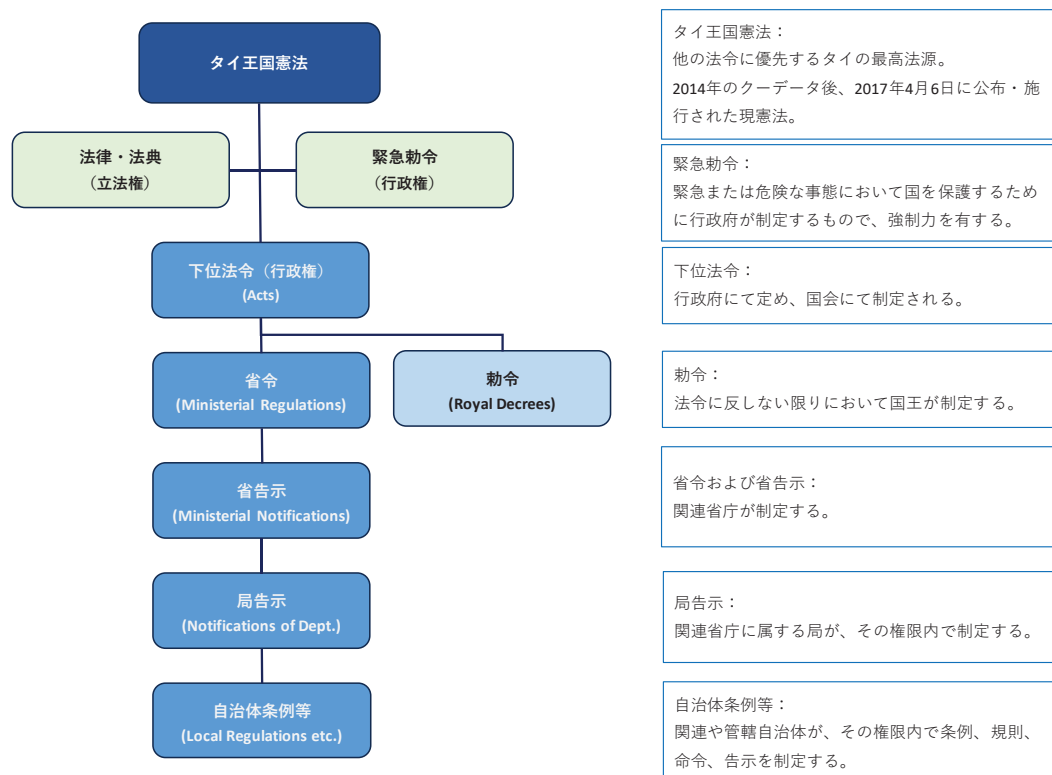


図 3.6 タイの法体系

出典：調査団にて作成

（２）電力セクターおよび電力事業に関連する基本法

タイの電力セクターおよび電力事業関連基本法を、表 3.1 タイの電力セクター及び電力事業関連基本法に示す。電力事業運営に関わる基本法はエネルギー事業法で、同法の所轄省庁はエネルギー省 (Ministry of Energy, MOE)である。

表 3.1 タイの電力セクター及び電力事業関連基本法

法令名	所轄省庁	制定年	概要
エネルギー事業法 (Energy Industry Act)	MOE	2007 年	電力・天然ガス事業を規制する基本法。
燃料管理法 (Fuel Control Act)	MOE	1999 年	燃料に使用する石油、天然ガス及び液化石油ガス等の取り扱いに関する法。
国家環境保全推進法 (Enhancement and Conservation of National Environment Quality Act)	MNRE	1992 年	環境分野の基本法。これに基づく省令や告示には大気や水質の環境基準が規定されている。
工場法 (Factory Act)	MIND	1992 年	労働者の安全確保および公害防止・環境保護を目的とした法。
工業団地法 (IETA Act)	MIND	1979 年	IEAT の設立とその目的、業務を規定し、IEAT は、工業団地の管理・運営などを規定する法。
労働安全衛生環境法 (Occupation Safety, Health, and Environment Act)	MOL	2011 年	労働安全・衛生・管理に対する危険をなくすことを目的とした法。

出典：調査団にて整理・作成

(3) 電力セクターおよび事業に関わる基本法と概要

1) エネルギー事業法

エネルギー事業法は、2007 年にタイにおける電力・天然ガスを規制する基本法として制定された。同法では、エネルギー事業に関する基本政策、エネルギー規制委員会の設立と役割、エネルギー事業営業許可制度、エネルギー料金、エネルギー事業運営における標準と安全性、エネルギー・ネットワーク・システム、エネルギー利用者保護、罰則などが規定されている。

第 7 条には同法の目的について以下の通り示されている。

- ① エネルギー消費者と事業許可取得者の双方の公平性を保ちつつ、適切かつ安全なエネルギーサービスを促進する。
- ② 料金およびサービス品質の両面でエネルギー消費者の利益を保護する。
- ③ エネルギー事業における競争を振興し、エネルギー事業における不当な権限行使を防止する。

- ④ 不当な差別なく、エネルギー・ネットワーク・システムのサービスが公正で透明であるよう振興する。
- ⑤ エネルギー事業の効率的運営を促進し、事業許可取得者とエネルギー消費者の双方に公正であるよう振興する。
- ⑥ 利害関係者にとって公正である原則のもとに、エネルギーへの参加、アクセス、利用、管理に関してエネルギー消費者、地域社会、一般大衆、事業許可取得者の権利と自由を保護する。
- ⑦ 環境への影響と天然資源のバランスを考慮し、エネルギー事業運営におけるエネルギーと資源の経済的で効率的な利用を振興する。
- ⑧ 電力事業運営において環境への影響が少ない再生可能エネルギー利用を振興する。

第3節に「エネルギー事業運営における標準と安全性」に関する条項があり、ERC の布告で示された規則に従わなければならないと、規定されている。これは、一般的条項であるとともに以降の電力系統に関する条項が主体である。

2) エネルギー規制委員会による規定

エネルギー事業法に基づき、独立した規定機関として ERC が 2008 年に設立された。ERC は政府の政策枠組みに従って、エネルギー事業全般の監督・監視、ライセンス付与、料金設定規定、エネルギー事業運営の安全基準、再生エネルギー促進を実施するとともに、関連規則、基準、告示、手順などを発行する権限と責任を有している。

(4) 燃料に関わる基本法と概要

1) 燃料管理法

1999 年に燃料に使用する天然ガス及び液化石油ガス等の取扱を規定した法であり、2007 年に一部を改定している。本法では人、動物、植物、財産もしくは環境に影響を与える迷惑行為、損害もしくは危険を保護もしくは予防するため、あるいは経済的および社会的条件に適合する燃料管理業務のガイドラインを決定することを目的として、燃料の保管、輸送、使用、流通および小包装に関する要件、および燃料に関連するその他の管理要件等を規定している。また、省令や告示には石油貯蔵設備や天然ガスおよび液化石油ガス設備の貯槽や保管設備の技術、安全および管理について詳細が規定されている。

(5) 環境に関わる基本法と概要

1) 国家環境保全推進法

1975 年国家環境保全推進法に代わるものとして 1992 年に制定されたタイにおける環境分野の基本法。水質汚染や環境汚染、廃棄物管理、騒音などの公害対策全般について規定されている。本法では具体的な規制数値は示されておらず、本法に基づく省令もしくは告示にて規定されている。なお、環境影響評価（EIA）制度については本法の下で運用される。

(6) 労働安全衛生に関する基本法と概要

1) 労働安全衛生環境法

1998 年に労働保護法が制定され安全衛生に関する規定が盛り込まれていたが、その後労働安全衛生に関する法律を整備し、管理することの重要性が認識され 2011 年労働安全衛生環境法が制定された。本法は、労働安全・衛生・環境に対する危険をなくすことを目的として、使用者および被雇用者の義務を規定している。

種々の下位法令によって、安全管理者の届出、労働安全衛生環境委員会の設置（従業員 50 名以上の事業所）、安全部門の設置（従業員 200 名以上の事業所）、職場の環境測定、防災対策などの要求を規定している。監督省庁は、労働省労働保護福祉局である。

2) 有害化学物質に関わる労働基準

労働安全衛生環境法の下位省令の一部として、有害化学物質について 2013 年有害物質に関わる労働安全・衛生・環境面の管理運営と実施の標準を定める省令が公布された。

本法は、有害化学物質に関する作業を行う従業員が安全に作業を行えるようにすることを目的としている。有害化学物質とは毒性、腐食性、爆発や火災を引き起こす重篤な反応物などを含むと定義されている。本法では、有害化学物質の届出、ラベルや標識、安全保護、保管方法、種々管理について規定されている。

(7) 工場および工業団地に関わる基本法と概要

1) 工場法

現在の工場法は、1992 年に制定され、2019 年に改定されている。同法の主要目的は労働者の安全確保および公害防止・環境保護であり、概ね 50 馬力以上の動力を使用する工場は同法の規制対象となる。工場排水基準、排ガス基準、騒音基準、産業廃棄物管理等の環境管理、消防対策および高圧ガス管理等の安全管理、更には工場内の変更・拡張の許可の規定など、多岐にわたる下位法令・告示が制定され、工場事業者にとって非

常に重要な法令である。ガスの製造・保管・充填・使用及び輸送に関する事業安全の告示があるが、主にガス充填に関するものである。規定監督省庁は工業省工場局である。

2) 工業団地法

工業団地に関する法律は、1972 年に革命団布告第 339 号によって初めて導入された。その後タイ工業団地公社法が 1979 年に制定され、何度か改定され現在は 2019 年の改定が最新である。同法は工業省に属する国営企業としてタイ公営団地公社(Industrial Estate Authority of Thailand, IEAT)の設立とその目的、業務を規定している。IEAT は、工業団地の造成、団地内インフラ整備、団地内土地の販売・賃貸および団地の管理・運営などを独自あるいは民間企業と共同で行うとされている。

IEAT 管轄工場団地に入居する工場は、本法に則って工場の設立、操業をしなければならない。

本発電設備は、IEAT と 2000 年 6 月 30 日に締結された 30 年間の長期リース契約に基づいたマプタプット工業団地フェーズ 2 の敷地内に設置されている。

(8) BLCP における遵守法規

マプタプット工業団地内で発電事業を行っている BLCP は、前述の(1)から(7)に記載した電力(エネルギー)事業、燃料、環境、労働安全衛生、工業および工業団地に関連した法令を遵守している。主な法規を表 3.2 に示す。

表 3.2 BLCP における遵守法規

法令名
エネルギー事業法、同省令および告示
エネルギー規制委員会による規制
燃料管理法、同省令および告示
国家環境保全推進法、同省令および告示
工場法、同省令および告示
工業団地法、同省令および告示 (マプタプット工業団地内規則を含む)
労働安全衛生環境法、同省令および告示
マプタプット工場団地内規則

出典：調査団にて整理・作成

3.2.5 電力セクターの構造

タイの電力セクターは、事業運営体から独立した ERC により規制されている。ERC

は、エネルギー市場の状況監視、電気料金の見直し、ライセンス発行、電力購入の決定、電力業界の開発計画および投資の見直し等を行っている。この部門における 3 つの主要行政機関は、タイ発電公社 (EGAT)、首都圏配電公社 (MEA) および地方配電公社 (PEA) である。これらの機関は、エネルギー省 (MOE) の監督下にある。

タイの電力部門の市場構造は、エンハンス・シングル・バイヤー (ESB) モデルと呼ばれ、そこで EGAT が国の発電設備容量と送電網全体のほとんどを所有・運用している。ESB 下では、EGAT が独占的な電力供給、中規模と大規模の民間発電事業者 (SPP と IPP) および近隣諸国からの電力購入 (オフテイカー) を担っている。

一方、MEA および PEA は、EGAT および極小規模発電事業者 (VSPP) で発電された電力を購入し、それぞれの管轄区域の配電網を通じてタイ全土の消費者に配電している。

EGAT は、タイのエネルギー政策と計画を担当する MOE 傘下のエネルギー政策企画事務局 (EPPO) によって設定された卸価格で MEA および PEA に電力を販売している。タイの電力部門の現在の構造である ESB 体制を下図に示す。

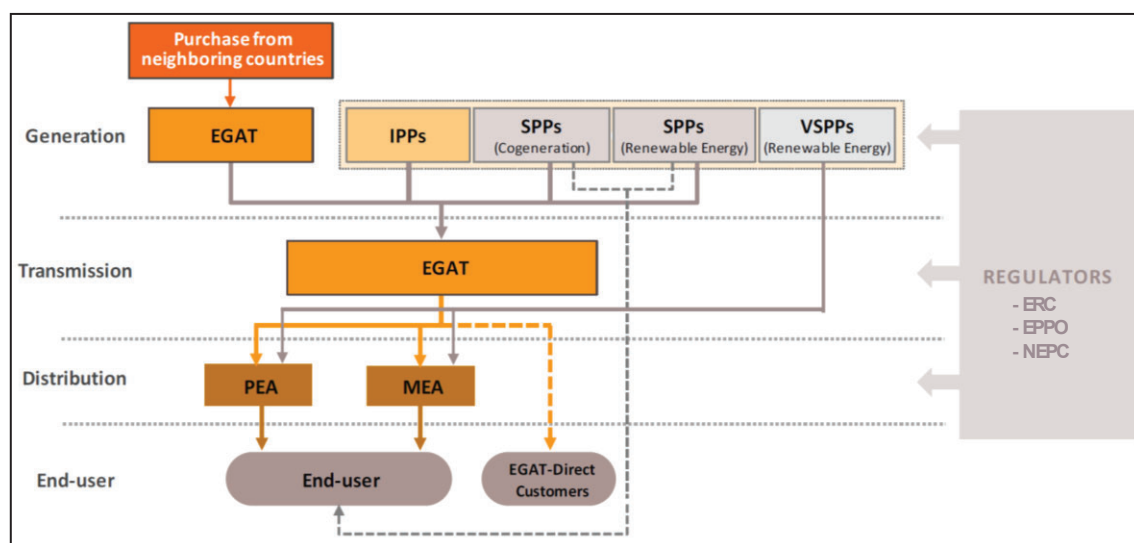


図 3.7 ESB 体制

出典：ERC 公開情報より抜粋

3.2.6 電力価格の構造

タイの電力価格は、下図の通り、約 3～5 年毎に改定される①基本料金（⑥のサービス料金含）に、4 ヶ月毎に改定される②燃料調整タリフ (Ft) と③VAT を加算して決定される仕組みになっている。

表 3.3 電力価格の構造

構成	概要
③ VAT	タイの VAT（付加価値税）は 7%。③は①+②の合計額に課税。
② Ft	EGAT が負担する発電燃料、電力購入や政策支援等のコストから算出されるタリフ。ERC は Ft を 4 ヶ月毎に改定し発表している（2023 年 9～12 月分：0.2048 バーツ／kWh）。
① 基本料金	EGAT・MEA・PEA の総投資、営業、保守、燃料購入等のあらゆるコストを反映した料金。ERC が 2015 年に発表した最新の基本料金は、平均 3.7556 バーツ／kWh。
④ サービス料金	MEA／PEA による手続き、サービス等のコストから算出。

【注】①+④の分は、MEA／PEA の顧客である電力消費者毎に異なる。

出典：ERC の公開情報より JERA 作成

タイでは、昨今の油価高騰の影響を受け、電力価格の大幅な値上げが 2022 年後半より始まり、2023 年にかけてもさらに高騰し、社会問題となっている。平均電力価格は 2022 年第 1 四期に約 3.8 バーツ／kWh だったが、2023 年同期に約 4 割増の 5.3 バーツ／kWh に上昇（下図参照）。最大の原因は発電の主要燃料である天然ガス価格の高騰により、Ft が大幅に上昇していることである。政府は輸入天然ガスへの依存度を減らすため、再エネ発電の拡大等取り組みを始めているが、燃料価格高騰で、タイの電力コストには短期的に影響を受け続けるとみられる。



図 3.8 電力価格の構造

【注】タイ中央銀行により、2018～2023 年平均為替レートは 1 バーツ＝約 3.6 円

出典：ERC の公開情報より JERA 作成

タイの電力価格は、政府により、エネルギー規制局（ERC）が管轄し、認可制の下で消費者毎に決定されている。消費者の属性は、一般家庭、事業者（小・中・大）、特別事業、政府機関／NPO、農業と一時消費者に分類されている。下図に主な消費者である一般家庭と業務用の平均電力価格の推移を示す。なお、2022 年 7 月までの過去データはエネルギー規制局（ERC）に公表されていない。

下図によると、一般家庭（需要 100kW 未満）向けは、政府から援助を受けているため、ほかの消費者に比べて電力価格が最も低い。一方、一般家庭（需要 600kW 未満）向けは、支援等が与えられず、それに Ft 上昇を受けたことから、電力価格が比較的高いと分かった。

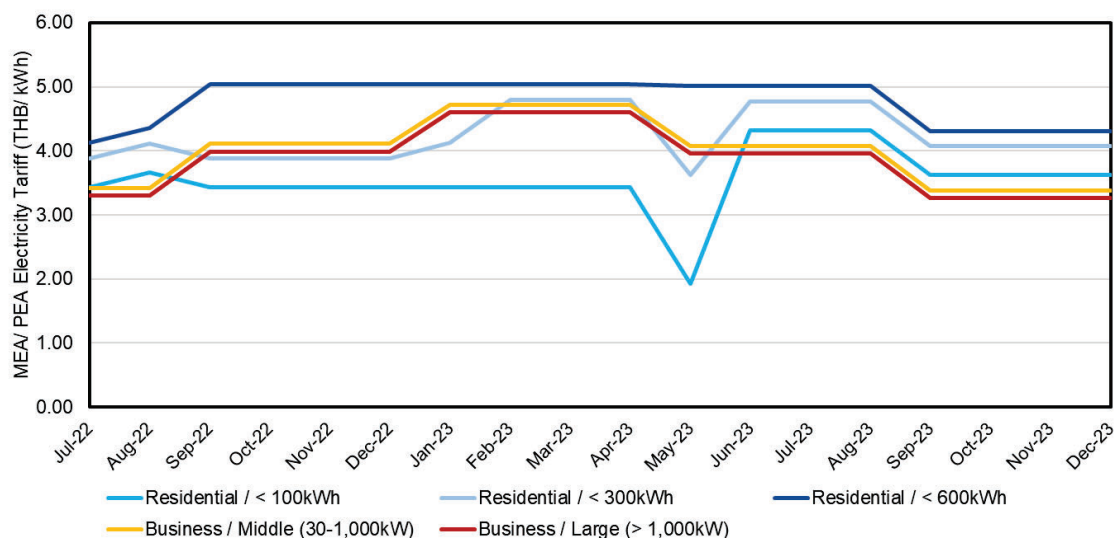


図 3.9 電力消費別の電力価格

【注】タイ中央銀行により、2022～23 年平均為替レートは 1 バーツ＝約 3.5 円

出典：ERC の公開情報より JERA 作成

参照までに、MEA/PEA による電力消費者別の販売電力量の推移を示す（下図参照）。2010～22 年間の平均で大規模事業者の全体の約 40%と消費割合が最も多く、次に一般家庭が約 24%、中規模事業者が約 16%を占めている。

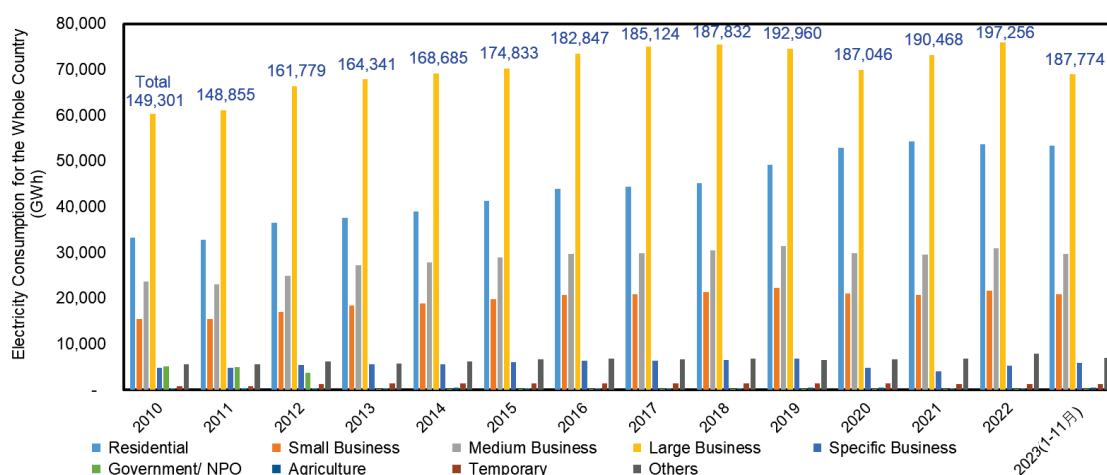


図 3.10 電力消費者別の電力価格

出典：EPPO の公開情報から JER 作成

3.2.7 燃料供給

2022 年のタイにおける電源別の発電量の割合は下図の通り、天然ガス 53.1%、褐炭 8.6%、石炭 7.7%、輸入 16.4%、再エネ 10.1%等となっている。その中で、大半を占めるガス火力発電には国産ガスのほか、ミャンマー産ガスと輸入した LNG を燃料として使われている。褐炭・石炭火力発電について、タイで唯一の褐炭火力発電所である EGAT 所有のメーモ（タイ北部ラムパーン県に位置、計 2,220MW）には、発電所に隣接する炭鉱の褐炭が供給されている。一方、石炭火力発電所は、東部ラヨン県に位置する IPP の BLCP（計 1,346.5MW）とゲッコー・ワン（計 660MW）のほか、幾つかの SPP が海外から輸入した石炭を使用している。

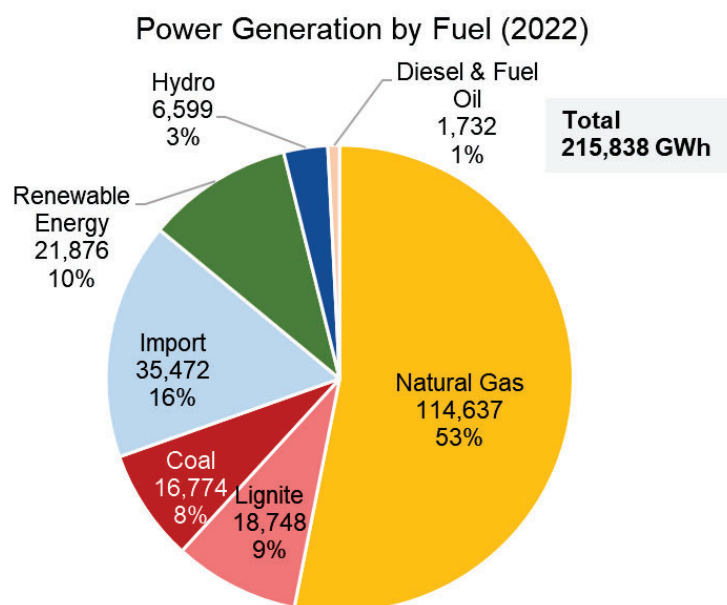


図 3.11 燃料供給

出典：EPPO の公開情報より JERA 作成

（１）タイ国内の天然ガス消費と電力セクターへの供給

タイは国内の天然ガス消費（下図参照）を支えるため、国産ガスのほか、ミャンマー産ガスを活用してきたが、近年タイ国内貯蔵量が減少傾向にある。これを補うために、近年はスポット取引での LNG 輸入量が増加しつつある。

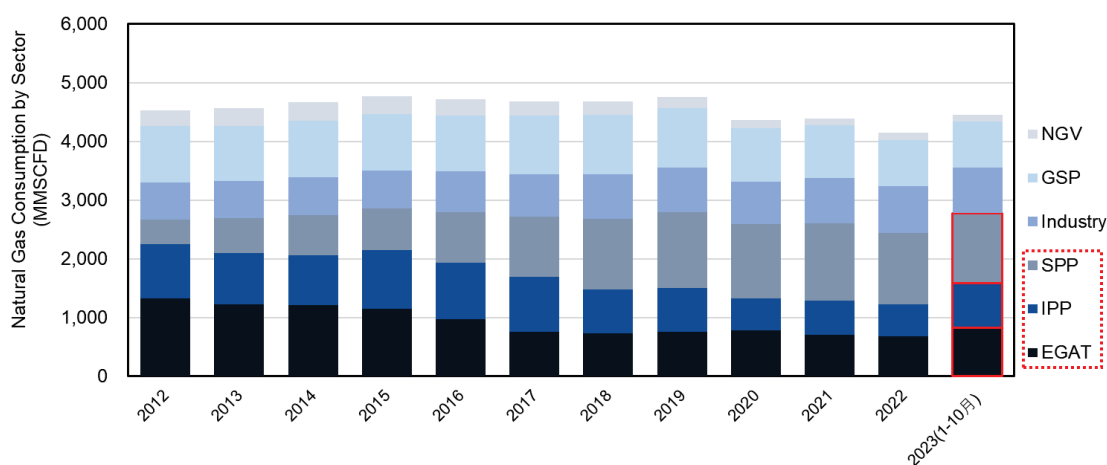


図 3.12 タイ国内の天然ガス消費と電力セクターへの供給

【注】 GSP：ガス分離工場（石油化学原料、産業用ガス）、NGV：自動車用天然ガス
(出典：ERC の公開情報より JERA 作成)

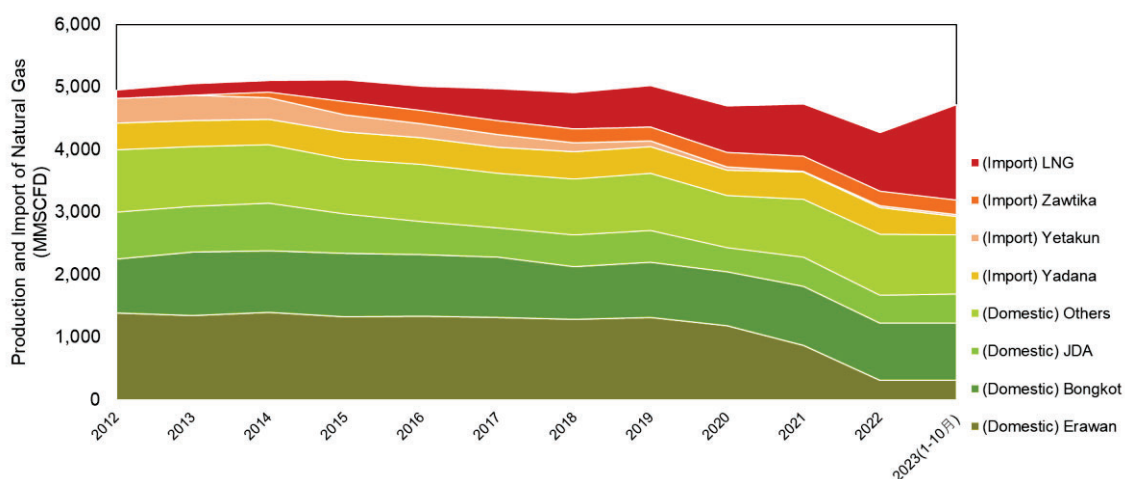


図 3.13 タイ国内の天然ガス消費と電力セクターへの供給

【注】 JDA：タイ湾のタイ・マレーシア共同開発海域

出典：ERC の公開情報より JERA 作成

参考までに、タイ天然ガス・パイプライン網、各ガス田、大規模なガス火力発電所、LNG 基地等の位置図を以下に示す（下図参照）。基本的に経済規模の大きい、タイ中部と東部に発電所、LNG 基地、パイプラインが位置している。

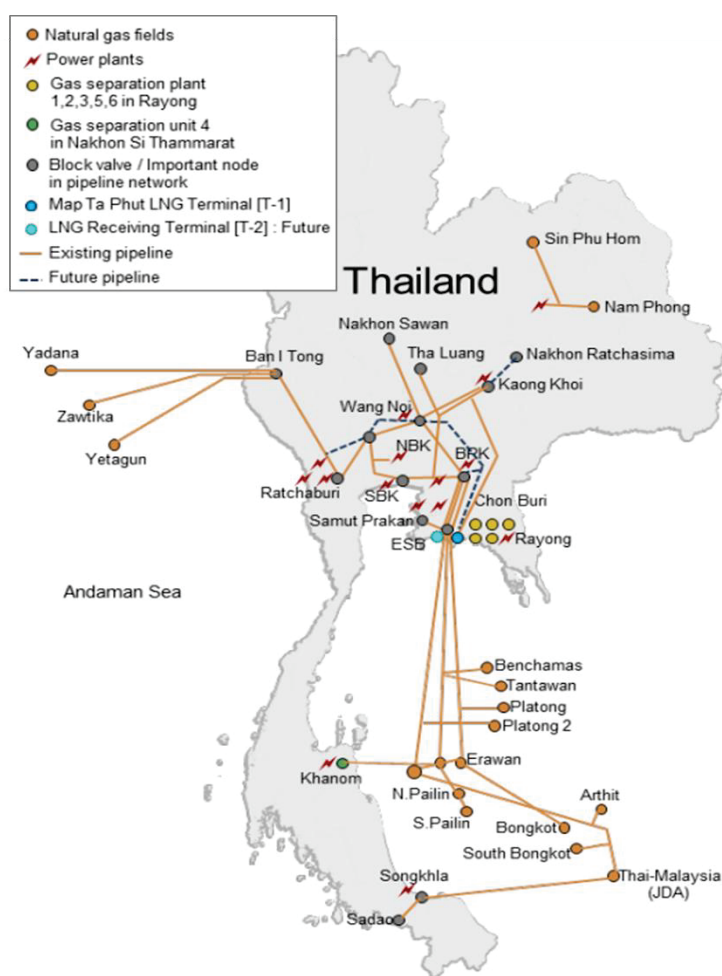


図 3.14 タイ国内の天然ガス消費と電力セクターへの供給

出展：PTT の公開情報を引用

(2) タイ国内の褐炭・石炭消費と電力セクターへの供給

タイ国内の褐炭・石炭消費と電力セクターへの供給タイで生産される石炭のほとんどは発熱量の低い褐炭である。国内最大の炭鉱は北部ラムパーン県にある EGAT のメーモ炭鉱で、年間約 1,400 万トンの褐炭を生産しており、生産量のほとんどをメーモ発電所（計 2,220MW）で使用している。

一方、タイでは石炭（瀝青炭、亜瀝青炭）の輸入もしており、輸入量の大半を占めるセメント産業、製紙や食品産業や IPP、SPP において利用されている。輸入量は年平均約 1.5%増で伸びており、2022 年には 2,153 万トンで、国内褐炭・石炭消費量の約 60% を占める（下図参照）。

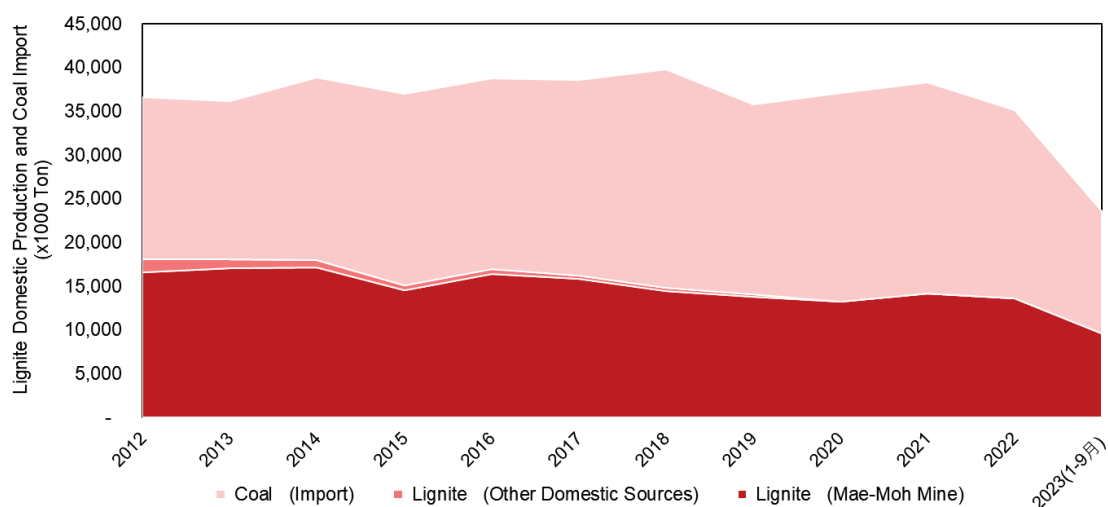


図 3.15 タイ国内の褐炭・石炭消費と電力セクターへの供給

出典：EPPO 公開情報から JERA 作成

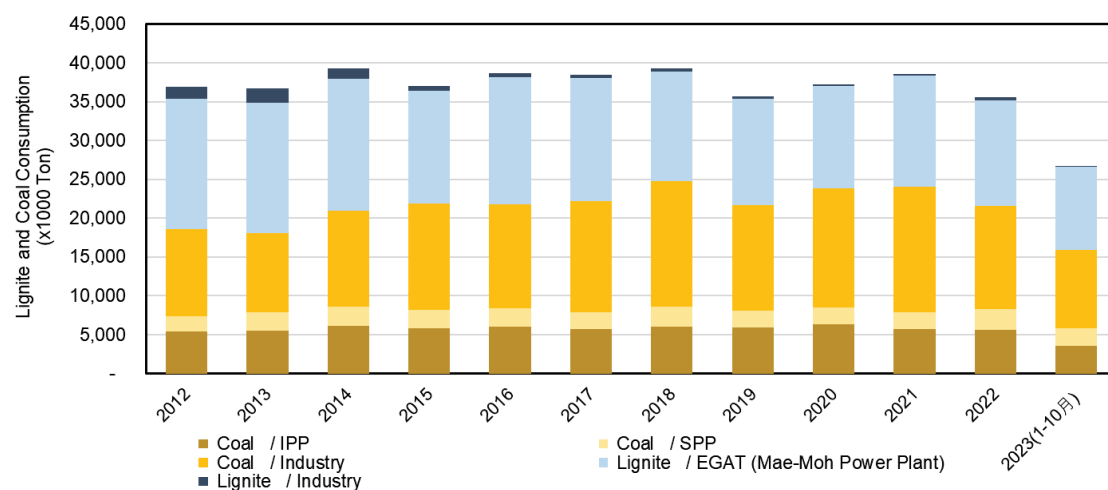


図 3.16 タイ国内の褐炭・石炭消費と電力セクターへの供給

出典：EPPO の公開情報より JERA 作成

3.3 タイ王国における脱炭素化およびアンモニア利用概況

3.3.1 タイの脱炭素化

2015 年にパリで開催された COP21 において、約束草案（以下、INDC）が提出され、2030 年目標として Business As Usual（以下、BAU）シナリオに対し温室効果ガス排出量を 20～25%削減することが公表された。INDC は、2015 年に策定された気候変動マスタープラン（以下、CCMP）2015-2050 をベースに目標が設定されている。CCMP2015-2050 に記載されている長期的な目標（2020～2050 年）としては、2030 年までにエネルギー消費の対 GDP 原単位を BAU シナリオより 25%以上削減することや、廃棄物の投棄面積・燃焼量を削減すること等を掲げていた。

その後、2021 年にイギリスで開催された COP26 にて、タイのプラユット首相は 2050 年にカーボンニュートラル、2065 年までにネット・ゼロ・エミッションの達成を目指すという新たな目標を述べ、あらゆる手段で気候変動課題に取り組むという強い意志を表明し、2 度目の INDC を提出した。この INDC では前回の温室効果ガス排出量の削減目標を更新し、2030 年までに BAU シナリオに対して 30%の削減・技術開発等で 40%削減を掲げている

（１）カーボンプライシング

1) T-VER (Thailand Voluntary Emission Reduction Program)

T-VER はタイ温室効果ガス管理機構 (Thailand Greenhouse Gas Management Organization, TGO) が管轄する自主的排出量削減制度である。2013 年にタイ国内の自主的ベースライン及びクレジット制度として運用が開始された。T-VER によるクレジットの発行は国際規格 (ISO 14064-2 および 14064-3) に準拠し、温室効果ガスの削減量に応じてプロジェクト単位で発行される。クレジットはタイ国内で取引することができ、企業の CSR 目的やカーボンオフセットとしても使用されている。T-VER によるクレジット発行の対象は、下記 7 つのプロジェクトタイプに分けられる。

表 3.4T-VER によるクレジット発行の対象プロジェクトタイプ

- a. Energy Optimization
- b. Renewable Energy Development
- c. Waste Management
- d. Management in the transport sector
- e. Reforestation/Trees
- f. Forest conservation/restoration
- g. Agriculture

出典：T-VER ホームページ <https://ghgreduction.tgo.or.th/en/what-is-t-ver/type-of-project.html>

アンモニア転換の GHG 削減分による T-VER クレジットの発行可否は明記されておらず、本プロジェクトへの適用に関しては TGO との協議が必要になると考えられる。一方で、TGO から「火力発電における代替エネルギーの導入」におけるベースライン及びクレジット算定ガイドラインが公表されており、こちらをベースとしてアンモニア転換によるクレジット算定方法が確立出来る可能性がある。

2) T-VETs (Thailand Voluntary Emission Trading Scheme)

T-VETs は TGO が管轄する、タイの産業分野のみを対象とした自主的排出量取引制度である。タイ国内における自主的キャップ・アンド・トレード制度であり、温室効果ガスの排出枠を取引する。2014 年から制度設計が開始され、2020 年までに産業関連 10 セクター（石油化学、セメント、鉄鋼、製紙、食品関連等）から計 55 のプロジェクトにおいて、T-VETs による排出枠の取引がパイロット的に実施された。なお、Thailand ETS status (International Carbon Action Partnership, 2022)によると、T-VETs は検討中の段階であり、国内のカーボンクレジット市場は T-VER に限られている。

3) I-REC (International Renewable Energy Certificate)

International REC Standard Foundation による I-REC は主に新興国で普及が進んでいる再エネ電力証書制度であり、GHG プロトコルや RE100、CDP といったグローバルなイニシアティブで信頼性が認められた制度である。タイでは再エネ電力証書制度として、I-REC が利用されており、タイでは国営企業であるタイ発電公社(Electricity Generating Authority of Thailand, EGAT)が証書の発行権限を持つ。電力利用者は、I-REC を購入することで再生可能エネルギーにより発電された電力を使用しているとみなされる。上乗せされた付加価値の対価は、再生可能エネルギーの発電事業者を支払われ、再投資につながる事が期待される。なお、現時点ではアンモニア転換は I-REC の適用対象事業に含まれておらず、本プロジェクトは I-REC 証書の発行対象外となる。

4) 炭素税

財務省物品税局により炭素税の導入が検討されている。 バンコクポスト (Bangkok Post)等の報道では 2023 年中の詳細検討の完了を目指すと言われていたが、2024 年 2 月時点で、導入時期、対象セクター、税率などの詳細は明かされていない。炭素税の導入は、本プロジェクトにも影響を及ぼす可能性があることから、引き続き動向を注視していく必要がある。

3.3.2 石炭火力発電の脱炭素化

前述の通り、2022 年において国内の発電割合のうち 16.5%を石炭火力発電が占めている。背景として、①水力発電所の開発が非常に困難な状況であること、②風力や地熱の資源にそれほど恵まれていないことがあると考えられる。そのため、既存の石炭火力発電設備を有効活用しつつ、電力の安定供給と環境への適用が課題である。石炭火力発電の脱炭素化においては、アンモニアを将来の専焼を目指して燃料転換する技術が我が国を中心として開発されており、これに関する技術の理解と適用が課題である。

石炭火力発電所をアンモニアへの燃料転換させるためには、設備改造などの技術面に加え、それを供給する仕組みが必要になる。他方、燃料アンモニア導入に向けては製造過程で CO2 を分離回収し、脱炭素化された燃料アンモニアを需要地の石炭火力発電所まで安定して供給するためのバリューチェーン構築が課題となる。燃料アンモニアのバリューチェーン構築は、製造地・輸送受入ロジスティクス・需要地といった前提条件の置き方が、経済性やスケジュールなどに与える影響が大きく、導入を検討するうえでケースを想定した実現可能性調査が必要である。

3.3.3 アンモニア関連の基本法、関連法

(1) 有害物質法

1967 年の毒物法に代わるものとして 1992 年に制定されたタイにおける有害物質化学物質管理の法的基盤を整備する法令であり、有害物質の製造・輸入・輸出・保有等を規定している。工場にて有害物質を保管する際には、本法の規則に則って安全に保管しなければならない。これまで、幾度か改定が行われ、2023 年 12 月現在、2019 年に改定されたものが最新であり、工業省を中心に複数の省の部局が共同で運用している。本法は、人・動植物、財産、環境に害がおよぶことを防ぐことを目的として、有害物質の所有・販売、使用の管理について規定している。

有害物質とは、以下の 10 の特性を有する物質としている。

- ・ 爆発物 (Explosives)
- ・ 可燃性物質(Inflammable substances)
- ・ 酸化性物質/過氧化物(Oxidizing agents and peroxide substances)
- ・ 有毒物質(Toxic substances)
- ・ 健康有害物質(Disease causing substances)
- ・ 放射性物質(Radioactive substances)
- ・ 遺伝子変異をもたらす物質(Mutagenic substances)
- ・ 腐食性物質(Corrosive substances)

- ・ 刺激性物質(Irritative substances)
- ・ 人、動物、植物、財産、環境に被害をもたらす可能性のある化学物質もしくはその他の物質(Other substances, whether chemicals or otherwise, which may be harmful to people, animal, plants, property or environment)

また、有害物質の管理のために、以下の 4 種類に分類されている。

- ・ 第 1 種物質：生産・輸出入・所有には届出のみ必要
- ・ 第 2 種物質：生産・輸出入・所有には届出および登録が必要
- ・ 第 3 種物質：生産・輸出入・所有は届出・登録および許可が必要
- ・ 第 4 種物質：生産・輸出入・所有の禁止届出のみ必要

本法に基づきタイ王国工業省（MIND）より有害物質リストが公表されている。

さらに、有害物質はその使用目的により以下の 6 機関が管理の責任を負っている。

- ・ 農業協同組合省 農業局 (Department of Agriculture)
- ・ 農業協同組合省 漁業局 (Department of Fisheries)
- ・ 農業協同組合省畜産振興局 (Department of Livestock Development)
- ・ 公衆衛生省 食品・医薬品局 (Department of Food and Drug Administration)
- ・ 工業省 工場局 (Department of Industrial Works)
- ・ エネルギー省 エネルギー事務局 (Department of Energy Business)

また、本法の下、化学・有害物質の保管についてのマニュアル（Manual for Chemical and Hazardous Substances Storage）が 2007 年 11 月 27 日に発行されている。このマニュアルにおいて、加圧ガス、液化ガス、および溶存ガスは、タイプ 2A に分類されている。従い、アンモニア、天然ガスおよび LPG（Liquefied Petroleum Gas）の保管はタイプ 2A である。しかしながら、このマニュアルにおいて、保管とは【保管施設の内外での化学物質および危険物質の保管を意味し、タンク、サイロ、およびポータブル/バルクコンテナでの極低温液化ガスまたは冷凍液化ガスの保管は含まれない。】と定義されている。

有害物質はリスト化され、最新版は、2022 年 12 月 21 日公示版である。このリストのアンモニアおよび燃料ガス規定事項に上記保管タイプを追記した一覧を表 3.5 に示す。

表 3.5 有害物質リストおよび保管マニュアルにおける規定

番号	有害物質名	管轄機関	CAS No.	管理分類	保管 タイプ	備考
List 5 工業省工場局による管理物質：5.1 規制物質						
460	Ammonia hydroxide	DIW/MIND	1336-21-6	第 2 種	-	10%濃度以上
461	Ammonia anhydrous	DIW/MIND	7664-41-7	第 3 種	2A	-
List 6 エネルギー省エネルギー事務局による管理物質						
1	Natural gas	DEB/MOE	-	第 3 種	2A	燃料としてのみ
2	Liquefied petroleum gas	DEB/MOE	-	第 3 種	2A	-

出典：調査団にて整理・作成

(2) その他の法規

アンモニアに関する法規は、前項の有害物質法以外には確認されていないが、工場法および労働安全衛生環境法においては、アンモニアを「非常に有害な化学物質」(Highly Hazardous Chemical)に分類している。尚、軍備管理法(Armaments Control Act)および港湾局(Port Authority of Thailand)の規定に、アンモニウムと記載があるが、いずれもアンモニウム化合物(硝酸アンモニウムおよび化合物等、過塩素酸アンモニウム)であり、アンモニアではないので抵触しない。

(3) 環境規制値

アンモニアに関する環境規制値は、一般的に大気質、水質、臭気に関して設定されている場合がある。タイの環境大気質、排ガス濃度基準にはアンモニアに関する規制値は定められていない。また、タイにおける臭気に関する基準は“Standard and Measurement Method of Odor Emission from factory B.E. 2548 (2005, MOI)”で定められているものの、発電施設はその適用範囲に含まれていない。水質に関しては、海水水質環境基準として硝酸態窒素(NO₃-N)、総アンモニア態窒素の濃度基準値が定められており、工業排水基準として総ケルダール窒素及び排水臭気に関する規制値が定められている。なお、環境規制値についての詳細は、5.7 節環境社会配慮に記載する。

3.3.4 アンモニアの製造、輸送

脱炭素燃料アンモニアの製造には、①原料となる天然ガスへのアクセス、②二酸化炭素回収・貯留(以下、CCS)等のCO₂固定適地へのアクセス、③大型船が着岸可能な輸出港湾へのアクセスの3条件が必須であり、北米や中東、豪州に加えて一部東南アジアが製造候補国となっている。

第4章 BLCP 石炭火力発電所における課題とニーズ

4.1 BLCP 石炭火力発電所の概要

BLCP 石炭火力発電所（以下、BLCP）は、2000 年 6 月 30 日にタイ工業団地公社（以下、IEAT）と締結された 30 年間の長期リース契約に基づき、マタプット工業団地のフェーズ 2 に位置している。タイ電力公社（以下、EGAT）の PDP のスケジュールに沿って、2006 年 10 月 1 日に 1 号機(717 MW)、2007 年 2 月 1 日に 2 号機(717 MW)の商業運転を開始し、内閣決議 1994 に基づく独立発電事業者 (IPP) による電力購入制度に基づき、EGAT に電力を供給している。政府による民間セクターの電力産業への参画促進・支援のもと、1997 年 11 月 19 日に EGAT と 25 年間の売電契約を締結した。商業運転開始以降は、タイの電力システムの安定性を確保し、予備マージンを国の目標政策レベル内に維持することに貢献している。

BLCP は石炭を燃料としており、他燃料の発電所と比較して低コストの発電所である。世界のエネルギー市場における石炭と他燃料の歴史的な価格変動に基づいて、タイ総発電量の全体的なコスト構造に大きな安定性をもたらすとともに、タイ国内の電力小売価格の軽減に貢献している。

4.2 BLCP 石炭火力発電所の運転状況

BLCP の稼働率や年間運転時間、出力実績などの運転実績データを以下に示す。BLCP はベース電源としてほぼ 100%負荷で運転されている。年間稼働率は主要定期点検期間が延長した 2017 と 2018 を除き 90%を超えており、非常に高い信頼性を有している。

秘匿情報を含むため非公開とした。

4.3 運転設備及び能力

BLCP の概略系統を以下に示す。燃料である石炭は、貯炭場からコンベヤにて各ユニットの石炭バンカに運ばれた後、微粉炭機にて微粉炭へと粉砕され、微粉炭を空気輸送にてボイラへと送られる。石炭は燃焼すると熱エネルギーを放出し、ボイラ内の配管内を流れる脱塩水を加熱させる。ボイラ上部に設置されたボイラドラムで蒸気と水を分離し、水はボイラへと戻り再加熱され、蒸気は過熱・過圧されたうえで蒸気タービンへと送られ、蒸気タービンを回転させる。蒸気タービンと連結された発電機が回転すると、磁場は発電機内部のコイルと交差するように回転し、電流を発生させる。発生した電流は発電機トランスによって送電に適した電圧へと昇圧され、EGAT のシステムへ送電される。

蒸気タービンを通過した蒸気は、復水器内で水に凝縮され、再度ボイラへと送り返される。

石炭を燃焼する過程では、ボイラ内で燃焼した後に石炭灰が形成される。石炭灰の重い部分はボイラの底に落ち、これをボトムアッシュと呼ぶ。石炭灰の軽い部分は、燃焼した空気 (排ガス) とともにボイラ後流へ運ばれ電気集塵装置 (ESP)にて集塵される。また、石炭には硫黄分が含まれているため、二酸化硫黄を大気中に放出する前に海水排煙脱硫装置(海水 FGD)にて回収される。

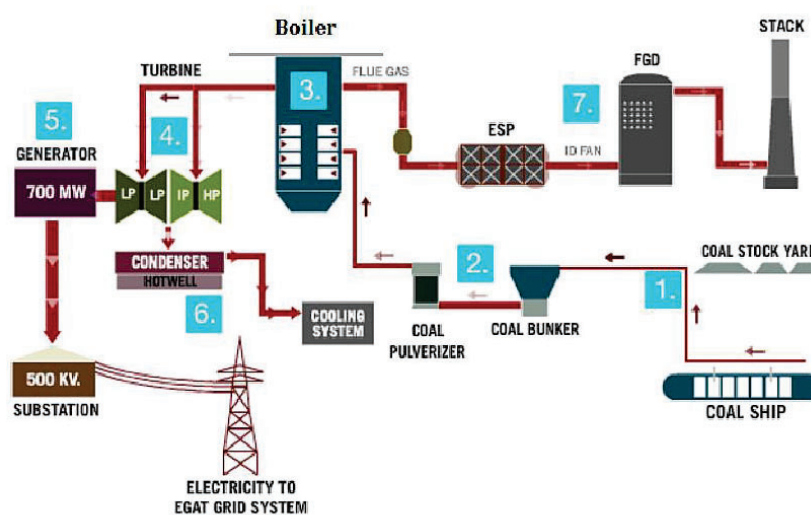


図 4.1 BLCP の概略系統図

出典：BLCP ホームページより引用

以下、個別設備を記載する。

(1) 石炭荷揚げ設備

石炭の輸送は船で行われるため、石炭を積むためには 15 メートル以上の水深の深い港が必要である。BLCP 向けの石炭輸送船は年間約 29 隻であり、15 万トン級石炭輸送船から石炭を降ろすのに 1 隻あたり約 4 日要する。

荷降ろし時の粉塵飛散を防止するために、水噴霧装置がアンローダホッパーに設置されている。石炭は粉塵飛散や石炭の落下を防止するために、防風シート付きのベルトコンベアによって、慎重に荷降ろしされ、石炭貯蔵所へ輸送される。

粉塵飛散防止用の噴霧水は運転コスト削減のため再利用されている。BLCP は定期的に石炭荷揚げ施設周辺の海水水質を監視・確認することが求められている。

(2) 貯炭場

BLCP は、通常時および異常時ともに発電停止が引き起こされないよう、適切な量の石炭貯蔵を維持管理することが求められている。貯炭場は 3 区画で構成されており、その内 2 区画は通常時の発電用に使用され、残りの 1 区画は燃料不足時や緊急時のバックアップのため圧密されている。粉塵飛散や石炭の自然発火を防止するため、風速に合わせて調整できる散水システムや、6m の遮風フェンスが設置されている。地下に流れ込む水を防止するために、高品質の耐水性シートが貯炭場に敷かれており、散布された水はタンクへと回収され再利用されている。

また、BLCP では貯炭場 3 か所、Aao Pradu の Ta Kuan Community 1 か所の計 4 か所で粉塵について定期的に監視・確認することが義務付けられている。

BLCP では主にオーストラリアからの瀝青炭を使用している。輸入される石炭は船ごとに成分検査を行う必要があり、特に硫黄含有量の制限に対する完全なコンプライアンスを確保するため、第三者機関による検査を実施している。

貯炭場では総量 662,000 トンが貯蔵でき、約 60 日間連続して発電することが可能である。この内、約 459,000 トンが通常時に使用される石炭であり、残りの約 203,000 トンが予備の石炭として貯蔵されている。

(3) 給炭設備

BLCP では縦型ローラー式の微粉炭機で粉碎された微粉炭を主な燃料としている。始動時および低負荷時のバックアップシステムとしてディーゼル燃料を使用する。

(4) ボイラおよび燃焼設備

サブクリティカルシングルドラムボイラを採用し、燃焼により発生する NO_x 量を従来のラジエータと比較して 60%削減可能である。また、二段燃焼を採用することで燃焼が完了するまでに十分な時間、低酸素状態で燃焼することができる。

高温高压の過熱器から出る主蒸気は、供給される蒸気の量を制御するガバナバルブを介して高压タービンに入る。高压タービンで仕事した後の蒸気は、中圧タービンに必要な高温に再加熱するためにボイラの再熱器へと戻される。再加熱された蒸気は、中圧タービンに入り、クロスオーバー管を介して低压タービンに運ばれ、最終的に復水器に排出される。

(5) 空気システム

燃焼時に使用される空気と燃焼によって発生する排気で構成され、高さ 200 m の煙突にて排出される。1 ユニット当たり 2 台の押込ファン、2 台の誘引ファン、2 台の一次空気ファン、およびボイラに入る前に空気を暖めるために排気から熱をもたらず 2 つの回転式エアヒータがある。

(6) 静電集塵装置 (ESP)

1 ユニットあたり 2 セットの電気集塵装置が設置されており、集塵効率 99%以上の高集塵装置である。

(7) 排煙脱硫装置 (FGD)

S 分は海水式 FGD で回収される。FGD では、ボイラで発生した排煙を捕集する能力を有する吸収塔を備えている。

海水 FGD は、従来の処理方式で採用される石灰などの薬剤を使用せず、代わりに海水を吸収材として使用する。脱硫後の海水は曝気処理・無害化されて海に排出される。

(8) 蒸気タービン

蒸気タービンは、高压/中圧シリンダとダブルフロー低压シリンダを組み合わせた 3 つのシリンダで構成され、単一の復水器に蒸気を排出するタンデムコンパウンドタービンである。高効率と信頼性および安全運転を確保するために、制御バルブ、ストップバルブ、および制御システムを備えて設計されている。

(9) 発電機

発電機は 3,000 rpm・2 極の 3 相ブラシレス励磁機を採用している。電圧は 24 kV、周波数は 50 Hz、固定子は水冷、回転子は水素ガスで冷却されている。電圧は発電機変圧器によって 500 kV に昇圧され、開閉所に送られてから EGAT のシステムに並列される。

(10) 復水器

表面冷却式復水器を採用し水室分割タイプである。復水器上部にはタービン排気入口フードが設置されている。復水器内は腐食防止のためゴムでコーティングされている。復水器配管はチタン製で、復水器の自動洗浄のためのオンラインボールチューブ洗浄装置システムを備えている。

(11) 海水の使用

BLCP では、2 ユニット分の冷却装置及び海水 FGD で 1 日当たり約 534 万 m³ の海水を使用する。取水口から発電所にくみ上げられた海水は、環境適合性の観点から化学成分、温度、pH 値などを適切に処理した後、放水口から再び海に排出される。発電所周辺の水質や温度の定期的測定や、設備の年間メンテナンスを実施している。

取水した海水から大きなゴミを除去するためにバースクリーンが設置され、小魚や小さな水生動物が閉じ込められるのを防ぐために移動スクリーンが設置されている。スクリーンの網によって、ポンプやその他の冷却システム機器の詰まりを防いでいる。バースクリーンで回収された廃棄物は、他の廃棄物と一緒に分別して処分される。移動スクリーンに付着したゴミなどは水で洗い流され、水生動物はトラフを通して再度海に放出される。

冷却システムでは、海水に含まれる有機物の腐敗を抑制するために塩素が添加されるため、復水器の熱伝達効率が低下する。塩素の添加量は、海水系統内に塩素不純物が基準値である 1.0mg/L 以下を超えないように、塩素添加量を管理している。

冷却後の残留塩素は、海水 FGD を通過する海水と接触することで減少し、さらに曝気処理されることで海水中の塩素は完全に分解される。

冷却システムを通過した水の一部は FGD システムで使用される。海水中に存在するアルカリ分は、排気中に含まれる二酸化硫黄と反応し、海水系統内の海水の pH 値を低下させる。海水 FGD を通過した pH の低い海水は、水中のアルカリ反応によって生じた遊離二酸化炭素は曝気処理により排出され、海水の pH は上昇する。さらに、曝気により水中の硫化物が、硫酸塩に酸化され、COD 値が低くなり排水の品質を向上させる。

最終的には、BLCP 南岸の運河を通して 1.5 m/s の速度で排出される。

(12) 淡水の使用

BLCP では、生活用水やボイラ補給水などの運転プロセス、粉塵対策などに淡水を 4,500 m³/日消費する。約 2,179 m³ の淡水が水処理システムに供給され、生活用や運転プロセス用として使用される。残りの 2,321 m³/日の淡水は、貯炭場の粉塵制御と灰処理にそれぞれ 1,821 m³ と 500 m³ の割合で直接使用される。

(13) 排水管理

BLCP の排水処理システムは、発電工程からの排水 1,500m³/日と、生活排水などからの排水 200m³/日の計 1,700m³/日进行处理する。pH が 7 ではない排水は中和処理され、油分を含んだ排水は油分離装置を担う排水処理装置によって処理される。

従業員および一般活動からの排水 (下水) は、排水基準を満たすために生物学的廃水処理プロセスによって処理されている。

(14) 大気排出

BLCP には 1 基の煙突があり、2 ユニットの排ガスが 1 基の煙突を通じて大気へ排出されている。

- 煙突高さ 200 m。
- 周辺構造物の高さ 80 m。
- 煙突内の煙道 2 つ
- 煙突直径 6.8 m。
- 出口速度 22.3 m/s

大気排出の制限値と設計値は以下のとおりである。

- ばいじん：基準値 43 mg/m³ に対して年間平均値は 25.75mg/m³ である。
- 硫黄酸化物 (SO₂)：基準値 262 ppm に対して年間平均値は 177.02 ppm である。
- 窒素酸化物 (NO_x):基準値 242 ppm に対して年間平均値は 180.32 ppm である。

第5章 本邦技術を活用した事業検討

5.1 本邦技術を活用した協力事業

5.1.1 タイ王国の電力セクターで導入可能な本邦インフラ技術

JERA は、IHI と共に NEDO のカーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発/アンモニア混焼火力発電技術開発・実証事業において、石炭ボイラにおけるアンモニア転換率向上技術の開発・実証に関する事業に採択されている。JERA の碧南火力発電所 4 号機において、燃料アンモニアを 20%転換する技術の確立に向けて実証事業に取り組んでおり、この本邦技術が適用できる。

JERA と共同申請者である MHI は、NEDO のグリーンイノベーション基金事業/燃料アンモニアサプライチェーンの構築プロジェクトにおいて、石炭ボイラにおけるアンモニア高混焼技術（専焼技術含む）の開発・実証に関する事業に採択されている。アンモニアは水素を低コストで効率よく輸送・貯蔵できるため、エネルギーキャリアとしての役割に加え、火力発電の燃料として直接利用可能であり、燃焼時に CO2 を排出しない燃料として温室効果ガス削減に大きな利点があると期待されている。グリーンイノベーション基金を活用し、アンモニア転換の社会実装に向けてアンモニアバーナを開発していく。本技術は国内外の石炭焚き火力に適用可能で当該プラントのボイラにも適用可能な技術として開発を進める。

5.1.2 本邦インフラシステム海外展開 2025 と技術による解決の方向性

本事業は、既存石炭火力発電所を有効活用しつつ、温室効果ガス排出量削減に資する石炭火力への燃料アンモニア転換であり、タイ国民の生活の向上や経済発展にとって不可欠な電力アクセス向上・電力不足解消の選択肢を狭めることなく、世界全体の脱炭素化に向け現実的かつ着実な道を本邦の優れた技術を活用する環境性能の高いインフラ輸出であり、日本政府が提唱する「CORE JAPAN」を通じたインフラシステム海外展開戦略に合致するものである。

我が国固有のエネルギー・発電事情の経験を強みとして、我が国の脱炭素化技術としての石炭火力への燃料アンモニア転換技術と燃料アンモニアサプライチェーンの強化、同サプライチェーンにおける我が国の温室効果ガス削減技術の提供を通じ、タイ国のエネルギー転換・脱炭素化に向けた政策の促進と長期的な視点を持ちつつ実現可能なプラ

ンを提案する。また、将来的にはインフラシステムの単体切売りではなく、我が国が強みを持つデジタル技術を活用した、インフラの O&M サービスの提案を前提とした輸出を提案する。

これらは、日本政府が作成した新戦略の目的として示された、3 本柱であるところの①カーボンニュートラル、デジタル変革への対応等を通じた、産業競争力の向上による経済成長の実現、②展開国の社会課題解決・SDGS 達成への貢献、③「自由で開かれたインド太平洋」の実現への対応、に合致するものである。

5.2 燃料アンモニアのサプライチェーン

5.2.1 ブルーアンモニア及びグリーンアンモニアの供給予測

ブルーアンモニアの開発で最も進んでいる地域は米国のメキシコ湾沿いであり、元々肥料原料用途を中心とするグレーアンモニアを生産していた事業者などが、既存需要のクリーン化及びクリーン燃料向け新規需要への期待から、生産時に排出される CO₂ を回収するブルーアンモニアの生産計画を推進している。米国メキシコ湾岸に集中している理由は、インフレ抑制法（IRA）による税額控除と既存の輸出インフラを活用するためである。

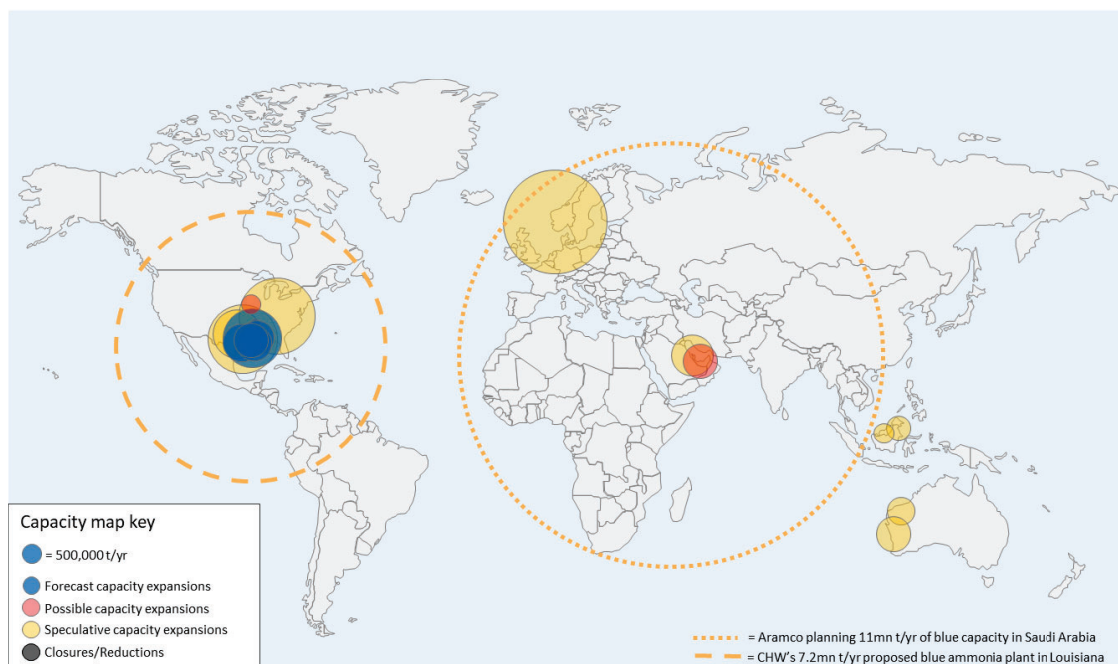
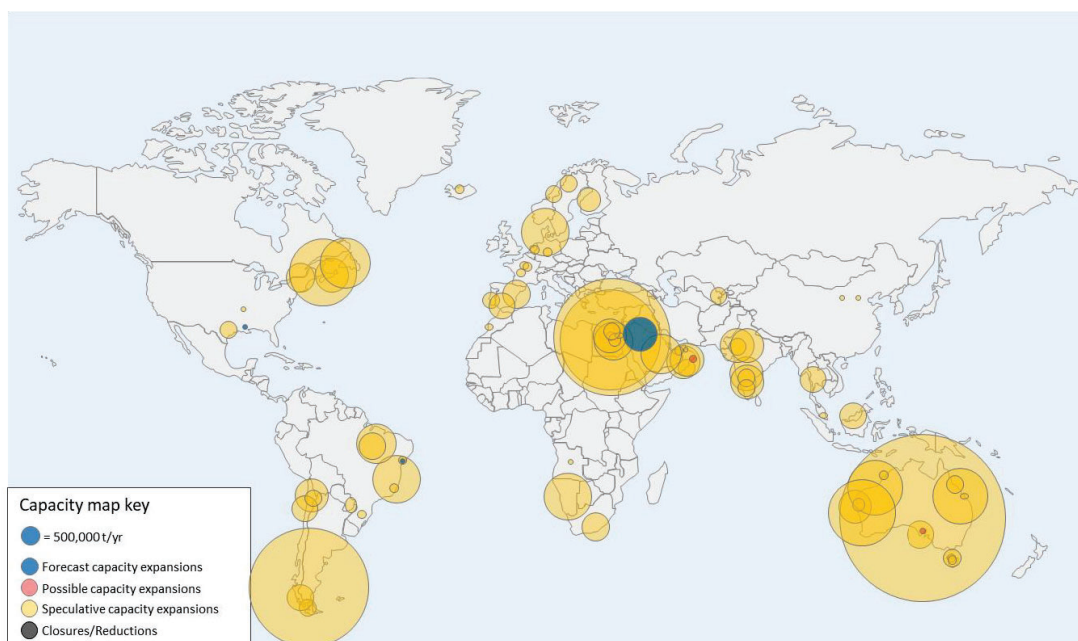


図 5.1 ブルーアンモニア及びグリーンアンモニアの供給予測

出典：Argus Media

グリーンアンモニアの開発に関し太陽光発電のポテンシャルが高く（風力発電で補充）、グリーンアンモニアの開発案件が多い地域はオーストラリア、アフリカ、中東、ラテンアメリカである。中でもオーストラリアとラテンアメリカはグレーアンモニアの生産量は多くないものの、新しくグリーンアンモニアの供給源となりうる地域である。将来的にアンモニア生産の主体が、天然ガスが豊富で安価な地域から再生可能エネルギーが豊富で安価な地域に移る可能性がある。西ヨーロッパでは、年間 590 万トンのグリーンアンモニアの生産が宣言されているが、これは欧州排出量取引制度（EU-ETS）と EU 炭素国境調整メカニズム（CBAM）に照らして、既存のグレーアンモニア産業を再編成する姿勢を示している。北米で計画されているグリーンアンモニア生産能力はわずか年産 770 万トンで、その 69%はカナダである。米国はブルーアンモニアに重点を置くと見られてきたが、インフレ抑制法（IRA）の水素製造税控除が導入され、将来のグリーン水素製造業者にメリットがもたらされることで、見通しが変わる可能性がある。ロシアはグレーアンモニアの重要な生産・輸出国であるが、グリーンアンモニア生産能力への現在の投資の波には乗っていない。主にグリーンアンモニアプロジェクトの開発は初期段階であり、その多くはプロジェクトの範囲を定義するための予備調査や事業性の検討を実施中である。



*The Western Green Energy Hub (WGEH), Asian Renewable Energy Hub (AREH) and Green Fuels Mega Project (GFMP) have been left off the map because of their size. They have capacities of 20mn t/yr, 10mn t/yr and 10mn t/yr, respectively. The WGEH and AREH are based in Australia, and the GFMP is in Oman.

図 5.2 ブルーアンモニア及びグリーンアンモニアの供給予測

出典：Argus Media

5.2.2 ブルーアンモニア及びグリーンアンモニアの価格予測

(1) アンモニアの価格予測の条件

1) 対象地域

5.2.1 で確認した案件のうち、容量と蓋然性に基づき以下の地域から供給する場合に想定される費用を算出する：

グリーンアンモニア（米国・パナマ運河あるいはスエズ運河利用、サウジアラビア、チリ、オマーン、オーストラリア、インド）

ブルーアンモニア（米国・パナマ運河あるいはスエズ運河利用、サウジアラビア、オマーン、オーストラリア）

2) コスト内訳

ブルーアンモニア及びグリーンアンモニアの陸揚げ総コスト（LCOA: landed cost of ammonia）には、サプライチェーンの以下のステップで発生する費用が含まれる：

1. 原産国での水素製造とアンモニアへの変換
2. 輸出前のアンモニアの保管
3. タイへのアンモニアの海上輸送
4. 貨物価格に基づく保険料

下の表は、このモデルが対象とするサプライチェーンのステップを示している。

表 5.1 コスト内訳

水素製造	アンモニア変換	輸出前保管	海上輸送
適用技術 ・ 固体高分子型水電解(PEM) ・ 水蒸気メタン改質(SMR) ・ 自己熱改質(ATR)	貨物 ・ アンモニア	貨物 ・ アンモニア	燃料種 ・ 重油 ・ アンモニア
費用内訳 ・ CAPEX ・ OPEX ・ 割引率 ・ 燃料費/水等	費用内訳 ・ CAPEX ・ OPEX ・ 割引率 ・ 運送費 ・ 光熱費	費用内訳 ・ CAPEX ・ OPEX ・ 割引率	費用内訳 ・ 燃料費 ・ 定期傭船料 ・ 港費 ・ 運河通峡料 ・ 割引率
出力 ・ 水素製造費用	出力 ・ 変換費用	出力 ・ 保管費用	出力 ・ 輸送費用

出典：Argus Media

3) シナリオ

以下の通り適用する条件を組み合わせ、4通りのシナリオを検討する。

1. グリーンアンモニアを PEM で製造、グリーンアンモニアで輸送
2. ブルーアンモニアを SMR で製造、化石燃料で輸送
3. ブルーアンモニアを SMR で製造、ブルーアンモニアで輸送
4. ブルーアンモニアを ATR で製造、ブルーアンモニアで輸送

(2) 試算結果

1) グリーンアンモニアを PEM で製造、グリーンアンモニアで輸送

各国における補助制度を考慮しない場合、インドとオマーンからの LCOA が最も低い。これは、再生可能エネルギーの生産コストが低いことが主な要因である。逆に、米国からのタイへの LCOA は最も競争力が低く、次いでチリである。米国の IRA を考慮した場合は、2030 年はアメリカからの LCOA が最も低くなるが、IRA の減税効果はなくなっていく。具体的には、2033 年までに建設を開始した水素製造プラントが対象となる。また、IRA にはいくつかの条件があり、自動的に適用されるわけではなく、アンモニア供給プロジェクトの開始時にコミットする必要がある。豪州の生産コストはチリより若干高いが LCOA はチリより低く、その主な要因は輸送コストの差である。

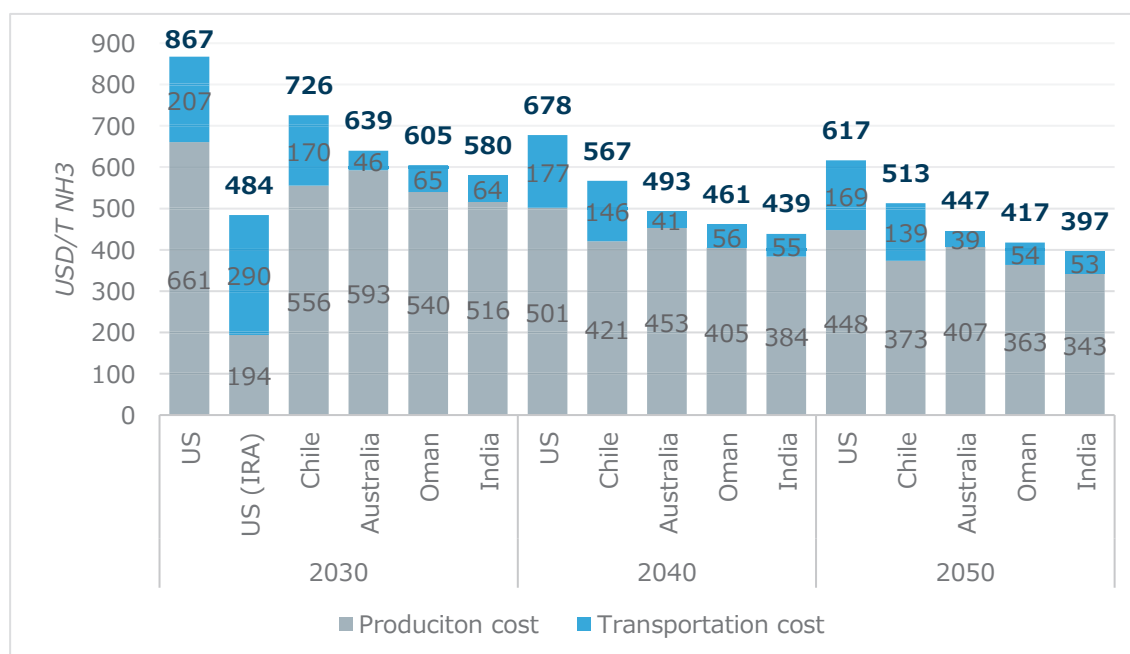


図 5.3 試算結果

出典：Argus Media の情報をもとに JERA で作成

2) ブルーアンモニアを SMR で製造、化石燃料で輸送

各国における補助制度を考慮しない場合、サウジアラビアとオマーンからの LCOA が最も低い。これは原料の天然ガス価格が低いことによる生産コストの低さが主な要因である。逆に、オーストラリアからの LCOA は最も競争力が低く、次いで 2030 年を除いて米国である。IRA を考慮した場合は米国からの LCOA は低下するが、サウジアラビアやオマーンを下回るほどではない。また、IRA の減税効果は無くなっていく。

米国の場合、パナマ運河を使ったブルーアンモニアの輸送コストは、スエズ運河を使った場合よりも若干高い。これは、距離が短いものの、パナマ運河の混雑の可能性を考慮して航海期間が長くなっていることが主な要因である。

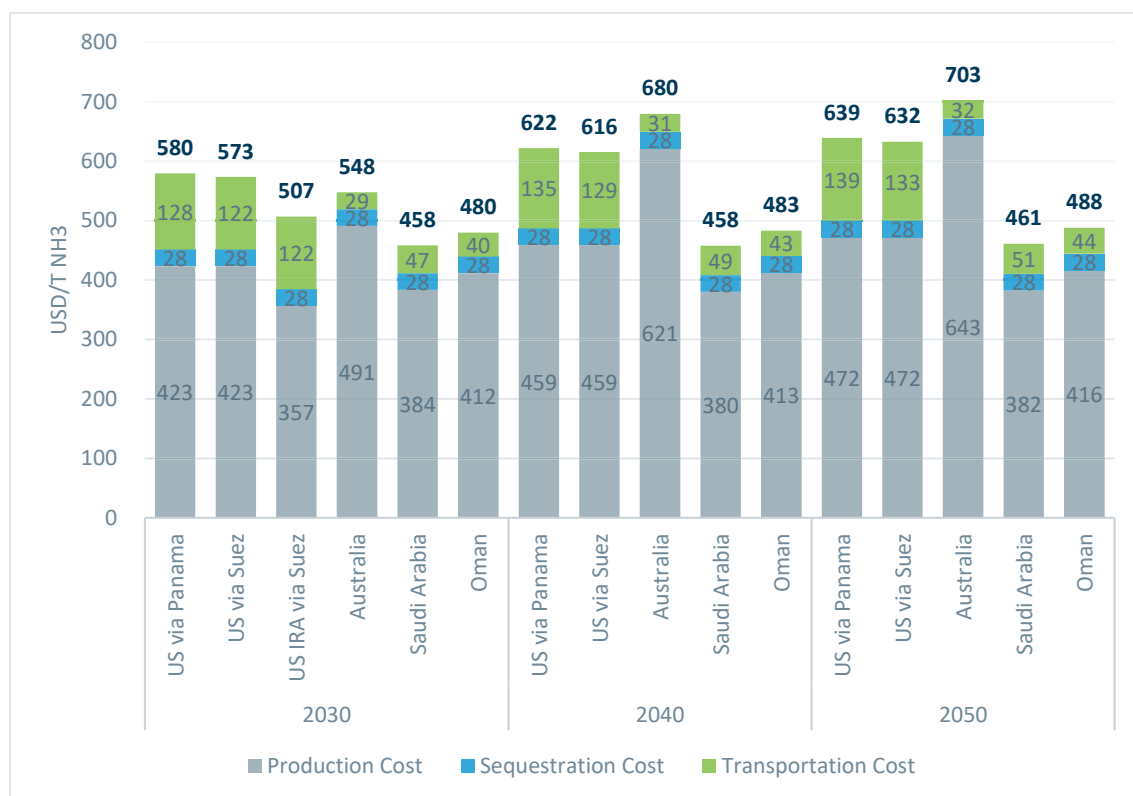


図 5.4 試算結果

出典：Argus Media の情報をもとに JERA で作成

3) ブルーアンモニアを SMR で製造、ブルーアンモニアで輸送

ブルーアンモニアを輸送燃料として使用した場合の LCOA は、アンモニアの発熱量が従来の船舶用燃料のそれよりも低く、輸送中に気化するアンモニアを輸送燃料とするだけでは足りずにタンク内の液化アンモニアの一部も輸送燃料とする必要があり、また燃料の製造コストも従来の船舶燃料よりもかかるため、一般的に増加する。また、タイでのブルーアンモニアの受け入れ量は減少する。

タイ王国・BLCP 石炭火力発電所における
アンモニア混焼に向けた技術適用や経済性評価、CO₂ 削減計画等に関する事業実施可能性調査事業

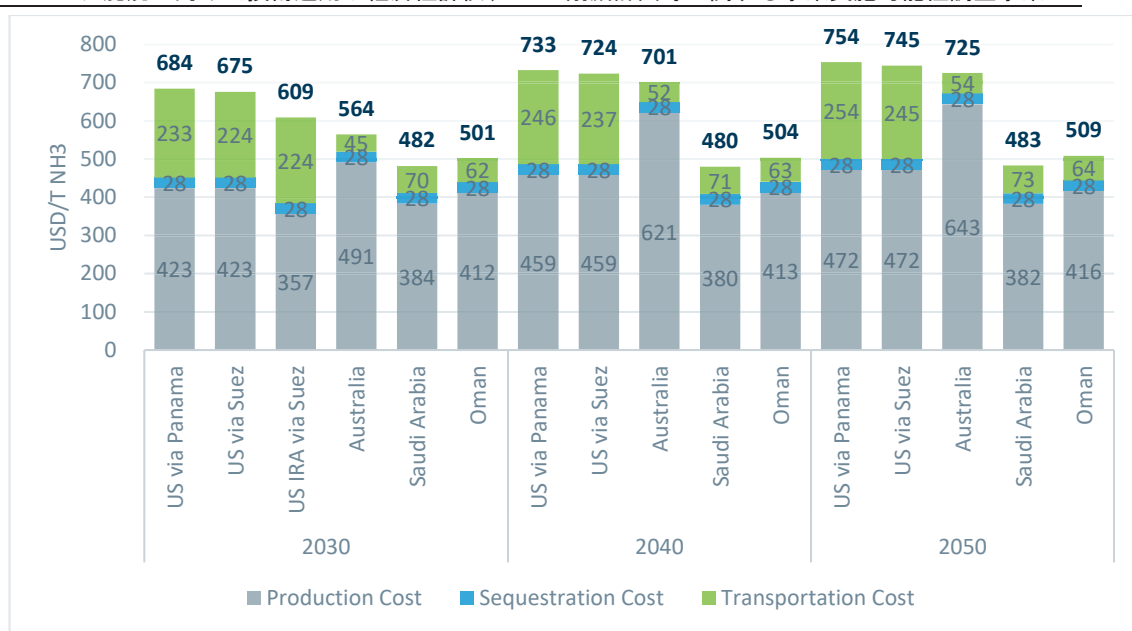


図 5.5 試算結果

出典：Argus Media の情報をもとに JERA で作成

4) ブルーアンモニアを ATR で製造、ブルーアンモニアで輸送

CCS 付き ATR で生産されるブルーアンモニアの LCOA は、CCS 付き SMR よりも高い。これは、ブルーアンモニアの生産コストが高く、それに伴い海上輸送の燃料コストがかかり、保険コストも積荷の金額に保険料率を乗じることによって高くなるためである。

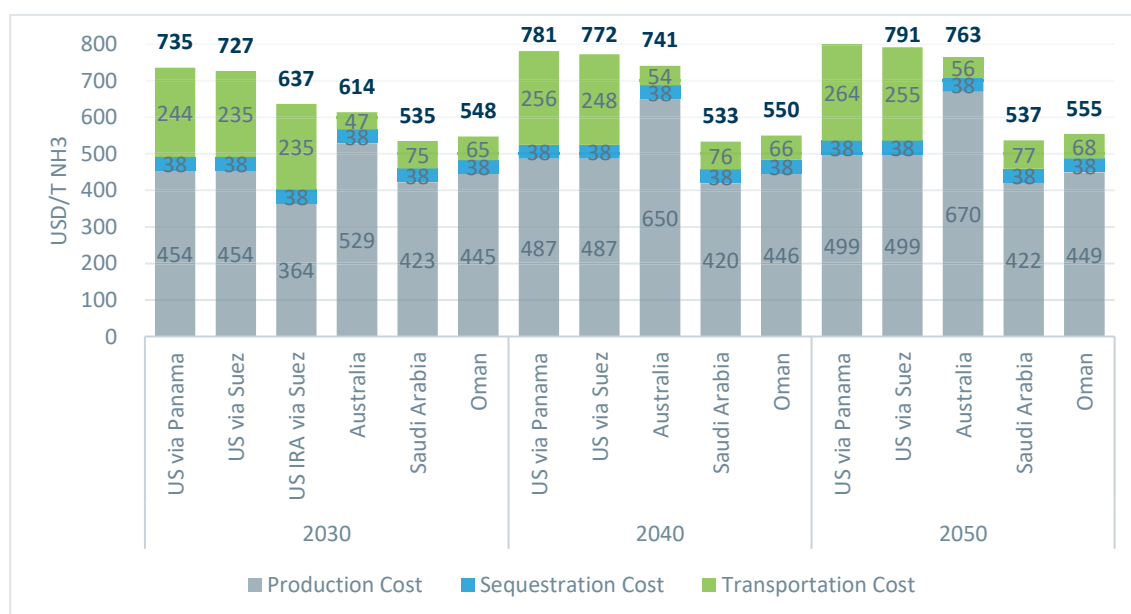


図 5.6 試算結果

出典：Argus Media の情報をもとに JERA で作成

5) 市場価格の予測

一般的な考えに基づくと、当面はブルーアンモニアとグリーンアンモニアの価格が高止まりし、市場価格（あるいは限界価格）はグレーアンモニアのままと見られる。グレーアンモニアは、2026 年に CBAM が開始された後は国内の生産者と輸入者は、排出量が無料炭素割当基準値を上回った場合のみ、ETS 炭素税か CBAM 炭素クレジットを支払う必要がある。無償排出枠の基準値は、毎年先細りになる見通しである。中期的には、低炭素アンモニアへの移行が軌道に乗り始め、ブルーアンモニアのコストがグレーアンモニア価格よりも低くなる可能性があるため、ここ 10 年で限界価格はブルーアンモニアに切り替わる可能性がある（CBAM は残留排出量に対して支払われる）。この時点で、炭素税の引き上げと無料炭素割当の段階的廃止により、グレーアンモニアにペナルティが課され始める。

グリーンアンモニアのコストがアンモニアの限界価格を決めるのは、ブルーアンモニアの供給が完全にゼロになるシナリオに限られる（グリーンアンモニアのコストがブルーアンモニアより安い場合、グリーンアンモニアのコストがアンモニアの限界価格を決める）。これは 2040 年に向けて起こる可能性がある。ただし、その時点でグリーンアンモニアの供給が余っていないなければならないという注意点がある。グリーンアンモニアの供給が不足すれば、ブルーアンモニアのコストが優先される。

限界価格はスポット価格であり、契約価格（通常、契約期間中の固定価格）ではないことに留意する必要があるが、限界価格は契約価格設定の際の参考となる。

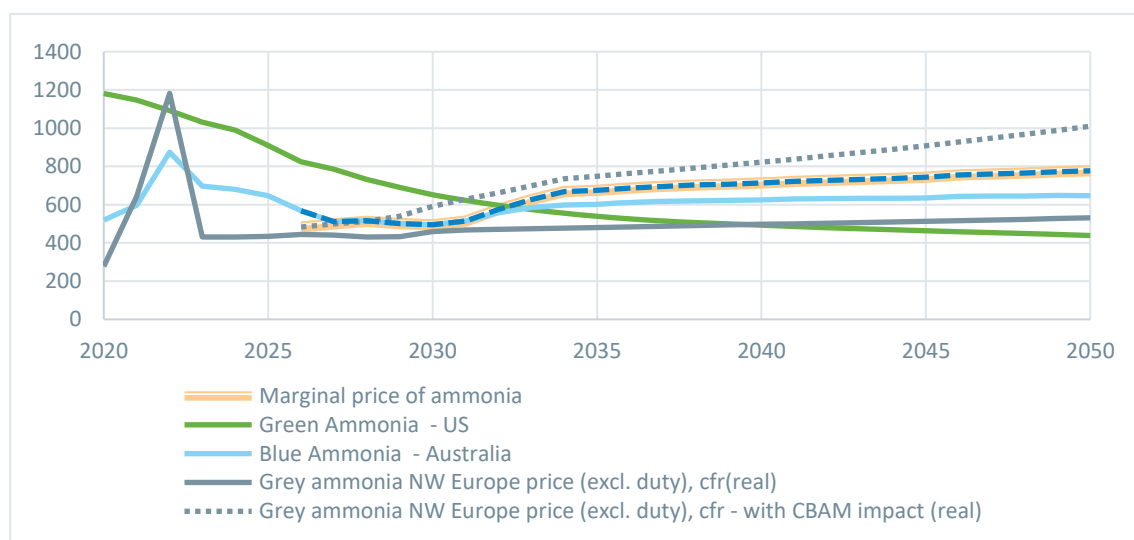


図 5.7 市場価格の予測

出典：Argus Media

5.2.3 オフテイク契約の実施

(1) 価格の設定方法

1) 固定価格

固定価格には以下の2通りが挙げられる。

テイク・オア・ペイ：オフテイカーが最低数量の購入を約束することで、生産者に収益の確実性を提供し、投資回収を保証するとともに、全量を購入しなかった場合でも双方のリスクを共有する。

段階的価格設定：研究と技術革新により、再生可能エネルギーのコストとグリーンアンモニアの生産コストが安くなる可能性を考慮し段階的に価格を低下させる。これは、売り手にとっては投資回収が守られ、買い手にとっては技術の成熟と規模の経済を考慮することになる。このアプローチは、最初の大規模プロジェクトが投資回収を可能にする長期的な固定価格設定によって実現した、初期段階のLNG市場の動きに似ている。

固定価格での売買契約は立ち上げ期から始まり、その後は通常「年間契約量 (ACQ)」と呼ばれる年間義務が発生する。「テイク・オア・ペイ」義務とは、買い手が引渡しを受けるか、引渡しを受けなかった場合に代金を支払うことを約束する年間最低数量を規定するものであるが、「テイク・アンド・ペイ」義務を課すものもある。買い手がACQの全量を下回る量（例えば5～10%）を引き取ることができる量は、「下方数量許容範囲」として知られている。テイク・オア・ペイ義務の影響は、他の契約条件によっても緩和される場合がある。これには、ある契約年に最低数量の引渡しを受けなかった（しかし代金は支払った）買い手が、将来の年に追加数量の引渡しを受けることを認める条項（しばしば「メイクアップ」権と呼ばれる）が含まれる。

固定価格契約の第一の利点は安定性である。買い手と売り手が設定価格に合意することで、契約期間中のコストの確実性と予測可能性が得られる。買い手は価格の高騰から保護され、売り手は収益を保証される。長期的に安定した収益を確保することで、債務返済比率を十分にカバーできるため、金融融資の下支えとしてよく利用される。固定価格契約の第二の利点は単純さである。合意された価格は契約期間を通じて一定であるため、財務計画や予算編成が簡素化される。

2) 標準指標価格

標準指標価格では既存の商品市場のように、市場指標に従い固定費に実際に支払われる変動費を加えたもので、市場指標に連動する。この指標は広く受け入れられたものを選択し、ヘッジを用いてボラティリティを緩和することができる。市場指標の変動は不確実性を生むため、売買価格変動のリスクを管理することが重要である。S字カーブを設定すると、低価格帯では売り手を保護、高価格帯では買い手を保護する働きをする。

上限および下限価格を設定した場合は、その働きがより強くなる。

アンモニア価格

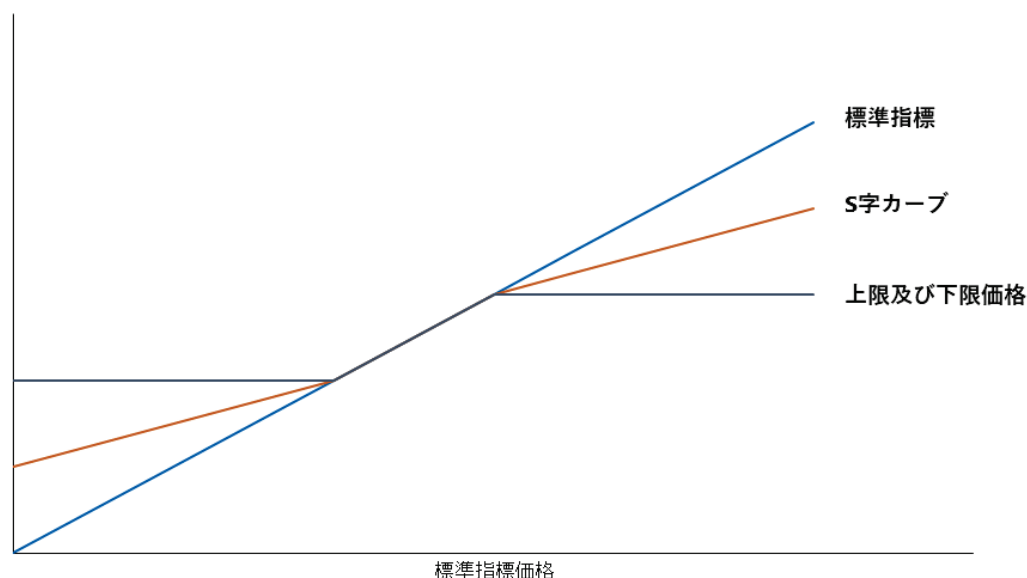


図 5.8 S 字カーブおよび上限下限価格の効果

標準指標価格の特徴として原油価格や地域のガス価格など、特定の市場指標に連動しているため、より柔軟性がある。これは、ダイナミックな市場環境において有益である。変動価格契約は、関連する市場要因の変化に基づいて価格を自動的に調整することができる。これにより、契約価格が市場の実勢に沿ったものとなり、買い手と売り手のリスク配分がより公平になる可能性がある。買い手にとっては、市場価格の下落局面において、コスト削減の恩恵を受け、競争上の優位性をもたらす可能性がある。売り手にとっては、価格上昇期に公正な対価を確実に受け取ることができる。供給保証の重要性は変わらないが、その優位性は固定価格契約に比べて相対的に低下する。

固定価格契約と変動価格契約のどちらを選択するかは、リスク許容度、市場環境、関係者の意向によって決まることが多く、長期契約でも短期契約でも使用できる。契約によっては、安定性と市場対応性のバランスを取るため、固定要素と変動要素の調整を組み合わせたハイブリッド・アプローチを取り入れることもある。

3) スポット契約

現時点でブルーアンモニア、グリーンアンモニアのスポット価格は存在しない。グレーアンモニアは多くの場合、原料の実勢価格にその他の固定・変動コストと利益要素を加えた価格に基づいている。ブルーアンモニア、グリーンアンモニアもベンチマーク価格が市場で採用されるまでは、同様の方式に従う可能性がある。

5.2.4 燃料アンモニア調達戦略

秘匿情報を含むため非公開とした。

5.3 燃料アンモニア受入港及びアンモニア転換設備に係る概念設計

5.3.1 全体配置図

(1) プラント立地条件

秘匿情報を含むため非公開とした。

(2) 燃料アンモニア設備全体配置計画

秘匿情報を含むため非公開とした。

1) 受入配管配置

秘匿情報を含むため非公開とした。

2) 燃料アンモニアタンク配置

秘匿情報を含むため非公開とした。

3) 気化器用海水取水槽

秘匿情報を含むため非公開とした。

4) 灰貯蔵エリア

秘匿情報を含むため非公開とした。

5.3.2 全体プロセス

秘匿情報を含むため非公開とした。

タイ王国・BLCP 石炭火力発電所における
アンモニア混焼に向けた技術適用や経済性評価、CO2 削減計画等に関する事業実施可能性調査事業

秘匿情報を含むため非公開とした。

5.3.3 燃料アンモニア受入設備

(1) 荷役用ローディングアーム

秘匿情報を含むため非公開とした。

(2) 受入配管

秘匿情報を含むため非公開とした。

5.3.4 燃料アンモニア貯蔵・供給設備

(1) 燃料アンモニアタンク

1) 型式選定

秘匿情報を含むため非公開とした。

2) 燃料アンモニアタンク容量

秘匿情報を含むため非公開とした。

(2) 燃料アンモニア供給ポンプ

秘匿情報を含むため非公開とした。

(3) 気化器・過熱器

1) 燃料アンモニアの気化・過熱工程概要

秘匿情報を含むため非公開とした。

2) 気化器の型式選定

秘匿情報を含むため非公開とした。

3) 過熱器の型式選定

秘匿情報を含むため非公開とした。

5.3.5 アンモニア除害設備

秘匿情報を含むため非公開とした。

(1) 除害排水処理設備

秘匿情報を含むため非公開とした。

(2) フレア処理設備

秘匿情報を含むため非公開とした。

5.3.6 既存ボイラ用アンモニア転換設備

(1) 検討範囲

本章では、燃料アンモニア(気体)は受入設備から、ボイラ側面に位置する既設の配管ラックを通してボイラに導入し、カロリーベースでアンモニア転換率 20%(以下 20cal% 転換と表記)の技術検討を実施した。検討範囲は、ボイラ建屋内のアンモニア燃焼設備及び脱硝設備、及びこれに付帯する機器とした。なお、既設ボイラの耐圧部改造等行わずに改造範囲を絞ってアンモニア 20cal%転換が可能となる運用を検討している。

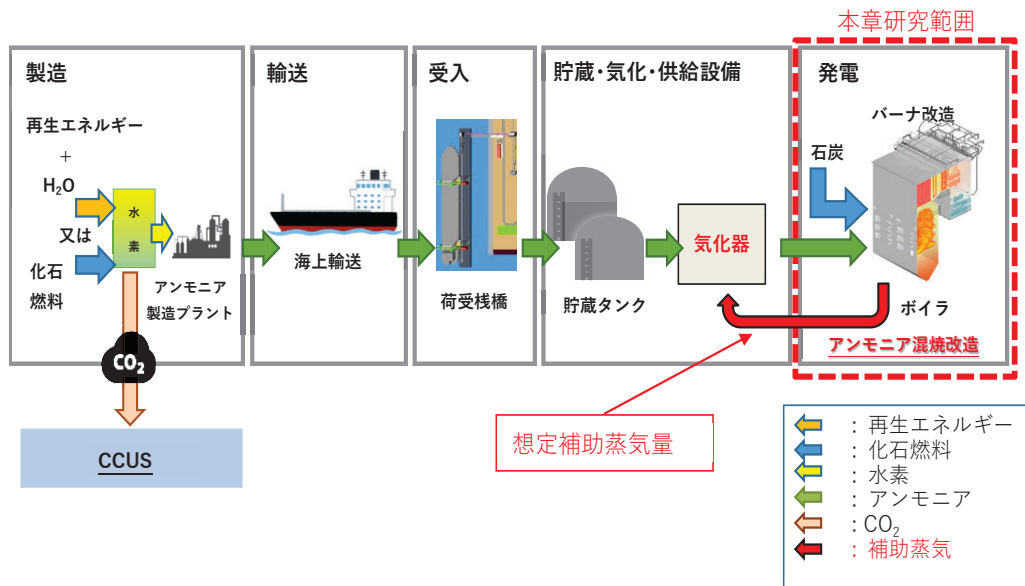


図 5.9 燃料アンモニアサプライチェーンにおける本章研究改造範囲

1) ボイラ概略仕様

BLCP 石炭火力発電所 1 号機、同 2 号機のボイラ概略仕様を表 5.2 に示す。

表 5.2 ボイラ概略仕様

項目	1 号機	2 号機
出力 (@100%ECR)	700MW	700MW
運転開始	2006 年 10 月	2007 年 2 月
過熱器出口圧力	17MPaG	17MPaG
過熱器出口温度	541℃	541℃
再熱器出口温度	541℃	541℃
燃焼方式	旋回燃焼	旋回燃焼
負荷用燃料	石炭	石炭
ミル台数	6 台	6 台
バーナ段数 (本数)	6 段 x 4 コーナ (24 本)	6 段 x 4 コーナ (24 本)

2) 燃料アンモニア性状

参考として純度 100%のアンモニアの物性値を以下表 5.3 に示す。

表 5.3 純度 100%のアンモニア性状

項目	単位	アンモニアガス
		NH ₃
常温常圧下での状態	—	気体
沸点 (@大気圧)	℃	-33.4
飽和蒸気圧 (@20℃)	MPaA	0.86
ガス比重 (空気=1@標準状態)	—	0.5965

本検討に使用する気体アンモニア性状はアンモニア生産設備側の条件から以下表 5.4 の値を用いた。

表 5.4 本検討に採用するアンモニアガス性状

項目	単位	アンモニアガス
		NH ₃
アンモニアガス純度	wt%	99.5
含有 H ₂ O	wt%	0.5
高位発熱量	MJ/kg	22.4
ガス密度	kg/Nm ³	0.77

3) アンモニア転換率

アンモニア転換率は高位発熱量ベースで 20cal%とする。

秘匿情報を含むため非公開とした。

4) 石炭性状

検討に用いる石炭性状を以下表 5.5 とした。

表 5.5 本検討に用いる石炭性状（到着ベース）

項目	単位	石炭性状
高位発熱量	kcal/kg	6120
炭素	wt%	63.99
水素	wt%	3.77
窒素	wt%	1.48
酸素	wt%	7.84
硫黄	wt%	0.42
灰分	wt%	7.70
全水分	wt%	14.80

5) 秘匿情報を含むため非公開とした。

(2) 検討結果

秘匿情報を含むため非公開とした。

1) 系統構成

燃料アンモニアガス管系統図を、配置図を以下に示す。アンモニアガス配管は、2 号機東側の既設配管ラック上にてアンモニア受入設備と取合う。ボイラ建屋内にはアンモニアガス系統を縁切りするための遮断弁、流量計、流量調節弁を備え、バーナヘッダから枝分かれし、各バーナへ接続する。アンモニアガス配管のほかに、ボイラ停止時の配管内に残るアンモニアガス除去のために窒素ガスが必要となる。系統計画、配管計画の検討項目、並びに配管仕様、制御弁仕様について後述する。

秘匿情報を含むため非公開とした。

2) 系統計画時の検討項目

燃料アンモニアガス管系統検討時に留意した点については下記の通り。

<全般>

- ・1,2 号共に既設石炭バーナに加え、各コーナ 1 段の新設アンモニアバーナを追設改造するものと仮定している。
- ・アンモニアガスは毒性/可燃性ガスであることから、極力フランジ接続は避け、弁等は溶接取り合いとする。
- ・秘匿情報を含むため非公開とした。
- ・設計圧力温度は、取合点圧力温度に余裕を加味し決定しているものの、実設計段階で見直しとなる可能性がある。
- ・アンモニアガスの遮断を要する箇所（アンモニアガス取合部、及びバーナ入口部）は、確実な遮断を行う為、ダブルブロック&ブリードとする。
- ・停止時の配管内残アンモニアガス除去のため、取合弁出口及び遮断弁出口に窒素注入系統を設置し、窒素置換するものとする。
- ・解放点検時は、窒素置換後に空気置換するものとする。従い、窒素注入系統と切替

え可能な圧縮空気注入系統を設置するものとする。

- ・アンモニアガスの各ベントラインには、窒素または空気置換完了の確認の為、サンプリング座を設置する。サンプリング座元弁は、系外リーク防止の観点から 2 重化とする。

<計装・制御>

- ・今回の検討では、アンモニアバーナの運用は定格負荷のみを想定しているためアンモニアガス流量調節弁 1 台としているが、運用方針により実設計段階にて見直す可能性がある。

- ・アンモニアガス流量調節弁上流には、アンモニアガスの緊急遮断用にアンモニアガス遮断弁を設置する。

- ・秘匿情報を含むため非公開とした。

- ・点火前のバーナシートリーク確認の為、アンモニアガス遮断弁をバイパスするアンモニアガスリークチェック遮断弁を設置する。また、アンモニアガスリークチェック遮断弁上流に圧力発信器を設置する。

<配管・弁>

- ・秘匿情報を含むため非公開とした。

3) 配管配置計画時の検討項目

BLCF1,2 号において、今回増設する新設配管のルート案を構築し、以下の点につき確認し検討を実施した。

- ・既設配置図にて配置配管計画を実施し、既存の 3D モデルにて配管計画の妥当性（大まかな干渉物有無の確認及びアクセス性）を確認した。実設計段階では、施工性の最終的な確認含めた現地調査が必要となる。

- ・新たに配管を設置するにあたり、配管支持が取れ、且つ配管荷重の追加が許容でき

ようなボイラ鉄骨支持梁を考慮し、ルート計画を実施している。実設計段階では、鉄骨荷重評価が必要となる。なお、耐圧試験は適用規格に従い、気圧試験を実施することとする。

- ・弁、計器、流量計等の操作性、アクセス性、メンテナンス性に留意し、ルートを計画している。

- ・ベントラインは、アンモニア配管内を窒素で置換することを考慮し、アンモニア配管からの抜き出し位置はアンモニア配管上部から抜き出すこととする。

- ・今回はアンモニアバーナ接続の詳細が未決定である為、バーナ前の弁セット配置迄の配管ルートの検討となる。

4) 秘匿情報を含むため非公開とした。

5) 秘匿情報を含むため非公開とした。

6) 通風設備等の既設流用について

アンモニア 20cal%転換において既設設備の流用可否を検討した。

通風設備（大型ファン）

既設の大型ファンの流用可否検討結果を下記に示す。

① 一次空気ファン（PAF : Primary Air Fan）

アンモニア 20cal%転換により石炭消費量及びミル運転台数が低減するため、一次空気風量も低減方向となる。このため、PAF を通過する風量・風圧ともに石炭専焼時よりも低減することから、アンモニア 20cal%転換時においても既設 PAF は流用可能とした。

② 押込通風ファン（FDF : Forced Draft Fan）

アンモニア 20cal%転換により二次空気風量が増加するため、FDF の風量・風圧とも

に石炭専焼時よりも増加傾向となる。現状の石炭専焼時における FDF の運転状態（ローター回転数や電流値）は運転状態により変動が大きいデータもあるが、原則風量バランスとしてはアンモニア 20cal%転換時においても既設 FDF は流用可能とした。ただし、改造時には試運転等の段階での運転状態の確認が必要となる。

③ 誘引通風ファン（IDF : Induce Draft Fan）

アンモニア 20cal%転換により排ガスの体積流量が増加するため、IDF の風量・風圧ともに石炭専焼時よりも増加する。現状の石炭専焼時における IDF は裕度ある運転状態であることから、アンモニア 20cal%転換時においても既設 IDF は流用可能とした。

空気予熱器（AH : Regenerative Air Preheater）

アンモニア 20cal%転換により一次空気量は低減、二次空気量は増加と空気量のバランスは変更となるが、一次 AH および二次 AH を通過するガス量の配分を調整することで、既設 AH は流用可能とした。

7) 秘匿情報を含むため非公開とした。

5.3.7 環境保全設備

（１）脱硝技術

BLCF1 号機、2 号機の石炭焚きにおける NO_x は規制値以下となっているが、アンモニア 20cal%転換により NO_x が増加する可能性があることから、確実に NO_x を規制値以下に低減可能な脱硝装置の追設を検討した。今後のアンモニアバーナ開発進捗により、実設計実施前の段階においても脱硝装置の追設要否について再評価する必要がある。

（２）脱硝装置技術導入の検討

1) 検討範囲

検討範囲は下記の通り脱硝装置及び脱硝装置に紐づく補機とした。

- ・脱硝反応器
- ・脱硝触媒
- ・アンモニア流量調整ユニット
- ・アンモニア注入ノズル
- ・脱硝入口ダクト
- ・脱硝出口ダクト
- ・アンモニア希釈ファン

2) 脱硝プロセス概要

①脱硝装置は排ガス中の窒素酸化物（NOx）を分解除去し所定の濃度にする事を目的として設置する。

②脱硝装置のプロセスは下記の通り。

- ・脱硝反応器上流の煙道において、排ガス中の NOx 量に見合う NH₃ を注入する。
- ・アンモニアを含んだ排ガスは脱硝反応器内に充填された触媒層を通過し、ガス中に含まれた窒素酸化物（NOx）と NH₃ が化学反応し、次式により無害な窒素（N₂）と水蒸気（H₂O）に分解される。

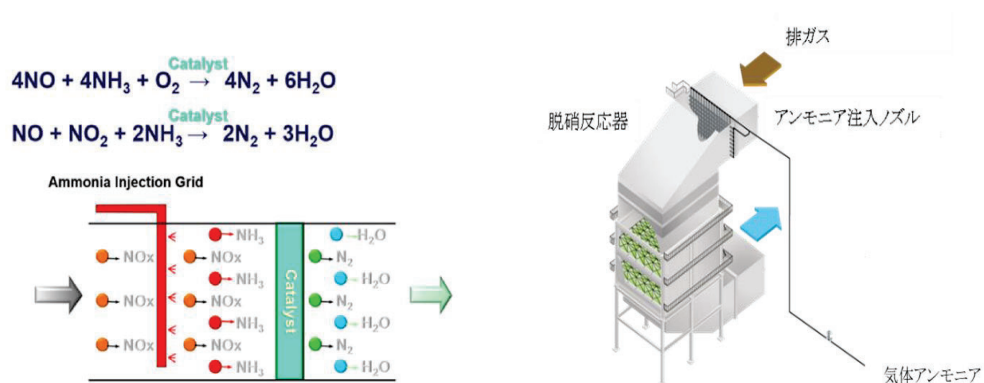


図 5.10 脱硝プロセス概要図

3) 脱硝装置検討項目

脱硝装置の検討条件を以下記載する。

<全般>

- ・将来的な規制強化も見越し、豊富な実績と信頼性が高い乾式アンモニア接触還元法を採用した。
- ・排ガスは煤塵を含むため、脱硝触媒上の灰の堆積を防止するために脱硝装置は縦流れ下降流とした。
- ・将来的にも脱硝装置を経済的に運用できるよう脱硝装置には予備層を設けた。
- ・脱硝装置にて NO_x と反応しなかった NH₃（リーク NH₃）は、脱硝装置後流において排ガス中に含まれる硫黄分との反応により硫酸として析出し、後流機器の閉塞及び腐食の要因となるため 3ppm（6%O₂）以下に抑えるものとする。
- ・脱硝触媒は灰の堆積及び摩耗を考慮した触媒とする。
- ・NO_x と NH₃ は 1:1 の割合で反応する。脱硝反応に使用される NH₃ は、排ガス中に十分に混合する事で局所的なリーク NH₃ の発生を抑えることが可能となる。アンモニア注入ノズルは十分なアンモニア拡散が出来る配置及び構造とした。
- ・排ガスは脱硝触媒の活性温度を考慮し、節炭器出口から排ガスを拔出、空気予熱器へ戻すダクトルートを想定した。
- ・排ガス温度低により、アンモニアと排ガス中の硫黄分との反応により酸性硫酸が脱硝触媒上に生成する事で触媒劣化が進行する。したがって、酸性硫酸生成を考慮し、排ガス温度が低下する部分負荷時並びに起動開始時及び停止時の排ガス温度低の条件ではアンモニアは注入しないものとする。
- ・アンモニアは爆発限界を超過しないよう空気により希釈する。
- ・氷点下になる事は無いものとし、凍結防止は不要とする。
- ・脱硝装置は風煙道系統の片系運転には対応しないものとする。
- ・秘匿情報を含むため非公開とした。

4) 秘匿情報を含むため非公開とした。

(3) 検討結果

1) 秘匿情報を含むため非公開とした。

2) 秘匿情報を含むため非公開とした。

- 3) 秘匿情報を含むため非公開とした。

5.3.8 燃料アンモニア基地設備全体電源計画

秘匿情報を含むため非公開とした。

(1) 電源供給元の計画

秘匿情報を含むため非公開とした。

(2) 受電設備の構成

秘匿情報を含むため非公開とした。

(3) 所内電源の構成

秘匿情報を含むため非公開とした。

(4) 非常用予備発電機の計画

秘匿情報を含むため非公開とした。

(5) 直流電源装置の計画

秘匿情報を含むため非公開とした。

(6) 無停電電源装置の構成

秘匿情報を含むため非公開とした。

5.3.9 燃料アンモニア基地設備制御装置計画

(1) 燃料アンモニア基地設備の監視・操作場所

秘匿情報を含むため非公開とした。

1) 貯蔵・気化・払出・ユーティリティ設備の監視操作場所

秘匿情報を含むため非公開とした。

2) 荷役設備（燃料アンモニア荷揚用栈橋設置設備）

秘匿情報を含むため非公開とした。

3) 防災設備

秘匿情報を含むため非公開とした。

(2) 監視・操作システム構成の冗長化

秘匿情報を含むため非公開とした。

(3) 燃料アンモニア基地設備のインターロックシステム構成

秘匿情報を含むため非公開とした。

土木・建築・海洋構造物

（４）既存石炭荷揚棧橋の流用可否検討

秘匿情報を含むため非公開とした。

（５）新設燃料アンモニア荷揚用棧橋レイアウト

秘匿情報を含むため非公開とした。

取水槽

秘匿情報を含むため非公開とした。

5.3.10 想定災害と防災設備計画

(1) リスクアセスメントの考え方

秘匿情報を含むため非公開とした。

(2) 想定災害シナリオ

秘匿情報を含むため非公開とした。

(3) リスククラス評価基準

秘匿情報を含むため非公開とした。

(4) 想定災害シナリオのリスククラス評価と設備対策

秘匿情報を含むため非公開とした。

5.3.11 アンモニア受入設備の課題

(1) 詳細設計時の既存石炭荷揚棧橋の流用可否検討

秘匿情報を含むため非公開とした。

(2) 詳細設計時のリスクアセスメントの実施

秘匿情報を含むため非公開とした。

5.3.12 アンモニア燃料への 20cal%転換設備における課題

(1) 課題抽出

秘匿情報を含むため非公開とした。

(2) 運用面での検討課題

秘匿情報を含むため非公開とした。

(3) 改造に向けて確認・合意すべき情報

秘匿情報を含むため非公開とした。

(4) 工事に伴う発電所の運用制約

秘匿情報を含むため非公開とした。

5.4 燃料アンモニアサプライチェーンに関わる法規

5.4.1 日本におけるアンモニア法規制

日本におけるアンモニアの法規制を表 5.6 に示す。日本においては、個別の法令によりアンモニアを規制している。一方でタイにおいては、前述の通り特定した 10 項目に該当する物質を有害物質として代表的に有害物質法にて規定して、アンモニアもこの法に規定されている。

表 5.6 日本におけるアンモニア法規制

法規制	規制内容
化審法*1	・一般化学物質（既存化学物質）
毒物劇物取締法	・劇物（アンモニア）（アンモニアを含有する製剤。但し、アンモニア 10%以下を含有するものを除く）
労働安全衛生法	・特定化学物質：第三類物質（アンモニア） ・可燃性ガス ・名称等を表示し、又は通知すべき危険物及び有害物（アンモニア）
大気汚染防止法	・特定物質（アンモニア）
悪臭防止法	・特定悪臭物質（アンモニア）
水質汚濁防止法	・有害物質（アンモニア）
海洋汚染防止法	・有害液体物質：Y 類物質（アンモニア水(28% 重量%以下)）（アンモニアは対象外） ・環境有害物質
高圧ガス保安法	・高圧ガス（液化ガス、アンモニア） ・特定高圧ガス（液化アンモニア） ・可燃性ガス（アンモニア） ・毒性ガス（アンモニア）
建築基準法	・液化ガス ・可燃性ガス
消防法	・危険物：届出物質（アンモニア）
船舶安全法	・危険物：高圧ガス（毒性ガス、腐食性物質）（液化アンモニア）、海洋汚染物質（環境有害物質）（液化アンモニア）、アルカリ類（液化アンモニア） ・ばら積液体危険物：液化ガス物質（液化アンモニア）
港則法	・危険物：船舶安全法と同様

* 1：化審法：化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律

出典：調査団にて整理・作成

5.4.2 日本におけるアンモニアサプライチェーンに関わる法規

アンモニアのサプライチェーン（輸送・貯蔵・発電）の観点から関連主要法規を再整理したものを表 5.7 に示す。所内液化ガス設備を含め発電所については、電気事業法により技術基準を含め包括的に規定されている。また、発電所外の液化ガス設備は、高圧ガス保安法にて主に規定されている。なお、燃料アンモニアとして法規制については現在、政府と民間にて協議、見直しが進められており、今後も最新の規制などを適宜確認する必要がある。

表 5.7 日本におけるアンモニアサプライチェーンに関わる法規

フェーズ			法規 ^{*3}	対象			
海上 輸送	貯蔵 ^{*1}	発電		安衛・ 防災	環境	技術	その 他
	○	○	電気事業法、	○	○	○	○
	○	○ ^{*1}	高圧ガス保安法	○		○	○
○	○	○	消防法	○			
	○		石油コンビナート等災害 防止法	○			○
	○	○	毒物及び劇物取締法	○			○
○	○	○	労働安全衛生法	○			
	○	○	大気汚染防止法	○	○		
	○	○	水質汚濁防止法	○	○		
	○	○	騒音・振動規制法	○	○		
	○	○	悪臭防止法	○	○		
○			船舶安全法	○			○
○	○ ^{*2}		海洋汚染防止法				
○	○		港湾法および港則法	○			○
	○		建築基準法	○	○		

*1 発電所内に貯蔵設備等が設置される場合には、電気事業法が包括的に適用される。

*2 貯蔵設備が海洋汚染の影響のある沿岸に設置された場合。

*3 各法には同省令、同施行規則および告示を含む。

出典：調査団にて整理・作成

5.4.3 発電用火力設備に関する技術基準

発電所における主要法規である電気事業法の法体系をエラー！参照元が見つかりません。に、また、同法及び発電用火力設備に関する技術を定める省令（火技）に規定された主要技術基準項目を表 5.8 に示す。

電気事業法において、事業用電気工作物は技術基準に適合することを命じている。

また、液化ガスに関する技術基準は、高圧ガス保安法で規定されている項目は、これを基に規定している。この液化ガス設備には脱硝用液化アンモニア装置も対象としている。

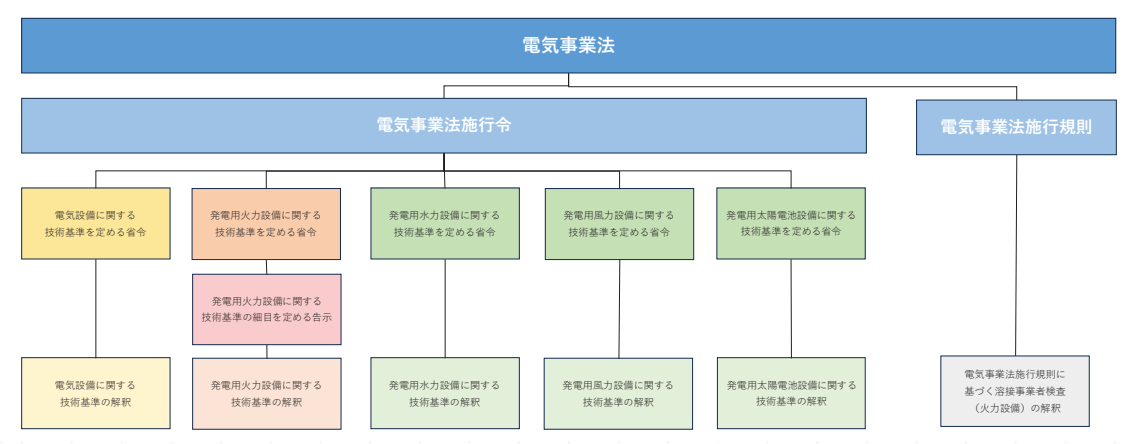


図 5.12 電気事業法体系

出典：経済産業省の電気事業法関連資料を基に調査団にて作成

表 5.8 電気事業法および火技に規定された主要技術基準項目

対象設備	主要技術基準項目
共通一般条項	技術基準への適合と確認、工事計画、使用前・完成等検査、公害防止、耐震性の確保
ボイラ等およびその付帯設備	材料、構造、安全弁、ガス漏洩対策、計測装置
液化ガス設備	材料、構造、安全弁、ガス漏洩対策、計測装置、離隔距離、保安区画、設置場所、静電気対策、防消火設備、警報及び非常装置、遮断装置、ガスの置換、表示、耐熱措置、防護措置、気化器の加熱、付臭措置、

出典：経済産業省の電気事業法関連資料を基に調査団にて作成

5.4.4 電気事業法におけるアンモニアに関する技術基準改正

アンモニアに関する電気事業法関連においては、従来脱硝用のアンモニア設備に関する技術基準はあるものの、発電設備の燃料として想定していなかったため、アンモニア燃料に関する規定はなかった。しかし、第6次エネルギー基本計画において水素・アンモニアの転換・専焼が掲げられ、JERA では碧南火力発電所等において実証実験が進められ、更に商用規模での導入拡大が見込まれている。これらを鑑み、政府は保安規定整備が必要との認識のもと、2022 年 12 月 14 日付けにて電気事業法施行規則等の一部が改正された。

公布された省令などは以下の通り。

- ・ 電気事業法施行規則の一部を改正する省令

- ◇ 水素・アンモニアの燃料特性を考慮し、火力発電所において水素・アンモニアを燃料として使用する場合は、汽力、ガスタービン、内燃力について出力に関わらず規制（ボイラ・タービン主任技術者選任、工事計画届出、使用前自主検査、溶接事業者検査、定期事業者検査）の対象とする。
- ・ 発電用火力設備に関する技術基準を定める省令の一部を改正する省令
 - ◇ 水素・アンモニアを燃料として使用する火力発電所や燃料電池発電所の設備に対し、高圧ガス保安法における水素及びアンモニアに係る要求事項に準じて必要な技術的要件を規定する。
- ・ 発電用火力設備に関する技術基準の細目を定める告示の一部を改正する告示
 - ◇ 火技省令において告示に定めるとした保安物件及び容器置場の離隔距離について、高圧ガス保安法に準じて規定する。
- ・ 主要電気工作物を構成する設備を定める告示
 - ◇ 発電用火力設備に関する技術基準で求める水素・アンモニアを燃料として使用する火力発電所及び燃料電池発電所に係る漏えい対策、除害対策等で措置した設備を主設備に追加する。
- ・ 発電用火力設備の技術基準の解釈の一部を改正する規程
 - ◇ 火技省令で定めた技術的要件を満たすべき技術的内容を規定する。

発電用火力設備に関する技術基準を定める省令および同技術基準の解釈において技術基準が改正されているが、水素・アンモニアの特性を踏まえて基本的にすでに整備されている高圧ガス保安法の技術基準を取り入れている。技術基準の改訂概要を表 5.9 に示す。

なお、（一社）クリーンアンモニア協会の資料には、燃料アンモニア地上式貯槽について同協会内が 2022 年度に「貯槽基準 WG」を立ち上げ、指針案を策定し、2023 年 8 月日本電気技術規格委員会(JESC)より承認を得た。今後、電気事業法の例示基準、各事業者の基準等の設定により、同指針の活用が期待されると報告されている。

表 5.9 電気事業法技術基準改訂概要

対象設備	技術的要件	概要
ボイラ、ガスタービン、内燃機関、燃料電池設備、液化ガス設備	材料	・ 燃料としてアンモニアを通ずる材質は「一般高圧ガス保安規則の機能性基準の運用については」引用し、アンモニア不適正材料を明確化。（併せて、水素関連も規定されている）

ボイラ、液化ガス設備等	管、接合部等の漏洩対策	・燃料としてアンモニアを通ずる管および弁の溶接接合（又は強度を有するフランジなど）と規定。 ・燃料としてアンモニアを通ずる管は、保安物件などの周辺においては必要に応じて二重管とし、漏洩検知を設けることを規定。
ボイラ、燃料電池設備、液化ガス設備	安全弁	・燃料としてアンモニアを使用する安全弁は作動時に安全弁から吹き出されるガスによる危害が生じないように施設しなければならないと規定。 ・燃料のアンモニアを放出するために放出管を設け、放出管の開口部位置は除害設備内とすることを規定。
ボイラ、ガスタービン、内燃機関、燃料電池設備、液化ガス設備	ガス漏洩対策	・燃料としてアンモニアを使用する設備からアンモニアが漏洩した場合の危害を防止する以下等の措置を講じることを規定。 -外部からアンモニアを通ずるものであることを容易に認識できる措置。ポンプ、バルブ及び継手その他漏洩の恐れがある箇所には、その旨の危険標識の設置を規定。 -漏洩した燃料アンモニアが滞留するおそれがある場所に漏洩検知・警報設備等適切な措置。
ボイラ、ガスタービン、内燃機関、燃料電池設備、液化ガス設備	除害設備	・燃料としてアンモニアを使用する設備から燃料アンモニアが、漏洩した場合の危害を防止するとして、漏洩した燃料アンモニアの拡散および滞留を適切に防止できる安全かつ速やかに除害できる措置（拡散・滞留防止、防毒マスクなど保護具の保管等）
ガスタービン、内燃機関	過圧防止装置	・燃料としてアンモニアを使用する過圧防止装置は、作動時に吹き出されるアンモニアによる危害が生じないように施設しなければならないと規定。
ガスタービン、内燃機関、燃料電池設備、液化ガス設備等	離隔距離	・燃料としてアンモニアを供給する容器の置き場は、その外面と発電所の境界線との間に漏洩または火災等による危害を防止するために保安上必要な距離を有することを規定。同様に保安物件からの離隔および液化ガス貯槽相互間距離についても確保することを規定。離隔距離については、高压ガス保安法の離隔を適用。

出典：経済産業省の電気事業法関連資料を基に調査団にて作成

5.4.5 タイにおけるアンモニアサプライチェーンに関わる法規

前述 3. 2 項の日本におけるアンモニアサプライチェーンに関わる法規に相当するタイの法規を調査した。調査結果を表 5.10 に示す。

表 5. 10 日本におけるアンモニアサプライチェーンに関わる法規に相当するタイの法規

フェーズ		本邦法規*1	関連	タイ相当法規*2	所轄 省庁	概要
輸送	貯蔵	発電				
	○	○		電気事業法	MOE	十分に安定したおよびエネルギー使用者及び許可取得者に公正なエネルギーサービスの振興等を目的。
	○	○		高圧ガス保安法	ERC	エネルギー事業の規制や運用規則等
○	○	○		消防法	MOE	燃料用天然ガス及び液化石油ガス等の取扱等を規定。
	○	○		石油コンビナート等災害防止法	MOI	日本の災害対策基本法にほぼ該当。
	○	○		毒物及び劇物取締法	MOI	消火活動。火災防止・予防・抑制等について規定。
○	○	○		労働安全衛生法	MIND	有害物質化学物質管理の法的基盤を構築する法。有害物質の製造・輸入・輸出・保有を規制。
	○	○		大気汚染防止法	MOL	労働安全・衛生・環境に対する危険をなくすことを目的とし、使用者および被雇用者の義務を規定。
	○	○		水質汚濁防止法	MPH	暮らしの衛生、環境等に関連し国民保護を目的。
	○	○		騒音・振動規制法	MNRE	環境に関する基本法。水質汚染や大気汚染、廃棄物管理、騒音、振動などの公害対策全般について規定。
○	○			悪臭防止法	MIND	工場の安全確保および環境の保護がその主要な目的。
○				船舶安全法	MIND	工業団地の運営に関する規定。
○	○			海洋汚染防止法	MOT	河川や海洋の廃棄物などの投棄の規制。
○	○			港湾法・港則法	MOI	手続きや技術を含む建築物全般について規定。
	○			建築基準法		

 エネルギー
  安全
  労働衛生
  環境
  海上輸送
  建築

*1：各法は同省令、同施行規則および告示等を含む。*2：各法は同省令および告示等を含む。

出典：調査団にて整理・作成

前述のとおり、タイにおけるアンモニアに関する法規は、有害物質法に代表される。日本の電気事業法に相当する法規としてエネルギー事業法があるが、電事法のような事業運営管理から技術基準まで広域にわたるものではなく安定で公正なエネルギーサービス振興を目的とした規定となっている。また、日本の高圧保安法に定義された高圧ガスの法規に相当する法規は確認できなかったが、工場法や燃料管理法等がガスに関連した法規を定めている。特に、燃料管理法は、石油精製、石油化学、液化石油ガス等の保安の視点から取り扱いについて管理面および技術面を含めて規定している。したがって、一部ではあるが日本における電気事業法や高圧ガス保安法に相当する法規となっている。

5.4.6 有害物質法および燃料管理法の貯蔵に関する主要管理・技術規定項目

タイにおいてアンモニアは燃料として利用されていないので、これに関する法規制や技術基準はないが、有害物質法および燃料管理法には、有害物質あるいは燃料の貯蔵（保管）、充填、配送・輸送を想定した管理・技術項目を規定している。

表 5.11 に両法における貯蔵に関する主要技術規定項目を示す。

ただし、有害物質法における貯蔵とは、建屋内あるいは屋内での貯蔵・保管を示し、燃料管理法においては燃料油、液化石油ガス（LPG）および天然ガスをタンクあるいはコンテナに貯蔵する場合について規定している。

表 5.11 有害物質法および燃料管理法の貯蔵に関する管理・技術規定項目

対象設備	主要技術基準項目
共通一般条項	届出・許可取得、登録、管理者・主任
有害物質法 （貯蔵設備）	設置場所、構造、換気、避雷、警報、予防策、漏れ・緊急時対応、廃棄処理等
燃料管理法 （貯蔵設備）	図面、離隔距離、貯蔵タンク強度・構造・防液堤・試験・建設、配管、付属機器、防消火、避雷、電気品、漏れ検知

出典：調査団にて整理・作成

5.4.7 日本およびタイにおける法規の比較

前項までの現時点における日本およびタイにおけるアンモニアサプライチェーンに関連する法規の比較を表 5.12 にまとめた。

表 5.12 日本およびタイにおける法規の比較

項目	タイ法規・基準	日本法規・基準
アンモニア規定 分類	代表的に有害物質法に有害物質として規定	個別法規にそれぞれ分類し規制
アンモニアサプライチェーン関連主要法規	1. 有害物質法および燃料管理法 2. 電気工作物や高圧ガス保安に関する法規はない。 3. 有害物質や LPG/ガスの取扱いについては有害物質法および燃料管理法に規定	1. 電気事業法および高圧ガス保安法 2. 電気事業法は発電所のシステムや設備について包括的に規定。
技術基準	1. 有害物質法および燃料管理法には、対象物（有害物質および燃料）の保管、充填、輸送/配送の観点から規定されていると推測される。 2. 上記には一部の技術基準が規定されている。	1. 電事法技術基準は、発電所の設備に関し一般から詳細まで規定している。 2. 既に高圧ガス保安法で規定された液化ガスやガスについての規定は、この規定に基づいている。 3. 脱硝用液化アンモニアは液化ガス設備として規定されている。
燃料アンモニアの技術基準	燃料アンモニアに関する技術基準はない。	燃料アンモニアの導入を見据えて 2022 年に改正。

出典：調査団にて整理・作成

5.4.8 構築すべき法令・基準

日本をはじめタイを含む多くの国においてアンモニアは、これまで肥料などの工業・農業用途として製造、輸送、貯蔵および利用されており、これに関連した法令および基準が整備されている。しかしながら、発電設備を含めた燃料としては、実績がなくかつ大量の取り扱いとなる。従い、燃料として大量の輸送・貯蔵・利用する観点から法令・基準の見直しや策定が必要となる。

日本は先行して発電設備への転換を含めた燃料アンモニアの開発・実装を進めている。これに伴い政府および民間団体が安全衛生・防災・労働衛生・環境等様々な面から法令および基準に関して協議、見直しが進められている。また、諸外国においても同様に燃料アンモニアに関する法令・基準の協議を進めているケースがある。

これらを踏まえ、日本国内においても、関連する法令・基準を整備すべく、改訂等を行う事が必要となっている。

タイにおいては、アンモニアは有害物質法で規定されているが、日本と同様に肥料や化学品の原材料の化学品として使用され、国内で貯蔵、充填、保管、輸送（陸送）されて

いる。一方、燃料（石油、天然ガス、LPG に限定されるが）は燃料管理法にそれぞれ規定される。

ただし、燃料アンモニアについての議論はこれからであり、法令には一切規定されていない。

したが、アンモニア転換導入に際しては、更なるタイの関連法規・技術基準の調査と共に、先行して日本での確立された法規・基準を参考に、日本・タイ両政府並びに民間団体・企業が共同で法規・技術基準ガイドライン策定などの支援・協業をすることが望まれる。

関連する主要法規は以下の通りと推察できる。

- 有害物質法：有害物質としてのアンモニア管理
- 燃料管理法：燃料としてのアンモニア管理（有害物質法を基に技術基準を含む）
- 国家環境保全推進法および工場法：環境面からの燃料アンモニアの受入・保管・使用と排出管理
- エネルギー規制委員会の規則：アンモニア転換発電設備としての管理
- 港湾局の規則：アンモニア海上輸送に伴う管理

調査の結果から、先行する日本の法規・基準を参照にして最初に以下の法規、それに伴う技術基準/マニュアルの改訂や追加を行うことが望まれる。

- 有害物質法および燃料管理法 あるいは、
- 有害物質法を反映した燃料管理法

5.5 プロジェクト実施コストの見積

5.5.1 建設コスト

アンモニア転換に必要な建設コストについては、下記の3点を考慮した。

- バーナやボイラ側の燃料アンモニア設備関連の改造費用
- 栈橋やアンモニア貯蔵設備、気化器設備の新設費用
- 栈橋に要する土木工事費用

5.5.2 運転コスト

アンモニア転換に関する発電所の運転・保守費用については、下記の4点を考慮した。

なお、既設発電所の運転・保守に要する費用は BLCP より提示いただいた費用を使用している。

- 経常保守や定期点検の修繕費
- アンモニア荷役作業員や巡視・点検業務員などの人件費
- 用水や薬品などのユーティリティ
- アンモニア設備追加に伴う所内動力費用

5.6 事業工程

BLCP 火力発電所におけるアンモニア転換の実施については、概ね下記の流れで進められる。PPA 延長交渉と並行して Pre FEED/FEED を行い、リスク評価や建設コストの詳細検討を行う必要があると考えられる。

- 計画 (Planning) : プラントの調査と工事の計画、土壌調査、付帯設備などの検査を行う。
- BLCP PPA 更新 (BLCP PPA Renewal Progress) : NH₃ 20%燃焼による PPA の更新申請と更新申請先との協議を行う。
- ITB の準備 (ITB preparation and clarification for NH₃ facilities) : 計画と Pre-FEED/FEED 後に NH₃ 設備に関する文書を作成。また、準備作業/設備/計画をより明確にするための打ち合わせを行う。
- 各種契約 (Engagement) : EPC や製品メーカーへのマーケットサウンディングや、プロジェクト開発に向けた各種打ち合わせを行う。
- ITB の交渉と裁定 (ITB negotiation and award) : 詳細な契約交渉を行い、すべての当事者が合意に達した時点で最終的に決定する。
- EPC の入札と落札 (EPC tender and award) : 建設工事を進めるためのプロジェクト通知。
- 財務上の取り決め (Financial arrangements) : 財政支援、プロジェクトファイナンスを決定する。
- プレフィード/フィード (Pre-FEED / FEED) : NH₃ 設備の詳細なエンジニアリング調査、HAZOP、HAZIP などを実施する。
- EPC 期間 (EPC period) : エンジニアリング、調達、建設、試運転業務を行う。
- 燃焼試験と商業化 (Test and commercialisation) : 実際の動作状態でテストを行い必要に応じて改良し、発電所の商業運転を開始。

タイ王国・BLCP 石炭火力発電所における
アンモニア混焼に向けた技術適用や経済性評価、CO2 削減計画等に関する事業実施可能性調査事業

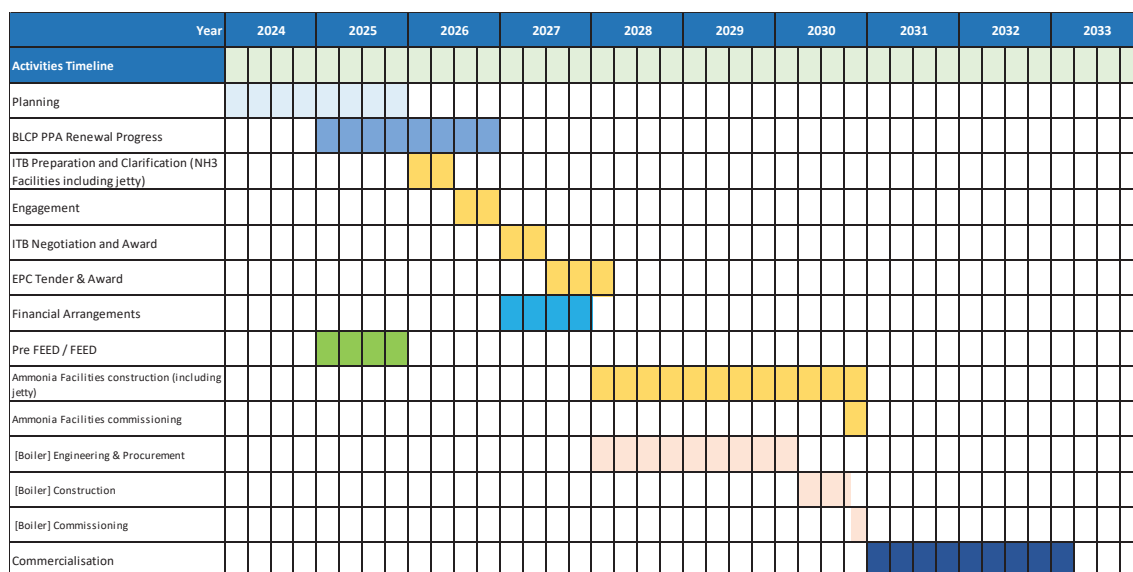


図 5.13 事業スケジュール案

5.6.1

秘匿情報を含むため非公開とした。

5.7 環境社会配慮

5.7.1 環境・気象変動およびこれに係る社会配慮の世界動向

脱炭素化に向けた世界的な条約として、国連気候変動枠組み条約 (United Nations Framework convention on Climate Change)があり、その加盟国としてタイ国ではパリ協定を 2016 年に、さらに 2022 に国連気候変動枠組み条約批准した。これにより、GHG 排出削減に対する政府のコミットメントが求められた。(Second Biennial)

また表 5.13 の文書を提出しており、本件プロジェクトが目指す低炭素化社会を促進するための試みと方向性を一にするものである。

表 5.13 気候変動枠組み条約へのタイ国からの提出文書

分野	法令
気候変動枠組み条約	Second Biennial Update Report of Thailand (2019)
	Thailand's Updated Nationally Determined Contribution (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, Thailand, 2020)
	Mid-century, Long-term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy (Thailand, 2021)

出典: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, Thailand (2020), Thailand(2021)

なお、上記提出文書の NDC によりタイ国は 2030 年までに GHG の排出削減を 30 % とすることを目標とし、さらに 40 %まで削減する可能性に言及している。(UNDP Global Climate Promise, <https://climatepromise.undp.org/what-we-do/where-we-work/thailand>)

5.7.2 タイにおける環境分野の基本法と関連法規

「3.2.4 電力セクター関連の基本法、関連法」で記載されている通り、タイ王国憲法（2017）を最高法源としており、その下で法令（Acts）、省令(Ministerial Regulations)、省告示(Ministerial Notifications)、局告示(Notifications of Dept.)、自治体条例(Local Regulations)等が各行政機関により定められている。

環境分野では、タイ王国憲法において表 5.14 に示す通り、EIA/健康影響評価 (HIA) の義務、環境保護に関する国の政策方針や住民の権利などが定められている。本憲法に基づき、環境関連の法律及び各規則が定められており、表 5.15 に環境関連法とその概要を示す。環境基準、排出基準、その他現場レベルでの具体的な規制については、これら各法律に基づき、該当省庁により発出される省令もしくは告示によって定められる。

表 5.14 タイ王国憲法（2017）における環境関連の規定

条項	カテゴリ	概要
第 43 条	タイ国民の権利	地域及び民族の善良な慣習、伝統的知識、もしくは芸術・文化を保護または復興し、天然資源及び環境、生物多様性の調和的かつ持続的な管理、保護及び利用に参加する国民の権利を認める。
第 50 条	タイ国民の義務	すべてのタイ国民に対し、環境、天然資源、生物多様性、文化の保全に協力することを義務づける。
第 57 条	国家の義務 (環境保全)	国は環境、天然資源、生物多様性を保全する。すべての国民及びコミュニティはその活動に参加もしくはその恩恵を享受することができる。
第 58 条	国家の義務 (EIA/EHIA)	環境に対して深刻な影響を与える可能性がある事業計画に対しては EIA/EHIA を実施する義務を定める。 環境、健康、および衛生面に影響を与える可能性のある事業の実施前に、政府からの十分な情報提供、説明、理由を受けることができる国民の権利を認める。 国は人々、コミュニティ、環境、生物多様性への影響を最小限に抑えるための予防措置を講じ、影響を受けた人々やコミュニティに対して公平な方法で不利益や損害を是正する。
第 72 条	土地利用、水資源、エネルギー 指針	国の施政にかかる土地利用、水資源供給、エネルギー面での政策指針を定義。

表 5.15 環境関連の法律 (Acts) 及びその概要

法令名	所管省庁	制定年	概要
国家環境保全推進法	MONRE	1992	タイにおける環境分野の基本法。水質汚染、環境汚染、廃棄物管理、騒音などの公害対策全般について規定されている。本法に基づき、国家環境委員会 (National Environment Board, NEB) が大気質、水質、騒音、振動などの環境基準値を定めることができる (Section 32)。また、公害規制委員会 (Pollution Control Committee, PCC) 及び国家環境委員会の助言に基づき、環境大臣が排ガス、排水などの排出基準を定めることができる (Section 55)。環境影響評価制度も本法に基づき運用されている。
工場法	MIND	1992	工場の環境管理にかかる法律。工場の安全確保及び環境保護を主な目的としている。具体的には、産業廃棄物の管理基準、汚染物質の排出報告義務、工場からの排出基準 (排ガス、排水、騒音など) 等を定める。また、消防対策や高圧ガス管理など工場における安全管理についても規定。
タイ工業団地公社法	IEAT	1979	タイ工業団地公社 (IEAT) が管轄する工業団地内の運営方法や入居時規則を定めた法律。工業団地内における、有害廃棄物や排水、排ガス、騒音などの排出基準を定めている。
有害物質法	DIW(MIND)	1992	有害物質の管理 (製造、輸出入、保有) にかかる法律。
公衆衛生法	MPH	1992	衛生的な環境を維持し、国民の健康・暮らしを保護するための法律。一般廃棄物及び一般排水の管理規則について規定。本法の実施主体は各地方公共団体。
労働安全衛生環境法	MOL	2011	労働安全、衛生、環境に関する法律。労働者の健康保護、労働安全性確保のため使用者及び被雇用者の義務を規定している。具体的には、安全部門の設置、職場の環境測定、防災対策などを規定。

BLCP におけるアンモニア転換では、環境への直接排出として、煙突から大気中への排気ガスの放出、及び復水器からの冷却水と排気ガス脱硫処理水の海洋への排水があり、特に環境基準(大気質、海洋水質)と排出基準 (排ガス、排水、騒音、悪臭) への配慮が必要となる。

(1) 環境基準

タイの環境基準は国家環境保全推進法に基づき、国家環境委員会による NEB 告示で定められる。下記表にタイにおける大気質環境基準、工業地帯周辺海域における海水水質基準の一覧を示す。

表 5.16 環境基準に関する省令・告示名一覧

規制項目	省令・告示名
大気質環境基準	・ 一般大気環境基準に関する NEB 告示 (1995) ・ SO₂ (1 時間値) 環境基準値に関する NEB 告示 (2001) ・ 一般大気環境基準に関する NEB 告示 (2004) ・ 一般大気環境基準に関する NEB 告示 (2007) ・ VOC 環境基準値に関する NEB 告示 (2007) ・ NO₂ 環境基準値に関する NEB 告示 (2009) ・ CS₂ 環境基準値に関する NEB 告示 (2017) ・ PM_{2.5} 環境基準値に関する NEB 告示 (2022)
水質環境基準	海水水質基準に関する NEB 告示 (2021)

表 5.17 タイにおける大気質環境基準

規制項目		環境基準値		平均時間
CO		30	ppm	1 hour
		9	ppm	8 hours
SO ₂		0.3	ppm	1 hour
		0.12	ppm	24 hours
		0.04	ppm	1 year
NO ₂		0.17	ppm	1 hour
		0.03	ppm	8 hours
O ₃		0.10	ppm	1 hour
		0.07	ppm	8 hours
Pb		1.5	μg/m ³	1 month
TSP		0.33	μg/m ³	24 hours
		0.10	μg/m ³	1 year
PM10		120	μg/m ³	24 hours
		50	μg/m ³	1 year
PM2.5		37.5	μg/m ³	24 hours
		15	μg/m ³	1 year
CS ₂		100	μg/m ³	24 hours
VOCs	ベンゼン	1.7	μg/m ³	1 year
	塩化ビニル	10	μg/m ³	1 year
	1,2-ジクロロエタン	0.4	μg/m ³	1 year
	トリクロロエタン	23	μg/m ³	1 year
	ジクロロメタン	22	μg/m ³	1 year
	1,2-ジクロロプロパン	4	μg/m ³	1 year
	テトラクロロエチレン	200	μg/m ³	1 year
	クロロホルム	0.43	μg/m ³	1 year
	1,3-ブタジエン	0.33	μg/m ³	1 year

参照 : Air4Thai (Pollution Control Department) <https://air4thai.pcd.go.th/webV3/#/AQIInfo>

表 5.18 工業地帯周辺海域における海水水質基準

規制項目	環境基準値		規制項目	環境基準値	
浮遊性固形物	Not Objectionable	-	総クロム T-Cr	≤100.0	μg/L
浮遊油	Not Visible		六価クロム Cr ⁶⁺	≤50.0	μg/L
色度 フォーレル・ウーレ水色階級	1.0-22.0		鉛 Pb	≤8.5	μg/L
臭気	Not Objectionable	-	銅 Cu	≤8.0	μg/L
温度	Δ ≤2	℃	マンガン Mn	≤100.0	μg/L
pH	7.0-8.5	-	亜鉛 Zn	≤50.0	μg/L
透明度	Δ ≤10	%	鉄 Fe	≤300.0	μg/L
浮遊懸濁物質 SS	*	-	フッ素 F	≤1.0	mg/L
塩分濃度	Δ ≤10	%	フェノール	≤0.03	mg/L
石油系炭化水素	≤5.0	μg/L	硫化物	≤10.0	μg/L
溶存酸素	≥4.0	mg/L	シアン化合物	≤7.0	μg/L
総大腸菌群	≤1,000.0	MPN/ 100ml	PCBs	Not Detectable	-
ふん便性大腸菌群	≤100.0	CFU/ 100ml	ヒ素 As	≤10.0	μg/L
腸球菌	-	-	残留塩素	≤0.01	mg/L
硝酸態窒素 NO ₃ -N	≤60.0	μg-N/L	全 α 放射能	≤0.1	ベクレル/L
リン酸態リン PO ₄ -P	≤45.0	μg-P/L	全 β 放射能	≤1.0	ベクレル/L
総アンモニア TAN	≤950.0	μg-N/L	トリブチルスズ	≤10.0	ng/L
全水銀 T-Hg	≤0.1	μg/L	有機塩素系殺虫剤**	**	μg/L
カドミウム Cd	≤5.0	μg/L	その他の殺虫材**	Not Detectable**	-

参照：海水水質基準に関する NEB 告示（2021）

* 浮遊懸濁物質 SS の濃度上昇が生じる場合、その増加幅は 1 日平均、1 カ月平均、もしくは 1 年平均に、それぞれ標準偏差を足した値を上回ってはならない。1 日平均は 1 日のうち、少なくとも 5 回同じ測定間隔で計測する。1 カ月平均は 1 カ月のうち少なくとも 4 回同じ測定間隔で計測を行う。1 年平均は毎月同じ日時に計測行う。

** 具体的な規制物質、基準値は「海水水質基準に関する NEB 告示（2021）」を参照

(2) 排出基準（排ガス基準、排水基準、悪臭、騒音に関する基準）

タイにおける排ガス・排水などの排出基準は、国家環境保全推進法、工場法、タイ工業団地公社法に基づき、それぞれ MONRE、MIND、IEAT から別々の省令、告示によって規定されている。なお、BLCP において遵守されている基準値については、現地調査結果を基に後述する。表 5.19 に排ガス基準を定めた省令・告示を示す。

表 5.19 各排出基準を定めた省令・告示の一覧

分類	排出基準	所管省庁	省令・告示
排 気 ガ ス	産業排ガス基準	MONRE	産業排ガスに関する MONRE 告示 (2006)
	発電設備からの排ガス基準	MONRE	発電プラントからの排ガス基準にかかる MONRE 告示 (2023)
	産業排ガス基準	MIND	産業排ガスに関する MIND 告示 (2005)
	発電設備からの排ガス基準	MIND	発電プラントからの排ガス基準にかかる MIND 告示 (2004)
	工業団地における排ガス基準	IEAT	工業団地における煙突排ガス基準に関する IEAT 通知 (1998)
排 水	産業排水基準	MONRE	産業排水基準に関する MOST 告示 (1996)
	産業排水基準	MIND	産業排水基準に関する MIND 告示 (2017)
	工業団地における排水基準	IEAT	工業団地における工場排水基準に関する IEAT 通知 (1998)
悪 臭	悪臭基準	MIND	工場からの臭気排出及びその測定方法に関する MIND 省令(2005)
騒 音	騒音基準	MIND	職場の騒音曝露に関する MIND 告示 (2005)

表 5.20 タイにおける排ガス基準値

汚染物質	排出基準値		参照
SO ₂	700	mg/Nm ³	MONRE, MIND
	2.16	kg/rai/day	IEAT
	320	ppm	MONRE, MIND (Power Plant)
NO _x	400	mg/Nm ³	MONRE/MIND
	350	ppm	MONRE, MIND (Power Plant)
NO ₂	2.08	kg/rai/day	IEAT
TSP	1.2	kg/rai/day	IEAT
CO	690	ppm	MONRE, MIND
	412.64	kg/rai/day	IEAT
PM	320	mg/Nm ³	MONRE, MIND
	120	mg/Nm ³	MONRE, MIND (Power Plant)
H ₂ S	80	ppm	MONRE, MIND
HCl	160	mg/Nm ³	MONRE, MIND
Sulfuric Acid	-	mg/Nm ³	MONRE, MIND
Xylene	-	mg/Nm ³	MONRE, MIND
Cresol	-	mg/Nm ³	MONRE, MIND
Antimony	16	mg/Nm ³	MONRE, MIND
Arsenic	16	mg/Nm ³	MONRE, MIND
Copper	24	mg/Nm ³	MONRE, MIND
Lead	24	mg/Nm ³	MONRE, MIND
Chlorine	24	mg/Nm ³	MONRE, MIND
Mercury	2.4	mg/Nm ³	MONRE, MIND

なお、BLCP では EIA に関する MONRE 告示に基づいて、年に 2 回環境モニタリングレポートを発行しており、環境大気質濃度、排ガス濃度、排ガス不透明度、騒音、排水水質、海水水質、海水温度、海洋生態系、労働安全性を定期的にモニタリングしている。排気ガスの排出基準に関しては、上述の発電設備からの排ガス基準に加え、BLCP における火力発電に関する EIA レポート (2001) で定めた表 5.21 に示す基準値を満たすような対策をしている。

表 5.21 BLCP における排ガス基準値

汚染物質	EIA に基づく排出基準	発電設備からの排出基準
NOx (ppm)	241	350
SO ₂ (ppm)	262	320
PM (mg/m ³)	43	120

また、「発電設備からの排ガス基準」には操業開始時期、発電容量、燃料タイプ別に排ガス基準値が定められており、「発電プラントからの排ガス基準にかかる MONRE 告示 (2023)」では、新設石炭火力発電プラントにおける排ガス基準値を下記の通り定めている。本アンモニア転換が新設の定義に該当するかは、今後 MONRE や IEAT (Map Ta Phut 工業団地) 等の関係官庁との協議が必要である。

表 5.22 発電容量 100MW 以上の新設石炭火力発電プラントにおける排ガス基準値 (2023)

汚染物質	排出基準
NOx (ppm)	200
SO ₂ (ppm)	150
PM (mg/m ³)	30
Hg (mg/m ³)	0.03

表 5.23 タイにおける排水基準値

汚染物質		排出基準値		参照
pH		5.5-9.0		MONRE, MOI, IEAT
Temperature		40	℃	MONRE, MOI, IEAT
Odor		Not objectionable		MONRE
		-		MOI
		must not be in disgusting condition		IEAT
Color		Not objectionable		MONRE
		300	ADMI	MOI
		must not be in disgusting condition		IEAT
TDS		3000	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
TSS		50	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
BOD		20	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
COD		120	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
Sulfide S2-		1.0	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
Cyanides CN		0.2	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
Oil & Grease		5	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
Formaldehyde		1.0	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
Phenols		1.0	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
Free Chlorines		1.0	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
Pesticide		Not detected		MONRE, MOI, IEAT
TKN		100	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
重金属	Zn	5.0	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
	Cr ⁶⁺	0.25	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
	Cr ³⁺	0.75	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
	As	0.25	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
	Cu	2.0	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
	Hg	0.005	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
	Cd	0.03	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
	Ba	1.000	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
	Se	0.02	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
	Pb	0.2	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
	Ni	1.0	mg/l	MONRE, MOI, IEAT
	Mn	5.0	mg/l	MONRE, MOI, IEAT

表 5.24 タイにおける悪臭・騒音基準値

排出基準項目	排出基準値	適用対象
悪臭基準	敷地境界における臭気濃度：30 煙突出口における臭気濃度：1000	食料品、飲料、たばこ、飼料、 革製品、肥料等の製造業（ア ンモニア関連、エネルギー関 連は非対象）
騒音基準	プラント操業時騒音と暗騒音の差： 10 dB(A)以下 24 時間平均騒音レベル： 70 dB(A)以下 最大騒音レベル：115 dB(A)以下	プラント操業による騒音

*臭気濃度とは、その臭気が無臭になるまで希釈するのに要する希釈倍数の値。例えば、臭気濃度 30 は、清浄な空気で 30 倍に希釈して初めて無臭になる程度の臭気。

5.7.3 環境社会配慮に関連する法規

環境影響評価に係る法令と概要

タイ国においては、1975 年に国家環境保全推進法 (1975)環境影響評価 (EIA)制度が導入されて以来、環境関連の法令が表 5.25 のとおり整備されてきている。

2012 年には天然資源環境省 (MONRE)の告示により、EIA を必要とするプロジェクトの種類と規模および関連する規制や手続きが改正された (MONRE 告示 (2012))。

さらに 2017 年にはコミュニティに対して環境質、天然資源及び健康に関し悪影響を及ぼす可能性があるプロジェクトに対し、環境健康影響評価 (EHIA)が必要とされることが規定された(MONRE (2017))。

また、EIA 報告書作成をより効率的で適切なものにするために、環境影響評価報告書作成のガイドラインが発出された(MONRE(2022))。

表 5.25 EIA に係る法規制

分野	法令
環境規制の基本法	国家環境保全推進法 (1975)
EIA が必要な 35 プロジェクトの種類と規模	MONRE 告示 (2012)
環境健康影響評価	MONRE 告示 (2017)
環境影響評価報告書作成のガイドライン	MONRE 告示 (2022)

出典：環境省 (2018) をもとに調査団にて作成

5.7.4 EIA の枠組み

EIA の手続きは、上述のとおり環境影響評価に関する MONRE 告示に基づいて実施される。以下に示すとおり、事業主体が国の機関や公社もしくは民間事業者、EIA もしくは EHIA の規模要件に該当するプロジェクトかどうかで、手続きが異なる。

- ・ 国の機関や公社等が事業主体で、EIA の規模要件に該当するプロジェクト（内閣の承認が必要）
- ・ 国の機関や公社等が事業主体で、EHIA の規模要件に該当するプロジェクト（内閣の承認が必要）
- ・ 民間企業等が事業主体で、EIA の規模要件に該当するプロジェクト（内閣の承認は不要）
- ・ 民間企業等が事業主体で、EHIA の規模要件に該当するプロジェクト（内閣の承認は不要）

本調査事業では、民間企業が事業主体で、EIA 及び EHIA の規模要件該当するプロジェクトの EIA の手続きフローと所要期間の概要を示す。

（１）EIA 及び EIA の手続きフローと所要期間

EIA の規模要件に該当するプロジェクトに関する EIA の手続きフローは**エラー！参照元が見つかりません**。に示すとおりである。

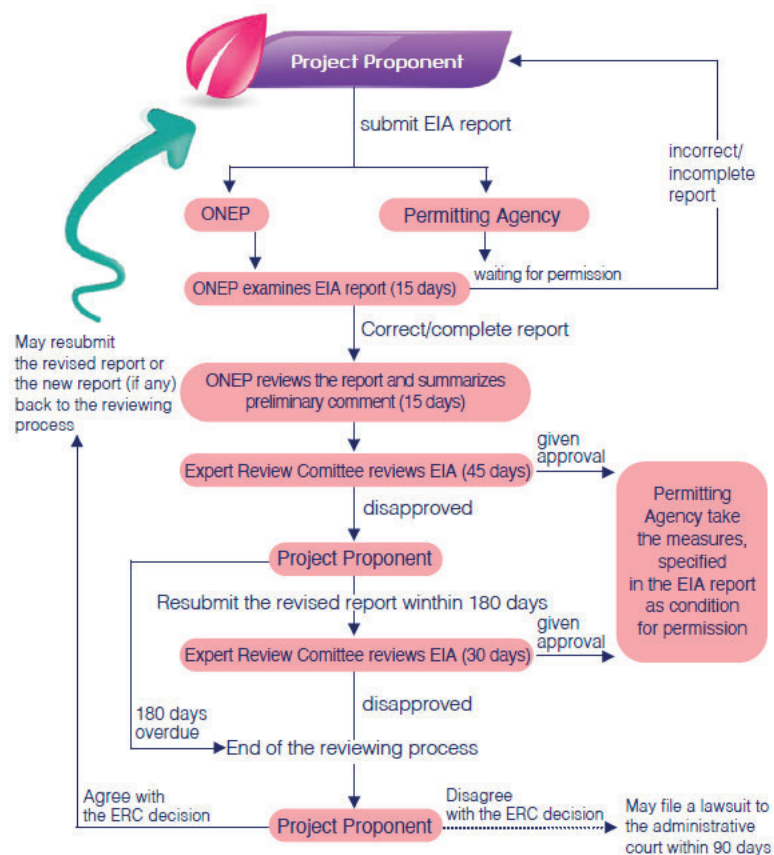


Figure 2 Approval process for projects undertakings, or operations which are required the EIA by law, and not required the approval by the cabinet

図 5.14 タイ国における環境影響評価制度（EIA）

出典：MONRE, 2022

また総発電量が 100 MW 以上の石炭焚き火力発電所に対しては、コミュニティに対して環境質、天然資源及び健康に関し悪影響を及ぼす可能性があるプロジェクトとして扱われる事から EHIA の実施が必要となる。EHIA の手続きのフローは図 5.15 に示すとおりである。

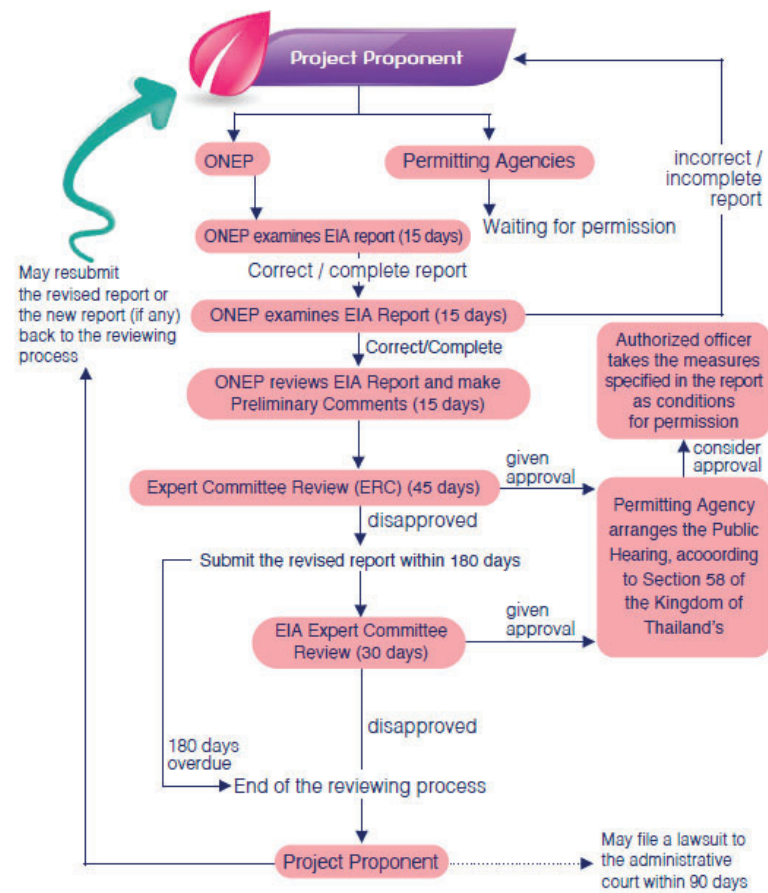


Figure 3 Approval process for projects, undertakings, or operations which may seriously impact natural resources, environmental quality, health, sanitation, life quality of people in a community that are required the EHIA by law, and not required the approval by the cabinet

図 5.15 タイ国における環境健康影響評価制度（EHIA）

出典：MONRE(2022)

この際、EHIA の手続き及び所要期間は、およそ下記のとおりである。（MONRE, 2022）

ONEP による確認	15 日
上記確認・修正後さらに ONEP による追加確認	15 日
ONEP による審査と事前コメントの集約	15 日
専門家委員会による審査	45 日
<承認された場合>	
パブリックヒアリングの実施	
付帯条件を含む許可の発行	
<非承認の場合>	
180 日以内に改訂版 EIA を提出	
専門家委員会による再審査	30 日

＜再審査で承認された場合＞

パブリックヒアリングの実施

付帯条件を含む許可の発行

＜再審査で非承認の場合＞

EHIA の手続きのやり直し、或いは

異議申し立て（90 日以内）

BSCP は IEAT が管理するマブタプット工業団地内に位置しており、設備改造あるいは追設のケースに関しては、IEAT が公表している Guidelines of EIA/IEE Reports for IEAT (2022) に従う必要がある。本ガイドラインではレポートのフォーマット規定や IEAT 及び ONEP から承認が必要なプロジェクトの一覧、事業承認プロセス等を解説している。BSCP におけるアンモニア転換の実施においては、本ガイドラインに従い、アンモニア転換が現行のシステムと比較して環境への負荷を悪化させないこと、環境汚染防止策及びモニタリング計画の詳細等をまとめた補足の EHIA レポートを作成し、ONEP 及び IEAT からの事業詳細の変更に関する承認を得る必要がある。

5.7.5 プロジェクトにおいて想定される環境社会配慮上の留意事項と検証状況の整理

日本では、2014 ～ 2018 年の内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program, SIP）において、燃料アンモニアの利用に向けた技術的な研究が進められてきた。2020 年にはグリーン成長戦略を策定し、成長が期待される 14 分野の一つとして「水素、燃料アンモニア」の分野を掲げ、官民一体となりアンモニア転換に関する研究が行われている。現在では新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の助成によるアンモニア転換実証試験も行われており、アンモニア転換の商用化に向けた技術開発が進められている。一方で、海外の NGO やシンクタンクからは、アンモニア転換による環境影響の懸念が指摘されており、これらの懸念事項を踏まえた上で、環境への負荷を抑える技術・対策が求められている。

本項ではこれらの既往研究・調査を基に、アンモニア転換の実施に伴い想定される環境社会配慮上の留意事項と国内での検証状況を整理する。なお、これらの留意事項及び検証結果を踏まえて 7.2 節で予備的影響評価を行った。

表 5.26 アンモニア転換の実施に伴い想定される環境社会配慮上の留意事項

(1) フューエル NO _x 発生量の増加
(2) 亜酸化窒素 N ₂ O 発生量の増加
(3) アンモニア NH ₃ の大気中への排出
(4) 排ガス中水分濃度の増加
(5) ダスト電気抵抗率の変化による集じん性能の低下
(6) 灰中アンモニア濃度の増加
(7) 灰中未燃分の増加
(8) アンモニウム製造・輸送段階での環境負荷
(9) アンモニア曝露による健康被害

(1) フューエル NO_x 発生量の増加

燃料アンモニアは窒素分を含むため、燃焼過程で発生する燃料由来の窒素酸化物（フューエル NO_x）が増加することが懸念される。窒素酸化物は大気汚染物質の一つであり、アンモニア転換によりフューエル NO_x の排出が増加した場合、大気汚染につながる。一方で、アンモニアが NO_x の還元剤として作用し、火炉内で NO_x を低減させる可能性も示唆されている。また、火力発電施設におけるフューエル NO_x 低減技術として、低 NO_x バーナーの導入、二段燃焼、炉内脱硝などが既に確立されている。実際に、アンモニア燃料比 20%の燃焼試験では燃料アンモニアの注入方法を工夫することで、NO_x の発生をアンモニア転換前と同程度に抑えることができることがわかっている（IHI, 2023）。

(2) 亜酸化窒素 N₂O 発生量の増加

燃料アンモニアは窒素分を含むため、燃焼過程で発生する亜酸化窒素（N₂O）の増加が懸念されている。N₂O は地球温暖化係数が 298 で、CO₂ の 298 倍の温室効果があるとされているため、アンモニア転換により N₂O の発生が過剰に増加した場合、CO₂ 排出削減による温室効果削減効果を相殺する可能性がある。既往研究では、電力中央研究所による 20%アンモニア転換試験において、アンモニア転換による N₂O の顕著な増加は認められず（一般財団法人電力中央研究所, 2019）、IHI による 20%アンモニア転換の燃焼試験でも排ガス中の N₂O 濃度は検出下限以下であった。（IHI, 2023）

(3) アンモニア（NH₃）の大気中への排出

燃料アンモニアの製造・輸送・燃焼段階で、漏えいや未燃分の排出により、アンモニアが大気中に放出される懸念が指摘されている。アンモニアは大気中で PM_{2.5} の前駆物質として作用することから、アンモニアの大気中への排出が生じた場合、PM_{2.5} による大気汚染を引き起こす可能性がある。また、未燃アンモニアが排ガスに含まれる場合、

低温状態（約 250℃以下）で排ガス中の三酸化硫黄（SO₃）との反応により、硫酸水素アンモニウム（酸性硫安）を析出し、熱交換器などの設備に腐食を引き起こす。

しかしこれまでの既往研究によると、アンモニアは 700～900℃で分解され、ボイラ火炉内の排ガス温度はこれ以上の高温となることから、未燃アンモニアが存在した場合でも火炉内で分解されると考えられている（関西電力, 2019）。実際に、既往のアンモニア転換試験では、未燃アンモニアはほとんど生じないという結果が示されている（中国電力, 2017）（一般財団法人電力中央研究所, 2019）（IHI, 2023）。一方で、これらの研究は燃料アンモニアの製造・輸送段階に生じるアンモニア漏れい分を考慮しておらず、アンモニア転換試験の発電規模も商用規模と異なることから、実際の商用規模における製造・輸送段階も含めた大気中へのアンモニア放出量の検討の必要性も指摘されている（CREA, 2023）。

（４） 排ガス中水分濃度の増加

SIP で行われた電力中央研究所の研究によると、20%アンモニア転換により排ガス中水分が増加することが示されている（一般財団法人電力中央研究所, 2019）。排ガス中の水蒸気濃度が増加すると、硫酸露点が増加するため硫酸が凝縮しやすくなり、設備の硫酸腐食を引き起こす可能性がある。さらに、排ガス中水分濃度の上昇は電気抵抗率を変化させるため、集じん性能にも影響を与える可能性がある。したがって、アンモニア転換による排ガス中水分濃度の増加は、設備の劣化や性能低下を引き起こし、間接的に環境への負荷を生じる可能性がある。

（５） ダスト電気抵抗率の変化による集じん性能の低下

電気集じん機の集じん性能は、ダストの電気抵抗に大きく影響される。ダストの電気抵抗の違いは排ガス中水分やダストの成分組成に起因しているが、一般に電気集じん機の集じん性能を十分に発揮するには、 $10^4 \sim 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ の電気抵抗率が適当とされている。アンモニア転換により未燃アンモニアが存在する場合、硫酸アンモニウム及び硫酸水素アンモニウムが生成され、電気抵抗率が上昇する可能性が示されている（関西電力, 2019）。前述の通り、燃焼段階での未燃アンモニアの残存可能性は低いことが示されたものの、仮に未燃アンモニアが存在した場合、硫安、酸性硫安の生成により、良好な集じん性能を示す電気抵抗率 $10^4 \sim 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ を超過し、集じん性能を低下させる可能性がある。

従って、アンモニア転換では石炭の使用量の低下により、排ガス中のダスト量自体は減少することが期待されるが、電気集じん機における集じん性能の管理・モニタリングが推奨される。

（６）灰中アンモニア濃度の増加

電気集じん装置で回収される石炭灰は、セメント用フライアッシュ、窯業材料、道路路盤材などの原料に用いられることで資源の有効活用がなされている。排ガス中に未燃アンモニアが存在する場合、硫酸や酸性硫酸などのアンモニウム塩が生じる可能性がある。アンモニウム塩が灰に付着すると、灰を埋立処分やセメント混和材等として再利用する際に、セメント品質の低下やアンモニアガスの揮散による臭気、環境汚染を引き起こす可能性がある（田野崎等, 1996）（関西電力, 2019）。

（７）灰中未燃分の増加

一般に灰中未燃分が多く残る場合、エネルギー損失や石炭灰の有効活用の弊害となるため、灰中未燃分濃度の低減は資源の有効利用の観点から重要な課題となっている。アンモニア転換による灰中未燃分への影響について、電力中央研究所の 20%アンモニア転換試験では、石炭専焼時と比べて未燃分が僅かに増加した。一方で、バーナー部へのアンモニア注入流速を増加させることで灰中未燃分を低減できることも示された。また、IHI によるアンモニア転換 20%の燃焼試験でも石炭専焼時と同程度の灰中未燃分となった。

（８）アンモニア製造・輸送段階での環境負荷

(3) で述べた通り、これまで日本で行われてきたアンモニア転換試験はアンモニアの製造・輸送段階の環境影響を考慮しておらず、発電規模も商用規模と異なることから、実際の商用規模における製造・輸送段階も含めた環境負荷の検討の必要性が指摘されている。また、現在アンモニア製造に用いる水素の生成方法は蒸気メタン改質法（Steam Methane Reforming, SMR）が一般的であり、この生成過程において VOC、CO、NO_x、SO₂、ダスト分などの大気汚染物質の発生を伴う可能性が指摘されている（Pingping Sun et al., 2019）。アンモニア転換の実施により燃料アンモニアの需要が増加するため、アンモニアの製造による環境大気質への負荷が懸念される。

（９）アンモニア曝露による健康被害

アンモニアは毒性が高く、作業現場で漏えいが生じた場合、作業員への健康被害が生じる可能性がある。日本産業衛生学会によるとアンモニアの許容濃度(1 日 8 時間の作業を継続的に行っても健康を害さない空気中の上限濃度)は 25ppm とされており、5ppm 以上で臭気を感じ、高濃度では目や呼吸器系に炎症を起こし、さらに呼吸停止などの重篤な自体を引き起こす。なお、タイにおけるアンモニアの許容濃度は DLPW 告示(2017)

で 50ppm と定められている。

5.8 課税項目及び免税手続き

5.8.1 課税項目

(1) タイの課税体系

タイの税金を管轄しているのは、基本的にタイ歳入庁 (The revenue department) であるが、物品税 (Excise Tax) と関税 (Customs Duties) については物品税庁 (Excise Department) 並びに関税庁 (Customs Department) がそれぞれ管轄している。

日本貿易振興機構 (ジェトロ、JETRO) のウェブサイト並びに国際会計会社の PwC コンサルティング合同会社 (PwC) の資料で公開されているタイ税法規を整理した結果を表 5.27 に示す。国際建設プロジェクトでは、一般的に、付加価値税と関税がプロジェクト費用を押し上げる要因となる恐れがあるとされている。

表 5.27 タイの税法

No.	税名称	対象	関係法令	所轄官庁
1	付加価値税 (Value Added Tax)	VAT 登録事業者 が タイ において、物品の供給や、サービスを提供する際に課す非累進的で広範な消費税である。VAT は、販売した物品および提供したサービスの合計価額を基準に計算される。	歳入法 (The Revenue code) 第 4 章	歳入庁 (The revenue department)
2	特定事業税 (Specific Business Tax)	金融業を中心とした特定の事業については、付加価値の算定が困難なため、VAT と並行して代替税が賦課。	歳入法 第 5 章	歳入庁
3	物品税 (Excise Tax)	物品税は、消費税の一種で、嗜好品と考えられる特定のサービスや物品 (国産品か輸入品かは問わない)の販売に対して賦課。	物品税法 (Excise tax Act)	物品税庁 (Excise Department)
4	法人税 (Corporate Income Tax)	法人の利益に賦課。	歳入法 第 3 章	歳入庁
5	個人所得税 (Personal Income Tax)	タイ での雇用あるいは事業によって得られた所得に対して、その所得の支払いがタイ国内で行われたか、タイ国外で行われたかにかかわらず、賦課。	歳入法 第 3 章	歳入庁
6	関税 (Customs Duties)	輸入と特定の輸出に賦課。輸入品の区分は、「商品の名称および分類についての統一システム (Harmonized Commodity Description and Coding System)」に準拠する。	関税法と関税率 布告 (the Customs Act and the Customs Tariff Decree)	関税庁 (Customs Department)
7	印紙税 (Stamp Duty)	歳入法に規定されている 28 項目の文書や証書の作成に際して賦課。	歳入法 第 6 章	歳入庁
8	石油税 (Petroleum Income Tax)	石油事業から得た所得に対して、認可石油会社と生産分与契約者に賦課。	石油所得税法 (Petroleum Income Tax Acts)	歳入庁
9	土地建物税 (Land and Building Tax)	国籍に関係なく 1 月 1 日時点において、土地もしくは建物を所有する個人または法人は、その年における土地建物税が賦課される。	土地建物税 (Land and Building Tax Act)	各自治体 (Municipal administrative body)
10	看板税 (Signboard Tax)	広告あるいは商品や事業についての情報提供を目的として、その名称、商標、製品を掲示した看板や広告板に賦課。	看板税法 (Signboard Tax Act)	各自治体
11	相続税	個人および法人が遺産を相続した場合に賦課。	相続税法 (Inheritance Tax Act)	歳入庁

No.は便宜上付したものであり、泰国政府が付与したものではない。
出典: ジェトロのウェブサイトで公開されている税法規、並びに、PwC 社のタイ国税務小冊子
2023/2024 年の内容を調査団にて整理

(2) タイの付加価値税の概要

付加価値税 (VAT: Value Added Tax)は、日本の消費税に相当し、タイ国内における物品の販売やサービスの提供および輸入に対して課税される。VAT の負担者は最終消費者であるが、企業に納税義務があるため、予め税務署で納税者登録を行う必要がある。

法律上の原則的な税率は 10%であるが、勅令により 7%に引き下げられている。輸入については CIF 価格に関税・物品税などを加えた価格に 7%課税され、輸出についてはゼロ税率が適用される。また、特定の事業に対しては VAT のゼロ税率や特別免除が適用される。

付加価値税が適用されない物品、サービスを表 5.28 に示す。

表 5.28 付加価値税が課税されない物品・サービス

分類	概要
ゼロ税率が適用	i. 物品の輸出 ii. 外国において、完全に使用されるサービスの提供 iii. 法人として設立された事業者が行う航空機または船舶による国際輸送 iv. 関税法に従う保税倉庫間または輸出加工区間の、事業者間の物品やサービスの提供
特別免除適用	i. 年間売り上げが 180 万バーツ以下の事業者 ii. 農産品、畜産品および肥料・飼料などの農業関連物品の販売および輸入 iii. 新聞・雑誌・テキストなど出版物および書籍類の販売および輸入（電子書物の販売も含む） iv. 法令で認められた専門職サービス（例えば、医療・健康管理サービス、会計監査、弁護士業務・法務サービス、国税局長が定めるその他の専門職業務サービス） v. 国税局長により指定された芸術的・文化的・宗教的な諸サービス（アマチュアスポーツ、ライブラリー、博物館、動物園など） vi. 公立・私立学校やその他の教育機関により提供される教育サービス vii. タイ国工業団地法（IEAT）に基づき、輸入関税が免除されている商品 viii. 関税局の管理下にあり、輸入時に徴収された関税を還付する旨の政府の約定があり、原産地国への再輸出を目的とする輸入商品 ix. 宗教的、慈善活動的なサービス、政府機関や地方機関によるサービス

出典: ジェトロウェブサイトの内容を調査団にて整理
https://www.jetro.go.jp/world/asia/th/invest_04.html

(3) タイ国の関税の概要

関税は、関税法と関税率布告により、輸入と特定の輸出に課せられる。輸入品の区分は、「商品の名称および分類についての統一システム (いわゆる Harmonized System)」に準拠されている。タイは、2022 年 1 月 1 日より、2022 年版 HS コードに基づく ASEAN 統一コード (AHTN)を採用している。

一般的に輸入品の価格は CIF 価格 (運賃・保険料込み価格)、輸出品の価格は FOB 価格 (本船渡し価格)に基づき決定される。

対日輸入適用税率は一般税率である。ただし、「経済上の連携に関する日本国とタイ王国との間の協定 (JTEPA)」もしくは「日・ASEAN 包括的経済連携 (AJCEP)」に基づく原産地規則を満たせば、それら協定のタイ国譲許表に定める条件に従って関税を撤廃、または引き下げることができる税率が設定されている。詳細は、免税手続きの項に記載した。

5.8.2 免税手続き

(1) 付加価値税の免税

表 5.29 に掲げる事業活動および物品については付加価値税が非課税となる。

付加価値税の概要並びに免税対象項目については、タイ歳入庁ウェブサイト (Revenue Department、<https://www.rd.go.th/english/6043.html>)で確認できる。

付加価値税は、最終消費者が負担するが、事業者が徴収し、政府に納税する必要がある。タイで事業を行う事業者は年間売上高が 180 万バーツ以上ある場合に、歳入局 (税務署) にて VAT の課税事業登録をして VAT の申告をしなければならない。

VAT の課税事業者は、毎月 1 日～月末で VAT の集計を行い、翌月の 15 日までに申告書を歳入局に申告しなければならない。税金の支払いが無い場合であっても課税事業者は申告義務がある。

付加価値税が免除されている場合には、付加価値税 0%で取引が行われ、その取引の記録が歳入庁に申告されることになる。

表 5.29 付加価値税の非課税対象

非課税対象の種別	
a.	・年間売上が 180 万バーツ以下の納税義務者 ・未加工の農産物の販売 ・農業に関する物品または製品の販売（肥料、動物用飼料、農薬など） ・新聞、雑誌および教科書の販売 ・動物の販売（生死を問わない）
b.	公共および私立の学校を含む教育サービス
c.	芸術的および文化的サービス
d.	医療、監査および法廷弁護サービス
e.	公立および私立の病院や診療所における治療サービス
f.	調査および学術サービス
g.	図書館、博物館、動物園およびアマチュアスポーツ
h.	芸能人のサービス提供（興行物）
i.	国内輸送サービス
j.	国際陸送サービス
k.	不動産の賃貸
l.	収入総額から経費を控除することなく政府へ送られる政府機関および地方公共団体のサービス
m.	宗教活動および慈善活動
n.	関税法により輸入関税が免除される関税フリーゾーンへ持ち込まれる 輸入品
o.	関税法第 4 章により輸入税が免除されている物品
p.	税関で差し押さえられ、国外へ返送された輸入品

出典: ジェトロのウェブサイトで公開されている税法規、並びに、PwC 社のタイ国税務小冊子
2023/2024 年の内容を調査団にて整理

（２）関税の免税

タイ投資委員会 (BOI)による関税の免税、EPA などによる関税減免がある。それぞれの手続きや留意点を表 5.30 に整理した。

BOI による関税の免税の場合には事前に認可が必要であるが、EPA の場合には既に締結された国間の条約で求めた書類を既定の様式にて準備するのみでよい。BOI と EPA は併用できないので、最も有利な制度を選んで適用するべきである。

表 5.30 関税の免税手続き並びに留意点

種別	手続き並びに留意点
タイ投資委員会 (BOI) による関税の免税	BOI の認可を取得すると、生産に必要な機械設備等を輸入する際に輸入税減免税の特典を受けることができる。 ✓ 認可期間 BOI に申請してから認可までに約 2 カ月（国内販売目的で 7.5 億バーツ超の大型案件の場合は約 3 カ月）を要する。 ✓ 通関時の確認と書類の整合の重要性 実際の輸入通関時には BOI からの減免税認可書原本と輸入申告書類との照合が行われるので、それらの書類に齟齬がないように、品目記載等に特に注意を払うことが通関をスムーズに行うポイントになる。輸入通関時点で BOI の減免税認可が未だ取得できていない場合は、いったん関税等を支払い、BOI 認可書を入手後に還付を受けることが可能。また、そのような場合には、輸入税に相当する金額の銀行保証状を差し入れて進めるという方法もある。
EPA などによる関税の減免	2007 年 11 月発効の日本・タイ経済連携協定 (JTEPA) と 2009 年 6 月発効の日本・ASEAN 包括的経済連携協定 (AJCEP) に基づいて、両協定の原産地規則を満たす場合は特惠税率の適用を受けることができる。両協定は優先関係のない併存する国際協定である。輸出者および輸入者は、品目別原産地規則、関税率等を比較してどちらか有利な方を選択し、タイでの輸入通関の際に特定原産地証明書を提出できる。 ✓ JTEPA JTEPA で規定された原産地規則を満たした日本原産品については、協定のカテゴリおよびスケジュールに基づき、タイでの輸入関税が引き下げ・撤廃される。 特惠関税の適用を受けるには原産品であることを証明する「特定原産地証明書」の提出が必要である。特定原産地証明書の必要記載事項は協定文附属書 3 に収録されている。 ✓ AJCEP AJCEP では例外的な取り扱いをする品目についてのみ「品目別規則」を記載している。品目別規則に原産地規則の規定がない品目の原産地規則は、一般規則が適用される。輸出産品の HS コードが「品目別規則」に存在するかどうかを確認し、存在している場合はその基準を満足していることが原産品認定の条件となる。HS コードが「品目別規則」に存在しない場合は、「一般規則」が適用される。 ✓ 積送基準 協定で定める特惠関税の適用を受けるためには、産品は原則として直送されなければならない。第三国を経由した輸送は、荷の積み替え、積み替えの際に荷を良好な状態に保つために保存する作業などの場合に限り認められます。この場合、船会社に「通し B/L」を準備してもらうか、もしくは当該第三国の税関または権限ある官公署が発行する「非加工証明書」を提出する必要がある。 ✓ フォームの違い 特定原産地証明書はフォームが異なる。

出典: ジェトロのウェブサイト内 “EPA の原産品判定基準と特惠関税：タイ向け輸出”並びに“BOI による輸入税減免措置を受ける場合の輸入通関手続きおよび留意点：タイ”をもとに調査団にて整理

5.8.3 優遇税制

(1) 投資委員会 (BOI) による優遇税制

優遇税制については、国際会計会社の PwC コンサルティング合同会社 (PwC) の資料で公開されているタイ国税務小冊子¹を基に整理した。

1977 年の投資奨励法、2017 年の改正投資奨励法 No.4 および特定産業競争力強化法 2017 年の下、投資委員会は条件を満たした投資事業に対し、優遇措置や恩典を与える権利を有している。ただし、投資奨励法に基づくこの投資奨励を受けることができるのは、タイの法律に基づき設立された株式会社、財団および協会に限定される。特定産業競争力強化法上の投資奨励を受けることができるのは、株式会社に限定される。

改正投資奨励法 No.4 では最大 13 年の法人税免除期間が付与されている。また、特定産業競争力強化法では、最大 15 年まで法人税免除期間が付与される。さらに、先進技術やイノベーションの促進、研究開発などの高付加価値産業への投資の誘致を目的とした、100 億バーツの基金が設立されている。ただし、投資奨励法と特定産業競争力強化法の両方に申請を出すことは認められていないため、投資家はどちらかを選択することになる。

表 5.31 に税制上の主な恩典を整理した。

表 5.31 投資委員会による税制上の恩典

非課税対象の種別	
a.	輸入機械に対する輸入関税の減免
b.	輸出を目的とする製品の製造に使用する輸入原料および素材に対する輸入関税の免除
c.	タイ国内販売を目的とする製品の製造に使用する輸入原材料または素材に対する輸入関税を最大 90%まで軽減
d.	研究開発に使用する原材料に対する輸入関税の免除
e.	奨励プロジェクトの内容、所在地、および適用する法律に基づき、最高 15 年まで法人税の免除(土地代および運転資金を除く投資額を上限とする。但し、特定の条件を満たす場合は上限なし)
f.	法人税の免除恩典が終了した日より最大 5 年間の法人税率 50%減免
g.	法人税の免税期間中、および免税期間終了後 6 カ月後までの期間において、その免税事業の所得から支払われた配当金に対する免税
h.	奨励プロジェクトからの収入が発生した最初の日より 10 年間、輸送費、電気料金、水道料金の二重控除。
i.	通常の減価償却に加えて、インフラの設置または建設費の 25%を追加控除(奨励プロジェクトからの収入が発生した最初の日より 10 年以内であれば、複数年度に分割して控除可能)

¹ タイ国税務小冊子 2023/2024, PwC

また、投資促進法のもと、タイ全体の、あるいは産業にとって有益であると考えられる産業地域開発やコアテクノロジーと実業化事業等への事業投資に対し追加恩典を設定している。

コアテクノロジーと実用化事業には、バイオテクノロジー、先端製造業、基盤産業・裾野産業等が挙げられ、免税額の上限なしで法人税が最大 13 年間免除される。

更に、既存事業を対象とした税制優遇（特別措置）もあり、省エネ・代替エネルギー利用などの投資に対しても恩典を付与している。

アンモニア転換は「省エネ、代替エネルギー、環境負荷軽減」事業に該当可能性もあり、この場合には法人税 3 年間免除、機械輸入税の免除を受けられる。但し、免税学累計は投資額の 50%までが上限とされており、これを超えて免税は受けられない。

（２）東部経済回廊（EEC: Eastern Economic Corridor）

その他の優遇税制として EEC による恩典もある。EEC とはバンコク東部、ラヨーン、チョンブリ、チャチュンサオの 3 県にまたがり、スマート・エレクトロニクス、電動自動車、オートメーション、医療、航空、ロボットなどの先端技術やイノベーションを誘致、開発する構想である。

EEC に奨励される企業は、EEC の定める要件に基づいて法人税が最大 13 年間減免される。

2023 年 11 月 EEC 事務局にて EEC 開発マスタープラン 2023-2027 (The Development of the Eastern Economic Corridor 2023-2027)が承認されている。この計画は、以下の 5 つの開発ガイドラインから構成される。

- ・ 将来の産業・サービスへの投資推進
- ・ インフラ・公共事業の効率向上
- ・ テクノロジーとイノベーションに備えた労働技能の向上
- ・ 現代的で住みやすい都市の開発
- ・ 事業の成長と地域の持続可能性のバランス

また、この計画においては、今後 5 年間で 5,000 億バーツの新規投資を呼び込み、総額 3,370 億バーツ相当の 77 の追加インフラプロジェクト開発推進を目指していると報道されている。

第6章 エネルギー起源 CO₂ の排出抑制量の試算

6.1 ボイラでのアンモニア転換による排出抑制量

秘匿情報を含むため非公開とした。

6.2 燃料アンモニアサプライチェーンでの排出抑制量

5.2 節燃料アンモニアサプライチェーンで記載した通り、Blue アンモニア（70% CO₂ reduction by CCS かつ、Transportation fuel by clean energy）を燃料アンモニアとして使用する場合、燃料アンモニアにおける CO₂ 排出抑制量は年間約 1,084,570 tCO₂ と見込まれる。計算は以下の通り。

- 1) SMR プラントでの CO₂ 排出量：1.6 tCO₂/tNH₃（Argus レポートより）
- 2) 70% CO₂ reduction by CCS：1.6 tCO₂/tNH₃ × 70 % = 1.12 tCO₂/tNH₃
- 3) BLCP で年間必要となる NH₃ 量：60 t NH₃/h/unit
- 4) BLCP の想定稼働率：94 %
- 5) BLCP の想定利用率：98 %
- 6) 2) ～ 5)より上記 Blue アンモニアを燃料として使用した場合の CO₂ 抑制量：
1.12 tCO₂/tNH₃ × 60 tNH₃/h/unit × 2 unit × 24 hour/day × 365 day/year × 94% × 98% =
1,084,570 tCO₂/year

第7章 事業全体評価及び商用化に向けた課題と方針

7.1 経済性評価

7.1.1 ケース設定

秘匿情報を含むため非公開とした。

7.1.2 前提条件

秘匿情報を含むため非公開とした。

7.2 環境影響評価

7.2.1 火力発電に係る一般的な EIA の項目

本プロジェクトの実施の際に、JICA、JBIC、NEXI のような国際機関や銀行からの融資を受ける場合、それらの組織が保有する国際水準の環境社会配慮ガイドラインに則ることが求められる。上記の国際機関のガイドラインにおいて、セクター別に定められたチェックリストのうち、火力発電に係る一般的な EIA の項目を表 7.1 に示す。既存の石炭火力発電所の EIA においては、表 7.1 に示す項目の調査並びに環境影響評価が実施された。なお本プロジェクトの EIA で追補されると思われる項目は、下記のとおりである。

大気質について、既存の石炭火力発電所の一部をアンモニア燃焼に置き換えることにより、石炭の場合に比べ、SOx および粉塵、並びに石炭中に含まれる水銀の排出が減少する。また、NOx についても燃焼条件を管理する事により、石炭専焼と同等の排出程度に抑制できる見通しである。

新たな燃料として加わるアンモニアは常温で気体であるため、栈橋から貯蔵施設まで輸送して燃料として消費するまでのどこかで漏洩すると悪臭並びに健康影響の原因となる可能性がある。したがって、アンモニア輸送経路の中で接手やフランジ部分等で、

漏洩リスクが高いと考えられる場所でのモニタリングの追加を検討する必要がある。

表 7.1 火力発電に係る一般的な EIA の項目

分類	項目
1. 許認可・協議	(1) 環境アセスメント及び環境許認可
	(2) 地域住民への説明・協議
	(3) 代替案の検討
2. 汚染対策	(1) 大気質
	(2) 水質
	(3) 廃棄物
	(4) 騒音・振動
	(5) 地盤沈下
	(6) 悪臭
3. 自然環境	(1) 保護区
	(2) 生物多様性
	(3) 地形・地質
4. 社会環境	(1) 住民移転・用地取得
	(2) 生活・生計
	(3) 社会的弱者
	(4) 文化遺産
	(5) 景観
	(6) 少数民族、先住民族
	(7) 労働環境
	(8) 地域社会の衛生・安全・保安
5. その他	(1) モニタリング

出典：JICA、JBIC、NEXI 環境社会配慮ガイドラインをもとに調査団にて作成

7.2.2 スコーピング

表 7.1 に示す EIA 項目のうち、BLCP における 20%アンモニア転換の実施において、特に重要と考えられる項目は下記のとおりである。

・ 汚染対策（通常時）

大気質

温排水

一般排水

廃棄物

土壌汚染

騒音・振動

地盤沈下

臭気

気候変動

- ・ 自然環境（通常時）
 - 保護区
 - 生物多様性及び生物相
 - 地形・地質
- ・ 社会環境（通常時）
 - 非自発的住民移転
 - 生活生計
 - 文化遺産
 - 景観
 - 少数民族、先住民族
 - 労働環境（労働安全を含む）
 - 地域社会の衛生・安全・保安
- ◆ 事故防止対策（緊急時）
 - 大気汚染
 - 水質
 - 臭気
 - 生物多様性及び生物相

これらについて、検討範囲を絞り込むため、緩和策を講じない場合におけるスコーピングを行い、下記の評価基準で評価した。その結果及び予備的影響評価を表 7.2 に示す。

- ++: 既存の発電所稼働に対し、好影響あり
- +: 既存の発電所稼働に対し、軽微な好影響あり
- ±: 既存の発電所稼働に対し、変化なし／適用外／影響は無視できる
- : 既存の発電所稼働に対し、軽微な悪影響あり
- : 既存の発電所稼働に対し、悪影響あり

表 7.2 スコーピング結果

カテゴリ	設備	評価	
1. 環境汚染管理 (通常運転時)			
大気質	ボイラ	+/ --	石炭燃料使用量が減少する事に伴い、石炭由来の排ガスとして、SOx、CO、水銀、ばいじん (TSP)、PM が減少する。

カテゴリ	設備	評価	
			一方で、アンモニアが新たに燃料として加わるため、排気中の NOx 制御が必要となり、影響を検討する必要がある。
	アンモニア受入・供給設備	--	新設となるアンモニア受入施設／供給設備からの漏洩による影響について、検討が必要である。
	栈橋	±	栈橋の利用に伴う大気質への悪影響は見込まれない。
温排水	ボイラ	+	ボイラからの温排水は、アンモニア気化に伴う冷熱を活用する事により、緩和される。
	アンモニア受入・供給設備		
	栈橋	±	栈橋の運用による温排水の発生は見込まれない。
水質汚濁	ボイラ	±	アンモニアが新たに燃料として加わる事による、ボイラからの水質汚濁は想定されない。
	アンモニア受入・供給設備	±	通常運転時は、アンモニア貯蔵・供給設備からの排水にアンモニアは含まれない。
	栈橋	±	栈橋の運用による水質汚濁の発生は見込まれない。
廃棄物	ボイラ	+/-	石炭燃料使用量が減少する事に伴い、石炭灰の発生量が減少する。 一方で、アンモニアが新たに燃料として加わるため、廃棄物にアンモニアが混入しないかどうか検討する必要がある。
	アンモニア受入・供給設備	±	アンモニア受入施設／供給設備の運転に伴う新たな廃棄物の発生は想定されない。
	栈橋	±	栈橋の利用に伴い、アンモニアタンカーからの生活由来の廃棄物の受入の可能性があるが、既存の栈橋利用の廃棄物の管理と同程度と見込まれる。
土壌汚染	ボイラ	±	アンモニアが新たに燃料として加わる事による、ボイラからの土壌汚染は想定されない。
	アンモニア受入・供給設備	±	通常運転時は、アンモニア貯蔵・供給設備からの漏洩は発生しないことから、土壌汚染の発生は想定されない。

カテゴリ	設備	評価	
	栈橋	±	栈橋の運用による土壌汚染の発生は見込まれない。
騒音・振動	ボイラ	±	アンモニアが新たに燃料として加わる事による、ボイラからの騒音・振動レベルの増加は想定されない。
	アンモニア受入・供給設備	-	アンモニア受入／供給設備の運転による騒音・振動について、影響を検討する必要がある。
	栈橋	±	栈橋の運用による騒音・振動の発生は見込まれない。
地盤沈下	ボイラ	±	アンモニアバーナーに取り換える事により、地盤沈下を引き起こす事は想定されない。
	アンモニア受入・供給設備	--	アンモニア貯蔵施設設置に伴う地盤沈下について、影響を検討する必要がある。
	栈橋	±	栈橋の設置・運用による地盤沈下の発生は見込まれない。
悪臭	ボイラ	-	アンモニアが新たに燃料として加わるため、アンモニア漏洩による悪臭の発生について、影響を検討する必要がある。
	アンモニア受入・供給設備	±	通常運転時は、アンモニア貯蔵・供給設備からの漏洩は発生しないことから、悪臭の発生は想定されない。
	栈橋	±	栈橋の運用による悪臭の発生は見込まれない。
気候変動	ボイラ	++	アンモニア転換により、GHG 排出量が削減され、気候変動への影響が緩和される。
	アンモニア受入・供給設備	±	アンモニア貯蔵施設の運転に伴う気候変動への影響は想定されない。
	栈橋	±	栈橋の運用による気候変動への影響は想定されない。
2. 自然環境影響（通常運転時）			
保全エリア	ボイラ	±	発電所施設及びその周辺は保全エリアに該当しない。
	アンモニア受入・供給設備		
	栈橋		

カテゴリ	設備	評価	
生物多様性及び生物相	ボイラ	-	アンモニアが新たに燃料として加わるため、稼働中の NOx の制御が必要となる。NOx の排ガスが地表に着地する場合の生物相への影響を検討する必要がある。
	アンモニア受入・供給設備	±	通常運転時は、アンモニア貯蔵・供給設備からの漏洩は発生しないことから、生物多様性及び生物相への影響は想定されない。
	栈橋	±	栈橋の利用に伴い、タンカーの航行数が増加すること、流況の変化が発生する可能性があるが、既存の栈橋利用の生物多様性及び生物相への影響の増加は殆どないと見込まれる。
標高 地形条件	ボイラ	±	本事業に伴う、標高の変更、地形条件の変化は想定されない。
	アンモニア受入・供給設備		
	栈橋		
3. 社会環境影響（通常運転時）			
住民移転	ボイラ	±	本事業に伴う、用地取得・住民移転は想定されない。
	アンモニア受入・供給設備		
	栈橋		
生計	ボイラ	+	本事業に伴い、新たな雇用創出が創出されることから、生計への正の影響が見込まれる。
	アンモニア受入・供給設備		
	栈橋		
文化遺産	ボイラ	±	本事業に伴う、文化遺産への影響は想定されない。
	アンモニア受入・供給設備		
	栈橋		
景観	ボイラ	±	本事業に伴う、新たな景観への影響は想定されない。
	アンモニア受入・供給設備		
	栈橋		
	ボイラ	±	

カテゴリ	設備	評価	
少数民族 先住民	アンモニア受入・供給設備		本事業に伴う、少数民族・先住民への影響は想定されない。
	栈橋		
労働環境 労働安全衛生	ボイラ	±	アンモニアが燃料として加わる事による、新たに管理や配慮が必要な労働環境・労働安全衛生の影響は特段想定されない。
	アンモニア受入・供給設備	--	新設となるアンモニア受入・供給設備の労働環境、労働安全衛生への影響について検討が必要である。
	栈橋		
コミュニティの健康影響、安全衛生	ボイラ	-	アンモニアが新たに燃料として加わるため、稼働中の NOx の制御が必要となる。NOx の排ガスによる周辺のコミュニティの影響を検討する必要がある。
	アンモニア受入・供給設備	-	アンモニアの貯蔵と供給の場所、運搬ルート、地域社会の活動（釣りレクリエーション）を調査し、新設となるアンモニア受入・供給設備による周辺コミュニティの健康影響・安全衛生の影響を検討する必要がある。
	栈橋		
4. 環境・社会影響(緊急時)			
大気汚染	ボイラ	±	ボイラの稼働における緊急時の対応については、各種安全設計を行う事から、周辺への環境・社会影響は想定されない。
	アンモニア受入・供給設備	--	新設となるアンモニア受入／供給設備からアンモニアが大気中に放出される緊急時に備えて、大気汚染による環境影響を検討する必要がある。
	栈橋	±	栈橋の利用における緊急時での、大気質への悪影響は見込まれない（栈橋内のアンモニア燃料の陸揚・輸送関係は、アンモニア受入・供給設備として検討）。
水質汚濁	ボイラ	±	ボイラの稼働における緊急時の対応については、各種安全設計を行う事から、周辺への環境・社会影響は想定されない。
	アンモニア受入・供給設備	--	新設となるアンモニア受入／供給設備からアンモニアが水域に漏洩される緊急時に備え

カテゴリ	設備	評価	
	栈橋	±	て、水質汚濁による環境影響を検討する必要がある。 栈橋の利用における緊急時での、水質への悪影響は見込まれない（栈橋内のアンモニア燃料の陸揚・輸送関係は、アンモニア受入・供給設備として検討）。
悪臭	ボイラ	±	ボイラの稼働における緊急時の対応については、各種安全設計を行う事から、周辺への環境・社会影響は想定されない。
	アンモニア受入・供給設備	--	新設となるアンモニア受入／供給設備からアンモニアが大気中に漏洩される緊急時に備えて、悪臭による環境影響を検討する必要がある。
	栈橋	±	栈橋の利用における緊急時での、大気質への悪影響は見込まれない（栈橋内のアンモニア燃料の陸揚・輸送関係は、アンモニア受入・供給設備として検討）。
生物多様性及び生物相	ボイラ	±	ボイラの稼働における緊急時の対応については、各種安全設計を行う事から、周辺への環境・社会影響は想定されない。
	アンモニア受入・供給設備	--	新設となるアンモニア受入／供給設備からアンモニアが漏洩し、周囲の生物多様性及び生物相に悪影響を及ぼす緊急時に備えて、生物多様性・生物相への環境影響を検討する必要がある。
	栈橋	±	栈橋の利用における緊急時での、生物多様性及び生物相への悪影響は見込まれない（栈橋内のアンモニア燃料の陸揚・輸送関係は、アンモニア受入・供給設備として検討）。

7.2.3 予備的影響評価

上記のスコーピング結果をもとに、絞り込まれた項目に対し予備的影響評価を下表のとおり行った。

表 7.3 予備的影響評価（汚染対策・通常操業時）

項目		スコア ピング	予備的影響評価
大気汚染	ボイラ (灰処分を含む)	--	燃料のアンモニアはボイラ内で完全燃焼し、未燃焼のアンモニア含有量はごくわずかである。よって、排出ガスにはアンモニアが含まれないと想定される。
	アンモニア受入 ／ 供給設備	--	起動・停止後・アンモニア受入後のパージ時およびアンモニア受入時にはグラントフレアによる燃焼処理が行われるため、排気は基準値内に収まると考えられる。
廃棄物	ボイラ (灰処分を含む)	-	脱硝触媒の廃棄物は、認可業者によって適切に処理される。また、10 MW 規模の 20 % アンモニア転換実証試験の結果、未燃石炭灰中のアンモニア濃度は石炭 100 % 燃焼の場合と同等であることがわかっている。
騒音・振動	アンモニア受入 ／ 供給設備	-	ポンプを増設するため、騒音レベルが高くなる可能性はあるが、周辺地域への影響は少ないと考えられる。周囲のコミュニティまでの距離は約 2,500 m であり、騒音の影響は無視できる程度と考えられる。
臭気	ボイラ (灰処分を含む)	-	アンモニアは完全燃焼するため、排気には含まれない。煙突から周囲のコミュニティまでの距離は約 2,500 m であり、臭気の影響は無視できる程度と考えられる。

表 7.4 予備的評価（自然環境・通常操業時）

項目		スコア ピング	理由
生物多様性及び生物相	ボイラ (灰処分を含む)	-	排気中の NO _x 濃度は、100 % 石炭火力と同等に制御される。アンモニアは完全燃焼するので、未燃ガスによる影響は無視できる程度である。また、増設部分では SO ₂ とアンモニアが入れ替わるため、CO 含有量は減少する。よって、大気汚染が周囲の生物相に及ぼす影響はごく僅かと考えられる。
	アンモニア受入 ／供給設備	-	グラントフレアからの排気が基準値を満足する限り、周囲の生物相に及ぼす影響は無視できると考えられる。またグラントフレアからの排気量は、ボイラからの 1/1000 程度である。

表 7.5 スコーピング結果及び予備的評価（社会環境・通常操業時）

項目		スコ ピング	理由
労働環境 (労働安全 を含む)	アンモニア受入 ／供給設備	--	アンモニア受入／供給施設の運転にあたっては、リスクアセスメントに基づく新たな労働安全衛生マネジメントシステムを構築する。さらに、低温高圧条件下での管理、火災や爆発、横転、低温面との接触、化学物質、密閉空間に注意する。
	栈橋	--	新設となるアンモニア受入／供給設備における、低温高圧化の作業における労働安全・衛生管理が必要である。
地域社会の 衛生・安全・保安	ボイラ (灰処分を含む)	-	地域社会に対するアンモニア転換による影響は軽微であると判断される。その他の影響についても、従来からのボイラに対する労働安全・衛生管理を継続することで、影響は回避される。
	アンモニア受入 ／供給設備	-	地域社会における安全・衛生への影響を管理するため、アンモニアの貯蔵と供給の場所、運搬ルート、地域社会の活動（釣りレクリエーション）を考慮すべきである。別途、アンモニア漏洩、火災、爆発等を対象としたリスクアセスメントが必要になる。

表 7.6 予備的評価（事故・非常時）

項目		スコ ピング	理由
大気汚染	アンモニア受入 ／供給設備	--	<タンク> タンクには PC コンクリート（Pre-Stressed Concrete）を採用することによってアンモニア漏洩防止に配慮する。 <アンモニア受入／供給設備> ・アンモニア供給アームは、緊急遮断システムを備え、アンモニア漏洩を防止する。 ・アンモニア受入設備のパイプは溶接部からアンモニアが漏出する可能性がある。そのため、環境・労働影響が発生する前に早期発見する。 ・アンモニアポンプはフランジからアンモニアが漏出し、環境に影響を及ぼす可能性がある。これは、緊急遮断弁、フランジのカバー、アンモニアプールの表面積を削減する液体収集タンクを設置することにより最小限に食い止める。
臭気	アンモニア受入 ／供給設備	--	
水質汚濁	アンモニア受入 ／供給設備	--	緊急時に気化器の安全弁および加熱器から放出されたアンモニアガスは吸水型のシステムで処理される。そのアンモニアは産業廃棄物として認可処理工場で処理される。
生物多様性及び生物相	アンモニア受入 ／供給設備	-	グランドフレアの排気は周囲の植生に悪影響をもたらす可能性があるが、グランドフレアからの排気が基準値を満足する限り生物多様性および生物相に対する影響は無視できる。

7.2.4 予備的評価結果と提言

BLCP におけるアンモニア転換の実施によるポジティブな環境影響として、石炭使用量削減による CO₂、SO₂、CO、Hg ガス、ダスト分の排出削減、廃棄物の削減などが挙げられる。スコーピング、予備的評価結果に示す通り、環境負荷に対する緩和策を講じない場合、大気汚染などの環境影響を引き起こす可能性があるが、これらの環境影響は JERA のアンモニア受入供給設備及び MHI のバーナー・ボイラ設備で環境負荷緩和策を講じることで十分に抑制できると考えられる。

一方で、BLCP の発電条件・設備条件下でアンモニア転換の実証試験は行われておらず、実際にどの程度環境影響が抑制できるかモニタリングする必要がある。本 FS 調査結果に基づき、BLCP におけるアンモニア転換の実施において、下記の項目をモニタリングし、環境への負荷が十分に抑えられていること確認することを提言する。

表 7.7 BLCP におけるアンモニア転換においてモニタリングすべき項目

モニタリング箇所	モニタリング項目
ボイラ出口	アンモニア未燃分濃度
石炭灰	石炭灰中アンモニア濃度
煙突出口	排ガス濃度 (NO _x , N ₂ O, NH ₃ , PM)
排水地点	排水水質 (総ケルダール窒素)
既存の海水水質モニタリング地点	海水水質 (硝酸態窒素, 総アンモニア態窒素)
アンモニア受入供給設備	アンモニア漏えいの有無
アンモニア受入供給設備	作業環境大気中アンモニア濃度

7.3 事業全体評価（経済性、環境影響等）

本事業による調査では、BLCP 石炭火力発電所のアンモニア燃料転換における技術的に困難な点は認められなかった。一方で、既設栈橋の流用が難しいことによる新設栈橋の設置など、設備改造費用が発生する可能性が高く、他脱炭素化電源に対して競争力を維持するための商務面での継続的な努力が必要になると考えられる。

表 7.8 に各分野における評価結果を示す。

表 7.8 事業全体評価結果

分野		評価
技術	ボイラ	技術的な問題は認められない。排出 NO _x を増やさないことを目標に新しいバーナを開発しているが、万が一増えた場合は脱硝設備が必要になる可能性がある。
	アンモニア受入設備	技術的な問題は認められない。詳細設計段階では、係留シミュレーションやコンベア移設に関連する追加情報を収集し、新設栈橋のコストを軽減することにより、既存栈橋の活用をさらに検討する必要がある。
環境・社会		アンモニア転換によって生じると予想される環境・社会的影響のほとんどは、技術的には無視できるほど緩和される。しかし、リスク管理には継続的なモニタリングが必要である。
商務		本 FS で算出された LCOE は 2030 年以降、他の電源に対して競争力を持つ。ただし、設備改造に必要な費用を回収するためには、政府や他の財源からの支援を得るための継続的な働きかけが必要である。

法制度	現在、火力発電設備へ燃料としてアンモニアを導入することに関する具体的な制度はない。タイにおいて脱炭素化を推進するためには、補助金制度を含む様々な法制度を導入する必要がある。
-----	--

7.4 商用化に向けた課題と方針

7.4.1 商用化後の事業体制

商用化後の事業体制については、概ね下記の通りである。

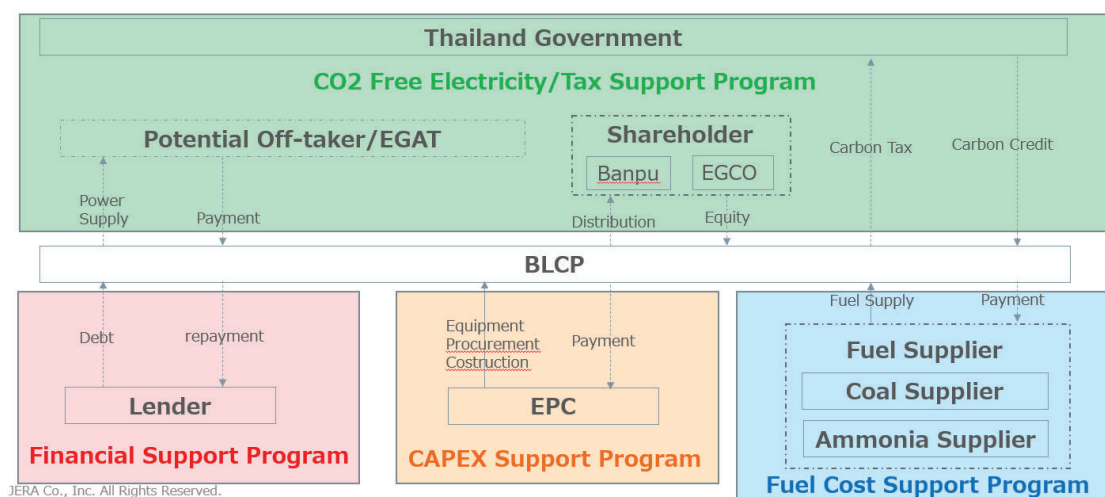


図 7.1 商用化後の事業体制

発電事業者である BLCP 発電所はアンモニア転換事業を通じた CO₂ 削減電力をオフテイカーへ提供する事でタイ国における脱炭素化に寄与する方針である。この際、提供される電力価格の水準は現状の PPA の水準ではなく、CO₂ を削減するためのコストを回収できるような水準のものとなる必要がある。

想定されるコスト回収のメカニズムとしては、オフテイカーによる PPA の改定あるいは CO₂ 削減電力マーケットの発達、以下の 7.4.2 章に記載する日本国内で実施されているような補助金制度の導入、融資銀行団による脱炭素プロジェクトを優遇するような条件での融資などが考えられる。

7.4.2 日本政府による補助金制度について

アンモニア転換における経済的支援としては、以下の日本国内で実施および計画され

(1) 長期脱炭素電源オークション

本制度は、電気事業法に基づき電気事業の遂行に当たって広域的運営を推進することを目的として設立された広域的運営推進機関によって実施されている電力容量市場の一部として 2023 年度より実施されているものである。本オークションの目的は、脱炭素化に向けた新設・リプレース等の巨額の電源投資（再エネ・火力発電燃料の水素・アンモニア転換等）に対し、長期固定収入が確保される仕組みにより、容量提供事業者の長期的な収入予見性を確保することで、電源投資を促進することである。また同時に、長中期的な観点から安定供給・価格高騰リスクを抑制し、日本が実現を目指している 2050 年カーボンニュートラルの実現に向け、需要家に対して脱炭素電源の供給力の価値を提供することを目指している。なお、本オークションの財源は他の電力容量市場と同様に、小売電気事業者等から支払われる容量拠出金である。

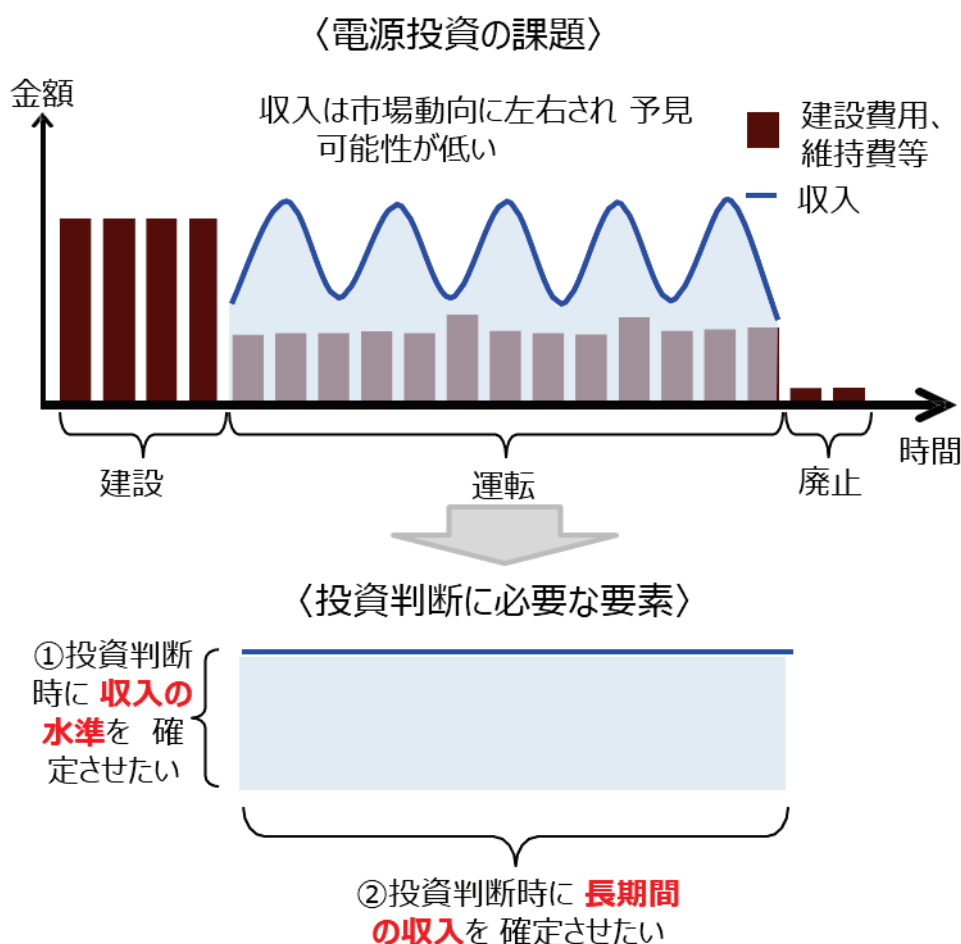


図 7.2 電源投資の課題と投資判断に必要な要素

出典： https://www.occto.or.jp/market-board/market/oshirase/2023/files/202306_youryou_gaiyousetsumei_long_r.pdf

本オークションでは、発電事業者等が応札単位で応札容量・価格（円/kW/年）を定め応札する。電源の応札に対し、原則、電源種混合で応札価格の低い順に電源が落札され、募集量を満たす電源までが落札電源となるマルチプライス方式を採用している。

【マルチプライス方式における約定イメージ】

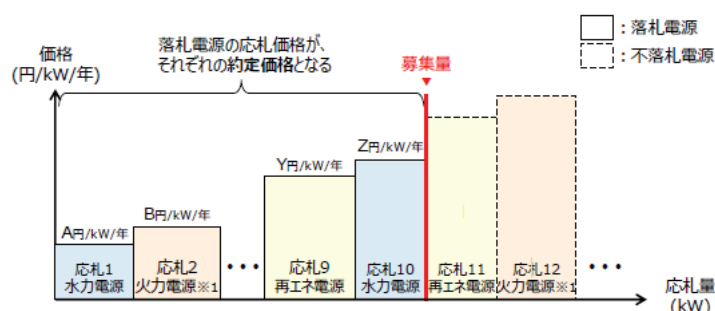


図 7.3 長期脱炭素電源オークションの方式

出典： https://www.occto.or.jp/market-board/market/oshirase/2023/files/202306_youryou_gaiyousetsumei_long_r.pdf

落札された電源の固定費水準の容量収入を電気事業者等は原則 20 年間得られる仕組みである。電源の可変費については他市場からの収益から充て、当該収益が可変費を超過する場合は、超過分の約 9 割が容量拠出金を支払っている小売電気事業者等に還元される。

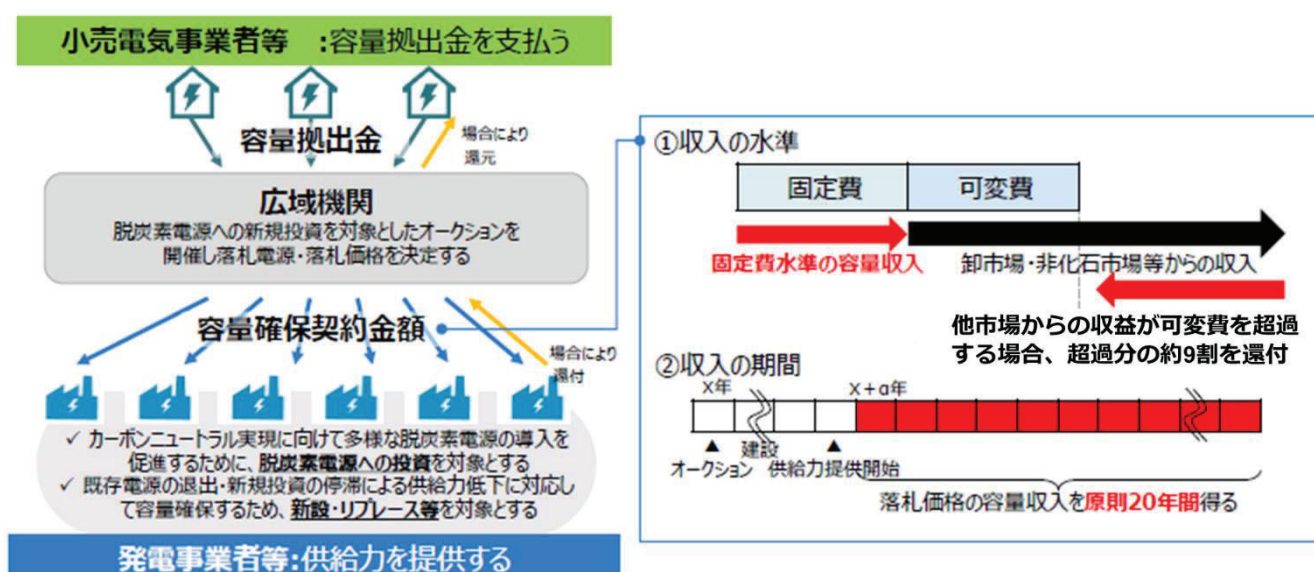


図 7.4 長期脱炭素オークションのスキーム

出典： https://www.occto.or.jp/market-board/market/oshirase/2023/files/202306_youryou_gaiyousetsumei_long_r.pdf

（２）水素・アンモニア等と既存原燃料の価格差に着目した支援

本支援は、現在供給コストが高価である水素・アンモニア等に対し、既存原燃料との価格差に着目した支援策を講じることで、強靱な大規模サプライチェーンの構築を通じ、水素・アンモニア等の自立した市場を形成し、エネルギー政策の根幹である S+3E（Safety, Energy Security, Environment, Economic Efficiency）を大前提に GX 実現を目指すものである。水素・アンモニア等を取り巻く将来の見通しが不透明な状況においても、他の事業者在先立って自らリスクを取り投資を行い、2030 年度までに低炭素水素等のパイロットプロジェクトを立ち上げていく供給事業者（低炭素水素等を製造又は輸入し、供給する事業者）を支援する制度を制定することを目指している（2024 年内の案件採択開始予定）。

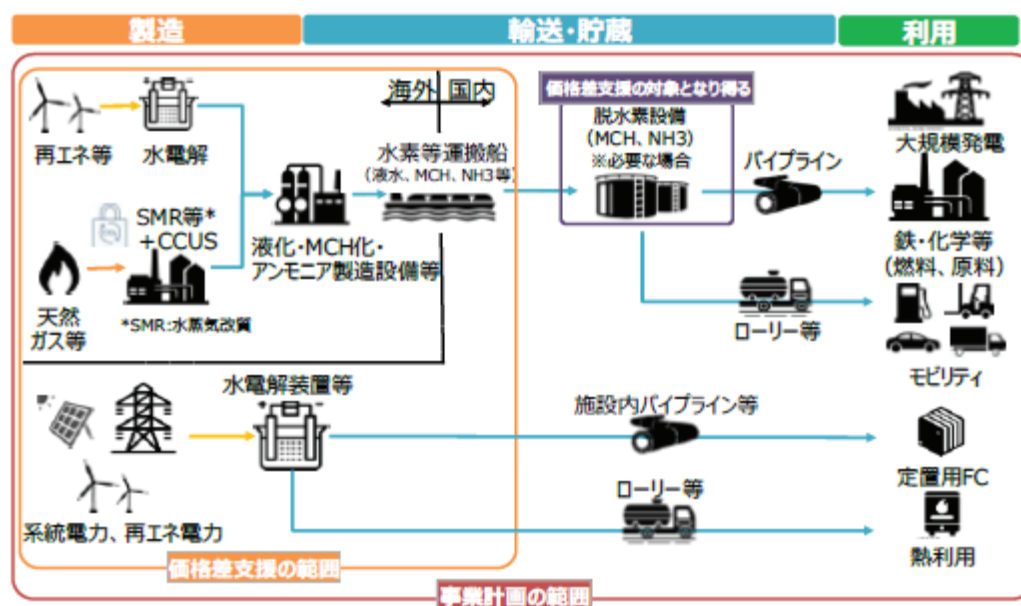


図 7.5 支援範囲イメージ

出典： https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20240129_1.pdf

上記の目的を達成するために、事業者の予見性を確保し、投資判断が可能となるように事業者と政府の間で適切にリスク分担する必要がある、基準価格、参照価格をプロジェクトごと個別に以下のように決定し、その価格差の全部又は一部を 15 年間にわたり支援する予定である（経済的な自立を担保する観点から、支援期間終了後 10 年間、供給を継続しなければならない）。なお、支援額に環境価値の顕在化や制度的措置の効果、市場における需要の高まり等が反映されるような仕組みを目指す。

- 基準価格：
 - 1) 国内への供給分に係る単位量当たりの製造・供給に要するコストと利益を回収できる価格であり、事業者が事前に基準価格の算定式もしくは固定値として提示する。
 - 2) 基準価格の算定式もしくは固定値は、支援期間中（15 年間）原則固定とし、コストオーバーラン等の事業者が制御すべき事象については事業者負担とする。
 - 3) 海外製造の場合の為替の変動や、原料費等の変動に基づく価格変動の一部については、基準価格に反映（自動調整）することを認める。ただし、基準価格全体には事前に上限値を設定する。
 - 4) 支援期間中、導入可能な革新的技術の実装を行うなど、価格低減に向けた計画変更を促し、例外的に基準価格の見直しを求める。

- 参照価格：代替される原燃料の日本着の価格として一般的に公表されている参照可能な指標を基本とし、以下 1)～3)のうちいずれか高いものを設定する。
 - 1) 代替される既存原燃料の日本着時点における価格*+環境価値等
 - 2) 日本着時点（もしくは国内製造地点）における水素等の実販売価格
 - 3) 過去の取引実績・販売価格等に基づく価格*（既存の水素・アンモニア市場での用途に用いる場合）

*供給者・利用者一体の計画に照らし、用途ごとに代替される既存原燃料との価格の一定の等価性を類型的に考慮して、個別に設定する。

- また、参照価格が基準価格を超え、事業者が超過した利益を得ると考えられる場合については、参照価格と基準価格の差分を国へ返還することを求める。将来的には、カーボンプライシングや規制・制度的措置等の導入により参照価格が上昇し、支援規模も逡減し、自立に近づいていくと見込まれる。

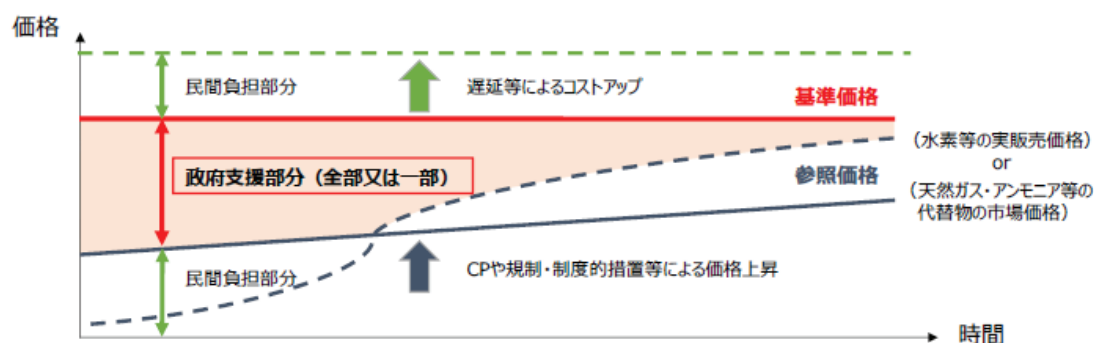


図 7.6 支援制度のイメージ

出典： https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20240129_1.pdf

（３）水素・アンモニア等の拠点整備支援

本支援は、水素・アンモニア等の大規模な需要創出と経済的・効率的・自立的発展が可能な供給体制を構築するため、産業集積を促進する拠点整備を支援する制度を制定することを目指している（2024 年内の案件採択開始予定）。中長期的な視点を見据え、今後 10 年間で、大都市圏を中心に大規模拠点 3 か所程度、地域に分散した中規模拠点 5 か所程度を目安として整備していく。そのために、①事業性調査（FS）、②詳細設計（FEED）、③インフラ整備の 3 段階に分けて伴走支援をしていく。特に、インフラ整備支援では、「低炭素水素等（水素・アンモニア等）を、荷揚げする受入基地から利用者が実際に利用する地点まで輸送するに当たって必要な設備であって、民間事業者が複数の利用事業者と共同して使用するもの（共用パイプライン、共用タンク等）」に係る整備費の一部が支援される予定である。

7.4.3 最後に

今後タイ国における石炭火力発電所へのアンモニア転換を進めるにあたり、再生可能エネルギーを含む他電源との LCOE の比較、あるいは石炭火力発電所からガス火力発電所へのシフトを念頭においた CO2 排出削減量あたりのコスト比較が想定される。上記のような先行事例のある補助金の仕組みを継続的にタイ政府に提案することで、事業性の確保を目指す必要がある。

また、上記のような単純なコスト比較だけではなく、様々な種類の脱炭素電源を保有することでエネルギーセキュリティ上の安定性を確保すること、脱炭素技術の中でも比較の実機での検証が進んでいるアンモニア転換を優先的に進める、といったコスト以外の部分での検討も不可欠である。

最後に Map ta Phut エリアのようにアンモニア需要家が比較的近接して存在し、スケ

ールメリットを享受しながら共通のアンモニア受け入れ設備を設置できるような環境には注目すべきである。このようなエリアで先行的にアンモニアを導入し、必要に応じてクラッキングなどの技術を活用し、将来の水素需要にも対応できるようにしていくのは有効な方策と言える。