

アフリカ地域（広域）
グリーン水素・アンモニアの開発と
利活用・官民連携の可能性に関する
情報収集・確認調査

ファイナルレポート

2024 年 4 月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

マッキンゼー・アンド・カンパニー
インコーポレイテッド・ジャパン

目 次

要 旨 1

第1章 背景、調査の進め方.....	10
1.1 背景.....	10
1.2 目的.....	10
1.3 業務実施の方法.....	10
1.4 作業計画.....	11
第2章 アフリカにおけるグリーン水素・アンモニアのポテンシャル分析.....	13
2.1 グリーン水素・アンモニアが果たす役割.....	13
2.2 グリーン水素・アンモニアの製造ポテンシャルとコスト.....	15
2.3 グリーン水素・アンモニアの需要と利用ポテンシャル.....	17
2.4 グリーン水素・アンモニアにみられる最近の動向.....	17
2.5 対象国の選定.....	20
第3章 グリーン水素・アンモニアバリューチェーンにおける日本の強み.....	22
3.1 水素を取り巻く日本の状況.....	22
3.2 水素バリューチェーンの主要技術.....	22
3.2.1 バリューチェーンにおける主要技術.....	22
3.2.2 技術的成熟度.....	23
3.2.3 下流部門における脱炭素手段としての重要性.....	24
3.3 水素バリューチェーンにおける日本の強み.....	25
第4章 調査対象国におけるグリーン水素・アンモニアポテンシャルの詳細.....	30
4.1 エジプト.....	30
4.1.1 グリーン水素・アンモニアの製造ポテンシャル.....	30
4.1.2 グリーン水素・アンモニア需要と利用ポテンシャル.....	33
4.1.3 グリーン水素・アンモニア輸送の展望.....	34
4.1.4 関連政策の動向.....	35
4.1.5 関連プロジェクトの動向.....	36
4.2 ナミビア.....	37
4.2.1 グリーン水素・アンモニア製造ポテンシャル.....	37
4.2.2 グリーン水素・アンモニア需要と利用ポテンシャル.....	40
4.2.3 グリーン水素・アンモニア輸送の展望.....	41
4.2.4 関連政策の動向.....	42
4.2.5 関連プロジェクトの動向.....	43

4.3 南アフリカ	44
4.3.1 グリーン水素・アンモニア製造ポテンシャル	44
4.3.2 グリーン水素・アンモニア需要と利用ポテンシャル	47
4.3.3 グリーン水素・アンモニア輸送の展望	48
4.3.4 関連政策の動向	49
4.3.5 関連プロジェクトの動向	50
第5章 ステークホルダーへの聞き取り調査結果	51
5.1 エジプト	51
5.1.1 ステークホルダーによる現状理解	51
5.1.2 主な課題と期待されているアプローチ	52
5.2 ナミビア	53
5.2.1 ステークホルダーによる現状理解	53
5.2.2 主な課題と期待されているアプローチ	55
5.3 南アフリカ	56
5.3.1 ステークホルダーによる現状理解	56
5.3.2 主な課題と期待されているアプローチ	57
第6章 JICAによる支援の方向性、具体的な支援案	59
6.1 エジプト	61
6.2 ナミビア	69
6.3 南アフリカ	76
6.4 三か国共通: 需要の促進	84
第7章 セミナー実施報告	89
7.1 日本におけるセミナー開催	89
7.2 南アフリカにおけるセミナー開催	89
添付資料	91

図 目次

図 1	本調査の全体像	11
図 2	本調査の業務計画	12
図 3	産業分野別の水素需要（グローバル）	13
図 4	供給源別の水素需要の割合（グローバル）	14
図 5	世界の水素需要と供給国・地域の見通し	15
図 6	アフリカにおける再生可能エネルギーのポテンシャル	16
図 7	アフリカ地域別の LCOH 推定値	16
図 8	産業分野別の水素需要（アフリカ）	17
図 9	各国政府のグリーン水素・アンモニアに関連した最近の動向	18
図 10	発表済のグリーン水素・アンモニアプロジェクト－グローバル	18
図 11	発表済のグリーン水素・アンモニアプロジェクト－アフリカ	19
図 12	アフリカの水素バリューチェーン構築のための 4 つの支援領域	20
図 13	調査対象国の選定における比較	21
図 14	グリーン水素・アンモニアバリューチェーンの主要技術	23
図 15	グリーン水素・アンモニアバリューチェーンの主要技術の成熟度	23
図 16	下流部門における水素・アンモニアの各用途の重要性	24
図 17	水素・アンモニアの用途の代替技術に対する価格競争力評価	25
図 18	グリーン水素・アンモニアバリューチェーンの主要技術に係る日本企業の競争力	25
図 19	水素・アンモニアバリューチェーンにおける商社の主な活動	29
図 20	エジプトにおける風力・太陽光のポテンシャル	30
図 21	エジプトにおけるグリーン水素・アンモニア製造ポテンシャルの高い地域	31
図 22	主要国別の LCOH－エジプト	32
図 23	WACC を引き下げた場合の LCOH－エジプト	32
図 24	エジプトにおける部門別の温室効果ガス排出量	33
図 25	エジプトにおける水素需要の予測	34
図 26	エジプトにおける水素パイプラインルート案	35
図 27	エジプトにおけるグリーン水素・アンモニア関連プロジェクト	37
図 28	ナミビアにおける太陽光・風力発電のポテンシャル	38
図 29	主要国別の LCOH－ナミビア	39
図 30	WACC を引き下げた場合の LCOH－ナミビア	39
図 31	ナミビアにおける部門別の温室効果ガス排出量	40
図 32	ナミビアにおける水素需要の予測	41
図 33	ナミビアにおけるグリーン水素・アンモニアの輸出港湾開発	41
図 34	ナミビアにおける主な温室効果ガス削減施策	42
図 35	ナミビアにおけるグリーン水素・アンモニア関連プロジェクト	44
図 36	南アフリカにおける太陽光・風力発電のポテンシャル	45

図 37	南アフリカにおける水素製造ポテンシャルの高い地域.....	46
図 38	主要国別の LCOH – 南アフリカ	46
図 39	WACC を引き下げた場合の LCOH – 南アフリカ	47
図 40	南アフリカにおける部門別の温室効果ガス排出量	47
図 41	南アフリカにおける水素需要の予測.....	48
図 42	南アフリカにおけるグリーン水素・アンモニア関連プロジェクト.....	50
図 43	グリーン水素バリューチェーン全体の主要課題の概要.....	60
図 44	エジプトの主な課題とソリューション案	62
図 45	MOERE が策定したエジプトのグリーン・エネルギー回廊構想.....	65
図 46	エジプトにおける EBRD の支援事例.....	68
図 47	ナミビアの主な課題とソリューション案	69
図 48	EU によるナミビアへの援助パッケージの事例	74
図 49	ドイツ政府によるナミビアへの援助パッケージの事例.....	74
図 50	ナミビアにおけるドナー支援によるプロジェクト計画の事例	75
図 51	南アフリカの主な課題とソリューション案.....	76
図 52	南アフリカにおける潜在的な水素の拠点とクラスターの分散.....	79
図 53	GIZ による南アフリカ支援パッケージの事例.....	83
図 54	オランダ、デンマーク、南アフリカによるブレンデッドファイナンスファンドの事例.....	84
図 55	南アフリカにおけるドナー支援によるプロジェクト計画の事例	84
図 56	ドイツによる「H2 グローバル」の概要および設立経緯.....	85
図 57	グリーン水素の供給および需要側に関する調査イメージ	87
図 58	日本によるグリーン水素調達スキームと想定する主要ステークホルダーのイメージ.....	88
図 A-1	援助機関や国際開発金融機関による支援策のロングリスト	93

表 目次

表 1	主な成果物.....	11
表 2	各技術における日本の強み分析の詳細	26
表 3	エジプト (1/5): 送電回廊の地域開発計画策定に関する技術協力.....	62
表 4	エジプト (2/5): 地域開発計画で定めた送電回廊の構築実現のための円借款の供与.....	63
表 5	エジプト (3/5): グリーン水素・アンモニア製造のプロジェクト開発事業者に対する PSIF の提供	65
表 6	エジプト (4/5): グリーン水素・アンモニア産業に注力した技術者の能力開発に向けた技術協力..	66
表 7	エジプト (5/5): グリーン水素・アンモニアの製造、利用、輸出のための規制枠組設計に向けた技術 協力.....	67
表 8	ナミビア (1/4): 低スキル人材へのトレーニングを目的とした技術協力.....	70
表 9	ナミビア (2/4): 港湾、送電網、パイプラインの整備に関わる政府に対する円借款の供与.....	70
表 10	ナミビア (3/4): グリーン水素・アンモニア製造のプロジェクト開発事業者に対する PSIF の提供	72
表 11	ナミビア (4/4): グリーン水素・アンモニア産業に対する分野別開発政策借款(DPL)の提供.....	72
表 12	南アフリカ (1/6): 電力危機下におけるグリーン水素・アンモニア開発に関する戦略的政策ナラテ ィブの作成を技術協力により支援.....	77
表 13	南アフリカ (2/6): 送電回廊の地域開発計画策定に関する技術協力	78
表 14	南アフリカ (3/6): 水素・アンモニア関連の専門技術トレーニング実施のための技術協力.....	79
表 15	南アフリカ (4/6): グリーン水素・アンモニア製造のプロジェクト開発事業者に対する PSIF の提 供	80
表 16	南アフリカ (5/6): Port Elizabeth、Boegoebaai 等でのグリーン水素・アンモニア輸出港整備等の 可能性調査に関する技術協力	81
表 17	南アフリカ (6/6): グリーン水素・アンモニア産業に対する分野別開発政策借款(DPL)の提供.....	82
表 A-1	開発援助機関によるサポートプロジェクトリスト(非網羅的)	91

略語表

AFOLU	農業・森林・その他の土地利用
AfDB	アフリカ開発銀行
AFD	フランス開発庁
AIIB	アジアインフラ投資銀行
ALSF	アフリカ法務サービスファシリティ
AllianzGI	アリアンツ・グローバル・インベスターズ
ANRE	資源エネルギー庁
BAU	現状維持
BMBF	ドイツ連邦教育・研究省
BMWK	ドイツ連邦経済・気候保護省
BMZ	ドイツ連邦経済協力・開発省
BOO	建設・運営・所有
CAPEX	資本的支出
CBAM	炭素国境調整メカニズム
CFM	クライメイト・ファンド・マネージャー (Climate Fund Managers)
CHP	熱電併給
CO2	二酸化炭素
COP27	気候変動枠組条約第 27 回締約国会議
DAA	開発援助機関
DBSA	南部アフリカ開発銀行
DPL	開発政策借款
DTIC	経済産業競争省
DSI	科学技術省
DOE	エネルギー省
DMRE	鉱物資源省
DHET	高等教育・訓練省
DWV	ドイツ水素・燃料電池協会
EBRD	欧州復興開発銀行
EIB	欧州投資銀行
ISA	太陽に関する国際的な同盟
AU	アフリカ連合
EETC	エジプト電力送電会社
EEHC	エジプト電力公社
EDF	フランス電力
Egypt-ERA	エジプト電力設備・消費者保護監督庁
EMCAF	新興市場気候行動ファンド
EPC	設計・調達・建設
EPSA	アフリカの民間セクター開発のための共同イニシアティブ
EU	欧州連合
EUR	ユーロ(通貨)
EWSETA	エネルギー・水セクター教育訓練機関
E-JUST	エジプト日本科学技術大学
FCEV	燃料電池電動車

FY	会計年度
FMO	オランダ開発金融会社
FiT	固定価格買取制度
GAFI	投資・フリーゾーン庁
GDP	国内総生産
GHG	温室効果ガス
GH2	グリーン水素
GI fund	グリーンイノベーション基金
GIZ	ドイツ国際協力公社
GTL	天然ガスの液体燃料化
GWEC	世界風力会議
GW	ギガワット
GWl DesalData	世界の水道産業情報 淡水化プラントデータベース
H2	水素
SA-H2 Fund	南アフリカ水素ファンド
H2. SA	南アのグリーン水素経済開発の促進プロジェクト（プロジェクト名）
Hint.co	水素仲介ネットワーク有限会社
IDC	南アフリカ産業開発公社
IEA	国際エネルギー機関
IFC	国際金融公社
IPP	独立発電事業者
IRENA	国際再生可能エネルギー機関
JBIC	国際協力銀行
JETRO	日本貿易振興機構
JET-P	公正なエネルギー移行パートナーシップ
JOGMEC	金属鉱物資源機構
JICA	国際協力機構
KfW	ドイツ復興銀行
LCODH	水素輸送の単位あたりコスト
LCOH	水素の単位あたりコスト
LNG	液化天然ガス
LOHC	液体有機水素キャリア
LULUCF	土地利用変化及び林業
METI	経済産業省
MDB	国際開発金融機関
MME	鉱山エネルギー省
MIGA	多国間投資保証機関
MHETI	高等教育・訓練・イノベーション省
MOU	基本合意書
MOERE	電力・再生可能エネルギー省
MOFA	外務省
MOHESR	高等教育省
NamPort	ナミビア港湾公社
NamPower	ナミビア電力公社

NCG	北ケープ州政府
NDC	国が決定する貢献
NTA	ナミビアトレーニング庁
Norad	ノルウェー開発協力庁
NSL	ノンソブリン事業向け EPSA ローン
NREA	新・再生可能エネルギー庁
NWM	ナドール西港
ODA	政府開発援助
OJT	オン・ザ・ジョブ・トレーニング
OCI	OCI (企業名)
OEM	相手先ブランド製造業者
OECD	経済協力開発機構
PEM	固体高分子膜
PPA	電力販売契約
PPP	官民連携
PSIF	海外投融資
PVOUT	太陽光発電アウトプット
PROPARCO	プロパルコ (フランス政府系開発財務機関)
REFIT	再生可能エネルギーの固定価格買取制度
RED	再生可能エネルギー指令
RfP	提案依頼書
RES	再生可能エネルギー源
SA	南アフリカ
SAF	持続可能な航空燃料
SALGA	南アフリカ地方自治協会
SAGEN	南アフリカ・ドイツエネルギープログラム
SDG	持続可能な開発目標
SCDI Namibia Green Hydrogen Project	ナミビア南部回廊開発構想水素プロジェクト
SCZone	スエズ運河特別経済区
SEZ	特別経済区域
TICAD	アフリカ開発会議
TRL	技術実証段階
TVET	職業技術教育訓練
TSFE	エジプト・ファンド
TSO	送電系統運用者
USD	アメリカ合衆国ドル
WCG	西ケープ州政府
VAT	消費税
WACC	加重平均資本コスト

要 旨

本レポートは「アフリカ地域(広域) グリーン水素・アンモニアの開発と利活用・官民連携の可能性に関する情報収集・確認調査」の実施内容について、ファイナルレポート(最終報告書)として取りまとめたものである。

本レポートは7章で構成されており、以下にその要旨を記載した。

1. 背景、調査の進め方

2022年8月にチュニジアで開催された第8回アフリカ開発会議(以下「TICAD8」)において、日本よりアフリカ・グリーン成長イニシアティブの発表がなされた。同イニシアティブの内容は経済産業省、外務省より発表されており、この中で水素活用も含む脱炭素への構造転換を見据えた「グリーン成長」への取り組みについて触れられている¹。

本調査の目的はアフリカにおけるグリーン水素・アンモニア活用支援に分析と具体的な施策を検討することにある。調査においてはフェーズ1: 支援内容の仮説構築に向けた情報収集および分析(国内調査)、フェーズ2: ポテンシャル・支援ニーズの詳細検証(現地調査)、フェーズ3: 具体的な支援内容の作成・提言、の3フェーズに分けて活動を実施した。

2. アフリカにおけるグリーン水素・アンモニアのポテンシャル

本章では、水素の一般的な役割を確認した後、アフリカにおける水素・アンモニアのポテンシャル、需要および開発援助機関の活動概要をまとめた。

水素は再生可能エネルギーを基盤としたエネルギーシステムを実現することに加え、鉄鋼、化学、運輸等の温室効果ガス削減が特に困難なセクターを脱炭素化することでエネルギー移行において重要な役割を果たすと期待されている。この結果、2050年までに世界の水素需要は2020年比7倍に伸び、世界の最終エネルギー需要の20%程度を占めるようになると見込まれている。水素の全体需要のうち約70%をグリーン水素が担うと予測されている一方で、世界の水素需要と供給地域が一致していないことから、水素と派生製品の世界的な輸出入が始まると考えられる²。

アフリカには莫大な再生可能エネルギーポテンシャルがあるため、他地域と比較して高い水素製造ポテンシャルを有している。理論上、アフリカの持つ再生可能エネルギー資源のうち2%を利用すれば2050年の世界需要を上回る水素が製造できるとの分析もある³。アフリカの中でも特にアフリカ北部・南部は風力・太陽光発電を合わせた総合的なポテンシャルが高い。アフリカにおける水素製造コストは地域によって異なるが、2050年にかけて大幅に低下すると予想されている。

一方、水素需要は2030年までは肥料用アンモニアなど従来用途がその大半を占めるが、その後は運輸分野と産業分野における需要が高まっていくと想定される。アフリカ域内の需要としては、2030年代まではエジプトが需要をリードし、その後は南アフリカがリードする見込みであり、この二か国でアフリカの総需要の50%を超えると考えられる⁴。

¹ “Japan’s Green Growth Initiative with Africa (GGA),” METI and MOFA, 2022

² McKinsey Global Energy Perspective 2022

³ Masdar – AFRICA’S GREEN ENERGY REVOLUTION, 2022, <https://www.lemoci.com/wp-content/uploads/2022/11/Report-Africas-Green-Energy-Revolution-3.pdf>

⁴ McKinsey Global Energy Perspective 2022

世界各国の政府は水素経済への投資を進めている。この勢いは民間部門にも広がっており、バリューチェーン全体で既に多くの企業がグリーン水素市場に参入している。これらを合わせて全世界で約1,000件、アフリカでも約40件のプロジェクトが発表されている⁵。

アフリカにおける水素バリューチェーンの確立に向け、主な施策領域として以下のようなものが挙げられる：(1)プロジェクトの事業性向上、(2)必要なインフラの整備、(3)技術者等の能力開発、(4)政府の計画策定・実行の支援。開発援助機関は、さまざまな支援体制を通じてこれらの施策の実行をアフリカで支援している。

上記概要調査を踏まえて、フェーズ2の調査対象国としては、再生可能エネルギーのポテンシャル、現地政府のサポート体制、他ドナーの活動を踏まえ、エジプト、ナミビア、南アフリカを選定した。

3. グリーン水素・アンモニアバリューチェーンにおける日本の強み

本章では、上記2.と平行する形で日本政府の動きおよび水素バリューチェーンでの主要技術を整理した後、各技術について日本企業の競争力を分析した。

日本政府は水素に強い関心を示しており、水素社会を実現するための水素基本戦略を2017年に発表した。水素関連技術への投資も進んでおり、液体水素とグリーン製鉄をはじめとする分野にグリーンイノベーション基金(GI基金)を通じて約8,000億円が充てられている⁶。

水素バリューチェーン内の40種の主要技術のうち、技術的成熟度に加え下流部門については脱炭素化の手段としての重要性に基づき、フェーズ2の対象として20種程度の主要技術を選定した。

上記の主要技術のうち、グローバルプレゼンス、技術的優位性、コスト競争力に鑑み、日本企業が世界の企業に対して競争力を持つと考えられる13種の技術を特定した。

- 日本企業が世界的に競争力を持つ技術：地熱発電システム、送電、海水淡水化膜、アンモニア海上輸送、アンモニア貯蔵、水素自動車、燃料電池自動車、水素バス、燃料電池バス、燃料電池ベースの熱電供給システム
- 一定の条件下で日本企業が世界的に競争力を持つ技術：水力発電システム、海水淡水化プラント、アルカリ水電解装置、水素トラック輸送/水素ステーション、燃料電池トラック

主要技術以外にも日本が持っている強みとしては以下が挙げられる。

- 研究開発段階の技術：日本企業は次に挙げる水素関連技術の研究開発をリードしていると考えられる：液体水素、LOHC、水素/アンモニアを利用した発電、グリーン鉄鋼
- プロジェクト管理：日本の商社も水素産業に積極的に取り組んでおり、バリューチェーン全体にわたるプロジェクト管理の専門知識を獲得しつつある

4. 調査対象国におけるグリーン水素・アンモニアポテンシャル詳細

本章では、エジプト、ナミビア、南アフリカの調査対象三か国についてグリーン水素・アンモニアの製造・利活用、輸送、政策、プロジェクトの動向をまとめた。

⁵ McKinsey Hydrogen Project and Investment Tracker

⁶ NEDO グリーンイノベーション基金 <https://green-innovation.nedo.go.jp/>

エジプト

エジプトには世界有数の再生可能エネルギー源、特に風力と太陽光があり、グリーン水素・アンモニアの主要製造国となる可能性がある。再生可能エネルギー源や需要地へのアクセスと既存インフラの整備状況に鑑み、Suez - Red Sea および Asyut-Luxor が、グリーン水素製造ポテンシャルの高い地域になり得る。LCOH（水素の単位あたりコスト）は 2050 年時点で 2.2 USD/kg H₂ 程度と予想されるが、低コストファイナンスが利用できればさらに価格が低くなると考えられる⁷。

一方、エジプト国内の水素需要は 2030 年には約 1.5 Mtpa に達し、化学品・石油精製部門での利用が水素需要を牽引する主な要因となると見込まれる。また、エジプトには水素輸出のポテンシャルも存在している。水素需要地である欧州とは地理的に近いことに加え、既に水素開発関連の連携が行われており、欧州は主な輸出先の一つに挙げられている。エジプトの水素輸出は 2030 年には約 2.5 Mtpa 規模となる可能性がある⁸。

輸送については、特に世界各国向けの海上輸送に加え、欧州向けのパイプラインの両方による海外輸出ができるよう輸送インフラを整備する必要がある。国内需要を対象とした輸送インフラも必要となるが、既存の水素および天然ガス向けインフラにより一定程度をカバーできる可能性がある。

エジプト政府は 2022 年にグリーン水素戦略を発表した。この戦略の中でエジプトは世界の水素市場の 5-8% のシェアを獲得することで世界のグリーン水素経済のリーダーの一人となることを目指している⁹。また、2023 年に草案が閣議決定され 2024 年 1 月に正式承認された新たな水素インセンティブパッケージではこの実現のために上流/中流部門の開発促進を目指した減税措置等の支援が示されている¹⁰。

また、欧州復興銀行（EBRD）は 80 百万米ドルのエクイティ・ブリッジ・ローンを書エズ経済特区に設立された Egypt Green Hydrogen 社に提供することで、エジプトの水素経済の開発を支援している¹¹。エジプトで発表されたプロジェクトは主に上流・中流部門を対象としている。

ナミビア

ナミビアも世界有数の再生可能エネルギー源、特に風力と太陽光があり、グリーン水素・アンモニアの主要製造国となる可能性を持つ。特にナミビア南部(Karas)と北部(Kunene)はグリーン水素・アンモニア製造の重要地域となりうる。LCOH は 2050 年時点で 1.9 USD/kg H₂ 程度になると予想されるが、低コストファイナンスが利用できればさらに価格が低くなると考えられる¹²。

一方、同国の人口は約 250 万人に過ぎないため、水素産業発展の鍵は海外輸出と想定されている。国内の水素需要は主に運輸セクターから見込まれるが、2050 年の需要は 80 ktpa 程度にとどまり、水素生産量の 1% に満たない水準である¹³。

⁷ McKinsey Hydrogen Cost Optimization Model

⁸ The European Commission has proposed to import 10 million tons of renewable hydrogen by 2030.
https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen_en Assuming Egypt capture 25% of it.

⁹ <https://idsc.gov.eg/upload/DocumentLibraryIssues/AttachmentE/8444/Egyptian%20Path%20of%20Investments%20in%20Green%20Hydrogen.pdf>

¹⁰ Hydrogeninsights “Egypt’s suite of green hydrogen tax incentives signed into law by president”, January 30, 2024
<https://www.hydrogeninsight.com/policy/egypt-s-suite-of-green-hydrogen-tax-incentives-signed-into-law-by-president/2-1-1590878>

¹¹ EBRD プレスリリース <https://www.ebrd.com/news/2022/ebrd-supports-first-green-hydrogen-facility-in-egypt-.html>

¹² McKinsey Hydrogen Cost Optimization Model

¹³ McKinsey Global Energy Perspective 2022

輸送については、特に海上輸送を利用した海外輸出向けに中流の輸送インフラを整備する必要があると考えられる。同国が2022年に公表した“Namibia Green Hydrogen and Derivatives Strategy¹⁴⁾”では、ナミビア南部では Luderitz 港が、中部では Walvis Bay 港が水素輸出に利用できるが、北部では新しい港を開発する必要があることが示されている。

ナミビア政府は脱炭素化のための重要なイネーブラーとして水素を捉えている。前述の“Namibia Green Hydrogen and Derivatives Strategy”では、2050年に年間10～15 Mtpaの水素を製造し、ヨーロッパや東アジアの主要需要地に輸出することを目指している。また現在、上・中流の取り組みに対する規制とインセンティブ制度を構築中である。

ナミビアで発表済のプロジェクトは主に上流全体と輸送向けの中流に焦点が当てられている。Southern Corridor Development Initiative (SCDI) Namibia Green Hydrogen Project は、ナミビア南部においてグリーン水素・アンモニアの製造ハブを開発中であり、10億米ドルの投資、合計7GWの再生可能エネルギーの発電容量、3GWの電解容量などナミビア最大のグリーン水素・アンモニア開発プロジェクトであり、同国の取り組みを牽引している¹⁵⁾。

南アフリカ

南アフリカには世界有数の再生可能エネルギー源、特に陸上風力と太陽光があり、グリーン水素・アンモニアの主要製造国となる可能性を秘めている。再生可能エネルギー源、需要地へのアクセス、既存インフラの整備状況を考慮すると、Northern Cape 州、Western Cape 州、Eastern Cape 州、Gauteng 州および Mpumalanga 州一帯はグリーン水素プロジェクト開発のポテンシャルが高い。LCOH は2050年時点で2.0 USD/kg H₂程度になると予想されるが、低コストファイナンスが利用できればさらに価格が低くなると考えられる¹⁶⁾。

一方、南アフリカ国内の水素需要は2030年までは限定的だが、その後、発電(特に2040年代)・鉄鋼・運輸・その他の産業のセクターで伸びると予想される。2050年には約8Mtpaに達すると予想されており、国の水素製造目標の1/3に相当する¹⁷⁾。そのため、残り2/3をカバーすると考えられる海外輸出が、南アフリカの水素産業発展の鍵となると考えられる。

輸送については、国内利用・海外輸出の中流の輸送インフラを設置する必要があると考えられる。国内利用向けには、Limpopo 州から Durban まで「水素回廊」を建設し、水素を製造拠点から主要な工業地帯まで輸送する計画が“South Africa Hydrogen Valley”¹⁸⁾として政府により策定されている。海外輸出は主に海上での輸送となり、既存のガス液化(GTL)施設を活用する可能性も存在している。

南アフリカ政府は公正な経済移行の実現に向けたレバレッジとして水素を捉えている。2021年に発表された“Hydrogen Society Roadmap”¹⁹⁾の中では、2050年までに海外輸出と国内での輸送・発電での利用を見込んでおり、4%のグローバル市場シェアを持つグリーン水素の主要製造国を目指すこととし

¹⁴⁾ Namibia Green Hydrogen and Derivatives Strategy, https://www.ensafrica.com/uploads/newsarticles/0_namibia-gh2-strategy-rev2.pdf

¹⁵⁾ Hyphen 社ウェブサイト <https://hyphenafrika.com/projects/>

¹⁶⁾ McKinsey Hydrogen Cost Optimization Model

¹⁷⁾ McKinsey Global Energy Perspective 2022

¹⁸⁾ South Africa Hydrogen Valley Final Report, 2021

https://www.dst.gov.za/images/2021/Hydrogen_Valley_Feasibility_Study_Report_Final_Version.pdf

¹⁹⁾ Hydrogen Society Roadmap for South Africa 2021, Department of Science and Innovation
https://www.dst.gov.za/images/South_African_Hydrogen_Society_RoadmapV1.pdf

ている。また、2024 年までに上・中流活動のための規制とインセンティブ制度を制定する見込みである。

南アフリカではグリーン水素・アンモニアの各バリューチェーン全体にわたってプロジェクトが発表されている。例えば、Northern Cape 州でグリーンアンモニアハブを開発している Boegoebaai プロジェクトは 10GW の電解容量を計画する²⁰など南アフリカの水素関連プロジェクトの中でも主要なプロジェクトの一つである。

5. 各国における聞き取り調査の結果

本調査においては、エジプト、ナミビア、南アフリカにおける現地ステークホルダーに加え地域横断的なステークホルダーへの聞き取り調査を計 34 件実施した。主な示唆として得られたものを以下に示す。

エジプト

- 水素バリューチェーンの形成に向けた機運が醸成されている：
 - － 23 件の MoU が締結され、うち 9 件はフレームワーク合意に漕ぎ着けている
 - － 26,000km² に及ぶ広大な土地を再生可能エネルギーによる発電のために確保済である
 - － 人材育成学校 (Elsewedy Technical Academy) によるグリーン水素関連のコースが開講予定である
 - － 地中海に面する Dimyat 港において関連プロジェクト 2 件が実施されている。1 件はグリーンアンモニアに関するもので、約 5 億米ドルの投資がなされている。もう 1 件は Scatec によるグリーンアンモニア・メタノールに関するプロジェクトで、バンカリング設備の整備も対象としている
- 中央政府から関係当局に至るまで政府のサポート体制が手厚い。首相主導のもと水素評議会が設立され、関係各省がこの評議会における議論に参加しており、技術委員会も発足している。2023 年 11 月にグリーン水素戦略が発表された
- EBRD はエジプトにおける援助機関として最も活発に活動している機関の一つである。African Legal Support Facility (ALSF) においても水素関連のプロジェクト形成をサポートする動きが見られる
- 水素バリューチェーンの実現に向けた主な課題や要望としては、資金調達コストの低減、プロジェクトの事業性の担保、送電網やパイプライン等の関連インフラ整備、グリーン水素に関する規制フレームワークや認証制度の整備、政府間の連携等が挙げられる

ナミビア

- ナミビアはグリーン水素の事業開発関係者の強い関心を集めている。政府はグリーン水素・アンモニアの開発・輸出プロジェクトを強く後押ししており、初の入札実施を含め、この 2 年で RfP を複数発出している。入札の結果、同国の基幹プロジェクトである Southern Corridor Development Initiative (SCDI) hydrogen project の事業者としては Hyphen

²⁰ Engineering News <https://www.engineeringnews.co.za/print-version/boegoebaai-green-hydrogenprogramme-south-africa-update-2023-12-08>

Hydrogen Energy 社が選出され、同社は既にこの実施についてナミビア政府との合意書に署名を済ませ開発を推進している。また、HDF 社は中部 Swakopmund 地区でより小規模なプロジェクトを開発している²¹

- ナミビア政府は野心的かつ詳細なグリーン水素戦略（Namibia Green Hydrogen and Derivatives Strategy）を策定・公表済みである。この中で、同政府はグリーン水素産業の確立が優先検討事項であることを明言している。上述のHyphen社によるプロジェクトの実施支援を重視しており、このために必要となる支援体制の整備を計画している
- 政府はナミビア中央部、南部、北部について開発計画の策定を計画中であり、さらなる入札案件群や規制枠組みを検討している。既存の外交関係が深い諸外国の他、新たな協力国との戦略的な提携関係を深めることにも関心を持っている。また、グリーンエネルギーを多く必要とする産業の誘致および多角化にも取り組んでいる
- ナミビアでは援助機関や国際開発金融機関が水素バリューチェーンの開発において多大な支援を行っている。ドイツは当初より大規模な関連計画の策定・実施の支援を続けており、オランダ、EU、世界銀行、アフリカ開発銀行等も存在感を示している
- グリーン水素・アンモニアバリューチェーンの実現に向けた主な課題や要望としては、資金調達コストの低減、プロジェクトの事業性の担保、送電網やパイプライン、港湾等の関連インフラ整備、現地人材の能力開発、現地サプライヤーや EPC 事業者のエコシステム構築支援、規制や認証制度の整備、事業開発パートナーの調整やプロジェクト管理に関する政府の能力開発等が挙げられる

南アフリカ

- 政策アジェンダとして水素の優先順位は上がっているものの、南アフリカ政府の中では依然として最優先検討事項には至っていないというのが多くのステークホルダーの見解であった。この背景には南アフリカ全土に渡る慢性的な電力不足があると見られており、グリーン水素に関する構想がこの電力不足問題の解消とトレードオフになっていると認識されていることが挙げられている。しかし、民間事業開発者や一部の先進的な州政府では水素バリューチェーン構築に向けた機運が醸成されてきている
- 民間セクターにおいては、主に鉄鋼業（ArcelorMittal 社等）や鉱業（Anglo American 社等）を中心として水素関連のイニシアティブや実証事業の構築が進行している。Sasol 社は輸出用に 500kt/年のグリーン水素生産を計画しており、他の企業においても機会を模索する動きが見られる。全体としては産業界における水素関連の気運は高まっているが、政策枠組みによる支援等、政府のコミットメントは依然として不透明であることから、事業の立ち上げ・実施については慎重な姿勢が見られる
- 水素バリューチェーンの構築に係る援助機関や開発銀行による支援は、Just Energy Transition Partnership（JET-P：公正なエネルギー移行パートナーシップ）に関連させる形で行われるものが中心となっている。独 GIZ はより具体的な支援によりグリーン水素関連の産業立ち上げを支援しており、世界銀行はグリーンアンモニアの輸出やバンカリング燃料としての利用可能性における既存港の活用について、実現可能性調査を実施している

²¹ HDF Energy ウェブサイト <https://www.renewstable-swakopmund.com/>

- 水素バリューチェーンの実現に向けた主な課題や要望としては、市場リスク対応のためのオフテイク契約の確保、資金調達コストの低減、送電網やパイプライン等の関連インフラ整備等が挙げられる。グリーン水素生産に関して電力不足や公正な移行との間でトレードオフが存在すると人々に（時として不正確に）認知されていること、政策インセンティブや明確なフレームワークの不在、職業人材の不足についても課題として指摘されている

6. JICAによる支援の方向性、具体的な支援案

本章では、第1～5章の調査や議論結果に基づき、JICAとして検討可能な支援オプションについて整理・検討を深めた。具体的なステップは以下の通り：

- ステップ1：第1～5章の調査やステークホルダーとの議論結果に基づき、グリーン水素・アンモニアのバリューチェーンにおいて鍵となる課題を特定
- ステップ2：特定した課題についてJICAが解決策として実施しうる支援策を検討
- ステップ3：支援案について、事業インパクト、裨益者インパクト、現地ニーズ、日本の強み、の4つの観点より優先順位付けを実施
- ステップ4：検討の優先順位が高いと評価された案につき、さらなる深掘り検討を実施し、具体的なプロジェクト内容、想定する重要ステークホルダー等を例示

検討の優先順位が高いと評価された案については国別に節を設けて整理した。オフテイク契約を含む需要促進施策については調査対象三か国のいずれにおいても水素バリューチェーン構築のうねで根源的な課題の一つとして挙げられていたため、独立した節で取り扱っている。

エジプト

- 電力・再生可能エネルギー省(MOERE)やエジプト電力送電会社(EETC)への専門家派遣による送電回廊の地域開発計画の策定に向けた技術協力
- 地域開発計画で定めた送電回廊の構築実現のための円借款の供与
- 民間セクターのグリーン水素製造プロジェクトの開発事業者に対して民間投融資(PSIF: Private Sector Investment and Finance)を提供
- E-JUSTや高専への技術協力を通じ、水素産業における高度なスキルを有する人材のトレーニングを実施
- 技術協力を通じてグリーン水素輸出のための規制枠組設計に関わる規制当局の能力構築を支援

ナミビア

- 技術協力を通じて低スキル人材を対象にトレーニングを実施
- Luderitz または Walvis Bay の港湾および関連する送電網やパイプライン整備に向けた円借款の供与
- 民間セクターのグリーン水素・アンモニア製造プロジェクトの開発事業者に対して民間投融資(PSIF: Private Sector Investment and Finance)を提供
- 供給サイド(主に水素製造、パイプライン建設、港湾開発、能力開発)と需要サイド(域内の供給業者にとって有利な環境の整備)の両方をカバーする分野別開発政策借款(DPL)の提供

南アフリカ

- 技術協力を通じてグリーン水素・アンモニアの開発・輸出は電力危機を悪化させるのではなく、むしろ解消することにもつながることを示す戦略的ナラティブの策定を技術協力を通じて支援
- 再エネ生産地とグリーン水素・アンモニアの生産地・輸出港間をつなぐ送電回廊の地域開発計画の策定に関する技術協力
- 技術協力を通じてグリーン水素・アンモニア産業に特化した技術トレーニングを策定し実行を支援
- 民間セクターのグリーン水素・アンモニア製造プロジェクトの開発事業者に対して民間投融資(PSIF: Private Sector Investment and Finance)を提供
- 技術協力によりグリーン水素・アンモニアに関連した Port Elizabeth の港湾改修や Boegoebaai の開発に関する詳細な実現可能性調査を実施
- 供給サイド(主にグリーン水素・アンモニア、送電、パイプライン建設、港湾開発、能力開発に関する政策ナラティブの作成)と需要サイド(域内の供給業者にとって有利な環境の整備)の両方をカバーする分野別開発政策借款(DPL)の供与

三か国共通：需要の促進

調査対象とした三か国全てにおいて、需要の見通しが不透明であること、より具体的にはグリーン水素・アンモニアのオフテイク契約が担保されていないことが関連プロジェクトの実現に向けて最も根源的な課題の一つであるとの指摘が見られた。第 6.4 節においては、JICA はいかにして需要の促進と担保に向けた仕組みの構築を推進し、アフリカ各国におけるグリーン水素・アンモニア事業の開発におけるリスク要因を軽減すると同時に、価格条件の良いグリーン水素・アンモニアの国内／域内供給の実現を支援し得るかにつき、アプローチを検討した。ドイツの先行事例に鑑み、ここでは二段階に分けた取り組みが有効であるとの仮説に基づいたアプローチを考案している。

第一段階においては、情報収集・確認調査等のスキームを活用し、日本におけるグリーン水素・アンモニア輸入に係る市場形成のためにはいかなる仕組みが有効であるか検討を深め、コンセプトを開発することを想定する。この際、欧州での H2 Global 等の先行事例を参照しつつ、アフリカの供給側から日本の需要側への水素・アンモニアバリューチェーン接続の可能性につき、想定量や取引価格も含め、調査を行う。

第二段階では、鍵となる国内のステークホルダーに働きかけ、第一段階で開発したコンセプト・仕組みの実現を図る。オフテイク契約が保証されていると仮定すると、この段階における JICA の主たる役割は、調査対象三か国等における円借款、技術協力、海外投融資などの活用を通じたグリーン水素プロジェクト開発支援と想定される。

7. セミナー実施報告

本調査の結果に基づき、2024 年 2 月に東京で、同 3 月に南アフリカで調査報告およびエジプト、ナミビア、南アフリカの関係者を招いてのパネルディスカッションを行うセミナーを実施した。東京では在京アフリカ大使館関係者、日本の金融機関、商社、メーカー等から計 80 名程度の参加が

あった。南アフリカのセミナーにおいても現地のグリーン水素関連の政府関係者、事業者など 50 名程度の参加があった。

両セミナーでの議論の中で特にハイライトされたのは、需要の確保およびオフテイクの重要性であった。アフリカ各国のプロジェクトリスク等の高さを軽減するためにも先進国の長期かつ安定的なオフテイクへのコミットが不可欠であり、それを支援する公的な枠組みが不可欠であるとの指摘が多くなされた。また主要な調査対象となった三か国をはじめとするアフリカ各国は競合関係ではなく、お互いにグリーン水素・アンモニアの開発に取り組むことで長期的に生産コストが低減され、その結果は自国内にも還元されるとし、各国での連携が重要であるとの認識が示された。

第1章 背景、調査の進め方

1.1 背景

アフリカ地域の人口および GDP 成長に合わせてエネルギー需要の増加が予想される中、各国政府は脱炭素化に向けたイニシアティブを策定している²²。資金、設備、技術はエネルギー移行および持続的な経済成長の実現に不可欠である一方、アフリカではこれらへのアクセスは限られている。

2022年8月に開催された第8回アフリカ開発会議(以下、TICAD8)では、日本政府により官民あわせて今後3年間で300億ドルを投資し、日本・アフリカ関係の躍進へとつなげる「TICAD8における日本の取組み」が発表された。そこには水素等によるエネルギー移行を含む「アフリカ・グリーン成長イニシアチブ」への取組みが含まれている²³。JICAはこの取組みを活用することで前述の課題の解決を支援するため、アフリカ地域におけるグリーン水素・アンモニア開発の現状理解および解決策に関する調査分析を必要としている。

1.2 目的

上記背景を踏まえ、本事業ではアフリカ・グリーン成長イニシアチブを加速し、アフリカ地域におけるグリーン水素・アンモニアの開発や製造、輸出などの利活用を推進するための円借款や技術協力等の各種施策の立案に資する情報を収集することを目的としている。実施した活動は以下の通りである。

- アフリカ地域におけるグリーン水素・アンモニアのポテンシャル調査(現状、課題、将来展望等)
- グリーン水素・アンモニアバリューチェーンにおける日本企業の競争力の分析
- JICAがアフリカ地域におけるグリーン水素・アンモニア開発を支援するために取りうる施策の特定
- 調査結果を共有し取りうる施策について議論するためのインタビューおよびセミナーの実施(日本国内およびアフリカ現地)

1.3 業務実施の方法

次の3つのフェーズに分けて業務を実施した。

- (1) 支援内容の仮説構築に向けた情報収集および分析(国内調査)
- (2) ポテンシャル・支援ニーズの詳細検証(現地調査)
- (3) 具体的な支援内容の作成・提言

各フェーズに応じて(A)から(F)の活動を実施項目とした(図1)。

なお、これらの調査分析にあたってはマッキンゼーが有する Global Energy Perspective、Hydrogen Cost Optimization Model といった分析アセットも活用した。水素需要の見通し等につい

²² 気候変動に関する国際連合枠組条約(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)

²³ TICAD8における日本の取組 <https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/100386135.pdf>

では、Global Energy Perspective が有する複数シナリオのうち、Achieved Commitments Scenario という 2050 年までの温度上昇を 1.7℃程度に抑えるネットゼロ目標が達成されるシナリオを使用している²⁴。

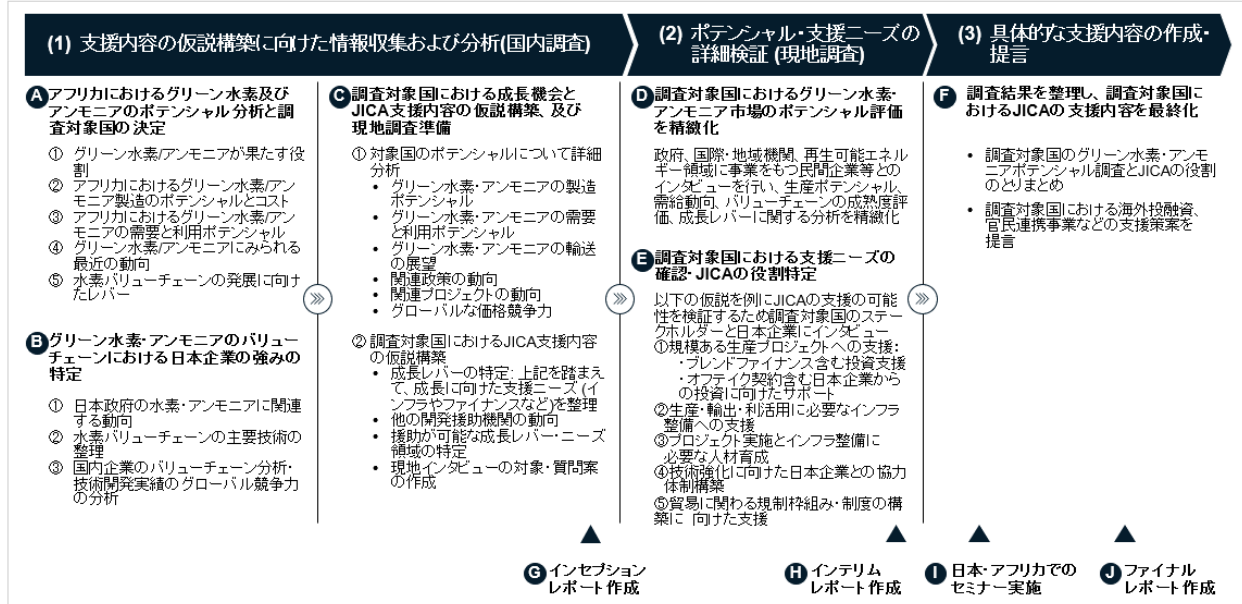


図 1 本調査の全体像

本事業の詳細と成果物は表 1 の通りである。

表 1 主な成果物

提出物・成果物	内 容	提出時期
インセプションレポート (日・英)	・ フェーズ1(国内調査)の調査結果 ・ フェーズ2(現地調査)の活動計画(インタビュー実施方針詳細等)	2023年7月
インタリムレポート (日・英)	・ フェーズ2(現地調査)の調査結果 ・ フェーズ3(セミナー実施・ファイナルレポート作成)の活動計画	2023年10月
ドラフトファイナルレポート (日・英)	全フェーズの調査結果(セミナー開催報告以外)	2023年12月
ファイナルレポート (日・英)	全フェーズの調査結果(セミナー開催報告を含む)	2024年4月

1.4 作業計画

図 2 は本調査の業務計画である。

²⁴ Global Energy Perspective の詳細については次を参照。<https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2022>

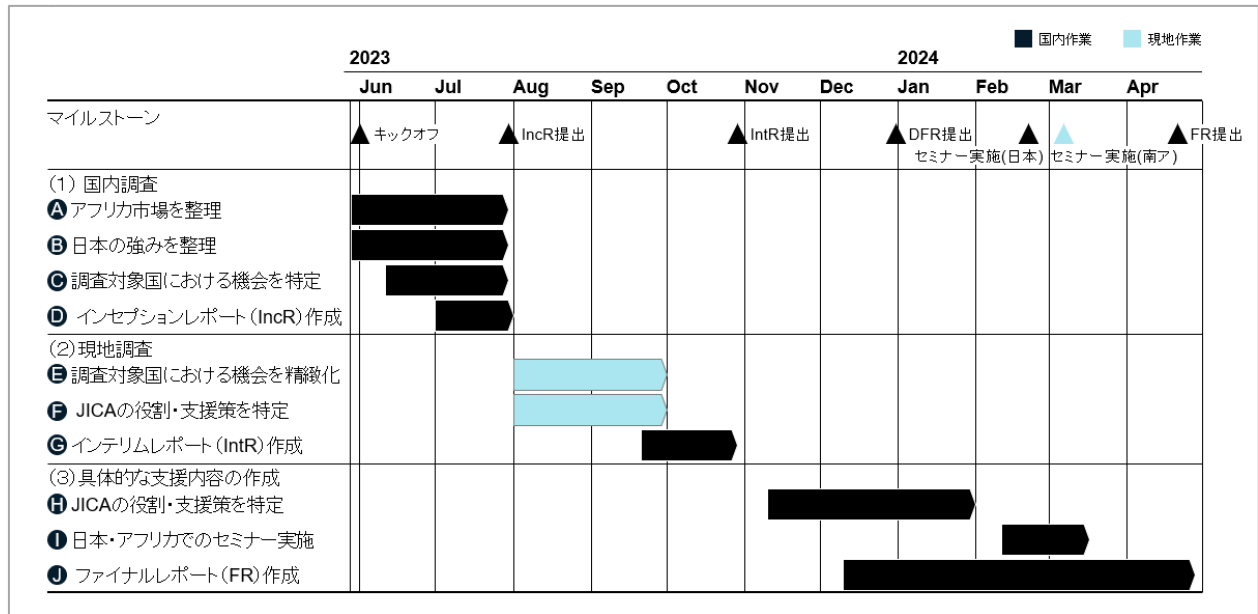


図 2 本調査の業務計画

第2章 アフリカにおけるグリーン水素・アンモニアのポテンシャル分析

2.1 グリーン水素・アンモニアが果たす役割

水素は再生可能エネルギーを基盤としたエネルギーシステムを実現することに加え、特に鉄鋼、化学、運輸等の温室効果ガス削減が困難なセクターにおける脱炭素化を推進することにより、エネルギー移行において重要な役割を果たしている。

結果として、2050年までに世界の水素需要は7倍に伸び、世界の最終エネルギー需要の20%程度を占めるようになると見込まれている(図3)。

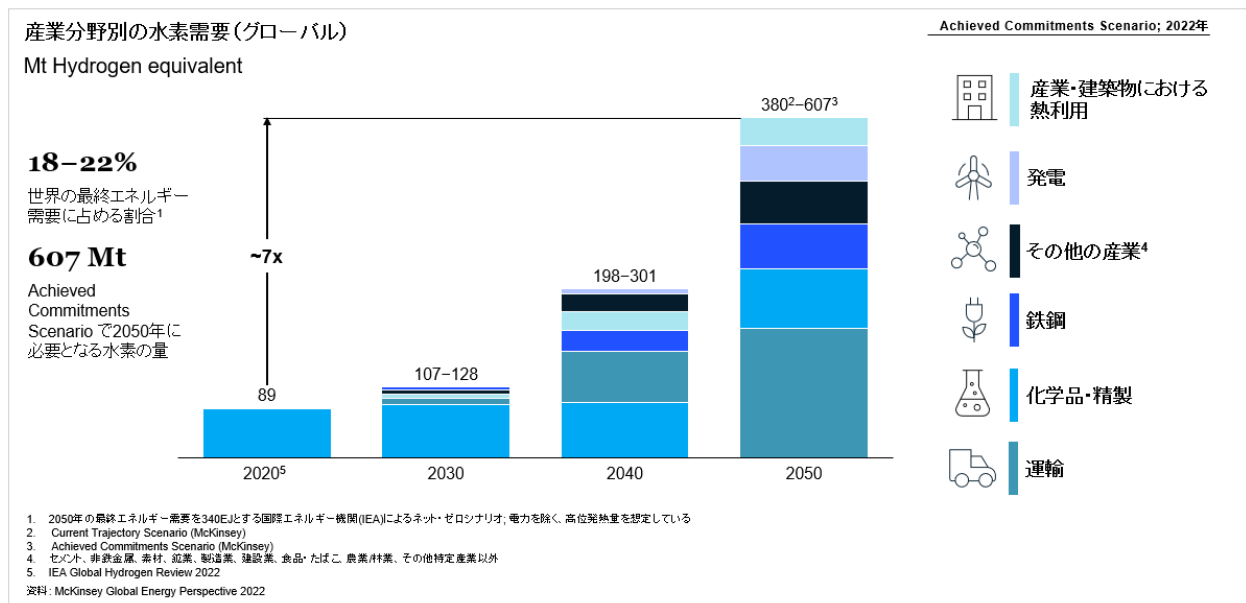


図3 産業分野別の水素需要(グローバル)

この需要のうち、約70%をグリーン水素が担うと予測されている(図4)。これには、1) 再生可能エネルギーと電解装置の導入増加による大幅なコスト改善によりグリーン水素のコスト競争力がさらに高まる、2) 脱炭素化への圧力によりグレー水素が全体に占める割合が減少する、3) ブルー水素²⁵は北米や中東といった天然ガス価格が安くCO₂回収・貯留に経済性がありうる地域に限定される、といった背景がある。

²⁵ 天然ガスや石炭等の化石燃料由来の水素のうち、CO₂回収技術によりCO₂排出を抑制するなどの対策がされた水素。こうしたCO₂抑制対策がされていない化石燃料由来の水素をグレー水素といい、現在生産される水素のほとんどがグレー水素である。

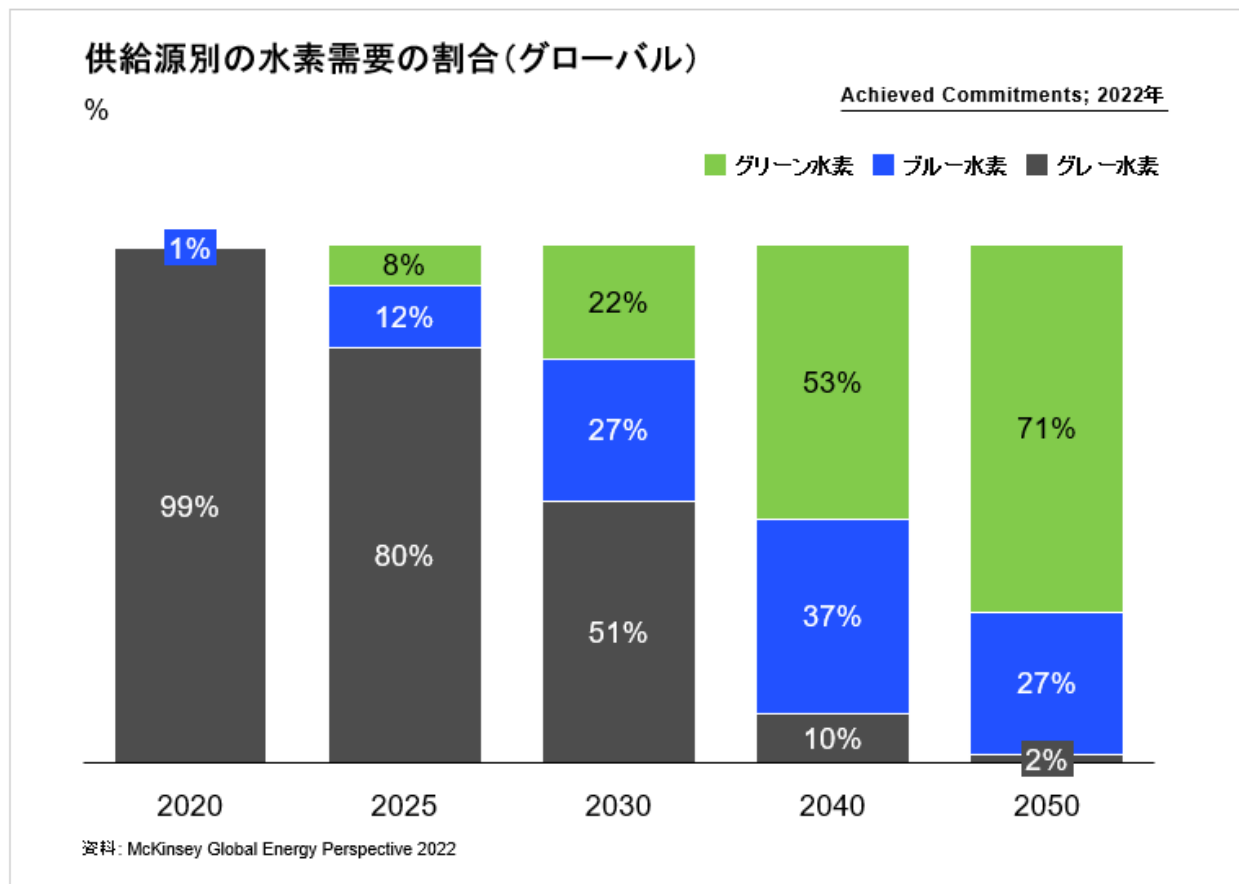


図 4 供給源別の水素需要の割合 (グローバル)

また、世界の水素需要・供給地域が一致していないことから、水素とその派生製品の世界的な輸出入が始まると考えられる²⁶。水素の主な需要地は再生可能エネルギーに制約があることが多く、水素需要を自給できないことから将来的に水素を輸入に頼る見込みである。一方、豊富な再生可能エネルギー資源を有する国はグリーン水素の輸出において有利となる。大きな需要が存在し、かつ再生可能エネルギーの好条件が揃っているために水素を輸入に依存しない可能性がある地域は、中国や米国等の一部の国のみと見込まれる (図 5)。

²⁶ Global Hydrogen Flows, Hydrogen Council

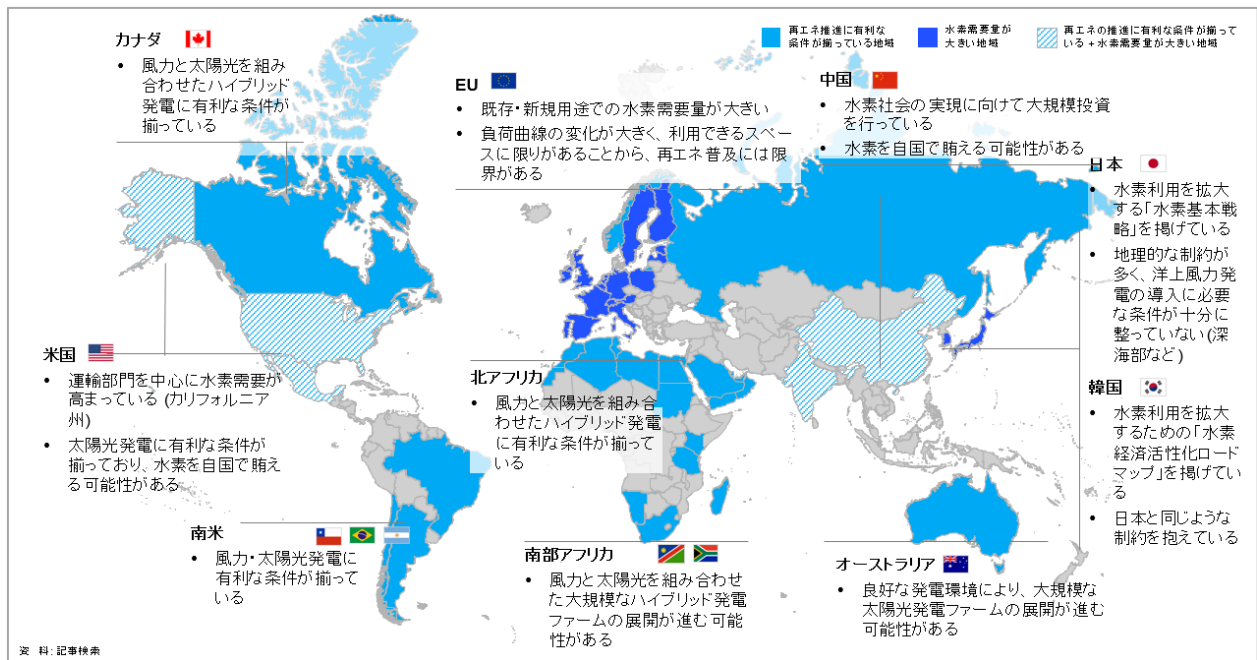


図 5 世界の水素需要と供給国・地域の見通し

2.2 グリーン水素・アンモニアの製造ポテンシャルとコスト

アフリカ地域は非常に大きな再生可能エネルギーの潜在的発電キャパシティ(約 850TW)を有しており²⁷、世界の他地域に対してグリーン水素に関する機会に恵まれている(図 6)。理論上、アフリカの持つ再生可能エネルギー資源のうち 2%を利用すれば、2050 年の世界需要を上回る水素が製造可能との見方もある²⁸。アフリカ地域のうち、北部および南部アフリカは太陽光および風力発電の設備利用率の高さから特に高いポテンシャルを有している。

²⁷ Masdar – Abu Dhabi Sustainability Week 2022

²⁸ Masdar – AFRICA’ S GREEN ENERGY REVOLUTION, 2022, <https://www.lemoci.com/wp-content/uploads/2022/11/Report-Africas-Green-Energy-Revolution-3.pdf>

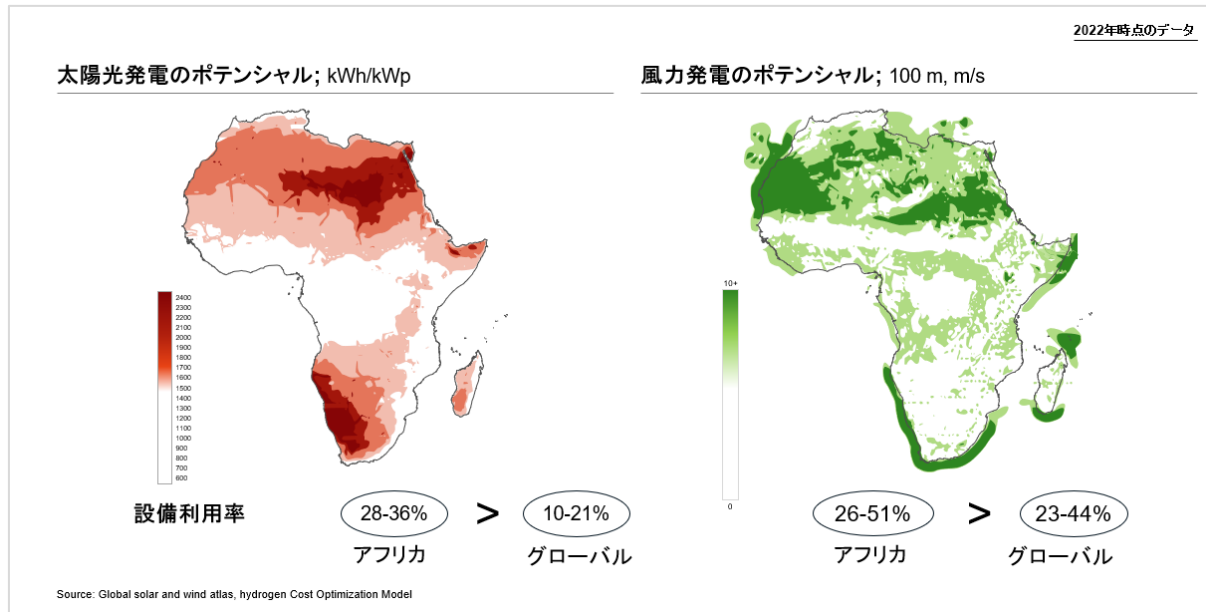


図 6 アフリカにおける再生可能エネルギーのポテンシャル

アフリカにおける水素製造コストは地域によって異なるが、どの地域においても、2050 年にかけて大幅に低下すると予想されている(図 7)。

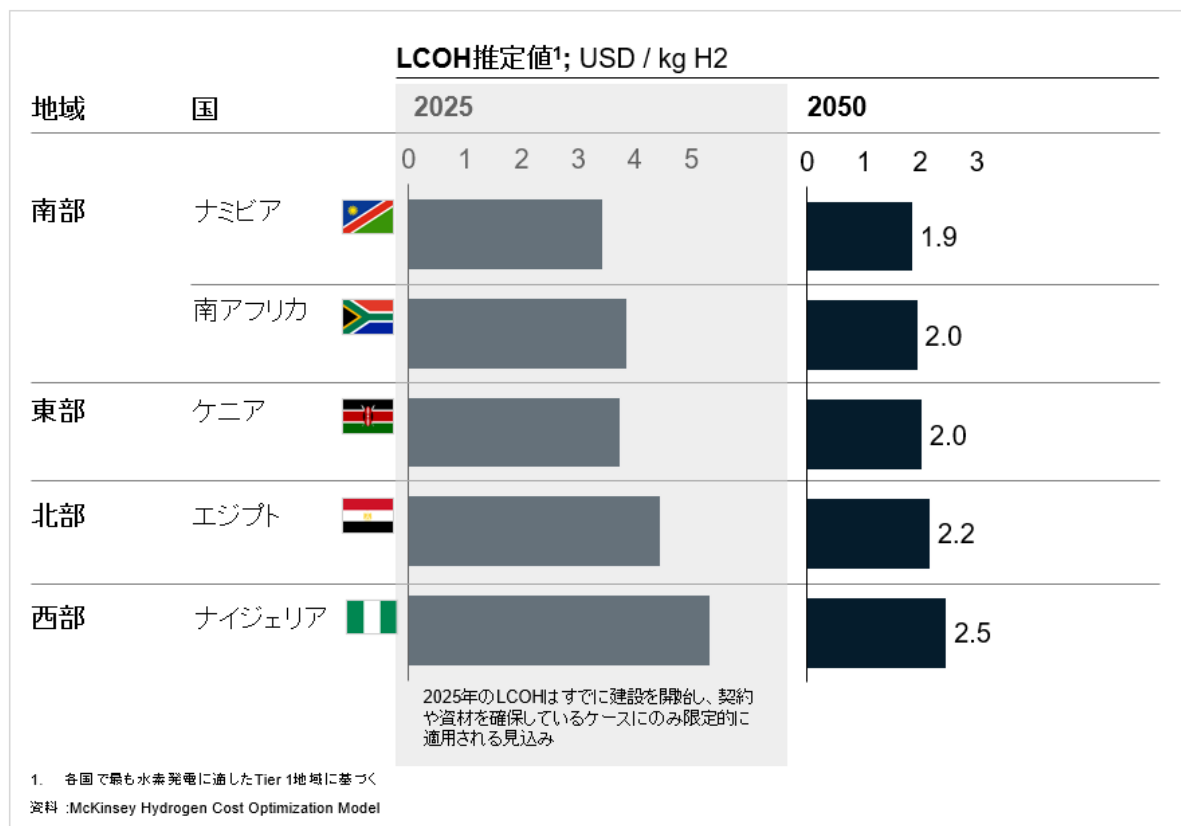


図 7 アフリカ地域別の LCOH 推定値

2.3 グリーン水素・アンモニアの需要と利用ポテンシャル

アフリカにおける水素需要は、2030年までは主に肥料用アンモニア向けの従来型の用途がその大半を占めるが、それ以降は輸送および産業用途での需要が高まると見込まれる(図8)。

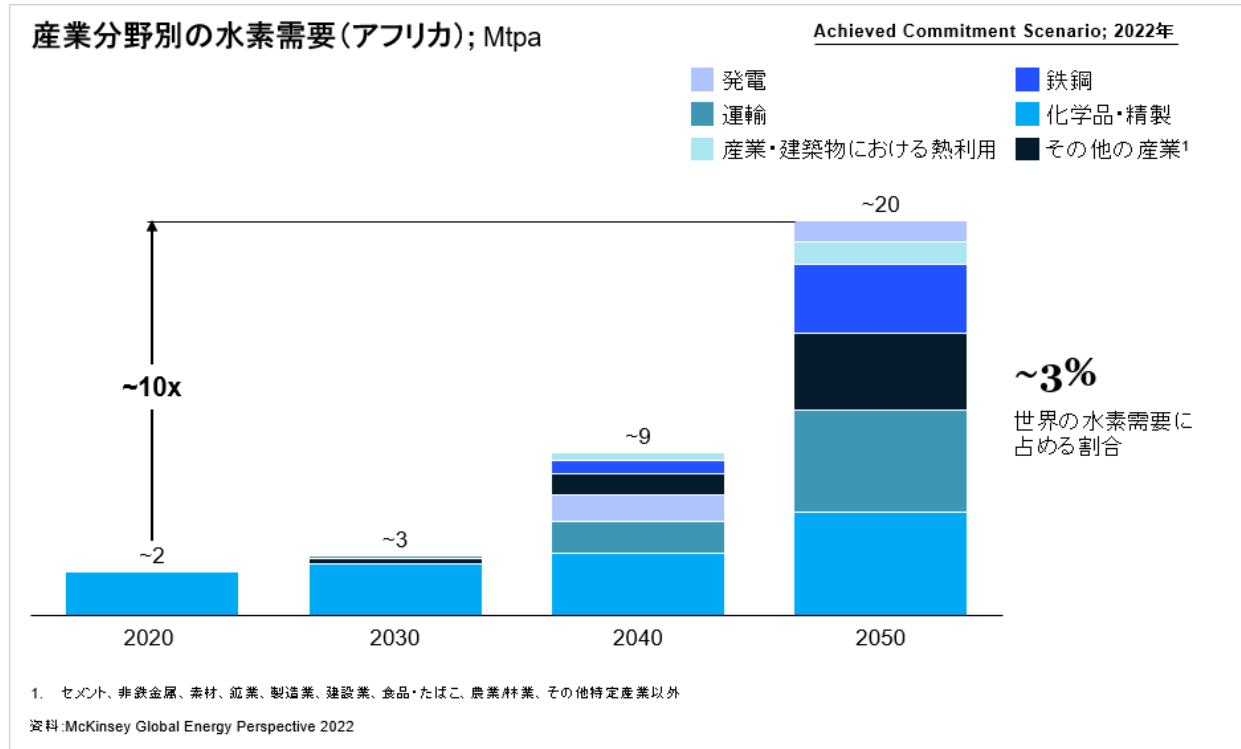


図8 産業分野別の水素需要(アフリカ)

また、地域別では、2030年代まではエジプトが、その後は南アフリカが需要をリードする見込みであり、この二か国で継続的にアフリカ地域の水素需要の50%を超えると見込まれる²⁹。

2.4 グリーン水素・アンモニアにみられる最近の動向

各国政府がグリーン水素・アンモニアへの国家戦略を策定・アップデートしており、投資を加速している。2023年12月時点における主要国の水素に関連した動向を以下にまとめる(図9)。

²⁹ McKinsey Global Energy Perspective 2022



図 9 各国政府のグリーン水素・アンモニアに関連した最近の動向

こうした流れは民間部門にも広がっており、バリューチェーン全体にわたって既に多くの企業がグリーン水素市場に参入している。これらを合わせて全世界で約 1,000 件、アフリカでも約 40 件のプロジェクトが発表されている(図 10、図 11)。

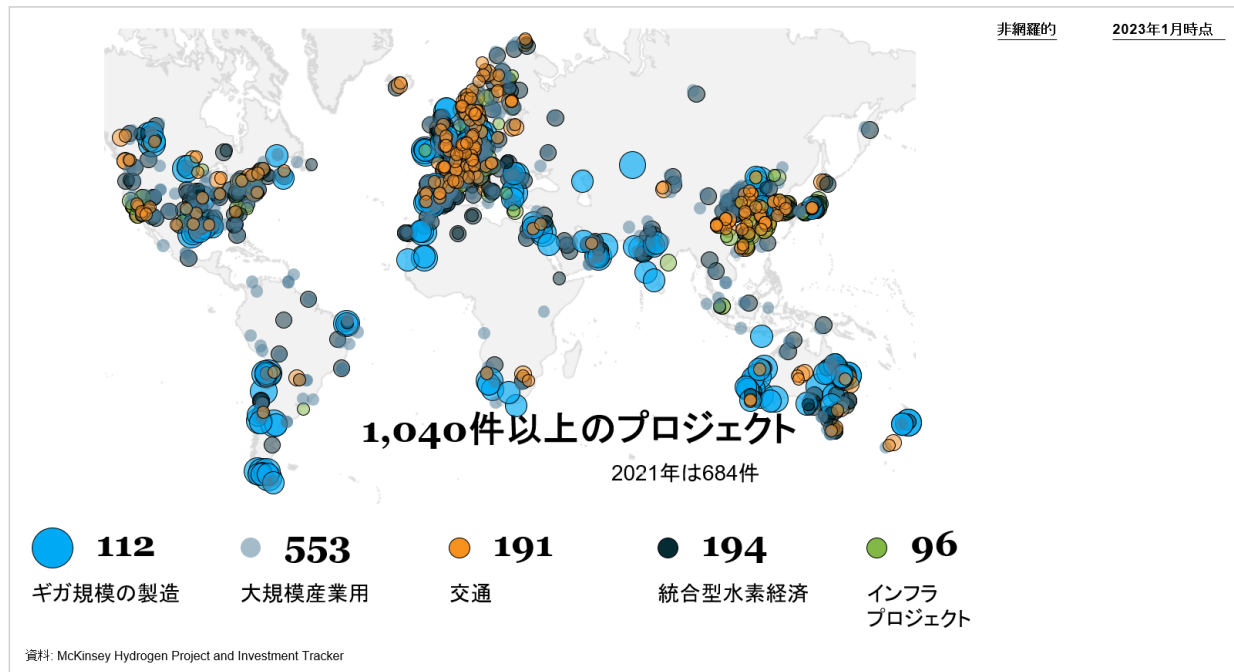


図 10 発表済のグリーン水素・アンモニアプロジェクト - グローバル

		非網羅的		2023年12月時点	
		総製造容量 ¹ MW	総投資規模 ¹ 百万USD	公表された プロジェクト の数 ²	主なプロジェクト 参加企業 概要
北部	エジプト	12,228	32,326	10	Masdar, Hassan Allam Utilities, Hassan Allam Holding Masdar - Hassan Allam スエズ運河経済圏と地中海沿岸でグリーン水素製造プラントを設立し、2030年までに4 GW達成を目指している
	モロッコ	700	11,540	6	Total Eren (currently TotalEnergies) Total Eren によるモロッコにおけるグリーン水素とアンモニアのメガプロジェクト: 南部にある guelmim-oued nour地方で106億USDのグリーン水素/アンモニア製造プラントに着手
	チュニジア	5	7	1	TuNur Ltd Amun Vert : チュニジア南部で太陽光を利用して1,500 tpaのグリーンアンモニアを製造し、地域およびまたは海外のオフテイクに輸送する小規模パイロットプロジェクトを実施
	アルジェリア	0	0	1	Eni, Sonatrach グリーン水素を製造するパイロットプロジェクトの 実現可能性評価を目的としたロードマップの概略を整理 。油田からの取水利用も2社間の覚書に基づき評価する予定
西部	モーリタニア	34,641 ²	44,845	2	Sasol AMAN : グリーン水素と水素化合物の輸出を含む、北部での大規模な再生可能エネルギープロジェクトを計画
南部	南アフリカ	9,188	3,333	7	CWP Global, Republique Islamique de Mauritanie Boegoebaaiのグリーン水素 : 9GWの太陽光/風力エネルギーと5GWの電気分解を含むBoegoebaaiのグリーン水素ハブのポテンシャルに関する研究を実施
	ナミビア	3,496	9,615	7	Hyphen Hydrogen Energy SCDIプロジェクト : 国内向けと輸出用の双方を見据え、推定30万tpaのグリーンアンモニアを製造
	アンゴラ	335	365	1	Sonangol Group GmbH, Conjuncta, GAUFF Engineering Sonangolの水素 : 輸出用にグリーンアンモニアを、定期的に28万トン製造。水力発電所からの電気を利用する予定
東部	ケニア	300	262	1	Fortescue ケーブルネットワーク、港湾施設、地域社会用の飲料水も対象に、10 GWの再生可能エネルギーとグリーン水素プロジェクトについて、 政府がMoUに署名
	ジブチ	0	0	1	CWP Global, Republique de Djibouti FFilによるNaivashaのグリーンアンモニア : 300 MW規模のグリーン水素/アンモニアおよび肥料生産設備を設立。国産のグリーン肥料を提供し、食料安全保障に対処することを目指す

1. 入手可能な情報に基づく
2. 太陽光と風力をそれぞれ80、20、太陽光と風力の設備利用率はそれぞれ30%、40%、電気分解の負荷率は60%と仮定して算出
3. グリーン水素関連プロジェクトのみを検討(グレー水素やブルー水素に限定したプロジェクトは除く)
資料: McKinsey Hydrogen Project and Investment Tracker

図 11 発表済のグリーン水素・アンモニアプロジェクト - アフリカ

アフリカの中ではモーリタニアが製造能力、投資規模においてリードしている。同国の AMAN プロジェクトでは、グリーン水素と水素化合物の輸出を含む北部での大規模な再生可能エネルギープロジェクトを計画しており、CWP global が開発を主導している³⁰。

モロッコでは、Total Eren によるグリーン水素とアンモニアのメガプロジェクトが計画されており、南部にある Guelmim-Oued Nour 地方でグリーン水素/アンモニア製造プラントに着手した³¹(エジプト、ナミビア、南アフリカについては、各個別のセクションを参照)。

援助機関や国際開発金融機関は様々な支援スキームを通じてアフリカ諸国におけるグリーン水素プロジェクトの開発を支援している。施策として重要なものは以下のように大きく 4 つの領域に区分される(図 12)。

- プロジェクト事業性の向上: 市場リスクを最小限に抑え、投資ケースを改善する施策群。無償資金協力、低金利融資の活用による事業性の向上、オフテイク契約の支援による市場リスクの低減等
- 必要なインフラの整備: グリーン水素の製造や輸出にあたり必要なインフラの計画や整備を支援する施策群。専門家派遣によるインフラ整備計画策定支援や低金利融資等
- 技術者等の能力開発: 能力開発や技術移転を通じてグリーン水素業界全体の発展を促進する施策群。スキル・人材育成等
- 政府への計画策定・実行の支援: 政府への直接的な支援を提供する施策群。地域開発計画策定や、そのための調査の支援、関連する政府機関や当局担当者の能力構築等

³⁰ CWP Global ウェブサイト <https://cwp.global/projects/>

³¹ Green Hydrogen News <https://energynews.biz/morocco-fourth-in-worlds-hydrogen-race-total-eren-launches-10-69b1n-hydrogen-megaproject/>

領域		基本原則	支援の例
① 	プロジェクト事業性の向上	市場リスクを最小限に抑え、投資ケースを改善	- 無償資金協力、民間投融資 - オフテイク契約を促進し、市場リスクを排除 - 日本の業界パートナーとのマッチング支援 など
② 	必要なインフラの整備	グリーン水素・アンモニアの製造や輸出に必要なインフラの計画策定や整備実行を支援	- インフラ整備計画の策定やそのための調査の支援 - インフラ整備に向けた無償資金協力、民間投融資の提供 など
③ 	技術者等の能力開発	技術者の能力開発や技術移転を通じてグリーン水素・アンモニア業界全体の発展を促進	スキル構築の支援(ブルーカラーのスキル向上、エンジニア・管理職向けの高度なトレーニングプログラムなど) など
④ 	政府への計画策定・実行の支援	政策面について政府への直接的な支援を提供	- 地域開発計画の策定やそのための調査の支援 - コンセプト検討に関する調査 - 関連する政府機関や当局担当者の能力構築 など

図 12 アフリカの水素バリューチェーン構築のための4つの支援領域

添付資料における表 A-1 では、援助機関や国際開発金融機関によるグリーン水素プロジェクト開発支援の実施例を整理した。また、個別の施策案については、上記の4領域毎に施策のロングリストを作成し、添付資料の図 A-1 にまとめた。なお、本ロングリストの作成にあたっては必要な施策を起点に検討しており施策中には JICA として提供できない案も含まれている。こうした案は灰色表記で区別し、JICA のオプションとして考慮しない旨を明確にした。

2.5 対象国の選定

フェーズ 2 での深堀調査に向けて調査対象国を選定すべく、アフリカ各国について水素・アンモニアの製造時に利用できる再生可能エネルギー源があるか、政府がグリーン水素・アンモニアを戦略的な産業と位置付け方針を示しているか、他の開発援助機関がすでに活動を行っているかを整理した。これら三基準が満たされている状況はグリーン水素・アンモニアのバリューチェーン開発にとって有利であり、これらの条件が有利な国がアフリカ諸国の中でも先行して実績を作っていくことが見込まれる。本調査では先行事例を理解したうえで JICA としての支援策を検討することが他のアフリカ諸国への支援にも有用との考えから、開発先行度を考慮できるこれらの条件を踏まえて調査対象国を評価した。

その結果、エジプト、南アフリカ、ナミビアを本調査の対象国に選定した(図 13)。

アフリカ地域(広域) グリーン水素・アンモニアの開発と利活用・官民連携の可能性に関する情報収集・確認調査
ファイナルレポート 2024年4月

国	再生可能エネルギー源の利用ポテンシャル	現地政府の関与度 ¹	他のドナーの活動
 ナミビア	新設の風力+太陽光	National Green Hydrogen Strategyが存在	複数のドナーが活動しており、参入しやすい
 南アフリカ	新設の風力+太陽光	Hydrogen Society Roadmapが存在	複数のドナーが活動しており、参入しやすい
 エジプト	新設の風力+太陽光	National Low Carbon Hydrogen Strategic Frameworkが存在	複数のドナーが活動しており、参入しやすい
 モロッコ	新設の風力+太陽光	roadmap on green hydrogenが存在	複数のドナーが活動しており、参入しやすい
 アルジェリア	新設の風力+太陽光	national hydrogen roadmapが存在	ドナーの活動は限定的
 モーリタニア	新設の風力+太陽光	National roadmap on hydrogenを準備中	ドナーの活動は限定的
 ケニア	新設の地熱	Hydrogen Development Programを準備中	ドナーの活動は限定的
 タンザニア	新設の地熱	該当なし	ドナーの活動は限定的
 エチオピア	新設の地熱(余剰水力の可能性あり)	New policy on Green Hydrogenを準備中	ドナーの活動は限定的
 アンゴラ	新設の風力+太陽光(余剰水力の可能性あり)	National Hydrogen Strategyを準備中	ドナーの活動は限定的
 コンゴ(民)	余剰水力の可能性あり	該当なし	ドナーの活動は限定的
 モザンビーク	余剰水力の可能性あり	該当なし	ドナーの活動は限定的

あまり有利ではない
有利である
調査対象国

1. グリーン水素に関する国家戦略の利用可能性(利用可能、現在準備中、利用不可)によって判断
資料: McKinsey Hydrogen Insight, エキスパートインタビュー、記事検索

図 13 調査対象国の選定における比較

第3章 グリーン水素・アンモニアバリューチェーンにおける日本の強み

3.1 水素を取り巻く日本の状況

日本政府は水素社会を実現するための水素基本戦略を 2017 年に世界に先駆けて発表し、その内容を 2023 年に改定した³²。本戦略において、日本は 2030 年に最大 300 万トン/年、2040 年に 1,200 万トン/年程度、2050 年に 2,000 万トン/年程度の水素（アンモニアを含む）の導入目標を設定した。また、価格についても 2030 年に 30 円/Nm³（約 334 円/kg）、2050 年に 20 円/Nm³（約 222 円/kg）を目標としている。

政府は 5 つの戦略分野(供給サイドと需要サイドの両方)の開発(事業化を含む)に重点的に取り組む方針を掲げている。

- (1) 水素供給（水素製造、水素サプライチェーンの構築）
- (2) 脱炭素型発電
- (3) 燃料電池
- (4) 水素の直接利用（脱炭素型鉄鋼、脱炭素型化学製品、水素燃料船）
- (5) 水素派生製品の活用（燃料アンモニア、カーボンリサイクル製品）

また、将来的に日本へ向けた水素輸出が行われる可能性のある輸出国との関係強化も戦略の一つである。政府は本戦略において水素サプライチェーン構築に向けて今後 15 年間で民間主導の投資 7 ～9 兆円を含む 15 兆円を投資する方針を示している。

水素関連技術への投資も進んでおり、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）のグリーンイノベーション基金(GI 基金)では、「大規模水素サプライチェーンの構築」や「製鉄プロセスにおける水素活用」等の水素関連分野に約 8,000 億円を投資する方針を掲げている³³。

3.2 水素バリューチェーンの主要技術

3.2.1 バリューチェーンにおける主要技術

水素バリューチェーンにおける主要技術を以下の通り整理した（図 14）。

³² 経済産業省 水素基本戦略

³³ NEDO グリーンイノベーション基金 <https://green-innovation.nedo.go.jp/>



図 14 グリーン水素・アンモニアバリューチェーンの主要技術

技術的成熟度と(下流部門の場合)脱炭素化の手段としての重要性に基づき、上記主要技術のうち、日本の強みについての詳細分析の対象とする技術を選定した。

3.2.2 技術的成熟度

各技術について IEA Clean energy technology guide および一部技術についてはエキスパートコメントに基づき、成熟度を整理した。図 15 のとおりグリーン水素・アンモニア関連技術は上流・中流部門の一部では成熟しているが、大部分が発展途上である。技術の事業化が始まっていないものは JICA の支援プロジェクトとして成立するまでの時間軸が長くなると想定し、TRL7(技術は確立しているが市場はまだ発展途上)以上の技術を分析対象とした。

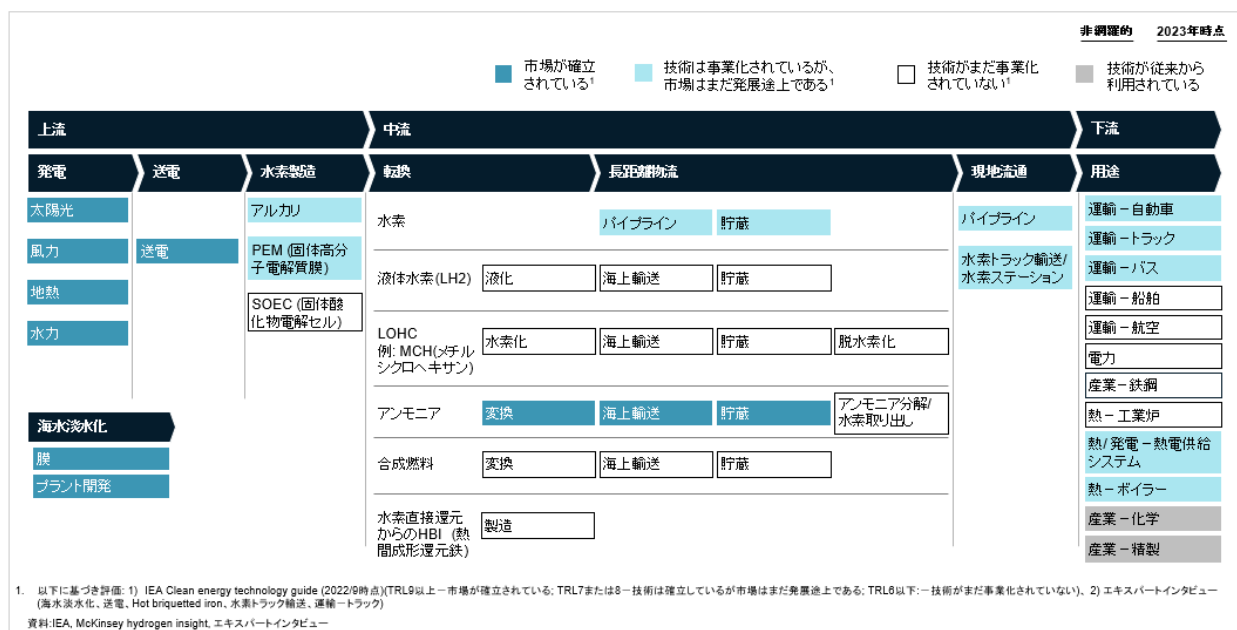


図 15 グリーン水素・アンモニアバリューチェーンの主要技術の成熟度

3.2.3 下流部門における脱炭素手段としての重要性

グリーン水素・アンモニアの下流部門の技術(水素・アンモニア活用技術)は、いずれも脱炭素技術としてコスト競争力がある、もしくは脱炭素に向けた移行段階において活用可能なトランジション技術であるという点で脱炭素化の鍵となる技術と考えられる(図16)。そのため、重要性という点でいずれも日本の強みについての詳細分析の対象としている。

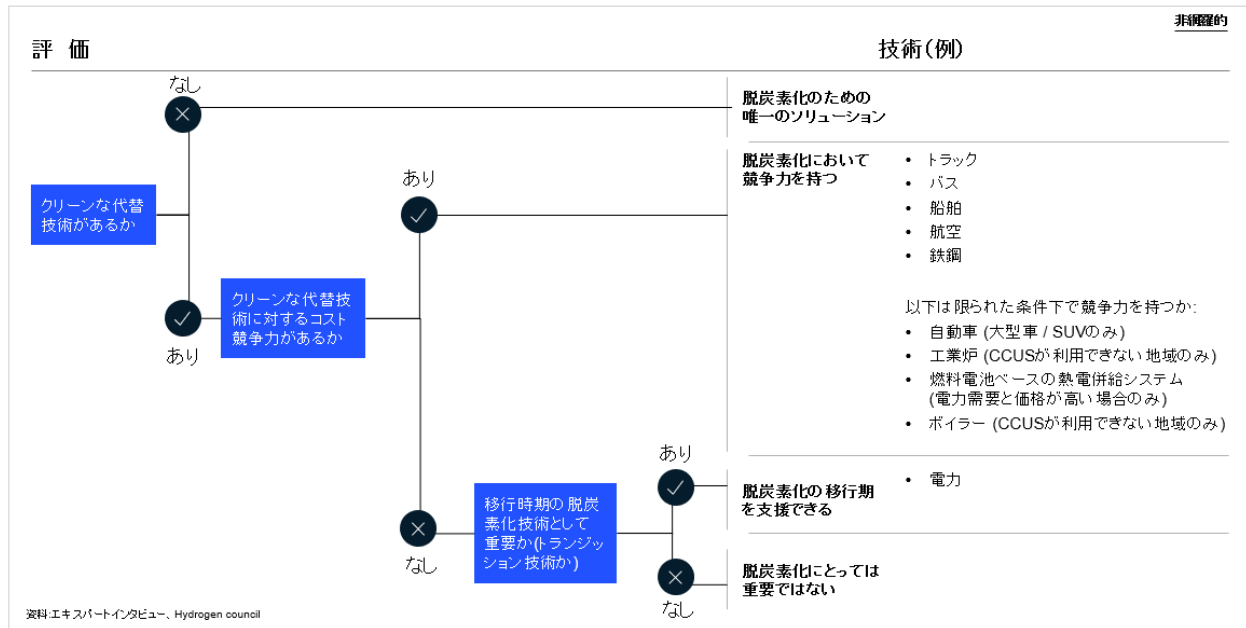


図16 下流部門における水素・アンモニアの各用途の重要性

より詳細に価格競争力を見ると、短期的に水素を活用する領域は輸送および原料用途(製油所、肥料、鉄鋼)とみられ、CO₂ 価格が約50USD/トンで従来の手段に対して損益分岐点に達する見込みである。また、水素が従来の手段に比べてコスト競争力はないものの最もコスト競争力があるまたは唯一の脱炭素ソリューションであるセグメントとして、発電、工業熱、合成燃料などが挙げられる(図17)。

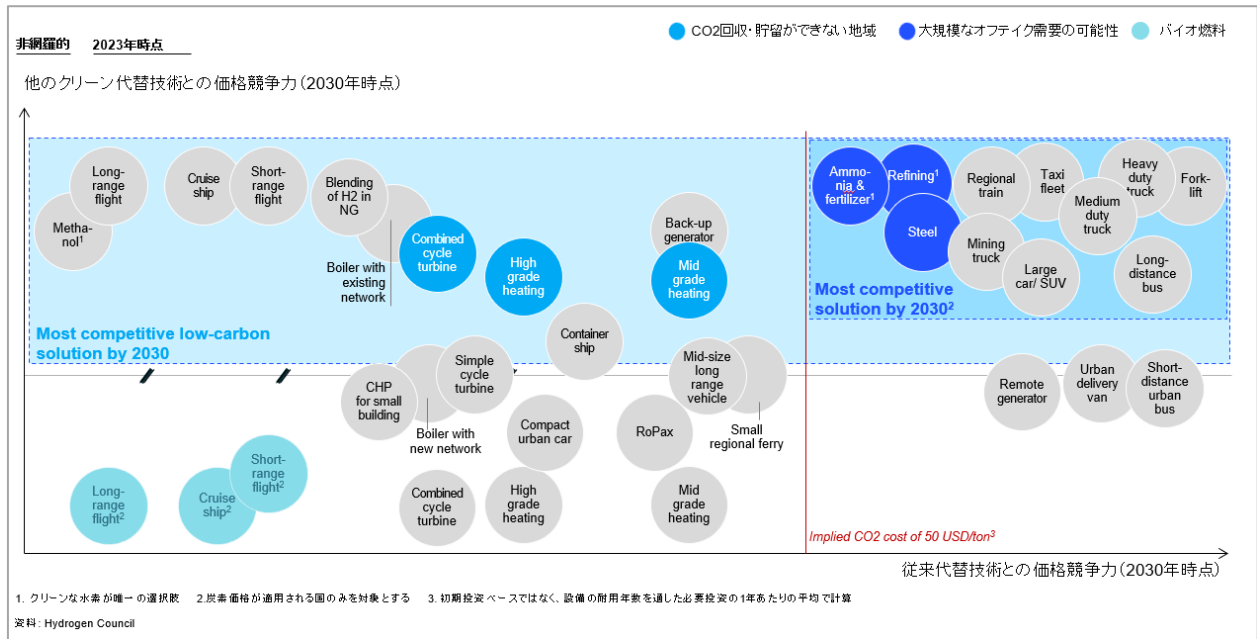


図 17 水素・アンモニアの用途の代替技術に対する価格競争力評価

3.3 水素バリューチェーンにおける日本の強み

技術成熟度・脱炭素手段としての重要度から選定した対象技術のうち、グローバルプレゼンス、技術的優位性、コスト競争力に鑑み、日本企業が世界の企業と競争する力を持っていると考えられる13技術を特定した(図18)。なお、評価はグローバル市場を対象として実施しており、実際には国・地域の特性によって評価が異なる可能性がある。

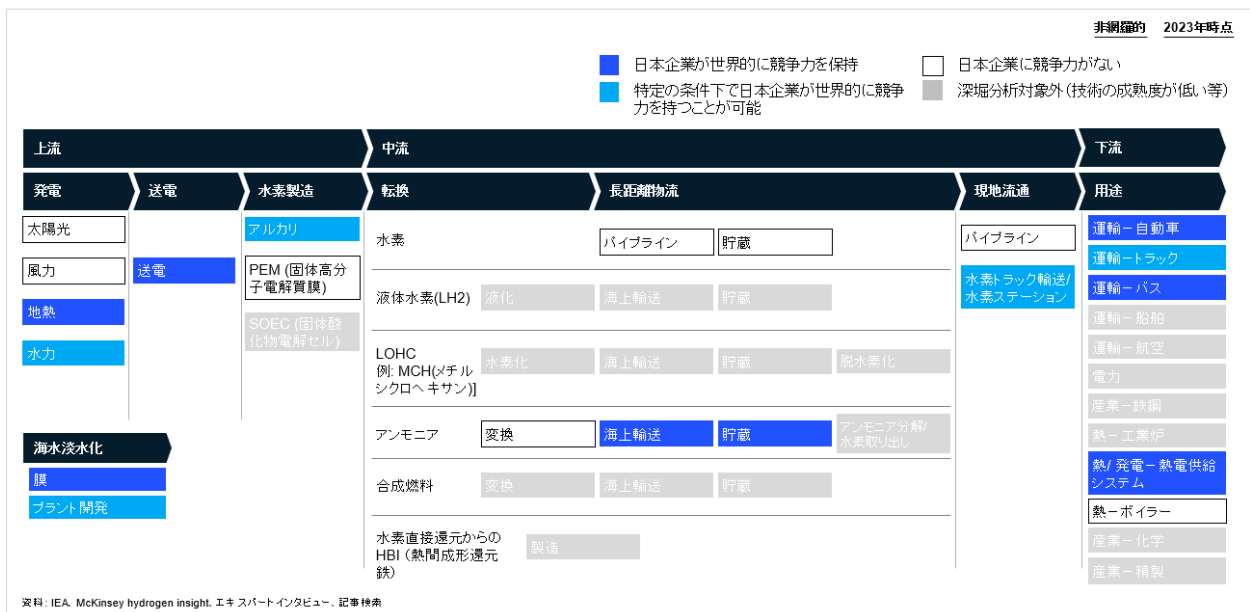


図 18 グリーン水素・アンモニアバリューチェーンの主要技術に係る日本企業の競争力

日本企業が世界的に競争力を持つ技術：

- 地熱発電システム
- 送電
- 海水淡水化膜
- アンモニア海上輸送
- アンモニア貯蔵
- 自動車
- バス
- 燃料電池ベースの熱電供給システム

特定の条件下で日本企業が世界的に競争力を持つことが可能な技術：

- 水力発電システム
- 海水淡水化
- プラント開発
- アルカリ水電解装置
- 水素トラック輸送/水素ステーション
- トラック

表 2 に各技術についての評価をまとめる。

表 2 各技術における日本の強み分析の詳細

●

日本企業が世界的に競争力を保持

○

特定の条件下で、日本企業が世界的に競争力を持つことが可能

×

日本企業に強みがない

●

トップ (例: 5位以内)

●

高 (例: 10位以内)

●

中またはそれ以下

?

詳細不能

日本の主要企業の競争力評価

技 術	マーケッ トリーダー	競争環境	主な成功要因	日本の 主要企業	グローバル プレゼンス	技 術	コスト	日本の強み
太陽光－ 発電装置	Jinko Solar Trina Solar First solar Canadian Solar	30 以上のプレーヤーがいるが、中国のプレーヤーがシェアを拡大し、80%以上を占める	コスト (大規模生産時)	京セラ 出光興産	●	●	●	×
太陽光－ プロジェクト 開発・EPC	Avantus First solar SOLV Energy Eiffage	多くの場合、地元プレーヤーが開発を担当	地域との関係、コスト	パシフィコ・エナジー 日揮 東洋エンジニアリング	●	●	●	×
風力 (陸上)－ 発電装置	Goldwind Vestas Siemens General Electric	20 以上のプレーヤーがいるが、2021 年には上位 5 プレーヤーが約 60%を占める寡占市場。中国が約 50%のシェアを占める	技術 (効率)	日本精工	●	●	●	×
風力 (陸上)－ プロジェクト 開発・EPC	Vestas Siemens Wpd	豊富な開発経験を持つ欧州のエネルギー企業がプレゼンスを拡大	EPC ケーパビリティ、コスト	Jパワー 丸紅	●	●	●	×

技 術	マーケット リーダー	競争環境	主な成功要因	日本の主要企業の競争力評価					日本の強み
				日本の 主要企業	グローバル プレゼンス	技 術	コスト	➤	
地熱－ 発電装置	ABB Siemens 富士電機 東芝 三菱重工業	プレーヤー数は限られており、日本企業のシェアが大きい。 ただし、欧州企業が欧州の新規プロジェクトでシェアを拡大中	地域との関係性、コスト	富士電機 東芝 三菱重工業	●	●	●		✓
地熱－ プロジェクト 開発	Ormat GeothermEx	ほとんどの場合、地元のプレーヤーまたは地方自治体が担当	EPC ケーパビリティ、地域との関係性	三菱瓦斯化学 富士電機 東芝	●	●	?		×
水力－ 発電装置	Voith General Electric Andritz	プレーヤー数は限られており、上位 3 社が市場の約 75%を占める	実績、地域との関係性	東芝 日立三菱水力 富士電機	●	●	●		✓ 特にプロジェクトを主導する機関(地方公共団体等)が日本と関係がある場合
水力－ 発電事業者	Voith General Electric Sinohydro	プレーヤー数は限られており、上位 3 社が市場の約 75%を占める	プロジェクト管理能力(長期的なステークホルダー管理など)、地域との関係性	Jパワー 関西電力	●	●	?		×
送 電	日立 General Electric Siemens	国によって異なる。電力インフラ開発中の国では比較的多数のプレーヤーが活動、一方その他の多くの市場では、市場参入/変化は難しい。国固有の要件も競争環境に影響あり	多種多様なプロジェクトでの実績、プロジェクト管理能力(ステークホルダー管理等)	日立 東芝	●	●	●		✓
海水淡水化－ 膜	Dupont 東レ	統合が進んだ市場。市場参入機会は限定的	膜技術	東レ 東洋紡 日東電工	●	●	●		✓
海水淡水化－ プラント開発	Suez Veolia	統合が進んだ市場。主に水産業の大型プレーヤーが大規模なプロジェクトを提供	ビジネス/プロジェクトを設計する能力	日立造船	●	●	●		✓ 地元政府や膜供給業者との関係が強い場合
水素製造－ アルカリ 水電解装置	Thyssenkrupp Nel John Cockerill	競争が激化。ただし、10MW 以上モジュール技術を持っているのは約 10 社程度	コスト(プロジェクトの総コスト)、大型モジュール設計技術	旭化成	●	●	●		✓ 小規模プロジェクトの場合。また、旭化成が大型モジュールを商業化した後、将来的にはさらなる市場開拓可能性あり
水素製造－ PEM 水電解装置	Siemens energy Nel Plug Power	競争が激化。ただし、2MW 以上モジュール技術を持っているのは約 5 社程度	大型モジュール設計技術、要素技術	日立造船 高砂熱学工業	●	●	?		×
東レ 部品レベルでは、東レは PEM 型の電気分解の最も重要な部品である、触媒/膜において、グローバル競争力を保持 - 強力なグローバルプレゼンス: 最大の電気分解デバイスプロバイダーのシーメンスと提携。複数の 1MW 以上プロジェクトに設備を提供 - 技術力: 膜効率 87%。シーメンスと共同で 10MW ユニットデバイスを開発									

技 術	マーケット リーダー	競争環境	主な成功要因	日本の主要企業の競争力評価					日本の強み
				日本の 主要企業	グローバル プレゼンス	技 術	コスト	日本	
アンモニア 製造 (クリーンアン モニア向け)	CF KBR Yara OCI global	国営企業が強い。需要の急 速な拡大に伴い、民間企業 が参入中	大規模生産拠点 への投資規模 (または補助金)	レゾナック 日産化学 三井化学	●	●	●	●	×
アンモニア 海上輸送 (クリーンアン モニア向け)	HMM 商船三井 日本郵船	企業数は限定的。需要の増 加に伴い、グローバルな大 規模 サプライチェーンの構築が 見込まれている	大規模サプライ チェーンへの技術 開発投資規模	商船三井 日本郵船	●	●	?	●	●
アンモニア 貯蔵 (クリーンアン モニア向け)	Warren Group McDermott IHI	企業数は多いが大型タンク の開発に取り組んでいる プレイヤーは限定的	大規模サプライ チェーンの技術 開発投資規模	IHI	●	●	?	●	●
水素 パイプライン	Gasunie Air Liquide Linde RWE	ヨーロッパの既存の LNG パ イプラインプレイヤーが水 素の長距離パイプラインプ ロジェクトをリード	LNG パイプライン の専門知識、 地元との関係	日鉄エンジ アリング ENEOS JFE	●	●	●	●	×
水素トラック・ 水素 ステーション	Air Liquide Linde ENEOS 岩谷産業	水素を安全に取り扱う技術 を持っている企業が現状少 ないため、プレイヤー数も 限定的。 一方、新規プレイヤーが頻 繁に市場に参入するダイナ ミックな市場	技術(特に流通 プロセスでの水素 取り扱い)	ENEOS 岩谷産業 日機装	●	●	●	●	● 規制が厳しい場合
自動車	Hyundai トヨタ自動車 ホンダ	約 5 つの OEM が FCEV を 開発中。うち、いくつかの OEM では製品を既に販売	生産工程の 信頼性、コスト	トヨタ自動車 ホンダ	●	●	●	●	●
トラック	Mercedes Benz Hyundai Nikola トヨタ自動車	約 5~10 の OEM が FCEV を開発中。うち、いくつかの OEM でのみ顧客トライアル まで実施済	生産工程の 信頼性、コスト	トヨタ自動車 ホンダ	●	●	●	●	● 現在、主要なプ レイヤーの 1 つで あり、市場の状況 によっては将来的 に競争力が高まる 可能性が存在
バ ス	Hyundai Foton Yutong NFI Group トヨタ自動車	プレイヤー数は限定的	生産工程の 信頼性、コスト	トヨタ自動車	●	●	●	●	●
燃料電池 ベースの熱電 供給システム	アイシン精機 パナソニック Bloom Energy Plug	燃料電池ベースの熱電供給 システム(エネファーム)は日 本でのみ広く使用されてお り、いくつかの企業が大きな シェアを保持	コスト、効率	アイシン精機 パナソニック	●	●	?	●	●
水素ボイラー	三浦工業	短期的には需要が限られて いるため、製品は存在する が、積極的な技術開発・製 品化はされていない	技術 (NOx 除去)	三浦工業 三菱重工 川重冷熱工業	?	?	?	?	?

1. 国企業が建設、融資、または所有している

資料: GWEC、HIS Markit、GWI DesalData、IEA、McKinsey Global Energy Perspective、記事検索、エキスパートインタビュー、企業ウェブサイト

上記以外にも一部の開発段階の技術について日本企業はリードしていると考えられる。例えば、液体水素 (LOHC 含む)、水素・アンモニアの混焼・専焼発電、水素還元製鉄プロセス等が例として挙げられる。

また、商社は水素バリューチェーン全体における投資・プロジェクトマネジメントを通じて専門性を獲得している(図 19)。各社とも上流の製造プロジェクトへの参画だけでなく、中下流での主に運輸部門における実証・事業等にも参画している。

			非網羅的	2023年時点
			● プロジェクトへの関与/投資	○ 調査・研究の実施 × 活動なし
上流			中流	下流
三菱商事	●	● - Shellと共同でNorthH2に投資。2030年までにヨーロッパの洋上風力から40万トンのグリーン水素を製造することを目指す 2023年にN.V.Enecoとグリーン水素の製造・販売を行う合弁会社を設立	● プロジェクトAHEADを通じて2020年にMCH国際サプライチェーンを実証	○ 日本における水素利用モデルの調査を実施
三井物産	●	● 2024年までに10MWの電解装置で640トンのグリーン水素を生産するプラントを西豪州で開発。事業会社の持分の28%を取得	●	● 2017年にCaetano Busに出資参画し、FCバスを製造
住友商事	●	● マレーシアにおいて水力発電を用いて年間約9万トンのグリーン水素を製造。MCH(ダチルシクロヘキサン)に変換し日本の需要地に海上輸送する事業をENEOS等と推進	● オーストラリアにおける液体水素のサプライチェーン構築プロジェクトに参画	○ Promigasと共同でコロンビアにおけるFCモビリティ開発の調査を実施
伊藤忠商事	●	● - 所有する特別目的会社を通じてClean H2 Infra Fundに最大2,000万EURを投資すると発表 - 南アフリカでのグリーンアンモニア製造事業や同国プハバイにおけるバリューチェーン構築に向けた調査を実施	● Air Liquideと提携し、日本に水素ステーションを展開	● - 燃料電池メーカーのUpstart Powerと提携・出資 - グリーンアンモニア分野で南アのサソール社・ハイブ社と提携
丸紅	●	● - オーストラリアで岩谷産業等とともに最大26万トンのグリーン水素を生産する計画 - オマーンにおいてグリーンアンモニア事業調査の契約を締結	● プロジェクトHySTRAを通じて2022年に液体水素の国際サプライチェーンを実証	● インドネシアにおける燃料電池熱電供給システムプロジェクトの実証事業を運営
豊田通商	○	○ - 経済産業省のケニアにおけるグリーン水素バリューチェーン開発可能性調査事業を受託 - 三菱化工機と連携してバイオガスをエネルギー源とする水素製造装置をタイに導入	● Air Liquideとのパートナーシップの元、名古屋で200箇所の水素ステーションを建設中	● TAIと共同で、ロサンゼルス港でFCベースのトッパノンドラー、RTGC、ヤードトラクター、ドレーグトラックの実証を実施

資料: 日本経済新聞、各社ウェブサイト

図 19 水素・アンモニアバリューチェーンにおける商社の主な活動

第4章 調査対象国におけるグリーン水素・アンモニアポテンシャルの詳細

4.1 エジプト

4.1.1 グリーン水素・アンモニアの製造ポテンシャル

エジプトでは既存の系統電力は化石燃料による発電が大半であるため³⁴、グリーン水素・アンモニアの製造には再生可能エネルギーの電力源を新規開発し利用することが必要となる。

エジプトには世界有数の再生可能エネルギー源、特に風力と太陽光があり、グリーン水素・アンモニアの主要製造国となる可能性がある(図 20)。

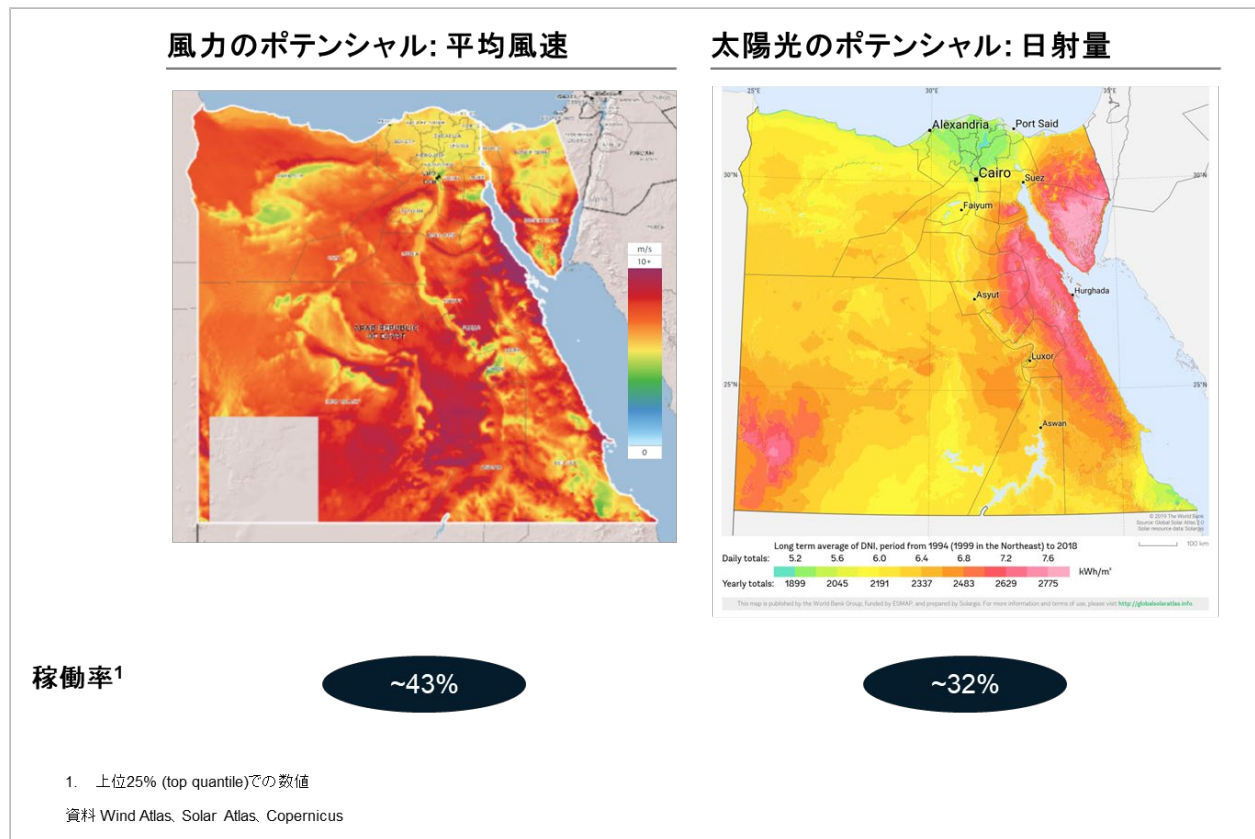


図 20 エジプトにおける風力・太陽光のポテンシャル

再生可能エネルギー源や需要地へのアクセスと既存インフラを考慮すると、スエズ運河沿いの経済特区である Suez Canal Economic Zone (SCZONE) が特にグリーン水素・アンモニアの製造ポテンシャルが高い地域となり得る(図 21)。

³⁴ IEA Electricity information 2022

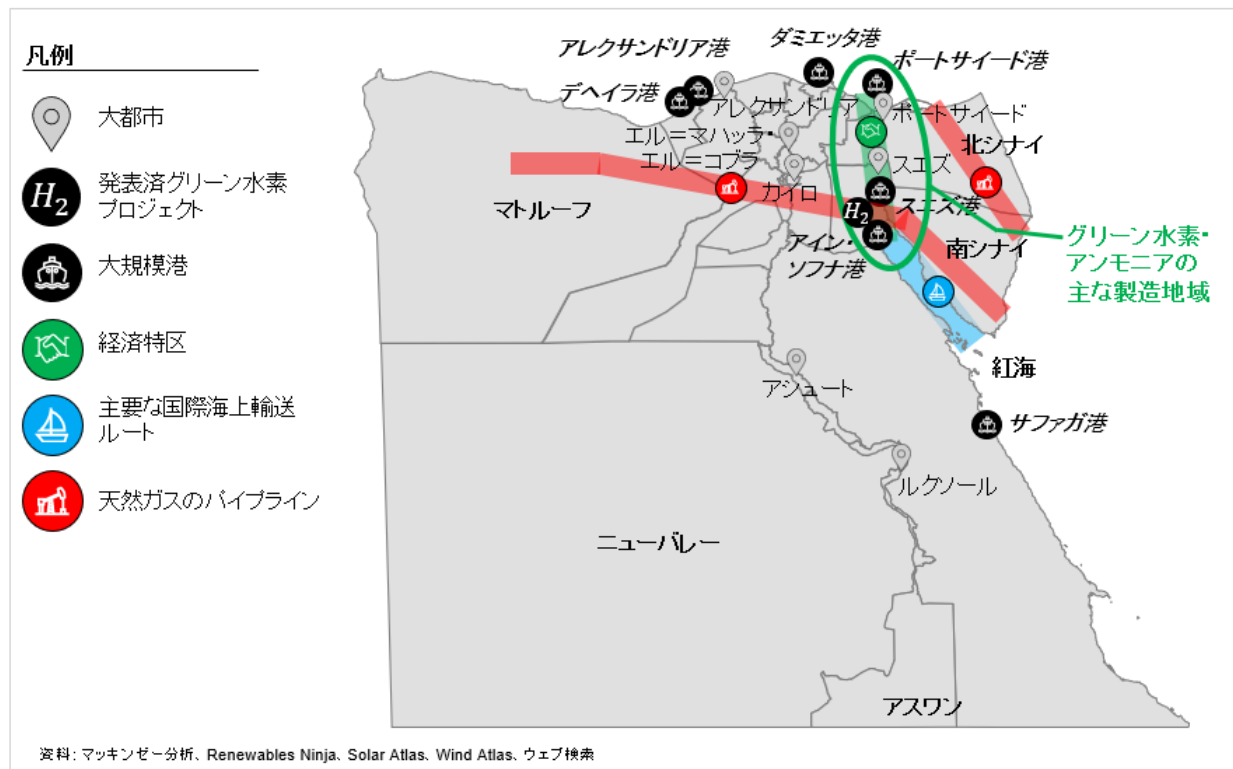


図 21 エジプトにおけるグリーン水素・アンモニア製造ポテンシャルの高い地域

LCOH は 2025 年時点で 4.5 USD/kg H_2 程度、2050 年時点で 2.2 USD/kg H_2 程度と予想される（図 22）。アフリカ各国は欧米等の先進国に比べてカントリーリスク、プロジェクト遂行リスク等が高いため、プロジェクト実施に必要な資本コストは高くなるのが一般的である。また、エジプトは近年の政府財政の悪化によりカントリーリスクの観点から金融市場からの資金調達が難しい状況にあり、プロジェクトの資本コストが高くなる可能性がある。従い、同国が LCOH をさらに低減するためには援助機関等からの支援を含めた低コストでのファイナンス利用が重要となる。

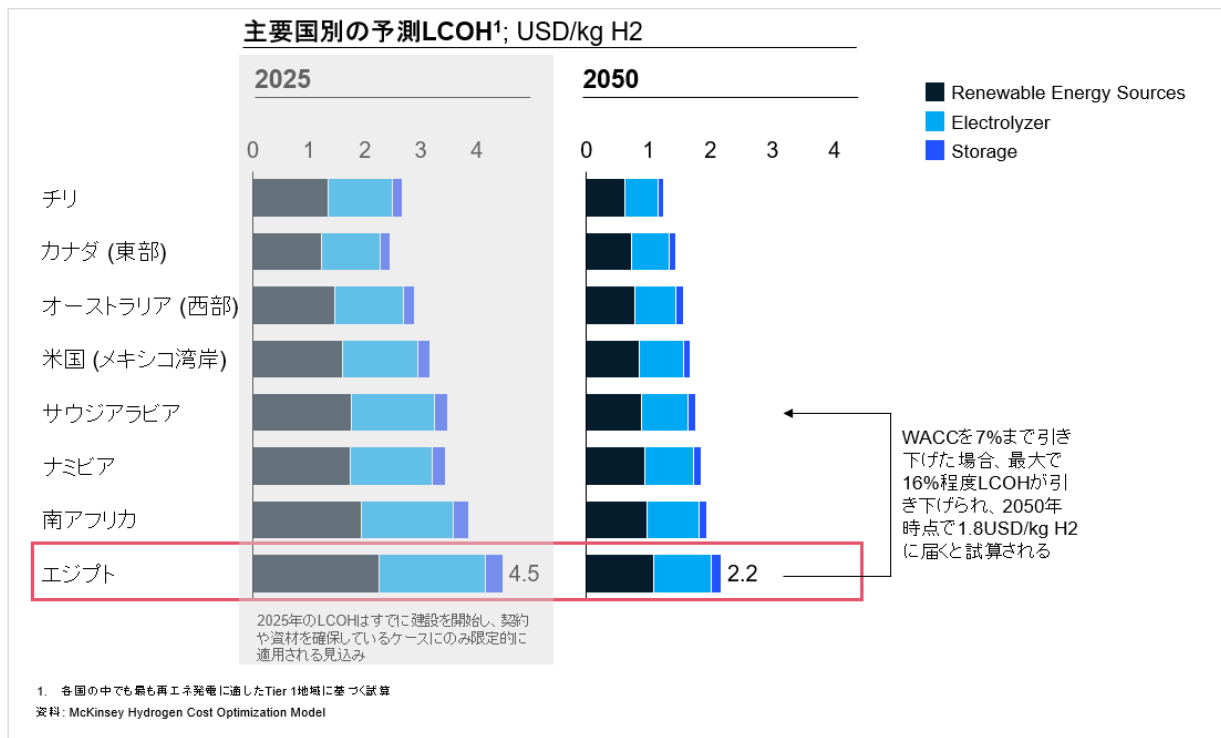


図 22 主要国別の LCOH - エジプト

エジプトでのグリーン水素・アンモニアプロジェクトで想定される WACC は 10%程度と想定しているが、これを先進国並みの 7%まで引き下げた場合、最大で 16%程度 LCOH が引き下げられ、2050 年時点で 1.8 USD/kg H₂ に届くと試算される(図 23)。

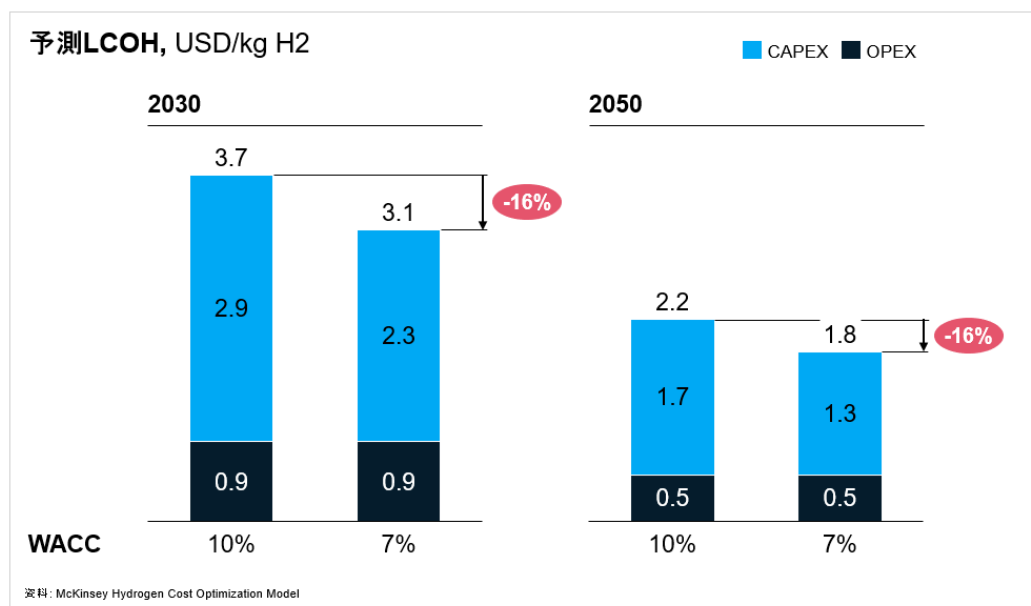


図 23 WACC を引き下げた場合の LCOH - エジプト

4.1.2 グリーン水素・アンモニア需要と利用ポテンシャル

エジプトにおいては、温室効果ガスの排出量の多い発電・熱、輸送等のエネルギー集約型産業がエジプトの脱炭素化の鍵となる(図 24)。

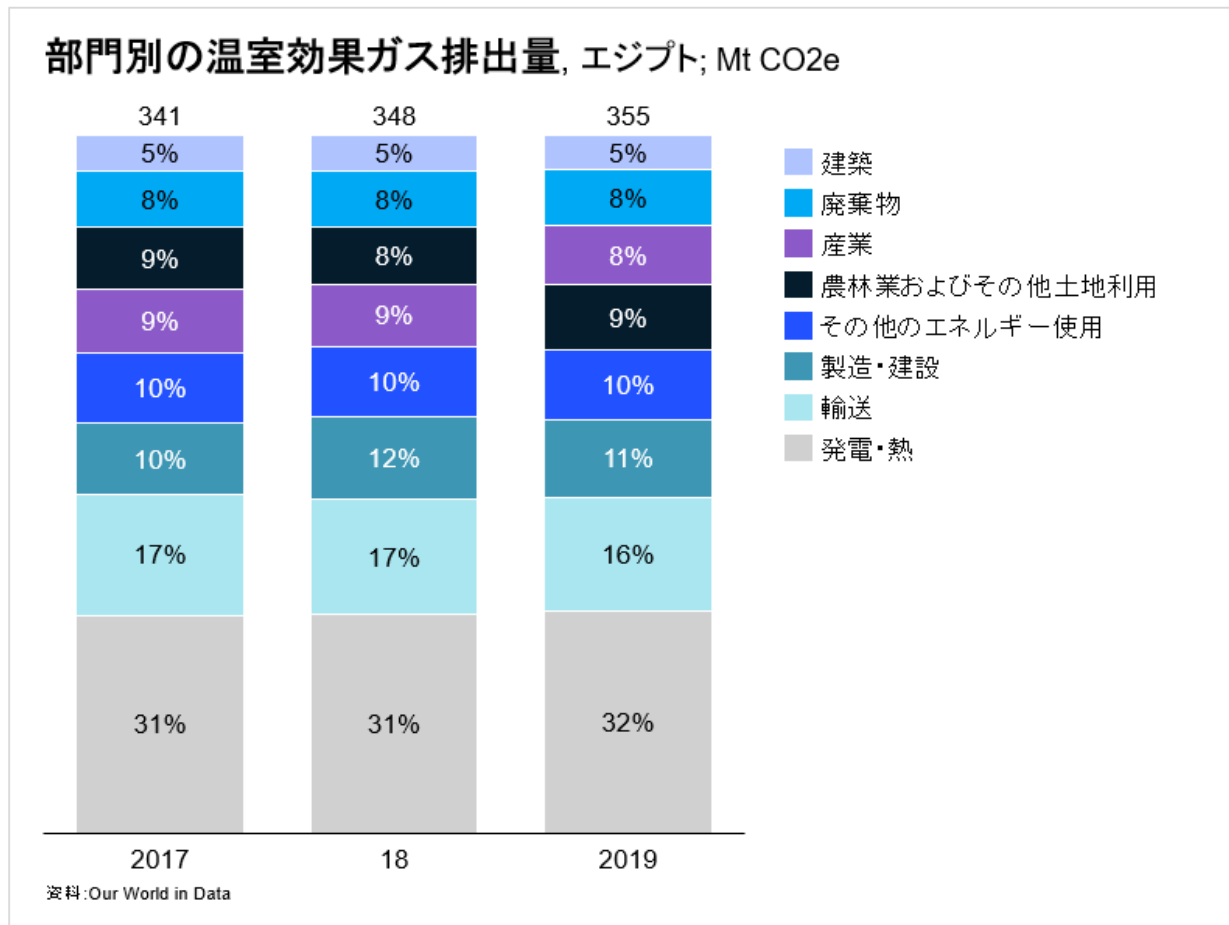


図 24 エジプトにおける部門別の温室効果ガス排出量

エジプト国内の水素需要については、2030年には約 1.5 Mtpa に達すると見られ、化学・石油精製分野での既存利用が水素需要を牽引する主な要因となると見込まれる(図 25)。

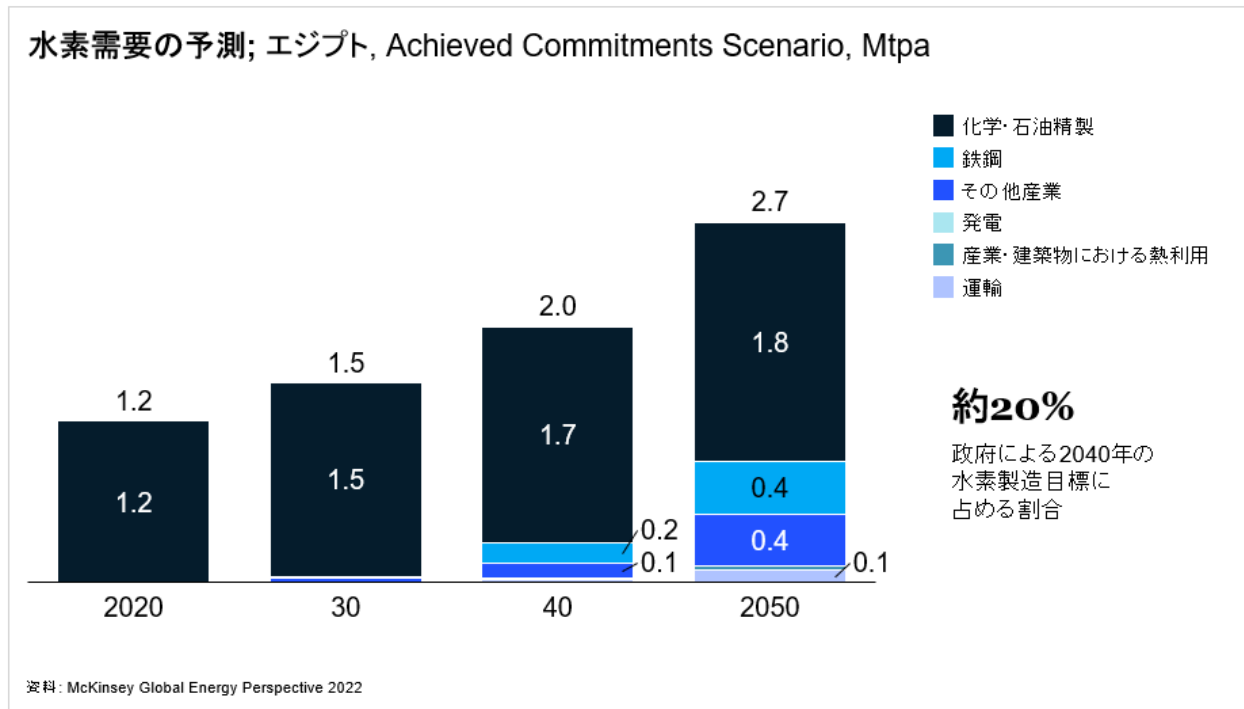


図 25 エジプトにおける水素需要の予測

現在、国内の水素需要は全てグレー水素でまかなわれているが、2030 年代からブルー、グリーン水素の利用が始まり、2050 年には総需要の 50%がグリーン水素になる見込みである³⁵。

また、エジプトには水素の輸出ポテンシャルも存在している。欧州と地理的に近いことに加え、EBRD 等とすでに水素開発の連携が行われており欧州は主な輸出先の 1 つに挙げられる。2030 年には約 2.5 Mtpa の市場規模となる可能性がある³⁶。

4.1.3 グリーン水素・アンモニア輸送の展望

水素の輸送の方法には、以下の方法がある

- パイプライン
- トラック輸送
- 船舶海上輸送

エジプトでは、特に世界各国向けの Suez 港・Ain Sokhna 港等からの海上輸送と、欧州向けの Port Said 港からのパイプラインの両方を経由した海外輸出ができるよう、水素の輸送・輸出インフラを整備する必要がある。海上輸送の場合、現在利用可能な港湾の水素輸出用への改修には数億米ドルが必要な見込みである。

³⁵ McKinsey Global Energy Perspective 2022 <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2022>

³⁶ The European Commission has proposed to import 10 million tons of renewable hydrogen by 2030. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen_en Assuming Egypt capture 25% of it.

一方、欧州、エジプト、中東を結ぶパイプラインの建設には 280 億 USD が必要になるとの試算がある³⁷。AFRY は地中海から中欧に至る水素パイプライン建設の実現可能性に関する調査を実施した。調査によると、以下の通りパイプライン建設は実現可能であるとされた³⁸ (図 26)。

- 約 1.2 EUR/kg H₂ で約 2.5 Mtpa の水素を輸送可能(同じ種類のパイプラインを追加で建設すれば増量が可能)
- LCOH 見込み: 2030 年代に約 2.7 EUR/kg、長期間では約 2.3 EUR/kg
- 280 億 EUR の費用および 7 年の建設期間が必要

国内需要を対象とした輸送インフラも必要となるが、既存の水素・天然ガス向けのインフラによりカバーできる可能性がある。

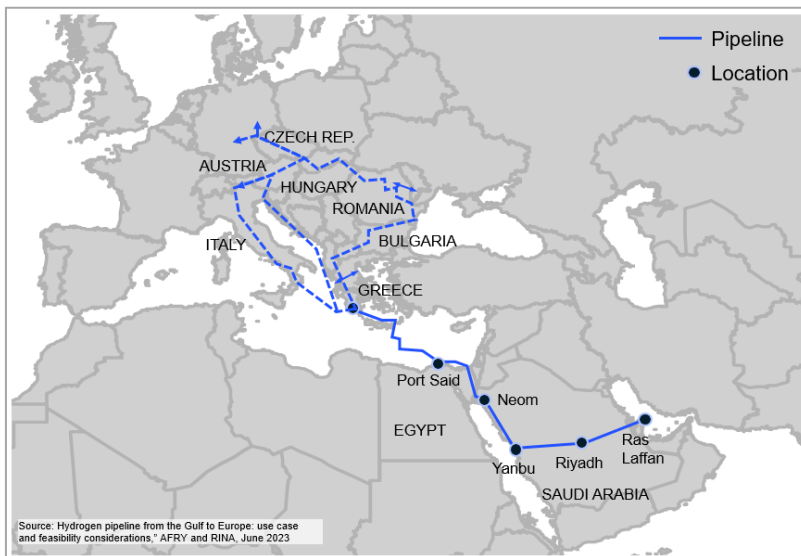


図 26 エジプトにおける水素パイプラインルート案

4.1.4 関連政策の動向

脱炭素戦略

EU がエジプトの総輸出の 31%を占める最大の輸出先であることから、EU の Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) などの政策がエジプトの脱炭素化に大きく影響している^{39,40}。エジプトは電力、石油・ガス、輸送の部門別排出目標を設定しており、それぞれ 2030 年の BAU (Business As Usual: 現状維持) シナリオに対して電力は 37%、石油・ガスは 65%、輸送は 7%の削減を目指している。さらに、それぞれの分野に対して削減施策を定義しており、例えば電力では再生可能エネルギーの増加や老朽化した発電所の効率改善等が掲げられている。目標達成には国際的な支援の獲得、気候変動と経済・人口増加の両立、データの可用性・デジタルトランスフォーメーション・テ

³⁷ “Hydrogen pipeline from the Gulf to Europe: use case and feasibility considerations,” AFRY and RINA, June 2023

³⁸ Gulf-to-Europe Hydrogen Pipeline <https://afry.com/en/newsroom/news/gulf-europe-hydrogen-pipeline-joint-afry-and-rina-study-indicates-feasibility-and>

³⁹ “CBAM 運用開始まで 2 年半、対策を迫られる中東・北アフリカ諸国 —トルコとエジプトにおける取り組み—” (Japanese only), Mitsui&Co. Global Strategic Studies Institute, June 2023

⁴⁰ “Exports by Geographical Distribution 2022/2023,” Central Bank of Egypt, 2023

テクノロジーの強化、法的環境の整備、協力的な文化的価値観の創造等が主な課題として言及されている。脱炭素化政策の中で水素についての大きな言及はない⁴¹。

水素戦略

国家水素戦略は2021年から策定が開始されており、供給、需要、インフラなどのバリューチェーン全体をカバーする国内でのグリーン水素生産の規制枠組みを提供する予定である。欧州復興開発銀行(EBRD)の支援を受けて政府が策定中で、現在は最終段階にあり、公表の承認待ちの状況である。同戦略には署名済みのMoUを活性化し、グリーン水素プロジェクトを促進するインセンティブ法が含まれており、インセンティブ法部分は先行して2023年に承認され2024年1月から発効した⁴²。

また、エジプトでは国家水素協議会が設立され、グリーン水素に関する国家戦略の監視と実行が行われ、関連法規制が見直される予定である。同協議会はMostafa Madbouly 首相が率い、Ministry of Electricity and Renewable Energy、Ministry of Petroleum and Mineral Resources、Ministry of Finance、Ministry of Environment、The Sovereign Fund of Egypt (TSFE)が参加する⁴³。

規制・インセンティブ制度

再生可能エネルギー事業向けにFIT制度やB00等を導入している⁴⁴。同国の投資法(Investment law)では、減税やインフラ拡張費用の払い戻し等の優遇措置を設定している。また、上述の2023年に承認された新たな水素インセンティブパッケージでは、上流/中流部門の開発を目指した税制の優遇措置等の支援が示されている。グリーン水素・水素化合物の製造、海水淡水化、太陽光発電(95%以上が水素に使われる場合)、送電、水素の貯蔵に適用され、海外投資家からの資金調達を70%以上、国産部品を20%以上使用するという条件が付くが、33~55%の税還付とその他の優遇措置が提供される⁴⁵。

4.1.5 関連プロジェクトの動向

エジプトでは、10程度のプロジェクトが発表されており、主に上流部門を対象としている。中流・下流部門の開発には、特に今後の取組余地があると考えられる(図27)。

⁴¹ Egypt's Second Updated Nationally Determined Contributions, 2023, <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2023-06/Egypt%20Updated%20First%20Nationally%20Determined%20Contribution%202030%20%28Second%20Update%29.pdf>

⁴² Baker McKenzie https://insightplus.bakermckenzie.com/bm/energy-mining-infrastructure_1/egypt-new-incentives-for-green-hydrogen-and-derivatives-projects

⁴³ Stakeholder interviews, press search ([link](#), [link](#), [link](#))

⁴⁴ IEA Policies database - Egypt Renewable Energy Law (Decree No 203/2014)

⁴⁵ Riad&Riad Law Firm "Egypt Announces Green Hydrogen Incentive Package" <https://riad-riad.com/egypt-announces-green-hydrogen-incentives-package/>. また、同法は2024年1月より施行された。 <https://riad-riad.com/egypt-releases-new-law-for-green-hydrogen-incentives/>

非網羅的 覚書	プロジェクトの詳細				主なステークホルダー	2023年12月時点	
	上流	中流	下流			投資規模 ¹ M USD	容量, MW
Maersk and Egyptian authorities	船舶用のグリーンエネルギー・燃料を製造・流通させるための全国ネットワークの構築				A.P. Møller-Mærsk, The Sovereign Fund of Egypt, Equipment & Engine Training Council	~15,000	データなし
Scatec and Egyptian authorities	グリーンアンモニアプラントの開発				Scatec, Equipment & Engine Training Council, The Sovereign Fund of Egypt, SCZONE, Ministry of Electricity and Renewable Energy,	~5,000	~3,300
Renew Power and Egyptian authorities	グリーン水素・アンモニアプラントの開発				ReNew Power, Elsewedy Electric, ScZone, EETC, TheReNew Power, Elsewedy Electric, SCZONE, Equipment & Engine Training Council, The Sovereign Fund of Egypt	~5,000	~1,500
H2 Industries and SCZONE	廃棄物発電を利用したグリーン水素プラントの建設				H2 Industries, SCZONE	~4,000	~1,000
AMEA and Egyptian authorities	輸出用グリーン水素製造施設の開発		オフテイク候補と議論・調整		AMEA Power, SCZONE, Equipment & Engine Training Council, The Sovereign Fund of Egypt, Ministry of Electricity and Renewable Energy	~3,000	データなし
Masdar / Hassan Allam and Egyptian authorities	グリーンアンモニアプラントの開発				Masdar, Hassan Allam, SCZONE, Equipment & Engine Training Council, The Sovereign Fund of Egypt, Ministry of Electricity and Renewable Energy	データなし	~4,000
Total Eren / Enara and Egyptian authorities	グリーンアンモニアプラントの開発				Total, Eren, Enara Group, SCZONE, Equipment & Engine Training Council, The Sovereign Fund of Egypt, Ministry of Electricity and Renewable Energy	データなし	~1,500
Alfanar and Egyptian authorities	グリーン水素プラントの開発				Alfanar, SCZONE, Equipment & Engine Training Council, The Sovereign Fund of Egypt, Ministry of Electricity and Renewable Energy	データなし	~500
Siemens and Egyptian authorities	水素製造のパイロットプロジェクトの構築	物流コンセプトを定義	オフテイク関係を構築		Siemens, Library of Electric and Energy	データなし	~200
(Agreement between Scatec, Fertigllobe, and TSFE)	原料用グリーン水素施設の開発				Scatec, Fertigllobe, OCI, Orascom Group, The Sovereign Fund of Egypt	データなし	~100

1. 推定額を含む
資料: McKinsey Hydrogen Project and Investment Tracker, 記事検索

図 27 エジプトにおけるグリーン水素・アンモニア関連プロジェクト

4.2 ナミビア

4.2.1 グリーン水素・アンモニア製造ポテンシャル

ナミビアは電力の約 60%を輸入しており⁴⁶、その輸入電力は化石燃料による発電が過半であるため⁴⁷、グリーン水素・アンモニアの製造には再生可能エネルギーの電力源を新規開発し利用することが必要となる。

ナミビアには世界有数の再生可能エネルギー源、特に風力と太陽光があり、グリーン水素・アンモニアの主要製造国となる可能性がある。特に Kunene(北部)と Karas(南部)地域において高い太陽光・風力ポテンシャルの双方が存在し、グリーン水素・アンモニアの製造ポテンシャルが高い地域になり得る(図 28)。

⁴⁶ Namibian Broadcasting Corporation “NAMIBIA IMPORTS MORE THAN 70% OF POWER” <https://nbcnews.na/node/100919>

⁴⁷ ZESCO https://www.zesco.co.zm/generation/renewable_energy, ZPC <https://www.zpc.co.zw/about-us>, SAPP <https://www.sapp.co.zw/sites/default/files/Full%20Report%20SAPP.pdf>

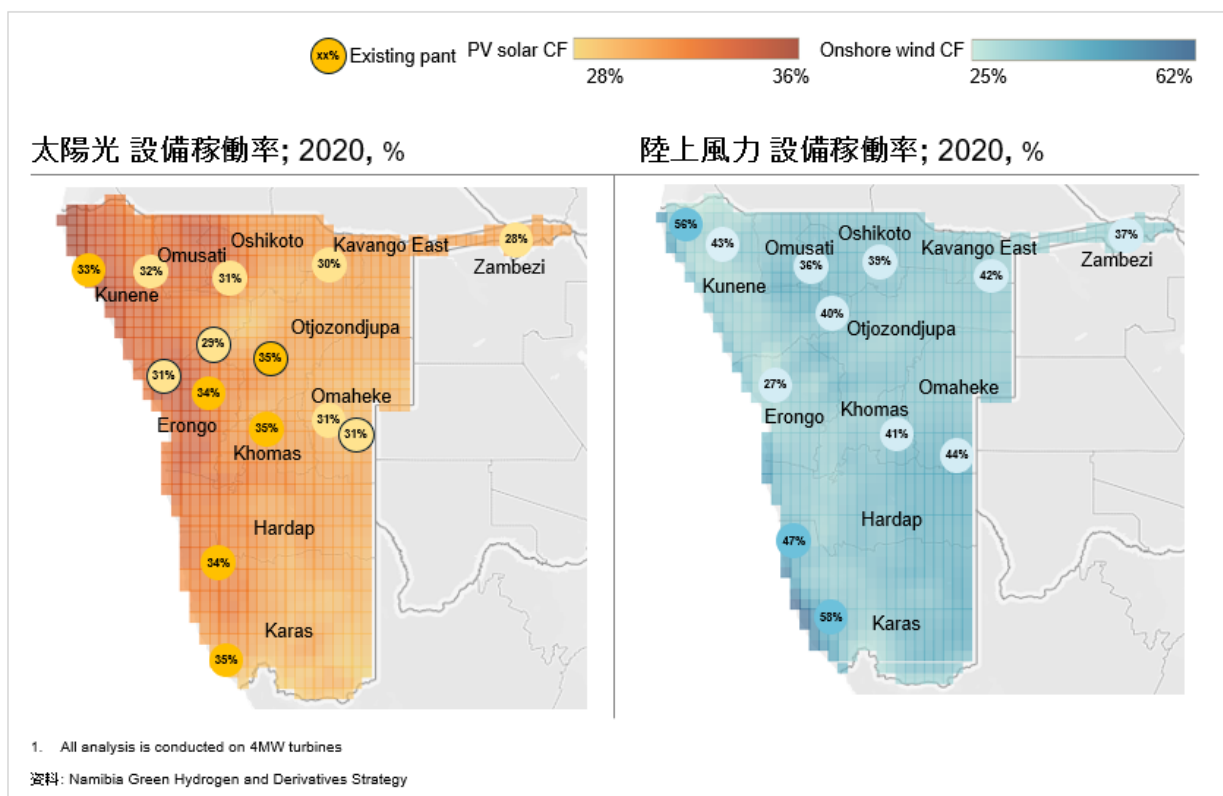


図 28 ナミビアにおける太陽光・風力発電のポテンシャル

LCOH は 2025 年時点で 3.4 USD/kg H₂ 程度、2050 年時点で 1.9 USD/kg H₂ 程度と予想される（図 29）。アフリカ各国は欧米等の先進国に比べてカントリーリスク、プロジェクト遂行リスク等が高いため、プロジェクト実施に必要な資本コストは高くなることが一般的である。ナミビアでは再エネ電力、送配電、グリーン水素・アンモニア生産設備に関わる EPC コントラクターや水素・アンモニア関連の専門人材が不足しており、プロジェクト遂行リスクの観点から資本コストが高くなる可能性がある。従い、同国が LCOH をさらに低減するためには開発援助機関等からの支援を含めた低コストでのファイナンス利用が重要となる。

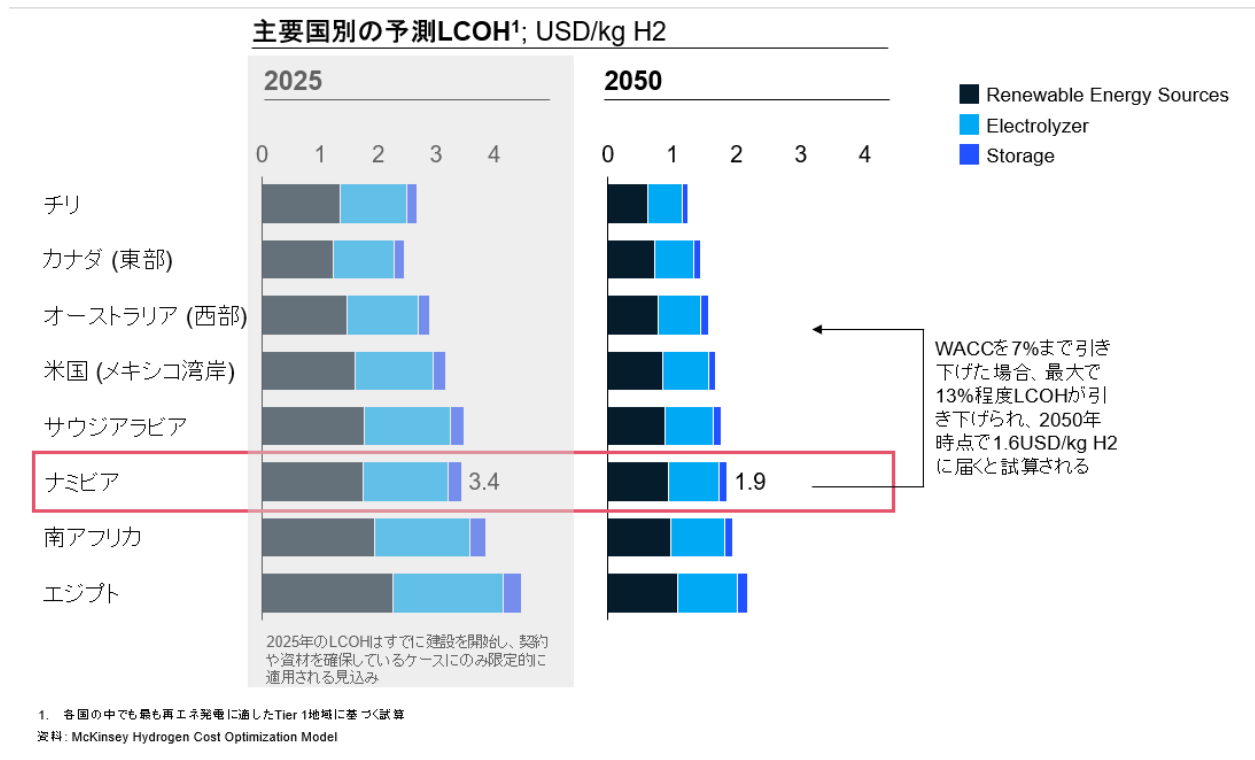


図 29 主要国別の LCOH - ナミビア

ナミビアでのグリーン水素・アンモニアプロジェクトで想定される WACC は9%程度と想定しているが、これを先進国並みの7%まで引き下げた場合、最大で13%程度 LCOH が引き下げられ、2050年時点で1.6 USD/kg H_2 に届くと試算される(図 30)。

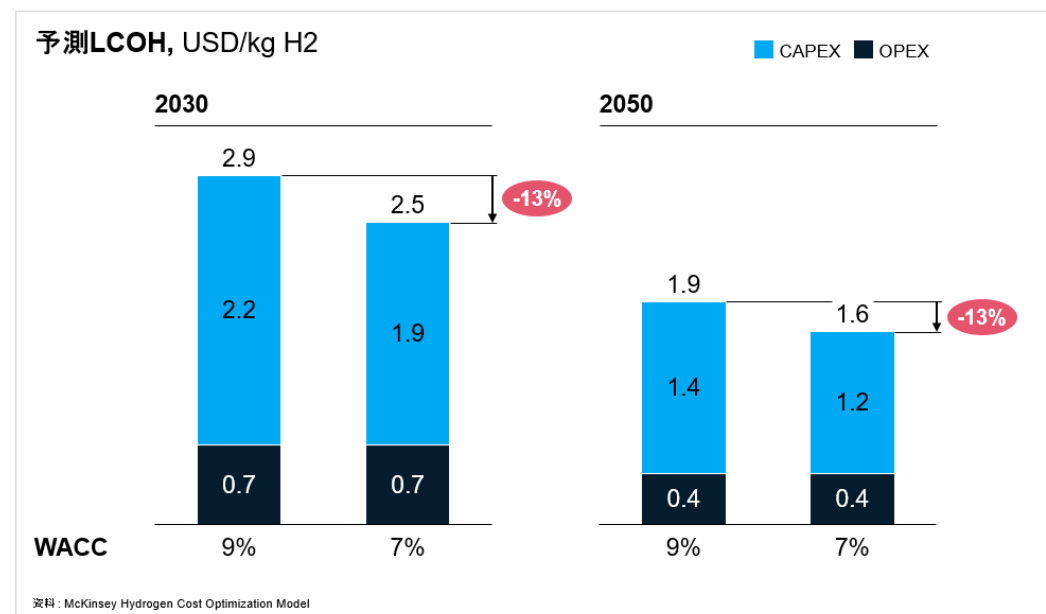


図 30 WACC を引き下げた場合の LCOH - ナミビア

4.2.2 グリーン水素・アンモニア需要と利用ポテンシャル

ナミビアは GHG 排出量が非常に少なく、排出量の 70%以上が農林その他の土地利用から排出される(図 31)。

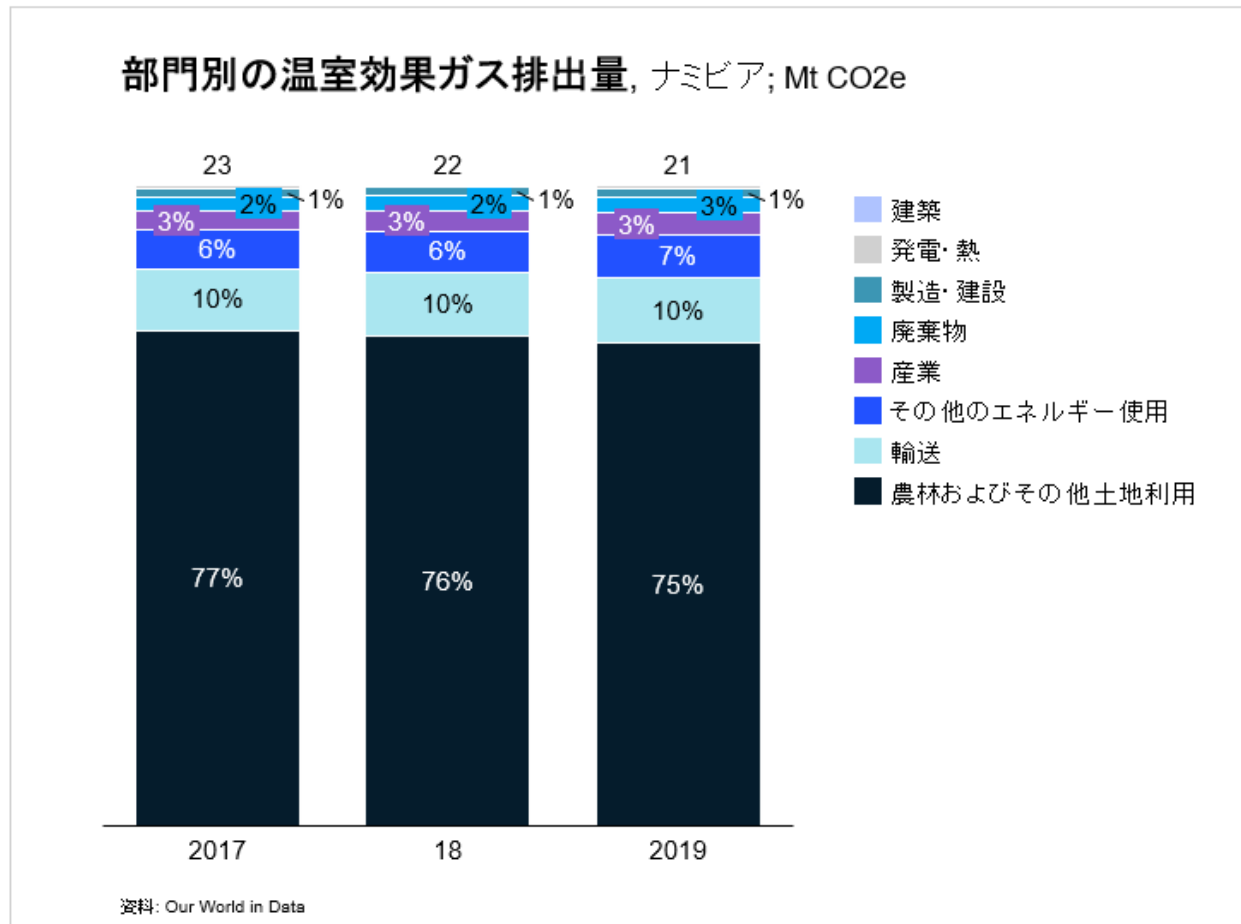


図 31 ナミビアにおける部門別の温室効果ガス排出量

人口が約 250 万人であることもあり、国内の水素需要は非常に限定的な見通しとなっている。2040 年代から限定的に運輸での需要が発生する可能性があるものの、国内水素需要は生産量の 1%を下回る見通しである(図 32)。また、ナミビアの国内生産される水素の 90%以上がグリーン水素となる見込みである⁴⁸。

⁴⁸ McKinsey Global Energy Perspective 2022 <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2022>

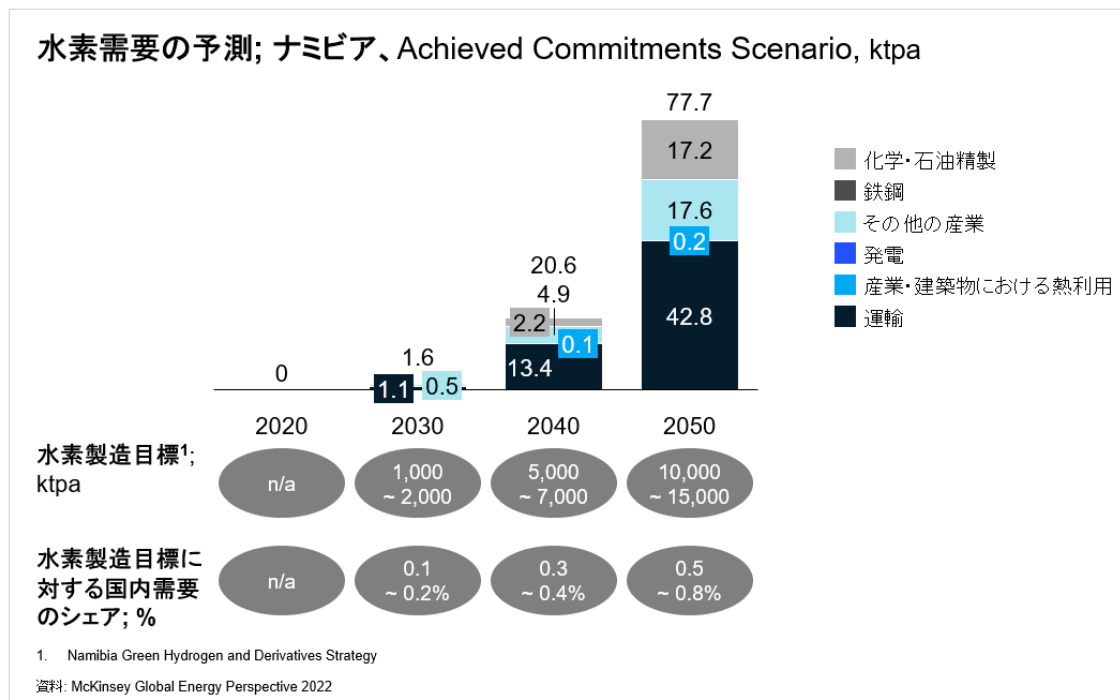


図 32 ナミビアにおける水素需要の予測

4.2.3 グリーン水素・アンモニア輸送の展望

ナミビアでは、特に欧州や東アジア等の需要地に向けて Luderitz 港（南部）、Walvis Bay 港（中部）、北部の新港湾等からの海上輸送のための輸送インフラ整備が計画されている。現在利用可能な Luderitz 港（南部）、Walvis Bay 港（中部）を水素輸出用に改修するには数億米ドルが、北部の新港湾の開発には数十億米ドルが必要な見込みである(図 33)。

なお、南アフリカへ水素をパイプラインで輸送することも可能性として存在するが、南アフリカも国内での水素生産を計画していることを考慮するとその規模は限定的と想定される。



図 33 ナミビアにおけるグリーン水素・アンモニアの輸出港湾開発

4.2.4 関連政策の動向

脱炭素戦略

ナミビアは主に森林伐採量を減らすことで、GHG 排出量を BAU (Business As Usual: 現状維持) シナリオに対して 91%削減することを目標としている (図 34)。

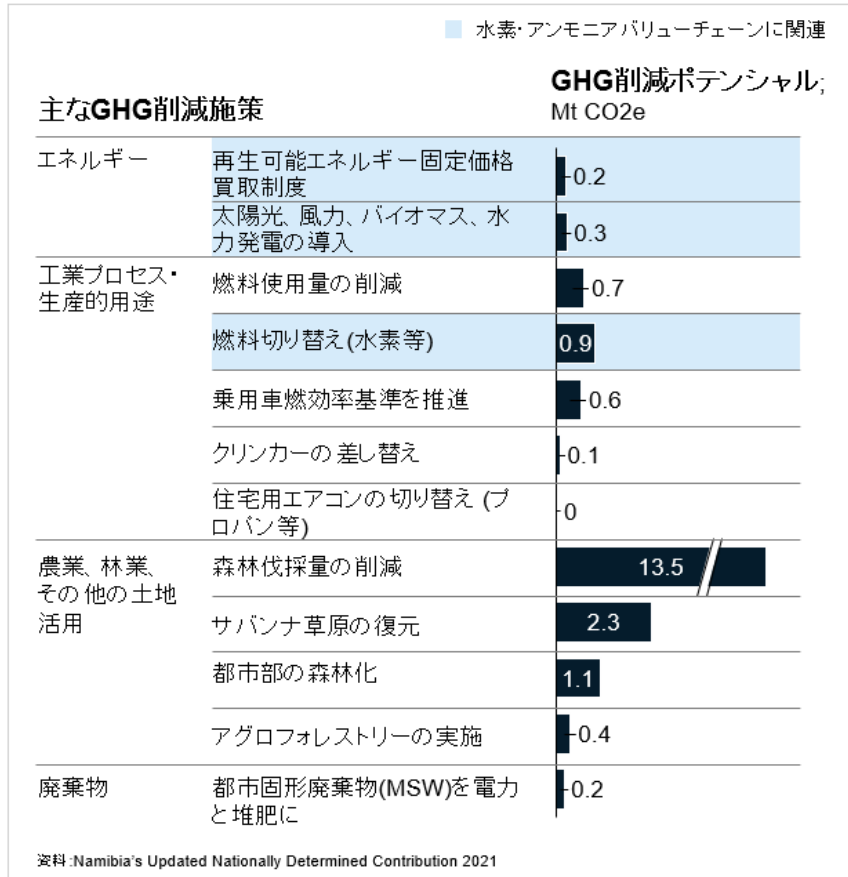


図 34 ナミビアにおける主な温室効果ガス削減施策

NDC 目標の達成に向け、海外からの支援獲得、気候変動と経済発展の両立、技術や市場ガイダンス、信頼可能な原料へのアクセス等が不十分な環境下での緩和策の実行等が主な課題として言及されている。また、水素利用については、短期的には定置型燃料電池、中期的には輸送、遠隔地への電力供給のための燃料電池水素等において水素がカーボンニュートラルの達成に重要な役割を果たすとしている。また、グリーン水素は再生可能エネルギーシステムの統合を加速する役割も担うとも言及されている⁴⁹。

水素戦略

2022年11月に公表された“Namibia Green Hydrogen and Derivatives Strategy”では、2050年に年間10～15Mtpaの水素を製造し、ヨーロッパや東アジアの主要需要地に輸出することを目指している。また、送電網、水素製造設備、輸出港湾等のインフラを関係国・事業者で共有することで、

⁴⁹ Namibia's Updated Nationally Determined Contribution

南部アフリカ全域にグリーン水素・アンモニアの統合エコシステムを確立することを目指している。運輸部門等のバリューチェーンの下流に関する特定の国家戦略は未設定だが、“Namibia Green Hydrogen and Derivatives Strategy”ではトラックや鉄道での水素活用による GHG 排出量削減の可能性についても言及されている。同資料において、政府は戦略実行のための行動計画を提示し、効果的な運営体制の構築、強力なパートナーネットワークの構築、ナミビア国民への繁栄の共有等に取り組むとしている⁵⁰。

規制・インセンティブ制度

再生可能エネルギー事業向けには、再生可能エネルギー固定価格買取制度(REFIT)プログラムや IPP 入札等を実施している⁵¹。水素製造・水素輸送に関する規制やインセンティブ制度はないが、国家戦略および法的枠組みである“the Synthetic Fuels Act”は、水素プロジェクトの国際ガイドラインおよび品質基準の遵守を保証する基準を定義する予定である⁵²。また、有利な財政条件を備えた経済特区(SEZ)の創設や海外の開発パートナーと協力し、リスク回避のための金融商品の提供も検討している⁵³。

4.2.5 関連プロジェクトの動向

ナミビアで発表済みのプロジェクトは、主に上流全体と輸送向け中・下流に焦点が当てられている(図 35)。Karas(南部)地域で開発が進んでいる SCDI Namibia Green Hydrogen Project はドイツ系エネルギー企業である Enertrag 社等とナミビアの政府系ファンドの合併会社である Hyphen Hydrogen Energy が主導するナミビア最大のグリーン水素・アンモニア製造ハブのプロジェクトである。10 億米ドルの投資、合計 7GW の再生可能エネルギーの発電容量、3GW の電解容量など、投資規模・製造キャパシティともにナミビアの水素関連プロジェクトを牽引している⁵⁴。

⁵⁰ Namibia Green Hydrogen and Derivatives Strategy

⁵¹ IEA Policies database

⁵² In Namibia Green Hydrogen and Derivatives Strategy, it was stated that “Enact the Synthetic Fuels Act as a comprehensive regulatory framework to create an enabling environment with legislation for hydrogen projects”

⁵³ In Namibia Green Hydrogen and Derivatives Strategy, it was stated that “Namibia is considering creating a special economic zone (SEZ)”

⁵⁴ Southern Corridor Development Initiative (SCDI) Namibian Green Hydrogen Project <https://hyphenafrika.com/projects/>

非網羅的				2023年12月時点		
プロジェクトの詳細						
プロジェクト	上流			主な関係者	投資規模 ¹⁾ M USD	容量; MW
	中流					
下流						
SCDI Namibian Green Hydrogen Project	太陽光発電および風力発電を利用したグリーン水素・アンモニアの製造・輸出			Hyphen	~9,500	~3,000
Renewstable Swakopmund	太陽光発電を利用したグリーン水素の開発			HDF Energy, European Investment Bank	~80	~70
H2-Pilot Plant / Refueling Station in Walvis Bay	太陽光発電システムと水素製造施設の建設	水素ステーションの建設	運輸部門 ¹⁾ 、鉱業部門 ¹⁾ 、港湾活動におけるアプリケーションの開発	CMB. TECH, Ohlthaver & List	30	5
Hydrogen-Diesel Dual Fuel Locomotive Project Proposal for Namibia	水素ディーゼル二重燃料機関車の試験の実施			CMB. TECH, Hyphen, Transnamb, UNAM, Nicholas Holdings Limited, NHGRI	7	-
Green Hydrogen Applications in the Port Environment	水素の補給インフラと港湾物流における水素利用の実証			CMB. TECH, Cleanergy Solutions Namibia, Namport	6	-
Daures Green Village	将来的な工業規模への拡大を見据えた、グリーン水素およびアンモニア製造のPoCの実施			Enersense, UNAM, Windwise, University of Stuttgart	データなし	~420
Tumoneni	太陽光発電を利用したグリーン水素の開発			CWP Global	データなし	データなし

1. 推定額を含む

資料: McKinsey Hydrogen Project and Investment Tracker, 記事検索

1. 推定額を含む
資料: McKinsey Hydrogen Project and Investment Tracker, 記事検索

図 35 ナミビアにおけるグリーン水素・アンモニア関連プロジェクト

4.3 南アフリカ

4.3.1 グリーン水素・アンモニア製造ポテンシャル

南アフリカでは既存の系統電力は化石燃料による発電が大半であるため⁵⁵⁾、グリーン水素・アンモニアの製造には再生可能エネルギーの電力源を新規開発し利用することが必要となる。

南アフリカには世界有数の再生可能エネルギー源、特に陸上風力と太陽光があり、グリーン水素・アンモニアの主要製造国となる可能性がある(図 36)。

⁵⁵⁾ IEA Electricity Information 2022

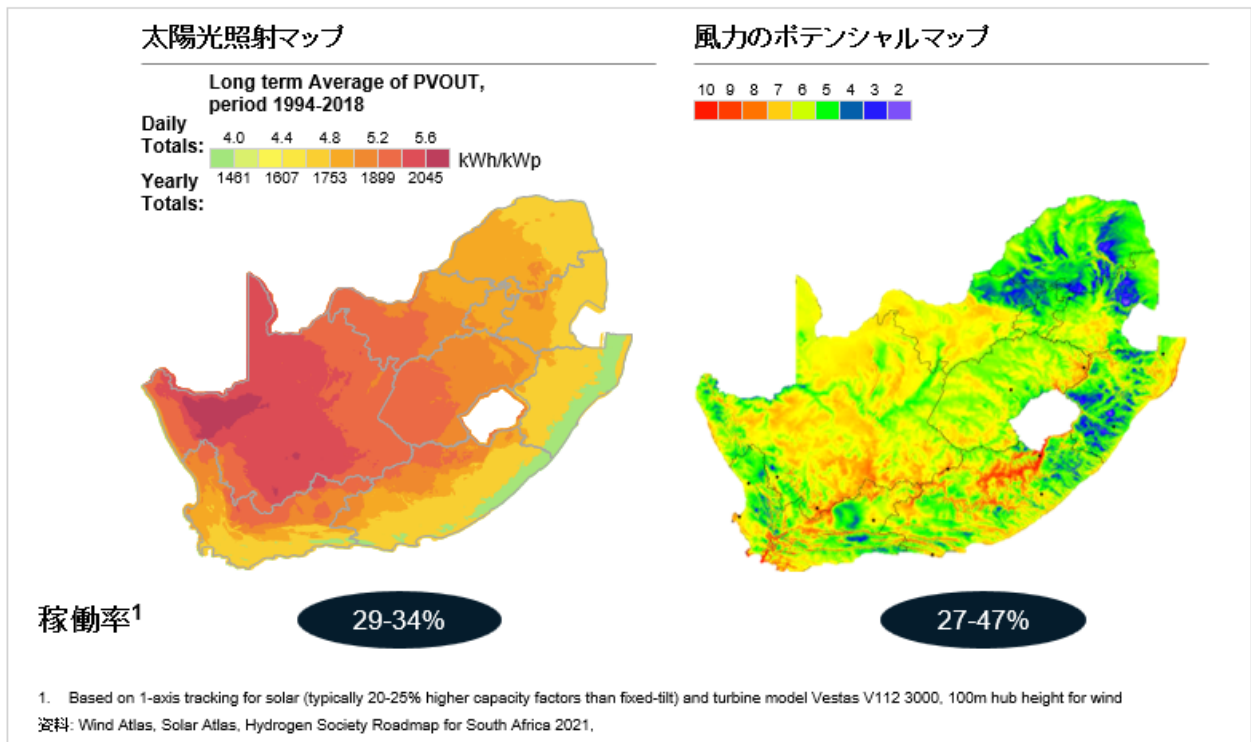


図 36 南アフリカにおける太陽光・風力発電のポテンシャル

再生可能エネルギー源、需要地へのアクセス、既存インフラの整備状況等を考慮すると、Northern Cape 州、Western Cape 州、Eastern Cape 州、Durban-Gauteng-Mpumalanga 地域は特にグリーン水素・アンモニアの製造ポテンシャルが高いと見込まれる（図 37）。

LCOH は 2025 年時点で 3.9 USD/kg H₂ 程度、2050 年時点で 2.0 USD/kg H₂ 程度と予想される（図 38）。アフリカ各国は欧米等の先進国に比べてカントリーリスク、プロジェクト遂行リスク等が高いため、プロジェクト実施に必要な資本コストは高くなることが一般的である。南アフリカでは深刻な電力不足が続いており、グリーン水素・アンモニア向けの再エネ供給の優先順位等の不透明さが存在しているため、カントリーリスクの観点から資本コストが高くなる可能性がある。従い、同国が LCOH をさらに低減するには開発援助機関等からの支援を含めた低コストのファイナンス利用が重要となる。

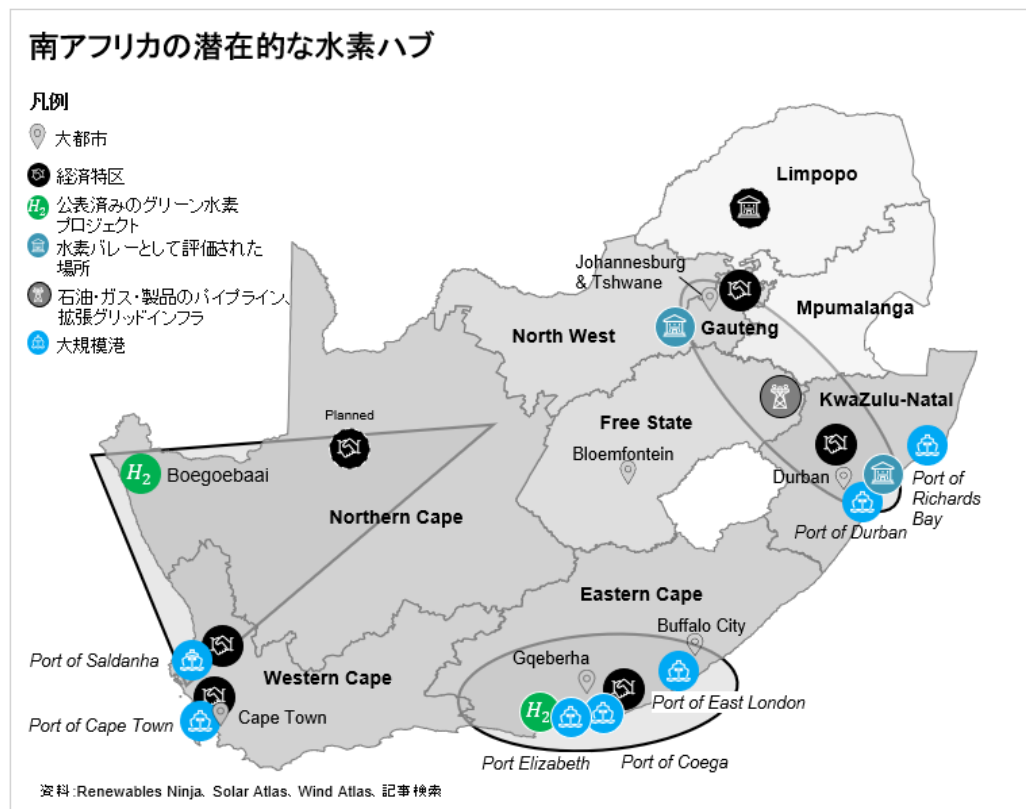


図 37 南アフリカにおける水素製造ポテンシャルの高い地域

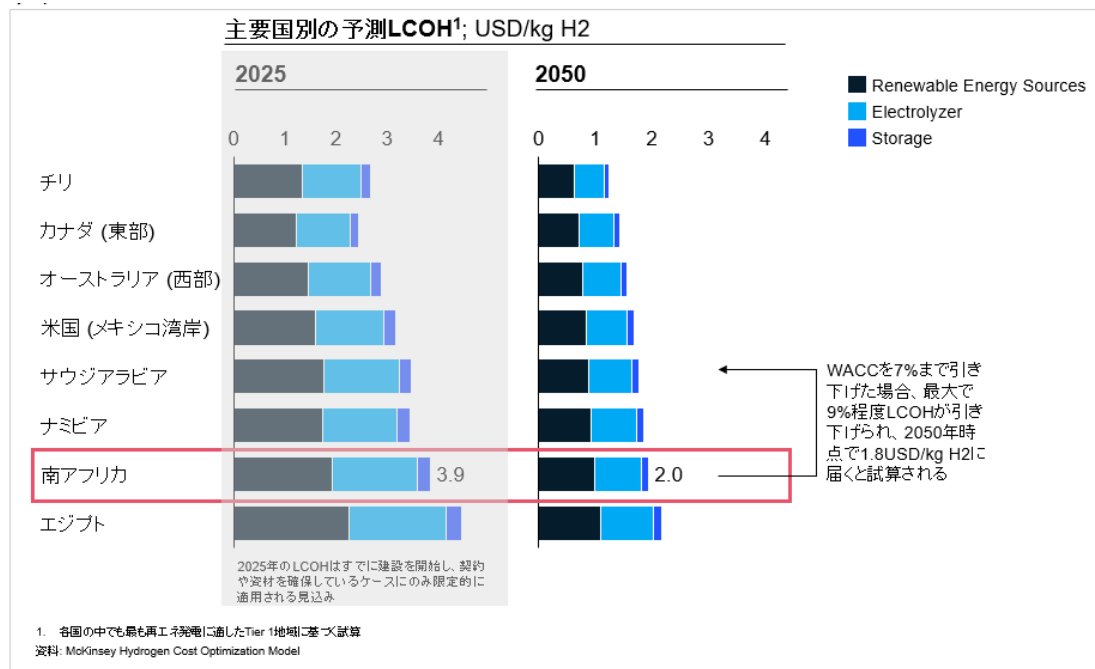


図 38 主要国別の LCOH - 南アフリカ

南アフリカでのグリーン水素・アンモニアプロジェクトで想定されるWACCは8%程度と想定しているが、これを先進国並みの7%まで引き下げた場合、最大で9%程度 LCOH が引き下げられ、2050年時点で1.8 USD/kg H₂に届くと試算される(図39)。

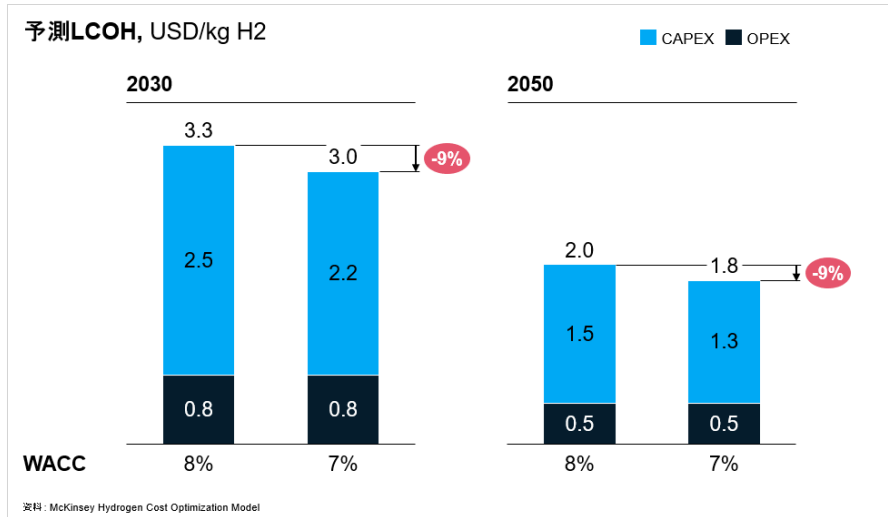


図 39 WACC を引き下げた場合の LCOH - 南アフリカ

4.3.2 グリーン水素・アンモニア需要と利用ポテンシャル

南アフリカの温室ガス排出量は発電・熱部門が半分以上を占めており、同国の脱炭素化の鍵となる(図40)。

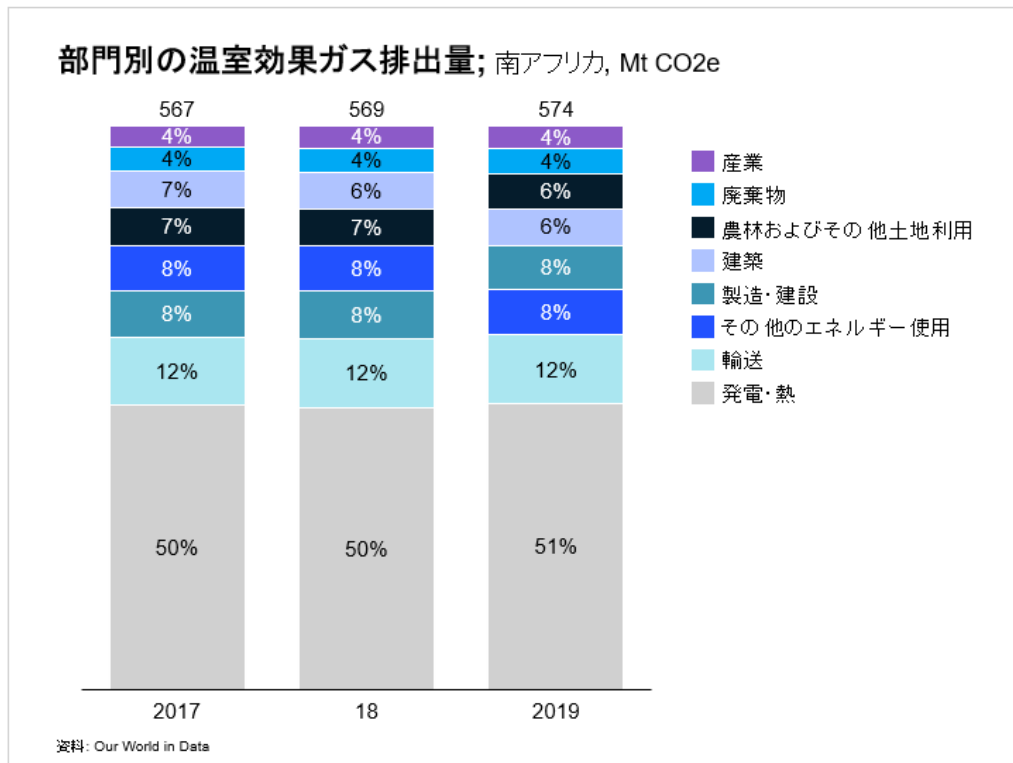


図 40 南アフリカにおける部門別の温室効果ガス排出量

南アフリカ国内の水素需要は2030年までは限定的だが、その後、発電・鉄鋼・運輸等のセクターで伸びると予想される(図41)。特に発電については石炭発電中心の電源構成からのトランジションの役割を担うため、特に2040年代に使用される一方で2050年に向けては使用が減少すると見込まれる。なお、南アフリカの国内需要では主にグリーン水素が利用される見込みである。

水素需要は2050年には合計で約8 Mtpaに達すると予想され、同国の生水素製造目標⁵⁶の1/3に相当する。そのため、残る2/3について欧州や東アジアに向けた海外輸出を想定しており、これらの地域・国への供給契約を実現していくことが水素産業発展の鍵となる。

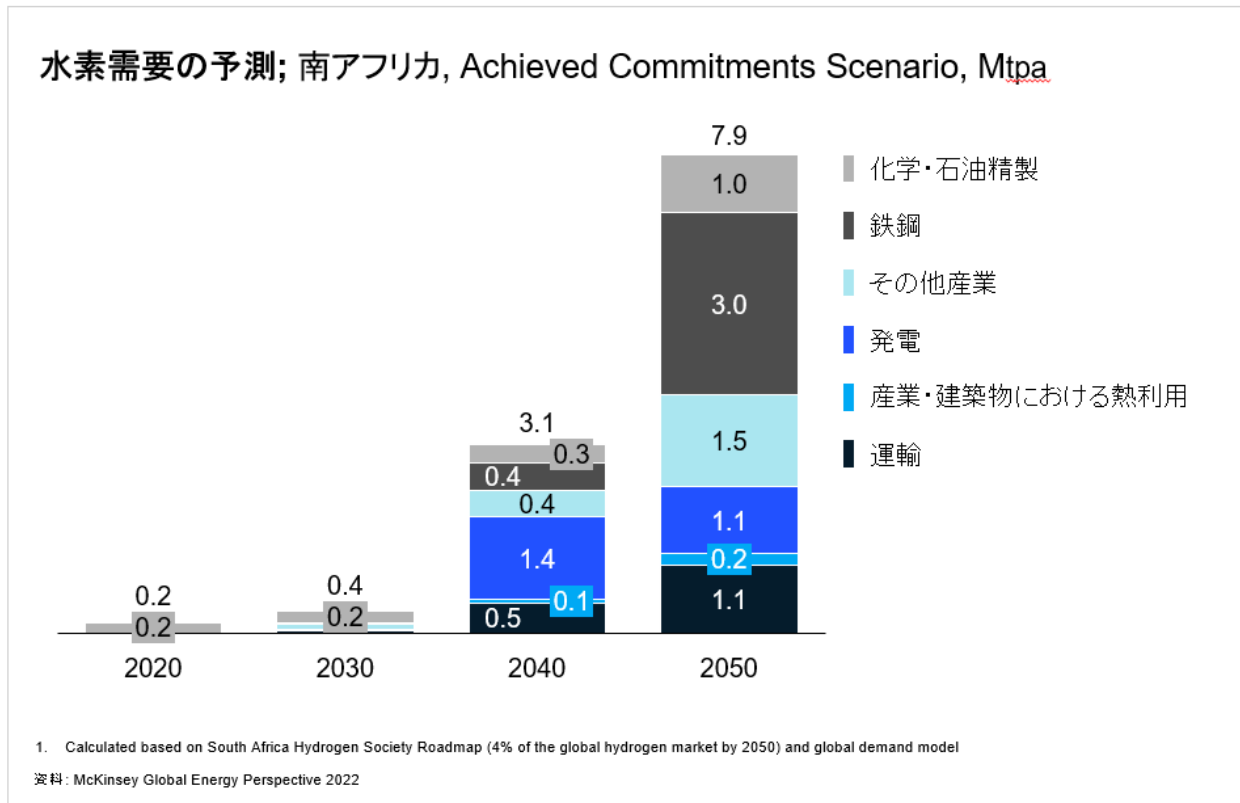


図 41 南アフリカにおける水素需要の予測

4.3.3 グリーン水素・アンモニア輸送の展望

南アフリカは国内利用・海外輸出の中流の輸送インフラを設置する必要があると考えられる。国内利用向けには Limpopo から Durban までの“Hydrogen Corridor”を整備し、水素の製造・利用・輸出の拠点する計画が公表されている⁵⁷。海外輸出は海上輸送となり、Saldanha、Cape Town、Durban、Port Elizabeth、Coega、East London、Gqeberha 等が主要な輸出港の候補となっている。既存港湾の水素輸出対応への改修には数億 USD の投資が必要な見込みである。

⁵⁶ South Africa Hydrogen Society Roadmap (世界の水素市場の4%を目標としている) および global demand model を元にした試算

⁵⁷ South Africa Hydrogen Valley Final Report, 2021

4.3.4 関連政策の動向

脱炭素戦略

南アフリカは2030年の排出量目標を農林およびその他土地利用を含めて350～420 MtCO₂eの範囲とすることをコミットしている⁵⁸が、具体的な施策は未発表である。エネルギープラン等の個別政策で方針を定めている⁵⁹。また、水素については公正な経済移行の実現に向けたレバーとして言及されている。

水素戦略

2021年に公表された“Hydrogen Society Roadmap”では、2050年までに水素の海外輸出と国内での輸送・発電利用を見込んでおり、グローバル市場で4%のシェアを持つ主要なグリーン水素供給国になることを目指している。下流については、短期的には運輸と重工業分野での水素利用が中心になるとし、以下の通り目標を設定している。

- 燃料電池バスとトラックの台数：2025年までに100台、2030年までに500台
- 稼働中の水素ステーション数：2025年までに5施設
- 2030年までに水素とアンモニアを使用するタービンを稼働

長期的には輸送、産業、電力に水素を利用することを目指している。

同資料では合計70の主要アクションが、1)輸送の脱炭素化、2)エネルギー多消費産業の脱炭素化、3)輸出市場の創出、4)グリーン電力部門の強化、5)製造のセンター・オブ・エクセレンス、6)水素製造・貯蔵・流通の6つのテーマごとに定義されている⁶⁰。

また、2023年11月には“Green Hydrogen (GH2) Commercialisation Strategy”⁶¹が公表され、関連する省庁の役割、政策ロードマップ、関連インフラの整備、輸出先の需要確保等についてより踏み込んだ内容が示された。この中で同国は2050年までにグリーン水素関連でGDPを3.6%を増加させ、37万人の雇用を創出するとの目標を示している。

規制・インセンティブ制度

再生可能エネルギー事業向けにPPAプログラムや税制優遇措置等を導入している⁶²。また直近では、送電網の強化のためのPPPを検討している。水素の製造・輸送に関する規制やインセンティブ制度はないが、2024年までに上・中流活動のための規制とインセンティブ制度を制定する計画である⁶³。

⁵⁸ SOUTH AFRICA FIRST NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION UNDER THE PARIS AGREEMENT

⁵⁹ South Africa Integrated Resource Plan (IRP2019)

⁶⁰ HYDROGEN SOCIETY ROADMAP FOR SOUTH AFRICA 2021

⁶¹ Green Hydrogen (GH2) Commercialisation Strategy <https://www.thedtic.gov.za/wp-content/uploads/Powerpoint-Summary-Green-Hydrogen-Commercialisation-Strategy.pdf>

⁶² Renewable Independent Power Producer Programme (REIPPP), ‘Treasury on publication of renewable energy incentives in 2023 Draft Taxation Laws Amendment Bill for public comment’ <https://www.gov.za/speeches/publication-renewable-energy-incentives-2023-draft-taxation-laws-amendment-bill-public>

⁶³ “HYDROGEN SOCIETY ROADMAP FOR SOUTH AFRICA 2021”

4.3.5 関連プロジェクトの動向

南アフリカでは水素バリューチェーン全体にわたってプロジェクトが発表されている(図 42)。Northern Cape 州でグリーン水素ハブを開発する予定の Boegoebaai プロジェクト⁶⁴は Sasol 社および Northern Cape 政府が主導しており、投資規模・製造キャパシティともに南アフリカの水素関連プロジェクトをリードしている。なお、このプロジェクトには日本企業として伊藤忠商事が Sasol 社と MoU を締結して事業検討に参画している。また、Sasol 社は Sasolburg でのパイロットプロジェクトや、ArcelorMittal 社とも水素ハブに関するフィジビリティスタディ等を実施している。

非網羅的		2023年12月時点			
プロジェクト	プロジェクトの詳細			主なステークホルダー	投資規模 ¹ Mn USD 容量; MW
	上流	中流	下流		
Boegoebaai green hydrogen	太陽光発電と風力発電を利用したグリーン水素発電所の開発			Sasol	~2,400 ~5,000
Prieska Power Reserve project	太陽光発電と風力発電を利用したグリーンアンモニア発電所の開発			IDC, Mahlako, Cenec, Smec	~900 ~1,700
Anglo American's mining trucks demonstration	水素の製造(エネルギー源は特定せず)	水素ガス貯蔵タンクの開発	水素を動力源とする新しい鉱山運搬トラックの実証	AngloAmerican, First Mode, ABB, Engie, Williams, nel, NPROXX, BALLARD, Plug Power	7 4
Hydrogen development in Coega Special Economic Zone	再生可能な専用電力を使用したグリーンアンモニア発電所の開発			Hive Energy, AFROX, Linde	データなし ~2,300
HySHIFT	太陽光発電と風力発電を利用し、SAF向けにグリーン水素製造を構築	水素をSAF(E-ケロシン)に変換する技術と設備の開発		Sasol, Linde, Hydrogen, Enertrag	データなし ~200
The Platinum Valley Initiative (PVI)	Limpopo, Johannesburg, Durbanの3都市にグリーン水素ハブを開発:製造拠点の開発、3都市間に「Hydrogen Corridor」(水素流通ネットワーク)を設立、鉄鋼、輸送、産業等における水素およびその化合物の使用を促進			AngloAmerican, Bambili Energy, Engie	データなし データなし
Sasolburg green hydrogen project	再生可能な電力を利用したグリーン水素(およびアンモニアの可能性もある)発電所を開発			Sasol	データなし データなし
Saldanha green hydrogen	鉄鋼の利用可能性を目指し、国際競争力のあるグリーン水素ハブおよびエコシステムを開発するために、グリーン水素およびその化合物に関するフィジビリティスタディを実施			Sasol, ArcelorMittal	データなし データなし

1. 推定額を含む
資料: McKinsey Hydrogen Project and Investment Tracker, 記事検索

図 42 南アフリカにおけるグリーン水素・アンモニア関連プロジェクト

⁶⁴ "The Boegoebaai Port and Green Hydrogen Cluster" <https://www.globalafricanetwork.com/manufacturing/boegoebaai-port-and-green-hydrogen-cluster/>

第5章 ステークホルダーへの聞き取り調査結果

本調査においては、エジプト、ナミビア、南アフリカにおける現地ステークホルダーに加え、地域横断的なステークホルダーへの聞き取り調査を計 34 件を実施した。ステークホルダーの主な対象は各国の政府関係者、プロジェクト開発事業者、金融機関である。各対象者に対して各国のグリーン水素・アンモニア開発や政策の現状、課題、課題解決に期待されるアプローチについて聞き取りを行った。主な調査結果を以下に示す。

5.1 エジプト

5.1.1 ステークホルダーによる現状理解

最近の取り組み

現在、グリーン水素に関する関心やコミットメントが高まっており、そのことは締結された MoU の数からも見て取れる(9 件を超える枠組み合意を含む 23 件の MoU が締結されている)。

New and Renewable Energy Authority (NREA) によって既に広範な土地(面積約 2 万 6000km²)が West Sohag と West Aswan を主とする再生可能エネルギープラント用に割り当てられている。またスエズ運河に近く、地中海とも鉄道での接続が予定されている Sokhna エリアにも 30 百万 m² の土地がグリーン水素製造拠点用に割り当てられている。Suez Canal Economic Zone (スエズ運河特別経済区)では、変電所、認証機関、淡水化プラント、空気分離装置(窒素供給用)、ユーティリティ回廊、貯蔵・燃料補給ゾーンを設置する取り組みが計画されている。

グリーン水素関連のコースを含む人材育成学校(Elsewedy Technical Academy)も創設されている。同校の目的は計画されているプロジェクト開発の準備を推進するための技能を育成することである。

公共部門の状況

大統領が後押しする政府の強力な支援がある。エジプト政府は財務的インセンティブではなく、減税、VAT の削減、General Authority for Investment and Free Zones (GAFI)によるゴールドライセンスの交付(通常の規制手続きを省略してプロセスの加速化が可能)といった非財務的インセンティブの提供を予定していると言われている。2023 年 11 月に発表された水素インセンティブパッケージには、グリーン水素の現地製造に関する税制優遇等が含まれている⁶⁵。

また、エジプトの首相の指揮下に国家水素協議会が設立され、様々な省が同協議会に参画し、技術委員会を発足させた。政府はバンカリング事業の再活性化に向けてスエズ運河や地中海沿岸の港を利用することを目指しており、OCI(メタノール)と Scatec(アンモニアとメタノール)の 2 社にグリーン燃料ライセンスを付与した。

開発パートナーの活動

- EBRD はエジプトのグリーン水素・アンモニア開発に関して最も活発な支援を行っている開発パートナーであり、エジプト政府の国家グリーン水素戦略の策定を継続的に支援している。

⁶⁵ Added reference in footnote. <https://www.investinegypt.gov.eg/English/NewsAndEvents/News/Pages/The-General-Authority-for-Investment-and-Free-Zones-GAFI-celebrates-the-granting-of-the-golden-license-to-13-companies-in.aspx>

また、同国の再生可能エネルギーを利用する電解槽容量80MW規模のアンモニア製造プロジェクトの推進に助成プログラムを通じて融資している。EBRDはスエズ運河特別経済区向けの支援として、プロジェクト融資以外にも、水素戦略に関する署名済みMoUの分析や政府との緊密な協力を推進している。EBRDはEUからグリーン製品認証を取得する準備として再生可能エネルギーの認証面の支援を実施している。また、2022年末以前に発表された淡水化プラントの入札プロセスに対しても技術・財務両面から支援している

- 現在、African Legal Support Facility (ALSF)は法律顧問料のための資金提供を通じて、枠組み合意(MoUからアップグレードされたもの)やその後の他の合意への使用が見込まれる法的文書の草稿策定を支援している
- Egyptian Electricity Transmission Company (EETC)はベルギーのコンサルタントと協力しながら、NREA(Sokhnaゾーン)が以前に割り当てた地域における大規模再生可能エネルギープロジェクトの影響評価を実施している

民間部門の状況

Damietta港で2つのプロジェクトが進行中であり、1つはグリーンアンモニアを対象とした投資約500百万米ドル、製造能力150千トン/年のプロジェクトである。もう1つはグリーンメタノール(バンカリングシステムを含む)を対象としたScatecとの共同プロジェクトであり、年4万~20万トンの製造を見込んでいる。同プロジェクトは輸出を念頭に2025年末までに製造を開始することを目指している。Maerskは海運セクターでのグリーン燃料使用を目指してOCIが燃料補給の試運転を実施しているEast Portsaidにおけるグリーンメタノールのバンカリングに参加した。Maerskとは既にMoUが締結されており、今後は枠組み合意(グリーン燃料の製造者とオフテイカー)にアップグレードされると想定されている。

現在、国際企業(Shell等を含む)と締結済みのMoUは20件を上回り、そのうちの9件、すなわちTotal、Scatec、ReNew(ElSewedyとのパートナーシップ)、Masdar(BPおよびInfinity Powerとのパートナーシップ)、Globeleq、FFI、EDF France、AMEA Power、Al FanarとのMoUは枠組み合意にアップグレードされる見込みである。

再生可能エネルギーに関しては、合計28GWとなる複数の風力発電プロジェクトのMoUが締結されており、その内訳はMasdar 10GW、ACWA Power 10GW、Scatec 5GW、Orascom 3GWとなっている。EBRDは再生可能エネルギー分野の支援に非常に積極的であり、過去にはプロジェクトへの融資を行い、現在はグリーン認証やアンモニア製造設備といった他の領域で支援を展開している。

5.1.2 主な課題と期待されているアプローチ

エジプトの業界ステークホルダーは以下のような課題を認識している：

- **プロジェクトへの融資と経済合理性：** 三か国に共通して繰り返されるテーマである。通常のグリーン水素・アンモニア製造プロジェクトは設備投資が大きくなるため、資本コストがプロジェクトの経済性の第一のドライバーになる。さらに、資本コストのドライバーは主に市場リスク(オフテイク合意の締結によって低減可能)とカントリーリスクで構成される。ステークホルダーは、エジプトでは世界の様々なインセンティブ(例：米国のIRA)と競合することは非常に困難であり、これまでにエジプト政府が提供したインセンティブは限られていることに特に注意している。また、OECD諸国と比べてカントリーリスク・政治的リスクのた

めに資本コストが相対的に高くなることから、プロジェクトの収益性に差が生じると想定されている

- **インフラの利用可能性:** 本項目も三か国に共通するテーマである。すなわち、製造拠点を輸出用インフラ(主に港湾)と接続するためには、一般的に大規模なインフラ構築が必要となる。エジプトで既存の送電網をアップグレードしようとするれば多大な投資が必要である(ステークホルダーの意見では、現在の受容容量が6GWであるのに対し、約98GW容量の追加プロジェクトが必要となる)。また、政府は再生可能エネルギーによる電力供給は変動しやすいことから、送電網の安定性も懸念材料であることに気付いている。特に懸念されているのは、再生可能エネルギー開発専用地域を港や工業地帯に接続させるには大規模な送電回廊が新たに必要となる一方で、エジプト政府が送電インフラを政府の専権事項と見なしてこの分野に民間セクターの投資家の参入を認めないことである。政府の資金調達能力に限りがあることを考慮し、プロジェクト開発事業者たちは送電回廊の開発が間に合わないのではないかと懸念している
- **グリーン水素の認証制度:** グリーン水素製造に使用される電力の産地保証に関する明確な定義がない。現在、ヨーロッパ市場によって厳密な規制(例: Red II)が課せられており、認証機関もそれぞれの要件を独自に設定している。エジプトのプロジェクト開発事業者はそうした認証要件や要求される文書の作成に必要な手順に適合できるか懸念している。現在、グリーン水素関連の規制策定を管轄する政府機関である Egypt Electric Utility and Consumer Protection Regulatory Agency (EgyptERA) が、規制枠組みや認証制度の策定に取り組んでいるものの、専門知識の不足を認識しており技術的支援を望んでいる
- **規制の明確性と政府による調整:** ステークホルダーは、グリーン水素・アンモニア開発には公共セクターの多数のステークホルダーが関与するため、大がかりなマネジメントが必要になると見ている。政府は公共セクターのステークホルダーの扱いに関する規制枠組みを明示するとともに、統一された対応窓口を設置する必要がある

5.2 ナミビア

5.2.1 ステークホルダーによる現状理解

最近の取り組み

この2年間でナミビアはグリーン水素・アンモニアの生産地候補として大きな関心を集めている。その理由としては、政府が同分野の各種プロジェクトの取り組み支援に前向きなことや、同分野で最初の主要 RFP が発行済みでありその後もいくつか発行予定であると公表されていることが挙げられる。その結果、Hyphen 社が1件の大型プロジェクトを獲得し、既に署名も行われている。他にもより小規模なプロジェクトが多数進行している(例: HDF、HopSolar など)。

公共部門の状況

ナミビア政府は詳細かつ意欲的なグリーン水素・アンモニア戦略を策定・発表しており、同産業の開発が政府の重要優先事項であることを明言している。現在の関心は Hyphen プロジェクトを確実に成功させることであり、そのために以下のイネーブラーをすべて整備することに注力している:

- スキルを有する労働力の育成トレーニング

- サプライヤーエコシステムの確立
- 必要インフラの利用可能性の担保

また、政府はナミビア中央部と北部両地域を対象とした詳細な開発計画の策定、包括的な規制枠組みの設定、第2弾の入札計画の策定を計画している。外国政府との既存の連携の深化や新たな連携の構築も戦略の優先事項である。その他にも政府は産業の多角化を目指してグリーンエネルギーを多く消費する様々な産業を誘致している。

開発パートナーの活動

ナミビアは開発パートナーから多大な支援を受けている。ドナーからの支援は Ministry of Mines and Energy (MME) と Hydrogen Commissioner が調整して行っている。

- ドイツは早期からの主要な支援国であり、グリーン水素戦略の策定や主要なパイロットプロジェクトを支援してきた。ドイツはすべての活動の統括責任者として政府高官を任命しており、2022年には同国の経済・気候保護大臣がナミビアを訪問した
- 現在は技術開発支援機関である GIZ がスキル開発戦略と下流の産業開発を中心に支援を提供している
- オランダの開発機関は政府の水素デリバリーユニットに資金を拠出している
- EIB がグリーン水素投資に関する低コストファイナンスを合意するとともに更なる支援提供の協議が EU との間で進行中である
- AfDB は水素関連の法務的な支援を、世界銀行は政策やグリーン燃料に関する法律への支援を提供している

民間部門の状況

ナミビアが初めて実施した主要な入札は大きな注目を集め、質の高い入札が行われた。初回の入札に成功しなかった入札者の中には政府への関与を継続し、今後のプロジェクトを目指す意志を表明している企業もある。ドイツを拠点とする Enertrag を株主を含む Hyphen Hydrogen Energy 社がナミビアの初回の主要入札を獲得し、現在、詳細な計画とフィージビリティ調査に取り組んでいる。同プロジェクトは南部に位置する Luderitz 港からのグリーンアンモニア輸出を目指している。Hyphen はオフテイク合意、EPC の協働ポテンシャル、エクイティ投資を検討するために伊藤忠商事と MoU を締結した。

これらのメガプロジェクトの他にも、以下を含む多数の小規模の取り組みが進行中である：

- HDF は信頼性の高いクリーン電力を国内電力市場に供給することを主目的とした統合型水素発電施設を建設中である
- Daures Hydrogen Village は国内でのグリーン水素・アンモニアの利活用を探索している。HopHydro は比較的小規模だが市場投入の迅速化が可能な輸出用アンモニア製造プロジェクトを立ち上げ、その一貫としてパリ協定第6条に基づく認証の販売を実施し、成功の可能性の高いビジネスケースの策定に取り組んでいる
- 海運会社や Maersk-McKinney-Møller Center for Zero Carbon Shipping は、現地製造されたグリーンアンモニアを船舶用燃料として利用することやナミビアを拠点とする「グリーン SHIPPING 回廊」を構築することなどについて、ナミビア政府と活発な対話を交わしている。Rotterdam 港も当テーマに参画し、議論の推進や関係構築に努めている

- NamPort や NamPower などの国内ステークホルダーは上記の進行中の活動に積極的に参画している

5.2.2 主な課題と期待されているアプローチ

エジプトのセクションで概述したように、プロジェクト開発事業者の主な懸念事項は市場リスクの低減に向けたオフテイク合意、低コストファイナンスの利用、必要なインフラの利用可能性をどう担保するか、といった点である。また、グリーン水素・アンモニア戦略は発表されたものの、国内の送電回廊の整備計画については特に北部・中部において今後の検討事項となっている。これらに対してナミビア政府は積極的に関与し、政府間の対話を推進したり、共用インフラ(パイプラインや輸送ライン)や港湾インフラ・設備の建設に対する協力や共同出資の可能性を打ち出すことを通じ、海外市場でのオフテイク合意の進展を容易にすることを目指している。また、譲許的融資と市場ベースの融資を組み合わせた低コストファイナンスを提供することを目的とした投資ファンドである“SDG Namibia One”も創設している。しかし、資本コストやナミビアのグリーン水素と派生製品の国際競争力は、本分野が黎明期であることに加えてオフテイク契約等のプロジェクトリスク低減の取り組みも途上であることからいまだ明確ではなく、引き続き注視が必要な状況である。

これらに加え、この新興産業を通じて国内で価値を創出できるよう、現地の労働者や能力をどう活用できるかといったナミビア特有の課題が存在する。ナミビア国民が様々な雇用機会に参加できるようにトレーニングを実施する必要がある。ナミビアの場合、特に北部・中部において都市インフラ等の基本的なインフラ整備から開始する必要があるため、一般土木・建築工事を中心に低スキルの仕事向けのトレーニングに需要が見込まれる。こうしたトレーニングは比較的すぐに実施可能であるものの、多くの国民のスキルを高める必要があることから、現時点ではトレーニング能力は限られている。加えて、バリューチェーンの上流・中流ではエンジニアリング、マネジメント、ファイナンス、技術的メンテナンスといったより高度なスキルを要する仕事に参加するには追加の取り組みを要する。GIZ は既にスキル戦略支援に取り組んでいるものの、実効性の強化や実践への転換を進める必要がある。同様に、ナミビアが労働力の提供に留まらず同国内で創出される価値を増大させるためには、現地サプライヤーと EPC エコシステム(輸送、ロジスティクスサービス、その他のサポート企業)を構築することも必要となる。

プロジェクト地域に大量の労働者が流入することを考慮すれば、これらの労働者(およびその家族)への適切な住居、医療、その他ユーティリティの提供も担保する必要がある、都市インフラ、交通インフラの整備も必要となる。これらについてはまだ包括的な規制枠組みは確立されていないものの、現在策定中である。

最後に挙げる注目すべき領域は、開発パートナーの支援に対する政府の対応力である。以前は政府側の対応能力に限りがあったが、現在は政府が設立したグリーン水素・アンモニア政策の専門推進チームに十分な資金が拠出され、取り組みの拡大が図られるなど変化し始めている。

5.3 南アフリカ

5.3.1 ステークホルダーによる現状理解

最近の取り組み

グリーン水素・アンモニア産業の開発は最近になって政治アジェンダに格上げされたが、ステークホルダーの一部ではまだ最優先事項としての認識がない。それでも民間セクターの推進者や前向きな地方政府によってモメンタムが形成されつつある。

公共部門の状況

グリーン水素・アンモニア産業の開発に関する国家ビジョンは存在するものの、エジプトやナミビアのように明確に国(連邦)レベルの優先アジェンダまでには至っていない。他の重要目標、特に同国の多大な電力不足の解消といった目標との不一致やトレードオフが見られる。個別の水素ロードマップや商業化戦略は発表されているものの、国全体の電力政策との関連を整理したうえで包括的かつ明確な論拠・方針を示す戦略はなく、その結果、輸出用水素・アンモニアの製造よりも既存の電力需要を満たすことを重視する論調が国内では多く観測される。

また、著しい地域差に注目することも重要であり、Northern Cape 州(水素の重点地域候補)が雇用創出と事業開発の便益を享受できる可能性があるのに対し、石炭産出地域(例:Mpumalanga)はエネルギー移行によって雇用を失うリスクがある。そのため政府の各部署間の連携が不足し、グリーン水素・アンモニアの開発を促進するためのインセンティブや資金供給が不十分であるといった状況が存在する。また、民間セクターの多くの推進者は政策環境をいまだ困難かつ不明瞭と認識している。それでも一部の州政府(特に Western Cape 州と Northern Cape 州)は本分野に前向きであり、積極的に支援を提供していると評価されている。

開発パートナーの活動

グリーンエネルギーに関連する大半の開発パートナーの支援は JET-P イニシアティブに集中しており、その一部としてグリーン水素産業の開発ポテンシャルも含まれる。加えて GIZ が以下の4つの重点領域をターゲットとして南アフリカのグリーン水素アジェンダを支援している:

- 戦略の策定と枠組み
- 事業開発
- 環境および社会面でのサステナビリティ
- リサーチ、イノベーション、トレーニング

その他にも、世界銀行がグリーンアンモニアをバンカリング用クリーン燃料として輸出・利用するために Saldanha 港および開発中の Boegoebaai 地域を利用する事業性調査を支援している。

民間部門の状況

南アフリカには強力な民間セクターの基盤が存在し、グリーン水素・アンモニア産業の開発を積極的に推進し始めている。いくつかの民間プレイヤーが特に鉄鋼と鉱業分野で水素イニシアティブとパイロットを開始した(例: ArcelorMittal)。それらの推進要因となっているのは、サプライチェーンの脱炭素化に対する需要家の期待や EU の炭素国境調整メカニズム(CBAM)などの政策といったグローバルな力がある。

AngloAmerican 社は燃料電池・電解槽開発の加速化に着目しながら南アフリカの水素ハブになる Hydrogen Valley のフィージビリティ調査を実施し、2030 年までに 185 千 t の需要、39 億米ドルの GDP インパクト、約 1 万 4000 人分の雇用創出のポテンシャルがあることを示した。IDC は燃料電池製造への初期投資を実施した。AngloAmerican 社はまた、モビリティ(バスと採掘用トラック)、工業(Sasolburg のエチレンとアンモニア)、建設業(データセンター、企業のオフィス、空港)という 3 つの重点領域に対して 9 件のプロジェクトを推進している。Sasol 社は輸出用に 500 千 t のグリーン水素製造を目指し、他のプレイヤーはバリューチェーン上の様々な機会を調査している(例: Transnet は水素機関車を調査中)。全般的にビジネス界は水素機会の調査に積極的に取り組んでいるものの、政府の優先事項や政策支援の枠組みが不明瞭なために慎重さが見て取れる。

5.3.2 主な課題と期待されているアプローチ

グリーン水素・アンモニア分野への関心や政府支援は増大傾向にあるものの、一部のステークホルダーは具体的な活動が必要なペースで実施されておらず、数年後には南アフリカは市場で他国に負ける可能性があることを懸念している。具体的に示された課題については以下の通り。

エジプトおよびナミビアのセクションで概述したのと同様に、南アフリカにおいてもプロジェクト開発事業者の主な懸念事項は市場リスクの低減に向けたオフテイク合意、低コストファイナンスの利用、必要なインフラの利用可能性をどう担保するかである。ステークホルダーはこれらの重要課題に対して有意義な支援がないことに言及し、オフテイク合意や必要な輸送インフラの利用可能性を担保するために体系的な支援が必要であることを指摘している。

南アフリカの場合、広大な国土の中で製造拠点と輸出拠点が分散しており、それらの拠点間の輸送が課題となることから、特にインフラの利用可能性が鍵となる。現在、南アフリカのパイプライン関連のインフラは極めて少なく、輸送は 200 バールの圧力制限があるトラック輸送に限られる。ステークホルダーによれば、包括的な送電インフラマスタープランを策定し(オーナーは恐らく Transnet)、必要なインフラ(送電回廊などの送電・配電用インフラ)、支援環境(パイプラインの許可、系統連系速度など)、整備方法を明確に特定することが必要である。

南アフリカ固有の課題としては、エネルギー移行への対応においてグリーン水素・アンモニアによる機会と依然として存在する電力危機の間に認識の不一致があり、そこから複雑な状況が生じることが含まれる。これは同国の Presidency(大統領府)、DMRE (Department of Mineral and Resources)、DTIC (Department of Trade, Industry and Competition)、DSI (Department of Science and Innovation)、電力大手である Eskom 社等のステークホルダー間で本分野の優先順位や整合性が十分に調整されていないことから生じている可能性がある。そうした誤った不一致を解消するために、水素産業開発を通じて電力危機をどう解消できるか、水素製造の現地化を通じて雇用機会をどう創出できるかの理解を深めるための議論が進みつつある。それでもステークホルダーによればなお十分とは言えず、例えば、グリーン水素マスタープランの中で機会(電力危機に対するグリーン水素産業のポテンシャル効果など)やデリバリーロードマップの概要を明確に示す必要があると述べている。

また、ステークホルダーによれば、政府によるインセンティブの不十分さや政策・融資・助成関連の不明瞭さがディベロッパーや投資家にとって障害になっている。プロジェクトディベロッパーが初期のパイロットプロジェクトを実現し、商業用の規模に拡大できるようにするためには、政府が目的や目標を具体的な政策やインセンティブコミットメントに落とし込む必要がある。

最後に、ナミビア同様に、関連スキルを持つ労働力は現時点では非常に限られており、バリューチェーン構築と平行して、技術者の能力開発に取り組む必要が指摘されている。

第6章 JICA による支援の方向性、具体的な支援案

本章では、第1～5章の調査や議論結果に基づき、JICAとして検討可能な支援オプションについて整理・検討を深めた。具体的なステップは以下の通り：

- ステップ1：グリーン水素バリューチェーンにおいて鍵となる課題を特定
- ステップ2：特定した課題について、JICAが支援策として実施しうる解決策をそれぞれ考案
- ステップ3：解決策案について、事業インパクト、裨益者インパクト、現地ニーズ、日本の強み、の4つの観点から優先順位付けを実施
- ステップ4：検討の優先順位が高いと評価された案についてさらなる深掘り検討を実施（例：プロジェクト内容、想定する重要ステークホルダー等）

検討の優先順位が高いと評価された案については国別に節を設けて整理した。オフテイク契約を含む需要促進施策については、調査対象三か国のいずれにおいても水素バリューチェーン構築のうえで根源的な課題の一つとして挙げられていたため、独立した節で取り扱っている。

ステップ1：グリーン水素バリューチェーンにおける鍵となる課題の特定

第1～5章の調査や議論結果に基づき、グリーン水素バリューチェーンの各項目における主要な課題を整理した。具体的には以下の通り（図43）。

- **発電**：再生可能エネルギーの発電プロジェクトに対するファイナンスや計画実施に関する課題、あるいは国内の電力不足といった電力に関するより広範な社会課題が挙げられる。例えば、CAPEXが大きい事業特性に対して低金利融資へのアクセスが限定的であること（対象三か国共通）、南アフリカでは国内で慢性的に電力不足が発生していることおよび不十分な政策ナラティブに起因するグリーン水素・アンモニア事業への否定的な世論等が挙げられる
- **送電**：再生可能エネルギーによる発電地域とグリーン水素生産地域を結ぶ送電網、あるいはその不在に関する課題が挙げられる。例えば、エジプトおよび南アフリカにおける送電網の不足や、具体的な送電網開発計画の不在、政府の資金調達能力の不足等が挙げられる
- **水素・アンモニア製造**：グリーン水素・アンモニアの製造に係る資金調達、プロジェクト開発、プラント運営などに関する課題。例えば、低金利融資へのアクセスが限定的であること、水資源の確保、海水淡水化に伴う環境配慮の対応等が挙げられる
- **パイプライン・貯蔵設備**：製造した水素・アンモニアの輸送や貯蔵に関する課題が挙げられる。例えば、漏洩性・起爆性が高い水素や毒性の強いアンモニアのハンドリングを安全に行うための高スキルを持つ人材の不足、グリーン水素製造プラントと港湾を結ぶパイプラインの不在等が挙げられる
- **港湾（輸出基地）**：グリーン水素・アンモニアの輸出に必要な港湾設備・機能の追加や拡張に関する課題が挙げられる。具体的には、水素・アンモニアの輸出に必要な港湾設備・機能（バンカリング設備、水素タンカーの寄港に対応するためのバース増深等）の不在、低金利融資へのアクセスが限定的であること等が挙げられる
- **販売・利用**：グリーン水素・アンモニアの販売に係る課題が挙げられる。対象三か国はいずれも生産したグリーン水素・アンモニアは主に輸出することを想定しており、特に輸入国・地域（特にEU）への輸出に係るグリーン水素輸出要件への適合のための規制枠組みや認証シ

システムの不在、輸入国側における需要担保や確実な需要見通し・オフテイカーの不在等が挙げられる

非包括的	発電	送電	水素・アンモニア製造	パイプライン・貯蔵設備	港湾(輸出基地)	販売・利用
共通課題	建設関連の高いスキルを持った労働者・EPCの確保 膨大な設備投資が必要であり、収益性確保には資本コストが重要	建設関連の高いスキルを持った労働者・EPCの確保 一般的に、政府主導あるいは共通のインフラの計画・資金調達が必要	生産コストを抑えるためには低金利融資が不可欠 水素の確保(淡水化設備が必要になる場合がほとんど)	一般的にパイプライン・貯蔵設備の計画・資金調達が必要	港湾施設の追加(貯蔵設備を含む)のための計画・資金調達が必要	価格と数量が期待できる明確な需要およびオフテイカーの不在
エジプト	建設地が既存インフラから遠いため、人員や設備を集めることが困難	大規模な送電網が必要だが、政府には計画・整備するための財源力や技術力が不足 RES拠点の拡大に向けて環境への影響を管理することが必要	水素製造関連プロジェクトに対応できる高スキル人材のプールが限定的 淡水化による環境への影響を管理する必要	水素輸送・貯蔵関連プロジェクトに対応できる高スキル人材のプールが限定的 EUへのパイプラインの完成には長い敷設期間が必要	港湾での水素取扱いに関わるプロジェクトに対応できる高スキルな人材プールは限定的 港湾施設において水素専用のバンカリング設備が不足	欧州への輸出に向けたグリーン水素の認証取得に関する理解と関連規制整備が不足
ナミビア	風量の測定点を増やすことが必要 現地におけるEPCのキャパシティが限定的	水素関連の戦略を発表したものの、送電回廊の開発に関する計画は不透明 南部と中部を結ぶ送配電網の整備を検討する可能性	水素プラント建設には低スキル人材のスキルアップが不可欠	パイプライン・貯蔵設備建設には低スキル人材のスキルアップが不可欠 ナミビアと南アフリカを結ぶパイプライン建設のインパクトの検討が不十分	Walvis港・Luderitz港の改修工事には数億ドルの投資が必要 北部の新たな港湾開発には数十億ドルの投資が必要	グリーン水素のドイツやEU諸国への輸出に対応する規制理解の不足と枠組枠組みの不在
南アフリカ	電力危機によってグリーン水素用の電力利用をめぐる摩擦が生じる可能性 生産拠点の分散	水素関連の戦略を発表したものの、送電回廊の開発に関する計画は不透明 高スキル人材のプールが限定的	将来の水素製造関連プロジェクトに対応できる高スキル人材のプールが限定的	パイプラインや貯蔵設備の建設に従事できる高スキル人材のプールが限定的 政府によるパイプライン建設許可の見通しの不確実性	一般的に港は生産拠点から遠方に存在 水素輸出に向けた港湾開発の具体的な計画が不透明	欧州への輸出に向けたグリーン水素とグリーン鋼材の認証取得に関する理解が不足

資料:ウェブ検索、エキスパートインタビュー

図 43 グリーン水素バリューチェーン全体の主要課題の概要

必要なスキルを備えた産業人材の不足、水素プロジェクトの支援に係る政府の能力開発の必要性など、いくつかの課題は水素バリューチェーン全体あるいは複数項目にまたがる性質が強い。このような場合には、バリューチェーン上で特に課題として顕在化している項目における課題として整理した。例えば、同じ産業人材の不足というテーマでも、水素製造に関する高等人材のトレーニングがより求められているエジプトにおいては「水素・アンモニア製造」「パイプライン・貯蔵設備」といった項目に課題を整理し、水素プロジェクトの開発に必要な関連インフラ(送電網や港の拡張など)の建設において労働者のスキル育成がより重要視されているナミビアでは、「送電」「港湾(輸出基地)」といった項目に課題を整理している。

より具体的な分析結果については第 6.1 節～第 6.4 節に記載した。

ステップ2: 特定した課題について、JICA が支援策として実施しうる解決策をそれぞれ考案

ステップ 1 で特定された課題を対応する解決策案と共に整理した。この際、解決策案については適宜統合・取捨選択のうえ、JICA が支援策として実施しうる解決策として記載した。例えば、再生可能エネルギー発電地域とグリーン水素・アンモニア製造サイトの間に送電回廊が不在であるという課題には、送電回廊の開発計画策定に係る技術協力、実際の開発支援に係る円借款などを対応策として記載している。

ステップ3：解決策案について、事業インパクト、裨益者インパクト、現地ニーズ、日本の強みという4つの観点より優先順位付けを実施

ステップ2において特定した主要課題とその解決策案の対応について、潜在的なインパクトの大きさに基づき優先順位付けを実施した。具体的には、各解決策案は以下の4項目によって評価のうえ、インパクトが「高」と評価された項目が3つ以上認められた場合にはステップ4にて優先的な検討を行った。

- **事業インパクト**：グリーン水素・アンモニアバリューチェーンの実現にあたり、解決策案の実施が主要なボトルネックに対応している場合、「高」と評価した。本調査における分析や聞き取り結果に基づき評価した
- **裨益者インパクト**：受益者の数が100名を超えると想定される施策の場合に「高」と評価した。直接裨益（インフラ整備に伴う雇用創出やスキル育成等）、間接裨益（地域開発計画の策定支援による、将来的な雇用創出）をどちらも考慮している
- **現地ニーズ**：現地政府や現地企業から明確な支援ニーズの言及があった場合に「高」と評価
- **日本の強み**：JICAが類似の支援経験を豊富に有する場合や、（該当する解決策案のみ）第3章において日本企業の技術がグローバルで競争力を持つと評価された場合、「高」と評価

ステップ4：検討の優先順位が高いと評価された案につき、さらなる深掘り検討の実施（例：プロジェクト内容、想定する重要ステークホルダー等）

ステップ3において優先的に検討を行う対象となった解決策案について、具体的な支援内容や想定するカウンターパートやステークホルダーについて更に検討を行った。

以降の節では、ステップ1～4に基づき優先的な検討対象となった解決策案について整理した。対象三か国の国別の分析に加え、対象三か国の全てにおいて水素バリューチェーン構築に係る根源的な課題と指摘された「需要の促進」については、その重要性に鑑みて独立した節として扱っている。

6.1 エジプト

エジプトでは、6.4節で取り上げるオフテイカーの不在を除けば、南部の再生可能エネルギー発電地域と北部の港湾・工業地域を結ぶ送配電網の資金調達と整備が最もよく指摘されるボトルネックである。また、プロジェクト開発事業者向けの低金利の資金調達オプションの不足や、新興の水素産業向けの高スキル労働者の供給が限定的であることも、取り組むべき重要な課題として挙げられている（図44）。

バリューチェーン	主要課題	ソリューション案	タイムライン	優先度 ¹			
				事業インパクト ²	利益者インパクト ³	現地ニーズ ⁴	日本の強み ⁵
発電	建設地が既存インフラから遠いため、人員や設備を集めることが難しい	（「送電」のソリューションを参照 – 送電ネットワーク開発プロジェクトを通じて改善可能）					
	大規模な送電網が必要だが、政府には計画・整備するための財政力や技術力が足りない	① RESの開発拠点を結ぶ送電網の地域開発計画の策定に向けて技術協力を実施	中期（2-3年）	H	H	H	H
送電	RES拠点の拡大に向けて環境への影響を管理する必要がある	② 政府による送電回廊構築を支援するために円借款を供与	長期（5-10年）	H	H	H	H
	プロジェクト開発業者は高いプロジェクトリスクとカントリーリスクに晒されており、低金利融資へのアクセスが難しい	③ 電解・淡水化プラントを調達するためにプロジェクト開発業者に対してPSIF ⁶ を提供	長期（5-10年）	H	H	H	M
水素製造	淡水化による環境への影響を管理する必要がある	環境・社会ガイドラインに関する技術協力を実施	中期（2-3年）	M	M	H	H
	水素製造・貯蔵プロジェクトに対応できる高スキルな人材プールは限られている	④ 技術協力として高スキルな人材に水素技術に特化したトレーニングを提供	中期（2-3年）	M	H	H	H
パイプライン・貯蔵設備	EUへのパイプラインの敷設には時間がかかる可能性がある	パイプライン敷設に向けて政府に対して円借款を供与	長期（5-10年）	H	H	M	M
	将来的な港湾での水素取扱いに対応できる高スキルな人材プールは限られている	④ 技術協力として高スキルな人材に水素技術に特化したトレーニングを提供	中期（2-3年）	M	H	H	H
港湾（輸出基地）	港湾施設はいくつかあるが、バネリング設備がない	プロジェクト開発事業者が港湾でバネリング設備を構築するために、政府に対して円借款あるいはPSIF ⁶ を交付	長期（5-10年）	M	H	M	H
	欧州への輸出に向けたグリーン水素の認証取得に関する理解が不足している	⑤ 技術協力を通じて輸出を目的としたエジプトのグリーン水素証書規制の策定を支援	中期（2-3年）	H	H	H	M
販売・利用	オフテイクー及び価格と数量が期待できる明確な需要が不足している	プロジェクトとオフテイクーのマッチング又は水素需要の集約を実施	中期（2-3年）	H	H	H	M

1. 「高」の評価は3-4つのソリューション案を主要提案案として定義
2. 「事業インパクト」は、専門家や主要ステークホルダーへのヒアリングやレポートをまとめるためのその他の調査結果を踏まえ、水素バリューチェーンを実現する上での重要なボトルネックに対応すると判断された場合、高く評価される
3. 「利益者インパクト」は、当該ソリューションが100人以上の人々に直接的（インフラ整備や職業訓練など）や間接的（インフラ整備の地域開発計画の策定などに）便益を与えることが見込まれる場合、高く評価される
4. 「現地ニーズ」は、政府、民間セクター、または国内の主要ステークホルダーから要望が上がっている場合、高く評価される
5. 「日本の強み」は、JICAが過去に類似したプロジェクトを担った経験がある場合、あるいは第3章において日本の技術競争力が高いと考えられる場合、高く評価される
6. PSIF: Private Sector Investment and Finance

図 44 エジプトの主要課題とソリューション案

結果として 5 つの支援案の優先順位が高いと評価された。以下の表は優先順位が高いと評価されたそれぞれの支援案が対応する重要課題にどのように対処するかについて考察を加えたものである。

なお、ここに記載の支援案はあくまで JICA が今後の具体的な支援策を検討するための初期的な案であり、実際の支援実施について確約するものではない点には十分に留意されたい。

表 3 エジプト（1/5）：送電回廊の地域開発計画策定に関する技術協力

項目	内容
支援策案	電力・再生可能エネルギー省(MOERE)やエジプト電力送電会社(EETC)への専門家派遣による送電回廊の地域開発計画の策定に向けた技術協力
支援の概要	南部の再エネ開発拠点(Aswan, Sohag など)から北部(Shokna など)のグリーン水素・アンモニアプロジェクト地域を結ぶ送電回廊の地域開発計画の策定を専門家派遣を通じて支援
背景	- グリーン水素・アンモニアの製造のためには南部の再エネ開発拠点(Aswan, Shokna など)から北部のスエズ運河特別経済区の Shokna を結ぶ約 800km の送電回廊の整備が必要 - 送電回廊の整備は政府の所掌である一方、プロジェクト開発事業者は送電回廊を計画・整備するための政府の技術力に加え、近年の財政難の影響もあり資金調達能力を懸念 - ベルギーのコンサルティングファームにより EETC の地域開発計画作成支援が行われているが、詳細部分については未完成

項目	内容
想定されるタイムライン	中期 (2-3 年)
主要ステークホルダー	- 電力・再生可能エネルギー省(MOERE): 主なカウンターパート。プロジェクト契約とプロジェクト管理の主たる責任者 - エジプト電力送電会社(EETC): 地域開発計画の実行主体・責任者
主な取り組み	- EETC による送電回廊の地域開発計画の策定に対して JICA の専門家を派遣することで支援を行う。例えば、以下のような取り組みを想定。 — 現行の送電網の状況とグリーン水素・アンモニアの開発プロジェクト計画を精査し、送電網整備の優先度を整理 — 現在策定中と言われている EETC による最新の地域開発計画を公表され次第分析し、送電回廊の実現に不足している重要な要素を特定 — 以下の要素などを含む、より詳細な地域開発計画・実行計画の策定を支援 › 送電回廊の基本計画 (他の関連政策との整合性等も調整) › 必要資金の見積もりと資金調達計画 › 調達計画 › 建設計画
スキーム図 (例)	

表 4 エジプト (2/5): 地域開発計画で定めた送電回廊の構築実現のための円借款の供与

項目	内容
支援策案	地域開発計画で定めた送電回廊の構築実現のための円借款の供与
支援の概要	南部の再エネ開発拠点(Aswan, Sohag など)から北部(Shokna など)のグリーン水素・アンモニアプロジェクト地域を結ぶ送電回廊の地域開発計画の実現を資金面で支援
背景	- グリーン水素・アンモニアの製造のためには南部の再エネ開発拠点(Aswan, Sokhna など)から北部のスエズ運河特別経済区の Shokna を結ぶ約 800km の送電回廊の整備が必要 - 送電回廊の整備は政府の所掌である一方、プロジェクト開発事業者は政府の近年の財政難による資金調達能力の不足を懸念 - MOERE は 2022 年 5 月に「エジプト・グリーン・エネルギー回廊」と呼ばれるグリッド接続のコンセプト・ビジョンを発表している⁶⁶ (図 45)。2023 年 12 月にはベルギーのコンサルタントの支援によりマスタープランが最終化されると言われているが、相当量の詳細計画策定作業がその後も必要となる見込み - エジプトは近年の財政難の状況から特にプロジェクトリスク、カントリーリスクが高いとみなされており、資金調達が困難な状況
想定されるタイムライン	長期 (5-10 年) ※円借款の供与から建設プロジェクトの完了までを想定

⁶⁶ http://www.moe.gov.eg/english_new/Presentations/EGYPT_Energy_Transition.pdf

項目	内容
主要ステークホルダー	- 電力・再生可能エネルギー省(MOERE): 主なカウンターパート、プロジェクト契約とプロジェクト管理の責任者(円借款の借入人は財務省になる可能性もあり) - エジプト電力送電会社(EETC): プロジェクト管理および現場運営を行う実行主体・責任者 - 送電技術サプライヤー/サブコントラクター
主な取り組み	- JICA とエジプト政府間で円借款契約を締結 - EETC による送電回廊の開発に対してコンサルタントが以下の支援を実施 - 政府関係者や主要なステークホルダーを含むプロジェクトチームの形成 - マイルストーンや定例会の設定 - 調達の管理 - 工事進捗の管理 - 必要となる技術を移転することで送電回廊建設後の EETC による適切なメンテナンスを実現
スキーム図 (例)	<pre> graph TD JICA -- "円借款供与" --> EG["エジプト政府 (借入・財務省、事業責任・MOERE等の所管省庁)"] EG -- "円借款を通じた ファイナンス・技術支援" --> JICA EG -- "政府方針" --> EETC["EETC (実行主体)"] EETC --> STSC["送電技術サプライヤー/ サブコントラクター"] JICA <--> "資金援助・計画策定における 協働の可能性" AFDB["AfDB, EBRD, etc. (その他援助機関、開発金融機関)"] </pre>

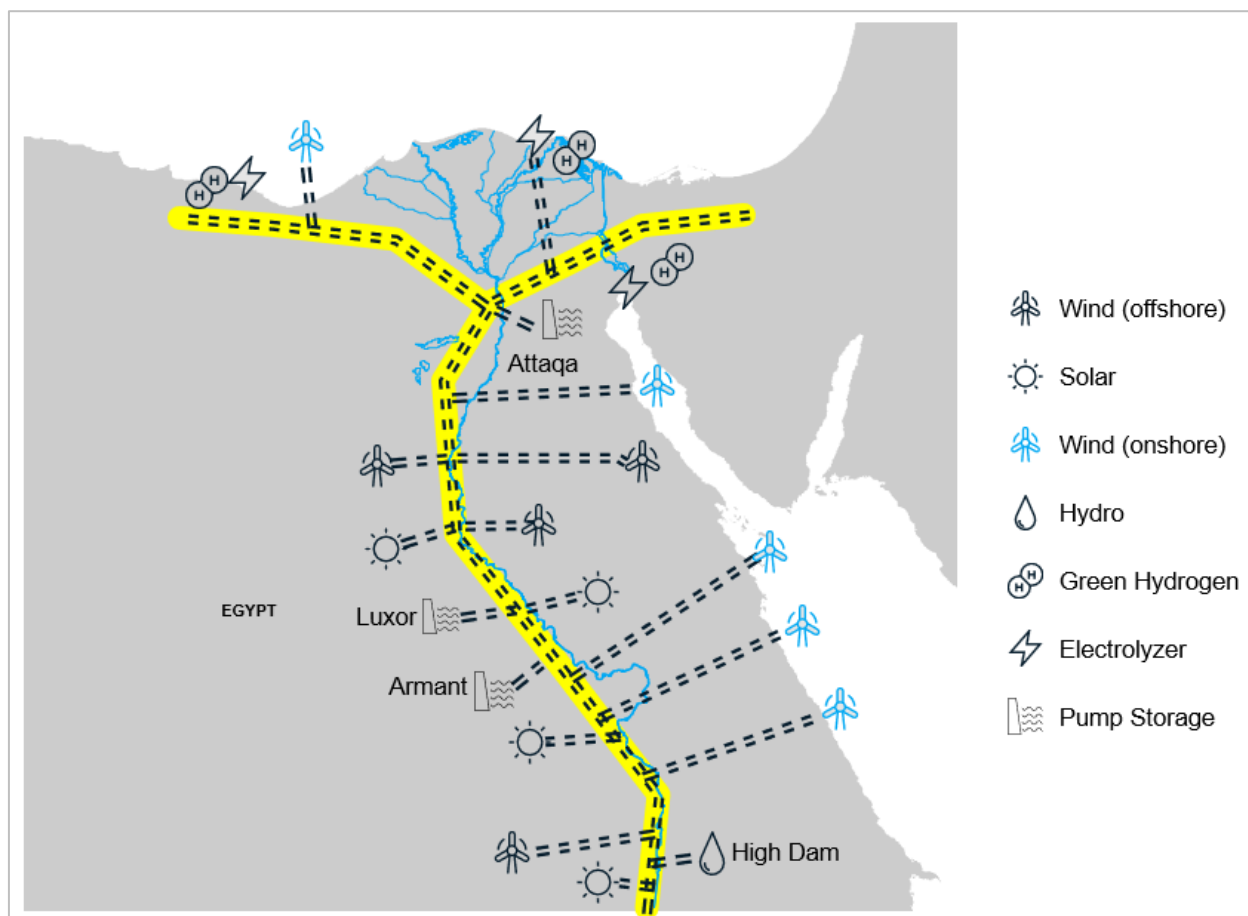


図 45 MOERE が策定したエジプトのグリーン・エネルギー回廊構想

表 5 エジプト (3/5): グリーン水素・アンモニア製造のプロジェクト開発事業者に対する PSIF の提供

項目	内容
支援策案	民間セクターのグリーン水素製造プロジェクトの開発事業者に対して民間投融資（PSIF：Private Sector Investment and Finance）を提供
支援の概要	- 民間金融機関等の既存の金融機関のみではリスクテイクが困難な事業において、JICA の PSIF を活用することにより事業実現を支援 - 具体的には、他の開発パートナー（国際開発金融機関、他国の援助機関等）と連携した協調融資を民間事業者に対して提供 - スエズ運河特別経済区における関連プロジェクトのうち、特にバリューチェーンにおいて日本が国際競争力を有する淡水化プラントや電解プラントなどのコア技術が中心となる分野において開発事業者を支援
背景	- プロジェクト開発事業者にとってグリーン水素・アンモニア開発プロジェクトには莫大な設備投資が必要となるため、低コストでの資金調達コスト競争力の鍵となる。また、長期間の融資へのアクセスも重要 - 一方、エジプトは財政難の状況もありプロジェクトリスクやカントリーリスクが高いとみなされ、このような融資を受けることが難しい状況 - 資金提供者の側としても単独での投融資はリスクが高く、パートナーとの協調融資の方がプロジェクトを実現しやすい - 技術面では、淡水化プラントや電解プラントの開発・運用に関する支援ニーズが特に高い（3.3 章で見たようにこれらの分野における日本企業の国際競争力は高い）

項目	内容
想定される タイムライン	長期（5-10年） ※投融资から開発プロジェクトの完了までを想定
主要ステーク ホルダー	公共セクター： - Sovereign Fund of Egypt：MoUからプロジェクト契約への転換を支援する金融機関 - 国際開発金融機関：IFC、AfDB、EBRD等は共同融資のパートナー。特にAfDBの場合、Private Sector Assistance for Africa (EPSA) InitiativeのもとでNon-Sovereign Loan (NSL)も利用可能 - 他国援助機関：GIZ、KfW、AFD等 民間セクター： - 水素プロジェクト開発事業者：PSIFの借り手 - 民間金融機関：協調融資におけるパートナー - 電解・淡水化技術サプライヤー
主な取り組み	- グリーン水素・アンモニア製造プロジェクトへの融資 - 淡水化プラントの開発 - 電解プラントの開発 - 輸送・貯蔵システムの開発等
スキーム図 (例)	<pre> graph LR JICA[JICA] <--> 連携 IFI[IFC, EBRD, AfDB, DEG, Proparco, 民間金融機関等] IFI -- 協調融資 --> HPS[水素プロジェクト開発事業者(民間)] HPS -- 融資契約 --> IFI HPS <--> 技術提供 ETS[電解・淡水化技術サプライヤー] </pre>

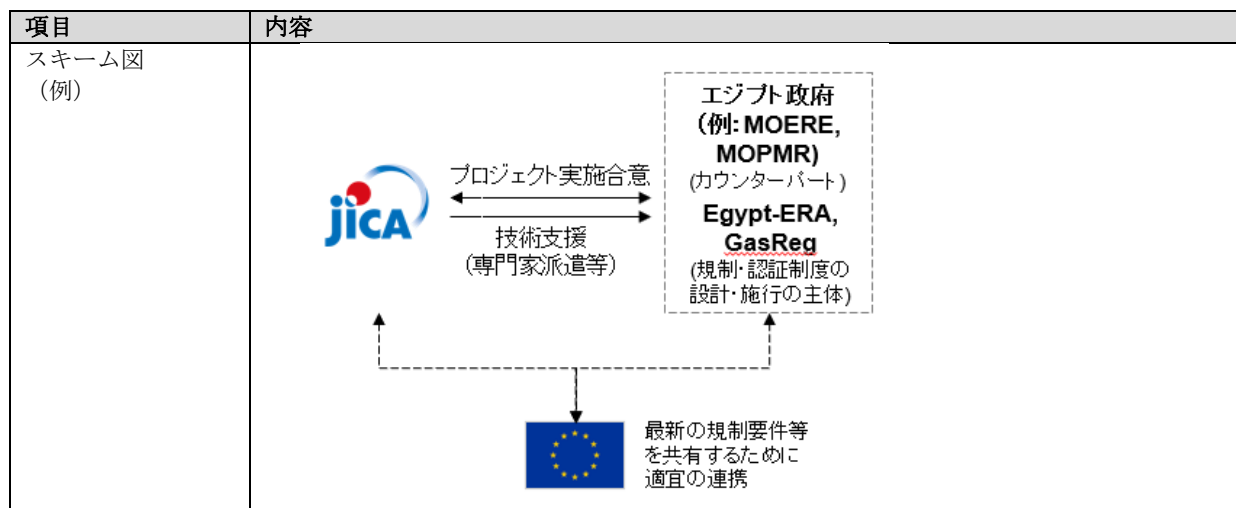
表 6 エジプト（4/5）：グリーン水素・アンモニア産業に注力した技術者の能力開発に向けた技術協力

項目	内容
支援策案	E-JUST や高専への技術協力を通じ、水素産業における高度なスキルを有する人材のトレーニングを実施
支援の概要	- E-JUST等の大学、その他高専におけるカリキュラム開発等を支援することで、グリーン水素・アンモニアプロジェクトを実現する高スキル人材の育成を支援する。特にバリューチェーン開発に不可欠な電解設備、水素の輸送・貯蔵・出荷設備（バンカリング設備を含む）等に係る水素の生産およびハンドリングに係る技術の教育、訓練を行う - また、これらで開発したカリキュラムを E-JUST 等が SCZONE にある Sokhna の STA (Elsewedy Technical Academy)等に提供することで学生だけでなく現場の技術者向けのトレーニングに活用してもらうことも視野に入れる
背景	- グリーン水素・アンモニアプロジェクトでは、電解プラントの運転・保守、および水素製造後の輸送・貯蔵に携わる安全管理を含めた高度なスキルを有する人材が必要となる一方、現状では高スキル人材の数も質も足りていない - E-JUST は日本・エジプト両政府の協力のもと 2009 年に設立された大学院大学であり、JICA は同大学への協力を実施している
想定される タイムライン	中期（3-4年）
主要ステーク ホルダー	- エジプト政府（例：高等教育省(MOHESR)）：カウンターパート、二国間プロジェクトの契約とプロジェクト管理の責任者 - Egypt-Japan University of Science and Technology (E-JUST)：カリキュラムの開発と実施(必要な場合は研究所規模のトレーニング機器の調達も含む)

項目	内容
主な取り組み	- グリーン水素・アンモニアプロジェクトの開発業者にヒアリングを行い、スキルギャップやペインポイントを分析 - E-JUST・高専等に専門家を派遣し、グリーン水素・アンモニアの製造や輸送・貯蔵関連の既存講座を活かしつつトレーニングのカリキュラムを作成 - 開発したカリキュラムに基づいて E-JUST・高専等が学生向けに講座を提供。また、このカリキュラムを Sokhna の職業訓練センターである STA (Elsewedy Technical Academy) 等に提供することで、SCZONE 内の水素・アンモニア関連の現場技術者にトレーニングを実施（トレーニングの実施は STA によるものを想定）
スキーム図 (例)	<pre> graph LR JICA -- "プロジェクト実施合意" --> EGPT["エジプト政府 (例: MOHESR) (カウンターパート)"] EGPT -- "技術支援 (カリキュラム 開発支援等)" --> JICA EGPT -- "連携" --> EJUST["E-JUST・高専 (カリキュラム開発者)"] EJUST --> Students[学生] EJUST -- "連携" --> STA["Elsewedy Technical Academy等"] STA --> Sokhna["Sokhna の 現場技術者"] </pre>

表 7 エジプト (5/5): グリーン水素・アンモニアの製造、利用、輸出のための規制枠組設計に向けた技術協力

項目	内容
支援策案	技術協力を通じてグリーン水素・アンモニアの製造、利用、輸出のための規制枠組設計に関わる規制当局の能力構築を支援
支援の概要	プロジェクト開発事業者がエジプトから EU やその他の地域にグリーン水素を輸出できるようにするため、新規の枠組や認証に関する規制当局の能力構築を支援
背景	- プロジェクト開発事業者の多くは、地理的に近接しており大きな需要が見込まれる EU へのグリーン水素の輸出を目指している - エジプトの電気・ガスに関する国家規制当局である Egypt-ERA や Gas Regulatory Authority (GasReg) は、エジプトで製造されたグリーン水素・アンモニアの EU やその他の地域への輸出を支援するための規制枠組や認証の必要性を理解している - 一方、Egypt-ERA はそれらの規制・認証の枠組み策定のための能力開発の必要性を認めている。EBRD や EU を含む他のドナーは、通常、専門家を派遣して同じ事業所内に机を並べる形での能力開発に重点を置いておらず、そうした現場レベルでの支援をしてくれるパートナーニーズは高い
想定される タイムライン	中期 (3-4 年)
主要ステーク ホルダー	- エジプト政府(例: 電力・再生可能エネルギー省(MOERE)、石油天然資源省(MOPMR)): カウンターパート、二国間プロジェクトの契約とプロジェクト管理の責任者 - Egypt-ERA, GasReg: 規制・認証等の枠組を設計・施行する実行主体 - EU などグリーン水素の輸出先国: 最新の規制要件を共有するための連携の可能性
主な取り組み	- 水素プロジェクト開発事業者にヒアリングを行い、グリーン水素・アンモニアの製造、利用、EU への輸出に関する規制対応の主なボトルネックを特定 - グリーン水素・アンモニアの製造から EU および他地域への輸出を促進する目的のもと規制枠組および認証システムの開発を支援するため、専門家を Egypt-ERA に派遣 - EU および関連国との間で意見交換を行い、Egypt-ERA の規制・認証制度の策定を支援。必要に応じてトレーニングカリキュラムを作成して提供



開発パートナーとの協力の機会という点では、現在 EBRD が最も積極的にエジプト政府およびグリーン水素・アンモニア関連企業を支援している。インタビュー調査の結果でも JICA との協力の機会を探ることに前向きであり、JICA の第一の連携パートナーとなる可能性が高い。

EBRDは、Egypt Green Hydrogen SAEに対して低金利金融や技術移転を通じて電解槽開発を支援



背景

- COP27において、EUとエジプトはエネルギー移行に向けた協力強化を図ることを発表
- 欧州復興開発銀行(EBRD)はエジプトにおける水素経済の推進にコミット

支援スキーム

- 有償資金協力
- 戦略・方針の共同策定
- 規制枠組の共同策定
- 2023年、EBRDはスエズ運河特別経済区に設立された企業であるEgypt Green Hydrogen SAEに対し、8,000万USDのEBL(Equity Bridge Loan)を実行
 - EBLは100MW級の電解設備とその関連設備の調達・建設や工事に活用される予定
 - Egyptian Fertilizer Companyがオフテイカーとして水素からアンモニアを生成し、海外市場へ輸出する予定
- エジプトの国家水素戦略の策定を支援
 - エジプトにおける製造・需要ポテンシャル、転換・輸送に伴うコストや付加価値を評価
 - 規制を分析し、必要となる変更を把握

資料: 記事検索

図 46 エジプトにおける EBRD の支援事例

6.2 ナミビア

ナミビアでは、6.4節で取り上げるオフテイカーの必要性の他に、特に既存港がある Luderitz と Walvis Bay からの輸出に向けたグリーン水素・アンモニア関連インフラ（送電線、パイプライン、港湾）の整備が主要な課題として挙げられる。また、プロジェクト開発事業者が低金利・長期間の資金調達を利用しにくいことも（エジプト・南アフリカと同様に）世界市場でコスト競争力を高めるうえで根本的な課題のひとつと考えられている。

ナミビアの特徴的な課題としては、輸出港周辺のインフラ整備に伴う人口流入に伴う都市・交通インフラなどから整備する必要がある、一般土木・建築・電気工事の現場で求められる低スキル労働者の雇用創出が強く求められていることがあげられる。彼らは適切なスキルを身につければ関連のインフラ開発から恩恵を受けることができるため、こうした労働者のスキルアップが必要とされている（図 47）。

		優先度 ¹		優先度: H 高 M 中			
バリューチェーン	主な課題	ソリューション案	タイムライン	事業インパクト ²	裨益者インパクト ³	現地ニーズ ⁴	日本の強み ⁵
発電	風量の測定点を増やす必要がある	風量測定に関わる能力構築に向けた技術協力、風量測定装置の提供	中期（2-3年）	H	M	H	M
	現地のEPCのキャパシティが少ない	技術協力を通じて、関連する政府機関を介して技術講習を実施	長期（5-10年）	M	M	H	M
送電	送電網建設で就労機会を創出するためには低スキル人材のスキルアップが不可欠	① 技術協力を通じて低スキル人材を対象にトレーニングを実施	中期（2-3年）	M	H	H	H
	共通のインフラ（送電網、パイプライン）を構築する必要がある	② 送電網やパイプラインの構築に向けた円借款を通じて政府を支援	長期（5-10年）	H	H	H	H
水素製造	南部と中部を結び送配電網の整備を検討する可能性がある	技術協力を通じて2つの地域をつなぐための地域開発計画を策定	中期（2-3年）	M	M	M	H
	水素プラント建設で就労機会を創出するためには低スキル人材のスキルアップが不可欠である	① 技術協力を通じて低スキル人材を対象にトレーニングを実施	中期（2-3年）	M	H	H	H
パイプライン・貯蔵設備	プロジェクト開発事業者は高いプロジェクトリスクとキャパシティ不足に悩まされており、低コストなファイナンスへのアクセスが難しい	③ 電解・淡水化プラントを調達するためにプロジェクト開発事業者に対してPSIFを提供	長期（5-10年）	H	H	H	M
	パイプライン・貯蔵設備建設で就労機会を創出するためには低スキル人材のスキルアップが不可欠である	① 技術協力を通じて低スキル人材を対象にトレーニングを実施	中期（2-3年）	M	H	H	H
港湾（輸出基地）	ナミビアと南アフリカを結びパイプライン建設のインパクトがまだ十分に検証されていない	技術協力を通じて、ナミビアと南アフリカを結びパイプライン建設に関するより詳細な実現可能性調査を実施	長期（5-10年）	M	M	M	M
	ウォルビスベイとルデーリッツの港の改修工事は数億ドルの投資が必要である	② 港湾改修や都市開発に向けた円借款を通じて政府を支援	長期（5-10年）	M	H	H	H
販売・利用	将来的な港湾での水素取扱いに対応できる高スキルな人材プールは限られている	ナミビア大学の海洋研究コースを活用し、高技能労働者のための水素専門トレーニングに関する技術協力を提供	長期（5-10年）	M	M	M	M
	ドイツ/EUへのグリーン水素輸出を支援する規制枠組が不足している	技術協力を通じて政府への規制策定支援	長期（5-10年）	H	M	H	M
共通	オフテイカー及び価格と数量が期待できる明確な需要が不足している	プロジェクトとオフテイカーのマッチング又は水素需要の集約を実施	長期（5-10年）	H	H	H	M
	n/a	④ グリーン水素・アンモニア関連の政策整備・達成期に応じてローンを提供（DPL: Development Policy Loan）	中期（2-3年）	H	H	H	H

1. 「高」の評価が3-4つのソリューション案を主要オプションとして定義
2. 「プロジェクトのインパクト」は、専門家や主要ステークホルダーへのヒアリングやレポートをまとめるためのその他の調査結果を踏まえ、水素バリューチェーンを実現する上での重要なボトルネックに対応すると判断された場合、高く評価される
3. 100人以上の直接的なメリット（例：インフラ構築や職業訓練の実施）や間接的なメリット（例：インフラを実現する地域開発計画の策定）が見込まれる場合、「受益者のインパクト」は高い評価を得る
4. 「ローカルニーズ」は、政府、民間セクター、または国内の主要ステークホルダーから要望が上がっている場合、高く評価される
5. 「日本の強み」は、JICAが過去に類似したプロジェクトを扱った経験がある場合、あるいは第3章において日本の技術競争力が高いと考えられる場合、高く評価される
6. Private Sector Investment and Finance: 民間投資

図 47 ナミビアの主な課題とソリューション案

結果として 4 つの支援案の優先順位が高いと評価された。以下の表は、優先順位が高いと評価されたそれぞれの支援案が対応する重要課題にどのように対処するかについて考察を加えたものであ

る。なお、ここに記載の支援案はあくまで JICA が今後の具体的な支援策を検討するための初期的な案であり、実際の支援実施について確約するものではない点には十分に留意されたい。

表 8 ナミビア (1/4)：低スキル人材へのトレーニングを目的とした技術協力

項目	内容
支援策案	技術協力を通じて低スキル人材を対象にトレーニングを実施
支援の概要	港湾および関連する交通・都市インフラにおける建設開発を可能にするため、一般土木・建築・電気関連を中心に低スキルの労働者の能力開発のためのプログラム開発を支援
背景	- Luderitz と Walvis Bay におけるグリーン水素・アンモニア輸出のための港湾改修や関連する交通・都市インフラ開発に伴う建設事業により、様々な就労機会が創出される - 低スキル人材が就労機会を得るためには、スキルアップが不可欠となる
想定されるタイムライン	中期 (2-3 年)
主要ステークホルダー	- ナミビア政府 (例：高等教育・訓練・イノベーション省(MHETI))：カウンターパート、プロジェクトの実施合意とプロジェクト管理の責任者 - ナミビアトレーニング庁(NTA)：トレーニングの設計と実施の実行機関 - Luderitz と Walvis Bay の自治体：トレーニングワークショップの実施、地域からの受講者の募集
主な取り組み	- 水素プロジェクトの開発業者にヒアリングを行い、スキルギャップやペインポイントを分析 - MHETI や NTA に土木・建築・電気工事等のインフラ開発・建設の技術専門家を派遣し、研修カリキュラムを作成 - 開発したカリキュラムを活用して NTA が Luderitz または Walvis Bay の開発エリアの労働者向けに関連建設業務に関するトレーニングを実施
スキーム図(例)	<pre> graph TD JICA[JICA] <--> プロジェクト実施合意 NGov["ナミビア政府 (例: MHETI) (カウンターパート)"] JICA <--> 技術支援 (カリキュラム 開発支援等) NGov JICA <--> 協働の可能性 GIZ["GIZ, etc. (他ドナーエージェンシー・国際 開発金融機関)"] NGov --> NTA["NTA (トレーニングの作成・実施)"] NTA --> Local["LuderitzとWalvis Bay における自治体 (研修生の招集、ワークショップ の主催)"] </pre>

表 9 ナミビア (2/4)：港湾、送電網、パイプラインの整備に関わる政府に対する円借款の供与

項目	内容
支援策案	Luderitz または Walvis Bay の港湾および関連する送電網やパイプライン整備に向けた円借款の供与
支援の概要	- Luderitz や Walvis Bay の港湾整備や関連する共通インフラ (送電網、パイプライン、貯蔵設備等) の開発を資金面で支援 - 特に港湾開発支援については、EU/EIB による既存の取り組みや、ハードインフラ開発における中国関連企業のプレゼンスを考慮し、JICA が効果的に支援できる領域として水素に特化した港湾関連施設や、港湾オペレーション・安全管理等のソフト面を想定。具体的には、液体水素やアンモニアハンドリング用のローディングアームや貯蔵設備、水素・アンモニア運搬船が入港できる大水深バースの開発等を想定また、再生

項目	内容
	可能エネルギー地域から両港湾への送電回廊の建設にも同様に支援。特に貯蔵設備については3.3章にに記載のとおり日本の国際競争力は高い また、グリーン水素・アンモニア製造向けに早急な整備が求められる送配電網建設に係る資金ニーズも支援
背景	- 再生可能エネルギーの発電地域とグリーン水素・アンモニアの生産・輸出基地となる Luderitz, Walvis Bay の両港湾をつなぐためには、送電網とパイプラインの整備が不可欠 - グリーン水素・アンモニアを輸出するためには両港湾の改修が必要であり、改修費用は数億 USD 規模となる見込み - EU は NamPort の港湾改修計画の支援を実施しており、今後 EIB が開発の融資を行う可能性が存在 - 一方、中国関連企業等により港湾一般設備の建設が行われており、今後は港湾運営や水素・アンモニアの輸出に関連した専用設備（例：ローディングアーム、貯蔵設備）の設計・建設や安全管理基準の整備等のより専門性の高い分野への支援ニーズが高まる見込み
想定されるタイムライン	長期（5-10 年） ※円借款の供与から建設プロジェクトの完了までを想定
主要ステークホルダー	- ナミビア政府: 借入人・財務省、事業のカウンターパート、二国間プロジェクトの契約とプロジェクト管理の責任者・MME - Namibia Port Authority (NamPort): 港湾とパイプラインや貯蓄設備等の周辺インフラの開発主体 - Namibia Power Corporation (NamPower): 送電回廊開発の実行主体 - 送電技術サプライヤー/サブコントラクター - EU・ドイツ政府: Luderitz, Walvis Bay からのグリーン水素・アンモニア輸出のための開発を積極的に支援していることから、支援分野の整合性の確認やプロジェクトの連携実施において重要なパートナーとなる可能性
主な取り組み	- MME、NamPort、NamPower、他の援助機関と議論して港湾設備・送電回廊・パイプライン整備のうち特に優先度の高いインフラについて特定するとともに、必要な資金額等について合意 - NamPort が所管する水素・アンモニア関連の港湾設備、パイプライン、貯蓄設備や NamPower の所管する送電回廊の開発について円借款に関連して以下の援助も実施 - 政府関係者や主要ステークホルダーを含むプロジェクトチームを形成 - マイルストーンや定例会を設定 - 調達の管理 - 工事の進捗管理 - 必要な技術移転によりインフラ整備後の適切な保守管理を実現 等
スキーム図	<pre> graph TD JICA[JICA] subgraph Counterpart [カウンターパート] NG[Namibia 政府 (借入・財務省、 事業責任・MME等の 所管官庁)] NG -- 政府方針 --> NP[NamPort / NamPower (実行主体)] end NG <--> 円借款契約 JICA JICA -- "円借款を通じた ファイナンス・技術支援" --> NP AfDB[AfDB, EBRD, etc. (その他援助機関、開発 金融機関)] -.-> 資金援助・計画 策定における 協働の可能性 JICA STSC[送電技術サプライヤー/ サブコントラクター] --> NP </pre>

表 10 ナミビア (3/4): グリーン水素・アンモニア製造のプロジェクト開発事業者に対する PSIF の提供

項目	内容
支援策案	民間セクターのグリーン水素・アンモニア製造プロジェクトの開発事業者に対して民間投融資 (PSIF: Private Sector Investment and Finance) を提供
支援の概要	- 民間金融機関等の既存の金融機関のみではリスクテイクが困難な事業において、JICA の PSIF を活用することにより事業実現を支援 - 具体的には、他の開発パートナー (国際開発金融機関、他国の援助機関等) と連携した協調融資を民間事業者に対して提供 - Luderitz および Walvis Bay におけるグリーン水素・アンモニア生産プロジェクトのうち、特にバリューチェーンにおいて日本が国際競争力を有する淡水化プラントや電解プラントなどのコア技術が中心となる分野において開発事業者を支援
背景	- プロジェクト開発業者にとってグリーン水素・アンモニア開発プロジェクトには莫大な設備投資が必要となるため、低コストでの資金調達コスト競争力の鍵となる。また、長期間の融資へのアクセスも重要。一方、アフリカ各国のプロジェクトはプロジェクトリスクやカントリーリスクが高いとみなされ、このような融資を受けることが難しい状況 - 資金提供者の側としても単独での投融資はリスクが高く、パートナーとの協調融資の方がプロジェクトを実現化しやすい - 技術面では、淡水化プラントや電解プラントの開発・運用に関する支援ニーズが特に高い (3.3 章で見たようにこれらの分野における日本企業の国際競争力は高い)
想定されるタイムライン	長期 (5-10 年) ※投融資から建設プロジェクトの完了までを想定
主要ステークホルダー	公共セクター: - 国際開発金融機関: IFC、AfDB、EBRD 等は共同融資のパートナー。特に AfDB の場合、Private Sector Assistance for Africa (EPSA) Initiative のもとで Non-Sovereign Loan (NSL) も利用可能 - 他国援助機関: GIZ、KfW、AFD 等 民間セクター: - 水素プロジェクト開発業者: PSIF の借り手 - 電解・淡水化技術サプライヤー
主な取り組み	- グリーン水素・アンモニアプロジェクトへの融資 - 淡水化プラントの開発 - 電解プラントの開発 - 輸送・貯蔵システムの
スキーム図 (例)	<pre> graph LR JICA -- 連携 --> Group["IFC、EBRD、AfDB、 DEG、Proparco、 民間金融機関等"] Group -- 協調融資 --> Dev["水素プロジェクト 開発事業者(民間)"] Dev -- 融資契約 --> Group Supp["電解・淡水化技術 サプライヤー"] -- 技術提供 --> Dev </pre>

表 11 ナミビア (4/4): グリーン水素・アンモニア産業に対する分野別開発政策借款(DPL)の提供

項目	内容
支援策案	供給サイド(主に水素製造、パイプライン建設、港湾開発、能力開発)と需要サイド(域内の供給業者にとって有利な環境の整備)の両方をカバーする分野別開発政策借款の提供

項目	内容
支援の概要	供給サイド(主に水素製造、パイプライン建設、港湾開発、能力開発)と需要サイド(域内の供給業者にとって有利な環境の整備)の両方をカバーする分野別政策借款の供与。分野別政策借款は、政策マトリックスに示された政策の実行を貸付実行の条件とすることで、主要な政府機関による実行を促進
背景	- ナミビアでグリーン水素の供給力を増やすための投資を促進するためには、バリューチェーン全体を同時並行的に開発することが肝要 - 具体的には、海外の需要を取り込むことで、事業投資家の需要リスクを軽減でき、供給サイドでは、水素製造、パイプライン建設、貯蔵設備等の新たなインフラ開発を中心とした政府による投資支援策が必要 - さらに、能力開発などのイネーブラーへの予算配分を促進することも必要となる
想定されるタイムライン	短期(2年間)＋第1トランシェのアクションの実行を契約条件とする
主要ステークホルダー	- 財務省：借り手 - Ministry of Mines & Energy (MME)：カウンターパート - グリーン水素協議会/コミッショナー：水素に関する調整役 - 各政策に関わるその他の主要なステークホルダー：Namibia Port Authority (NamPort)、Namibia Power Corporation (NamPower)、Namibia Training Authority (NTA)
主な取り組み	- 分野別政策借款による支援案と政策マトリックスの草案について国内のステークホルダーからフィードバックを収集 - 日本の民間セクターを代表するステークホルダー(経済産業省、JBIC、ナミビアにおける水素プロジェクトに関心を示している企業(伊藤忠商事など)) - ODAに関する日本政府の主要ステークホルダー(財務省、外務省、経済産業省) - ナミビアのステークホルダーと協働でプログラムを策定 - 借款案件の評価を行う前に第1トランシェのアクションが完了していることを確認
スキーム図	スキーム図は、JICAとナミビア政府(MoF: 借り手)との関係を示しています。JICAはナミビア政府に対してDPL契約と融資提供を行います。ナミビア政府はMME等の所管省庁と連携しています。また、世界銀行、AfDB, etc. (その他援助機関、開発金融機関)も関係しています。

他支援機関との連携機会という点では、JICAは四半期ごとに開催されるナミビア政府によるドナー連携会議への招待を受けている。ここに参加しているドイツの支援機関(特にGIZ)やEUはナミビアのグリーン水素・アンモニア関連政策の策定・実現に特に重要な役割を果たしており、有力な連携候補となりうる(図48～50)。

EUはナミビアとのパートナーシップのロードマップを発表し、南部の港湾の調査・開発に対する10億EUR規模の投資を約束

背景

- EU全体で、1990年比で55%のGHG削減目標にコミットしている
- EUにおける水素の需要量は域内の国内供給能力を上回る見込みで、域外から輸入する必要性に迫られている
- EUとナミビアは、2022年にMOUに署名し、持続可能な原材料のバリューチェーンとグリーン水素に関する戦略的パートナーシップを締結

支援スキーム

- 有償資金協力 および 無償資金協力
- 戦略・方針の共同策定
- プロジェクト策定の支援(実現可能性調査、ビジネスモデルのパイロット)
- 労働者に必要なスキルの構築



- ナミビアからEUへの持続可能な原材料(ウラン、銅、亜鉛など)やグリーン水素供給の支援のために10億EURが投資されている
- 2023年10月に承認されたオペレーションロードマップで以下のアクションプランが提示された。水素関連ものは以下のとおり
 - バリューチェーンの統合: 業界と協働し、水素プロジェクトを特定・調整し、開発
 - ソフト・ハードインフラへの資金の動員: Walvis Bayを含む主要な輸送網の改修
 - 能力・スキル開発、トレーニング: 欧州の業界との技術協力を通じたグリーン水素バリューチェーン全体のニーズの特定およびスキル開発・トレーニングの実施
 - 規制協力: ナミビアが水素・合成燃料業界の発展を後押しするための合成燃料法を制定し、グリーン水素に関する国際的基準の遵守を徹底するための支援

資料: European Commission ウェブサイト https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_5263

図 48 EUによるナミビアへの援助パッケージの事例

BMBF(ドイツ連邦教育研究省)は、戦略策定、研究開発、低金利の資金提供から能力構築に至るまで包括的なサポートを提供

背景

- ナミビアとドイツはグリーン水素について良好な需給関係を築くことができる
 - ドイツは今後、低コストかつ短期間に大量の水素を輸入する必要がある見込み
 - ナミビアは太陽光・風力発電のポテンシャルが大きく有力な水素の供給国候補であり、輸出先を探している
 - ナミビア政府も水素が生み出す可能性を認識している
- ドイツは、成功事例を作り、他の地域に青写真を示すことを目指している
- ドイツ連邦教育研究省(BMBF)とナミビアは2021年8月にグリーン水素に関するパートナーシップを締結した

支援スキーム

- 有償資金協力 または 無償資金協力 (指定なし)
 - 戦略・方針の共同策定
 - プロジェクト策定の支援(実現可能性調査、ビジネスモデルのパイロット)
 - 労働者に必要なスキルの構築
- 最大4,000万EURの資金協力を実施
 - 当支援スキームでは様々なテーマをカバー
 - 水素戦略の策定
 - 実現可能性調査の実施
 - グリーン水素業界のポテンシャル
 - ナミビアの革新的な淡水化技術(現地ニーズも検討)
 - ドイツへの水素輸送技術
 - 海水電解による機会の創出
 - 水素の製造・輸送プロジェクトのスキームを検証するためのパイロットプロジェクトの実施
 - スキルとケータビリティの構築
 - 高スキル人材の更なる能力向上
 - 学生と専門家間の交流
 - ナミビアの学生のための奨学金



BMBFとナミビアはすでに大きく前進している

- BMBFは、ナミビア政府に対して4つのプロジェクトについて3,000万EURの資金協力を実施
- 奨学金プログラムを通じて既に3,300万NAD(180万USD)規模の支援を実施

1. Federal Ministry of Education and Research: 連邦教育研究省
資料: BMBF公式サイト、プレスリリース

図 49 ドイツ政府によるナミビアへの援助パッケージの事例

支援機関がインフラ開発の地域開発計画作成を支援した事例



支援元	カウンターパート	プロジェクト名	プロジェクトコスト	実施期間	概要	資料
EU	NAMPORT	グローバルゲートウェイチームによるサステナブルな鉱物資源とグリーン水素に関するEUナミビアパートナーシップ	120百万米ドル	2022(進行中)	2023年にEUとナミビアが原材料バリューチェーンとグリーン水素に関する戦略的パートナーシップ締結に向けた具体的活動を盛り込んだ2023-2025年のロードマップに署名。同覚書にはクリーンエネルギー産業用のグリーン水素と鉱物資源の輸出に向けたWalvis Bayの開発計画が盛り込まれている	https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_5263
世界銀行	NAMPOWER	n/a	4.44百万米ドル	n/a (少なくとも継続中)	国家レベル、ユーティリティレベル、多国間レベル(ナミビア-南アフリカ)を含む再エネ開発のロードマップ、国家電化戦略、グリーン水素戦略	ナミビア政府によるドナー連携会議資料より https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P179377
EU	鉱業・エネルギー省	n/a	3.2百万ユーロ	n/a (少なくとも継続中)	2023年から2024年にかけてのグリーン水素運用ロードマップ作成	ナミビア政府によるドナー連携会議資料より
GIZ	鉱業・エネルギー省	GET.Transform	1.5百万ユーロ	n/a (少なくとも継続中)	以下に関する技術支援: - 長期エネルギー計画策定 - オングリッド規制と市場開発 - オフグリッド規制と市場開発 - REGリット統合	ナミビア政府によるドナー連携会議資料より
AfDB	鉱業・エネルギー省	地域市場調査	500千米ドル	n/a (少なくとも継続中)	- ベインズ水力発電所プロジェクトとZIZABONA相互接続プロジェクトの調査補助金 - 都市近郊の集落の電化の強化に関する調査(目標40/50,000軒)	ナミビア政府によるドナー連携会議資料より

図 50 ナミビアにおけるドナー支援によるプロジェクト計画の事例

6.3 南アフリカ

南アフリカでは、6.4節で取り上げるオフテイカーの必要性以外に、グリーン水素・アンモニア関連インフラ（送電線、パイプライン、港湾）、特に再生可能エネルギー発電地域や港湾が広大な土地に分散しているため、送電回廊の整備がボトルネックとなっている。南アフリカ政府は、Northern Cape 州、Western Cape 州、Eastern Cape 州、Limpopo 州-Durban 間を主要なグリーン水素プロジェクト地域の「水素回廊」として構想しているが、現在のところ開発計画の明確な優先順位づけは存在しておらず、各地域における具体的な開発計画の策定が必要な状況にある。

また、南アフリカの特徴として、現在の電力危機の状況下においてグリーン水素・アンモニアの生産・輸出は国全体の電力危機と相反するのではないかという国民の懸念があり、効果的な戦略的政策ナラティブが必要とされている。他にも新興の水素・アンモニア産業に必要な低・高スキル労働者の供給が限られていること、プロジェクト開発者にとって低コストのファイナンスへのアクセスが難しいこと、Port Elizabeth、Boegoebaai 等の輸出港の開発の具体的化がまだ途上であることなどが取り組むべき重要な課題として挙げられる（図 51）。

バリューチェーン	主な課題	ソリューション案	タイムライン	優先度 ¹				
				事業インパクト ²	裨益者インパクト ³	現地ニーズ ⁴	日本の強み ⁵	
発電	電力危機が継続している状況で電力を水素輸出のために活用することに対して対立が生じる可能性がある	① グリーン水素は電力危機を悪化させるのではなく、むしろ解消することを示す戦略的ナラティブの策定を技術協力により支援	短期（1-2年）	M	H	H	H	
	広大な土地に再生産産拠点が分散している中で電源開発を拡大させる必要があり多額の投資が必要	再生電源の開発拡大のために必要な資金支援を円借款により実施	中期（2-3年）	H	H	M	M	
送電	水素関連の戦略を発表したものの、送電回廊の開発に関する具体的な地域開発計画が不透明	② 送電回廊の地域開発計画策定に関する技術協力を実施	長期（5-10年）	H	H	H	H	
	送電網建設で就労機会を創出するためには低スキル人材のスキルアップが不可欠である	③ 低スキル人材および高スキル人材双方に水素技術に特化したトレーニングを技術協力として提供	長期（5-10年）	M	H	H	H	
水素製造	水素製造関連プロジェクトに対応できる高スキル人材プールは限られている	④ 電解・炭水化プラントを調達するためにプロジェクト開発業者に PPSIF ⁶ を提供	長期（5-10年）	H	H	H	M	
	プロジェクト開発事業者は高いプロジェクトリスクとコストに悩まされており、低コストなファイナンスへのアクセスが難しい	⑤ 低スキル人材および高スキル人材双方に水素技術に特化したトレーニングを技術協力として提供	中期（2-3年）	M	H	H	H	
パイプライン・貯蔵設備	パイプラインや貯蔵設備の建設に対応できる高スキル人材プールは限られている	技術協力を通じて、政府に技術専門家を派遣し、許認可プロセスを効率化	中期（2-3年）	H	M	M	M	
	政府によるパイプライン建設許可の見直しについて不確実である							
港湾（輸出基地）	グリーン水素・アンモニア輸出に関する港湾整備の具体的な分析・調査が途上で具体化が不透明である	⑥ Port Elizabeth、Boegoebaai 等でのグリーン水素・アンモニア輸出港整備の可能性調査を技術協力として実施	中期（2-3年）	M	H	H	H	
	グリーン水素・アンモニア関連の投資や利用に関する認証制度やインセンティブ制度が政策で明確に定められていない	技術協力を通じて、政府に技術専門家を派遣し、インセンティブや法規制の考案を支援	中期（2-3年）	M	M	H	H	
販売・利用	オフテイカー及び価格と数量が期待できる明確な需要が不足している	プロジェクトとオフテイカーのマッチングまたは水素需要の集約を実施	中期（2-3年）	H	H	H	M	
共通	n/a	⑦ グリーン水素・アンモニア関連の政策整備・達成度に応じてローンを提供（DPL: Development Policy Loan）	中期（2-3年）	H	H	H	H	

1. 「高」の評価が3-4つのソリューション案を主要施策案として定義
2. 「事業インパクト」は、専門家や主要ステークホルダーへのヒアリングやレポートをまとめるためのその他の調査結果を踏まえ、水素バリューチェーンを実現する上での重要なボトルネックに対応すると判断された場合、高く評価される
3. 「裨益者インパクト」は、当該ソリューションが100人以上の人々に直接的インフラ整備や職業訓練などや間接的インフラ整備の地域開発計画の策定などに便益を与えることが見込まれる場合、高く評価される
4. 「現地ニーズ」は、政府、民間セクター、または国内の主要ステークホルダーから要望が上がっている場合、高く評価される
5. 「日本の強み」は、JICAが過去に類似したプロジェクトを扱った経験がある場合、あるいは第3章において日本の技術競争力が高いと考えられる場合、高く評価される
6. PPSIF: Private Sector Investment and Finance

図 51 南アフリカの主な課題とソリューション案

結果として 6 つの支援案の優先順位が高いと評価された。以下の表は、優先順位が高いと評価されたそれぞれの支援案が対応する重要課題にどのように対処するかについて考察を加えたものである

る。なお、ここに記載の支援案はあくまで JICA が今後の具体的な支援策を検討するための初期的な案であり、実際の支援実施について確約するものではない点には十分に留意されたい。

表 12 南アフリカ (1/6): 電力危機下におけるグリーン水素・アンモニア開発に関する戦略的政策ナラティブの作成を技術協力により支援

項目	内容
支援策案	技術協力を通じてグリーン水素・アンモニアの開発・輸出は電力危機を悪化させるのではなく、むしろ解消することにもつながることを示す戦略的ナラティブの策定を技術協力を通じて支援
支援の概要	グリーン水素・アンモニアの開発・輸出に取り組むことは再エネ電源の開発拡大や送配電網の整備を通じて現在の電力危機を解消することに貢献し、国民の多くが不安を抱くような競合関係にはないことを定量的に検証するとともに、国民およびステークホルダーがわかりやすい政策ナラティブを策定してコミュニケーションできるように関連省庁、自治体、国営電力会社である Eskom 等を技術支援する
背景	- 国内では、再エネのグリーン水素・アンモニア生産への利用が電力危機を悪化させるとともに、石炭火力発電所や鉱業関連の雇用が失われるのではないかと懸念が広がっている - 政府はグリーン水素・アンモニア関連の開発はむしろ電力危機の解消につながり新たな雇用機会を創出すると強調しているが、十分な理解は得られていない。その結果として国家レベルの水素関連ビジョンは策定される一方で具体的な実行プロジェクトの優先度を明確にした政策までは進展していない
想定されるタイムライン	短期 (1-2 年)
主要ステークホルダー	- 南アフリカ中央政府 (DTIC, DSI, DOE, DMRE など): カウンターパート、プロジェクトの実施合意とプロジェクト管理の責任者 - 州政府 (Northern Cape Government, Western Cape Government など): 州レベルでの開発計画や電力需給への影響に関する検討を行うカウンターパート - Eskom: 国営電力会社であり電源開発、送配電網の整備・運用に関する実行主体 - 各国の開発援助機関: 西ケープ州政府とグリーン水素産業開発に取り組んでいる独 GIZ や、Boegoebaai 港開発の事業性調査を実施している世界銀行は主要連携先となりえる
主な取り組み	- グリーン水素・アンモニアの生産・輸出が国内の電力供給にマイナスまたはプラスの影響を与える主なメカニズムを特定 - シナリオに基づくシステムモデリングを実施し、南アフリカでグリーン水素・アンモニア産業を構築することによる国内の電力需給や電力コストについて定量的に影響を評価 - プロジェクトの実例も含めて結果を国民が広くアクセスしやすい形式にまとめ、電力危機脱却の計画とリンクした普及計画を公表する
スキーム図 (例)	スキーム図 (例) の詳細: JICA (日本国際協力機構) は、中央政府 (DTIC, DSI, DOE, DMRE など所管省庁) に対して「プロジェクト実施合意」と「技術支援 (需給分析、ナラティブ策定等支援等)」を提供する。 中央政府 は、州政府・Eskom (計画の詳細計画策定・実行主体) と「連携」している。 World Bank, etc. (他国際協力機構/国際開発金融機関) は、中央政府 と「協働の可能性」を有している。 - 右側の中央政府、州政府・Eskom の関係は、カウンターパート の枠内に示されている。

表 13 南アフリカ (2/6): 送電回廊の地域開発計画策定に関する技術協力

項目	内容
支援策案	再エネ生産地とグリーン水素・アンモニアの生産地・輸出港間をつなぐ送電回廊の地域開発計画の策定に関する技術協力
支援の概要	- 南アフリカ政府は Hydrogen Valley 構想等のハイレベルな送電回廊のビジョンを検討し公表しており、そのさらに具体的な地域開発計画の策定を専門家派遣を通じて支援 - 例えば、Northern Cape 州、Western Cape 州の再エネ生産地域と Western Cape 州の Saldana 港を結ぶ送電回廊の地域開発計画の策定を支援
背景	- 南アフリカ政府は Hydrogen Valley 構想等のハイレベルな送電回廊のビジョンを検討し公表しているものの、より具体的な州などの地域レベルでの開発計画への具体化には至っていない地域が多い (図 52) - 例えば、Northern Cape 州、Western Cape 州、Eastern Cape 州、Durban 州－Gauteng 州－Mpumalanga 州には再エネ発電拠点とグリーン水素・アンモニアの生産・輸出拠点が分散しているが、送電網の開発計画は明確になっていない - また、今後開発が検討されている Northern Cape 州 Boegoebaai におけるグリーンアンモニアのサプライチェーン整備や Eastern Cape 州の Port Elizabeth 港の開発においても重要な基本インフラとなる
想定されるタイムライン	中期 (2-3 年)
主要ステークホルダー	- 中央政府 (DTIC, DSI, DOE, DMRE など): 二国間プロジェクトのカウンターパートであり最終承認者 - 州政府 (Northern Cape Government, Western Cape Government など): 州レベルでの開発計画や電力需給への影響に関する検討を行うカウンターパート - Eskom: 国営電力会社であり電源開発、送配電網の整備・運用に関する実行主体 - 各国の開発援助機関: 西ケープ州政府とグリーン水素産業開発に取り組んでいる独 GIZ や、Boegoebaai 港開発の事業性調査を実施している世界銀行は主要な連携先となりえる ※ 州政府が主要なカウンターパートとなる場合でも JICA の支援には中央政府の承認が必要となる
主な取り組み	- 中央政府および州政府による送電回廊の地域開発計画の策定に対して JICA の専門家を派遣することで計画策定を支援。例えば、 2023 年 11 月に南アフリカのグリーン水素サミットで公表された Northern Cape 州におけるグリーン水素の地域開発計画における送電網整備の精査 - 関連した港湾開発やなど関連する地域開発計画について、他の開発援助機関と連携 - 以下の要素などを含む、より詳細化された地域開発計画の策定を支援 - 送電回廊整備の詳細計画 - 財務計画 - 調達計画 - 作業計画
スキーム図 (例)	スキーム図 (例) は、JICA、南アフリカの中央政府、州政府・Eskom、および世界銀行などの国際機関の間の関係を示しています。 JICA (日本国際協力機構) は、中央政府 (DTIC, DSI, DOE, DMRE など所管省庁) に対して「プロジェクト実施合意」と「技術支援 (計画策定等支援)」を提供します。 中央政府 は、州政府・Eskom (計画の詳細計画策定・実行主体) と「連携」しています。 World Bank, etc. (他国際協力機構/国際開発金融機関) は、JICA と中央政府の間に「協働の可能性」を示しています。

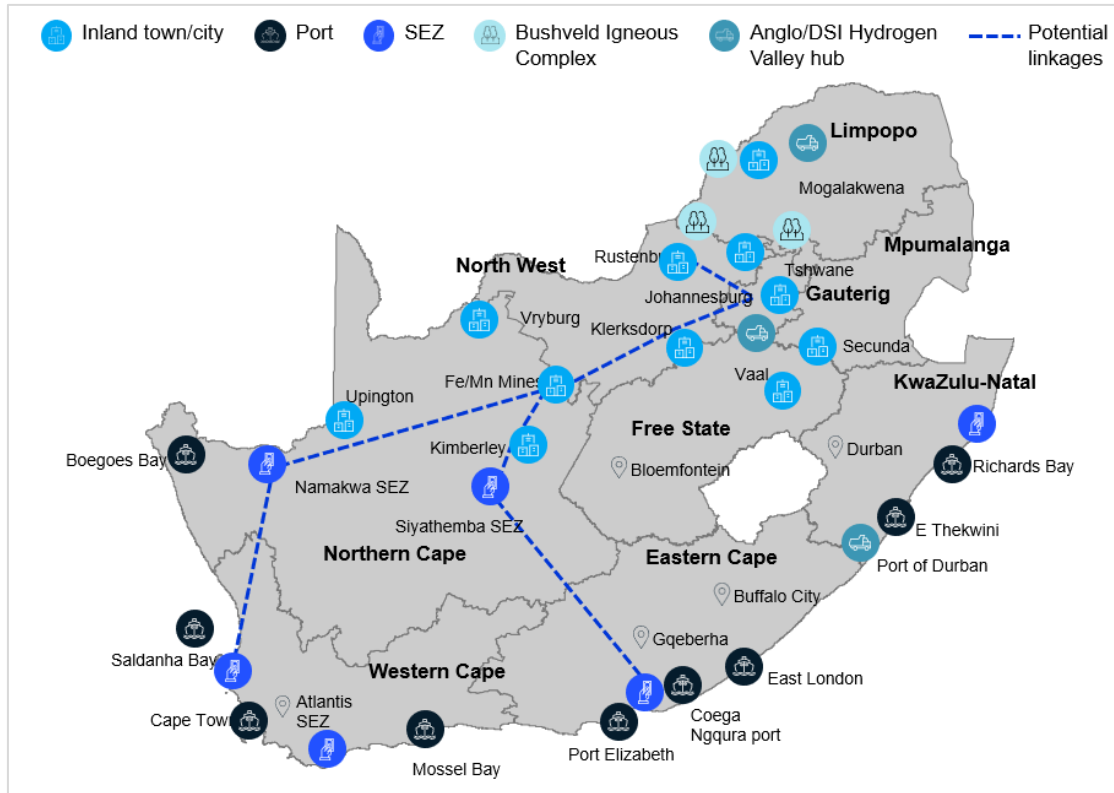


図 52 南アフリカにおける潜在的な水素の拠点とクラスターの分散

表 14 南アフリカ (3/6): 水素・アンモニア関連の専門技術トレーニング実施のための技術協力

項目	内容
支援策案	技術協力を通じてグリーン水素・アンモニア産業に特化した技術トレーニングを策定し実行を支援
支援の概要	- グリーン水素・アンモニア分野に特化したトレーニング講座を開発を支援し、現地機関と連携して高スキル・低スキル人材の双方に能力開発を支援する - 特に高スキル人材プールの拡充のため、バリューチェーン開発に不可欠な電解設備、水素の輸送・貯蔵・出荷設備（バンカリング設備を含む）等に係る水素の生産およびハンドリングに係る技術の教育、訓練を行う。低スキル人材向けには一般的な送配電網や港湾開発に必要な一般土木・建築・電気関連のスキルを中心に開発する
背景	- グリーン水素・アンモニアプロジェクトでは、電解槽や淡水化装置に関わる技術とその運用・保守に加え、送電網不足などのボトルネック解消が不可欠となる。また、製造された水素・アンモニアの取扱いには安全管理を含めて高度なスキルを有する人材が必要となる - 一方、黎明期になるグリーン水素・アンモニア業界で必要とされる高スキル人材の数も質も足りていない - また、ナミビアと同様、港湾、送電線、パイプラインなどの建設における新たな雇用機会へのアクセスを確保する必要がある。特に人口、人口密度、産業等の状況がナミビアと類似している Northern Cape 州ではこうした状況がより明確であり、低スキル人材の能力開発も重要な状況
想定されるタイムライン	長期（5-10 年） ※プログラムの開発から一定の人材プール形成までの期間を想定
主要ステークホルダー	- 南アフリカ中央政府（例：高等教育・訓練省(DHET)）： カウンターパート、二国間プロジェクト契約とプロジェクト管理の責任者 - エネルギー・水セクター教育訓練機関(EWSETA)： トレーニングの設計と実行を担当する組織 - 州政府（例：Northern Cape 州）： トレーニングワークショップの運営、地域から受講者の調達

項目	内容
	英国政府：2022年に英国の支援を受けて DHET と DSI が開発した“The South African Green Hydrogen TVET Ecosystem Just Transition Strategic Framework”とトレーニングカリキュラム・計画を調和させるための潜在的協力者
主な取り組み	- グリーン水素・アンモニアプロジェクトの開発事業者にヒアリングを行い、スキルギャップやペインポイントを分析 - DHET と ESWETA に専門家を派遣し水素・アンモニア関連の既存の講座を活かしてトレーニングカリキュラムを作成 - 専門家がカリキュラムを開発し、州政府が介添えするかたちで EWSETA が Northern Cape 州等の開発エリアの労働者に対してトレーニングを実施
スキーム図 (例)	<pre> graph TD JICA[JICA] <--> プロジェクト実施合意 Gov[中央政府 (例:DHET) (カウンターパート)] JICA <--> 技術支援 (カリキュラム 開発支援等) Gov GIZ[GIZ, etc. (他ドナーエージェンシー・国 際開発金融機関)] -.-> 協働の可能性 JICA Gov --> EWSETA[EWSETANTA (トレーニングの作成・実施)] EWSETA --> Local[各州政府・自治体 (研修生の招集、ワークショップ の主催)] </pre>

表 15 南アフリカ (4/6)：グリーン水素・アンモニア製造のプロジェクト開発事業者に対する PSIF の提供

項目	内容
支援策案	民間セクターのグリーン水素・アンモニア製造プロジェクトの開発事業者に対して民間投融資 (PSIF: Private Sector Investment and Finance) を提供
支援の概要	- 民間金融機関等の既存の金融機関のみではリスクテイクが困難な事業において、JICA の PSIF の活用することにより事業実現を目指す - 具体的には他の開発パートナー (国際開発金融機関、他国の援助機関等) と連携した協調融資を民間事業者に対して提供する - 特に Northern Cape、Western Cape、Eastern Cape の各州などこれから送電回廊や輸出港の開発・整備を見込んでいる地域におけるグリーン水素・アンモニア生産プロジェクトのうち、特にバリューチェーンにおいて淡水化プラントや電解プラントなどの日本が国際競争力を有するコア技術が中心となる分野において開発事業者を支援する
背景	- プロジェクト開発業者にとってグリーン水素・アンモニア開発プロジェクトには莫大な設備投資が必要となるため、低コストでの資金調達がコスト競争力の鍵となる。また、長期間融資へのアクセスも重要。一方、アフリカ各国のプロジェクトはプロジェクトリスクやカントリーリスクが高いとみなされ、このような融資を受けることが難しい状況 - 資金提供者の側としても単独での投融資はリスクが高く、パートナーとの協調融資の方がプロジェクトを実現化しやすい - 技術面では、淡水化プラントや電解プラントの開発・運用に関する支援ニーズが特に高い (3.3 章で見たようにこれらの分野における日本企業の国際競争力は高い)
想定されるタイムライン	長期 (5-10 年) ※投融資から建設プロジェクトの完了までを想定
主要ステークホルダー	公共セクター： - 国際開発金融機関：IFC、AfDB、EBRD 等は共同融資のパートナー。特に AfDB の場合、Private Sector Assistance for Africa (EPSA) Initiative のもとで Non-Sovereign Loan (NSL) も利用可能 - 他国援助機関：GIZ、KfW、AFD など 民間セクター： - 水素プロジェクト開発業者：PSIF の借り手

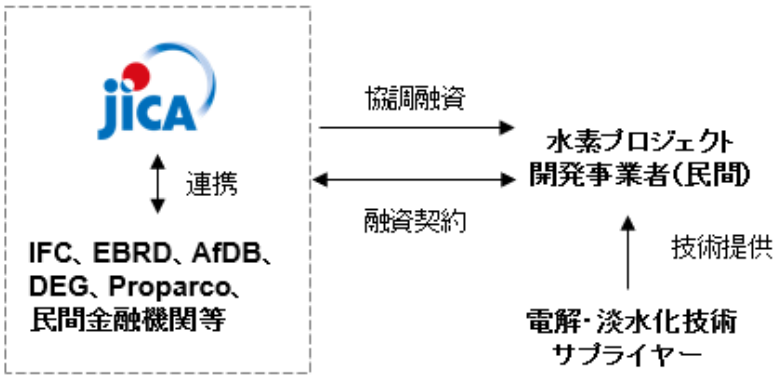
項目	内容
	電解・淡水化技術サプライヤー
主な取り組み	- グリーン水素プロジェクトへの融資 - 水素プロジェクト開発事業者：PSIF の借り手 - 民間金融機関：協調融資におけるパートナー - 電解・淡水化技術サプライヤー
スキーム図	 <pre> graph LR JICA[JICA] <--> 連携 IFI[IFC、EBRD、AfDB、DEG、Proparco、民間金融機関等] JICA -- 協調融資 --> P[水素プロジェクト開発事業者(民間)] P -- 融資契約 --> JICA S[電解・淡水化技術サプライヤー] -- 技術提供 --> P </pre>

表 16 南アフリカ (5/6): Port Elizabeth、Boegoebaai 等でのグリーン水素・アンモニア輸出港整備等の可能性調査に関する技術協力

項目	内容
支援策案	技術協力によりグリーン水素・アンモニアに関連した Port Elizabeth の港湾改修や Boegoebaai の開発に関する詳細な実現可能性調査を実施
支援の概要	JICA が専門家を派遣することで現在進んでいる初期的な事業可能性調査をより詳細化し、地域開発計画の作成をサポートする
背景	- Eastern Cape 州の Port Elizabeth 港は南アフリカ各地の将来的なグリーン水素・アンモニア輸出港の整備先として優先度が高いと見られている - また、Northern Cape 州は日照時間が長く、風が強いことから、グリーン水素・アンモニアプロジェクトの候補地に適している。Sasol 社は Boegoebaai 地域でグリーンアンモニアのバリューチェーンを開発しようとの計画しているが、このためには新規の港湾開発が必要となる - 世界銀行と Transnet はこれら港湾開発の可能性を探っているが、これらの計画はまだ概要段階であり、今後さらなる詳細検討が必要な状況
想定されるタイムライン	中期 (2-3 年)
主要ステークホルダー	- 中央政府(DTIC、DSI、DOE、DMRE など): 二国間プロジェクトのカウンターパートであり最終承認者 - 州政府(Northern Cape Government、Western Cape Government など):州レベルでの開発計画や港湾整備の影響に関する検討を行うカウンターパート - Transnet: 港湾開発のための地域開発計画策定を担当する公的企業 - 各国の開発援助機関: 西ケープ州政府とグリーン水素産業開発に取り組んでいる独 GIZ や、Boegoebaai 港開発の事業性調査を実施している世界銀行は主要な連携先となりえる
主な取り組み	- Port Elizabeth や Boegoebaai の港湾開発に関して詳細な実施可能性調査を実施 (すでに実施された基本調査を踏まえた検討) - Northern Cape 州と隣接地域 (Western Cape 州、ナミビア南部など)における水素開発シナリオを現状と今後の両面から検証、分析 - 港湾の仕様について、必要な予算やスケジュールの試算も含めオプションを検討 - 利用可能な資金調達方法の検証 - ベストプラクティスに基づいた各オプションのメリット・デメリットの検証

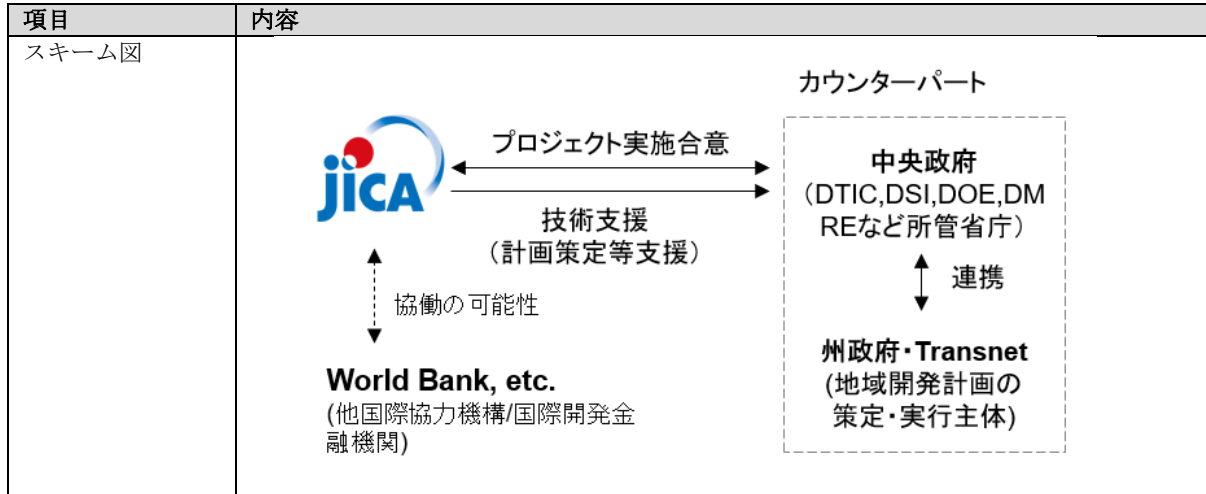
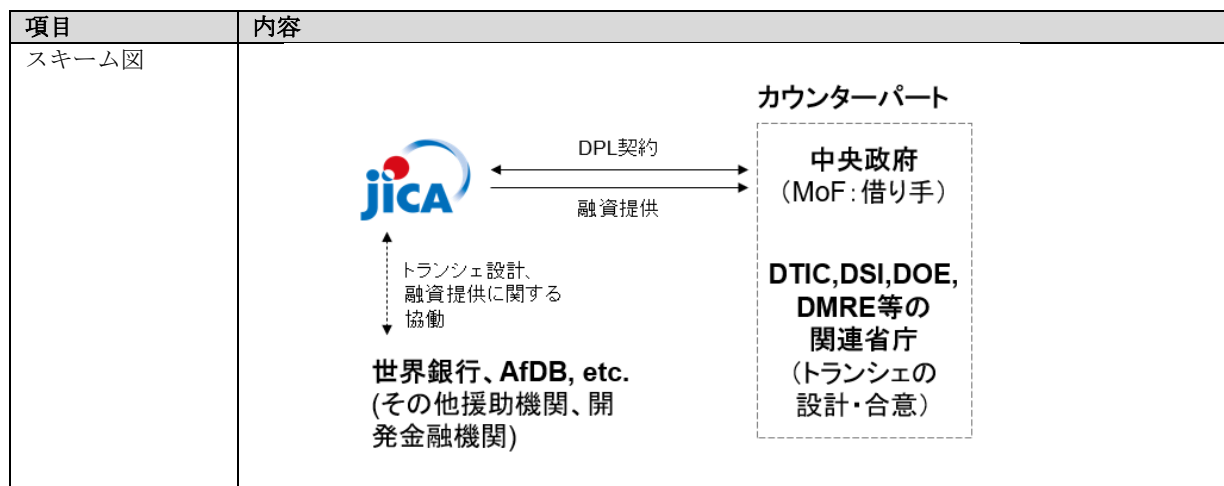


表 17 南アフリカ (6/6): グリーン水素・アンモニア産業に対する分野別開発政策借款(DPL)の提供

項目	内容
支援策案	供給サイド(主にグリーン水素・アンモニア、送電、パイプライン建設、港湾開発、能力開発に関する政策ナラティブの作成)と需要サイド(域内の供給業者にとって有利な環境の整備)の両方をカバーする分野別政策借款の供与
支援の概要	供給サイド(主に水素製造、パイプライン建設、港湾開発、能力開発)と需要サイド(域内の供給業者にとって有利な環境の整備)の両方をカバーする分野別政策借款の供与。分野別政策借款は、政策マトリックスに示された政策の実行を貸付実行の条件とすることで、主要な政府機関による実行を促進
背景	- 南アフリカでグリーン水素・アンモニアの供給力を増やすための投資を促進するためには、バリューチェーン全体を同時並行的に開発することが肝要 - 具体的には、海外の需要を取り込むことで、事業投資家の需要リスクを軽減でき、供給サイドでは、水素の輸出と国内における電力の安定供給に対する国民の懸念を和らげることが重要となり、これが水素バリューチェーンの新たなインフラ整備に対する政府の支援を確保するための重要な前提条件の一つとなる - さらに、能力開発などのイネーブラーへの予算配分を促進することも必要となる
想定されるタイムライン	2年間(2025～2026年)+第1トランシェのアクションの実行を契約条件とする
主要ステークホルダー	- 財務省:借手 - Department of Mineral Resources & Energy (DMRE): カウンターパート - その他の主要なステークホルダー: Northern Cape Government (NCG)、Western Cape Government (WCG)、港湾局および関連省庁、Department of Higher Education and Training (DHET)、Eskom - 世界銀行、KfW、AFDB: DPLを供与することで、電力セクター改革を加速し、再生可能エネルギー発電への投資リスクを軽減
主な取り組み	- 分野別政策借款による支援案と政策マトリックスの草案について国内のステークホルダーからフィードバックを収集 - 日本の民間セクターを代表するステークホルダー(経済産業省資源エネルギー省、JBIC、南アフリカにおける水素プロジェクトに関心を示している企業(伊藤忠商事、三菱重工、MUFGなど)) - ODAに関する日本政府の主要ステークホルダー(財務省、外務省、経済産業省) - 南アフリカのステークホルダーと協働でプログラムを策定 - 借款案件の評価を行う前に、第1トランシェのアクションが完了していることを確認



全体として、ステークホルダーは南アフリカにおけるグリーン水素・アンモニア産業開発のための明確で強力なアンカー・調整役となる支援機関の必要性を強調した。JICA は現在の活動やイニシアチブを包括的にレビューし、連邦政府とともに包括的なロードマップに取り組み、ドナー連携会議を招集することで役割を果たすことができる。

他の開発支援機関との協力の機会という点では、現在の状況は非常に多様である一方、その中でも GIZ は最も積極的な支援機関であることから連携において最初に検討すべきパートナーとなりうる(図 53～55)。

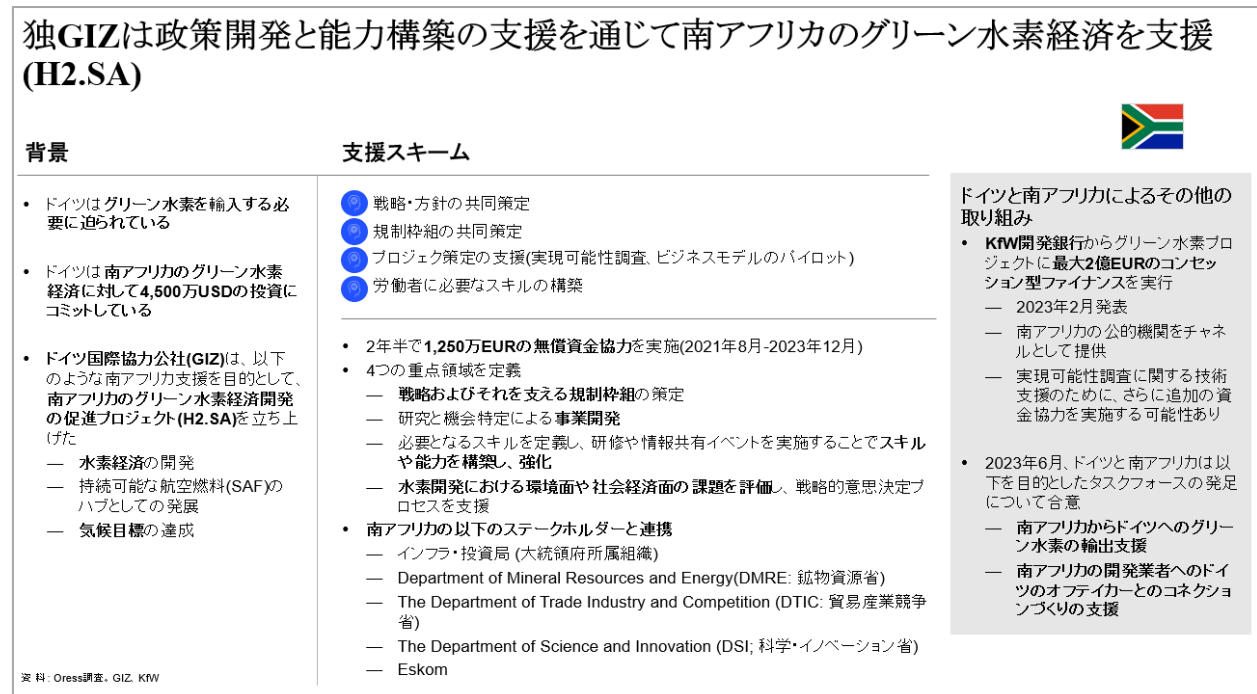


図 53 GIZ による南アフリカ支援パッケージの事例

オランダ、デンマーク、南アフリカは、10億USD規模のブレンデッドファイナンス「SA-H2ファンド」を設立



背景

- 南アフリカ政府は、石炭からの転換に向けた投資機会としてグリーン水素に期待を寄せている
- オランダとデンマークは、南アフリカを優れた投資機会をもたらす国として捉えている
 - 南アフリカから水素を輸入する可能性がある
 - 公正なエネルギー移行パートナーシップ(JETP: Just Energy Transition Partnership)に参画する可能性がある
 - 2021年に米国、英国、フランス、ドイツ、EUが南アフリカとパートナーシップを締結
 - 南アフリカの石炭廃止に向けて85億USDの資金協力をコミット
- オランダとデンマークの首相が南アフリカを訪問した際に、南アフリカ、オランダ、デンマークでファンドを設立

資料: 企業ウェブサイト、記事検索

支援スキーム

④ 有償資金協力

- 2023年6月にグリーン水素に関する10億USDの資金協力を発表
- ブレンデッドファイナンスを以下の支援により設立
 - CFM (Climate Fund Manager) - FMOが所有
 - Sanlam - 南アフリカの保険会社
 - II (Invest International)
 - DBSA (南アフリカ開発銀行)
 - IDC (産業開発公社)
 - その他の戦略的パートナー
- グリーン水素プロジェクトに活用
 - グリーン水素プロジェクトの大規模パイプラインの構築を目指す
 - 開発の初期段階から資本へのアクセスを提供
 - 2022年に特定された9つのSIP (戦略的統合プロジェクト)が支援対象となる可能性あり

図 54 オランダ、デンマーク、南アフリカによるブレンデッドファイナンスファンドの事例

開発支援機関がインフラ開発による各種マスタープランをの策定支援事例



国	カウンターパート	プロジェクト名	プロジェクト投資規模	実施期間	概要	資料
GIZ	鉱物資源エネルギー省 (DMRE)	南アフリカドイツエネルギープログラム - エネルギー転換キャパシティ (SAGEN-CET)	特定されていない	2019-2023年 (進行中)	本プロジェクトは政策決定者やユーティリティ事業者に対し、将来的な電力市場の設計とエネルギー転換に関する国際的なノウハウをもたらす。南アフリカドイツエネルギープログラム (SAGEN) の一環に位置づけられ、南アフリカのパートナー企業との協力を通じて南アフリカにおけるエネルギー転換だけをサポートする仕組みになっており、ドイツ国際協力公社 (GIZ) が南アフリカの鉱物資源エネルギー省 (DMRE)、財務省 (NT)、Eskom、南アフリカ地方自治協会 (SALGA) と共同で実施している。	https://www.giz.de/en/worldwide/111395.html
世界銀行	不明 (Transnetの模様)	ゼロカーボン海運 - 南アフリカ港湾・燃料貯蔵評価および港湾施設更新	特定されていない	2022 (進行中)	本取り組みの目的は、政策決定に関する情報を発信し、ゼロカーボン海運に関するテクノロジー、経済、政策、金融において複数のステークホルダーが関わるソリューションの開発を促進することにある。そうした目的を達成するため、南アフリカ政府によるゼロカーボン海運の事業機会や開発機会の特定期間、港湾の耐久性強化を支援する。取り組みの重点は、南アフリカで炭素を排出しない船舶燃料のサプライチェーン構築を模索すること、Port Reform Toolkitを更新することの2点に置かれている。	https://www.ppiaf.org/activities/south-africa-zero-carbon-shipping-south-africa-port-fuel-storage-assessment-and-port-tool
世界銀行	n/a	BoegoebaaiとSaldanha港におけるグリーン水素関連港湾開発について実施可能性調査中)	n/a	特定されていない	Public Private Infrastructure Advisory Facility (PPIAF) と世銀のブルーエコノミープログラムであるPROBLUEを通じ、南アフリカによるSaldanha港とBoegoebaai港におけるグリーン船舶燃料バリューチェーン構築の要件模索を支援	https://blogs.worldbank.org/transport/green-shipping-fuels-made-south-africa

図 55 南アフリカにおけるドナー支援によるプロジェクト計画の事例

6.4 三か国共通：需要の促進

調査対象とした三か国全てにおいて、需要の見通しが不透明であること、より具体的にはグリーン水素・アンモニアのオフテイク契約が担保されていないことが、グリーン水素・アンモニアプロジェクトの実現に向けて最も根源的な課題の一つであった。これは第7章で示すように日本および南アフリカでのセミナーにおいても対象三か国の関係者から共通して言及されたポイントであった。

一方、日本や他のアジア諸国においては、脱炭素を推進し、グローバルでのネットゼロ社会への移行に向けて存在感やリーダーシップを発揮していくうえで、良い価格条件でグリーン水素・アンモニアにアクセスすることは重要である。本節においては、JICA はいかにして需要の担保に向けた仕組みの構築に貢献し、アフリカ各国におけるグリーン水素・アンモニア事業の開発におけるリスク要因を軽減すると同時に価格条件の良い水素の国内／域内供給の実現を支援し得るかにつき、アプローチを検討した。

ここでは、先行事例であるドイツのイニシアティブ「H2 Global」の概要や設立経緯についてまず分析した(図 56)。

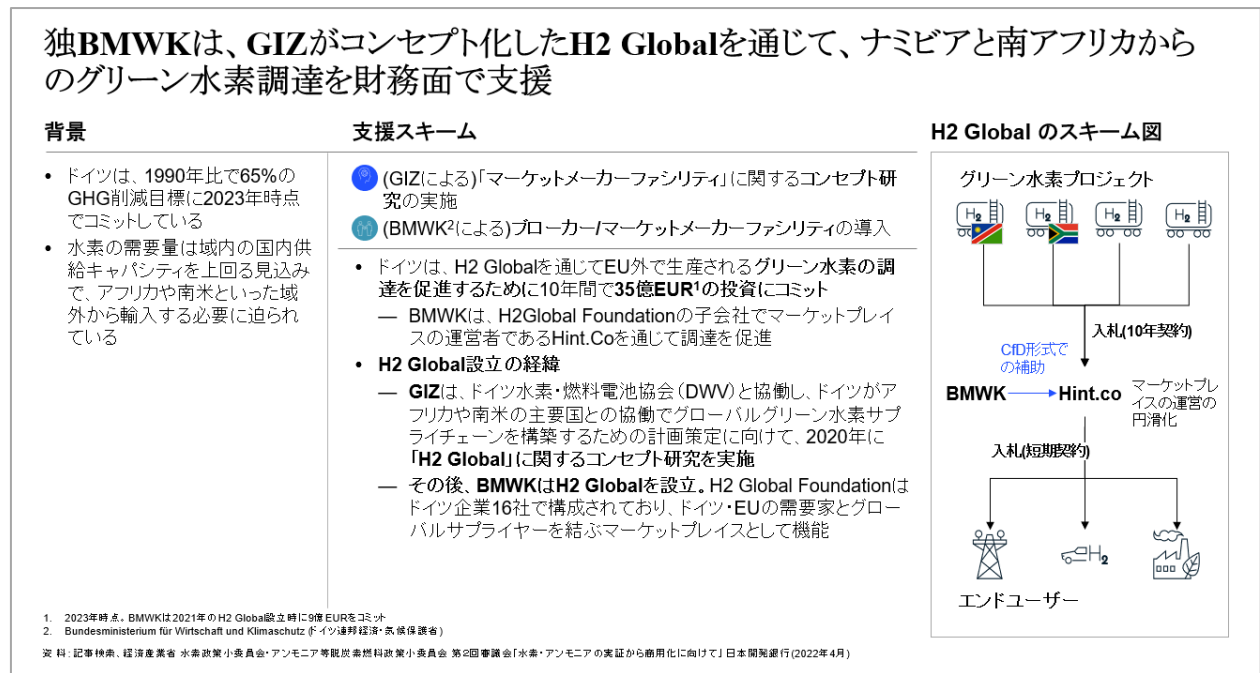


図 56 ドイツによる「H2 グローバル」の概要および設立経緯

H2 Global の概要

H2 Global はドイツが自国の脱炭素目標(2030年までに1990年比で65%削減⁶⁷)達成に向け、EU域外からのグリーン水素調達を推進するために考案されたイニシアティブである。本イニシアティブのもと、EU域外のグリーン水素事業者は水素の輸出版売に向けて中間事業者であるHint.co(Hydrogen Intermediary Network Company)の10年契約の入札案件に応じることができる。対象地域の全容は公開されていないが、主にアフリカ等が想定されており⁶⁸、ナミビアと南アフリカについては想定対象とする旨をドイツ連邦経済・気候保護省(BMWK)が言及している⁶⁹。Hint.coはドイツ企業16社からなるH2 Global財団の子会社という位置づけであり、同財団にはLinde、MAN Energy Solutions、Thyssenkrupp、Siemens Energy、RWE、Daimler Truck、Commerzbank等が参加企業とし

⁶⁷ "Update to the long-term strategy for climate action of the Federal Republic of Germany," UNFCCC, November 2022

⁶⁸ 「水素の需要増加見込むドイツ、サプライチェーン構築に取り組む」、JETRO、2023年7月12日

⁶⁹ "Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action launches first auction procedure for H2Global - €900 million for the purchase of green hydrogen derivatives," BMWK, August 12, 2022

て名を連ねている⁷⁰。ドイツ・EU域内の需要側では、Hint.coは買い手側の短期入札案件を作成し、電力・運輸・不動産・産業等のセクターへのグリーン水素の販売へと繋げている。市場形成期においては購入価格と需要家への再販価格の差額により Hint.co において損失が生じると見込まれているが、2021年、ドイツ連邦経済・気候保護省(BMWK)は9億ユーロの拠出によってこの損失を補填することで同社によるオフテイク契約の成立を可能とし、市場の立ち上がりを下支えすることを発表した。2022年には、BMWKは更に35億ユーロを2023年度に追加計上することを発表している⁷¹。このような取り組みにより、ドイツ政府は現地政府や事業開発者に対してグリーン水素製造・輸出拡大を促している。2023年にはEUも欧州水素銀行という類似イニシアティブを立ち上げ、2024年に初回入札を計画している⁷²。

GIZの役割

2021年のH2 Global立ち上げに関するBMWKの発表およびH2 Global財団の公式発足に先立ち、GIZとドイツ水素・燃料電池協会(DWV)は2020年にH2 Globalの構想検討に係る調査を実施している⁷³。2021年のイニシアティブ発足後は、GIZの主たる役割として開発途上国側におけるグリーン水素プロジェクトの開発支援とH2 Globalへの連携支援を位置づけている。

日本が類似の仕組みを実現し、需要を促進するためにJICAが採りうるアプローチの検討

上述のドイツの先行事例に鑑み、日本が類似の仕組みを実現し、需要を担保するためにJICAが採りうるアプローチを検討した。ここでは二段階に分けた取り組みが有効であるとの仮説に基づいた調査・活動を考案している。

第一段階においては、情報収集・確認調査等のスキームを活用し、日本におけるグリーン水素輸入に係る市場形成のためにはいかなる仕組みが有効であるのかにつき検討を深め、コンセプトを開発することを想定する。この際、アフリカの供給側から日本の需要側への水素バリューチェーン接続の可能性につき、想定量や取引価格も含め、調査を行う。なお、グリーン水素のコスト競争力の分析には本調査で実施した各国のLCOH分析に加え、需要国までの輸送費も考慮する必要がある、それらを含めた総合的な供給ポテンシャル・競争力を評価することを想定している。JICAの想定活動項目には例えば以下が含まれる：

- 各国の供給ポテンシャルの調査・分析：想定されるグリーン水素生産量や希望取引価格の推移につき地域別・エネルギー供給源別にモデリングや評価を行う
- 需要ポテンシャルの調査・分析：セクター別に、需要量や希望取引価格の推移について評価を行う
- 重要ステークホルダーへの聞き取り調査：事業開発者、想定エンドユーザー等に対し聞き取り調査を行い、オフテイク契約の実現に係り鍵となる取引条件について理解を深める
- 市場形成に関するコンセプトのデザイン：オフテイク支援に関する構想を含む、水素市場形成に関するコンセプトを複数設計。実現可能性や効果、必要コストなどを評価する
- 実行計画の策定：コンセプトを固め、実行計画を策定する

⁷⁰ 「水素の調達・輸入を進める「H2グローバル」プロジェクト始動」、JETRO、2022年12月12日

⁷¹ 「水素の調達・輸入を進める「H2グローバル」プロジェクト始動」、JETRO、2022年12月12日

⁷² 「欧州委、グリーン水素生産に補助金提供する欧州水素銀行の第1回競争入札の募集開始」、JETRO、2023年11月27日

⁷³ “Making renewable hydrogen cost-competitive Policy instruments for supporting green H₂,” Agora Energiewende, November 2020

- **重要ステークホルダーの巻き込み**：コンセプトの実現に関し、鍵となるステークホルダー（政府機関・民間セクター）のコミットを得る

上記に加え、需要の更なる確保に向け、他のアジア諸国（韓国など）の政府機関と協働することも、当スキームの実現可能性を高めるうえで適宜検討する。

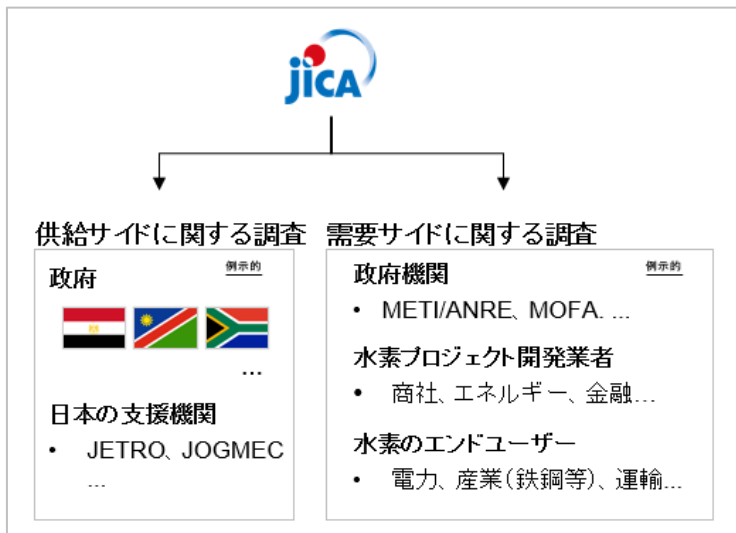


図 57 グリーン水素の供給および需要側に関する調査イメージ

第二段階では、鍵となるプレーヤーに実際に働きかけ第一段階で開発したコンセプト・仕組みの実現を図る。JICA の想定活動項目には例えば以下が含まれる：

- 日本の関連省庁（経済産業省／資源エネルギー庁、外務省等）への働きかけ：調査対象三か国を含む主要なグリーン水素輸出国からの水素調達についてオフテイク契約への支援を含む市場形成支援のコンセプトを提案する。
- 民間セクターへの働きかけ：日本の関連省庁（特に経済産業省／資源エネルギー庁）から協力に関するコミットを得たうえで、水素の円滑な輸入、並びに仲買による入札管理につき、民間セクターとの協働を提案する。
- 必要に応じてコンセプト調査の結果を現地オフィスや需要側の重要ステークホルダーに共有
- アフリカ対象国に対し、グリーン水素プロジェクト開発のための支援を提供

オフテイク契約が保証されていると仮定すると、コンセプト発足後における JICA の主たる役割は、調査対象三か国等における円借款、技術協力、海外投融資などの活用を通じたグリーン水素プロジェクト開発及びその加速化の支援と想定される。また、供給側の情報を統合することによって、関係省庁や水素市場の参加者への情報提供を行うことも重要な役割となることが想定される。

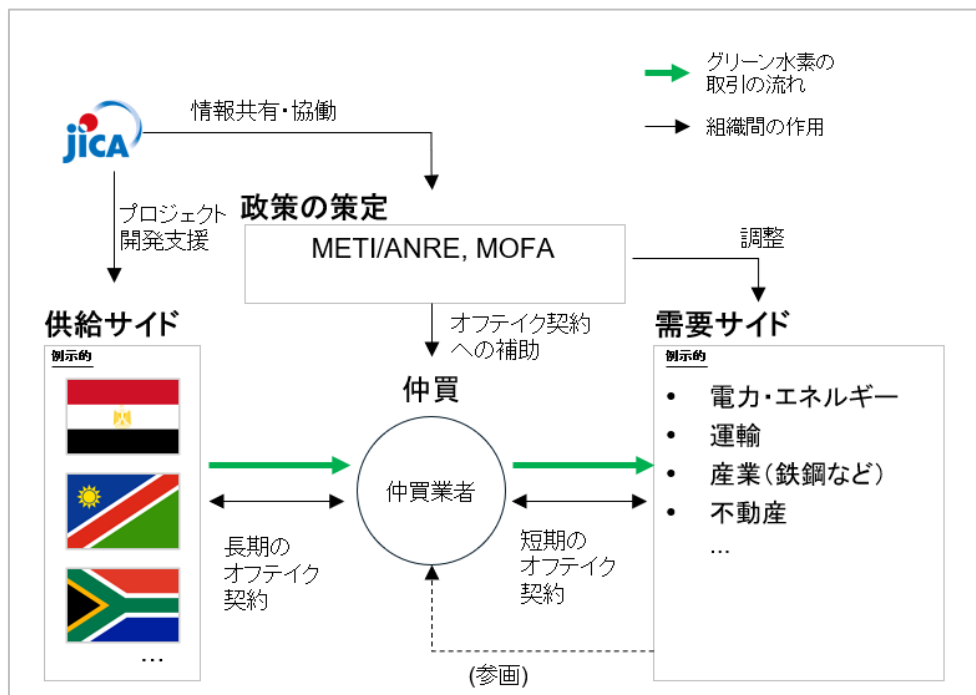


図 58 日本によるグリーン水素調達スキームと想定する主要ステークホルダーのイメージ

第7章 セミナー実施報告

本調査の結果を日本およびアフリカのステークホルダーに共有するとともに、今後の取り組みを見据えてフィードバックを受けるために日本および南アフリカでセミナーを実施した。それぞれ概要は以下の通り。

7.1 日本におけるセミナー開催

2024年2月22日にJICA主催のセミナーを東京で実施した。セミナー会場とオンラインの両方で参加可能なハイブリッド型のセミナーとし、当日はアフリカのグリーン水素・アンモニア事業開発に関係する日本およびアフリカ各国の大使館、政策当局、金融機関、商社、メーカー、コンサルティング会社等から合計約80名が参加した。当日はJICAのアフリカおよびグリーン水素・アンモニア分野のこれまでの取り組みの紹介や本調査結果の概要報告に加え、エジプト・ナミビア・南アフリカの関係当局・事業者を招いたパネルディスカッションを実施した。

本調査結果の概要報告では、セミナー参加者からグリーン水素・アンモニアバリューチェーン開発が実現する時期、供給量の見通しとリスク、日本のステークホルダーに対する期待等の質問がなされ、本分野に関する関心の高さがうかがわれた。

また、パネルディスカッションでは、エジプトからはスエズ運河特別経済区会長のWaleid Gamal El Dien氏、ナミビアからは同国最大のグリーン水素・アンモニア開発プロジェクトに取り組むHyphen Hydrogen Energy社CEOのMarco Raffinetti氏、南アフリカからは大統領府でグリーン水素関連政策を担当するMasopha Moshoeshe氏に参加いただいた。パネリストはまず各国におけるグリーン水素・アンモニア関連政策の状況および所属組織の取り組みを発表した後、アフリカにおけるグリーン水素・アンモニアバリューチェーン開発における課題・解決策について議論した。パネリストから共通して言及されたのは需要側のドライブの重要性であった。アフリカ各国はエネルギーリスク、プロジェクトリスクの観点から資本コストが高くなってしまいう一方、安定的なオフテイクが見込まれることでこうしたリスクを低減できるため、欧州や日本の需要国側のオフテイクのコミット、特にドイツが取り組むような公的な支援に裏付けられたH2Globalのような取り組みが黎明期にあるグリーン水素・アンモニアの開発には不可欠であるとの課題意識であった。また、各国のグリーン水素・アンモニア開発はお互いが競争関係にあるのではなく、各国が欧州・日本等への輸出を拡大することで生産コストが下がり、その恩恵を各国内で受けることができるとの見方も示された。これらの意見を踏まえ、JICAとしても各国におけるLCOHの状況等に注意しつつ、今回取り上げた三か国以外での支援可能性も考慮しながら今後の支援事業についての検討を進めていくことが確認された。

7.2 南アフリカにおけるセミナー開催

2024年3月7日に南アフリカのケープタウンで開催されたAfrica Energy IndabaのサイドイベントであるHydrogen Forumにおいて、JICA主催での基調講演およびパネルディスカッションを実施した。Africa Energy Indabaは南部アフリカ地域のエネルギー関係者が多く参加する国際会議であり、Hydrogen Forumでは特に水素関連の政策関係者、事業者が参加している。本フォーラムにてJICA主

催のセッションを実施することで、本調査結果を踏まえた JICA の今後の取り組みについて現地関係者の理解を促進させるとともに、現地関係者からのフィードバックの獲得、ネットワークの構築を目的とした。当日は南アフリカの関係者を中心に 50 名以上の参加があった。

基調講演では日本におけるセミナーと同様に JICA の事業紹介および本調査結果の概要を発表した。パネルディスカッションでは、エジプトからは Egypt Electric Utility and Consumer Protection Regulatory Agency (E-ERA) の技術・ライセンス関連部門のヘッドである Salma Hussein Osman 氏、ナミビアからは同国最大のグリーン水素・アンモニア開発プロジェクトに取り組む Hyphen Hydrogen Energy 社 CEO の Marco Raffinetti 氏、南アフリカからは大統領府でグリーン水素関連政策を担当する Masopha Moshoeshe 氏、開発金融事業者として KfW IPEX-Bank 社の南部アフリカ地域担当 Vice President である Ryno Verster 氏に参加いただいた。パネリストはまず各国におけるグリーン水素・アンモニア関連政策の状況および所属組織の取り組みを発表した後、アフリカにおけるグリーン水素・アンモニアバリューチェーン開発における課題・解決策について議論した。

パネルディスカッションでは活発な議論がなされ、パネリストたちはアフリカの社会経済開発を推進する水素の大きな可能性に同意する一方、克服すべき現実的な課題についても強調した。具体的には、低コストの資金調達へのアクセスやグリーン水素・アンモニアプロジェクト開発者が適切な枠組み条件を整え、投資を計画・実行できるようにするための民間セクターと公的セクターの効果的な協力、さらにはオフテイク契約の確保などが挙げられた。アフリカおよび世界のためにグリーン水素・アンモニアの約束を実現するにはこれらに更なる大きな後押しが必要であるという点で、全体的な合意が得られた。

添付資料

表 18 開発援助機関によるサポートプロジェクトリスト(非網羅的)

プロジェクト名	国	援助機関	金 額 mn USD	領 域			
				プロジェクトの 事業性の向上	技術者等の 能力開発	必要なインフラ の整備	政府への計画 策定・実行の 支援
Egyptian-German Green Hydrogen Project Partnership	Egypt	BMWK / BMZ	N/A		✓		
Egypt Green Hydrogen SAE	Egypt	EBRD	80	✓		✓	✓
EU-Egypt Renewable Hydrogen Partnership	Egypt	EU		✓	✓	✓	✓
MIGA' s guarantees for Scatec Solar ASA	Egypt	MIGA				✓	
Germany and Namibia' s partnership for green hydrogen	Namibia	BMBF	45	✓	✓	✓	✓
SDG Namibia One	Namibia	CFM/ Invest International	1,000			✓	
Green Hydrogen project in the Namib Desert	Namibia	EU	120		✓		✓
		EIB	548	✓		✓	
Promoting a South African Green Hydrogen Economy (H2.SA)	South Africa	GIZ	12.5	✓	✓		✓
SA-H2 Fund	South Africa	CFM, Invest International, DBSA, IDC and other financiers	N/A			✓	
South African green- hydrogen program	South Africa	KfW	220			✓	
Green Hydrogen Task Force for South Africa and Germany	South Africa	BMWK	N/A	✓	✓	✓	
Norad supports green hydrogen in Africa	Egypt, Tunisia, Morocco, South Africa	Norad	8			✓	
Hydrogen for Development Partnership (H4D)	Global (developing countries)	World Bank	N/A		✓		✓
HyAfrica	Morocco, Mozambique, South Africa, Togo	EU, African Union, BMBF	1		✓		
Implementation of the International Hydrogen Ramp-Up Programme/ H2Uppp	Developing countries	GIZ	N/A				✓
Alcazar Energy Partners II SLP	Developing countries	PROPARCO, IFC, AIIB and others	126	✓		✓	
		EBRD	80				
		EIB	75				
		FMO	30				
		EMCAF	25				
AfDB' s support program for African countries	Africa	AfDB	N/A		✓		✓

プロジェクト名	国	援助機関	金 額 mn USD	領 域			
				プロジェクトの 事業性の向上	技術者等の 能力開発	必要なインフラ の整備	政府への計画 策定・実行の 支援
Africa's Extraordinary Green Hydrogen Potential	Africa	EIB, ISA, AU	N/A	✓			✓
Promoting a JUST transition to GREEN hydrogen in AFRICA	Africa	European Commission	1.1		✓		✓
Green Hydrogen cooperation	Kenya	EIB	1.8	✓			
N/A	Morocco	IRENA	N/A		✓		✓
Morocco, Portugal hydrogen cooperation	Morocco	Ministry of Environment and Energy Transition of Portugal	N/A	✓			
Power-to-X	Morocco	BMZ	N/A	✓	✓		
Morocco, Netherlands hydrogen cooperation	Morocco	Dutch government	N/A	✓			
EBRD and NWM'S technical cooperation	Morocco	EBRD	1.1		✓		

図 59 援助機関や国際開発金融機関による支援策のロングリスト

				JICAのポリシーとの適合性: ● 高 ○ 中 ■ 低(対象外)	
				支援の種類: ● 有償資金協力 ○ 無償資金協力 ● 技術協力 ● パートナシップ	
領域	潜在ニーズ	考えられる支援	JICAのポリシーとの適合性	備考	
グリーン水素プロジェクトの 実行支援	プロジェクトへの財政的支援	● インフラ整備に向けた政府による資金の貸付け	○	円借款供与条件の改定が必要になる可能性がある	
		○ インフラ整備に向けた無償資金協力	○	ナミビアと南アフリカは助成対象とならない ¹⁾	
		● 民間セクター主導のグリーン水素プロジェクトやインフラに低金利融資を実行	○	JICAは、ノンバンクカブル案件に対して資金提供を行えない ²⁾	
		● インフラプロジェクトのFLE(First-loss equity)を保有し、投資を促進	■	JICAはリスクを引き受けることはできない	
		● リスク保険の提供(政治的リスクや為替保険など)	■	JICAはリスクを引き受けることはできない	
	プロジェクトに対する直接的な技術支援	● 実現可能性調査の実施(エンジニアリング、ビジネスケースなど)	●		
		● 環境的・社会的インパクト評価の実施	●		
		● 市場理解の支援(EUなどにおける水素認証制度を含む)	●		
		● 資金調達方法に関する助言(ブレンドファイナンスといった革新的な手段を含む)	●		
		● 技術的な専門知識の提供(様々な種類の電解槽、プラント設計など)	●		
	パートナーシップを通じた民間セクターの参画促進	● プロジェクト開発業者に日本のサプライヤーや技術パートナー候補とのつながりを提供	●		
		● プロジェクト開発業者に候補となる(日本の)顧客とのつながりを提供	●		
		● 数量や価格帯別に潜在顧客やサプライヤー向けの「マーケットプレイス」を構築	■	JICAは事業活動に参画できない	
		● H2Global / EIBと同様のブローカー・マーケットメーカー・ファシリティの導入	■	JICAは事業活動に参画できない	
		● 「マーケットメーカー・ファシリティ」に関するコンセプト研究の実施	●		
	オフテイクへのアクセスの向上	● 供給サイドの「集約者」としてサプライヤーをまとめ、「ブレンド型」のポートフォリオを形成	■	JICAは事業活動に参画できない	
		● 「供給サイドの集約者」に関するコンセプト研究の実施	●		
		● 需要サイドの「集約者」として顧客をまとめ、「ブレンド型」のポートフォリオを形成	■	JICAは事業活動に参画できない	
		● 「需要サイドの集約者」に関するコンセプト研究の実施	●		
		● 「市場理解の支援(EUなどにおける水素認証制度を含む)」	●		
サポート環境の整備	スキル開発支援	● 現地における「ブルーカラー」向け職業訓練プログラムの提供	●	最近では低スキル人材ではなく、高スキル人材向けのトレーニングに重点が置かれている	
		● 現地または日本における高スキル人材向けトレーニングプログラムの提供	●		
		● 日本企業における中途採用者のOJTの推進	■		JICAは日本企業の事業戦略に介入できない
	EPC/サプライヤーエコシステムの構築	● 現地企業と日本企業のEPC/パートナーシップの促進	■		
		● 国内のEPC SMEの成長を支援	■		
	技術の移転	● 専門家の派遣またはプロジェクトプロモーターに日本の業界パートナーなどとのつながりを提供	●		
		● 「市場理解の支援(EUなどにおける水素認証制度を含む)」	●		
		● 「需要サイドの集約者」に関するコンセプト研究の実施	●		
		● 「供給サイドの集約者」に関するコンセプト研究の実施	●		
		● 「市場理解の支援(EUなどにおける水素認証制度を含む)」	●		
必要なインフラの整備	インフラプロジェクトへの財政支援	● インフラ整備に向けた政府による資金の貸付け	○	円借款供与条件の改定が必要になる可能性あり	
		○ インフラ整備に向けた無償資金協力	○	ナミビアと南アフリカは助成対象とならない ¹⁾	
		● インフラプロジェクト開発業者に低金利融資を実行	○	JICAは、ノンバンクカブル案件に対して資金提供を行えない ²⁾	
		● インフラプロジェクトのFLE(First-loss equity)を保有し、投資を促進	■	JICAはリスクを引き受けることはできない	
		● リスク保険の提供(政治的リスクや為替保険など)	■	JICAはリスクを引き受けることはできない	
	プロジェクトに対する直接的な技術支援	● 技術専門家の派遣(技術的実現可能性調査、EIAなど)	●		
		● 革新的な資金調達方法に関する調査の実施(ブレンドファイナンスなど)	●		
		● 調整・計画の役割を担うことによる共通インフラの整備の支援	●		
		● 「市場理解の支援(EUなどにおける水素認証制度を含む)」	●		
		● 「需要サイドの集約者」に関するコンセプト研究の実施	●		
政府への計画の策定・実行の支援	コンセプト研究の実施	● スキルギャップの分析および特定されたギャップを埋めるための主な介入策の策定	●		
		● インフラ地域開発計画の策定	●		
		● 地域開発計画の策定	●		
		● 規制対応度の診断および特定されたギャップを埋めるための支援	●		
		● 主要な公務員の能力構築	●		
	政府機関への専門家派遣	● 政府機関への技術専門家の派遣	●		
		● 「市場理解の支援(EUなどにおける水素認証制度を含む)」	●		
		● 「需要サイドの集約者」に関するコンセプト研究の実施	●		
		● 「供給サイドの集約者」に関するコンセプト研究の実施	●		
		● 「市場理解の支援(EUなどにおける水素認証制度を含む)」	●		

1. ナミビアや南アフリカは国民1人当たりGDPが閾値を超えているため対象とならない。エジプトは例外となる可能性もあるが、通常、無償資金協力の用途は人道的なプロジェクトに限られる
 2. JICAは、現時点でノンバンクカブルとされているグリーン水素プロジェクトに直接資金を供給できない。JICAが、このようなプロジェクトに資金を供給する場合、政府や開発銀行に資金を供給する可能性がある