

ラオス人民民主共和国
エネルギー・鉱業省

ラオス国
アンモニア製造事業準備調査
(海外投融資)
【予備調査（単独型）】
業 務 完 了 報 告 書

2024 年 7 月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

四国電力株式会社
TTCL Public Company Limited.

出典、出所の記載のない図表および写真は当調査チームにて作成したものです。

目 次

サマリー	1
第1章 背景と目的	6
1.1 背景	6
1.1.1 ラオス側の背景	6
1.1.2 日本側の背景	7
1.2 目的	8
第2章 事業概要	9
2.1 事業概要	9
2.1.1 事業概要	9
2.1.2 事業サイト/対象地域名	9
2.2 事業スコープ	11
第3章 事業ストラクチャー	12
3.1 事業ストラクチャー	12
3.1.1 事業スキーム	12
3.1.2 主なステークホルダーとの協議状況	13
第4章 主要プロジェクト契約の初期主要条件案と協議状況	16
第5章 マーケット分析	17
5.1 アンモニア市場の概要	17
5.2 アンモニア価格の概況	18
第6章 設計・技術計画	20
6.1 グリーンアンモニア製造プラントの概要	20
6.2 グリーンアンモニア製造プラントの概略設計	21
6.2.1 基本計画条件とシステム構成	21
6.2.2 主要機器の概要	23
6.2.2.1 水電解装置	23
6.2.2.2 空気分離装置	24
6.2.2.3 アンモニア合成装置	25
第7章 設備投資計画・資金計画	27
7.1 設備投資計画	27
7.2 資金計画	28
第8章 キャッシュフローモデル及び感度分析	29
8.1 キャッシュフローモデルの前提条件	29
8.2 キャッシュフローモデル	30
8.3 感度分析	32

第 9 章 環境影響評価	34
9.1 環境影響評価に関連する法令	34
9.2 環境影響評価のプロセス	34
9.3 本事業における初期スクリーニング	36
9.4 本事業におけるスコーピングレポート	36
9.5 その他主な環境関連法令	39
第 10 章 ラオス電力事情調査	43
10.1 サイト候補地周辺の電力需給バランス調査	43
10.1.1 南部地域の電力系統	43
10.1.2 南部地域の電源	44
10.1.3 南部地域の需要	47
10.1.4 南部地域の電力需給バランス	48
10.2 サイト候補地周辺の電力系統調査	50
10.2.1 電力供給ルート	50
10.2.2 EDL による送配電設備の運用状況	53
10.2.3 変電所設備の健全性調査	54
10.3 電力調達先候補となる発電所の健全性調査	57
10.3.1 EDL-Gen による発電所の運用状況	57
10.3.2 水力発電所設備の健全性調査	58
第 11 章 法務調査	61
11.1 外国企業に対する参入規制	61
11.1.1 禁止事業	61
11.1.2 外資規制事業	61
11.1.3 審査・承認が必要な事業	62
11.2 会社設立に関する法規	62
11.3 アンモニア関連法規	63
11.3.1 工場建設に係る法規	63
11.3.2 工場の運営に係る法規	63
11.3.3 アンモニア取扱いに関する規制	63
11.3.4 アンモニア製造に関する規制	63
11.3.5 アンモニア輸送に関する規制	64
11.3.6 アンモニア輸出入に関する規制	64
11.3.7 アンモニア販売に関する規制	64
11.4 ラオス新規事業実施における法規上の留意点	64
11.5 プロジェクトに関するケーススタディ	65
11.6 プロジェクトに必要な申請書と書類	65
第 12 章 まとめ	68
12.1 調査結果の要約	68
12.2 本事業における課題	68
12.3 ラオスグリーンアンモニア製造事業実現の戦略的意義	70
12.4 当事業の推進に当たっての具体的な進め方と将来構想	71

略語表

略語	正式名称	日本語
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AEM	Anion Exchange Membrane	アニオン交換膜
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations	東南アジア諸国連合
AZEC	Asia Zero Emission Community	アジア・ゼロエミッション共同体
BOT	Build Operate Transfer	建設・運営・移転
CBAM	Carbon Boarder Adjustment Mechanism	炭素国境調整措置
COD	Commercial Operation Date	商業運転開始日
CSEZ	Champasak Special Economic Zone	チャンパサック県経済特区
EDL	Electric du Laos	ラオス電力公社
EGAT	Electricity Generating Authority of Thailand	タイ電力公社
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EPC	Engineering, Procurement, Construction	設計・調達・建設工事
ESMMP	Environmental and Social Management and Monitoring Plan	環境・社会モニタリングおよび管理計画
EU-ETS	EU-Emissions Trading System	EU 域内の炭素排出量取引制度
EVN	Electricity of Vietnam	ベトナム電力公社
FID	Final Investment Decision	最終投資決定
FS	Feasibility Study	実現可能性調査
HB	Haber-Bosch	ハーバー・ボッシュ
IPP	Independent Power Producer	独立系発電事業者
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
JETRO	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易復興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人日本国際協力機構
LCOA	Levelized Cost of Ammonia	均等化アンモニア原価
MEM	Ministry of Energy and Mine	エネルギー・鉱山省
MOIC	Ministry of Industry and Commerce	商業工業省
MONRE	Ministry of Natural Resource and Environment	天然資源環境省
NCC	National Control Center	中央給電指令所
NEXI	Nippon Export and Investment Insurance	日本貿易保険
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On the Job Training	職場内訓練
O&M	Operation & Maintenance	運転・保守
PDP	Power Development Plan	電力開発計画

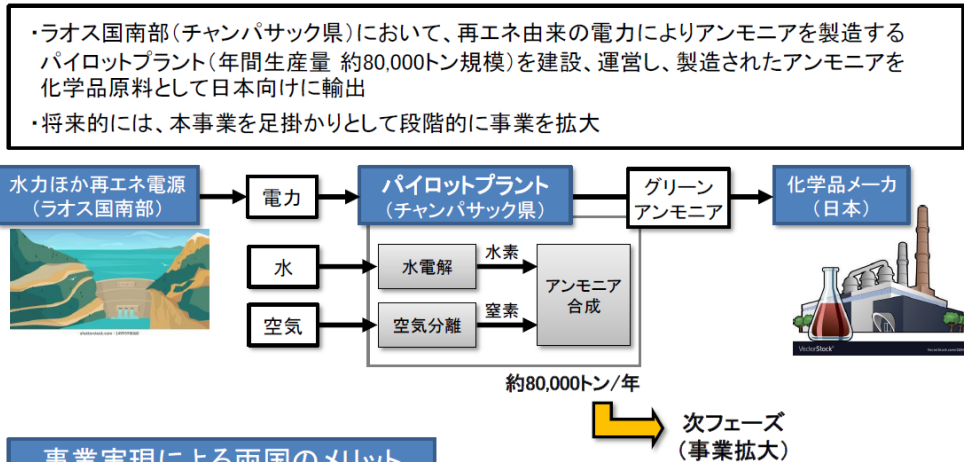
略語	正式名称	日本語
PEM	Proton Exchange Membrane	プロトン交換膜
PJSEZ	Pakse Japan Special Economic Zone	パクセー・ジャパン経済特区
PPA	Power Purchase Agreement	電力購入契約
PSA	Pressure Swing Adsorption	圧力スイング吸着
RCC	Regional Control Center	地域系統制御所
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	監視制御システム
SEZ	Special Economic Zone	経済特区
SME	Small and Medium-sized Business	中小企業
TOR	Terms of Reference	調査を実行するための一連の管理 や手続き及び技術上の必要事項を 記載したもの
TTCL	TTCL Public Company Limited	—

サマリー

本事業は、ラオス国において、再生可能エネルギー由来の電力を使用し、製造過程で CO₂ 排出を伴わないアンモニア（グリーンアンモニア）の製造を実施するものである。

本予備調査は、本事業の実現可能性について初期的な調査を行うものである。

本事業の概要



事業実現による両国のメリット

(ラオス側)

- ・豊水余剰電力の有効活用
- ・再生可能電力の高付加価値化
- ・新たな国内産業の創出

(日本側)

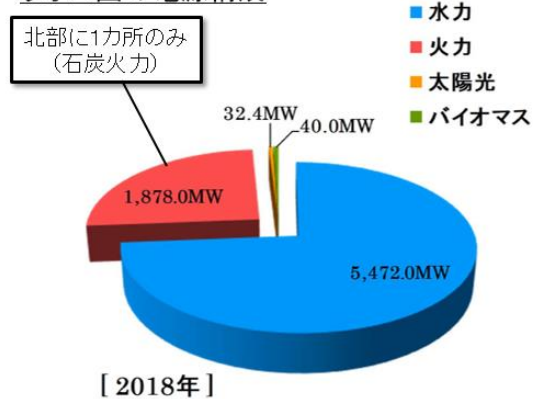
- ・「水素基本戦略」への寄与
- ・日本関連企業の脱炭素技術の導入
- ・ラオス国におけるプレゼンスの向上

ラオス国の概要

ラオス国の概要



ラオス国の電源構成



出典:一般社団法人 海外電力調査会
2019年度ラオス電力事情調査報告書より抜粋

- ・豊富な水力資源
- ・高い再生可能電源比率
- ・再生可能電源の更なる開発余地

大量の再生可能エネルギー由来電力を必要とするグリーンアンモニア製造事業の好適地となる可能性

事業候補地の概要

事業候補地



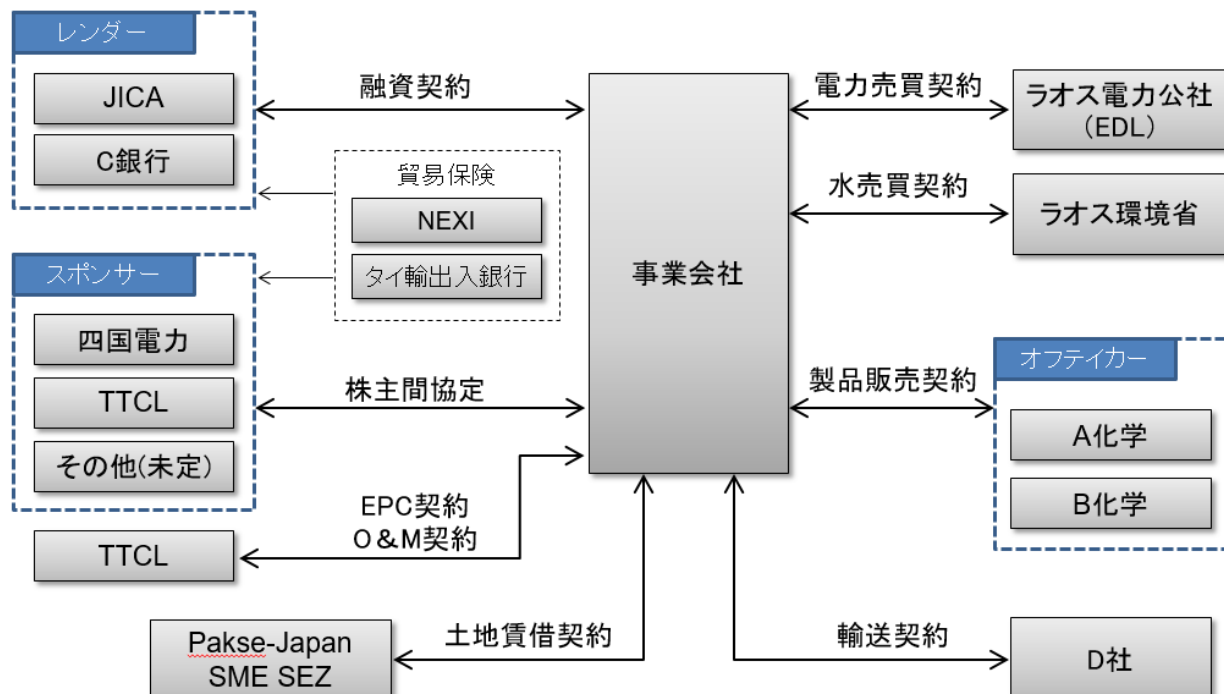
パクセー・ジャパン経済特区の概要

運営事業者	Pakse-Japan SME SEZ Development. Co., Ltd
設立年月	2015年12月
資本金	100,000米ドル
株主	・ラオス国家経済特区委員会 ・西松建設株式会社 ほか

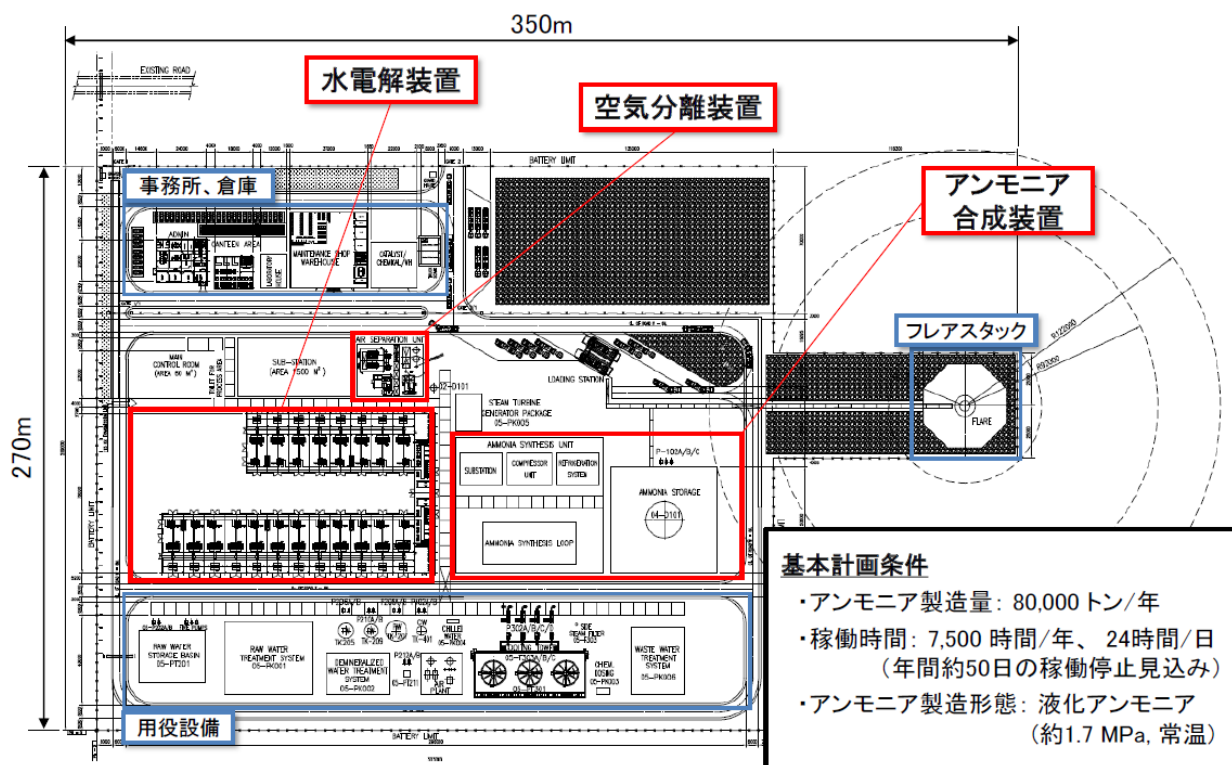
事業地としての主な利点

土地	長期(30年間)の土地賃借
物流	港湾(タイ国)までの物流リスク低
許認可	許認可手続きのワンストップサービス
税制優遇	法人税の免除(最長10年間)など

事業ストラクチャー



アンモニア製造プラント



総事業コスト・資金計画

総事業コスト

(百万米ドル)

項目	費用
(1) 建設工事費	251
(2) その他費用 (開発費、建中金利、運転資金等)	82
合計	333

(1) 建設工事費内訳

(百万米ドル)

項目	費用
アンモニア合成装置	65
水電解装置	57
電気設備	34
土工工事	29
空気分離装置	25
その他	41
合計	251

(2) その他費用内訳

(百万米ドル)

項目	費用
建中金利、銀行手数料	28
試運転コスト	12
運転資金	9
輸送車両	9
予備費	8
弁護士他	5
アドバイザー費用	11
その他	11
合計	82

資金計画

(百万米ドル)

項目	費用
(1) 出資 (スポンサー: 4~5社)	83(25%)
(2) 融資 (プロジェクトファイナンス: 借入期間18年) (JICA等からの借入)	250(75%)
合計	333

収益性評価の前提条件

項目	数値	注記
事業期間	25年	プラント営業運転開始からの年数
建設期間	3年	
融資返済期間	18年	建設期間3年の後15年間返済
総事業コスト	333百万米ドル	建設工事費 251百万米ドル(全体の75%) その他 82百万米ドル
水素必要量	21,177 Nm ³ /時間	
水素製造に必要な電気消費量	4.8 kWh/Nm ³	効率劣化 0.5%/年
電力単価	0.056米ドル/kWh	農業加工業向け料金
製品販売量	80,000トン/年	
製品(アンモニア)単価	1,200米ドル/トン	他地域での流通価格(1,100~1,300米ドル/トン)の中間値
プラント運転時間	7,500時間	年間約50日の稼働停止見込み
内陸輸送費	50.9米ドル/トン	輸送トラックの内、半分の台数は事業会社が購入する前提

収益性評価

IRR

項目	数値(%)	備考
プロジェクトIRR	10.03	銀行借入を考慮せず総事業コスト全てを出資金で賄うケースの採算性
エクイティIRR	17.14	銀行借入を考慮し総事業コストの25%を出資金で賄うケースの採算性

LCOA(Levelized Cost of Ammonia)※

項目	金額(米ドル/トン)	割合(%)
電気代	591.81	47.3
総事業コスト	396.56	31.7
利息	126.13	10.1
内陸輸送費用	60.33	4.8
その他	76.41	6.1
合計	1,251.24	100.0

総事業コストのうち
4分の3が建設工事費

※: ライフサイクル中のコストを現在価値ベースで評価し、それを生産量で除した値であり、ライフサイクル全体で平準化されたアンモニア単価。
(均質化アンモニア原価)

感度分析

①アンモニア販売価格

販売価格 (米ドル/トン)	下げ幅	プロジェクトIRR
1,200	0%	10.0%
1,080	▲10%	6.9%
960	▲20%	3.0%

②電気代

電気代 (米ドル/kWh)	下げ幅	プロジェクトIRR
0.056	0%	10.0%
0.050	▲10%	11.5%
0.045	▲20%	12.9%

③建設工事費

建設工事費 (百万米ドル)	下げ幅	プロジェクトIRR
251	0%	10.0%
226	▲10%	11.2%
201	▲20%	12.6%

④水素製造に必要な電気消費量

電気消費量 (kWh/Nm ³)	下げ幅	プロジェクトIRR
4.8	0%	10.0%
4.3	▲10%	11.4%
3.8	▲20%	12.6%

まとめ

本予備調査結果の概要

- ・ラオス国におけるグリーンアンモニア製造事業の実現可能性について初期的調査を実施した。
- ・以下に挙げるいくつかの課題はあるものの、他地域におけるグリーンアンモニア製造地候補と比較しても、一定のポテンシャルを有していることを確認した。

事業実現性の向上に向けた課題

- ・今後、更なる収益性向上のため、以下を中心とした条件改善策の検討が必要
①アンモニア販売価格 ②電気代 ③建設工事費 ④水素製造に必要な電気消費量
- ・ファーストムーバー制度による補助金を活用することによってグレーアンモニア（300米ドル/トン台）との価格差を埋め合わせできるかどうか、本事業の実現性にとって非常に重要であることから、同制度の動向を引き続き注視

第1章 背景と目的

1.1 背景

1.1.1 ラオス側の背景

ラオス国（以下「ラオス」）は中国、ベトナム、カンボジア、タイ及びミャンマーと国境を接している内陸国である。同国内ではメコン川が北から南まで約1,500km縦断しており、その豊富な水力資源と高低落差の大きい地形を活かし、2022年末時点で78か所の水力発電所（合計出力約9GW）が開発されており、技術的には18GWまで水力発電が開発可能とされている。ラオスの電源構成は、北部の1箇所の石炭火力を除くと、水力発電、太陽光発電、バイオマス発電となっており、今後も日照条件に恵まれている南部では太陽光発電の開発が、また風況に恵まれている南東部では風力発電の開発が見込まれている。

ラオスで発電される電力の一部はラオス内で利用されているものの、大半はタイ国を中心とする周辺国へ輸出されており、「アジアのバッテリー」と言われている。表1-1に示す通り、2022年のラオスの品目別輸出額では、電力輸出額は2,358百万米ドル、全体比28.8%を占める最大品目となっている。

表1-1 ラオスの主要品目別輸出(FOB) [通関ベース]

(単位：100万米ドル、%) (△はマイナス値)				
品目	2021年	2022年		
	金額	金額	構成比	伸び率
電力	2,169	2,358	28.8	8.7
鉱物	1,944	1,943	23.7	△ 0.0
農畜産物・食品	1,761	1,926	23.5	9.4
木材・木製品・パルプ・紙	902	917	11.2	1.6
工業製品	526	599	7.3	13.9
縫製・靴製品	315	446	5.4	41.5
その他	11	10	0.1	△ 7.0
合計（その他含む）	7,627	8,198	100.0	7.5

出所：JETRO ホームページ ラオスの貿易と投資より

ラオスの電力の大部分が輸出用途となっている理由の一つは、ラオスの信用力が低いことを理由に、国際金融機関がラオス内向け発電事業に、大規模なプロジェクトファイナンスを供与せず、タイなどの信用力の高い海外電力公社を電力の引取先としたBOT（Built-Operate-Transfer）契約が主導していることがあげられる。もっとも今後はそのBOT契約が順次終了し、各発電所の所

有権がラオス電力公社へ移転されることが見込まれていることから、ラオス政府が産業振興も視野に貴重な再生可能エネルギーの電力をラオス内用途に使うという選択肢が考えられる。

また、表 1-2 に示す通り、2022 年のラオスの品目別輸入額では、化石燃料が 1,306 百万米ドル、全体比 19.2%を占める最大品目となっており、主にタイ等の周辺国からの輸入に依存している。

表 1-2 ラオスの主要品目別輸入(CIF) [通関ベース]

(単位：100万米ドル、%) (△はマイナス値)				
品目	2021年	2022年		
	金額	金額	構成比	伸び率
化石燃料	740	1,306	19.2	76.5
農畜産物・食品	989	1,184	17.4	19.7
機械・電子機器および部品	951	1,106	16.2	16.3
車両および部品	717	693	10.2	△ 3.4
鉄および鉄製品	289	290	4.3	0.4
電力	80	40	0.6	△ 49.9
その他	2,122	2,189	32.2	3.2
合計（その他含む）	5,887	6,808	100.0	15.6

〔出所〕 商工省輸出入統計を基にジェトロ作成

出所：JETRO ホームページ ラオスの貿易と投資より

以上のような状況において、本調査で対象としているグリーンアンモニア¹の製造および販売を検討することは、ラオスで発電される電力を高付加価値化することにより輸出額を増額すること、更には“化石燃料”を代替できる製品を製造する事で輸入額を減額することに繋がり、ラオスにおける産業の育成や輸出入の収支の改善に貢献することができると考えられる。

また、「脱炭素政策」の観点でも、グリーンアンモニアを活用することにより化石燃料の輸入削減を検討することは、2050 年までのゼロエミッションという目標に貢献する事が見込まれる。

1.1.2 日本側の背景

日本政府は 2017 年に世界で初めてとなる水素の国家戦略「水素基本戦略」を策定、2023 年 6 月水素基本戦略改訂版を発表しており、関連のある言及は下記の通りである。

¹ アンモニアを製造する過程で CO₂を排出してしまうものを「グレーアンモニア」、化石燃料から製造するプロセスで排出される CO₂を貯留や有効利用したものを「ブルーアンモニア」、再生可能エネルギーから水素をつくりアンモニアを合成したものを「グリーンアンモニア」と呼ぶ。(NEDO HP より)

- 水電解装置の導入目標

再生可能エネルギーからの水素製造を可能とする水電解装置の需要は、今後高まっていく見通しである。世界の水電解装置の導入量は2030年には、134GWに到達する可能性があると言われており、水素サプライチェーンの上流である水電解装置の市場に国内外問わず日本企業関連製品が導入されれば、世界中のエネルギー供給における我が国のプレゼンスを高めることにもつながる。このため、2030年までに国内外において日本関連企業（部素材メーカーを含む）の水電解装置の導入目標を15GW程度として新たに設定し、水素製造基盤の確立を図る。

- ファーストムーバー制度

水素を取り巻く将来の見通しが不透明な状況において、他の事業者在先立って自らリスクを取った上で投資を行い、2030年頃までに我が国において低炭素な水素・アンモニアの供給を開始する予定である事業者（＝ファーストムーバー）については、S+3E²の観点から戦略的にサプライチェーンを選定し、事業者が供給する水素・アンモニアに対し、基準価格（事業継続に要するコストを合理的に回収しつつ、適正な収益を得ることが期待される価格）と参照価格（既存燃料のパリティ価格）の差額（の一部または全部）を長期にわたり支援するスキームを検討する。現時点での、サプライチェーンへの官民による投資金額は、15年で15兆円を超える計画となっている。

また、2022年にはAZEC（アジア・ゼロエミッション共同体）を立ち上げ、日本企業が強みを持つ脱炭素技術とアジアの成長の好循環を目指しており、AZEC参加国であるラオスにとっては、日本と共に脱炭素と経済成長を実現するモデル事業になり得る。

1.2 目的

上述のような背景のもと、提案者はラオス南部チャンパサック県におけるアンモニア製造プラントの建設および運営事業（以下「本事業」）の実現を目指し、日本関連企業の水電解装置の購入を想定するとともに、2030年頃までにアンモニアの供給を開始する事業者を目指すことから、本事業は「水素基本戦略」に沿った事業であると言える。

本調査では、本事業の技術コンセプトを確立するとともに、主要契約締結予定先との合理的な折衝や調査等を通じて、事前の暫定条件について合意形成を進め、同条件を反映した財務モデルにおいて暫定的な収益性を示し、事業性を見極めることを目的としている。また、サイト建設予定地周辺の電力需給バランスや電力系統、ならびに電力調達先となる発電所・送変電設備の健全性について調査を実施する。併せて、予備調査レベルでの環境影響評価およびアンモニア市場調査を実施するものである。

² 安全性（Safety）を大前提として、安定供給（Energy Security）、経済効率性（Economic Efficiency）、環境適合（Environment）を同時に実現する考え方

第2章 事業概要

2.1 事業概要

2.1.1 事業概要

本事業は、ラオス内における再生可能エネルギー由来の電力により、水を電気分解して水素を製造し、空気分離プロセスによって液体窒素を製造し、この水素と窒素を合成するプロセスによって、アンモニアを製造する事業である。

2.1.2 事業サイト/対象地域名

ラオス南部チャンパサック県を事業候補地として検討している。チャンパサック県の中でも、特にパクセー・ジャパン経済特区（以下「PJSEZ」）を有力候補地としている。PJSEZ は、西松建設及びラオス企業を株主とする、ラオス南部チャンパサック県のパクセーに開発された日系企業専用の工業団地であり、概要は表 2-1 の通り。

表 2-1 PJSEZ の概要

会社名	パクセー・ジャパン SME SEZ 開発株式会社
設立日	2015 年 12 月 12 日
資本金	100,000 米ドル
株主	ラオス政府国家経済特区委員会 サイサナグループ（ラオス企業） サワン TVS コンサルタント（ラオス企業） 西松建設株式会社（日本企業）

出所：PJSEZ ホームページ

PJSEZ を有力候補地とした背景は下記の通り。

- ・長期の土地使用权及び拡張性

土地引き渡し後 30 年間の長期の土地使用权が与えられる。尚、全体で 195ha ある中で、既に利用されている土地は 20ha 強に過ぎず、本事業の拡張にあたっての障害も少ない。

- ・環境

PJSEZ を活用することで本事業に伴う住民移転等が不要となり、環境・社会影響に関するリスクがなくなる。

- ・為替

ラオス内での決済は規制上現地通貨（ラオスキープ）での決済が原則だが、PJSEZ 内或いは SEZ 間の取引は米ドル、タイバーツ等での外貨決済が可能となることから、為替リスクの低

減につながる。

- ・ワンストップサービス

PJSEZ を活用することで企業の登録・投資許可、建設許可、輸入・輸出許可等の許可証の発行をワンストップサービスでサポートを受けることができ、手続きの円滑化が期待できる。

- ・税金上の恩恵

輸入関税の免税、法人税が利益発生年度より最大 10 年免除、個人所得税減免（5%）が期待できる。

- ・物流

ラオスは内陸国であり、港湾がない事が国際物流の観点からはネックとなる。図 2-1 に示す通り、PJSEZ はタイ国境に近く、バンコク周辺のレムチャバン港、ラヨン港までの道路インフラも整っている事から、物流リスクは低いと判断している。



出所：Google マップ

図 2-1 本事業の事業候補地ならびに港の位置関係

2.2 事業スコープ

本事業ではまず、年間アンモニア生産量 約 80,000 トン規模の第一号プラントをラオス南部チャンパサック県に建設し、同プラントにより生産されたアンモニアを日本等のオフテイカーに輸出・販売することにより、現在化学品原料等に利用されているアンモニアを代替することを企図している。

また、将来的に、本第一号事業の実現性・事業性を見極めることができれば、次フェーズとして更に大規模なアンモニア製造プラントを複数建設し、合計で年間 160 万トン規模まで拡大し、より広範囲なオフテイカーに対するアンモニア輸出・販売事業を検討していく。

第3章 事業ストラクチャー

3.1 事業ストラクチャー

3.1.1 事業スキーム

本事業において想定している事業スキームは図 3-1 の通り。

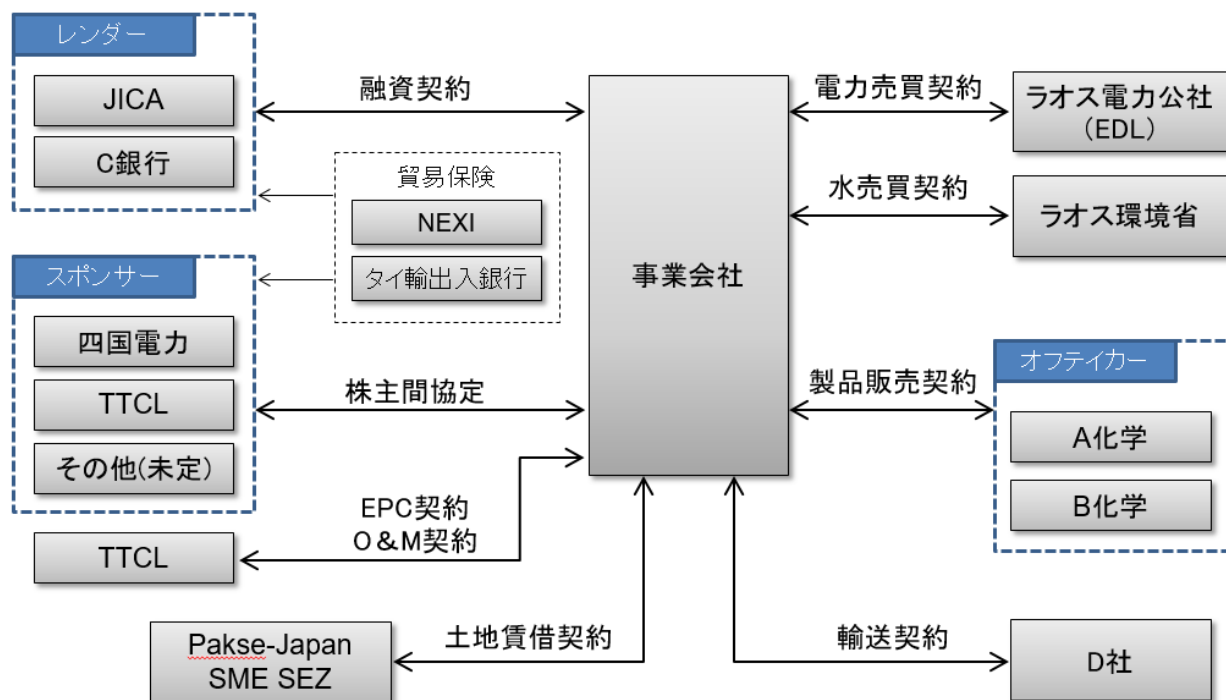


図 3-1 事業スキーム

3.1.2 主なステークホルダーとの協議状況

現在のステークホルダーとの協議状況は表 3-1 の通りである。

表 3-1 主なステークホルダーとの協議状況

種類	相手先	状況
オフテイカー	A 化学	オフテイクを前向きに検討、関心表明書を受領している。また、オフテイク量は本事業からの生産量の内、約半分の 4 万トン/年を想定している。 同社は化学製品を始めとする様々な事業をグローバルに展開する日本企業であり、カーボンニュートラルには積極的に対応している。同社製品の最終ユーザーには被服産業や自動車産業も含まれており、環境意識が高い。 大手 SPA（製造卸小売アパレル）等の同社の中心顧客とはグリーン素材への置き換えを前提とした協議を開始している。 現在の天然ガス起源のアンモニアと比較すると、割高になっており、日本政府の“ファーストムーバー制度”の差額補填の活用により企業の追加負担が限定的となる事を期待している。 また、天然ガス起源のアンモニアの購入契約は短期契約が基本であり長期契約の締結にあたっては今後協議が必要。 B 化学との共同輸入、共同配船の検討についても了解を得ている。
オフテイカー	B 化学	オフテイクを前向きに検討している。また、オフテイク量は本事業からの生産量の内、約半分を想定している。 同社は事業をグローバルに展開する日本企業であり、カーボンニュートラルには積極的に対応している。同社製品の最終ユーザーには玩具産業や自動車産業も含まれており、環境意識が高い。 現在の天然ガス起源のアンモニアと比較すると、割高と感じており、日本政府の“ファーストムーバー制度”の差額補填の活用により企業の追加負担が限定的となる事を期待している。

種類	相手先	状況
		また、天然ガス起源のアンモニアの購入契約は短期契約が基本であり、長期契約の締結にあたっては今後協議が必要。
電力供給	ラオス電力公社	本事業への電力供給に関心高い。ただし、ラオス電力公社が現行で提供している電気料金メニューの範囲内で購入されることを期待。電気料金メニューは用途毎に細かく規定され、夫々の価格も異なる。 産業用途で最も低い価格は農業加工工場向けであり、2023 年末時点で 1kWh あたり 1,235 ラオスキープであり、1 米ドルあたり 22,000 ラオスキープ³とすると、0.056 米ドルとなる。 アンモニア製造コストをできるだけ低く抑えられるよう、上記価格から特別割引価格を提供するよう交渉を進めているが、現行のメニューと異なる価格になる場合は別途政府の許認可が条件となる。 なお、長期での電力購入契約の締結は可能であることを電力公社に確認した。
レンダー	C 銀行	同行は日本政府も出資する国際開発金融機関であり、社会的意義がある事業を積極的に支援している。ラオスにおいては JICA との協調融資の実績もある。 本事業は前例が少なく民間銀行では取組みが容易ではないなか、本事業への融資に関心が高く、ラオス向けの特別なプログラムを適用できる可能性もあるという旨を確認している。
ラオス地権者	PJSEZ	本事業に対し、土地を 30 年賃借すると共に、ラオス側の政府許認可等を支援する意向がある。 本事業を皮切りに、PJSEZ を水素・アンモニアの輸出拠点とすると共に、同工業団地をカーボンニュートラル化して企業誘致する事を検討している。

³ BCEL（ラオス国営商業銀行） 2024 年 4 月末レート Selling Rates 21,403 ラオスキープ/米ドルを三桁以下切上げした。

BCEL ホームページ : <https://www.bcel.com.la/bcel/interest.html?fid=fx-rate>

種類	相手先	状況
水供給	ラオス環境省	メコン川からの水供給は可能であり、本事業への供給量の規模であれば障害にならない可能性が高い、という旨を確認している。 但し、最終的にはメコン川委員会（タイ・ラオス・カンボジア・ベトナム）の承認プロセスが必要となる。
輸送会社	D 社	ラオスからタイへのトラック輸送実績があり、アンモニアの輸送が可能であることは確認済。 トラックによる輸送手段の選択肢は ISO コンテナ及びローリー車であるが、価格面を勘案すると、ローリー車が優位となる可能性が高い。

第4章 主要プロジェクト契約の初期主要条件案と協議状況

本事業において想定される主要なプロジェクト契約に関する初期主要条件案と協議状況は表4-1の通り。

表 4-1 初期主要条件案と協議状況

契約名	契約先候補	初期主要条件案	協議状況
(1) 製品販売契約	A 化学、B 化学	1,200 米ドル/トン (タイ港価格) 期間 25 年	左記条件で協議中 (ファーストムーバーによる差額補填の確認後)
(2) 電力売買契約	ラオス 電力公社	0.056 米ドル/kWh (農業加工業向け適用電力単価を参照) 期間 25 年	左記条件で協議中 (販売価格確定後、特別割引を含め折衝)
(3) 融資契約	C 銀行	借入比率 75% 融資期間 18 年 (建設期間 3 年の猶予期間含む) 年利 7.1%	左記条件で協議中 (販売価格確定後、特別割引を含め折衝)
(4) 土地賃貸契約	PJSEZ	PJSEZ 向け 2.1 百万米ドル (0.3 百万米ドル/ha × 7ha) 賃借年数 30 年	価格のみ合意 製品販売の合意後に契約時期等を合意予定
(5) EPC 契約	TTCL	251 百万米ドル 建設期間 3 年	左記条件をベースに今後、TTCL 社内で詳細検討予定
(6) 水売買契約	ラオス政府 (環境省)	未提示	供給規模に関しては問題ないとの感触を確認済み (販売価格確定・メコン川委員会打診後に折衝)
(7) 輸送契約	D 社	50.9 米ドル/トン 期間 25 年	左記条件で協議中 (販売価格確定後、特別割引を含め折衝)
(8) O&M 契約	TTCL	1.28 百万米ドル/年 期間 25 年	左記条件をベースに今後、TTCL 社内で詳細検討予定

第5章 マーケット分析

5.1 アンモニア市場の概要

アンモニアは、農業や化学工業などのさまざまな用途に供給される重要な化学物質である。現在のアンモニア市場の概要は以下の通りである。

(1) 需要と用途

図 5-1 にアンモニア用途の内訳を示す。

農業：

アンモニアの主な用途は化学肥料原料であり、世界のアンモニア生産量の約8割が肥料として消費される。肥料としてのアンモニアは、穀物等の生産を増加させるために広く使用されている。

化学工業：

アンモニアは多くの化学プロセスの原料として使用され、窒素化合物の製造や合成その他の化学物質の生産に利用される。

(2) 生産と供給

アンモニアの主要な生産方法は、ハーバー・ボッシュ法（HB 法）による窒素と水素の反応であり、合成に使用する水素は主に天然ガス等を原料として製造される。

図 5-2 にアンモニアの主要生産国の内訳を示す。アンモニアの主要生産国は、中国、ロシア、米国、インドなどであるが、世界全体の生産量に対して貿易量は1割程度であり、化石燃料からのアンモニア製造は多くの国で行われている。

(3) 価格動向

アンモニアの価格動向は、天然ガスやエネルギー価格の変動、農業需要の変化、生産能力や需要サイクルにより影響を受け、例えば農業需要が高まる春季には、価格が上昇する傾向がある。

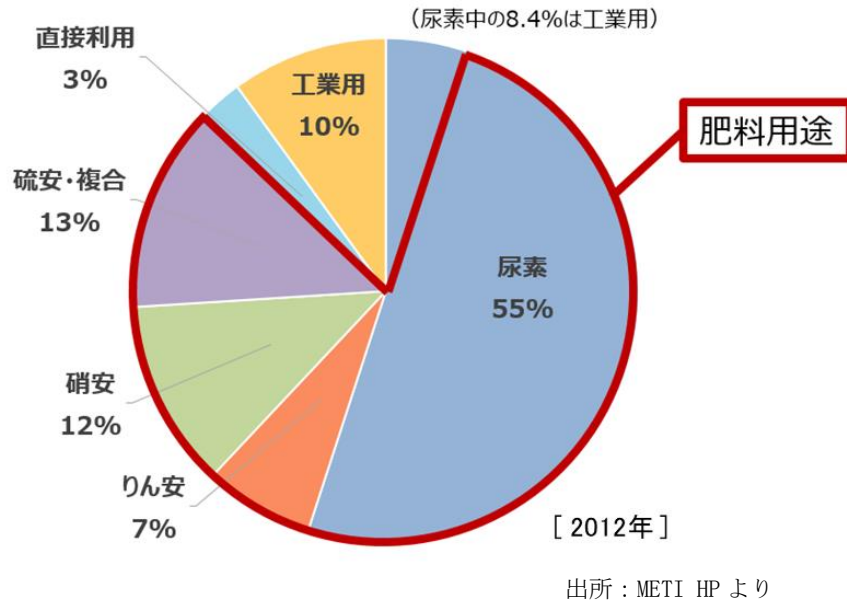


図 5-1 アンモニア用途の内訳

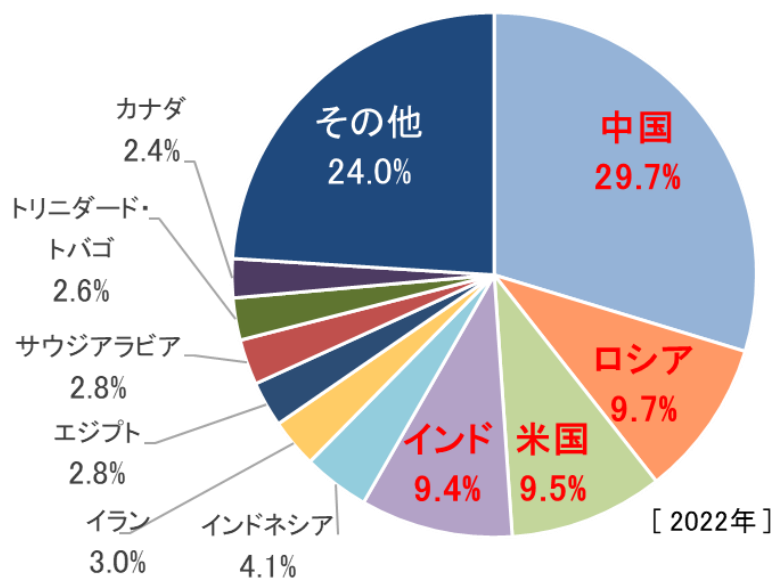


図 5-2 アンモニア主要生産国の内訳

5.2 アンモニア価格の概況

アンモニアの価格は、上述の通り主な原料である天然ガスの価格と連動している。図 5-3 に天然ガス市場価格の推移を示す。

2022 年にロシアのウクライナ侵攻を受けて天然ガス価格が上昇すると、アンモニア価格も世界的に上昇し、欧州では一時 1,500 米ドル/トンを超える水準となった。2023 年以降、天然ガス価格が落ち込むと、アンモニア価格も低下しており、2024 年 4 月の時点で、日本の主な輸入先

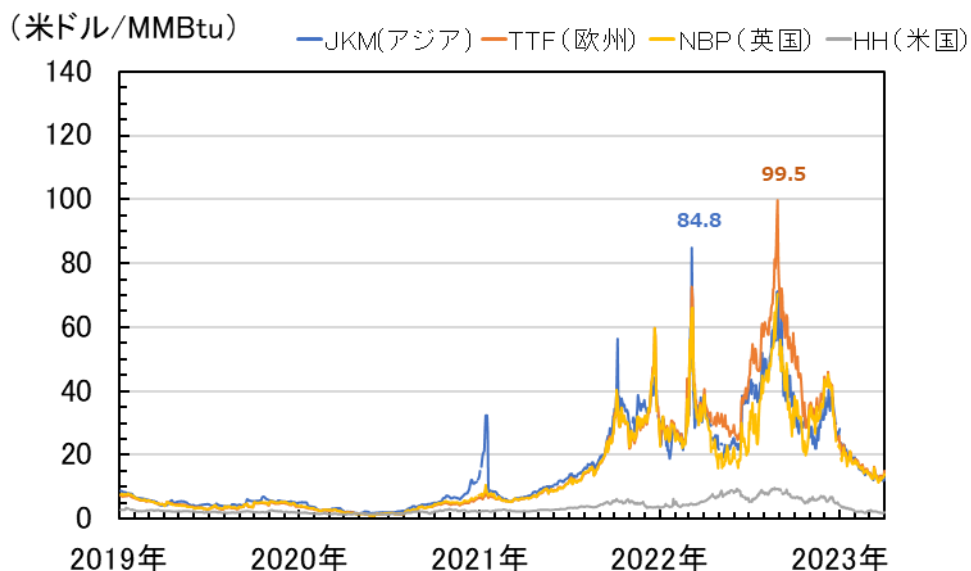
である東南アジア産の価格で 335～345 米ドル/トンとなっている。

今後のアンモニア価格に影響を与える要素としては、EU による炭素国境調整メカニズム (CBAM : Carbon Boarder Adjustment Mechanism) の導入が挙げられる。

CBAM とは、EU 域外で生産され、EU 域内の炭素排出量取引制度 (EU-ETS) の適用を受けていない域外からの輸入品について、炭素排出量の評価に基づき域内製品と同等の炭素コストを課金するという制度で、国際貿易におけるカーボンプライシング制度の一種である。アンモニアは生産に大量のエネルギーを必要とし、炭素排出量が多いことから、一般的に環境負荷の高い製品とされ、CBAM においては域外から輸入される肥料用途のアンモニアが課金の対象品目となっている。本制度は、一定の移行期間ののち 2026 年 1 月から課税 (CBAM 証書の購入) が始まり (無償割当分を課税から控除)、2034 年 1 月から完全導入 (無償割当廃止) されることとなっていることから、今後の国際的なアンモニアの価格に影響を与える可能性がある。

将来的に CBAM をはじめとする環境規制が進めば、グリーンアンモニアと従来の天然ガス起源のアンモニアとの価格差は縮小することが期待されるが、現状では天然ガス起源アンモニア (「グレーアンモニア」という) 価格の 335～345 米ドル/トン⁴に対して、グリーンアンモニアの製造原価は世界的にも 1,100～1,300 米ドル/トン程度となっている。

グリーンアンモニアの生産地候補としては本事業のラオスの他には、中東、北米、豪州、チリが候補にあがっており、各地のグリーンアンモニア販売価格は凡そ 1,100～1,300 米ドル/トン程度、具体的にはチリが 1,300 米ドル/トン程度、中東が 1,200 米ドル/トン程度、豪州が 1,100 米ドル/トン程度、ラオスはこの中間程度、つまり中東と同程度を見込んでいる。但し、各々案件はまだ実現前の段階であり、実際のコストは不確定要素が多いと思われる。



出所：METI HP より

図 5-3 天然ガス市場価格の推移

⁴ 東南アジア産 (FOB) 価格

第6章 設計・技術計画

6.1 グリーンアンモニア製造プラントの概要

現在、アンモニアは、天然ガスや石炭等の炭化水素燃料から製造される水素と空気中の窒素を利用して、ハーバー・ボッシュ法（HB 法）により製造されている。HB 法は 1913 年にドイツで工業化されて以来 100 年以上経った現在でも主流のアンモニア合成法である。大型のアンモニア製造設備としては、3,000 トン/日の規模のものが稼働している。

上記の従来法である HB 法と本事業におけるグリーンアンモニア製造の概略プロセスの比較を図 6-1 に示す。

本事業においてもアンモニア合成は HB 法により行うが、原料となる水素は炭化水素燃料からではなく、再生可能エネルギー由来の電力を使用した水電解により製造する。これを空気分離により製造した窒素と合成することで、グリーンアンモニア（CO₂ フリーアンモニア）を製造する。

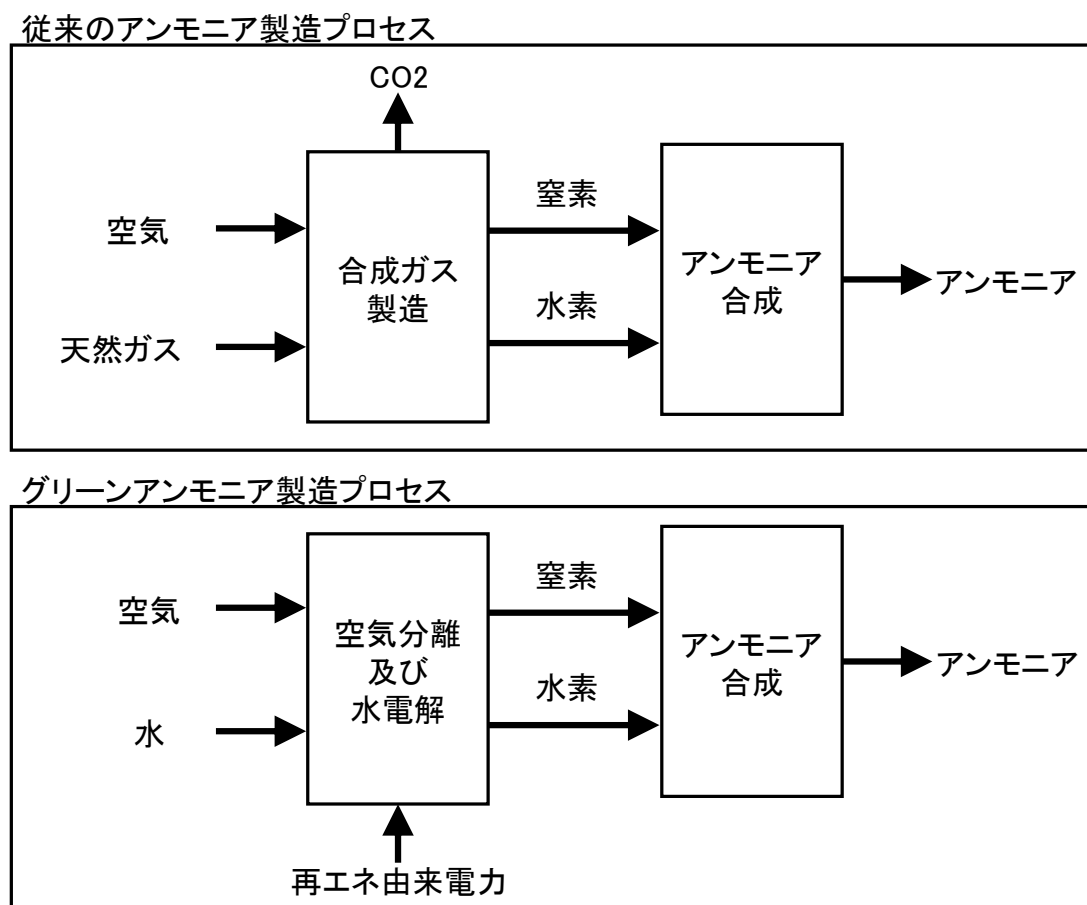


図 6-1 従来法とグリーンアンモニア製造の概略プロセスの比較

6.2 グリーンアンモニア製造プラントの概略設計

6.2.1 基本計画条件とシステム構成

(1) 基本計画条件

プラントの概略設計の前提となる基本計画条件は以下の通りである。

- ・ アンモニア製造量 80,000 トン/年
- ・ 稼働時間 7,500 時間/年 (年間約 50 日の稼働停止を見込む)
 24 時間/日
- ・ アンモニア製造形態 液体アンモニア (約 1.7 MPa, 常温)

(2) システム構成

グリーンアンモニア製造プラントの全体システム構成を図 6-2 に示す。

空気分離装置 (窒素ガス発生装置) により、空気中の酸素と窒素を分離することで得られる窒素がアンモニア合成装置に送られる。また、再生可能エネルギー由来の電力により水を電気分解して発生した水素もアンモニア合成装置に送られる。アンモニア合成装置により、窒素と水素を触媒により反応させることで、アンモニアが合成される。

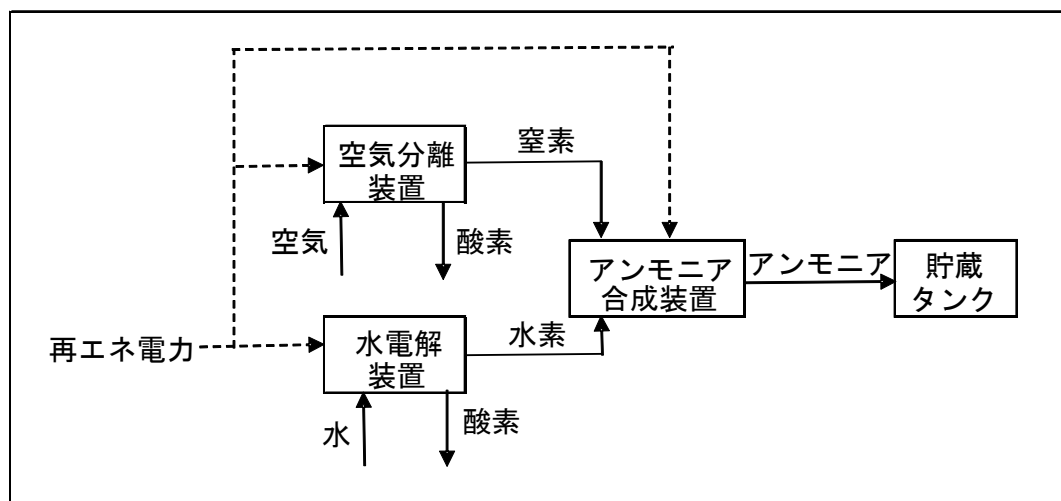


図 6-2 グリーンアンモニア製造プラント全体のシステム構成

以上から検討した全体配置図（案）を図6-3に示す。なお、主要機器である水電解装置、空気分離装置、アンモニア合成装置の概要は次項にて説明する。

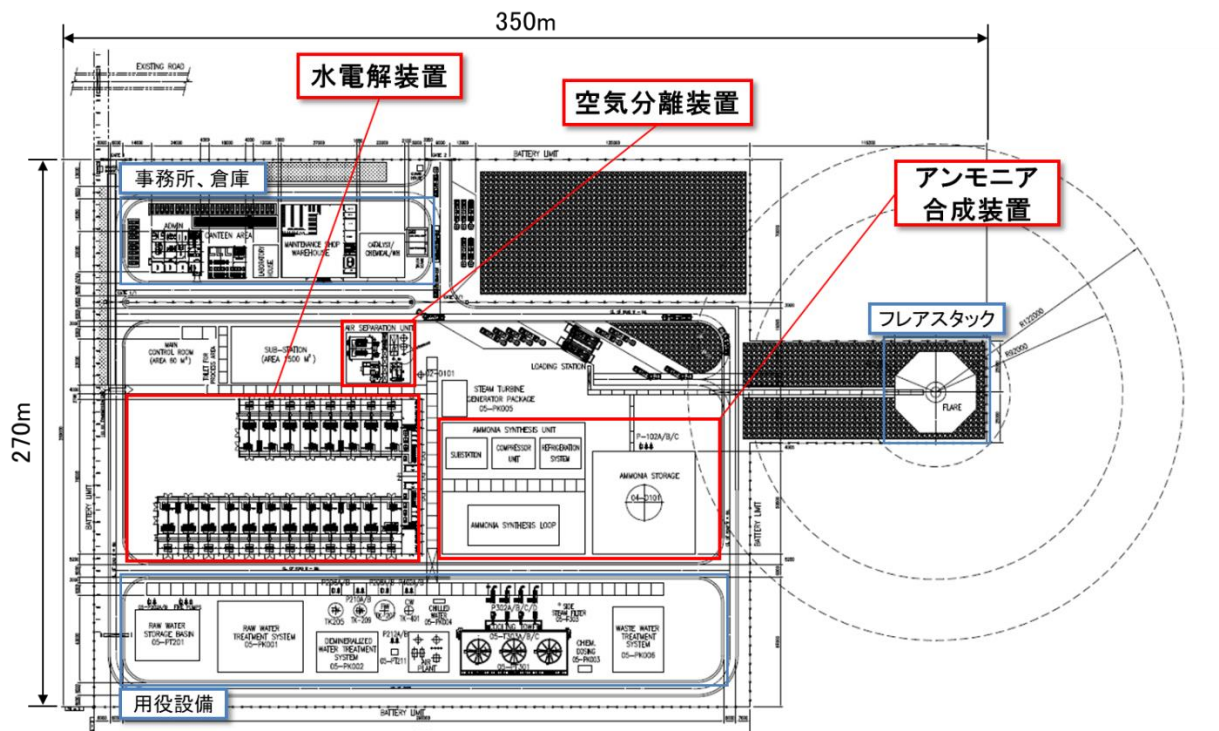


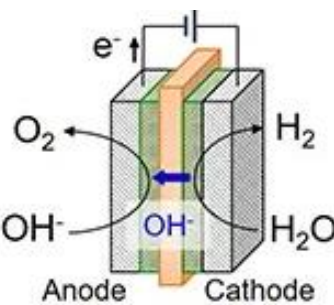
図 6-3 全体配置図（案）

6.2.2 主要機器の概要

6.2.2.1 水電解装置

本調査で前提とする水電解装置の仕様は表 6-1 の通りである。

表 6-1 水電解装置の仕様

原料	水およびエネルギー（電力）
製品	水素と酸素
水素生産能力	21,000 Nm ³ /h
消費電力	100 MW
電解装置タイプ	アルカリ型 ※ 図 6-4 に示されているアルカリ電解セルは、1920 年代から産業用途で商業的に使用されており、今日利用可能な最も成熟した電解装置技術とされている。アルカリ電解セルは、電解質によって分離された 2 つの電極で構成される。陰イオンを輸送する電解質として、通常、高濃度の水酸化カリウム溶液が使用される。電極と生成されたガス（水素、酸素）は、多孔質のセパレーターによって物理的に分離されており、水酸化カリウム溶液に対して透過性を持っていることから、水素を抽出することができる。  出所：東京工業大学科学技術創成研究院化学生命科学研究所 HP “純水供給固体アルカリ水電解のための高性能・高耐久膜電極接合体の開発”より 図 6-4 アルカリ電解セル
精製後の水素純度	99.999%以上
建設工事費	57 百万米ドル ※ ベンダーから示された参考見積を踏まえ、水電解装置の設置費用、間接費用、およびその他を考慮し算定。

6.2.2.2 空気分離装置

本調査で前提とする空気分離装置の仕様は表 6-2 の通りである。

表 6-2 空気分離装置の仕様

原料	空気およびエネルギー（電力）																
製品	窒素																
窒素発生量	約 7,200 m ³ N/h																
消費電力	2 MW																
形式	深冷分離法 ※ 空気分離装置の型式には表 6-3 に示すように、深冷分離法のほかに、圧力スイング法と膜分離法があり、1,000 Nm³/h を超える場合には、通常経済性を踏まえ深冷式が採用されることから、本調査では深冷式を前提とした。 表 6-3 主なガス分離手法 <table><tr><th>手法</th><th>深冷分離法</th><th>圧力スイング(PSA)法</th><th>膜分離法</th></tr><tr><td>概要</td><td> - 複数の成分が含まれるガスを圧縮、冷却、断熱膨張させることによって温度を下げて液化する。 - 凝縮温度の違いを利用してガス中の各成分に分離する。 </td><td> - 吸着剤を充填した吸着塔に加圧したガスを導入し、ガスの分圧に応じて吸着剤への吸着容量が異なることを利用して、圧力を上下させることによって、特定のガスを除去又は濃縮する。 </td><td> - 加圧したガスを高分子やセラミックスを素材としたガス分離膜に導入し、膜の孔径よりも粒径が小さい分子が膜を透過することにより、分離・回収する。 </td></tr><tr><td>対象ガス</td><td>H₂、N₂、O₂ 等</td><td>H₂、N₂、O₂、CO₂、CO、Ar、CH₄ 等</td><td>H₂、N₂、CO₂、CH₄ 等</td></tr><tr><td>適する規模</td><td>大規模 (N₂ : 500~1,000Nm³/h以上 O₂ : 10,000Nm³/h以上)</td><td>中～小規模</td><td>中～小規模</td></tr></table> 出所：環境省 温室効果ガス排出削減等指針 削減対策資料⁵より	手法	深冷分離法	圧力スイング(PSA)法	膜分離法	概要	- 複数の成分が含まれるガスを圧縮、冷却、断熱膨張させることによって温度を下げて液化する。 - 凝縮温度の違いを利用してガス中の各成分に分離する。	吸着剤を充填した吸着塔に加圧したガスを導入し、ガスの分圧に応じて吸着剤への吸着容量が異なることを利用して、圧力を上下させることによって、特定のガスを除去又は濃縮する。	加圧したガスを高分子やセラミックスを素材としたガス分離膜に導入し、膜の孔径よりも粒径が小さい分子が膜を透過することにより、分離・回収する。	対象ガス	H ₂ 、N ₂ 、O ₂ 等	H ₂ 、N ₂ 、O ₂ 、CO ₂ 、CO、Ar、CH ₄ 等	H ₂ 、N ₂ 、CO ₂ 、CH ₄ 等	適する規模	大規模 (N ₂ : 500~1,000Nm ³ /h以上 O ₂ : 10,000Nm ³ /h以上)	中～小規模	中～小規模
手法	深冷分離法	圧力スイング(PSA)法	膜分離法														
概要	- 複数の成分が含まれるガスを圧縮、冷却、断熱膨張させることによって温度を下げて液化する。 - 凝縮温度の違いを利用してガス中の各成分に分離する。	吸着剤を充填した吸着塔に加圧したガスを導入し、ガスの分圧に応じて吸着剤への吸着容量が異なることを利用して、圧力を上下させることによって、特定のガスを除去又は濃縮する。	加圧したガスを高分子やセラミックスを素材としたガス分離膜に導入し、膜の孔径よりも粒径が小さい分子が膜を透過することにより、分離・回収する。														
対象ガス	H ₂ 、N ₂ 、O ₂ 等	H ₂ 、N ₂ 、O ₂ 、CO ₂ 、CO、Ar、CH ₄ 等	H ₂ 、N ₂ 、CO ₂ 、CH ₄ 等														
適する規模	大規模 (N ₂ : 500~1,000Nm ³ /h以上 O ₂ : 10,000Nm ³ /h以上)	中～小規模	中～小規模														
設置場所	屋外																
騒音レベル	- 主空気圧縮機： 105 dBA(1m) - 冷却ブースターエキスパンダー⁶:85 dBA(1m) ※ 空気圧縮機の騒音レベルが 105dBA を見込んでいるため、屋外に設置する場合は 85 dBA を満たすために防音エンクロージャーを設ける必要がある。なお、この騒音レベルはプラントの起動、停止、緊急時のパージなどは考慮されていない。																
主要機器	<u>空気圧縮機</u> 電動モーターで駆動し、空気を吸着器へと圧送する。 <u>吸着器</u> 一方の容器は圧縮空気から不純物(水や二酸化炭素)を吸着し、もう一方の容器は加熱器によって温められたガスを流すことにより、水と二酸化炭素を脱着し、再生する。																

⁵ URL: https://www.env.go.jp/earth/ondanka/gel/ghg-guideline/search/pdf/01_246.pdf

⁶ 空気を冷却し、それをより高い圧力で再圧縮する装置

	・ <u>加熱器</u> 熱交換器から送られてきたガスを温め、そのガスは吸着器の再生に使用される。 ・ <u>熱交換器と膨張タービン</u> 熱交換器と膨張タービンは、1つのパッケージとなっており、熱交換器は空気を液化点まで冷却し、膨張タービンは熱収支に必要な冷気を供給する。 ・ <u>蒸留塔</u> 空気中に含まれる各ガスの沸点の差を利用して、窒素を抽出する。
建設工事費	25 百万米ドル ※ ベンダーから示された参考見積を踏まえ、空気分離装置に係る設置費用、間接費用、およびその他を考慮し算定。

6.2.2.3 アンモニア合成装置

本調査で前提とするアンモニア合成装置の仕様は表 6-4 の通りである。

表 6-4 アンモニア合成装置の仕様

原料	水素および窒素
製品	液体アンモニア
アンモニア合成量	80,000 トン/年
消費電力	4.4 MW
主要機器	・ <u>アンモニア合成反応装置</u> 得られた窒素と水素が、アンモニア合成反応装置に供給される。高圧・高温下での触媒反応により窒素と水素が結合してアンモニアが生成される。 ・ <u>冷凍システム</u> アンモニア合成反応では、反応が平衡反応であり、反応率を向上させるために温度を下げる必要がある。そのため、冷凍システムによりアンモニア合成反応装置内の反応器を冷却し、生成されたアンモニアを液体として回収する。 ・ <u>蒸気発生システム</u> 反応器から回収された液体アンモニアは、純度を上げるため蒸気発生システムに送られる。ここでアンモニアは加熱され、蒸気となる。この蒸気は

	冷却され、液体アンモニアとして収集される。 ・ <u>分離装置</u> 液体アンモニアは、分離装置を通じて不純物や残留の水素と窒素と分離される。その後、必要な品質基準に達するように精製される。 ・ <u>アンモニア貯蔵タンク</u> 最終的に、高品質のアンモニアは貯蔵タンクに送られ、必要に応じて出荷される。 形式：球形タンク 数量：1基 容量：2,800 m³ (5日分)
建設工事費	65 百万米ドル ※ ベンダーから示された参考見積を踏まえ、アンモニア合成装置に係る設置費用、間接費用、およびその他を考慮し算定。

以上の調査により得られた、水電解装置、空気分離装置、アンモニア合成装置の建設工事費を、表 7-2 に反映し、収益性を確認した。

第7章 設備投資計画・資金計画

7.1 設備投資計画

本事業の総事業コストとして、333 百万米ドルを想定している。概算は表 7-1 の通り。

表 7-1 総事業コスト内訳概算

項目	費用（百万米ドル）
(1) 建設工事費 (Engineering, Procurement, Construction, 以下「EPC」)	251
(2) その他費用（開発費、建中金利、運転資金等）	82
合計	333

建設工事費の内訳は表 7-2 の通り。

表 7-2 建設工事費の内訳

項目	費用（百万米ドル）	割合（%）
アンモニア合成装置	65	25.9
水電解装置	57	22.8
電気設備	34	13.7
土工工事	29	11.7
空気分離装置	25	10.0
その他	41	15.9
合計	251	100

その他費用（82 百万米ドル）の内訳は表 7-3 の通り。

表 7-3 その他費用の内訳

項目	金額（百万米ドル）
建中金利、銀行手数料	28
試運転コスト	12
運転資金	9
輸送車両	9
予備費	8
弁護士他アドバイザー費用	5
その他	11
合計	82

7.2 資金計画

資金計画の概要は表 7-4 の通り。現時点では、表 7-1 で示した総事業コストのうち、25%～30%（83 百万米ドル～100 百万米ドル）を事業会社スポンサー団からの出資金、75%～70%（250 百万米ドル～233 百万米ドル）を JICA 他融資銀行団からの銀行借入（プロジェクトファイナンス：借入期間 18 年）により資金調達することを想定している。

本事業を国格付けが比較的低い（＝カントリーリスクが比較的高い）ラオスで実施することを考慮すると、スポンサーにとってある程度合理的な収益性が必要になることから、融資借入には出来るだけ低利、長期間、且つ高いレバレッジを期待しており、これを実現する為には JICA からのサポートが不可欠であると考えている。

表 7-4 資金計画概要

項目	調達額（百万米ドル）
(1) 出資（事業会社スポンサー：4～5 社）	83
(2) 融資（JICA 他融資銀行団からの借入）	250
合計	333

第8章 キャッシュフローモデル及び感度分析

8.1 キャッシュフローモデルの前提条件

4章に示す初期主要条件案をふまえた、本事業に係る前提条件を表8-1に示す。

総事業コストは機器メーカー提案をもとに提案者が試算した。電力消費量、水素必要量、水電解装置の消費電力は機器メーカーの提案、電力単価は農業加工の工場に適用されている電力価格、内陸輸送費は輸送会社の提案をそれぞれ参照している。

アンモニア単価については、他地域での流通価格（1,100～1,300米ドル/トン）を考慮し、プロジェクトIRR（内部収益率）で約10%を達成できる価格として、1,200米ドル/トンとした。

なお、夫々の数字は合意タイミング、市場環境等によって変動する。

表8-1 前提条件

項目	数値	注記
建設期間	3年	
融資返済期間	18年	建設期間3年の後15年間返済
総事業コスト	333百万米ドル	EPC 251百万米ドル(全体の75%) その他 82百万米ドル
電力消費量	111MW	水電解装置 102MW その他 9MW
水素必要量	21,177 Nm ³ /h	
水素製造に必要な電気消費量	4.8 kWh/Nm ³	効率劣化 0.5%/年
電力単価	0.056 米ドル/kWh	農業加工の工場に適用されている電力価格を参照
製品販売量	80,000 トン/年	
製品（アンモニア）単価	1,200 米ドル/トン	
プラント運転時間	7,500 時間	
内陸輸送費	50.9 米ドル/ トン	輸送トラックの内、半分の台数は事業会社が購入する前提

8.2 キャッシュフローモデル

前項で述べた前提条件をもとに試算したキャッシュフローおよび IRR は表 8-2、8-3 の通り。

建設工事の進捗に伴い、表 8-1 で示した資金調達額（合計 333 百万米ドル）を拠出し、プラント運開後はアンモニア 1 トン当たり 1,200 米ドルで年間 8 万トンのアンモニアを販売することにより、年間 96 百万米ドルの収入を得る一方、費用としては、電気代やその他運転費用として 50 百万米ドル程度を想定している。

表 8-2 キャッシュフローモデル

(単位：百万米ドル)

事業年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
初期コスト（建中金利含）	-47.96	-218.08	-66.84	0	0	0	0	0	0	0
収益	0	0	16.80	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00
電気代	0	0	-8.16	-46.62	-46.83	-47.04	-47.26	-47.47	-47.68	-47.90
その他運転費用	0	0	-1.36	-7.77	-7.92	-8.08	-8.24	-8.40	-8.57	-8.74
合計	-47.96	-218.08	-59.56	41.62	41.25	40.88	40.50	40.12	39.74	39.36
累積	-47.96	-266.04	-325.60	-283.98	-242.73	-201.86	-161.35	-121.23	-81.49	-42.13

融資残高	35.97	199.53	249.66	239.80	229.24	217.93	205.82	192.85	178.96	164.08
元本返済	0	0	0	-9.86	-10.56	-11.31	-12.11	-12.97	-13.89	-14.88
金利	0	0	0	-17.73	-17.03	-16.28	-15.47	-14.61	-13.69	-12.71
元利合計	0	0	0	-27.58	-27.58	-27.58	-27.58	-27.58	-27.58	-27.58

事業年	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
初期コスト（建中金利含）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
収益	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00
電気代	-48.11	-48.33	-48.54	-45.34	-46.83	-47.04	-47.26	-47.47	-47.68	-47.90
その他運転費用	-8.92	-9.10	-24.12	-9.46	-9.65	-9.84	-10.04	-10.24	-10.45	-10.66
合計	38.97	38.58	23.34	41.20	39.52	39.11	38.70	38.29	37.87	37.45
累計	-3.16	35.42	58.76	99.96	139.48	178.59	217.29	255.58	293.45	330.89

融資残高	148.15	131.08	112.80	93.23	72.26	49.80	25.76	0	0	0
元本返済	-15.94	-17.07	-18.28	-19.58	-20.97	-22.45	-24.05	-25.76	0	0
金利	-11.65	-10.52	-9.31	-8.01	-6.62	-5.13	-3.54	-1.83	0	0
元利合計	-27.58	-27.58	-27.58	-27.58	-27.58	-27.58	-27.58	-27.58	0	0

事業年	21	22	23	24	25	26	27	28
初期コスト（建中金利含）	0	0	0	0	0	0	0	0
収益	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00
電気代	-48.11	-48.33	-48.54	-45.34	-46.83	-47.04	-47.26	-47.47
その他運転費用	-10.87	-11.09	-26.15	-11.53	-11.76	-12.00	-12.24	-12.48
合計	37.02	36.59	21.31	39.13	37.41	36.96	36.50	36.05
累積	367.91	404.50	425.82	464.95	502.35	539.31	575.82	611.86

融資残高	0	0	0	0	0	0	0	0
元本返済	0	0	0	0	0	0	0	0
金利	0	0	0	0	0	0	0	0
元利合計	0	0	0	0	0	0	0	0

表 8-3 IRR

項目	数値 (%)
プロジェクト IRR (銀行借入を考慮せず総事業コスト全てを出資金で賄うケースの採算性)	10.03
エクイティ IRR (銀行借入を考慮し総事業コストの 25%を出資金で賄うケースの採算性)	17.14

8.3 感度分析

感度分析を実施するパラメータを選定するため、アンモニア製造プラント運転中の LCOA (Levelized Cost of Ammonia、均等化アンモニア原価) を表 8-4 の通り試算した。LCOA とはライフサイクル中のコストを現在価値ベースで評価し、それを生産量で割った値であり、ライフサイクル全体で平準化されたアンモニア単価である。

表 8-4 より、総事業コストと電気代が占める割合が大きかったことが分かった。

表 8-4 LCOA の内訳

項目	金額 (米ドル/トン)	割合 (%)
電気代	591.81	47.3
総事業コスト (内、EPC コストが 75%を占める)	396.56	31.7
利息	126.13	10.1
内陸輸送費用	60.33	4.8
その他	76.41	6.1
合計	1,251.24	100.0

アンモニア価格、電気代、EPC コスト (総事業コストの 75%)、水素製造に必要な電気消費量をパラメータとした感度分析を行った。

アンモニア価格の感度分析の結果を表 8-5 に示す。

現在の前提となっている 1,200 米ドル/トンは、前述のとおり、プロジェクト IRR で約 10%を達成する事、且つ他地域での同様案件 (1,100~1,300 米ドル/トン) の平均値である事を考慮の上で設定された数字である。一方、天然ガス起源のアンモニアと比較すると、かなり割高になっており、オフテイカーはさらなる価格低下を求めてくる可能性があり、例えばアンモニア価格が 10%低下すると、プロジェクト IRR は約 3%低下してしまう。

これを改善するためには、表 8-6、8-7 に示すように、現状想定している電気代や EPC コストの更なる低減が不可欠となる。

また、表 8-8 に示すように、水素製造に必要な水電解装置の必要電気消費量が改善されることでプロジェクト IRR が向上する。今後期待される水電解装置の高効率膜や電流密度改善等といった技術改善が収益の改善にも繋がる。

表 8-5 感度分析（アンモニア販売価格）

アンモニア価格 (米ドル/トン)	下げ幅	プロジェクト IRR
1,200	0%	10.0%
1,080	▲10%	6.9%
960	▲20%	3.0%

表 8-6 感度分析（電気代）

電気代 (米ドル/kWh)	下げ幅	プロジェクト IRR
0.056	0%	10.0%
0.050	▲10%	11.5%
0.045	▲20%	12.9%

表 8-7 感度分析（EPC コスト）

EPC コスト (百万米ドル)	下げ幅	プロジェクト IRR
251	0%	10.0%
226	▲10%	11.2%
201	▲20%	12.6%

表 8-8 感度分析（水素製造に必要な電気消費量）

電気消費量 (kWh/N m ³)	下げ幅	プロジェクト IRR
4.8	0%	10.0%
4.3	▲10%	11.4%
3.8	▲20%	12.6%

第9章 環境影響評価

本章では、ラオスにおける環境影響評価の概要ならびにグリーンアンモニア製造プラントの建設・運営にあたって必要な手続き等について報告する。

9.1 環境影響評価に関連する法令

(1) 環境影響評価の法的規定

ラオスにおいて 1999 年に環境保護法が公布され、天然資源の保護・保全・利用に影響を及ぼす可能性のある事業の実施に際しては、環境影響評価の実施を求めている。

具体的な評価プロセスとしては、投資事業における環境影響評価を規定した「環境影響評価に関する首相令 112 号(2010 年)」に基づき「環境影響評価ガイドライン (2012 年)」が作成されている。

その後、「ラオス環境影響評価令 8030 号(2013 年)」により、環境評価と報告書の手順が一部変更されている。

「ラオス環境影響評価令 8030 号(2013 年)」は 2019 年に改正されている。

(2) 環境影響評価の区分

「初期環境調査または環境・社会影響評価を必要とする投資プロジェクト・活動リストの承認・公布に関する閣議決定 No. 8056/MONRE⁷」(2013 年)は、投資プロジェクト・活動をその性質と規模に基づいて 2 つのグループに分類したリストを規定しており、規模が小さく、環境への影響度合いが比較的軽い事業をグループ 1、それ以外をグループ 2 に分類している。

グループ 1 のプロジェクトには初期環境調査 (IEE) が、グループ 2 のプロジェクトには環境影響評価 (EIA) の実施が義務付けられている。

上記リストにおいて、本事業に関連する項目を表 9-1 に示す。表のとおり、本事業はグループ 2 (EIA を実施する必要がある事業) に分類される。

表 9-1 環境影響評価の対象事業リスト (本事業に係る箇所のみ抜粋し作成)

項目		グループ 1 IEE を行う事業	グループ 2 EIA を行う事業
3.16	化学製品生産工場	-	全て

9.2 環境影響評価のプロセス

環境影響評価は、関連する要求事項、基準、政策、法律、規則、ガイドライン、マニュアル、

⁷ 天然資源環境省 (Ministry of Natural Resource and Environment :MONRE)

国際条約等に従って実施される。

表 9-2 に、環境影響評価に関する一般的なプロセスを示す。

表 9-2 環境影響評価に関するプロセス

プロセス	事業者の実施事項	MONRE の実施事項
(1) スクリーニング	・ 申請書を作成し、MONRE へ提出	・ 事業の確認 ・ EIA の要否について判断
(2) スコーピングレポート /Terms of Reference (TOR) の作成	・ スコーピングレポートと TOR を作成し、MONRE へ提出	・ レビューの実施・承認
(3) EIA 報告書 /Environmental and Social Management and Monitoring Plan (ESMMP) の作成	・ EIA 報告書と ESMMP を作成し、MONRE へ提出 ・ 周辺住民に対し、事業の影響を伝えるための会議を開催	・ レビュー・承認 ・ 環境証明書の発行
(4) 緩和策の実行 / モニタリング	・ モニタリングと緩和策を実行 ・ MONRE へ報告	・ 政府へ進捗状況を報告

(1) スクリーニング

事業者： 事業種別や規模に応じて EIA が必要な事業か、IEE が必要な事業か判定し、申請書を提出する。

MONRE： 事業者から提出された事業の申請書を確認・精査し、EIA の要否について判断する。

(2) スコーピングレポート/TOR の作成

事業者： EIA が必要な事業と判断された場合、事業者はガイドラインに従い、評価項目等を示したスコーピングレポートと TOR を作成し、MONRE に提出する。

MONRE： スコーピングレポートおよび TOR のレビュー・承認を行う。

(3) EIA 報告書、ESMMP および開発計画の作成

事業者： 規則に基づきラオス語で EIA 報告書を作成し、MONRE に提出する。事業が影響する住民に事業の影響を伝えるための会合を開催し、事業に対する意見を収集するとともに、意見に従って修正した EIA 報告書、ESMMP を提出する。

MONRE： EIA 報告書および ESMMP のレビュー・承認を行う。

(4) 緩和策の実行およびモニタリング

事業者： モニタリングを行い、建設前、建設中、操業中等の各フェーズで緩和策を行うとともに、実施状況に関する報告書を MONRE に提出する。

MONRE： 事業者からの報告書をもとに政府に報告を行う。

9.3 本事業における初期スクリーニング

本事業は、表 9-1 に示す通り「化学製品生産工場」に分類され、EIA が必要となると想定しており、MONRE に確認した結果、その判断で相違ない旨の確認結果を得ている。

ラオスで本事業を推進するには、これらの EIA 基準を十分に理解して遵守することが必要であり、事業を実現させるためには、環境影響評価プロセスを通じて、地元当局、地域社会、地元住民と協力することが不可欠である。

9.4 本事業におけるスコーピングレポート

(1) スコーピングレポートの項目

スコーピングレポートの内容は、2012 年 10 月に制定された「環境影響評価ガイドライン」において、以下の項目が定められている。MONRE に確認した結果、本事業のスコーピングレポートを作成する場合、当ガイドラインの項目に準拠することで問題ないという回答が示された。

1. 要旨
2. プロジェクトの背景
 - 2.1 プロジェクトのプレゼンテーションとその正当性
 - 2.2 関連プロジェクトと開発
 - 2.3 プロジェクト開発者と EIA コンサルタントのプレゼンテーション
3. 政策・法的・制度的枠組みの概要
 - 3.1 企業の環境・社会政策の概要
 - 3.2 ラオスの政策と法的枠組みの概要
 - 3.3 国際条約、条約、協定
 - 3.4 ラオス政府の制度的枠組み
 - 3.5 国際的な方針、ガイドライン、基準（該当する場合）
4. プロジェクトの説明と代替案
 - 4.1 プロジェクトのプレゼンテーションと代替案の説明
 - 4.2 プロジェクト代替案の比較と選択
5. 環境の説明
 - 5.1 試験範囲の設定
 - 5.2 物理的コンポーネント
 - 5.3 生物学的成分
 - 5.4 社会経済的要素
 - 5.5 文化的要素
 - 5.6 ビジュアル・コンポーネント
6. 予備的環境影響評価と緩和策
 - 6.1 方法論とアプローチ
 - 6.2 潜在的環境影響の特定
 - 6.3 主要な潜在的環境影響と緩和策

- 6.3.1 建設前
- 6.3.2 建設
- 6.3.3 オペレーション
- 6.3.4 廃炉、閉鎖および閉鎖後
- 7. 公開協議と情報開示
 - 7.1 方法論とアプローチ
 - 7.1.1 プロジェクトの影響を受ける利害関係者及びグループの特定
 - 7.1.2 コンサルテーションの実施
 - 7.1.3 情報開示
 - 7.2 コンサルテーション活動の概要
 - 7.2.1 コンサルテーション活動の概要
 - 7.2.2 被協議者の意見の概要
 - 7.3 プロジェクト・スコーピングにおけるコンサルテーション結果
 - 7.3.1 プロジェクトの影響を受けるステークホルダーおよびグループによって特定された課題
 - 7.3.2 考慮された問題点
 - 7.4 EIA 期間中に実施すべきコンサルテーションに関する推奨事項

(2) 初期的なスコーピングレポート案

本事業におけるスコーピングレポート案のうち、アンモニア工場建設に当たって現時点で具体的に検討が可能である、予想される環境影響項目とその緩和策について初期検討を行った。

表 9-3 に、ラオスにおける環境影響評価の過去事例を参考に、環境影響の可能性がある項目を取りまとめた。

表 9-3 予想される環境影響項目

段階	項目	環境									生物	社会 影響
		大気			水 質	地形および 地質		廃棄 物	騒音	振動		健康 安全
		NO _x	CO ₂	粉 塵		土壌 汚染	地形 改変					
建設前	敷地整備											
建設中	建設作業	○	○	○		○		○	○		○	○
	取水・排水				○							
運営中	運転・工事											○
	取水・排水				○							
	廃棄物の発生											
廃止	廃止作業	○	○	○		○		○	○		○	○
	取水・排水				○							

表 9-4 に、表 9-3 で影響があると予想した環境影響要因と、その緩和策の例についてとりまとめを行った。

なお、実際のスコーピングレポート作成にあたっては、MONRE との協議に加えて、影響を受ける地元住民等利害関係者の意見を聴取し、織り込むことが望ましい。

表 9-4 予想される環境影響項目と緩和策の例

段階	項目			影響要因	緩和策の例
建設中	環境	大気	NO _x	建設重機等の稼働	低排出型の建設重機等の使用により、影響を回避・低減する
			CO ₂		
			粉塵		
		水質		試運転時のアルカリ液漏洩	電解槽からの飛散防止・液回収対策として飛散防止カーテンや液回収パンを設置するとともに、中和処理施設等の設置等適切な環境保全措置により、重大な影響を回避・低減する。
		地形および地質	土壤汚染	試運転時のアルカリ液漏洩	電解槽からの飛散防止・液回収対策として飛散防止カーテンや液回収パンを設置するとともに、中和処理施設等の設置等適切な環境保全措置により、影響を回避・低減する。
		廃棄物		建設に伴う廃棄物の発生	事業活動に伴い産業廃棄物が発生するが、発生した廃棄物は可能な限り有効利用に務め、有効利用が困難なものは関係法令に基づき適正に処理する等の環境保全措置により、影響を回避する。
		騒音		建設重機等の稼働	低騒音型の建設重機等の使用により、影響を回避・低減する。
		生物		試運転時のアルカリ液漏洩	電解槽からの飛散防止・液回収対策として飛散防止カーテンや液回収パンを設置するとともに、中和処理施設等の設置等適切な環境保全措置により、影響を回避・低減する。
運営中	社会影響	健康・安全		建設重機等の稼働、高所作業	安全教育の徹底や、専任安全監視員の配置等により、影響を回避・低減する。
		健康・安全		建設重機等の稼働、高所作業	安全教育の徹底や、専任安全監視員の配置等により、影響を回避・低減することが考えられる。
廃止	環境	大気	NO _x	建設重機等の稼働	低排出型の建設重機等の使用により、影響を回避・低減する。
			CO ₂		
			粉塵		
廃止	環境	水質		廃止時のアルカリ液漏洩	電解槽からの飛散防止・液回収対策として飛散防止カーテンや液回収パンを設置するとともに

				に、中和処理施設等の設置等適切な環境保全措置により、影響を回避・低減する。
	地形および地質	土壌汚染	廃止時のアルカリ液漏洩	電解槽からの飛散防止・液回収対策として飛散防止カーテンや液回収パンを設置するとともに、中和処理施設等の設置等適切な環境保全措置により、重大な影響を回避・低減する。
	廃棄物		建設に伴う廃棄物の発生	事業活動に伴い産業廃棄物が発生するが、発生した廃棄物は可能な限り有効利用に務め、有効利用が困難なものは関係法令に基づき適正に処理する等の環境保全措置により、重大な影響を回避する。
	騒音		建設重機等の稼働	低騒音型の建設重機等の使用により、重大な影響を回避・低減する。
	生物		廃止時のアルカリ液漏洩	電解槽からの飛散防止・液回収対策として飛散防止カーテンや液回収パンを設置するとともに、中和処理施設等の設置等適切な環境保全措置により、重大な影響を回避・低減する。
	社会影響	健康・安全	建設重機等の稼働	安全教育の徹底や、専任安全監視員の配置等により、重大な影響を回避・低減することが考えられる。

9.5 その他主な環境関連法令

環境影響評価に関する法令・政令以外の環境関連の法令としては、主に以下の法令があげられる。

①公害防止に関する決定 第1687号/MONRE (2021年)

環境保護法に基づき制定された本決定は、事業を実施することによる大気、土壌、水、騒音等の影響を最小化し、環境基準の基準値を超えないようにするための、大気汚染、土壌汚染、水質汚染等の管理方法や、監視、検査等の概要を示している。

主な内容は以下の通り。

大気汚染防止に関する管理と対策

個人、企業、団体は、国家環境基準を満たすために、大気汚染および水質汚濁防止のための主要な対策を遵守しなければならない。事業者は以下を行う必要がある。

- (1) 国家環境基準に準拠した空気および排水処理システムを設置する。
- (2) 大気排出と廃水排水を定期的に監視する。
- (3) 粉塵汚染を防ぐため、環境管理・モニタリング計画に従って、総面積の少なくとも10%を占める樹木を植える。
- (4) 事業者は、事業が原因で公害が発生した場合、関連するすべての費用を負担し、関係する地方行政機関に速やかに報告しなければならない。

土壌汚染防止に関する管理と対策

- (1) 農林業における物質、特に農薬と肥料の使用は、関連法規と「農林業ハンドブック」に従わなければならない。
- (2) 鉱業における物質、特にシアン化物と水銀の使用は、関連する法律、規制、および「エネルギー・鉱業部門ハンドブック」を遵守しなければならない。
- (3) 汚染物質や有害物質の廃棄、投棄、埋め立て、破壊は、特定の規制や技術仕様に従わなければならない。

水質汚濁防止に関する管理と対策

あらゆる事業を営む個人、企業、組織は、水質汚染を水源で以下のように管理しなければならない。

- ① 工業工場やサービス業（ホテル、宿泊施設、レストラン、病院、市場など）に排水処理システムを設置し、排出される水が国家環境基準に適合するようにする。
- ② 自然水域に近い家庭では、排水処理システムを設置し、排水前に廃水を処理し、環境基準への適合を確保しなければならない。
- ③ 農業活動で農薬や肥料などの化学物質を使用する場合は、自然の水域に漏出しないようにする。
- ④ 事業者起因する水質汚濁や汚染が発生した場合、プロジェクト投資家または事業者は、関連費用と緩和措置のすべてに責任を負うものとする。

迷惑公害防止に関する管理と対策

- (1) あらゆる事業を営む個人、企業、団体は、騒音、振動、熱、光、臭気などの迷惑行為を発生源で抑制しなければならない。これらの団体は、緩和措置を実施する責任がある。迷惑行為が軽減されない場合、警告や罰金が科される。
- (2) 緊急時の予防措置と汚染防止、危険区域と汚染リスクの特定
- (3) あらゆる事業を営む個人、企業、組織は、緊急事態への備えと対応計画を策定し、人や財産の避難、被災地の修復、補償など、緊急事態に関連する費用を負担しなければならない。
- (4) 国際基準の採用と技術検査
- (5) 汚染物質の基準が環境基準に規定されていない場合は、国際基準が採用される。

②土地に関する法律（改正）第70号/NA（2019年）

本法の目的は、土地の管理、保護、利用について、その有効性、目的および法規制の遵守を確保し、ラオスの環境と領土の保護だけでなく、国の社会経済発展の強化に貢献するための体制を定めることである。外資企業や環境に係る規定の概要を以下に示す。

土地所有権

- ・ 土地利用計画、土地配分、土地開発を通じて、国が全国の土地の所有権を保有し、管理することを明記している。
- ・ 国は、国民及びラオス国民の法人、団体、組織に土地所有権を与えることができる。
- ・ 外国人は、（合意された期間内に）土地所有権をリース、コンセッションの受領、購入する権利を有する。国の認可を受けて設立された外資企業は、リース権、コンセッション権のみを有する。法的または契約上の違反があった場合、国は土地使用者に補償することなく土地所有権を取り消す権利を有する。

土地の保護

- ・ すべての個人と組織は、土地を良好な状態に維持し、侵食、陥没、劣化を防ぎ、それぞれの土地のカテゴリーに適した品質を維持するために、土地を保護する義務がある。
- ・ 土地の面積を許可なく縮小することや、土地のカテゴリーを変更することの禁止。
- ・ 土地利用は、社会環境および自然環境に悪影響を与えてはならない。

土地の地目変更

- ・ 土地の地目変更には関係当局の事前承認が必要であり、社会環境または自然環境に悪影響を及ぼさないことを確認した場合にのみ行うことができる。

③水及び水資源に関する法律（改正）第10号/NA(2017年)

この法律は、水と水資源の管理、運営、保護、開発、利用のための原則、規制、措置を定めることにより、水の損失を防ぎ、被害を受けた地域を復旧させ、水資源の質と持続可能性を確保することによって、人々の生活、農業、工業生産、サービスのニーズを満たすことを目的としている。

この法律の条文では、事業における水源利用にあたっての管理や排水の基準設定など、水と水資源の調査と保護に重点を置いている。

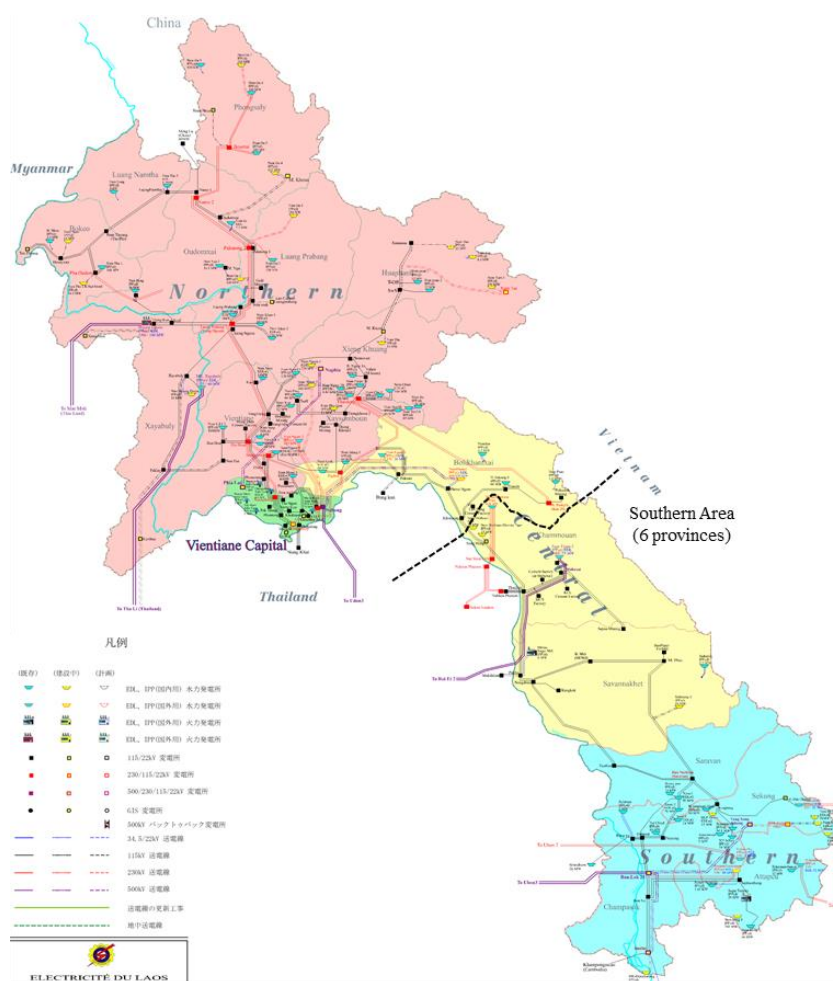
第10章 ラオス電力事情調査

本事業において、アンモニア製造に必要な電力はラオス電力公社（EDL）から購入することとしており、アンモニア製造プラントが安定的に稼働するためには、年間を通して安定的な電力供給を受けられることが要件となる。本章では、事業候補地であるラオス南部地域の電力事情について報告する。

10.1 サイト候補地周辺の電力需給バランス調査

10.1.1 南部地域の電力系統

図10-1に、ラオスの電力系統のマップを示す。ラオスの電力系統は230kV・115kV送電線および22kV配電線で構成され、国内供給用の系統のほか、隣国（タイ、カンボジア、ベトナム）との電力融通を行うための国際連系線が複数存在する。南部地域では、隣接する自国中部地域およびタイ・カンボジアとの間で、連系線による電力融通が行われている。



出所：EDL 提供データ

図10-1 ラオス内の電力系統

10.1.2 南部地域の電源

(1) 既設電源

表 10-1 に南部地域の既設電源の一覧を、図 10-2 に南部地域の電源構成を示す。

現在、ラオス南部地域の電源はすべて再生可能エネルギー電源であり、国内供給用の発電設備容量（1,143MW）のうち約 95%（1,090MW）を水力発電が占める。水力発電の供給力は降雨量の影響を受けるため、雨季と乾季のあるラオスでは、季節ごとの供給力に大きな差がある。水力発電所の出力が低下する乾季については、国際連系線を通じたタイからの輸入で電力の一部を賄っている。

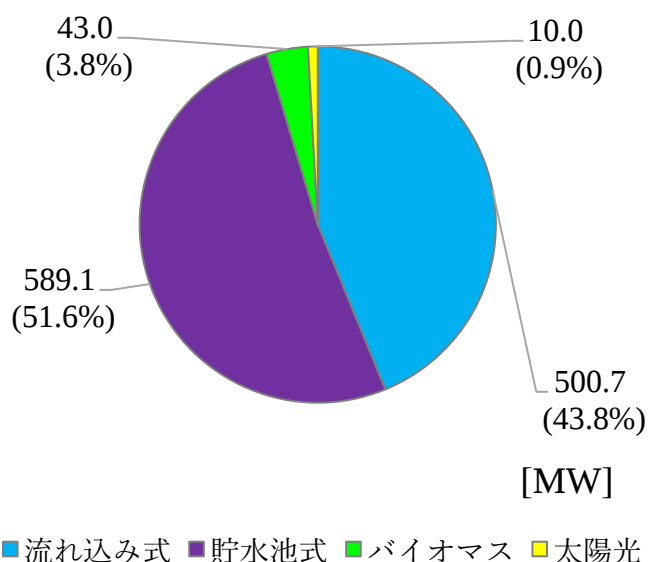
表 10-1 南部地域の既設発電所（国内供給用）

No.	発電所名	県	設備容量 (MW)※	形式	商業運転開始 (年)	所有者
1	Selabam	チャンパサック	13.0	流れ込み式	1970	EDL & EDL-Gen
2	Xeset 1	サラワン	45.0	流れ込み式	1990	EDL & EDL-Gen
3	Houay Ho	アッタプー	2.1 (150.0)	貯水池式	1999	IPP(国外用)
4	Xeset 2	サラワン	86.0	流れ込み式	2009	EDL & EDL-Gen
5	Nam Theun 2	カムムアン	75.0 (1,005.0)	貯水池式	2010	IPP(国外用)
6	Tadsalen	サワンナケート	3.2	流れ込み式	2013	IPP(国内用)
7	Sugar Factory Mitlao	サワンナケート	4.5	バイオマス	2013	IPP(国内用)
8	Sugar Factory Savannakhet	サワンナケート	3.5	バイオマス	-	IPP(国内用)
9	Sugar Factory Attapeu	アッタプー	20.0	バイオマス	2013	IPP(国内用)
10	Xenamnoy 1	セコン	14.8	流れ込み式	2013	IPP(国内用)
11	Houay LamphanGnai	セコン	88.0	貯水池式	2015	EDL & EDL-Gen
12	Xenamnoy 6	チャンパサック	5.0	流れ込み式	2016	IPP(国内用)
13	Xeset 3	サラワン	23.0	貯水池式	2016	EDL & EDL-Gen
14	Houay Samong	アッタプー	0.6	流れ込み式	-	IPP(国内用)
15	Xenamnoy 2 - Xekatom 1	チャンパサック	20.1	流れ込み式	2017	IPP(国内用)
16	Houay por	サラワン	15.0	流れ込み式	2018	IPP(国内用)
17	Houay Chiaie	チャンパサック	8.0	流れ込み式	2018	IPP(国内用)
18	MK Don Sahong	チャンパサック	260.0	流れ込み式	2019	IPP(国内用)
19	Sunpaper	サワンナケート	15.0	バイオマス	2019	IPP(国内用)
20	Xepian - Xenamnoy	アッタプー	41.0 (369.0)	貯水池式	2019	IPP(国外用)
21	Xelanong 1	サワンナケート	70.0	貯水池式	2019	IPP(国内用)

No.	発電所名	県	設備容量 (MW)※	形式	商業運転開始 (年)	所有者
22	Oumnamkhom 1 Solar Farm	サワナケート	5.0	太陽光	-	IPP(国内用)
23	Oumnamkhom 3 Solar Farm	サワナケート	5.0	太陽光	-	IPP(国内用)
24	Houay LamphanGnai (Down)	セコン	15.0	流れ込み式	2021	EDL & EDL-Gen
25	Nam Kong 1	アッタプー	160.0	貯水池式	2021	IPP(国内用)
26	Nam Hinboun (Down)	カムムアン	15.0	流れ込み式	2021	IPP(国内用)
27	Nam Theun 1	カムムアン	130.0 (520.0)	貯水池式	2022	IPP(国外用)
Total			1,142.76	-	-	-

※ 輸出用 IPP については国内供給用の容量をもつもののみ記載。() 内は輸出用容量。

出所：EDL 提供データより作成



出所：EDL 提供データより作成

図 10-2 南部地域の電源構成（国内供給用）

(2) 電源計画

ラオス内の電力需要は年々増加しており、本事業が将来に亘って安定的に電力供給を受けるためには、国内需要の増加に見合った供給力の確保が計画的に行われる必要がある。

ラオスの電力需給計画は、ラオスエネルギー鉱業省（MEM）が 5 年ごとに発行する電力開発計画（PDP）に取りまとめられており、2023 年度の PDP では 2050 年までの主な電源計画が示されている。PDP における将来の供給力確保の方針は、主に以下の二つである。

- ① 新規電源開発の実施
- ② PPA の契約期限が切れる輸出用 IPP を対象とした国内供給への切替

表 10-2 に、南部地域における 2050 年までの電源開発計画を、表 10-3 に、2050 年までに契約期限の切れる輸出用 IPP の一覧を示す。

表 10-2 南部地域における電源開発計画（～2050）

No.	発電所名	県	設備容量 (MW)	形式	商業運転開始 (年)
1	Houay Kapherk	チャンパ° サック	5	流れ込み式	2023
2	Houay Yoy Tadkhod	チャンパ° サック	15	流れ込み式	2023
3	Nam Hinboun	カムムアン	30	流れ込み式	2025
4	Nam Muan	ホーリカムサイ	10	流れ込み式	2027
5	Xe Bang Fail Keng Kew	カムムアン	110	流れ込み式	2027
6	Xekatom 2	チャンパ° サック	185	貯水池式	2031
7	Nam Bi 1, 2, 3	カムムアン	135	流れ込み式	2032
8	Solar distribution 22kV	チャンパ° サック アッタプー サワンナケート	12	太陽光	2024
9	Solar 115kV Transmission line (Mea Ban)	サワンナケート	10	太陽光	2024
10	Solar 115kV Transmission line (Lak 25)	チャンパ° サック	50	太陽光	2024
11	New solar distribution	チャンパ° サック	18	太陽光	2024
12	Solar Floating at NamThuen 2 Hydropower	カムムアン	65	太陽光	2024
13	Solar 115kV Transmission line (Seno argee) Phase I	カムムアン	50	太陽光	2024
14	Solar distribution 22kV	チャンパ° サック	61	太陽光	2024
15	Solar 115kV Transmission line (Seno argee) Phase II	カムムアン	50	太陽光	2025
16	Solar 115kV Transmission line (Pak Bor)	サワンナケート	100	太陽光	2026
17	Wind Power	セコン	10	風力	2026
18	Wind Power	セコン	100	風力	2026
19	Wind Power	サワンナケート	80	風力	2027
20	Kaleum	セコン	300	石炭火力	2026

出所：MEM 『Power Development Plan 2023』

表 10-3 南部地域において今後契約期限の切れる輸出用 IPP（～2050）

No.	発電所名	県	設備容量 (MW)	形式	PPA 契約期限 (年)
1	Houay Ho	アッタプー	150	貯水池式	2029
2	Nam Theun2	カムムアン	1,005	貯水池式	2035
3	Theun Hinboun	カムムアン	440	貯水池式	2039
4	Xekaman 1	チャンパサック	290	貯水池式	2043
5	Xekaman Sanxai	カムムアン	32	貯水池式	2043
6	Xepian Xenamnoy	アッタプー	369	貯水池式	2046
7	Xekaman 3	セコン	250	貯水池式	2047
8	Nam Kong 3	アッタプー	54	貯水池式	2048
9	Nam Kong 2	アッタプー	66	貯水池式	2048

出所：MEM『Power Development Plan 2023』

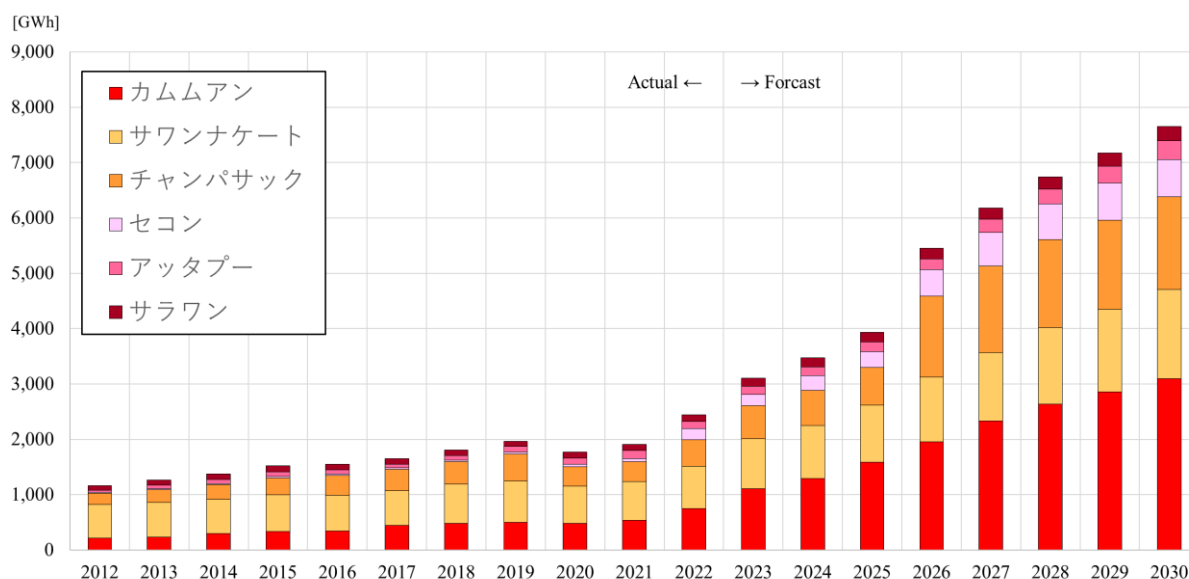
10.1.3 南部地域の需要

図 10-3 に、南部地域 6 県における年間消費電力量の推移（2012～2030）を示す。

2012 年～2022 年のデータは EDL より入手した実績値、2023 年～2030 年については EDL による予測値である。この予測値には本事業の電力需要も含まれる。

南部地域の消費電力量は 2012 年～2022 年までの過去 11 年間で約 2.1 倍（平均 7%/年）に増加しており、2023～2030 年の 8 年間では約 2.5 倍（平均 12%/年）の増加が見込まれている。

2031 年以降については南部地域にフォーカスした需要予測は行われていないが、全国内では、PDP に 2050 年までの需要予測が示されている。この予測では、全国の需要は 2031～2040 年：3.9%/年、2041 年～2050 年：4.9%/年 の増加が見込まれている。



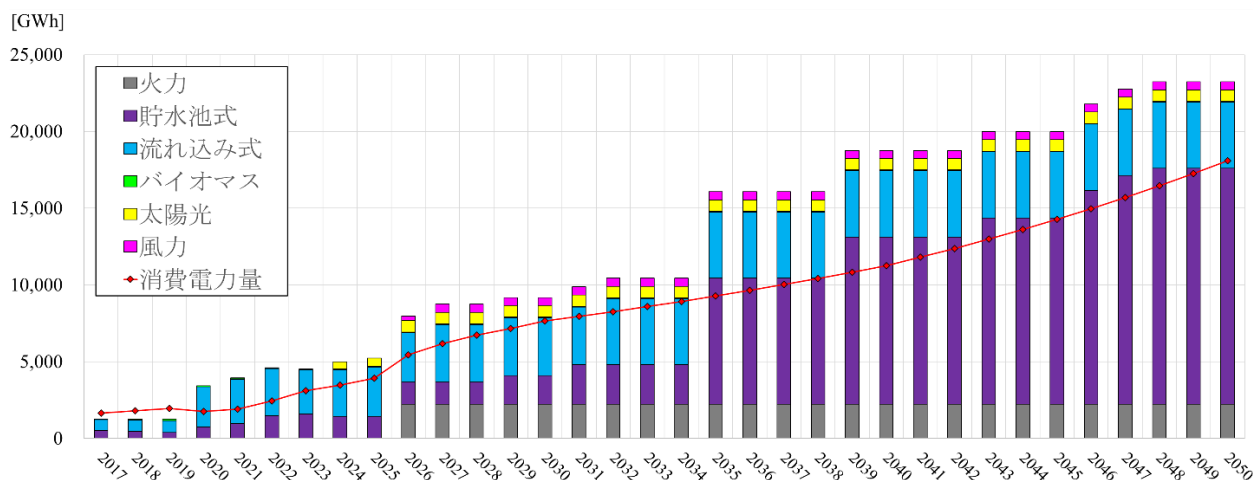
出所：EDL 提供データより作成

図 10-3 南部地域 6 県の消費電力量予測（2012～2030）

10.1.4 南部地域の電力需給バランス

図 10-4 に、南部地域の国内供給用電源による年間発電電力量および消費電力量の比較（2017～2050）を示す。図 10-4 の棒グラフは発電電力量であり、2023 年までのデータは EDL より提供された実績値、2024 年以降は、PDP の電源計画（表 10-2, 表 10-3）および既設の各種電源の設備利用率に基づいて独自に算出した予測値を使用している。図 10-4 の折れ線は 10.1.3 で述べた南部地域 6 県の消費電力量であり、予測データのない 2031 年以降は、PDP の全国予測と同じ増加率にて外挿している。

図 10-4 によれば、年間の総量のみで比較すると、2050 年まで発電電力量が消費電力量を上回る状況が継続する。



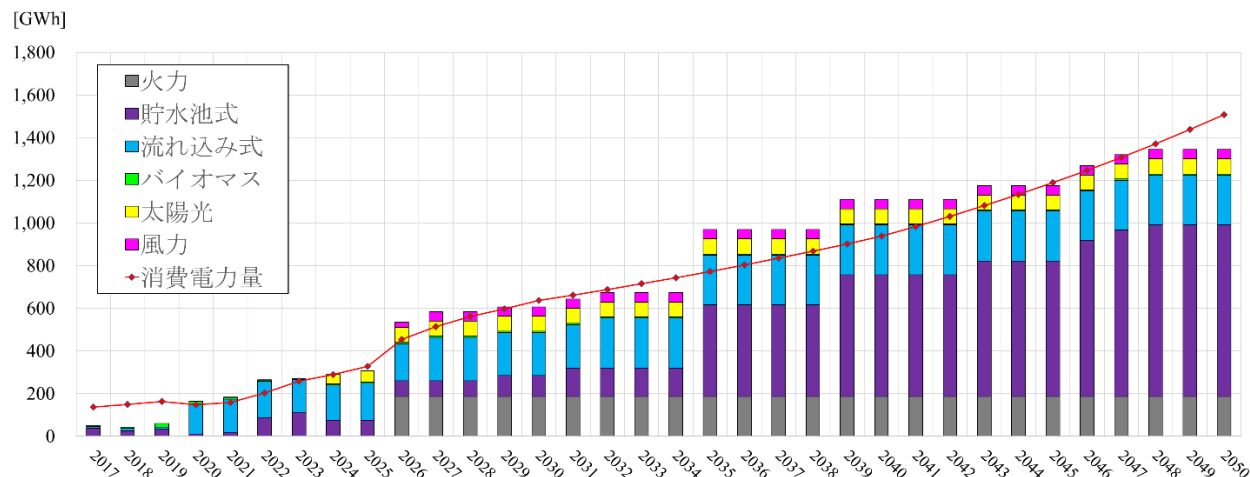
出所：EDL 提供データおよび MEM『Power Development Plan 2023』より作成

図 10-4 南部地域の年間発電電力量と消費電力量の比較（2017～2050）

一方、乾季の需給バランスについては PDP 内で言及されていないことから、過去の月別発電電力量のデータをもとに独自に予測を行った。図 10-5 に、年間で最も供給力が低下する 2 月の発電電力量・消費電力量の比較を示す。発電電力量については、過去の発電実績データに基づく 2 月の各種電源の設備利用率より算出している。消費電力量については、ラオスでは季節的な電力需要の変動は小さく、年間を通して大きな需要の増減は見られないため、図 10-5 に示した年間消費電力量の 12 分の 1 としている。

この比較において、地域内の発電電力量が消費電力量を上回る場合、消費を上回る電力量は、連系線を通じて地域外（ラオス中部地域、タイ、カンボジア）で消費される。

一方、地域内の発電電力量が消費電力量を下回る場合、不足分は地域外から補う必要があり、具体的にはタイからの電力輸入に頼ることとなる。乾季の電力を一定程度タイからの輸入に頼ることは必ずしも問題ではないが、輸入で賄える電力量には、タイ側の余力や連系線容量等による限界がある。そのため、地域内の発電電力量に対し消費電力量が著しく上回るような状況となれば、最終的には計画停電といった消費抑制での対応が必要となり、アンモニア製造プラントの安定稼働にとってはリスクとなる。



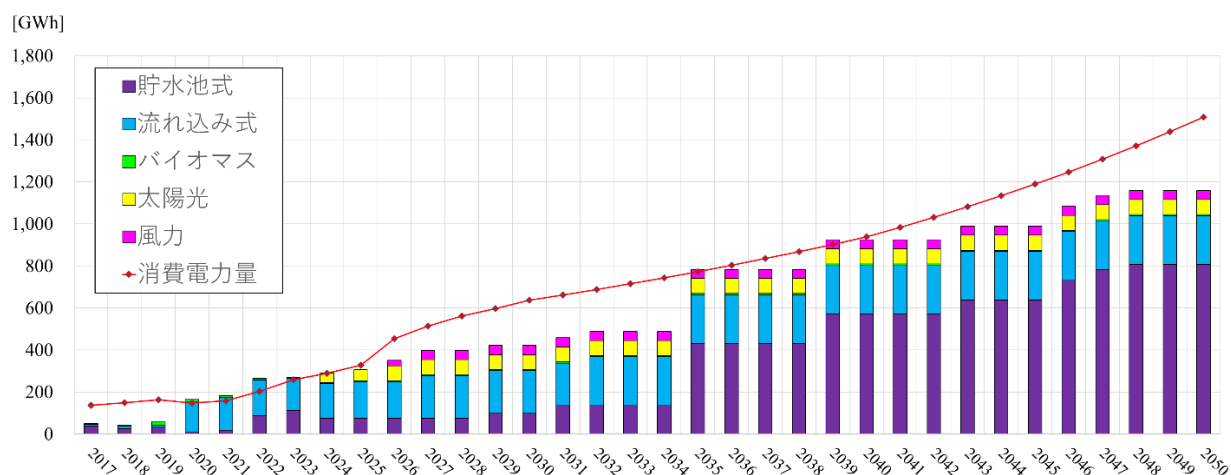
出所：EDL 提供データおよび MEM『Power Development Plan 2023』より作成

図 10-5 乾季（2 月）における南部地域の年間発電電力量と消費電力量の比較（2017～2050）

PDP では、セコン県において石炭火力発電所（Kaleum 発電所, 300MW）の開発計画が織り込まれており、2026 年に営業運転を開始することとなっている。このため、図 10-5 の 2026 年を見ると、南部地域の乾季の供給力として火力の割合が大きくなっている。一方、2024 年 4 月時点で EDL へ本件の進捗状況を聞き取りしたところ、PDP の計画通りには開発が進行していないとのことであり、2026 年の乾季需要を賄える供給力を確保できるか不透明な状況である。

図 10-6 に、Kaleum 発電所が計画通り建設・運開しなかった場合の乾季（2 月）の発電電力量・消費電力量の比較を示す。本ケースでは、2026～2034 年の間で電力量が不足する。2034 年 2 月の断面では、発電と消費の差が約 260GWh/月に拡大し、過去 7 か年で発電＜消費の差が最も大きかった 2018 年 2 月と比較して 2 倍以上の開きがある。タイから賄える電力量の限界は明確ではないが、タイとの国際連系線は全国的に容量ひっ迫が課題となっていることから、本ケースで乾季に安定した電力供給が見込めるか否かは今後、十分注意して慎重に検討していく必要がある。

尚、本事業では運転時間 7,500 時間、保守メンテナンス等の停止時間 1,260 時間を想定しており、保守メンテナンスは乾季に実施する想定である。



出所：EDL 提供データおよび MEM『Power Development Plan 2023』より作成

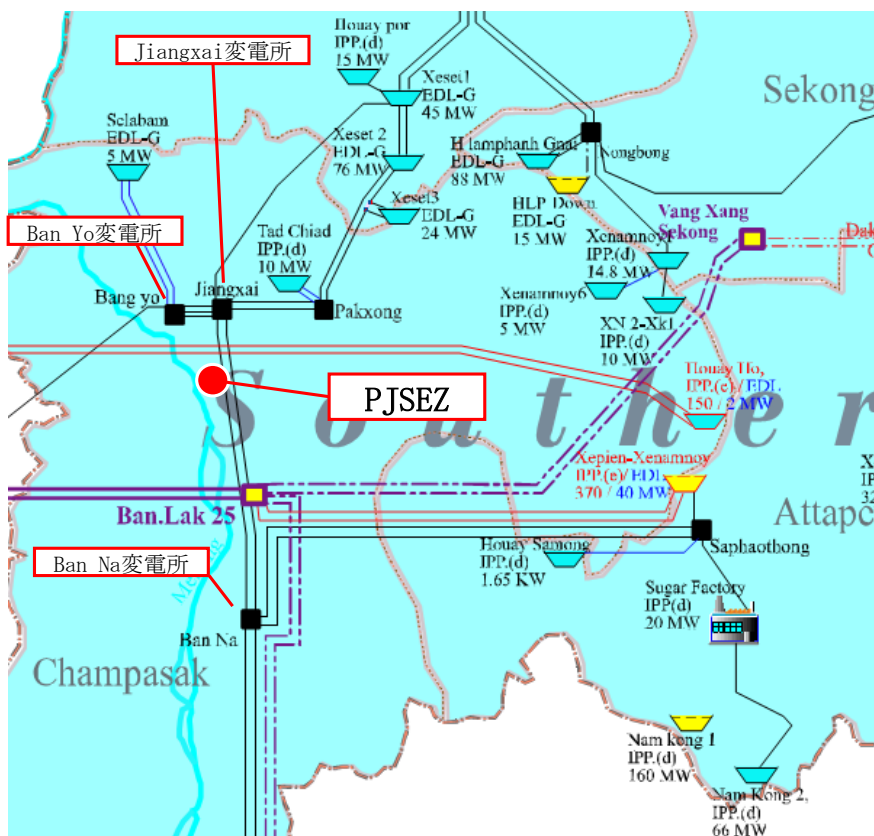
図 10-6 乾季（2 月）における南部地域の年間発電電力量と消費電力量の比較（2017～2050）
（Kaleum 発電所が開発されないケース）

10.2 サイト候補地周辺の電力系統調査

10.2.1 電力供給ルート

図 10-7 に、本事業のサイト候補地周辺の電力系統を示す。

本事業のサイト候補地である PJSEZ は現在、その約 10km 北にある EDL が所有する Ban Yo 変電所から 22kV 配電線で電力供給を受けているが、本事業向けに新たに約 110MW の電力供給を行おうとする場合、PJSEZ に 115kV 回線を引き込む必要がある。このため、EDL に対してサイトへの電力供給ルートに関する机上検討を依頼した。



出所：EDL 提供データより

図 10-7 サイト候補地周辺の電力系統

(1) 電力供給ルート

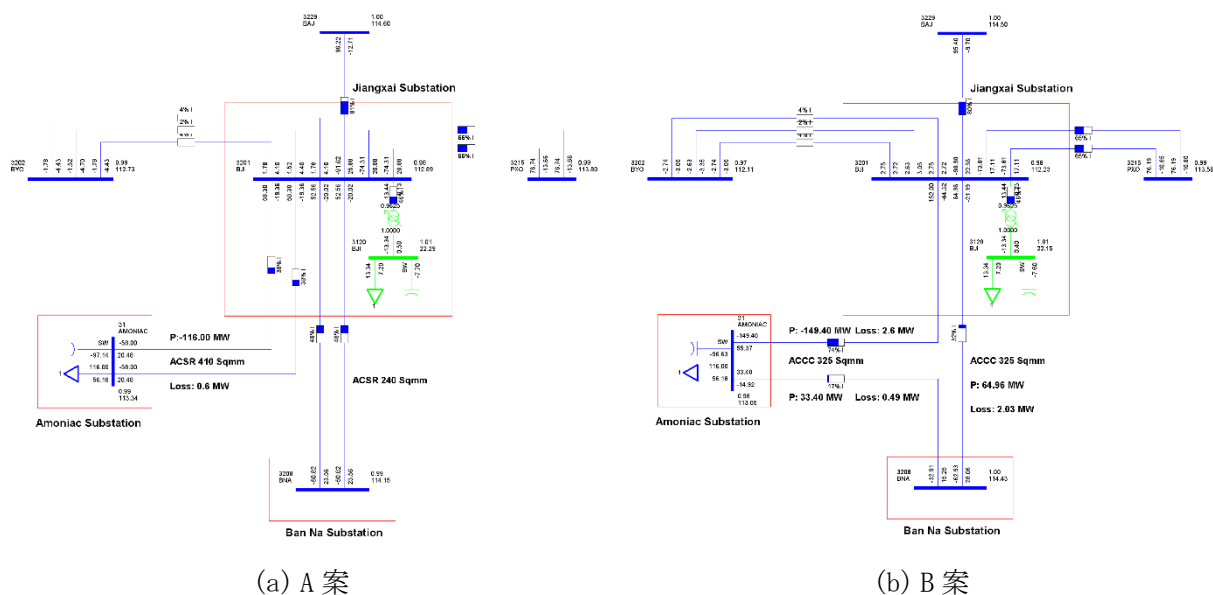
EDL による机上検討の結果、2 通りの電力供給ルートの候補が提示された。

- A. サイトの北にある Jiangxai 変電所から新たに 115kV 送電線 2 回線を引き出し、サイトへ引き込む。（以下、「A 案」）
- B. 既設の Jiangxai 変電所～Ban Na 変電所間の 115kV 送電線 2 回線のうち、片回線を π 引き込みの形でサイトへ引き込む。（以下、「B 案」）

なお、送電線引き込みに係るコスト面については今後、EDL との協議が必要である。

(2) 系統解析

EDL による机上検討では、A 案、B 案両ケースについて、簡易的な系統解析による妥当性確認が行われている。図 10-8 にモデル系統および解析結果、表 10-4 に解析条件を示す。



出所：EDL 提供データより

図 10-8 モデル系統および潮流計算結果

表 10-4 EDL による系統解析条件

	A 案	B 案
サイト位置	PJSEZ	同左
受電設備容量	116 MW	同左
電力供給元	Jiangxai 変電所	Jiangxai 変電所 および Ban Na 変電所
供給電圧	115 kV	同左
送電線亘長	サイト～Jiangxai 変電所：14 km	サイト～Jiangxai 変電所：14 km サイト～Ban Na 変電所：10km
送電線線種	ACSR 410SQ	ACCC 325SQ
想定時期	雨季	同左
使用ソフト	PSS/E	同左

出所：EDL 提供データより

解析の結果、A、B 両案とも、既設送電線や変圧器の増強を伴わずに成立することが確認されている。また、送電線の 1 回線事故の発生時にも電力供給を継続できる信頼性を有する。B 案は Jiangxai 変電所のトラブル時に Ban Na 変電所から電力供給を継続できる観点から信頼性がより高いものの、両案はあくまで現時点の既存系統を前提とした案であり、今後、現時点で計画され

ていない大規模需要家が現れた場合や、EDL 側で変電所・系統の新增設が行われた場合は変更が生じる。また、今回の解析はサイト周辺の系統に範囲を絞った簡易モデルでの検討であり、本格的な実現性調査の段階ではより詳細な解析が必要である。

10.2.2 EDL による送配電設備の運用状況

サイトへの電力供給は EDL が運用する系統を通じて行われることから、送変電設備の運用状況の確認を目的とした聴き取り調査を実施した。

聴き取り調査の項目および結果を表 10-5 に示す。

表 10-5 送変電設備の運用状況に関する EDL への聴き取り調査結果

No.	項目	聞き取り内容
1	系統の監視	・ EDL 本社内に NCC (National Control Center) が置かれており、専用の SCADA システムにより全国の系統を 24 時間遠隔監視している。 ・ 四つの管理エリア (北部, 中部 1・2, 南部) 各々に RCC (Regional Control Center) が置かれており、NCC と同様の SCADA により、自エリアの系統を 24 時間遠隔監視している。 ・ 系統操作については電圧別に指令個所が定められており、115kV 以上は NCC、115kV 未満は RCC が指令を行う。開閉機器の操作は変電所に常駐する技術員が NCC, RCC の指令により行う。
2	変電所の運転	・ 全ての変電所は有人であり、技術員が 24 時間常駐して運転を行う。115kV 変電所については 2 名×3 交代、230kV 変電所については 3 名×3 交代の体制で運転業務および日常保守 (本表 No. 3) を行う。
3	設備保守	送変電設備の保守は、EDL の社内ルールに基づき下記の流れで実施する。 ・ 各機器の巡視及び日常点検は、EDL 社内の共通チェックリストで定められており、日次、週次、月次、年次のチェック項目が定められている。上記のチェックリストをベースに、変電所常駐の技術員が日常的に巡視・点検を行っている。 ・ 四つのエリアごとに管理事務所が置かれており (南部: チャンパサック県)、メンテナンス記録は毎月、エリアの管理事務所に報告される。現場で設備不具合が発見された場合も都度、管理事務所へ報告され、管理事務所のメンテナンスチームが対応に当たる。 ・ 設備の補修は基本的に事後保全であるが、定期的な部品交換等の予防保全のメニューについても、EDL 社内で現在検討を進めている。

No.	項目	聞き取り内容
4	事故・トラブル 対応	・停電を伴うトラブルは、雷・台風等の自然災害と送電線への樹木接触が主な原因であり、設備不具合に起因するものは少ない。 ・事故および設備トラブルの履歴は EDL 本社に情報集約されており、技術員の訓練にもフィードバックされる。（本表 No. 5） ・EDL 本社が管理する応急復旧用機器（遮断機、変流器など）が各エリアに保管されている。
5	教育・訓練	・技術スタッフの訓練施設として、変電・送電・配電の各種訓練用設備を備えた EDL トレーニングセンターが設置されている。 ・変電所における過去の事故事例など、実際に発生したトラブルの一部はトレーニングメニューに反映される。

表 10-5 の通り、EDL の送変電設備は日常的に巡視・点検が行われるとともに、点検結果の報告、必要に応じた補修の計画、実施という一連のメンテナンスサイクルが社内ルールとして織り込まれており、適切に設備の運用・保守が行われている。

10.2.3 変電所設備の健全性調査

EDL が管理する変電所のうち、サイトへの電力供給元の候補となる変電所を対象に、設備の健全性確認を目的とした現地調査を行った。

表 10-6 に、本調査の対象とした Jiangxai 変電所の概要を、図 10-9 に変電所の航空写真を示す。

表 10-6 Jiangxai 変電所の概要

所在地	チャンパサック県
電圧階級	115/22kV
変圧器	30MVA×2 台
運開年	2005 年
選定理由	EDL から提示された電力供給ルート候補（A 案, B 案）において、当変電所はサイトへの電力供給元となっており、当変電所の設備が健全であることはサイトへの安定的な電力供給を受ける前提条件となるため。

出所：EDL 提供データより



出所：Google Map より

図 10-9 Jiangxai 変電所航空写真

Jiangxai 変電所は、2005 年に配電用変圧器（30MVA）1 台にて運転を開始し、2023 年にはビットコインマイニング用データセンタへの電力供給のため、変圧器（30MVA）1 台が増設されている。EDL によれば、本事業用に Jiangxai 変電所から 115kV 送電線 2 回線を引き出す場合、スペースに関しては既設構内に余裕があるとのことである。

Jiangxai 変電所の現地調査項目および結果を表 10-7 に示す。

表 10-7 Jiangxai 変電所の現地調査結果

No.	項目	調査結果
1	アクセス	・ 国道から約 1.2km の側道の先に位置し、アクセスは良好。
2	セキュリティ	・ 変電所敷地は外柵と有刺鉄線で物理的に区画されている。
3	屋外設備	・ 常駐する技術員が 1 日 3 回（重負荷時には 1 日 5 回）設備巡視を実施している。 ・ 設備に外観上の異常はなし。
4	屋内設備	・ 設備に外観上の大きな異常はなし。 - ただし、故障した配電盤の表示器が取り外されている等、緊急性のない不具合は残置されている様子も見受けられる。

No.	項目	調査結果
5	SCADA	・配電盤室内に設置された SCADA 用モニターで、運転データおよび構内の映像が確認可能。同一の SCADA 画面は RCC、NCC にも取り込まれている。
6	自然災害リスク	・浸水対策のため変電所の敷地が嵩上げされており、過去に浸水の実績はない。また、他の変電所にも全て同様の浸水対策が施されているとのこと。
7	その他	・当変電所はチャンパサック県内の各変電所へのアクセスが良いため、応急復旧用機器（遮断機等）の保管場所となっており、変電所構内の予備品倉庫にて保管されている。ただし、倉庫シャッターは故障で閉鎖できない状態となっている。

Jiangxai 変電所は設備の経年が浅く、常駐する技術員が 1 日 3 回の巡視を行うなどマンパワーをかけて運用が行われており、設備はおおむね健全な状態であることが確認された。一方で、緊急性のない不具合（配電盤の表示器、倉庫シャッター等）は残置されており、限られたコストの中で運用が行われている様子も見受けられた。

なお、Jiangxai 変電所に加え Ban Na 変電所もサイトへの電力供給元の候補であるため、同様の現地調査を実施しており、設備がおおむね健全に維持されていることを確認している。

10.3 電力調達先候補となる発電所の健全性調査

10.3.1 EDL-Gen による発電所の運用状況

サイトへ安定的な電力供給を得るためには、供給を担う電源設備の健全性も重要となることから、南部地域で大規模な水力発電所を複数運用する EDL-Gen に対して、設備の運用状況の確認を目的とした聴き取り調査を実施した。

聴き取り調査の項目および結果を表 10-8 に示す。

表 10-8 水力発電所の運用状況に関する EDL-Gen への聴き取り調査結果

No.	項目	聞き取り内容
1	発電所の管理体制	- EDL-Gen が所有する水力発電所は、原則として 1 つの発電所ごとに 1 か所、管理のための現地事務所が置かれている。 - 各事務所には、日勤の技術スタッフ、マネジメントスタッフ及び 24 時間体制で発電所の運転を行う当直の運転員が在籍している。
2	発電所の運転	- 水力発電所の運転は、運転員が 4 交代で 24 時間発電所に常駐して行っている。1 シフトの人員は発電所の規模により 2 人または 3 人である。 - 運転計画は管理事務所が作成しており、年間・月間・週間の計画を NCC へ提出する。当日の運転パターンは、前日の夕方までに、実際の水量に応じて見直しのうえ NCC へ提出することとなっている。 - 水力発電所の運転情報は NCC から監視が可能である。
3	設備保守	- 全発電所共通の巡視・点検項目リストが作成されており、このリストに基づき設備の巡視・点検を実施する。雨季には発電量が増加するため、雨季に入る前に重点的な点検を行う。 - 巡視・点検の結果、設備の修繕が必要と判断された場合は EDL-Gen 本社に連絡し、本社内の担当部署が修繕を計画する。緊急の場合を除き、修繕は渇水となる乾季にあわせて実施される。 - 全発電所について約 10 年周期でオーバーホールを実施する。
4	事故・トラブル対応	水力発電所で発生したトラブルは EDL-Gen 本社内の Generation Department へ報告するルールとなっており、過去に発生した事故やトラブル・修繕の履歴は同部署にて一元管理されている。
5	教育・訓練	水力発電所に配属される EDL-Gen の技術スタッフは、EDL トレーニングセンターで EDL の変電所スタッフと同様の訓練を受ける。

EDL-Gen は EDL より分離した子会社であり、表 10-8 の通り、EDL と同様の適切なメンテナンスサイクルが構築されている。

10.3.2 水力発電所設備の健全性調査

EDL-Gen が管理する水力発電所のうち、南部地域の電力供給に大きな影響力をもつ主要な発電所を対象に、設備の健全性確認を目的とした現地調査を行った。

表 10-9 に、本調査の対象とした Xeset2 発電所の概要を、図 10-10 に同発電所およびその主要設備の外観写真を示す。

表 10-9 Xeset2 発電所の概要

発電所の概要	所在地	サラワン県	
	発電所形式	流れ込み式	
	水車形式	立軸フランシス水車×2 台 横軸ペルトン水車×2 台	
	出力	86MW(フランシス：38MW×2 台、ペルトン：5MW×2 台)	
	年間発生電 力量	2018 年：293GWh	2019 年：218GWh
		2020 年：231GWh	2021 年：261GWh
		2022 年：284GWh	2023 年：234GWh
運開年	2009 年		
選定理由	当発電所は EDL-Gen が所有するラオス南部の水力発電所としては最大規模であり、南部地域の電力供給に大きな影響力を持つため。		

出所：EDL 提供データより



(a) 発電所遠景



(b) 立軸フランシス水車



(c) 横軸ペルトン水車

図 10-10 Xeset2 発電所および主要設備外観

Xeset2 発電所は、大容量の立軸フランシス水車 2 台と中小容量の横軸ペルトン水車 2 台を備えた流れ込み式発電所である。2 台のフランシス水車は主として雨季（6～10 月）に稼働し、河川流量の低下する乾季については、小流量のペルトン水車による運転が中心となる。

Xeset2 発電所の現地調査項目および結果を表 10-10 に示す。

表 10-10 Xeset2 発電所の現地調査結果

No.	項目	調査結果
1	アクセス	・現地事務所および発電所に技術スタッフが常駐しており、アクセス面で問題はない。
2	セキュリティ	・変電所と同様の物理的な対策に加え、土木設備についてはテロ対策のため軍が警備している。
3	主機	・水車・発電機に外観上の大きな異常はなし。 ・フランシス水車については主弁フランジからの漏水が見られるが、2024 年に修繕が計画されている。
4	補機	・設備に外観上の異常はなし。
5	配電盤室	・設備に外観上の異常はなし。

No.	項目	調査結果
6	SCADA 室	・ SCADA 画面上で各種運転データおよび主要な設備の映像をリアルタイムで確認可能となっている。
7	自然災害リスク	・ 過去、発電所周辺で地滑り等の大きな自然災害は発生していない。

Xeset2 発電所は設備の経年が浅く、おおむね健全な状態である。また、現地調査で説明を受けた主弁フランジ部の漏水については、至近年に修繕が計画されており、設備の管理が適切に行われていることを確認した。

EDL-Gen の南部地域の主要な発電所としては、ほかに Houay Lamphan Gnai 発電所（88MW、セコン県）がある。当発電所は貯水池式水力発電所であり、乾季の電力供給に大きな影響力を持つことから、Xeset2 と同様の現地調査を実施している。当発電所は 2015 年に運開しており、Xeset2 より更に設備の経年が浅いこともあり、設備がおおむね健全に維持されていることを確認している。

第 11 章 法務調査

本章では、本事業の実施に関連するラオス内の法規に関する調査結果を報告する。

11.1 外国企業に対する参入規制

11.1.1 禁止事業

「禁止事業分野リストに関する通達第 1592 号 (2013 年)」によると、以下の事業は国内企業・外国企業を問わず、一般企業による事業実施そのものが禁止されている。

- (1) 危険化学物を扱う事業
- (2) 放射性鉱物を扱う事業
- (3) 産業用爆発物を除く武器・戦車を扱う事業
- (4) アヘン、ケシ、大麻、コカインおよびそれらの生物を扱う事業
- (5) 紙幣、造幣インク、造幣機器、通貨偽造に使用される機器を扱う事業
- (6) その他、関連法に基づき禁止される事業

11.1.2 外資規制事業

「ラオス国籍者へと保全される事業リストに関する商工大臣令第 1328 号 (2015 年)」によると、以下の事業はラオス国籍者のみに保全される事業と定められており、外国企業の参入は認められていない。

- (1) 生薬の採集
- (2) 加工：機織り、刺繍、小規模な木工・彫刻・籠編み、陶器の製造等
- (3) 15MW 以下の水力発電事業
- (4) 建物内の電気工事、水道管・エアコン設置
- (5) 40 億キープ以下の自動車・バイクの修理
- (6) 陸上乗客輸送
- (7) 3 つ星未満のゲストハウス、リゾート、ホテル
- (8) 新聞・雑誌の印刷、歌詞の印刷・録音、コミュニティラジオ局の設立、等
- (9) 非貯蓄型マイクロクレジット、融資組合、等
- (10) 歴史・自然・文化に関する調査、設計、建設、ラオス語翻訳、等
- (11) 職業斡旋、建物のクリーニング、等
- (12) 技術職業訓練教育、外国人向けラオス語教育
- (13) 民間の診療所
- (14) 靴・皮の修理、洗濯・ドライクリーニング、散髪・美容、葬儀、等

11.1.3 審査・承認が必要な事業

「ネガティブリスト事業リストとコンセッション事業リストの承認に関する首相令第 03 号 (2019 年)」によると、以下に示す 14 分野の業種は、外国企業が会社を設立する前に関係省庁の審査と承認を得ることが必要とされている。

- (1) 農林業(一年生植物、多年生植物、畜産支援事業、植林など 5 業種)
- (2) 鉱物採掘と加工業(概査・探査、鉱業コンサルタントなど 2 業種)
- (3) 加工業(石油精製、レアアース精製、医薬品生産など 4 業種)
- (4) 水道、排水、廃棄物処理業(危険な廃棄物収集、処理、リサイクルなど 3 業種)
- (5) 所品輸送と倉庫業(航空輸送、クーリエなど 4 業種)
- (6) ホテルレストラン業(4 つ星以上のホテル・リゾート 1 業種)
- (7) 情報通信業(出版所、メディアの設立 2 業種)
- (8) 金融、保険業(商業銀行、株式市場サービス、保険、宝くじなど 4 業種)
- (9) 職業訓練、科学技術系事業(法律、会計、監査業務など 4 業種)
- (10) 支援サービス、管理(職業斡旋サービス業 1 業種)
- (11) 治安維持と捜査(警備会社 1 業種)
- (12) 教育関連事業(就業前、初等・高等教育、職業訓練など 6 業種)
- (13) 保健衛生、社会セクター事業(民間病院、医科歯科治療 2 業種)
- (14) 芸術、娯楽(エンターテインメント、賭博、遊園地、総合観光など 5 業種)

商工省 (MOIC) への確認結果

11.1.1～11.1.3 の規制について商工省ほか関係省庁と協議をした結果、本事業はこれらの規制に該当しないとの初期的な見解を得ている。

11.2 会社設立に関する法規

「企業登録に関する商工大臣合意第 0023 号 (2019 年)」によると、会社設立については内資・外資を問わず、資本金 5 億ラオスキープ以上の会社は商工省企業登録管理局に、それ未満の会社は都・県の商工局に設立を申請する必要がある。

申請後 1 週間以内に書類審査が行われ、問題がなければ原則 10 日以内に企業登録される。

商工省への確認結果

本法規について商工省等、関係省庁と協議した結果、SEZ 内に事業体を設立する場合は、事業者は各県の SEZ Promotion and Management Office (SEZO) を窓口とし、SEZO のワンストップサービスを経由して、商工省に会社設立の申請を行う必要がある旨の回答を得た。

本事業は、PJSEZ 内に設立を予定しているため、Champasak 県の SEZO を通して商工省に会社設立の申請を行うこととなる。

なお、Champasak 県 SEZO (CSEZ) を通しての会社設立にあたっては、事業基本計画を CSEZ に

提出し、この内容に基づき会社設立、投資許可、事業開始に必要な許認可取得手続きを開始するため、以降、CSEZ と協議をしつつ CSEZ を窓口としたワンストップサービスにより関係省庁から順次、当事業開始に必要な許認可、投資優遇策等を取得する必要がある。

11.3 アンモニア関連法規

ラオスにおいてグリーンアンモニア事業を行う場合、関連する法規として次のものがある。

11.3.1 工場建設に係る法規

ラオスにはアンモニア製造工場の建設について規定する法律は特になく、一般の工場建設と同じ諸法規が適用される。

一般の工場建設の際には、工場建設許可の申請・取得と、環境評価書の提出が必要である。工場建設許可は「工場建設法（Decision on the Management of Construction）」に基づき公共事業運輸省（Ministry of Public Works and Transport）へ申請する。

申請書類提出後、現場視察を受け、問題がなければ工場建設許可の発行となる。

11.3.2 工場の運営に係る法規

工場建設の場合と同様に、工場運営に係る法規に関してもアンモニア製造、もしくは有毒化学物質を規制する特段の法規はない。

そのため、一般の工場運営を規定している「工場管理首相令（Decision on Management of Factory）」に準拠することとなる。

工場運営のために必要な工場運営許可証は、工場の完工後に所管の商工業省（M0IC）手工業局に申請し、取得する。

必要な申請書類を提出後、5 営業日以内に工場視察があり、その結果問題なければ、工場運営許可証が発行される。

11.3.3 アンモニア取扱いに関する規制

アンモニアは「化学物質法（Law on the Chemicals Management）」によって中程度の有害化学物質（タイプ 3）と規定されている。

この分類の化学物質は、化学物質法にもとづき監督省庁である商工省に申請し、有害化学物質を取り扱うことを登録し承認を取得する必要がある。

承認取得後であれば、アンモニアの製造、運送、輸出、所有および使用が可能となる。

11.3.4 アンモニア製造に関する規制

ラオスでは現状アンモニアが属する有害化学物質の製造をはじめ、一般の化学物質やガスの製造等に関わる特別な法律は存在していない。

したがってアンモニアを製造する場合、一般の製造業、工場に対する規制が適用される。

11.3.5 アンモニア輸送に関する規制

一般的な貨物輸送を規定する「陸上輸送法（Law on Land Transport）」と前述の「化学物質法」に準拠する必要がある。

陸上輸送法の管轄先は公共事業運輸省（Ministry of Public Works and Transport）である。

11.3.6 アンモニア輸出入に関する規制

化学物質法に基づき上記の有害化学物質を取り扱う登録を取得した後、輸入、輸出、および通過の登録を商工省手工業局に提出し、輸出ライセンスを取得する。

11.3.7 アンモニア販売に関する規制

アンモニア販売を規定する特別な法律はない。

なお、化学物質法においては、有害化学物質を販売する場合は売買契約書と販売数量、使用用途の記録を 5 年間保管する義務がある。

一般の製品販売に関する法規としては「卸小売法（Decision on Whole and Retail Business）」があるが、本法は本事業のような製造・販売事業ではなく外部からの仕入業務が発生する一般の卸・販売業者を対象としている。

商工省への確認結果

11.3.1～11.3.7 の規制について商工省ほか関係省庁と協議をした結果、本事業の実施に伴い各法規に基づく所定の手続きを行う必要があるものの、これらの手続きは本事業推進の支障となるものではない旨を確認している。

11.4 ラオス新規事業実施における法規上の留意点

現状、外国企業がラオスに進出しようとする場合、ラオスの外資規制は情報が集約化されていないものもあり、また規制内容が明確になっていないものも多い。

さらに、ラオスは WTO や ASEAN 内の国際協定によって、各分野での外資規制の自由化を標榜しているが、自由化スケジュールが明確でない部分もあり、外国企業がラオスに進出するに当たっては必ずしも予見可能性が高いとはいえない。

特に既存の業種分類に不明確なところもあり、グリーンアンモニアのように新規事業としてラオスに参入しようとする場合は、所轄官庁が不明瞭であることや、関連法が整備中であるため、あらかじめ関係すると思われる各省庁と前広に問い合わせ・相談しつつ、慎重に準備していく必要がある。

この観点では、事前に懸案事項の相談が可能で、適切な官庁と調整を代行してもらえることや事業の進捗状況が常に確認できることから、CSEZ 等の SEZO のワンストップサービスの活用は有効と考えられる。

11.5 プロジェクトに関するケーススタディ

現在までにラオスにおいては商業ベースでのグリーンアンモニア製造事業の先行事例は存在していないが、実証ベース、検討ベースでは次の 2 つの事例がある。

(1) つばめ BHB 株式会社（以下「つばめ BHB 社」）の事例⁸

新横浜に本社を持つつばめ BHB 社がラオスの農業会社の Agri Laos 社と合弁会社を設立し、販売パートナーとしてラオス国営の State Enterprise for Agriculture Service と提携して、グリーンアンモニアを原料とした低炭素肥料の製造・販売事業の検討を現在進めている。

(2) 日立造船株式会社/株式会社レノバの事例⁹

日立造船株式会社と株式会社レノバは高圧 PEM 型電解装置を活用したグリーンアンモニア製造事業を検討している。

上記の 2 事例はいずれも稼働前の段階の案件ではあるものの、現時点では法的な観点からの大きな障害は顕在化していないことを確認している。従い、本事業についても、関係省庁と適切に協議しつつ慎重に進めていくことにより、法律上の大きな問題を生じることなく進められるものと考えられる。

11.6 プロジェクトに必要な申請書と書類

本事業は PJSEZ 内での建設・操業を予定しており、商工省等、関係省庁と協議をした結果、事業者は CSEZ を窓口とし、CSEZ のワンストップサービスを経由して、各種申請を行うことで問題ない旨の回答を得ている。そのため、まずは CSEZ に事前相談を行うこととなる。

事前相談に当たっては事業基本計画（事業概要、組織、投資額、事業計画、輸出入計画、雇用予定、資金計画等）をラオス語で作成の上、CSEZ への提出が求められる。

現在、事業基本計画に関する正式なフォームは定められておらず、CSEZ に相談の上作成することとなる。

事業開始までには、会社設立の申請、投資申請、事業ライセンス申請、工場建設に係る申請等、既述の申請・許認可に係る書類を順次提出していくことになるが、CSEZ と相談を進めながら、CSEZ を窓口としたワンストップサービスを経由して関係省庁・機関に申請し、許可を取得していく。

本調査において把握した本事業推進に必要と想定される申請書類について、表 11-1 に取りまとめた。また、以下①～⑥に、想定必要申請書類を示す。

①事業基本計画（事業会社より CSEZ へ提出、定型はなく CSEZ と相談が必要）

今後の CSEZ のワンストップサービスを受けるための基本となる申請書類となる。

⁸ 出典：つばめ BHB 社 HP、日経新聞等

⁹ 出典：日経新聞、NEDO HP 等

事業基本計画に添付が必要な書類等以下の通り。

- (1) 事業概要
- (2) 定款
- (3) 企業登記簿
- (4) 会社スタンプ証明
- (5) 納税者番号
- (6) 合弁契約書
- (7) 代表者履歴書
- (8) ローカル株主の登記簿コピー
- (9) パスポートコピー（代表者、社長、副社長、個人株主）
- (10) 登記簿事項証明書
- (11) 直近 3 年間の財務諸表
- (12) 会社組織図
- (13) 資金計画
- (14) 輸出入計画
- (15) 雇用計画
- ②投資許可
- ③工場建設許可
- ④工場運営許可
- ⑤有害化学物質取扱い申請
- ⑥陸上輸送者登録

上記②以降の許認可申請は、ワンストップサービス窓口の CSEZ と事前相談の上、CSEZ を窓口に関連省庁へ申請していく。

表 11-1 本事業に必要な許認可リスト

根拠法規	許認可省庁	許認可要否	想定必要申請書類
禁止事業分野リストに関する通達第 1592 号 (2013 年)	商工省	×	—
ラオス国籍者へ保全される事業リストに関する商工大臣令第 1328 号 (2015 年)	商工省	×	—
ラオスのネガティブリスト事業リストとコンセッション事業リストの承認に関する首相令第 03 号 (2019 年)	商工省	×	—
企業登録に関する商工大臣合意第 0023 号 (2019 年)	商工省	○	企業登録申請
計画投資省経済特区管理庁規定	計画投資省	○	①事業基本計画書 ②投資許可
工場建設法	公共事業 運輸省	○	③工場建設許可
工場管理首相令	商工省	○	④工場運営許可
化学物質法	商工省	○	⑤有害化学物質取り 扱い申請
陸上輸送法	公共事業 運輸省	○	⑥陸上輸送者登録
卸小売法	商工省	×	—

○：必要、×：不要

第12章 まとめ

12.1 調査結果の要約

本調査では、ラオス国南部におけるグリーンアンモニア製造事業の事業性を見極めるために必要となる各種の予備調査を実施した。

その結果、候補地でのグリーンアンモニア製造工場建設に当たっての規制面、環境面での大きな制約はないことが確認された。

また、電力供給の面では、ラオス南部エリアにおける水力発電所や変電所等が概ね健全に運転・維持されていることを確認することができたが、将来の電力需給バランスについては今後の電源開発等の動向によって逼迫する可能性があると考えられることから、特に乾季の電力供給見込みを慎重に検討していく必要がある。

本調査結果に基づき算定した、採算性の基準となるグリーンアンモニア販売価格（1,200米ドル/トン）は、現在検討されている他地域（中東、豪州、チリ）における同種事業における販売価格（1,100～1,300米ドル/トン）と比較して遜色のない水準であり、本事業はグリーンアンモニア製造事業として一定のポテンシャルを有していることを確認した。

一方、現在主流である化石燃料由来のグレーアンモニアと比較すると、グレーアンモニアの価格は300米ドル/トン台と大きな格差があり、現在のアンモニア市場においてグレーアンモニアとの価格面での競争は成立しない状況にある。この課題については、本事業を含むグリーンアンモニア製造事業の実現における共通課題となっている。

本事業のコスト分析では、採算性に大きく関与するファクターとして、アンモニア販売価格・電気代・EPCコスト・水素の単位生産量当たりの消費電力量が挙げられており、今後、これらを中心として条件の改善見直しを図っていくことが、本事業の実現可能性向上につながっていく。

12.2 本事業における課題

上記の調査結果に基づき、本事業の成立に向けた今後の課題点を整理し、以下に示す。

A. 事業実現可能な販売価格の合意

アンモニア販売価格は本事業の収益性に大きく関与することから、採算性の基準としてプロジェクトIRR10%を目指す場合、1,200米ドル/トンという水準が求められる。現在のグレーアンモニアとの価格差をオフテイクに転嫁する必要がある、引き続きオフテイク条件について交渉を進めるものの、本事業のオフテイク候補である日本企業は、グローバルに事業を展開し、カーボンニュートラルに高い関心を持つ一方で、国際的な競争環境下で現実的に負担できる追加コストには限界がある。そのため、販売価格の課題については、以降で述べる他のファクターとの組み合わせにより、1,200米ドル/トンという採算性の基準を引き下げる努力も必要である。

B. 電力コストの低減

本プロジェクトの実現には、再生可能エネルギー由来の電力を低価格かつ安定的に調達する事が不可欠である。ラオスにおける再生可能エネルギー由来の電力価格は周辺国と比較して既に安価であると言えるが、EDL が提供する既存の産業用価格よりも更に下回る低廉な価格での電力を調達しようとする場合、供給については EDL の範疇を超えることから、ラオス政府の認可が必要となる。

本課題の解決に向け、今後ともラオス政府および EDL との交渉を継続するとともに、グリーンアンモニア製造がラオスの国家戦略分野に位置づけられるよう継続して働きかけ、ラオスの政策に合致する形での事業実現を目指し、検討を進めていく必要がある。

C. EPC コストの低減

EPC コストは本事業の収益性に大きく影響するファクターであり、コストの低減方法を検討する必要がある。EPC コストの内訳では、アンモニア合成装置に係るコストが最大項目となっている。現在、想定している年産約 80,000 トンという規模は、HB 法による工業的なアンモニア製造設備の規模としては大きいものではなく、生産量あたりの設備コストは他の大規模設備よりも割高となっている。今後の検討においては、EPC コストの観点も含めた最適な事業規模の見極めが必要である。

D. 水素製造技術の革新

アンモニア製造にあたっての最大となるコストは電力コストであり、水の電気分解に必要な電力消費量を減少させることは、電力コストの削減に直結する。

電力消費量の低減について、現在電解膜メーカーによる膜効率改善や水電解装置メーカーによる電流密度改善が進んでおり、技術向上により水電解に必要な消費電力が下がることが期待される。世界中のメーカーが技術開発を急いでおり、各国政府が支援している分野である。

国産のアルカリ方式、PEM 方式、SOEC 方式等の水電解装置メーカーとの協議を通じ、日本製の水素製造技術の改善に貢献するとともに、当事業のコスト改善を実現していく。

E. ファーストムーバー制度による値差補填

現時点では、グリーンアンモニアの価格は化石燃料由来のグレーアンモニアと比較して相当な割高となっているのが実態である。

今後、水素製造技術の革新や、電力コストの削減、カーボンプライシング等の市場での脱炭素価値の浸透などにより、グリーンアンモニア価格は、グレーアンモニア価格と同等の経済合理性を有してくるものと想定されているが、その間のスタートアップ時期にはこの価格の値差を補填する方策を講じる必要がある。

本課題の対応策としては、1.1.2 で述べた日本政府のファーストムーバー制度を活用する事が現実的な方策であると考えられる。本制度では、将来の事業環境の見通しが不透明な状況に

においても、自らリスクを取って水素・アンモニア事業を開始しようとする事業者を支援するもので、基準価格（製造・供給に要するコストと利益を回収できる価格で事業者が算定して提示する価格）と、参考価格の全部または一部が原則15年間支援されるものである。

一方、

- ✓エネルギー政策と合致すること（安全性、安定供給、環境適合、経済効率性等）
- ✓2030年頃までの供給開始が見込まれるプロジェクトであること
- ✓支援期間（15年間）終了後も、一定期間（10年間）供給を継続すること

等の必須条件を満たしていることを前提としたうえで、総合的に評価して支援対象案件が決定されることとなっており、本制度の今後の動向を注視していく。

12.3 ラオスグリーンアンモニア製造事業実現の戦略的意義

当事業が実現した場合のラオスおよび日本に与える戦略的意義を整理すると下記のとおりとなる

- ① 我が国にとって地政学的に重要なASEANがアンモニアの供給基地になること
 - A. 従来の偏在する化石燃料の供給地の他に、ラオスが新たなエネルギー供給地に加わることで、わが国のエネルギー安全保障上重要な、供給ソース分散化に貢献できる
 - B. 他のアンモニア供給地に比して、日本に距離が近く供給安定性、経済性が高まる
 - C. 重要なパートナーであるASEANとの共創により「自由で開かれたインド・太平洋」戦略に基づいた“質の高いインフラ投資支援”が具現化できる
- ② 安定電源である水力発電を活用したグリーンアンモニアであること
 - A. 他のクリーンプロジェクトがブルーアンモニア主体であるのに対し、炭素集約度が低く、将来のコスト改善余力が大きいグリーンアンモニアが製造対象である
 - B. 同じグリーン電力でも太陽光・風力の電源に比べて24時間運転が可能な安定電源である水力発電が電源である
 - C. 現在未活用の雨季の水力資源の活用や未利用の湖面での太陽光発電等、将来の発電コストの削減の余地が大きい
- ③ オフテイカーの主体が原料用アンモニアの需要家であること
 - A. 発電部門だけでなく日本を代表するより多くの産業部門の脱炭素に貢献できる
 - B. 仮にファーストムーバー制度の適用を前提とした場合は、参照価格がグレーアンモニア価格であり、燃料用の石炭価格よりも少額な補填単価となり国民負担を軽減できる
- ④ 我が国による上流権益の確保が可能であること
 - A. ラオスにおいては水素発生装置だけでなく、ダムや太陽光発電設備等の上流権益への出資も可能であり、我が国のエネルギー安全保障に貢献できる

12.4 当事業の推進に当たっての具体的な進め方と将来構想

ラオスでのグリーンアンモニア事業基盤を確実に構築していくため、以下のとおりステップバイステップでの推進を検討している。

(1) 小規模グリーン水素焙煎事業

第一段階として、同じ PJSEZ 内に小規模（2MW）の水素製造装置を建設しコーヒーの水素焙煎事業を 2026 年初頭には開始する。

規模は小さいものの ASEAN 内では商業ベースの水素事業としては第一号となる見込みである。また、ラオスの代表的輸出産業のコーヒー産業の振興にも貢献でき、加えて PJSEZ のゼロエミッション工業団地化を推進できる。

この事業を通じ、水素製造に関わる様々な知見が得られるとともに、ラオス政府の水素事業に対する理解と意識が格段と向上するものと期待される。

(2) グリーンアンモニア製造事業

第二段階として年産 8 万トンのグリーンアンモニア製造事業である当事業を実現する。

(3) 大規模グリーン水素・アンモニア（e-フュエル、e-メタン、SAF）製造事業

第一段階、第二段階を通じて競争力の強化と事業性を確認しつつ、ラオス政府の電源供給計画 17GW の電源の一部を活用して国家戦略として大規模な水素および水素関連製品の製造事業をラオス全土で展開していく。

グリーン水素をベースとした生產品目（水素、アンモニア、e-フュエル、e-メタン、SAF 等）は今後のマーケットニーズおよびラオス、日本政府の経済政策に基づき判断する。

ラオスにおけるグリーンアンモニア製造事業の実現は、日本とラオスの二国間にとって、エネルギー安定供給、脱炭素への対応、将来の成長産業の育成の観点、また AZEC の理念の具現化に繋がる点から、戦略的に非常に重要な意義があるものとする。

事業の推進に当たっては、取り組めるところから開始し、ステップバイステップでの展開により、顕在化する課題をひとつひとつ解決しつつ、着実かつ迅速に事業基盤を構築していく。