

# 南アフリカ共和国の 水素市場

日本貿易振興機構(ジェトロ)

ヨハネスブルク事務所・新興国ビジネス開発課

2022年3月



## 免責条項

本報告書で提供している情報は、ご利用される方のご判断・責任においてご使用ください。ジェトロでは、できるだけ正確な情報の提供を心掛けておりますが、本報告書で提供した内容に関連して、ご利用される方が不利益等を被る事態が生じたとしても、ジェトロ及び執筆者は一切の責任を負いかねますので、ご了承ください。

## 本報告書に係る問い合わせ先

日本貿易振興機構（ジェトロ）

ビジネス展開・人材支援部 新興国ビジネス開発課

TEL : 03-3582-5170 / Email : bdebiz@jetro.go.jp

# コンテンツ



1. エグゼクティブ  
サマリー

04



2. 市場の  
概要

11



3. 政策環境

39



4. 南アフリカ共和国  
における国際協力

47



5. 戦略的水素  
プロジェクト

50



6. 日本企業に  
とってのチャンス

55

# 用語と略語

BEV	二次電池式電気自動車
CCS	二酸化炭素回収・貯留
炭素隔離	大気中の二酸化炭素の回収・貯留プロセス
CH <sub>4</sub>	メタン
CO <sub>2</sub>	二酸化炭素
DSI	科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)
DTIC	貿易産業競争省(Department of Trade, Industry and Competition)
FCEV	燃料電池電気自動車
IEA	国際エネルギー機関(International Energy Agency)
IDC	産業開発公社(Industrial Development Corporation)
IDZ	産業開発区
GESI	ジェンダー平等と社会的包摂
H <sub>2</sub>	水素
LCOH	均等化水素原価
LCOE	均等化発電原価
LIB	リチウムイオン電池
LOHC	液体有機水素キャリア
メタン熱分解	メタンを固体二酸化炭素と過酸化水素に分解する化学プロセス
Mt	100万トン
NH <sub>4</sub>	アンモニア
PGM	白金族金属
O <sub>2</sub>	酸素
RDI	研究、開発、イノベーション
REDZ	再生可能エネルギー開発区
SEZ	経済特区
SMR	水蒸気メタン改質
水電解	エネルギーで水(H <sub>2</sub> O)を水素と酸素に分解する化学プロセス



# 1.エグゼクティブ サマリー



# 南アフリカにおける水素開発の道のりと現在の戦略プロジェクト

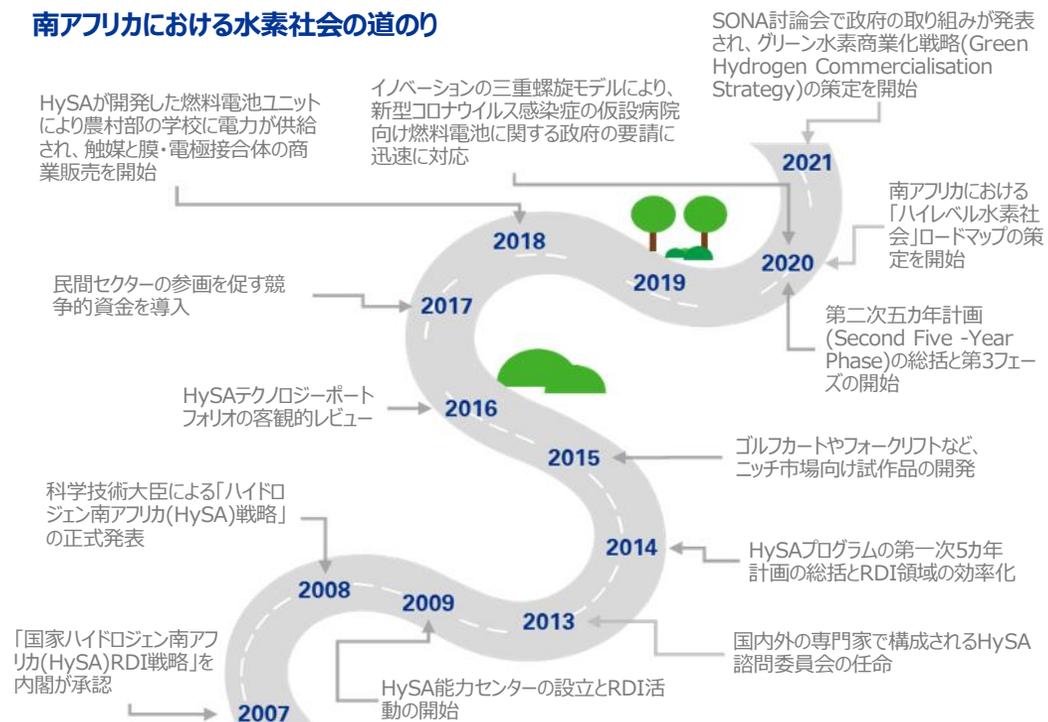


1. エグゼクティブサマリー

## 南アフリカにおける水素の歴史と進行中の主要プロジェクトの概要

### 現在行われている戦略的水素プロジェクトの一例

#### 南アフリカにおける水素社会の道のり



出典:ステークホルダーインタビュー: 科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)

#### 水素バレーのフェージビリティスタディ

科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)は、エンジー(Engie)社、アングロ・アメリカン(Anglo American)社、SANEDI社、バンビリ・エナジー(Bambili Energy)社と共同でフェージビリティスタディを実施し、リンポポ(Limpopo)からダーバン(Durban)に伸びる水素バレーの潜在性を探った。この調査では、潜在的な3つの水素拠点と特定。これらの拠点の中で、移動性、産業、建物の各応用分野で8つの潜在的なパイロットプロジェクトを認識した。

#### ボエゴエバイ(Boegoebaai)水素フェージビリティスタディ

南アフリカ・インフラ投資局(South African Infrastructure and Investment Office)、北ケープ州開発局(Northern Cape Development Agency)、サソール(Sasol)社は、ボエゴエバイ(Boegoebaai)がグリーン水素とアンモニアの輸出拠点となりうる可能性を探るため、フェージビリティスタディに着手。この調査は完了までに2年を要すると予想されており、初期の推定では最大400ktの水素を生成することが可能であるが、そのためには、最大9GWの再生可能エネルギーが必要になるとされている。

#### アングロ・アメリカン(Anglo American)社の燃料電池採掘トラック

アングロ・アメリカン・プラチナ(Anglo American Platinum)社は現在、世界初の水素燃料電池を搭載した採掘トラックを開発中である。このトラックでは現場で太陽光発電を行い、グリーン水素を生成する。このプロジェクトは、エンジー(Engie)社やバンビリ・パワー・システムズ(Ballard Power Systems)社などのパートナー企業と共同で進められている。このプロジェクトは2022年の第1四半期に稼働予定。

#### スプリングス(Springs)燃料電池拠点

このプロジェクトは、現在のパートナーシップと技能能力を足掛かりに、燃料電池の開発・普及を支援することを目的としている。この場所では、既存の水素パイプライン、周辺の製油所、確立された輸送ルートや物流サービス、金属やエンジニアリングのサプライヤーなど、さまざまな供給源から白金族金属へのアクセスが可能となっている。

#### サソール(Sasol)社による水素移動性のエコシステム調査

サソール(Sasol)社はメーカーと提携し、南アフリカにおけるグリーン水素のトラック輸送の可能性を調査・開発している。この計画の一環として、N3(ダーバン[Durban]とヨハネスブルグ[Johannesburg]を結ぶ国道)沿いの貨物輸送回廊があり、トラック車両にグリーン水素を供給することになる。

# 南アフリカ水素社会ロードマップ



1. エグゼクティブ  
サマリー

南アフリカ科学イノベーション省は南アフリカ水素社会ロードマップを2022年2月17日に発表した。本ロードマップは、南アフリカの中にグローバルに競争力のある市場およびグリーンな水素エコミーを発展させるエコシステムに、水素に関連した議論、機会、投資、プロジェクトを統合しようとするものである。

## ロードマップのビジョン

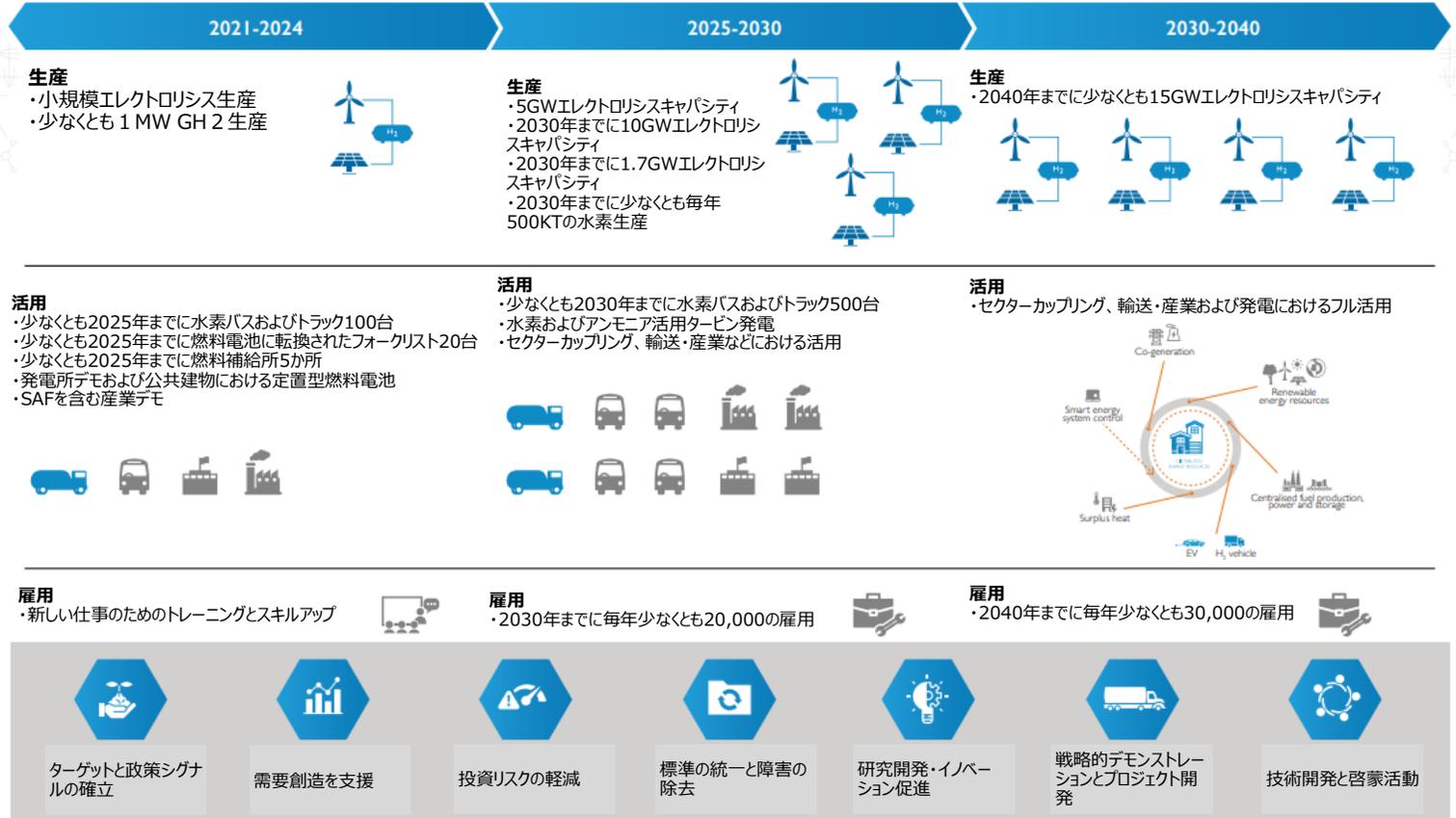
持続可能で包括的、そして競争力のある水素経済を2050年までに創造することを目指す。そして、ネットゼロエコミーを達成する。

## ロードマップの目的

水素関連技術に関するすべてのステークホルダーを連携させ、国の経済のための投資をひきだす利益を生み出すプラットフォームへの共通のビジョンを創造する。

## ロードマップの対象セクター

セクター	担当政府機関
輸送における脱炭素 (高重量トラック, 船輸, 空輸, 鉄道)	運輸省
エネルギー集約的産業における脱炭素化 (鉄, 鉄鋼, 化学, 鋳業, リファイナリー, セメント)	貿易産業競争省
グリーン水素およびアンモニアの輸出市場の創造	貿易産業競争省
グリーンおよび強化電力セクター	鉱物・資源・エネルギー省
製造業における水素製品および部材	科学・イノベーション省
グレイ水素からブルー、そしてグリーン水素への転換	大統領府



水素社会ロードマップはこちら: [Hydrogen society roadmap for South Africa 2021 \(dst.gov.za\)](https://dst.gov.za/hydrogen-society-roadmap)

出典: 科学・イノベーション省

# 南アフリカの主な利点と課題



1. エグゼクティブ  
サマリー

南アフリカは、水素経済を確立する上で競争優位性を数多く有しているが、この計画を達成するためには、重要な課題にも取り組む必要がある。

## 主な利点

### 優れた再生可能エネルギー資源

- 南アフリカは質の高い再生可能エネルギーの潜在性を秘めており、風力や太陽光の資源は世界トップクラスと考えられている。再生可能エネルギーのコストがグリーン水素のコストを決定する主要な要因の一つであることを考えると、南アフリカは魅力的な水素生産地と言える。
- 現在の予測では、南アフリカは主要な購入国への有望な輸出国となる可能性があり、EUは南アフリカの水素を早期に採用する可能性があると考えられている。

### 南アフリカの白金族金属(PGM)の埋蔵量

- 燃料電池と電解槽における最高の触媒には白金族金属(PGM)が必要となるが、南アフリカのPGM探掘量は豊富である(世界の埋蔵量の70~80%を占める)。南アフリカは、水素電解槽や燃料電池の製造に使用されるPGM製品の輸出でトップに立つことや、この分野の部品製造国になることも可能。

### インフラを支える広大な土地

- 広大な未利用地と南アフリカの給水設備は、グリーン水素のインフラをサポートする上で十分以上であると考えられている。
- 南アフリカの再生可能エネルギー開発区は545万ヘクタールの面積を有し、仮に1,000万トンのグリーン水素を製造するために100万ヘクタールの土地が必要となる場合、これは南アフリカの土地の1%、REDZ(再生可能エネルギー開発区)の20%に過ぎない。

### 製造を支える専門知識や技術の存在

- 南アフリカは、フィッシャー・トロプシュ技術(グリーンジェット燃料の製造に不可欠な技術)に関する専門知識や既存の資産を有している。この専門知識は、大規模なグリーン水素製造を実現する上で非常に重要となる。
- これにより、南アフリカは先行者利益を獲得し、世界規模の需要に対応したグリーン水素の現地製造が可能となる。

## 主な課題

### 政府の厳しい財政状況

- 南アフリカは発展途上国であるため、大きな社会的ニーズや格差問題を抱えており、喫緊の経済対策を必要としている。さらに、長年にわたって経済成長が鈍化し、それが新型コロナウイルス感染症のパンデミックによってさらに悪化したことで、国の財政はさらに弱体化。そのため、政府には、先進国のようなレベルのインセンティブを提供できる巨額のインフラ支出能力や財政的余裕がない。

### 今後の政策展開

- 南アフリカには現在、水素に関して確実性のある承認済みの政策は存在しない。しかし、政府は水素を今後の重要な投資対象としており、その一環として水素関連の政策や戦略に積極的に取り組んでいる。

### 不安定な電力供給

- 電気分解で1トンの水素を製造するためには、50~55MWhの電力が必要となる。南アフリカが有する再生可能エネルギーの潜在性は大きいものの、現在、エネルギーに関する大きな課題に直面しており、これを解決するためには、能力をさらに開発し、水素製造を実現する必要がある。

### 水素製造と流通インフラ

- クリーンな水素製造と流通をサポートする既存のインフラが不足しており、南アフリカのほとんどの地域では、水素製造と流通のための十分なインフラが整備されていない。

# 現地コスト予測と潜在的な輸出市場



1. エグゼクティブ  
サマリー

## 南アフリカの推定水素製造コスト

南アフリカ・インフラ局(Infrastructure Office, South Africa)による2021年7月の最新の発表では、水素の商業化に向けた潜在的なアプローチが確認された。その一環として、以下のような水素製造の価格試算を実施。

製造種別の水素コスト開発			
種類	価格 - 現在 (水素 米ドル/Kg)	価格 - 2030年	価格 - 2050年
グレー (水素を1Kg製造するごとに9.2Kgの炭素を排出)	1.0 - 2.2	1.2 - 2.3	1.5 - 2.4
ブルー (排出量の90%を補足)	1.6 - 3.0	1.5 - 2.8	1.5 - 2.7
グリーン (炭素排出量ゼロ)	2.3 - 3.8	1.4 - 1.8	0.7 - 0.9
再生可能な均等化発電原価 (LCOE) (米ドル/MWh)	30 - 45	18 - 26	14 - 18

表2: 各種水素の現在コストと予想コスト(出典:南アフリカ・インフラ局[Infrastructure Office, South Africa])

南アフリカの再生可能エネルギーの潜在性とその分野の主要国となる可能性を鑑みれば、南アフリカには再生可能エネルギー開発のコストを削減する能力がある。しかし、グリーン水素の開発に関して言えば、南アフリカは初期段階では競争力のあるレベルに達しないと考えられる。IHSマークイット(IHS Markit)社の分析によると、再生可能エネルギーを電解槽に供給する系統統合が行われれば、コストは大幅に改善されると見られる。

出典: IHSマークイット(IHS Markit)社によるステークホルダーインタビュー

## 南アフリカにおける水素の潜在的な輸出市場

### 欧州連合

IHSマークイット(IHS Markit)社による近年の調査では、南アフリカで製造されたグリーン水素をオランダ(EUへの流通のための主要な供給拠点)に輸出した場合の推定コスト競争力を評価。左の図17に示すように、南アフリカは2040年までに、EU向けグリーン水素(アンモニアをキャリアとする)について、競争力のある輸出国になれると思われる。IHSマークイット(IHS Markit)社の試算では、南アフリカは港湾への供給コストを3ドル/kg以下に抑えることができ、オーストラリア、チリ、アラブ首長国連邦、サウジアラビアなど、水素製造に力を入れている他の国々よりも低コスト化を実現できると見込まれている。グリーン水素の初期需要の大部分がEUであると予想されることから、南アフリカはこの地域へのグリーン水素の輸出国として有望である。

### 日本

IHSマークイット(IHS Markit)社の調査では、ブルー水素を日本に輸送する際のコスト競争力についても評価している。この場合、南アフリカのアジア向けブルー水素は、オーストラリアやカタールなどから輸出されるものよりも競争力が低い。これは、南アフリカと日本の距離が長いことが大きな要因である。他の地域に比べればまだ競争力はあるが、東アジアの国々にとっては第一候補とはならないだろう。

# 南アフリカにおける水素バリューチェーンの概要



サプライチェーン	製造			加工				
技術	グレー水素	ブルー水素	グリーン水素	アンモニア	LOHC	液化水素		
現在の状況	実質的には、南アフリカの水素のほとんどすべてが、グレー水素として製造されている。また、現在の水素のほとんどは、サソール(Sasol)社が社内の精製プロセス用として製造している。	炭素を回収・利用するためのインフラが十分に整備されていないため、南アフリカの水素製造の主要な部分ではない。	政府はグリーンプロジェクトへの出資に力を入れている。南アフリカ市場の大手企業はグリーン水素製造プロジェクトを検討しており、最大のフィージビリティスタディをボホバハイ(Boegoebaai)で実施すると発表していることから、同地区は9GWを生成する電解槽の工業団地となる可能性がある。	アンモニアは、サソール(Sasol)社のセクンダ(Secunda)工場とサソールバーグ(Sasolburg)工場で製造されている。  ガス液から抽出されるアンモニアは高純度であるため、南アフリカのさまざまな産業で使用できるほど汎用性が高い。	水素を貯蔵・輸送し得る方法として、液体有機水素キャリア(LOHC)がある。  またHySAIは、LOHCの安全性の実証に成功。	エア・リキード(Air Liquide)社とエア・プロダクツ(Air Products)社は、貯蔵・輸送用の液化水素の製造技術を有する。		
サプライチェーン	輸送・貯蔵				最終用途			
技術	鉄道	チューブトレーラー	パイプライン	船舶	輸送	電力	産業	輸出
現在の状況	既存の鉄道インフラを水素輸送に活用できる可能性がある。	加圧水素は、ガスチューブトレーラーのトラックで輸送することが可能。既存の水素流通業者がこのような車両を使用し、現行需要に対応。	エア・プロダクツ(Air Products)社は、ハウテン州(Gauteng)の工業地帯に300kmのパイプラインを敷設。同社はこのパイプラインを利用して、サソール(Sasol)社が製造した水素を顧客に供給している。	南アフリカには世界有数の規模を誇る港があり、世界で最も交通量の多い航路の一つに位置。現時点で、南アフリカではグリーンな船舶用燃料は提供されていないが、水素の補給サービスを提供できる可能性のある港が複数存在する。	南アフリカにおけるパイロットプロジェクトの一環として、燃料電池で駆動するバス、フォークリフト、スクーター、地下鉱山用車両などが製造されている。	水素ベースの燃料電池は、軍病院や診療所(1か所)、地域の学校、南アフリカ鉱物評議会(Mineral Councils South Africa)への電力供給に使用されている。	サソール(Sasol)社は、グリーン燃料の製造を検討中。同社は、グリーンスチールやグリーンケミカルの製造に関する議論や取り組みも行っている。	現在、南アフリカの水素製品は国内で使用されているが、さまざまな開発を通して、グリーン水素の輸出国になることを目指している。

# 南アフリカの水素エコシステムにおける 主要なステークホルダー



1. エグゼクティブ  
サマリー

## 南アフリカの水素エコシステムにおける主要プレイヤーの一例

### ● 政府の主要なステークホルダー

#### 中央政府

- **大統領府(The Presidency)** : 大統領府(The Presidency)は、インフラ・投資局(South African Infrastructure and Investment Office)を通じて、水素を南アフリカの主要な新産業分野として位置づけている。
- **科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)** : 南アフリカの水素研究プログラムとハイドロジェン南アフリカ(HySA)の管理者および資金提供者。水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)の策定を主導。
- **貿易産業競争省(Department of Trade, Industry and Competition)** : 水素の商業化と、それを活用した経済成長や雇用創出の方法を模索。商用化の取り組みを支援するため、グリーン水素討論会を設置。
- **鉱物資源エネルギー省(Department of Mineral Resources and Energy)** : 国内のエネルギー計画に関するすべての国家エネルギー政策を管理。国家エネルギー計画には水素は明記されていないが、今後の計画に盛り込むことが期待されている。

#### 州政府

南アフリカには9つの州政府があり、水素関連の取り組みの段階がそれぞれ異なる。北ケープ州(Northern Cape)とハウテン州(Gauteng)の2州が、現段階で水素への取り組みについて最も多くの情報を発信している。

#### 地方自治体

地方自治体は、基本的なインフラやサービスを地域レベルで提供する自治体や都市で構成。大都市の場合は、電力供給に加え、交通サービスなどの基幹サービスの提供が含まれる。その一環として、ケープタウン(Cape Town)、ヨハネスブルグ(Johannesburg)、ダーバン(Durban)の各都市は気候変動対策に取り組んでおり、目的達成のため、水素の利用に関心を示している。

### ● ハイドロジェン南アフリカ(HySA)

HySAプログラムは2007年に設立され、主に白金族金属を用いた水素経済の機会と利益の確保に取り組んでいる。科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)は、HySAプログラムを通じて、水素や燃料電池部品の製造、貯蔵、流通に関する非常に多くの研究開発を支援。現地の民間セクターや外国政府、学術機関、民間セクターと連携している主要な研究機関に、3つのHySA能力センターを設立。HySAは重要な見識や研究成果を提供し、南アフリカにおける水素エコシステムの発展を支援し続けている。

### ● 民間セクターのステークホルダー

南アフリカの水素市場では、先発者として業界をリードする企業が数多く存在する。主なプレイヤーは以下の通り。

- **サソール(Sasol)社** : 南アフリカの石油・ガス・化学の多国籍企業で、現在、国内のグレー水素の95%以上を製造。本報告書で取り上げているさまざまな連携関係やプロジェクトに参加しており、水素分野の主導的存在となっている。
- **アングロ・アメリカン(Anglo American)社** : アングロ・アメリカン・プラチナ(Anglo American Platinum)社は水素協議会(Hydrogen Council)の設立メンバーとして、世界の水素経済に貢献。同社は現在、南アフリカで初となる水素燃料電池採掘トラックを開発中。
- **エア・プロダクツ(Air Products)社** : 水素輸送のインフラと技術を有するガス企業。同社は、国内唯一の水素専用パイプラインを所有・運営しており、サソール(Sasol)社とバル(Vaal)地域の産業界の顧客を結んでいる。
- **バンビリ・エナジー(Bambili Energy)社** : 南アフリカの水素経済界で活躍する現地の先導的な中小企業。ダーバン(Durban)には燃料電池の組立工場を保有。

# 水素に関する政策と規制の環境



1. エグゼクティブ  
サマリー

## 関連するエネルギー政策と規制

### 統合資源計画(Integrated Resource Plan)

南アフリカのエネルギー構成と電力インフラ計画をまとめた指針的なエネルギー政策。最新版は2019年に発表された。そこでは水素については明確に言及していないが、実行可能な貯蔵ソリューションを有する再生可能エネルギーの必要性に言及している。更新版は2022年に発表予定。

### 気候変動法案(Climate Change Bill)

気候変動法案(Climate Change Bill)は最近閣議決定され、国会に提出される予定。この法案が可決されれば、国の気候変動対策が法制化され、すべての政府機関が気候変動に協調して対応するための基盤が確立される。

### 南アフリカ再生可能エネルギー基本計画(South African Renewable Energy Masterplan)

貿易産業競争省(Department of Trade, Industry and Competition)は、南アフリカ再生可能エネルギー基本計画(South African Renewable Energy Masterplan)を策定中。これは再生可能エネルギー分野の産業計画であり、再生可能エネルギー分野のビジョンを定めるもので、水素は再生可能エネルギー産業の重要な要素として見なされている。

### 水素規制の枠組み(Hydrogen Regulatory Framework)

ガス法の対象には水素も含まれるため、その流通も基本的に同法の対象。国家エネルギー法や労働安全衛生法などの法律は特に水素を対象とはしていないが、検討することが重要である。水素については、特に安全性の面で、さらなる規制の明確化が必要。

## 水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)

科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)は、南アフリカの水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)を策定するための共同プロセスを主導している。他国と同様、このロードマップは、南アフリカにおける水素エコシステムの発展のためのビジョン、野望、指針的目標を定めている。このロードマップの主な内容は以下の通り。

### 水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)の鍵となるテーマ

- 南アフリカは、水素経済をもたらす機会を活用し、ポストコロナ経済の回復プランに貢献する可能性がある。
- 水素は、持続可能な投資のための目的地としての南アフリカの地位を確立することの一助となる可能性がある。
- 南アフリカは、HySAプログラムから勢いを得て、グリーン水素とアンモニアに関してグローバルプレイヤーとしての地位獲得を達成すべきである。
- 水素社会においてより勢いをもたらすような政府、民間セクター、そして市民社会の関係性の強化が、より実効可能性の高い政策環境にとって重要である。
- 南アフリカの水素についての野心を実現するにあたり、国益を守ることが重要な一方で、国際的なパートナーは不可欠であり、より強化されなくてはならない。

## 経済特区

南アフリカ政府は経済特区(SEZ)を設け、地元産業の発展を促進している。SEZとは、南アフリカ国内の指定された地理的場所で、対象となる経済活動のために設けられた地区を指す。SEZは、国内の他の地域で適用されているものとは異なる法律、資金、制度によって支えられており、水素プロジェクトに活用可能。すでに水素関連の投資を行っている、あるいは水素関連の活動に関心を示している具体的な経済特区としては、コガ開発公社(Coega Development Corporation)、デュベ・トレードポート(Dube TradePort)社、バル(Vaal)経済特区、O.R.タンボ(Tambo)経済特区などが挙げられる。また北ケープ州(Northern Cape)政府は、輸出用のグリーン水素製造に特化した新しい経済特区の開発をボホバヤイ(Boegoebaai)地区で計画中。

## 2.市場の概要



2.1

# 市場の概要- 水素の紹介



# 水素の紹介



2.市場の概要

## 水素とは？

水素とは...

- 周期表で最も軽い元素
- 地球上で最も豊富な元素の一つ
- 無色、無臭で非腐食性の元素。

水素は炭素と結合してさまざまな化合物を形成し、天然ガス、石油、石炭、石油などに含まれる。

また、太陽光や風力などの再生可能でクリーンなエネルギーを利用して、水から水素を製造することもできる。

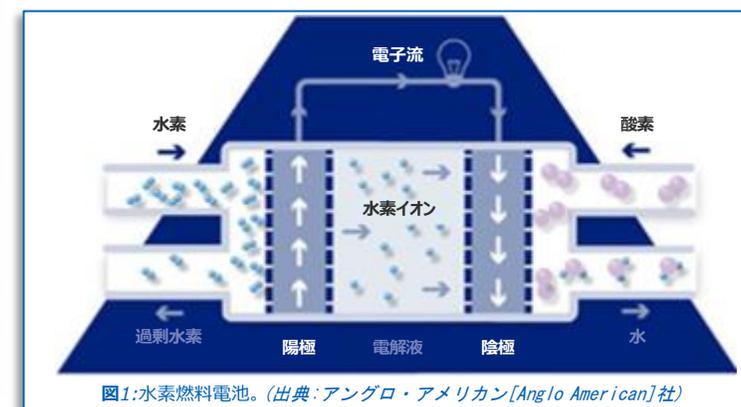
単位重量あたりのエネルギー含有量が非常に高く、エネルギー源としての有用性が高い。

水素は、ディーゼルや石油のような二酸化炭素を大量に排出するエネルギー源の代わりとなる燃料電池システムの稼働にも使用可能。

水素を駆動源とする燃料電池は、水素と酸素を水に変えることで、化学エネルギーを電気エネルギーに変換。

燃料電池では、水素が陽極に、酸素が陰極に入る。アノード触媒には白金が使われることが多い。白金触媒は、燃料電池に入ってきた水素を陽子(H<sup>+</sup>)と電子(e<sup>-</sup>)に分離。陽子は電解質膜を通して陰極に向かって移動する。ここで、電子は電気回路に流れ、電流を発生させる。電子は陰極に向かって移動し、酸素と陽子が結合して水を形成する。この化学反応の副産物として、水と熱がある。

## 水素のバリューチェーン



出典:アングロ・アメリカン(Anglo American)社、欧州水素燃料電池協会(Hydrogen Europe)、米国エネルギー情報局(US Energy Information Administration)、CEA

# 水素の供給源の違い



## 水素製造のカテゴリー

水素は、その製造方法や副産物によって、さまざまなグループに分類することができる。クリーン水素の研究と投資が進むにつれ、より多くの種類の水素が特定されるようになっている(ターコイズ水素やピンク水素など)。本報告書の目的と、水素製造の大きな特徴を理解するために、3つの主要なカテゴリーを以下に概説する。

### グレー／ブラック

- 石炭(石炭ガス化の利用)や天然ガス(水蒸気メタン改質[SMR]の利用)などの炭化水素を原料とする
- 炭素集約的で炭素排出量が多い
- 最小限のコスト
- 現在の世界の水素製造量の約96%がグレー／ブラック

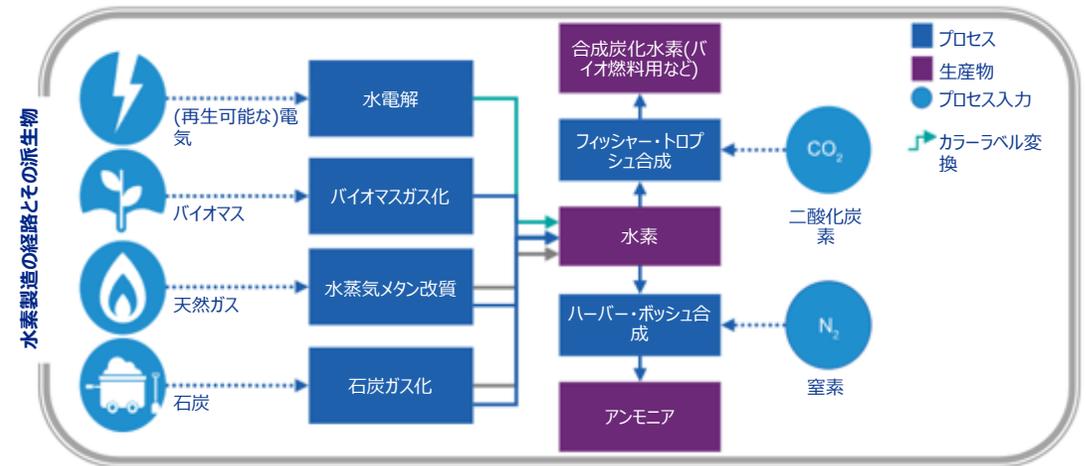
### ブルー

- グレー水素の副産物として、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を排出。ブルー水素製造では、この二酸化炭素を二酸化炭素回収・貯留(CCS)で隔離する。
- 発生する炭素の80~90%を回収するため、炭素集約度が低い
- 高価
- ターコイズ水素はメタンの熱分解による副産物で、二酸化炭素とメタン(CH<sub>4</sub>)が発生するため、ブルー水素よりも炭素集約度が高い。
- 製造では、炭素回収貯留(CCS)、蒸気メタン改質(SSMR)、石炭ガス化が行われる。

### グリーン

- 再生可能エネルギーによる水電解で製造
- 副産物が水と酸素であるため、ゼロエミッション(炭素集約的でない)
- 高価

## 水素製造の経路



出典:世界エネルギー会議(World Energy Council)、ナショナル・ビジネス・イニシアチブ(National Business Initiative)

# クリーンなエネルギーキャリアである水素



2.市場の概要

水素は、再生不可能なエネルギー源に代わる重要な選択肢の一つとして、注目が高まっている。なぜ水素が魅力的な選択肢なのか？



2015年に気候変動に関するパリ協定が締結され、気候変動に関する公約が増えて以来、世界のエネルギーシステムが大きく変革している。この変革には、クリーンエネルギーへの複数の経路が必要となるが、この変革により、水素がネットゼロ世界への国際的な道のりの中で重要な役割を果たしている。

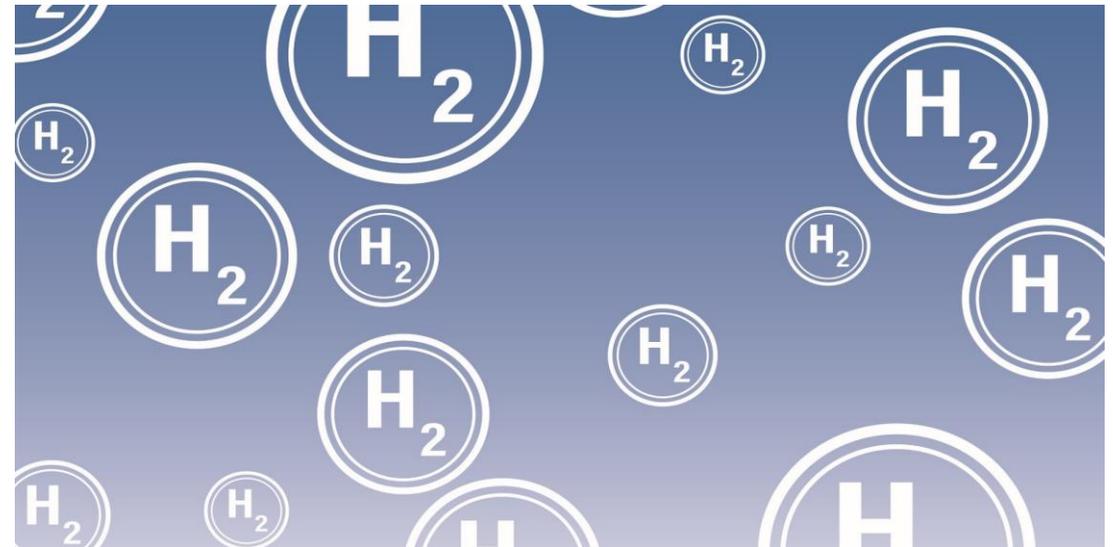
水素は、エネルギー関連の重要課題を解決する上で有用である。水素は、大型輸送システム、化学製品製造、鉄鋼製造、発電など、エネルギー集約型で軽減困難な分野の代替手段を実現するものとなっている。

副産物は水であり、クリーンなエネルギー源である。

- 例えば、1キログラムの水素を燃焼させると、1キログラムのガソリンに比べて3倍のエネルギーが放出され、水だけが生成される。
- また、水素はさまざまな再生可能な資源(天然ガス、風力、太陽光など)から生成することができる。
- 燃料電池は、水素と酸素を酸化還元反応によってエネルギーに変換し、廃棄物は水となる。

現在、世界の水素製造量のうち、水電解によるものは1%にも満たない。しかし、再生可能エネルギーの生産コストの低下に伴い、電解水素への関心が高まっている。

膨大な量の再生可能エネルギーを蓄えることができる素晴らしい能力を持つ水素は、産業界における脱炭素化が世界的に急務となっていることから、その期待が高まっている。



水素にはさまざまな特性があるため、産業界によっては魅力的である。

- また反応性が高いため、他のさまざまな元素との相性がよく、化学業界では有益な元素でもある。
- 大規模製造も容易に可能。
- 単位質量あたりのエネルギー含有量が高い。
- 汎用性が高く、ほとんど排出物を出さずに製造できるため、分野を超えたサプライチェーンの脱炭素化の方法を検討する際に、魅力的な選択肢となっている。

# 水素の応用



2.市場の概要

## さまざまな分野における水素の応用

毎年、世界で約1億2千万トンの水素が製造されている。水素を製造するためのエネルギー需要は年々増加しており、2050年には1日あたり21,000テラワット時に達すると予想されている。また、世界の水素市場は、2017年に1,290億米ドルであったが、2023年には1,830億米ドルに達すると予測されている。

### 水素はさまざまな産業に利用可能

### スケジュール(予想)

製造された水素の80%は、現在、アンモニア産業や石油化学の精製生産に使用されている。次にメタノールと鉄鋼の製造となっている。しかし、急速に進む脱炭素化の必要性から、さまざまな産業分野で他の形態の水素製造の利用が模索されている。

#### 化学物質・プロセス

- 地方単位のCO<sub>2</sub>改善
- 化学原料
- メタノール
- 肥料
- 脱硫
- 鉄鋼生産

既存の応用

#### 航空・海運

- 沿岸・河川船舶
- ローカルフェリー
- 長中短距離の航空路線
- 船舶

2030~2035年

#### 電力システムと熱

- クリーンなパワーポート
- 小規模発電網
- バックアップ電源
- 商用暖房
- 工業用暖房
- 低温工業用熱
- 住宅暖房

2030~2035年

#### 陸上輸送

- 大型トラック
- バス
- 電車
- フォークリフト
- 地域トラック
- 鉱山・建設用大型車

2030年

- 輸送** - よりクリーンなエネルギーの選択肢が限られている海運や航空産業にとって、水素は有望な選択肢である。トラックの場合は、水素の配送価格を下げるのが優先されるが、これは、二酸化炭素を大量に消費する自動車の動力源として水素をどのように使用できるかについて、研究と応用事例を積み重ねることで実現できる。グリーン水素は、大型トラックやバス、内陸水路の貨物輸送に応用できる可能性がある。
- 産業とインフラ** - 水素は、鉄鋼、メタノール、アンモニアの製造など、エネルギー集約型の産業で広く利用されている。また、これらのプロセスに必要なエネルギーの大部分は、ボイラー、蒸気発生器、炉の稼働用として使用されているが、これらはすべて炭素集約度が高い。クリーンな方法で水素を製造すれば、これらの産業の脱炭素化に大きく貢献することができる。また、グリーン水素を開発することで、港湾インフラ、ガス製造、ガスパイプラインのインフラでも大きな役割を果たすことも可能。
- 発電** - 水素は、再生可能エネルギーを大量に貯蔵したり、ガスタービンに使用することで電力システムの柔軟性を高めることもできる。
- ビル・家庭用** - 商業ビルの天然ガスネットワークには水素が使用されている。これにより、据置き型の水素燃料電池を直接使用できるようになる。また、英国や欧州など、ガスネットワークが整備されている地域では、家庭用の水素専用システムなども検討されている。

出典: グローバル・ハイドロジェン・ネットワーク、欧州水素燃料電池協会 (Hydrogen Europe)、水素協議会 (Hydrogen Council)

2.2

# 市場の概要 - 世界の水素事情



# 世界の水素事情



2.市場の概要

## 世界の水素需要予測の概要

### 2050年までにネットゼロの世界を実現するためには、水素の大幅な増加が重要な要件

南アフリカの水素経済の成長の潜在性は、輸出の可能性に大きく依存しているため、世界の水素事情を調査することが重要となる。国際エネルギー機関(International Energy Agency)は、2つのシナリオに基づいて世界の水素需要を予測した(次のグラフを参照)。公表政策シナリオでは、世界の需要は2020年の年間9,000万トンから2050年には年間2億5,000万トンに増加すると予測されている。しかしIEAの調査によると、ネットゼロの炭素排出という世界的な目標を2050年までに達成するためには、世界の水素市場を大幅に拡大する必要がある。下の2つ目のグラフと表の通り、水素の総製造量は、今後10年間で144%、2050年には5倍以上の増加、すなわち年間最大5億2,800万トンに達する必要がある。IEAは低炭素水素について、2030年までに16倍に増加させ、2050年には水素の総製造量の98%を占めるようにする必要があるとしている。この予測される急激な成長は、クリーンな水素を製造する能力と資源を持つ国に大きなチャンスをもたらすと考えられる。

### 国際エネルギー機関(International Energy Agency)による世界の水素需要予測シナリオ

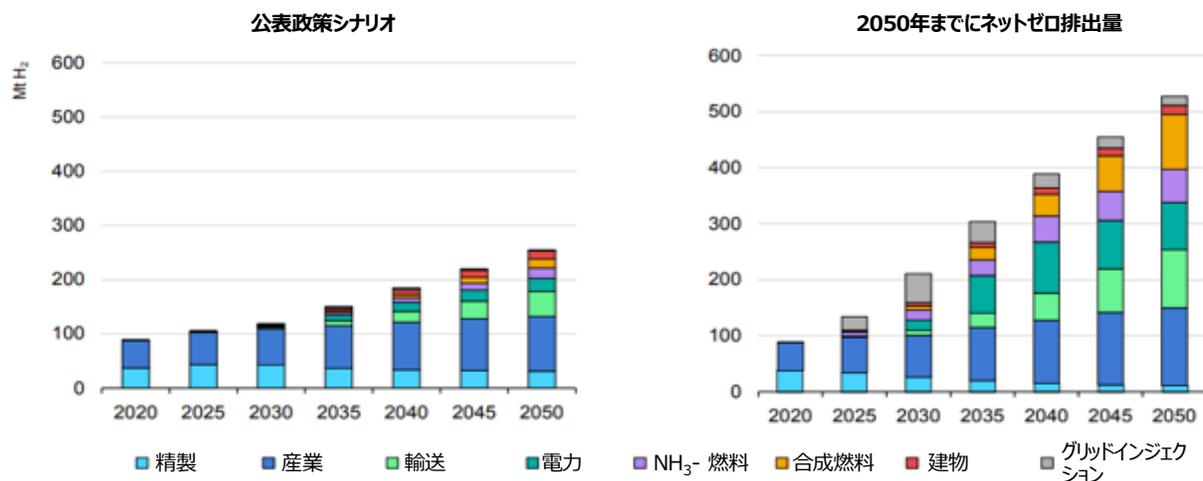


図2:2020~2050年の公表政策シナリオとネットゼロ排出量シナリオにおけるセクター別水素需要 (出典:国際エネルギー機関)

### 国際エネルギー機関(International Energy Agency)による世界の水素需要予測 - 2050年ネットゼロシナリオ

セクター	2020年	2030年	2050年
<b>水素系燃料の総製造量(100万トン)</b>	<b>87</b>	<b>212</b>	<b>528</b>
炭素が出る水素製造	78	62	8
低炭素水素製造	9	150	520
CCUS化石系(ブルー水素)のシェア率	95%	46%	38%
電解系(グリーン水素)のシェア率	5%	54%	62%
<b>水素系燃料の総消費量(100万トン)</b>	<b>87</b>	<b>212</b>	<b>528</b>
<b>電気</b>	<b>0</b>	<b>52</b>	<b>102</b>
水素系	0	43	88
アンモニア系	0	8	13
<b>精製所</b>	<b>36</b>	<b>25</b>	<b>8</b>
<b>建物と農業</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>23</b>
<b>輸送</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>207</b>
水素系	0	11	106
アンモニア系	0	8	44
合成燃料系	0	5	56
<b>産業</b>	<b>51</b>	<b>93</b>	<b>187</b>

表1:IEAによる世界の水素製造量と消費量の予測 (出典:国際エネルギー機関[International Energy Agency])

出典:国際エネルギー機関(International Energy Agency)

# 世界の水素事情(続き)



2.市場の概要

## 発表された世界のグリーン水素プロジェクトの概観

2030年までに1,100万トン以上のグリーン水素製造能力がすでに発表されており、2020年12月から2021年7月までに発表された能力が64%増加。この能力の約70%は再生可能エネルギーで、残りの30%は低炭素で生産される。

2021年7月時点で、水素協議会(Hydrogen Council)が特定している大規模水素プロジェクトは359件で、そのうち30件弱がギガワット級の規模となっている。

2017年に設立された世界的な**水素協議会(Hydrogen Council)**は、123のエネルギー企業や事業会社で構成。南アフリカの観点から、サソール(Sasol)社も最近メンバーに加わり、水素ビジネスの拡大に意欲を見せている。

2030年までに400億ドル以上の水素応用への直接投資が、産業用原料、輸送、電力、暖房などの分野で発表された。

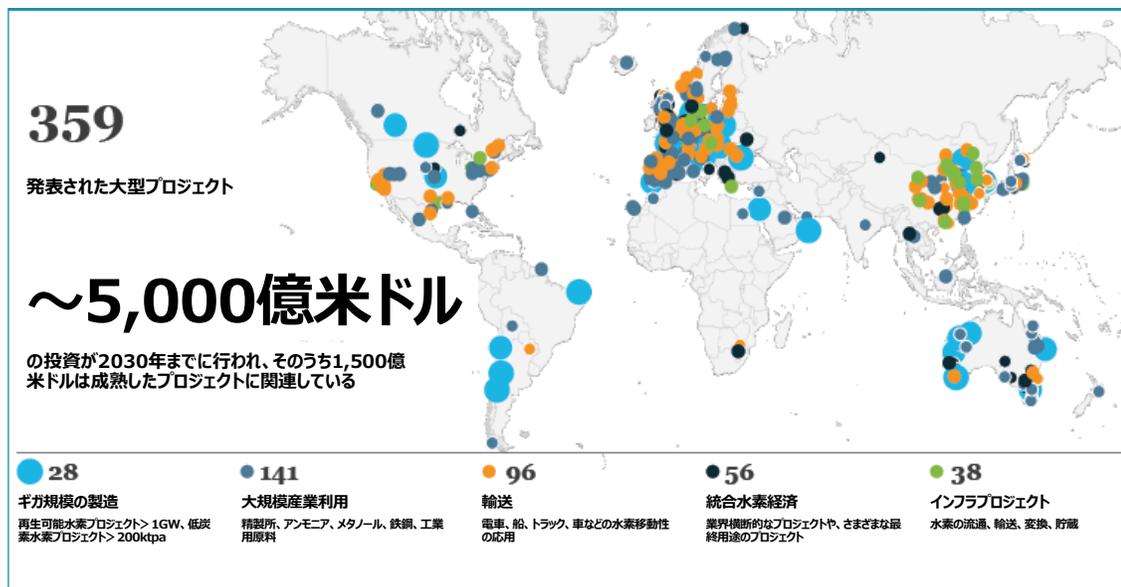
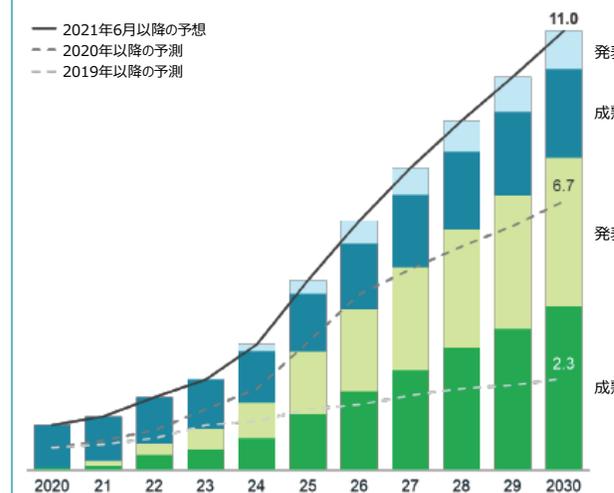


図3:世界各地で発表されたグリーン水素プロジェクト。(出典:水素協議会[Hydrogen Council])

出典:水素協議会(Hydrogen Council)

## 累積製造能力, 年間100万トン

— 2021年6月以降の予想  
- - 2020年以降の予測  
- - 2019年以降の予測



**>60%**  
過去5ヶ月間に発表された製造能力の増加

**69GW**  
2030年までのクリーンな水素製造能力を発表

**+770万トン**  
2030年までに追加される能力(低炭素・再生可能)を2030年以降向けに発表

図4:発表されたクリーンな水素の製造能力。(出典:水素協議会[Hydrogen Council])

# 世界の水素事情(続き)

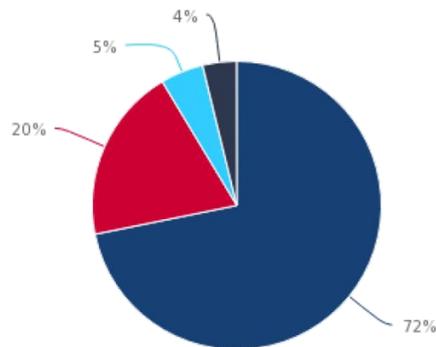


2.市場の概要

フィッチ・ソリューション(Fitch Solutions)社の「世界の水素の展望(Global Hydrogen Outlook)」によると、世界の水素需要は今後10年間で飛躍的に伸びると予想されている。

## 現在

世界の水素製造は一部の主要地域に集中している  
世界地域別製造能力シェア(%)



■ 北東アジア ■ 北アメリカ ■ 西欧 ■ その他の地域

図5:水素製造量の多い地域(出典:フィッチ・ソリューションズ[Fitch Solutions])

## 予測

欧州連合  
+35%

将来的に重要な水素消費市場の一つであるEUの水素需要は、2030年までに35%増加すると予想されている。EUは、南アフリカ産水素の主要な輸出市場になる潜在力を有する。

全エネルギー  
需要の6%

さまざまな分野での水素利用の検討が進み、水素の製造・利用がエネルギー需要の6%を占める可能性がある。

グリーン水素  
= 2030年  
までに水素市場  
の10%を占め  
る

2030年には、世界全体で1,100万トンのグリーンな水素が供給されると予想されているが、そのうち700~800万トンがグリーン水素になると予想。これにより、2030年までにはグリーン水素が世界シェアの10%を占めることが予想される。

現在、グリーン水素のコストがグレー水素に比べて法外に高いことを考えると、これは水素の市場力学を大きく変えるものとなる。

アンモニア産業は、グリーンな水素を必要とする重要な産業の一つとして考えられている。

- 現在、中国は世界最大の水素製造・消費国(世界生産量の3分の1を占める)であり、米国が僅差でそれに続く。
- ほとんどの水素は、炭素集約型(炭素排出)のエネルギー資源を使って製造される。
- 現在、世界のグリーン水素製造の需要は約8,000万トン。

出典:フィッチ・ソリューションズ(Fitch Solutions)、水素協議会(Hydrogen Council)

# 水素需要の現在の要因



2.市場の概要

水素はすでにさまざまな産業分野で使用されている

## アンモニア(NH<sub>3</sub>)の形での産業用原料

産業用原料 - 現在、世界の水素生産量の80%は、農業の肥料としてアンモニアやメタノールの製造に使用されている。世界的に人口が増加し、食糧不足の可能性が高まる中、収穫量の多い作物は不可欠。そのため、アンモニアは常に必要とされている。しかし、地球の気温上昇により、これらのサプライチェーンに圧力がかかり、政府や国際的な商社から、事業やサプライチェーンにおける排出量の削減が求められている。

## 新興市場(EM)でのユーロVおよびユーロVI相当の燃料基準の採用増加が需要の拡大に寄与すると思われる。

この規格は、道路交通機関による排気ガスの排出量削減を目的としている。環境意識が高まり、排出量の削減を迫られる中、先進国や成熟国の市場だけでなく、新興国の市場でも排出量の削減が求められている。このようなパラダイムシフトに伴い、より厳格な基準や政策に対応するため、道路輸送用のクリーンな水力発電の処理能力への投資が増加。

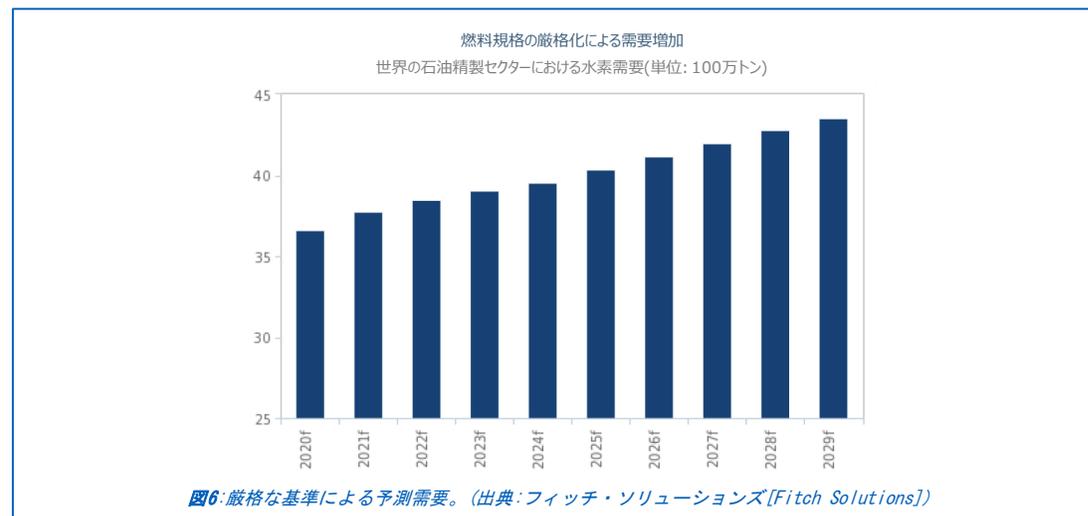
## 新型コロナウイルス感染症の影響から市場が回復したことで、水素需要の伸びが改善されると予測される。

新型コロナウイルスの世界的なパンデミックの影響を受け、世界の石油需要は64%減少。このパンデミックにより、長期的な需要に混乱が生じている。しかし一方で、新型コロナウイルスの影響は、世界の排出量にプラスの影響を与えている。現在、市場が回復・安定し始めたことで、燃料などのエネルギー源に対する需要が再び増加。そのため、企業がより環境に配慮したエネルギー源へと移行することがこれまで以上に望まれている。その結果、石油・ガス市場がこのパンデミックから回復するにつれ、低炭素水素の製造が求められている。

出典: フィッチ・ソリューションズ(Fitch Solutions)

## 世界的な石油需要の増加と、世界的な燃料基準の厳格化に伴う水素需要の増加

フィッチ・ソリューションズ(Fitch Solutions)社の予測によると、2029年までに主要な原油蒸留装置(CDU)が一日あたり728万バレル増加すると見られている。現在、石油産業で使用される水素の多くは、水素処理(水素化処理、水素化分解)に使用。水素化処理は、燃料に含まれる硫黄などの不純物を除去するため、燃料処理プロセスにおいて不可欠。その結果、燃料処理プロセスには欠かせないものとなり、最終的には排出基準や法律の厳格化による排出量の削減に必要な工程となる。水素化分解とは、炭化水素分子を分解して、低価値の重質製品を留分に変換する化学・触媒過程をいう。そのため、CDUの増加に伴い、水素処理も増加する。同時に、排出基準が厳格化され、よりクリーンな水処理も必要となる。



# 将来的な水素需要の要因



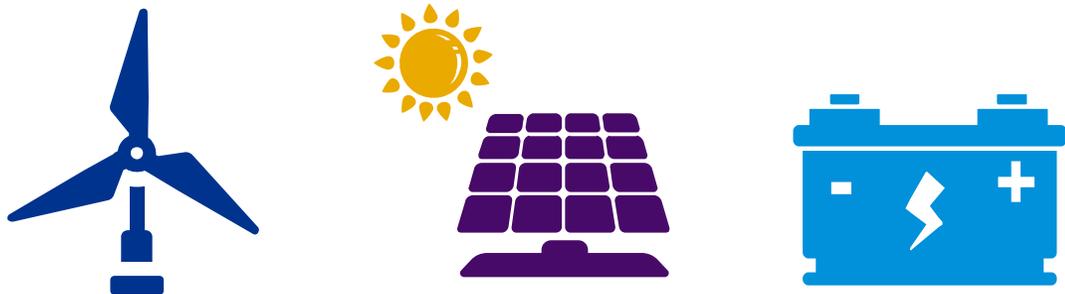
2.市場の概要

予測される水素需要の最大の要因は、世界各地の経済やセクターの脱炭素化の必要性である。

## 気候変動への抜本的対策

脱炭素化の必要性は、大気中への大量の炭素排出による急激な気候変動に起因している。このような有害排出物の大部分は、さまざまな産業やセクターで使用するエネルギー抽出のため、化石燃料などの非再生可能エネルギーを燃焼させることで発生する。直接排出は、化学プロセスや、電力や熱を得るための燃料の燃焼によって生じ、間接排出は、発電所で化石燃料を燃焼させて電気を生成する際に発生する。

世界中のあらゆる場面で気候変動の深刻な影響が感じられる中、国際的、国家的な排出基準の数が急速に増加している。規格、法律、政策は厳格さを増していることから、産業やセクターにとっては、環境に優しいプロセスの代替手段を見つけることがプレッシャーとなっている。水素の多様性と魅力的な特性により、サプライチェーンに沿ったプロセスの脱炭素化の代替手段として、より多くの研究、関心、投資が存在する。水素によるプロセスの脱炭素化の必要性は、将来の水素需要の主要な要因となるだろう。政府の方針により、各国はサプライチェーンの中で代替手段を使わざるを得なくなるため、クリーンな水素は魅力的な代替手段となっている。



出典：米国環境保護庁 (US Environmental Protection Agency)、国際大電力システム会議 (CIGRE)

## グリーン水素の将来のコスト競争力

現在、グリーン水素インフラが普及していないことが、水素価格の高騰に繋がっている。しかし、このようなインフラの必要性は各国でも明白かつ認識されており、今後数年間でインフラ整備が進み、グリーン水素経済の成長に繋がると思われる。

グレー水素や非再生資源は、現在は低コストであることが魅力的だが、厳格な排ガス規制によりその魅力は継続的に低くなっていくだろう。グリーン水素の市場、技術、インフラが発展すれば、グリーン水素のコストは下がり、コスト競争力が高まると思われる。



## さらなる研究、開発、イノベーション

グリーン水素とその関連技術の利用方法、特に燃料電池技術の中で果たす役割について、一貫した研究開発が行われている。このような開発が進み、グリーン水素の応用可能性が高まると、水素電池や燃料電池の需要が増加すると思われる。

# グリーン水素分野で克服すべき主な課題



2.市場の概要

グリーン水素への移行には課題があり、世界エネルギー会議は、水素による脱炭素化に影響を与える5つの重要な要因を特定。



## 水素への認識を広める

- 水素の可能性を最大限に発揮するためには、クリーンなエネルギー源として水素が広く認知され、また、炭素目標や全体的な脱炭素化を達成する上で、さまざまな産業分野における活用方法も認識される必要がある。



## 持続可能でクリーンな製造経路

- 水素は広く製造されているが、その92～95%は再生不可能な経路(天然ガスや石炭)により製造されている。
- そのため、再生可能なエネルギーの利用など、より持続可能で経済的に実現可能な選択肢が求められている。



## 市場を構築する

- 国際的な市場を構築することが不可欠となるが、
- 多くの企業が参加できる長期・長距離市場を開発する機会が存在する。



## 費用対効果

- 現在、水素の製造や利用に掛かるコストは非常に高い。そのためにも、費用対効果の高い方法を実現する必要がある。
- 世界的に見ても、水素経済の大規模な製造・開発に向けた政府の取り組みは活発化している。



## インフラ

- 戦略的に統合・実施されたインフラと貯蔵ソリューションを開発することで、エネルギー効率向上を目指した水素の商業化と導入を推進する必要がある。

出典:世界エネルギー会議(World Energy Council)

2.3

# 市場の概要 - 南アフリカの水素事情



# 南アフリカの水素製造に関するマクロ環境



2.市場の概要

## 南アフリカのマクロ環境

### 南アフリカの移行の必要性

- 南アフリカは、世界で最も炭素を多く排出する経済国トップ20にランクインしている。
- 環境配慮型の経済活動を求める圧力が高まる中、南アフリカがこれに従わなければ、貴重で重要な貿易相手国を失うリスクがすぐに生じてしまう。
- 南アフリカのエネルギーは化石燃料が大部分を占めているため、電力供給が不安定となっている。
- 南アフリカの経済は主に鉱業、農業、製造業の上に成り

### 南アフリカの移行能力

- 南アフリカには、世界最高水準の再生可能エネルギー資源があり、豊富に生産できるため、2030年には水素を1.60ドル/kg以下にという競争力の高いコストに抑えることができ、グリーン水素燃料の製造・輸出の有力な候補地となるだろう。
- 南アフリカは、比較的貧弱な財政状態という深刻な問題を抱えている。低い経済成長率と記録的な高失業率は、南アフリカのエネルギー移行において克服すべき重要な課題となっている。

### 南アフリカ政府の役割

- 南アフリカ政府は、長年にわたる水素の研究開発戦略を有しており、ハイドロジェン南アフリカ(HySA)を通じて展開している。
- 水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)の策定は、水素に対する政府の前向きな姿勢を示すものである。

立っているが、これらの産業はすべて大量のエネルギーを消費する。

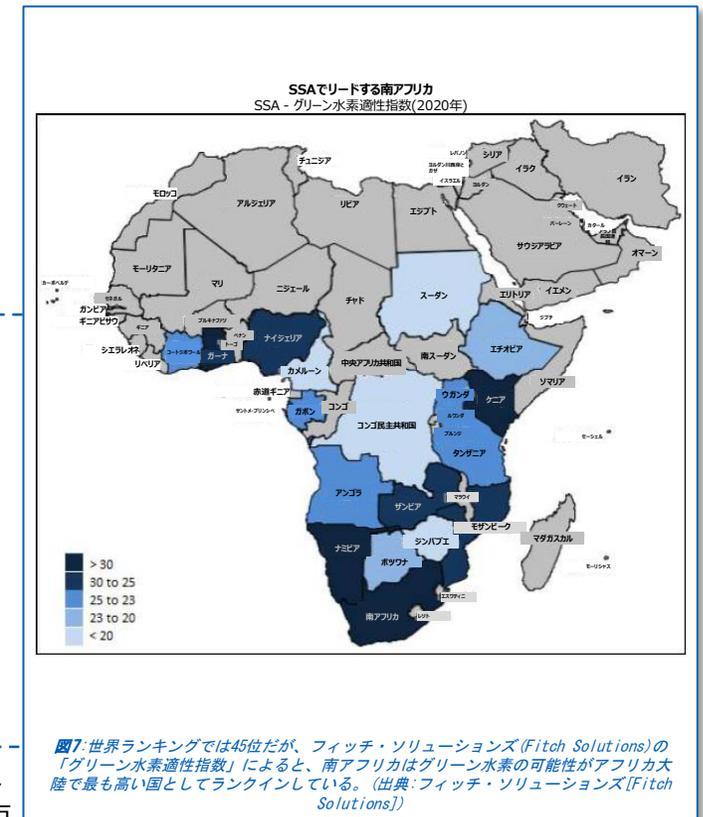
- EUは、2023年までに炭素国境調整を実施し、ネットゼロの貿易相手国との関係を強化することになっている。南アフリカが二酸化炭素排出量の削減措置を講じなければ、貿易相手国を失う、あるいは重い罰則を受ける可能性がある。

- しかし、南アフリカには十分な規制が行われている安定した金融サービス部門があるため、COP26で米国、EU、英国が発表した85億ドルの資金提供など、グリーンファイナンスを支援し、その基盤となることができる。

- 南アフリカは白金族金属(PGM)の最大の生産・輸出国であり、世界の白金の70%以上を供給している。PGMは、燃料電池や電解槽の主要な触媒となる鉱物である。

- 南アフリカの電力システムをより環境配慮型にすることで、サプライチェーンをローカライズし、労働力の再教育やスキルアップを図ることができれば、雇用創出にプラスの効果をもたらす。

- シリル・ラマポーザ大統領をはじめとする主要なステークホルダーは、水素の重要性を公に支持しており、政府は水素市場を拡大するための選択肢を積極的に模索している。



出典:ナショナル・ビジネス・イニシアチブ(National Business Initiative)、リカルド環境防衛基金(Ricardo and Environmental Defense Fund)、フィッチ・ソリューションズ(Fitch Solutions)

# 南アフリカにおける水素社会への道のり



2.市場の概要

水素社会への道のりは長く、これまでに多くの開発が行われてきた。

## 南アフリカにおける水素社会への道のり

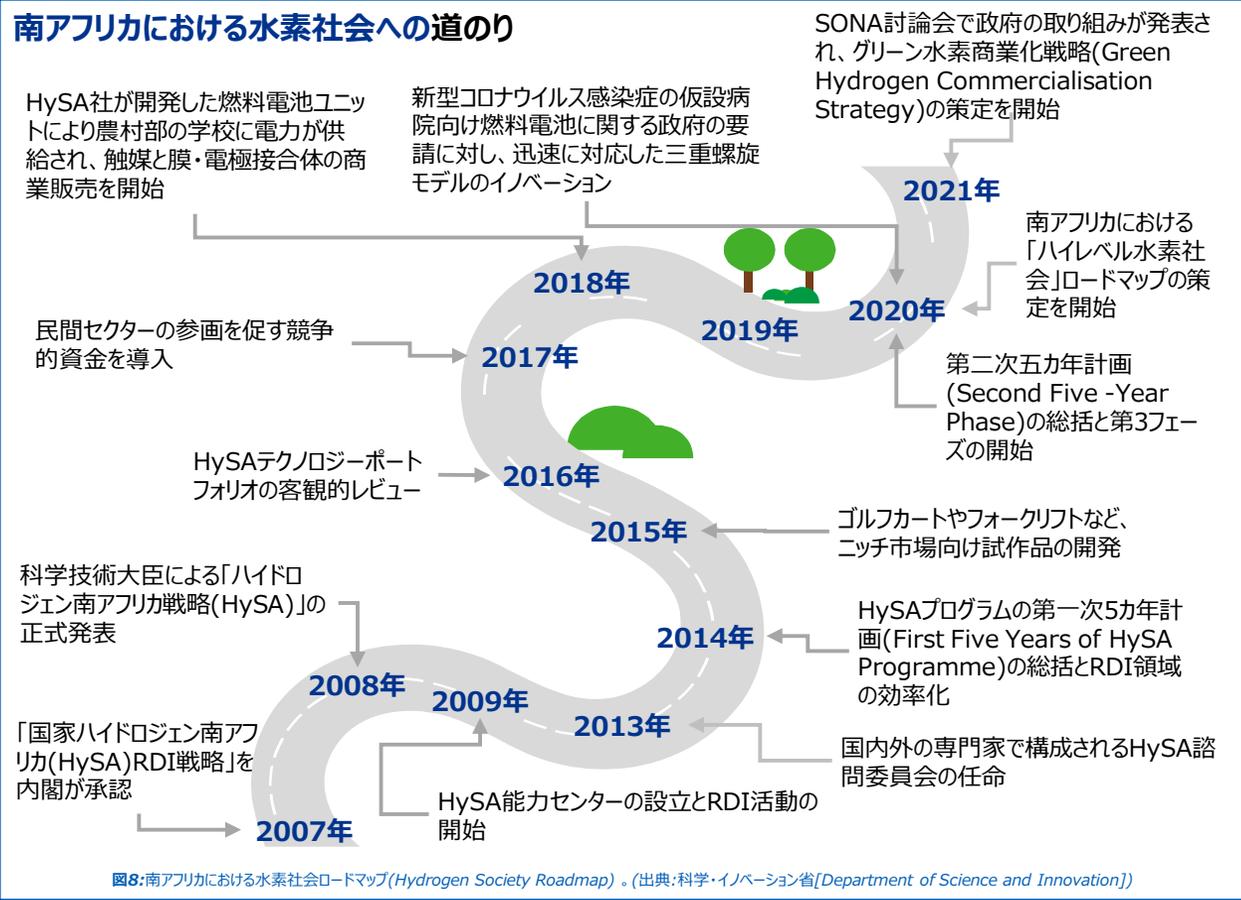


図8:南アフリカにおける水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)。(出典:科学・イノベーション省[Department of Science and Innovation])

出典:科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)、国際エネルギー機関(International Energy Agency)

## 水素南アフリカ(HySA)の開発事例

- 水素南アフリカ(HySA)プログラムは2007年に立案され、主に白金族金属を使用した水素経済の機会と利益に焦点を当てている。内閣は、HySAと科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)を通じて、水素の製造・貯蔵、水素や燃料電池部品の流通に関する研究・開発・イノベーションを支援。現地の民間セクターや外国政府、学術機関、民間セクターと連携している主要な研究機関に、3つのHySA能力センターを設立。
- 燃料電池バス** - 科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)は、HySAとバスマーク(Busmark)社との提携による初の燃料電池バスの実証実験の開発に対し、資金提供を行うと発表。貿易産業競争省(Department of Trade, Industry and Competition)は、南アフリカにおける水素燃料電池の実現可能性に関する調査を実施した。この調査結果から、都市部のバスに燃料電池を採用する可能性はあるものの、南アフリカの環境下で試験的に燃料電池技術を検証する必要性が特定された。
- 燃料電池フォークリフト** - 燃料電池フォークリフトは最長で24時間稼働することができ、5~15分ごとに給油が必要なバッテリー式フォークリフトよりも魅力的となっている。2015年10月、インパラ白金精製所はHySAと共同で燃料電池フォークリフトを稼働。インパラ白金精製所の工場には水素パイプラインが直接通っており、燃料補給が容易となっている。今回の実証実験では、生産性の向上や排出ガスの削減など、燃料電池フォークリフトの利点が実証された。その結果、産業開発公社(Industrial Development Corporation)、HySA、鋳山会社の協力を得て、追加の実証プロジェクトが始動した。
- 定置型燃料電池** - 新型コロナウイルスのパンデミック中、産業開発公社(Industrial Development Corporation)は、国防省(Ministry of Defence)およびバンビリ・エナジー(Bambili Energy)社と共同で、プレトリア(Pretoria)の第1軍病院の追加病棟の電源に燃料電池を使用するパイロットプロジェクトを実施した。

# 南アフリカの競争力(強み)について



2.市場の概要

## 南アフリカの水素市場を成長させる主要な成功要因

### Aクラスの再生可能エネルギー資源

- 南アフリカには、風力や太陽光による質の高い再生可能エネルギーを生産する能力がある。風力の負荷率が44%、太陽電池の負荷率が23%と、世界でも有数の高さを誇る。
- 再生可能エネルギー開発区(REDZ)には922GWの再生可能エネルギーを製造できる可能性が存在しており、すなわち、南アフリカの脱炭素化には2050年までに84GWの太陽光と64GWの風力が必要となる。
- この高いエネルギー潜在力は、競争力のある水素コストを下げるチャンスでもあり、南アフリカは2030年までにこれを実現する可能性がある(1.6ドル/kg)。これはサウジアラビア(1.5ドル/kg)やオーストラリア(1.6ドル/kg)と肩を並べる数値となっている。

### インフラを支える広大な未利用地

- 広大な未利用地と南アフリカの給水設備は、グリーン水素のインフラをサポートする上で十分以上であると考えられている。
- 南アフリカのREDZには545万ヘクタールが割り当てられているが、仮に1,000万トンのグリーン水素を製造するためには100万ヘクタールの土地が必要となるが、これは南アフリカの土地の1%、REDZの20%に過ぎない。
- 仮に1,000万トンとすると、南アフリカの給水設備の3分の1が必要となる。

### 製造を支える専門知識や技術の存在

- 南アフリカは、フィッシャー・トロプシュ技術(グリーンジェット燃料の製造に不可欠な技術)に関する専門知識や既存の資産を有している。この専門知識は、大規模なグリーン水素製造を実現する上で非常に重要となる。
- これにより、南アフリカは先行者利益を獲得し、世界規模の需要に対応したグリーン水素の現地製造が可能となる。
- 南アフリカには整備された有名な港や港湾があるため、水素の輸出には有利である。

### 南アフリカは白金族金属の埋蔵量が豊富であり、ユニークな利点がある。

再生可能エネルギーに対する好意的な条件とは別に、南アフリカは水素燃料電池の開発においても役割を果たしている。水素燃料電池の貯蔵能力により水素電池の開発が進み、道路交通機関(トラックや電車など)での利用を検討中。燃料電池と電解槽における最高の触媒には、南アフリカで豊富に採掘されている白金族金属(PGM)が使用されている。南アフリカは、水素電解槽や燃料電池の製造に使用されるPGM製品の輸出でトップに立つことや、この分野の部品製造国になることも可能。

### 南アフリカにおける水素の可能性

ブルー水素やグリーン水素の製造は次のような利用が可能:

- クリーンで再生可能な代替エネルギーとして輸出し、他の地域の脱炭素化に貢献
- 地場産業の燃料源として利用

白金族金属を使用し、よりクリーンな燃料源として長距離輸送用バッテリー(トラックなど)に使用される燃料電池の製造。これらは大量に輸出するだけでなく、南アフリカの既存の自動車産業で使用することで、より完成度の高い製品を生産してから輸出することが考えられる。

グリーンアンモニア - 空気で分離したグリーン水素と窒素からグリーン水素を製造。内燃エンジンや燃料電池に使用可能。また、アンモニアの需要は世界的に大きく、今後も成長が見込まれている。

# 南アフリカの水素製造における 主要な課題と障壁

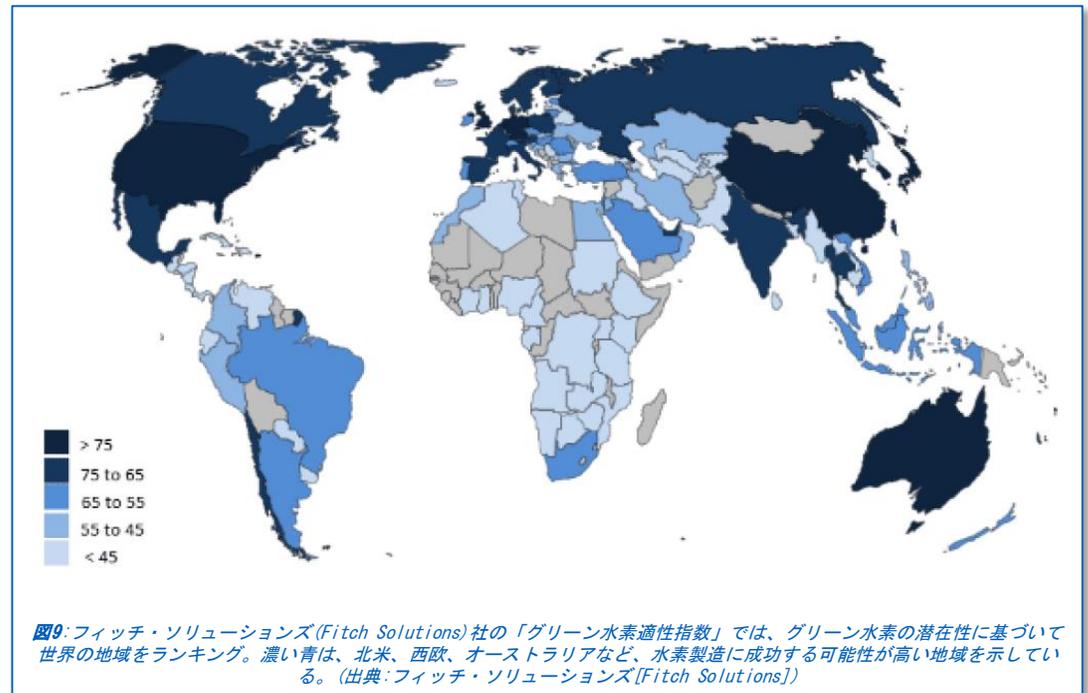


2.市場の  
概要

## 南アフリカの水素市場の成長において克服すべき主な課題

- 南アフリカは発展途上国であるため、大きな社会的ニーズや格差問題を抱えており、喫緊の経済対策を必要としている。さらに、長年にわたって経済成長が鈍化し、それが新型コロナウイルス感染症のパンデミックによってさらに悪化したことで、国の財政はさらに弱体化。そのため、政府には、先進国のようなレベルのインセンティブを提供できる巨額のインフラ支出能力や財政的余裕がない。
- 南アフリカには現在、水素に関して政策的な確実性は存在しない。しかし、政府は水素を今後の重要な投資対象としており、その一環として水素関連の政策や戦略に積極的に取り組んでいる。
- 南アフリカの給水設備は、グリーン水素のインフラをサポートする上で効率的であると考えられているが、給水設備だけでは要件を満たすことができないため、海水淡水化プラントから水を供給する必要がある。海水淡水化プラントの導入にはコストがかかり、LCOHに0.005~0.01ドル/kgが加算されることになる。長期的に水が供給されないことは、電気分解による水素製造の長期的な可能性と成功の弊害となる。
- 電気分解で1トンの水素を製造するためには、50~55MWhの電力が必要となる。南アフリカでは電力供給が不安定かつ不十分であるため、それが原因で投資や関心を失う可能性もある。
- クリーンな水素製造と流通をサポートする既存のインフラが不足しており、南アフリカのほとんどの地域では、水素製造と流通のための必要なインフラが整備されていない。さらに、クリーンな水素製造インフラを一から構築するための資金力もほとんどないため、この市場を構築することは困難。
- グリッドシナジーを最大限に活用して、グリーン水素の初期コストを削減する必要がある。
- また、水素プロジェクトの資金調達には、長期供給契約が必要となる。そのため、輸出用に製造された水素と外国の長期供給業者を結びつけるためには、鍵となるパートナーシップが必要である。

南アフリカの自動車、金属、化学セクターでは、従来の炭素集約型の産業と輸出が既存の産業付加価値の20%を占める。南アフリカがよりグリーンな経済に移行しなければ、主要な貿易相手国である先進国が急速に脱炭素化を進めた場合、南アフリカが取り残されるリスクがある。このように、南アフリカには、水素の開発・製造を成功させる上で克服すべき障壁が存在する。



出典: フィッチ・ソリューションズ(Fitch Solutions)

# 南アフリカの水素の潜在的な市場



2.市場の概要

## 水素の需要が高いと予想される主要地域の概要

世界の水素輸入量:ベースケース

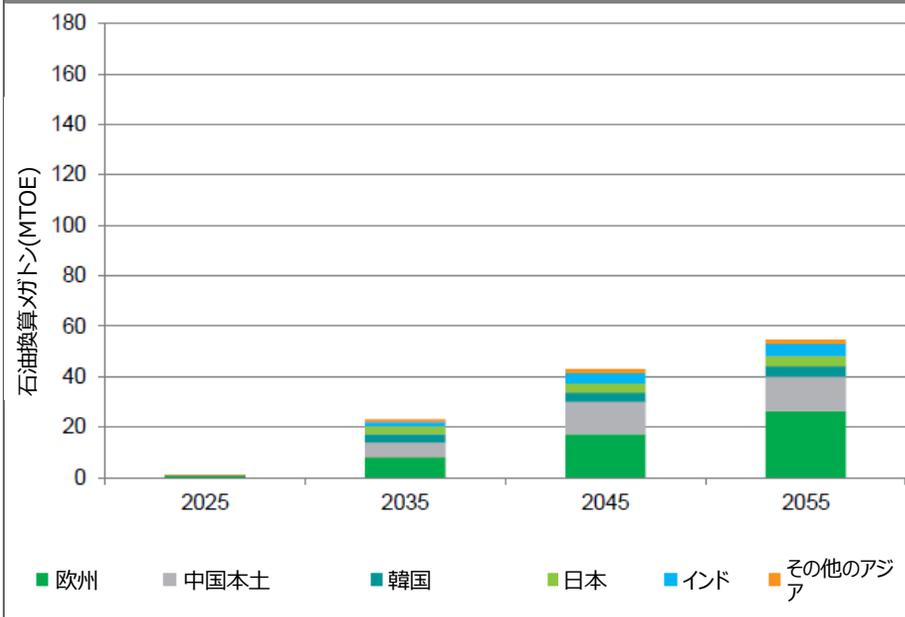


図10:ベースケースシナリオで水素の需要予測が最も高い地域。(出典:IHSマークイット[IHS Markit]社)

世界の水素輸入量:ハイケース

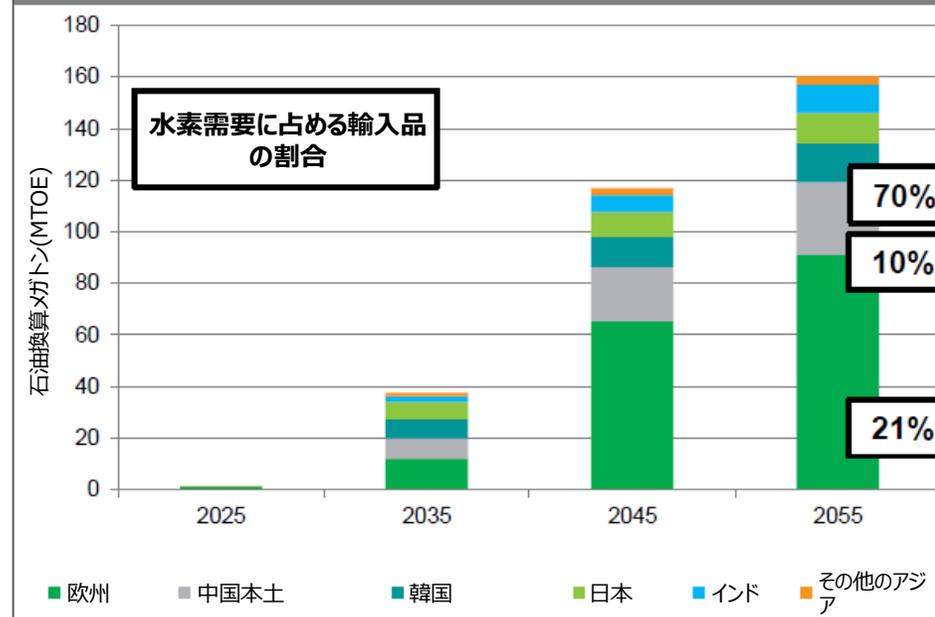


図11:ハイケースシナリオでの水素の需要予測が高い地域。(出典:IHSマークイット[IHS Markit]社)

ベースケース・シナリオでは、最終エネルギー需要の伸びを1.5%から2.5%にするために、水素を考慮する。ハイケース・シナリオでは、最終エネルギー需要に対する水素の割合を1.5%から5%に拡大することを考慮している。

出典:IHSマークイット(IHS Markit)

# 南アフリカの潜在的な水素の輸出市場



2.市場の概要

南アフリカは水素製造と輸出の主要国となる上で有利であるが、IHS社は南アフリカ輸出市場に影響を与える可能性のある要因を指摘している。

## 南アフリカが考慮すべき競争要因

アジアや欧州などの先進地域まで距離 - モロッコなどの北アフリカ諸国は地理的に近いため、南アフリカに比べて有利である。距離は、輸送コストや輸出水素の総コストに影響する。ナイジェリアは、サハラ以南のアフリカで最大のガス火力発電能力を有しており、中長期的な水素製造の有力な候補地である。同国は、水素とガスを混合することで、エネルギー分野での排出量を削減できるという理想的な立ち位置にある。

資源の恵まれた環境 - 南アフリカは水素を大量製造するための設備が整っているが、同じような利点を持つ競合国があり、特に再生可能エネルギーの分野ではチリやナミビアなどがある。しかし、南アフリカは、陸上や海上の風力発電を実現できるというユニークな利点を有する。これは、南アフリカの特徴であり、再生可能エネルギーの優位性をさらに強化する要因となっている。

ブルー水素 vs. グリーン水素 - ブルー水素はグリーン水素よりも安価であると思われ、一部の国では炭素回収・貯蔵施設を備えたブルー水素用の設備が整備されている。また、一部の国では天然資源や地質が豊富で、ブルー水素製造施設の開発に適した土壌であるため、低コスト化が可能。

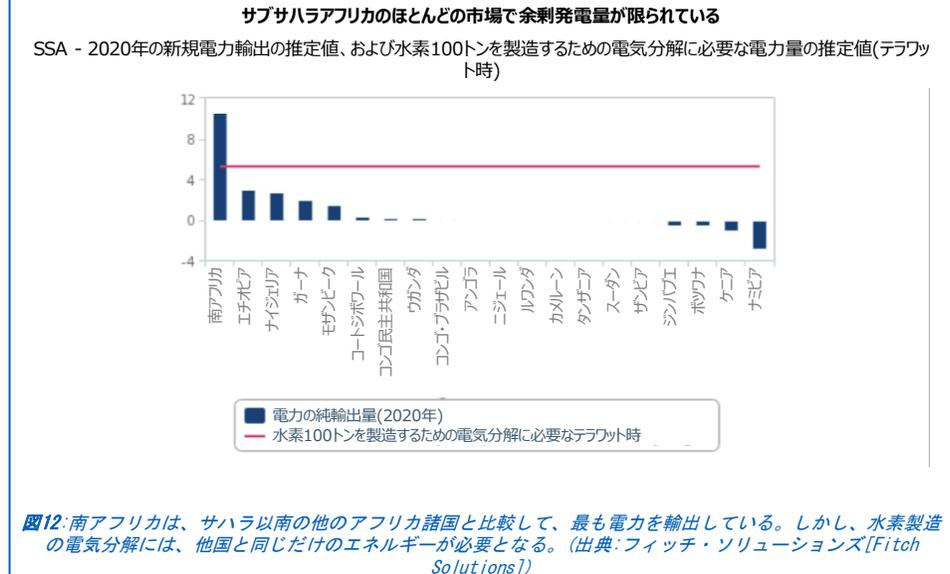
キャリアの種類 - 水素の長距離輸送にはさまざまな選択肢がある。例えば、液化水素として輸送する方法や、アンモニアやメタノールなどのキャリアとして輸送する方法などがあるが、現在のところ、アンモニアを水素に戻す必要のある市場が発達していることから、キャリアとして輸送する方が魅力的となっている。また、アンモニアの輸送プロセスは確立されているが、液化水素の大量輸送はそれほど発達していない。

フィッチ(Fitch)社の世界水素指数

100点満点中  
25.3点

南アフリカには他にも競合するアフリカ諸国があるが、サハラ以南の地域はフィッチ(Fitch)社の「世界水素指数」では最下位で、グリーン水素の潜在性については100点満点中25.3点というスコアであった。これは、サハラ以南の地域内のほとんどの国で再生可能エネルギー資源が遅れており、低迷していることが原因となっている。南アフリカは豊富な資源を有していることから、これを利用して競争力を最大限に高めることができる。

出典:フィッチ・ソリューションズ(Fitch Solutions)



南アフリカは、他のアフリカ諸国に比べて政治的・経済的変動が少ないため、クリーンな水素製造や電力輸出関連の投資誘致で優位に立っている。このような利点により、国内市場と国際市場向けの水素製造を想定した水素ロードマップの策定が可能となった。中でも、EUと日本は水素の輸入に関心を示していることから、潜在的な新興市場として認識されている。

# 南アフリカにおける水素の経済予測



2.市場の概要

再生可能エネルギーとフィッシャー・トロプシュ工程における南アフリカの相対的な優位性により、水素市場を構築し、グリーン水素の輸出候補国となれる潜在力がある。

南アフリカ・インフラ局(Infrastructure Office, South Africa)による2021年7月の最新の発表では、水素の商業化に向けた潜在的なアプローチが確認された。その一環として、以下のような水素製造の価格試算を実施。

製造種別の水素コスト開発			
種類	価格 - 現在 (水素 米ドル/Kg)	価格 - 2030年	価格 - 2050年
グレー (水素を1Kg製造するごとに9.2Kgの炭素を排出)	1.0 - 2.2	1.2 - 2.3	1.5 - 2.4
ブルー (排出量の90%を補足)	1.6 - 3.0	1.5 - 2.8	1.5 - 2.7
グリーン (炭素排出量ゼロ)	2.3 - 3.8	1.4 - 1.8	0.7 - 0.9
再生可能な均等化発電原価 (LCOE) (米ドル/MWh)	30 - 45	18 - 26	14 - 18

表2: 各種水素の現在コストと予想コスト(出典:南アフリカ・インフラ局[Infrastructure Office, South Africa])

現在のグリーン水素の価格は高いため、ディーゼルやガソリンからの移行は困難である。しかし、厳格な基準と野心的な世界的気候変動目標があり、これは今後数年間で達成しなければならない。一方でこれは、以下の理由により、南アフリカにとって有利に働く可能性がある。

- ・ 南アフリカには、水素製造を優先することで、水素製造全体の低コスト化を図れる潜在力がある
- ・ 水素燃料電池の製造に必要なPGM資源が豊富にある

## 南アフリカにはグリーン水素のコスト削減の可能性がある

水素の必要価格は¥30/m<sup>3</sup>、つまり3ドル/kgであり、南アフリカはこれを実現できる。日本では、2030年には年間30万トン、2050年には500万～1000万トンの輸入を見込んでいる(価格は2ドル/kg)。南アフリカは再生可能エネルギーに恵まれているため、1.8～2ドル/kgのコストで水素を製造・輸出できる潜在力がある。つまり、南アフリカは日本の2050年目標を達成できる可能性があり、パタゴニア周辺諸国やチリと肩を並べる高い競争力を有していると言える。

南アフリカは水不足の国であり、水の利用可能性がグリーン水素の潜在的な課題として認識されているが、水素1kgあたりの原料水の脱塩コストは0.02/kg以下である。つまり、0.02ドル/kgというのは、日本の目標コストである3ドル/kgの1%にも満たない。

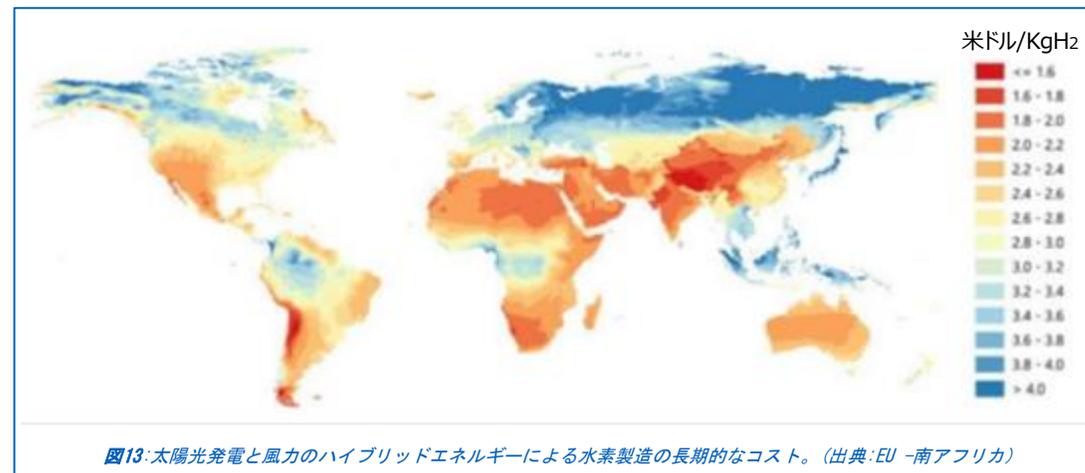


図13: 太陽光発電と風力のハイブリッドエネルギーによる水素製造の長期的なコスト。(出典:EU -南アフリカ)

出典: IHSマークイット(IHS Markit)、南アフリカ・インフラ局(Infrastructure Office, South Africa)、科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)

# 南アフリカにおける水素の経済予測(続き)



2.市場の概要

水素需要の急激な増加に伴い、水素の開発、インフラ、製造にかかるコストの分析が進んでいる

## グリーン水素製造で将来的に期待されるコスト削減

南アフリカに特有の追加削減の余地が大きい

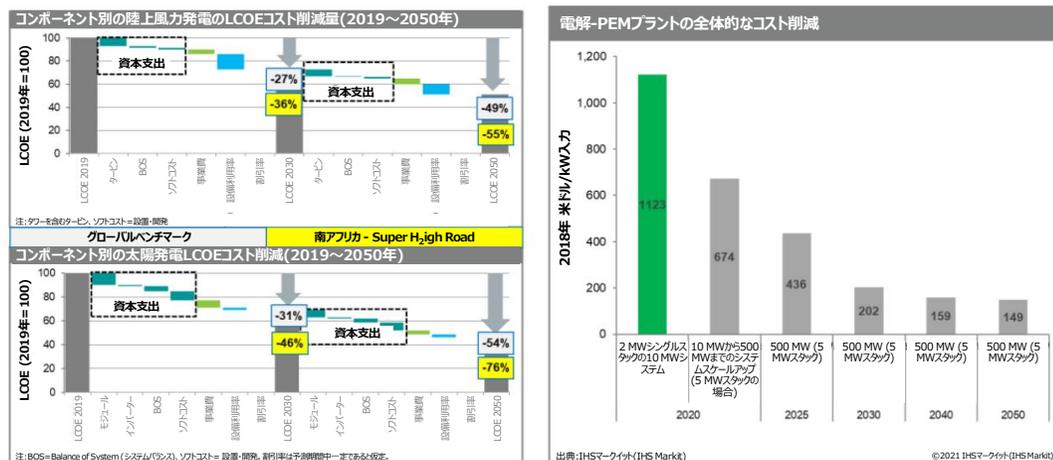


図14: 南アフリカの優位性を最大限に活かした、南アフリカのグリーン水素のコスト削減期待値。(出典:国際水素協会)

## 南アフリカではグリッドシナジーをグリーン水素に利用可能

グリーン水素の分野で早期に国の競争力を高めるチャンス

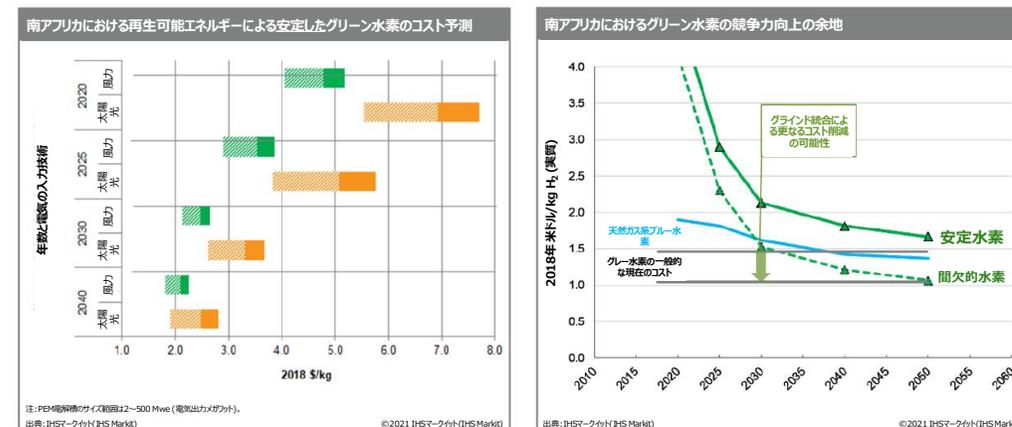


図15: 南アフリカのグリーン水素製造における潜在的な供給源。(出典:国際水素協会)

南アフリカの再生可能エネルギーの潜在性とその分野の主要国となる可能性を鑑みれば、南アフリカには再生可能エネルギー開発のコストを削減する能力がある。しかし、グリーン水素の開発に関して言えば、南アフリカは初期段階では競争力のあるレベルに達しないと考える。IHSマークイット(IHS Markit)社の分析によると、再生可能エネルギーを電解槽に供給する系統統合が行われれば、コストは大幅に改善されると見られる。これにより、以下のようなメリットが生まれる。

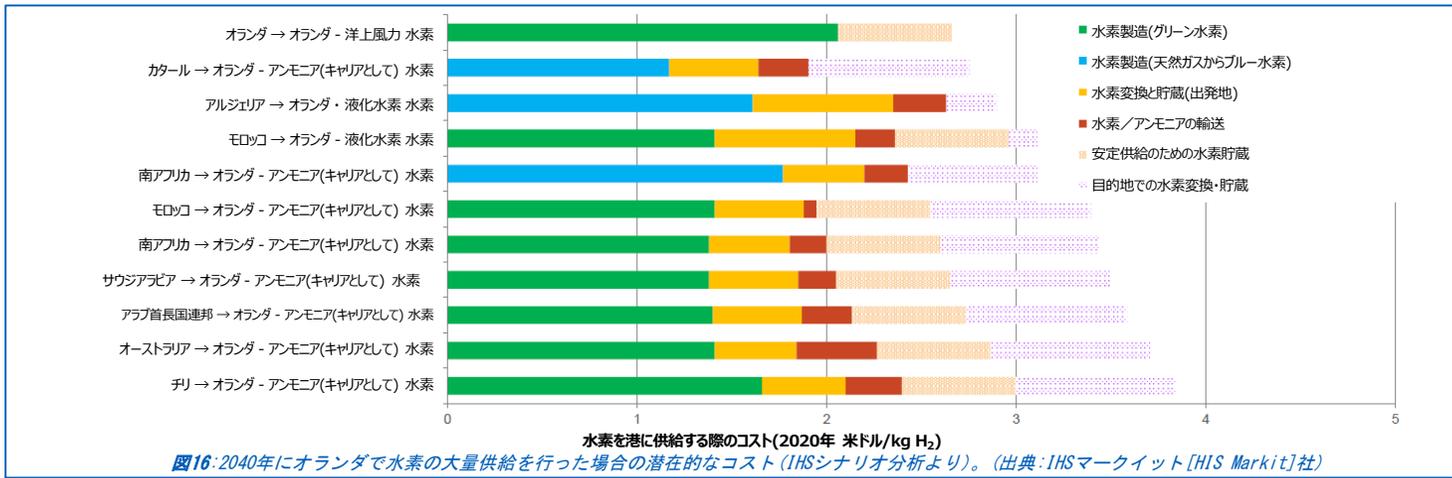
- 電解能力の使用を最適化
- 高価な貯蔵水素施設の廃止
- 利用可能な風力と太陽光の地理的利点を最大化
- 出力調整可能な系統電力を利用し、断続的な再生可能エネルギーの稼働をバックアップ

出典: IHSマークイット (IHS Markit)

# 他地域と比較した南アフリカの輸出水素コスト

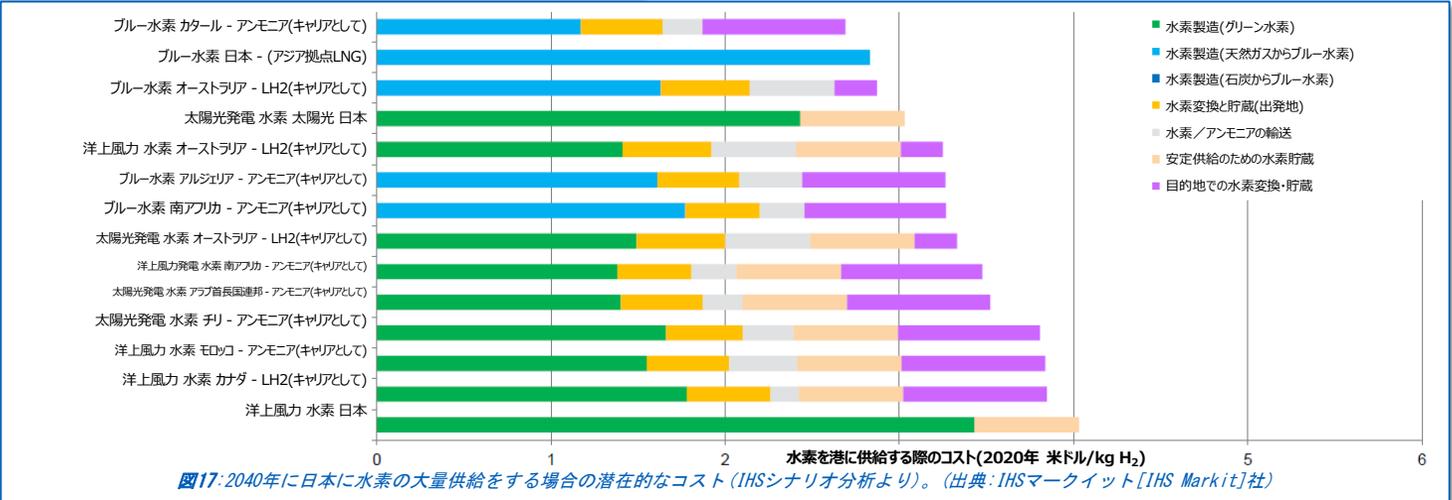


## 2040年の各地域への水素供給コスト予測のシナリオ分析



IHSマークイット(IHS Markit)社による近年の調査では、南アフリカで製造されたグリーン水素をオランダ(EUへの流通のための主要な供給拠点)に輸出した場合の推定コスト競争力を評価。左の図17に示すように、南アフリカは2040年までに、EU向けグリーン水素(アンモニアをキャリアとする)について、競争力のある輸出国になれると思われる。IHSマークイット(IHS Markit)社の試算では、南アフリカは港湾への供給コストを3ドル/kg以下に抑えることができ、オーストラリア、チリ、アラブ首長国連邦、サウジアラビアなど、水素製造に力を入れている他の国々よりも低コスト化を実現できると見込まれている。グリーン水素の初期需要の大部分がEUであると予想されることから、南アフリカはこの地域へのグリーン水素の輸出国として有望である。

IHSマークイット(IHS Markit)社の調査では、ブルー水素を日本に輸送する際のコスト競争力についても評価している。この場合、南アフリカのアジア向けブルー水素は、オーストラリアやカタールなどから輸出されるものよりも競争力が低いが、これは、南アフリカと日本の距離が長いことが大きな要因である。他の地域に比べればまだ競争力はあるが、東アジアの国々にとっては第一候補とはならないだろう。



出典: IHSマークイット (IHS Markit)

# 南アフリカの水素市場における主要なステークホルダー



## 南アフリカの水素エコシステムにおける主要なステークホルダーの概要

水素に関与する主要なステークホルダーのエコシステムが確立されており、水素市場の出現が南アフリカで勢いを増すにつれ、急速な成長を続けている。

このエコシステムを構成するステークホルダーは、大きく6つのカテゴリーに分類されるが、これについては次のページで詳述する。

### ・ 南アフリカ政府

政府は10年以上前から、HySAプログラムを通じて水素への取り組みを示してきた。より近年の政府の取り組みでは、政府主導のロードマップ、触媒プロジェクト、インフラの新開発を通じて、水素の商業化に焦点を当てている。

### ・ 民間セクター

自らを先行者と位置づけ、政府と密接に協力することで水素市場の確立を目指している企業も複数存在する。サソール(Sasol)社やアングロ・アメリカン(Anglo American)社などの主要プレーヤーは、水素が南アフリカで果たすべき役割を明確に示し、そのための投資を行っている。

### ・ 学術機関

研究、イノベーション、スキル開発は、水素市場で成功するための重要な要素であり、南アフリカの大学や専門学校で積極的に進められている。HySAプログラムにより、南アフリカは研究開発を拡大するための強力な基盤を有している。

### ・ 国有企業

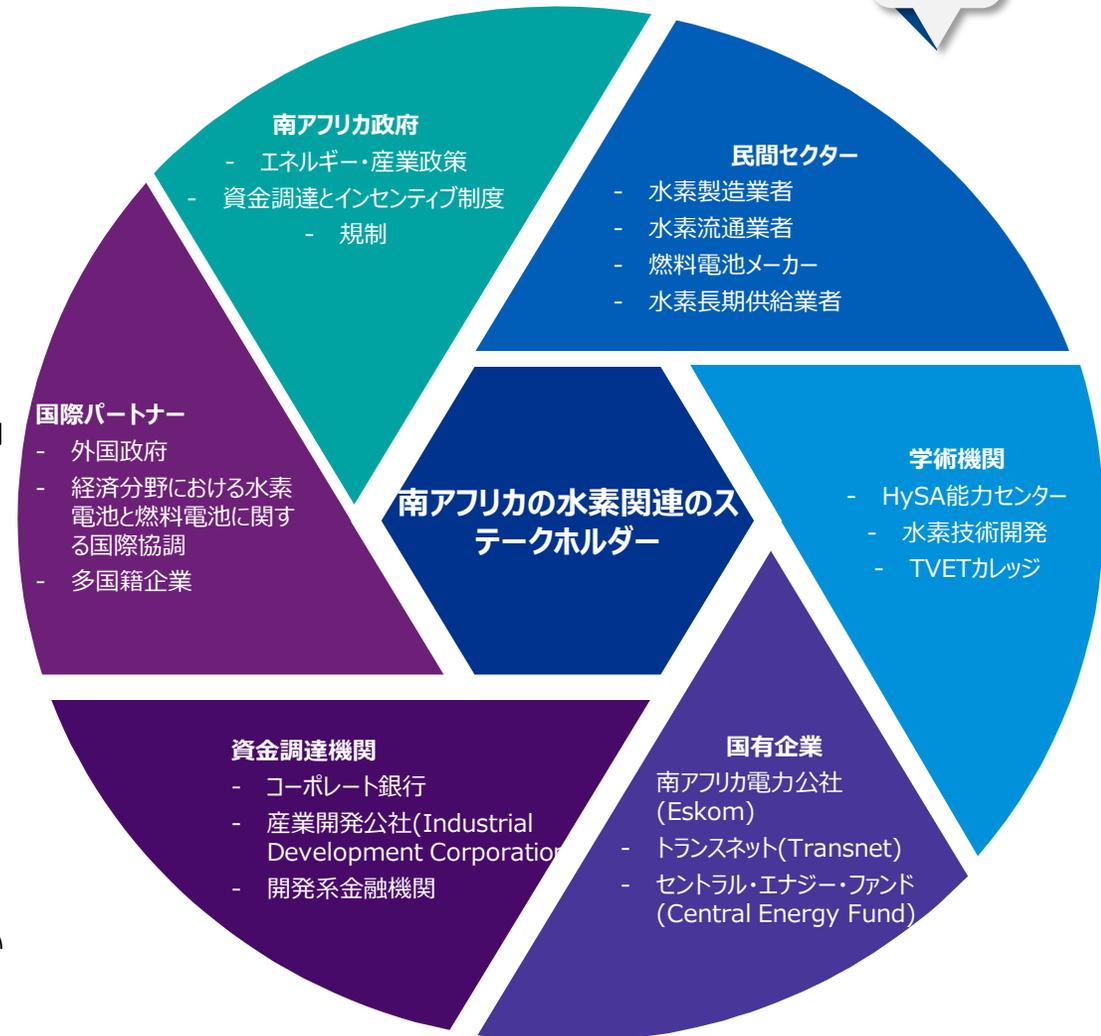
水素市場は、エネルギーとガスの信頼性のあるインフラに依存しているが、これらは、南アフリカ電力公社(Eskom)やトランスネット(Transnet)社といった南アフリカの国営企業が所有・運営している。

### ・ 資金調達機関

南アフリカの財政上の制約を考えると、水素市場の成功には、国内の民間セクターと公共部門の両方からの資金協力と、海外からの助成金や投資が必要となる。

### ・ 国際パートナー

ドイツや英国などの外国政府は、南アフリカの水素市場を積極的に開拓。また、投資機会やパートナーシップを模索している外国企業も複数存在する。



# 主要なステークホルダー - 南アフリカ政府



水素経済は、ラマポーザ大統領をはじめとする、南アフリカ政府の大部分で支持されている。政府の各レベルがそれぞれの役割を担うことで、水素経済の構築を目指している。以下は、政府の主要なステークホルダーと水素経済への関与をまとめたものである。

## 中央政府

### 大統領府(The Presidency)

- ・ インフラ・投資局(South African Infrastructure and Investment Office)は、水素を南アフリカの重要な新産業分野として位置づけている。
- ・ 大統領はこれまでに幾度となく、水素が重要な重点分野であると公言しており、インフラ・投資局(South African Infrastructure and Investment Office)では、グリーン水素製造プロジェクトの開発を集中的に取り組んでいる。

### 科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)

- ・ 南アフリカの水素RDIプログラムと、RDIに取り組むHySA(2008年から)の管理者および資金提供者。
- ・ 水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)の策定を主導。
- ・ 水素関連のさまざまなステークホルダーをまとめる重要な役割を担い、専門的な知識と経験を最も有している。

### 貿易産業競争省(Department of Trade, Industry and Competition)

- ・ 水素の商業化と、それを活用した経済成長や雇用創出の方法を模索。
- ・ 政府による商用化の取り組みを支援するため、グリーン水素討論会を設置。
- ・ 国家的インセンティブ制度に関する政策で投資を促進。

### 鉱物資源エネルギー省(Department of Mineral Resources and Energy)

- ・ 統合資源計画(Integrated Resource Plan)など、国内のエネルギー計画に関するすべての国家エネルギー政策を担う。
- ・ 国家エネルギー計画には水素は明記されていないが、今後の計画に盛り込むことが期待されている。
- ・ これまで石炭からの脱却には消極的であったため、適切なペースでの適切な移行が非常に重要。

### 公共企業省(Department of Public Enterprises)

- ・ 水素経済の確立に重要な役割を果たす国有企業(南アフリカ電力公社[Eskom]やトランスネット(Transnet)社など)を所有。

## 州政府

南アフリカには9つの州政府があり、水素関連の取り組みの段階がそれぞれ異なる。北ケープ州(Northern Cape)とハウテン州(Gauteng)の2州が、現段階で水素への取り組みについて最も多くの情報を発信している。また、南アフリカの各州政府は、経済特区を設けることで産業や投資を促進。これらについては、ここでは簡潔に説明し、本報告書の後半で詳述する。

### 北ケープ州(Northern Cape)

- ・ 北ケープ州(Northern Cape)政府は、再生可能エネルギーとグリーン水素の製造を重要な経済機会と位置づけている。
- ・ 太陽エネルギーのための優れた条件と土地資源があるため、この分野に重点的に取り組み、特に輸出用グリーンアンモニアの製造拠点となっている。
- ・ 電解槽の生産を拡大するため、電解槽パークの設立を目指す。

### ハウテン州(Gauteng)

- ・ 南アフリカのGDPの大半を占める経済・産業の中心地。
- ・ 鉄鋼メーカーなど、衰退しにくい産業分野の発電に水素利用を提案。
- ・ 機会を模索

### 経済特区(SEZ)について

- ・ 対象となる経済活動(水素など)向けの指定の地理的位置であって、通常よりも優遇的な法律、インセンティブ、制度によりサポート。
- ・ コエガ(Coega)、パール(Vaal)、O.R.タンボ(Tambo)などの各経済特区では、すでに水素を使った投資が行われており、さらに多くの投資誘致を計画。

## 地方自治体

地方自治体は、基本的なインフラやサービスを地域レベルで提供する自治体や都市で構成。大都市の場合は、電力供給に加え、交通サービスなどの基幹サービスの提供が含まれる。その一環として、南アフリカの各都市は脱炭素化の方法を積極的に検討しており、以下の3都市は気候変動対策に取り組む「C40世界大都市気候先導グループ(C40 Cities)」のメンバーであることから、水素の利用に関心を示している。

### ダーバン(Durban)市

- ・ ダーバン(Durban)市は、地域的な水素経済の発展を模索しており、この計画には水素の自給自足と輸出を目的とした水素ハブの設立が含まれる。
- ・ 同市は近年、英国政府から460万ランドの助成金を受け、この分野の研究を進めている。

### ヨハネスブルグ(Johannesburg)市

- ・ 南アフリカで最も人口の多い都市で、2030年までに市内の電力の35%を再生可能エネルギーで供給するという目標を掲げる。
- ・ 目標達成の計画の一環として、水素電池や燃料電池の使用を検討。

### ケープタウン(Cape Town)市

- ・ ケープタウン(Cape Town)市の気候変動行動計画では、カーボンニュートラルな分子燃料の地域的なバリューチェーンの開発を目的とした取り組みの一環として、水素に注目。

# 主要なステークホルダー - 民間セクター



2.市場の概要

南アフリカの水素市場では、先発者として業界をリードする企業が数多く存在する。主なプレイヤーは以下の通り。

## サソール(Sasol)社

南アフリカの石油・ガス・化学の多国籍企業で、現在、国内の水素の95%以上を製造しており(すべてグレー水素)、世界の水素製造量の約2%を占める。現在、同社の水素の大部分は社内の精製工程で使用されており、残りは短距離の水素パイプラインを通じて限られた顧客に供給。このような立ち位置により、サソール(Sasol)社は水素経済における有力な存在となり、よりクリーンな水素の開発に積極的に移行中。本報告書で取り上げているさまざまな連携関係やプロジェクトに参加しており、クリーンな航空機燃料の生産を積極的に検討中。その規模と競争上の優位性から、南アフリカの水素製造における有力企業。

<https://www.sasol.com/>

## アングロ・アメリカン・プラチナ(Anglo American Platinum)社

アングロ・アメリカン・プラチナ(Anglo American Platinum)社は水素協議会(Hydrogen Council)の設立メンバーとして、世界の水素経済に貢献。外国政府と連携して、水素関連の政策と枠組みを策定している。同社は、市場開発の観点から南アフリカの水素経済に関心を持ち、格差や市場機会の特定によるマーケットプル型のアプローチを展開。南アフリカでは現在、太陽光発電と水素製造をオンサイト形式で行う、初の水素燃料電池採掘トラックを開発中。同社の水素経済への関心は、白金族金属の重要な長期供給業者としての水素市場にあり、将来的なビジネス持続性を念頭に置いている。さらに、水素を利用した社内業務の脱炭素化や、エネルギー貯蔵量増加の潜在性もあるが、現在は検討中。

<https://www.angloamericanplatinum.com/>

## エア・リキード(Air Liquide)社

水素経済で利用可能なさまざまな既存技術を保有。また、液化水素やアンモニアなど、水素を市場に輸送する役割を果たすための既存のインフラも保有。現在は、水素サプライチェーンのこの分野に参入する機会を模索中。<https://www.airliquide.com/south-africa>

## エア・プロダクツ(Air Products)社

チューブトレーラーやパイプラインを用いた水素の安全輸送に関するインフラと技術を有するガス会社。同社は、国内唯一の水素専用パイプラインを所有・運営しており、サソール(Sasol)社とバル(Vaal)地域の産業界の顧客を結んでいる。これらの企業は、水素を製油所の工程やバックアップ電源に使用。エア・プロダクツ(Air Products)社は、米国では水素の分野で定評があるが、南アフリカでの方針はまだ明確ではなく、政府の政策に左右される。<https://airproductsafrica.co.za/>

## 南アフリカトヨタ自動車(Toyota South Africa Motors)

南アフリカトヨタ自動車(Toyota South Africa Motors)は、南アフリカの大手自動車メーカーで、最近ではダーバン(Durban)でハイブリッド電気自動車の生産に着手。世界的に見ても、トヨタは燃料電池モビリティの応用分野における有力企業であり、南アフリカで燃料電池電気自動車を展開することになれば、南アフリカ地域での現在のプレゼンスを活用することが可能。<https://www.toyota.co.za/>

## イソンド・プレシャス・メタルズ(Isondo Precious Metals)社

イソンド・プレシャス・メタルズ(Isondo Precious Metals)社は現在、O.R.タンボ(Tambo)経済特区に燃料電池と電解槽用触媒の製造工場を建設中。また、水素輸送を支援する水素充填POCも開発中。また、グリーン水素を使って電気を生成し、電気自動車を充電する技術的潜在性も保有。

<https://www.isondopm.com/>

## バンビリ・エナジー(Bambili Energy)社

南アフリカの水素経済界で活躍する現地の先導的な中小企業。ダーバン(Durban)に定置型燃料電池の組立工場を保有し、最近では第1軍病院での導入試験にも参加。戦略的国家水素プロジェクトにも積極的に参加。<https://www.bambilienergy.com/>

## ミトコンドリア・エナジー(Mitochondria Energy)社

水素燃料電池ソリューションなど、オフグリッド・分散型エネルギーソリューションを南アフリカ市場に提供する小規模企業。<http://www.mitochondria.co.za/>

# 南アフリカの水素バリューチェーン – 製造と加工



サプライチェーン	製造			加工		
技術	グレー水素	ブルー水素	グリーン水素	アンモニア	LOHC	液化水素
<b>現状</b>	<p>実質的には、南アフリカの水素のほとんどすべてが、グレー水素として製造されている。</p> <p>また、現在の水素のほとんどは、サソール(Sasol)社が社内の精製プロセス用として製造している。</p>	<p>炭素を回収・利用するためのインフラが十分に整備されていないため、南アフリカの水素製造の主要な部分ではない。</p>	<p>政府によるグリーンプロジェクトへの出資。</p> <p>パイロットやデモプロジェクトに成功。</p> <p>南アフリカ市場の大手企業は、水素経済を発展させ、輸出市場を構築するため、事業における水素の代替手段を模索し、パートナーシップを構築している。</p> <p>脱炭素化と2030/2050年の目標達成において、水素を組み込むための厳格かつ明確なガイドンス、枠組み、政策が存在しない。</p>	<p>ハーバー・ボッシュ法では高圧水素を触媒存在下で使用し、アンモニアを生成する。</p> <p>アンモニアは、サソール(Sasol)社の(Secunda)セクダ工場とサソールバーグ(Sasolburg)工場で作られている。</p> <p>ガス液から抽出されるアンモニアは高純度であるため、南アフリカのさまざまな産業で使用できるほど汎用性が高い。</p>	<p>水素を輸送・貯蔵する手段として液体有機水素キャリア(LOHC)が考えられている。</p> <p>またHySAは、LOHCの安全性の実証に成功。</p> <p>PGM触媒を用いてLOHCから水素を製造するベンチャー企業も存在。</p>	<p>エア・リキード(Air Liquide)社とエア・プロダクツ(Air Products)社は、貯蔵・輸送用の液化水素の製造技術を有する。</p>
<b>展望</b>	<p>2030年の目標達成に向けた各国の取り組みが進むにつれて、有害な水素(グレー水素/ブラック水素)の製造は今後数年間で大幅に減少すると見られている。</p>	<p>既存のインフラを改修/変更することで、ブルー水素市場の発展を促すことができる。</p>	<p>グリーン水素は今後数年にわたって普及していくと見られる。現在は高価だが、需要と継続的なグリーン水素の開発により、低コスト化が図られると思われる。</p>	<p>よりクリーンな方法でアンモニアを製造し、最終的にはグリーンアンモニアを製造する方向に移行しつつある。グリーン水素の製造は、このような移行の一環となるだろう。</p>	<p>さらなる研究と投資により、LOHCや水素製造の実現が期待されているが、これは、需要の増加に伴い増えると思われる。</p>	<p>液化水素は、水素を安全かつ安価に輸送できる数少ない手段であるため、液化水素関連の技術の向上が期待されている。</p>

出典: ハイドロジェン南アフリカ (HySA)、サソール (Sasol) 社

# 南アフリカの水素バリューチェーン – 流通と最終用途



サプライチェーン	輸送・貯蔵				最終用途			
技術	鉄道	チューブトレーラー	パイプライン	船舶	輸送	電力	産業	輸出
<b>現状</b>	既存の鉄道インフラを水素輸送に活用できる可能性がある。	加圧水素や極低温液体水素は、液体タンクローリーやガスチューブトレーラーで輸送可能。既存の水素流通業者がこのような車両を使用し、現行需要に対応。	エア・プロダクツ(Air Products)社は、ハウテン州(Gauteng)内の工業地帯に定評のあるパイプラインを保有。このパイプラインから大口顧客にサソール(Sasol)社製の水素を供給している。パイプラインの長さは約300kmで、水素は120～130気圧に圧縮されて輸送される。	南アフリカには世界有数の規模を誇る港があり、世界で最も交通量の多い航路の一つに位置。現時点で、南アフリカではクリーンな船舶用燃料は提供されていないが、水素の補給サービスを提供できる可能性のある港が複数存在する。	これまでに、燃料電池で駆動するバス、フォークリフト、スクーター、鉱山用車両などが製造されている。	水素ベースの燃料電池は、軍病院や診療所(1か所)、地域の学校、南アフリカ鉱物評議会への電力供給に使用されている。	サソール(Sasol)社は、グリーン燃料の製造を検討中。同社は、グリーンスチールやグリーンケミカルの製造に関する議論や取り組みも行っている。	現在、南アフリカの水素製品は国内で使用されているが、さまざまな開発を通して、グリーン水素の輸出国になることを目指している。
<b>展望</b>	南アフリカには発達した鉄道システムがあるが、これらを改修することでグリーン水素輸送をサポートできる。そのためには徹底した調査が不可欠となる。	南アフリカには確立された製造市場に加え、海外大手自動車メーカーとの強力な連携関係を有するため、このような車両の開発が可能。	エア・プロダクツ(Air Products)社のパイプラインは、現在唯一の水素専用パイプライン。南アフリカでの水素製造には、パイプライン整備に多額の投資が必要。	水素の需要が大きいと予想される国は、南アフリカからは地理的に離れているため、輸送が必要。水素の輸送をサポートするインフラの開発は、南アフリカの水素市場にとってプラス。	輸送分野における脱炭素基準の厳格化に伴い、自動車向け燃料電池の需要増加が予想される。	エネルギー分野では、再生可能エネルギーを電力として使用する機会を増やしていく。	化学メーカーは、化学製品の製造や操作にグリーン水素を使用する方法を模索中。	すべての分野で脱炭素化が進むと、業務でのグリーン水素の使用が増え、需要の大幅増となる。

出典:ハイドロジェン南アフリカ(HySA)、サソール(Sasol)社

# 3. 政策環境



# エネルギー政策と規制の状況



3. 政策環境

## エネルギーと気候変動に関する政策と法律

### 統合資源計画(Integrated Resource Plan)

統合資源計画(Integrated Resource Plan)とは、南アフリカのエネルギー構成と電力インフラ計画のロードマップをまとめた指針的なエネルギー政策。最新版は2019年に発表されたもので、水素については明確に言及していないが、実行可能な貯蔵ソリューションを有する再生可能エネルギーの必要性に言及している。今後1～2年のうちに改訂版が出版予定。

<http://www.energy.gov.za/IRP/2019/IRP-2019.pdf>

### 気候変動法案(Climate Change Bill)

気候変動法案(Climate Change Bill)は先日閣議決定され、国会に提出される予定。この法案が可決されれば、国の気候変動対策が法制化され、すべての政府機関が気候変動に協調して対応するための基盤が確立される。この法律により、政府は国家適応目標を設定し、政府のすべてのレベルで気候変動緩和計画を策定することが義務付けられる。また、セクター別の排出量目標を設定することで、さまざまなセクターの脱炭素化を促進する必要もある。

[https://www.dffe.gov.za/sites/default/files/legislations/climatechangebill2018\\_gn41689.pdf](https://www.dffe.gov.za/sites/default/files/legislations/climatechangebill2018_gn41689.pdf)

### 南アフリカ再生可能エネルギー基本計画(South African Renewable Energy Masterplan)

貿易産業競争省(Department of Trade, Industry and Competition)は、南アフリカ再生可能エネルギー基本計画(South African Renewable Energy Masterplan)を策定中。これは、再生可能エネルギー分野の産業計画であり、またこの分野のビジョンを示し、南アフリカを再生可能エネルギーの有力プレーヤーとして位置づけるために必要な主要対策を定めるものである。この計画の一環として、水素は国内需要と輸出市場の両方において、再生可能エネルギー産業の重要な要素として考えられている。

<https://www.greencape.co.za/content/south-african-renewable-energy-masterplan-updates-on-the-process-and-progress/>

### 水素規制の枠組み(Hydrogen Regulatory Framework)

ガス法の対象には水素も含まれるため、水素ガスの流通も基本的に同法の対象となっている。国家エネルギー法(National Energy Act)、国家環境管理法(National Environmental Management Act)、労働安全衛生法(Occupational Health and Safety Act)などの法律は特に水素を対象とはしていないが、水素を扱う場合は検討することが重要である。水素の導入方法を明確にするためには、特に安全性関連の規制をさらに強化する必要がある。

- <https://www.gov.za/documents/gas-act>
- <https://www.gov.za/documents/national-energy-act>
- <https://www.gov.za/documents/national-environmental-management-act>
- <https://www.gov.za/documents/occupational-health-and-safety-act>

### 自家発電規制

2021年以前は、民間セクターや個人が自分で使用する電気の発電量は最大1MWまでと定められていたが、2021年8月の電力規制法の改正により、この基準は100MWへと大幅に引き上げられた。これにより、独立系発電事業者が再生可能エネルギープロジェクトの規模を拡大する上での大きな障害がなくなった。グリーン水素の製造には大規模な再生可能エネルギーが必要であることを考えると、これは南アフリカの水素市場にとって好ましい展開である。

[https://www.gov.za/sites/default/files/gcis\\_document/202108/44989gon737.pdf](https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/202108/44989gon737.pdf)

# 水素政策関連の主要文書



3. 政策環境

近年、水素の導入や脱炭素化での水素の使用に関する政策や基準が大幅に増加している。

2009年、南アフリカは地球温暖化ガス排出量を2020年までに34%、2050年までに42%削減することを公約。この目標は、国家気候変動対応政策白書(White Paper on National Climate Change Response Policy)や国家開発計画(National Development Plan)に盛り込まれている。この目標を達成するためには、クリーンな水素の利用が不可欠となる。

南アフリカの「グリーン輸送」戦略(Green Transport Strategy of South Africa)(2018年)では、運輸セクターの脱炭素化において、他の技術の中でも、とりわけ水素燃料電池の製造が必須であると指摘されている。

HySAプログラムは、鉱物高付加価値化戦略や国家気候変動対応政策白書(White Paper on National Climate Change Response Policy)や国家開発計画(National Development Plan)などの各国家政策と関連している。

- 鉱物高付加価値化戦略では、白金族金属を、排出量の削減を含む、雇用創出と経済の多様化を支える重要な鉱物として位置づけている。
- また、HySAの目的の一つとして、南アフリカのグリーン水素経済を発展させる政策を、政府や他のステークホルダーに提供することが挙げられる。

## 南アフリカ再生可能エネルギー基本計画(South African Renewable Energy Masterplan) - 現在策定中

SAREMは、グリーン水素を考慮した政策の一つであり、この政策では、グリーン水素を輸出の機会と捉えている。

SAREMは次のような点でグリーン水素と関係している。

- グリーン水素のコスト競争力を高めるためには、再生可能エネルギーの低コスト化が不可欠。
- グリーン水素は、現地製造による取引量を大幅に引き上げることができる。
- 水素産業の長期的な特性は、製造業のコスト競争力に必要な安定性をもたらすことができる。
- 現地調達への補助金を回避し、グリーン水素プロジェクトのコスト要素を削減する市場を促進する。

## 水素社会を支えるための開発に関する政府の取り組み

### グリーン水素商業化戦略(Green Hydrogen Commercialisation Strategy)



- これには、国内外での大規模なグリーン水素の利用を商業化するためのすべての取り組みが含まれる。これには、グリーン水素の市場を開拓し、需要を生み出すことが含まれる。

### 水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)



- すべての水素の機会、可能性、投資を統合し、水素経済の発展のためのプラットフォームを構築する戦略

### 公正なエネルギー移行の枠組み(Just Energy Transition Framework)



- これは、南アフリカがグリーン経済に移行するための移行戦略とガイドラインであり、南アフリカの電力を持続可能かつ再生可能な方法で供給する方法を模索するためのものである。

### 南アフリカ再生可能エネルギー政策(Just Energy Transition Framework)



- 南アフリカでは、数多くの再生可能エネルギー政策が立案されている。再生可能エネルギー政策では、南アフリカの各分野で太陽光発電や風力発電の利用を奨励し、原子力資源の利用を抑制している。

### 水素RDI戦略(Hydrogen RDI Strategy)



- 水素RDIのビジョンは、潜在的な「拠点」に開発研究を集中させることで、南アフリカのグリーン水素経済に富、雇用創出、機会をもたらすことである。

# 南アフリカの水素社会ロードマップ (Hydrogen Society Roadmap)



南アフリカの水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)は、水素関連の議論、機会、投資、プロジェクトを一つのエコシステムに統合することで、国内で国際競争力のある市場とグリーンな水素経済の発展を実現するよう設計されている。

## 水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)の主要要素

### ビジョン

持続可能かつ包括的で、競争力のある水素経済を2050年までに構築することで、ネットゼロ炭素経済の実現を目標としている。

### 目的

水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)の目的は、水素関連技術に関わるすべてのステークホルダーが一丸となって共通のビジョンを描き、国家経済に資する投資のための有利なプラットフォームを構築することである。

### ステークホルダー協議会

水素経済の成功と成長を実現するためには、広範で統合された多様なステークホルダーのネットワークが関与する必要がある。

水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)により、国家開発計画の目標や、エネルギー安全保障、脱炭素化、公正な移行の主要目標を達成することができる。

本ロードマップでは、以下を含む統合的なアプローチが求められる。

- 投資ファイナンス
- トライアル、パイロットプロジェクトによる実証
- 新しいスキルの開発

- インフラ
- インセンティブを与える優遇的政策、適切な規制と基準
- 研究・開発・イノベーション
- 市場開拓



出典: 科学・イノベーション省 (Department of Science and Innovation)

## 水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)の変化の理論

2050年までに、社会幸福のための公正かつ包括的なネットゼロ炭素な経済成長

公正な労働力の移行	温室効果ガス排出量の削減	エネルギー安全保障	投資	不平等と貧困の削減	国際収支の改善
水素の発電・蓄電・流通産業	輸送セクターの脱炭素化	集約型産業の脱炭素化	南アフリカにおける水素輸出市場の創出	水素製品・部品の製造セクター	強化型のグリーン電力セクターと建物
変化の要因(例: インフラ、スキル、コスト競争力、規制)					
統合された政策環境	財政的枠組み	産業クラスター	インフラ	研究・開発・イノベーション	スキル開発
パートナー(例: 政府、国営企業、学術機関、民間セクター、金融機関)					

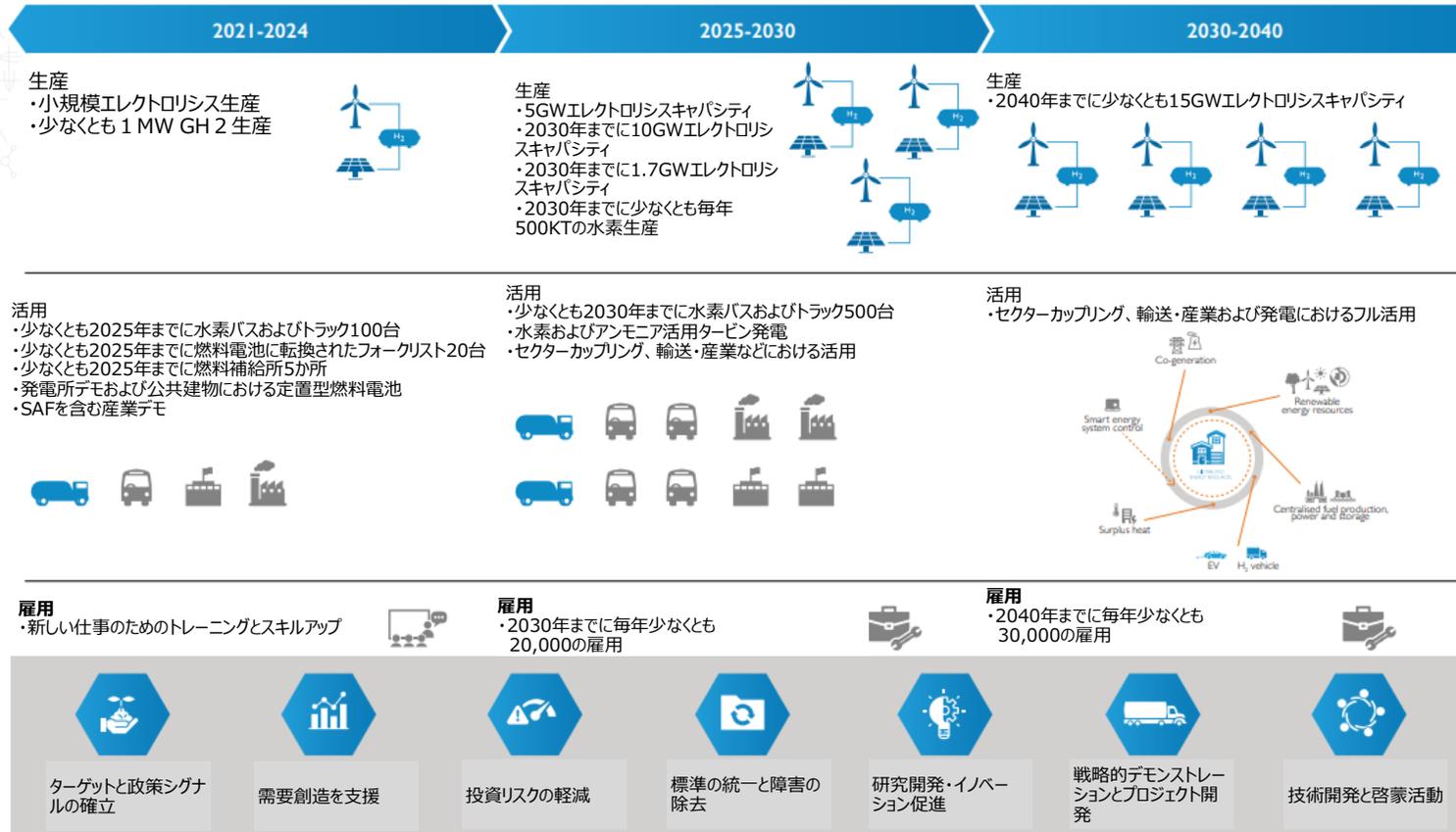
図28: 水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)の主な構成要素と重点分野 (出典: 科学・イノベーション省 [Department of Science and Innovation])

水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)では、ジェンダー平等と社会包摂(GESI)を強く意識している。

- ジェンダー・クォータ制を導入することで、男女の数が釣り合った労働者数を確保する企業が増えている。
- グリーン産業界の新しい職種は、従来の性別による固定観念の影響を受けにくい。
- 経済のグリーン転換は、社会変革の機会となる。
- イノベーションによってチャンスが増え、新しい道が開けることで、女性にも門戸が開かれる。
- 女性の対人能力、コミュニケーション能力、創造的思考力は、環境に配慮した機会の創出や移行環境に適している。

# 南アフリカの水素社会ロードマップ (Hydrogen Society Roadmap)

南アフリカ水素社会ロードマップは、水素生産、その活用、そして雇用創出の категория にわたって、いくつかのターゲットを認識している。



## ロードマップの鍵となるテーマ

科学イノベーション省は、水素社会ロードマップにおいて以下の鍵となるテーマを浮き彫りにしている。

- 南アフリカは、水素経済のもたらす機会を、ポストコロナ経済の回復プランに貢献する可能性がある。
- 水素は、持続可能な投資のための目的地としての南アフリカの地位を確立することの一助となる可能性がある。
- 南アフリカは、HySAプログラムから勢いをえて、グリーン水素とアンモニアに関してグローバルプレイヤーとしての地位獲得を達成すべきである。
- 南アフリカの持つ貧困、不平等、失業の課題に立ち向かうために、水素社会実現の道は、ジェンダー、平等、社会的な包括をあわせもたなくてはならない。
- 水素社会においてより勢いをもたらすような政府、民間セクター、そして市民社会の関係性の強化が、より実効可能性の高い政策環境にとって重要である。
- 南アフリカの水素についての野心を実現するにあたり、国益を守ることが重要な一方で、国際的なパートナーは不可欠であり、より強化されなくてはならない。

Source: Department of Science and Innovation

The Hydrogen Society Roadmap can be accessed here: [Hydrogen society roadmap for South Africa 2021 \(dst.gov.za\)](https://dst.gov.za/hydrogen-society-roadmap)

# 南アフリカの水素社会ロードマップ (Hydrogen Society Roadmap)



ロードマップに描かれた南アフリカの願いをかなえるために、科学・イノベーション省は国が行うべき以下の短期的なアクションを認識している。

## 輸送における 脱炭素

- 水素を輸送燃料としての分類の追加
- 水素燃料補給規則、コード、標準の策定
- 高重量輸送車向けパイロット水素ステーションの開発
- 脱炭素輸送実現のための規制フレーム枠の策定

## グリーンおよび 強化電力セクター

- 南アフリカデータセンターでの蓄電池の使用を成功に導くこと
- 南アフリカ再生可能エネルギーマスタープランの最終化
- NDC (National Determined Contributions) を水素社会ロードマップに沿ってアップデートすること

## エネルギー集約的 産業における脱炭素

- 南アフリカ鉄鋼マスタープランを水素ロードマップに沿ったものに変更すること
- H2ハブの開発のためのフィージビリティ調査の実施
- 鋳業、セメント、鉄鋼、リファイナリーなどの重工業における需要創出のための政策および規則の設置

## 製造業における水素 製品および部材

- 鋳物選鋼マスタープランの完成
- グリーン水素製品の開発および部材製造戦略を自動車マスタープランおよび鋳物選鋼マスタープランに沿ったものにする
- 水素製品と部材製造をサポートするようなRDI戦略の開発

## グリーン水素輸出 市場の創造

- 輸出の機会、障害、パートナーのポテンシャルを認識するために詳細な市場分析を行うこと
- 南アフリカから水素を輸入する意思のある国との国際パートナーシップの樹立
- 水素輸出戦略の策定

## グレーからブルー、 そしてグリーン水素へ の転換

- 現在、貿易産業競争省によって支持されているグリーン水素の商用化戦略の完成
- バホバーイ (Boegoebaai) SEZ, プラチナ・バレー・イニシアティブ (the Platinum Valley initiative), the Coal CO2-X projectのようなカタリスト(触媒・電解) プロジェクトの実施
- 水素に焦点をあわせた統合インフラプロジェクトの官報掲載

Source: Department of Science and Innovation

水素社会ロードマップはこちら: [Hydrogen society roadmap for South Africa 2021 \(dst.gov.za\)](https://dst.gov.za/hydrogen-society-roadmap)

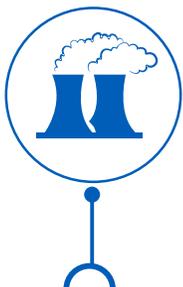
# HySAの次のステップ

HySAは近年、水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)をサポートするための能力センターとして、潜在的な次のステップや特定の重点分野を認識。

## HySAの主要な次のステップ(今後5~10年)



国際関係や官民連携が必要。



財政的、技術的、法律的な面で、政府の支援が不可欠。政府は、南アフリカにおける水素経済のローカライズと世界規模のマーケティングも支援する必要がある。



市場の活性化には、官民一体となったパイロットテストや実地試験への取り組みが不可欠。



国際連携や国際フォーラムを積極的に推進。



産業界のニーズとの整合性、ローカライゼーション。



出典: ハイドロジェン南アフリカ (HySA)

- 燃料電池とその関連触媒と関連技術、そしてこのための商業販売。
- 水素の貯蔵・圧縮技術、フォークリフト・パワートレイン技術、モビリティ実証実験
- 水電解(WE)と電気化学的水素圧縮(EHC)のための触媒とシステム技術、LOHC水素貯蔵、PtX技術と太陽光の水素変換の統合、アルミニウム-水素の商用販売。
- 全センターとCSIRによる水素無人航空機(UAV)技術。

HySAは、引き続き3つの能力センターを活用して、RDIプログラムを推進する。



# 水素関連の財源と助成金



3. 政策環境

## 水素関連財源の最新動向

科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)は、南アフリカのグリーン経済の発展に繋がる国際分野に関して、2020/2021会計年度に12億ランド相当の資金を確保。これには以下のようなものが含まれる。

- 欧州連合グリーンディール基金(European Union Green Deal Funding)の募集
  - 水素回廊コンソーシアム(Hydrogen Corridor Consortium)
  - 炭素回収・利用コンソーシアム(Carbon Capture and Use Consortium)
- CLIENT II - 炭素回収・利用コンソーシアム(Carbon Capture and Use Consortium)
- SATREPS - グリーンアンモニアコンソーシアム(Green Ammonia Consortium)
- フランスと南アフリカの水素に関する二国間協定(French-South Africa Bilateral on Hydrogen)
- アフリカ連合と欧州連合による再生可能エネルギーに関するEU-AU長期共同研究・イノベーションパートナーシップ(The African Union and the European Union Long-term joint EU-AU Research and Innovation Partnership on Renewable Energy / LEAP-RE)



- インパラ・プラチナ(Impala Platinum)社は、試作品開発のために、HySAシステムズ社に600万ランドを資金供与しているが、その目的は、水素燃料電池技術を材料取扱機器や地下鉱山機器の主要なエネルギー源として利用することである。
- 「南アフリカと英国のPACTグリーン水素プロジェクト(South African-UK PACT Green Hydrogen Project)」は、政府、産業界、産業人材育成・職業技術訓練(TVET)を通じて、グリーン水素経済の発展のために、相互接続された質の高い労働力とスキルのネットワークを構築することを目的としている。このプロジェクトでは、政府、企業、組織労働者、市民社会に関して、相互に結びついた労働とスキルに関する提言を行う。
- バンビリ・エナジー(Bambili Energy)社は、世界的なOEMメーカーであるホライゾン(Horizon)社とエレメントワン(Element One)社との連携関係を通じて、HySAの触媒や技術を商用製品に応用している。
- 南アフリカ国立エネルギー開発研究所(South African National Energy Development Institute / SANEDI)は、HySA能力センターで生み出された知的財産を、民間セクターと協力して市場に投入するためのプロジェクトに対し、資金提供を行っている。

## 国際資金援助

ドイツ開発銀行(German Development Bank / KfW)は、南アフリカのグリーン水素経済における機会、特に触媒開発について検討している。2023年までに融資を受ける必要のあるグリーン水素プロジェクトについては、総額2億ユーロの譲許的融資が用意されており、資金は、南アフリカの公的機関を介して提供される。KfWは、助言機関としてCSIR(科学産業研究評議会)とメリディアン・エコノミクス(Meridian Economics)社を任命し、プロジェクトの選定において助言を行っている。対象となる基準には、プロジェクトの状況、活用価値、商業的実現可能性、技術的実現可能性、グリーン認定、脱炭素化効率、認証、実施能力などがある。この取り組みは、ドイツ政府が2020年に策定した国家水素戦略に沿った内容となっている。

英国高等弁務官事務所は、水素ハブを推進するため、ダーバン(Durban)の水素経済に460万ランドを資金提供している。この資金は、英国のビジネス・エネルギー・産業戦略省(UK's Department of Business, Energy and Industrial Strategy / BEIS)を通じて配分される。BEISによる出資の目的は、科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)と南アフリカ国際問題研究所を介して、水素分野とTVET(職業訓練学校)との連携に関する水素バレープロジェクトの開発を支援し、ダーバン(Durban)の地域水素経済を支援することである。

フランスのエネルギー企業であるエンジー(Engie)社は共同資金を提供し、リンポポ(Limpopo)、ヨハネスブルグ(Johannesburg)、ダーバン(Durban)の水素バレー回廊にある水素ハブの技術経済分析を実施。

出典: 科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)、エンジニアリング・ニュース(Engineering News)、南アフリカ国際問題研究所

# 経済特区

経済特区の詳細:

[http://www.thedtic.gov.za/wp-content/uploads/SEZ-brochure\\_2021.pdf](http://www.thedtic.gov.za/wp-content/uploads/SEZ-brochure_2021.pdf)



3. 政策環境

貿易産業競争省(Department of Trade, Industry and Competition)は、経済特区(SEZ)や産業開発区(IDZ)内での水素プロジェクトやグリーン水素開発に利用できる多くのインセンティブ制度をまとめている。

## 背景

- 経済特区(SEZ)とは、南アフリカ国内の指定された地理的場所、対象となる経済活動のために設けられた地区を指す。SEZは、国内の他の地域で適用されているものとは異なる法律、資金、制度によって支えられている。
- このプログラムの設立目的は以下の通り。
  - 戦略的な工業化を進め、多様な地域開発をカバーする。
  - 簡潔で明確なSEZの計画枠組みを示すことで、産業関連の政策を適切に支援する。
  - 長期計画を考慮した資金調達枠組みを策定する。
  - ガバナンス体制を明確化かつ強化し、インフラ提供以外の支援の幅と規模を拡大する。

## 指定経済特区は以下の通り。

- 産業開発区**- 付加価値のある輸出中心の製造業に対する国内外の固定直接投資を活用する工業団地。
- 無関税港** - 港に隣接した免税エリアで、輸入品の積み下ろしができる。
- 自由貿易特区**- 経済特区内での付加価値の高い活動を行い、その後の輸出につなげるための流通施設を提供する免税地域。
- セクター開発区** - 主に輸出市場向けに、特定のインフラ、インセンティブ、技術、ビジネスサービスの開発に特化した区域。



## 現在、南アフリカには以下の経済特区と産業開発区が存在する。

- アトランティス(Atlantis)経済特区** - 南アフリカの西海岸に位置。西ケープ州(Western Cape)のグリーンテクノロジーと再生可能エネルギーの分野に出資している。グリーンテック投資企業のゲスタンプ・リニューアブル・インダストリーズ(Gestamp Renewable Industries/GRI)社の誘致に成功し、すでに3億ランドの投資を受けている。
- ンコマジ(Nkomazi)経済特区** - ムプマランガ州(Mpumalanga)のエヒランゼニ(Ehlanzeni)地区自治体に位置。スワジランドとモザンビークへの2本の国道で結ばれており、マプト(Maputo)回廊を形成。
- デュベ・トレードポート(Dube TradePort)** - ダーバン(Durban)の北30km、南部アフリカで最大の2つの海港の間に位置。ドゥベ・トレードゾーン(自動車、電子機器、ファッション衣料などの製造・付加価値を中心とした地区)と、ドゥベ・アグリゾーン(ハイテク農業施設を活用した高付加価値の農業・園芸製品を中心とした地区)に区分されている。
- マルチ・フォアング経済特区** - ハリスミス(Harrismith)に位置し、一般的な製造業に適している。

## SEZやIDZへの投資のインセンティブ制度は多数存在する。SEZ内の企業も以下の救済措置の対象となり得る。

- 15%の優遇的な法人税減税を含む救済措置
- 建築物控除を含む救済措置
- 付加価値税法に基づく救済措置

## 追加的インセンティブ制度: 12L課税控除

このインセンティブ制度は、新規の未使用製造資産を活用する産業プロジェクト(グリーンフィールド投資)を支援するために創設された。また、既存の産業プロジェクトの拡張や向上を目的としたブラウンフィールド投資も支えている。

# 経済特区(続き)

経済特区の詳細:

[http://www.thedtic.gov.za/wp-content/uploads/SEZ-brochure\\_2021.pdf](http://www.thedtic.gov.za/wp-content/uploads/SEZ-brochure_2021.pdf)



3. 政策環境

貿易産業競争省(Department of Trade, Industry and Competition)は、経済特区(SEZ)や産業開発区(IDZ)内での水素プロジェクトやグリーン水素開発に利用できる多くのインセンティブ制度をまとめている。

南アフリカの現在の経済特区と産業開発区は以下の通り。

- **ツワネ(Tshwane)自動車経済特区(TASEZ)** - ハウテン州(Gauteng)に位置。カスタマイズされたハイクラスのソリューション、サポートサービス、インセンティブ、システムをメーカー提供。国際市場や国内市場との結びつきも支援。多くの特徴を有するため、投資において有利な選択肢となっている。これには以下のようなものが含まれる。
  - 貨物中心の活動の支援に特化した世界クラスのインフラ。
  - 付加価値の高いビジネス支援ソリューション。
  - ステークホルダー同士をつなぐプロフェッショナルの専門家チームにより、開発プロセスを円滑に進める。
  - 貿易産業競争省(Department of Trade, Industry and Competition)による中央政府の支援により、投資家関連のインフラに資金面バックアップを提供。
  - ハウテン州経済開発局(Gauteng Department of Economic Development)とツワネ(Tshwane)市による州政府と地方政府の支援により、本経済特区の管理と促進に必要な財政的支援と資源を提供。
- **イースト・ロンドン(East London)産業開発区** - 自動車、農産物加工、水産養殖などの産業に合わせたソリューションの提供で広く知られている。
- **リチャーズ・ベイ(Richard's Bay)産業開発区(RBIDZ)** - 確立された輸送ネットワークと、税・関税免除のインセンティブ制度で知られている。特に、鉱物産業の成長の拠点となっている。
- **サルダニア(Saldanha)湾産業開発区** - アフリカのネットワークを介して、石油、ガス、海洋修理、物流サービスなどの経済の円滑化、発展、成長のための拠点を狙っている。
- **ムシナ/マカド(Musina/Makhado)経済特区** - 南アフリカとジンバブエの国境間に位置。鉱物選鉱、農産物加工、石油化学産業のバリューチェーン全体を促進・支援している。
- **O.R.タンボ(Tambo)経済特区** - 南アフリカの輸出中心の市場において、貴重な鉱物や金属の成長を促進。この経済特区の目的は、O.R.タンボ(Tambo)国際空港周辺の土地を開発し、経済発展を促すことにある。グリーン水素の技術は現在、本経済特区内で開始されている。
- **ボホバーイ(Boegoebaai)**の新しい経済特区であり、輸出市場向けのグリーン水素製造が中心。

また、貿易産業競争省(Department of Trade, Industry and Competition)は各種プログラムにおいて、分野別のインセンティブ制度も用意している。これらのプログラムの一例は以下の通り。

- **イノベーション・インセンティブ** - 産業技術人材プログラム(THRIP)、産業革新支援プログラム(SPI)、自動車投資スキーム(AIS)
- **製造業投資インセンティブ** - ワゴン自動車投資スキーム(P-AIS)、中型・大型商用車自動車投資スキーム(MHCV-AIS)、黒人実業家促進制度(BIS)、農産物加工支援スキーム(APSS)、製造業競争力強化プログラム(MCEP)融資制度、戦略的パートナーシップ・プログラム(SPP)。
- **輸出促進インセンティブ** - 輸出・マーケティングに関する投資援助(EMIA)、セクター別支援スキーム(SSAS)、資本プロジェクト実現可能性プログラム(CPPF)
- **サービス投資インセンティブ** - グローバルビジネスサービス(GBS)
- **インフラ投資インセンティブ** - 経済特区プログラム(SEZ)、重要インフラプログラム(CIP)

# 4.南アフリカ 共和国における 国際協力



# 国際フォーラムへの南アフリカの参加



4.南アフリカ共和国  
における国際協力

南アフリカの政府と民間セクターは、グリーン水素経済分野でグローバルな取り組みを数多くリードしている。

## 国際フォーラムへの政府の参加

- 南アフリカ政府は、気候変動に関するパリ協定の加盟国として、温室効果ガスの排出量の削減を公約。これにより、最近、国家決定拠出金を更新し、以前に公約した内容よりも踏み込んだ排出削減を行った。これにより、水素が重要な役割を果たす南アフリカの脱炭素化の取り組みに弾みがつくと思われる。
- 南アフリカは先日、グラスゴーで開催されたCOP26に代表団を派遣し、自国の気候変動プログラムや計画、その中での水素の適性を積極的に紹介。
- 水素電池と燃料電池の開発促進に向けた各国政府の国際協調「国際水素・燃料電池パートナーシップ(International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy / IPHE)」にも積極的に参加。2018年、南アフリカでは、政府の水素関連の主要なリーダーを迎えてIPHE運営委員会をプレトリア(Pretoria)で開催。
- 科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)は、特に水素の研究・開発・イノベーションに関連して、さまざまな国際的なステークホルダーと強い関係を構築している。特に、欧州燃料電池水素共同実施機構(EU Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking)は、南アフリカのロードマップ策定において、同省と協力関係にある。
- アフリカがクリーンな水素の輸出地域となれるよう、「アフリカにおけるグリーン水素の可能性に関するアトラス(Atlas of Green Hydrogen Potentials in Africa)」を現在策定中。南アフリカも参加するこの開発計画には、ドイツ政府も一部出資している。

## 国際的な取り組みへの民間セクターの参加

- 南アフリカの水素エコシステムの主要なプレーヤーの中には、水素セクターの世界的な民間団体である水素協議会(Hydrogen Council)のメンバーとして活躍している企業／機関もある。南アフリカで活動する水素協議会(Hydrogen Council)のメンバー企業は以下の通り。サソール(Sasol)社、アングロ・アメリカン(Anglo American)社、エア・リキード(Air Liquide)社、エア・プロダクツ(Air Products)社、トヨタ社。
- アングロ・アメリカン(Anglo American)社は、10年以上前から世界の水素市場を積極的に開拓。水素協議会(Hydrogen Council)の創設メンバーでもある同社は、中国に深く関わっており、カリフォルニア州の燃料電池パートナーシップにも参加している。特にカリフォルニアを中心に、水素補給ステーションに直接投資を行っている。また、欧州の5つの補給ステーションにも直接投資している。
- 南アフリカの研究開発チーム(HySAと民間セクターのプレイヤー)は、水素の研究開発の促進を目的に、国際的にも複数の提携関係を有している。

出典:科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)／貿易産業競争省(Department of Trade, Industry and Competition)



# 南アフリカの国際参加



4. 南アフリカ共和国  
における国際協力

南アフリカには、市場での存在感を高めたい外国政府や多国籍企業からの関心が高まっている。

## 南アフリカで活躍する外国政府

- 欧州連合は南アフリカ政府と提携し、さまざまなステークホルダーによる関与を通じて、水素ロードマップを推進している。
- 英国政府は、英国気候変動トランジション促進プログラム(UK Partnering for Accelerated Climate Transitions / UK PACT)を通じて、以下のような、南アフリカの10件のクリーンエネルギー移行プロジェクトに300万ポンドを出資している。
  - 南アフリカのTVETカレッジシステムによるグリーン水素経済の構築とエネルギー転換の潜在性と意義を評価する研究プログラム。
  - ダーバン(Durban)における地域水素経済の発展を目指した研究。
- ドイツの開発銀行KfWは近年、南アフリカの水素プロジェクトに2億ユーロのコンセッションファイナンス（譲許的融資）を表明。
- オランダのロッテルダム港は、水素とアンモニアの主要な輸入拠点になることを目指しており、EUへの水素輸出に関心のある南アフリカのステークホルダーと協議を進めている。
- グラスゴーで開催されたCOP26において、米国、EU、英国が、石炭に依存しないエネルギー供給への移行に85億ドルを拠出するという新たな取り決めに発表。この資金の用途は水素に限られるものではないが、南アフリカ政府が水素に関する声明を出していることから、資金の一部は水素市場の開発に割り当てられると考えられる。

## 国際的な取り組みへの民間セクターの参加

- すでに南アフリカに進出している多国籍企業も複数存在し、水素バリューチェーンや類似のバリューチェーンの一部となっている。その一例であるエア・プロダクツ(Air Products)社やエア・リキード(Air Liquide)社は、すでに南アフリカで事業を確立している。
- タイのケム・エナジー(Chem Energy)社は、ダーバン(Durban)のデュベ・トレードポート(Dube TradePort)経済特区に燃料電池製造工場を開設・運営し、南部アフリカ諸国に燃料電池を供給している。
- また、南アフリカに既存の強力なプレゼンスを有し、世界の水素市場で地位を確立しているが、南アフリカでの道りに進展が見られない多国籍企業も数多く存在する。三菱、川崎重工、シェル、BP、トタル・エナジーズ(Total Energies)などがその一例である。
- カナダのバラード(Ballard)社は、南アフリカのパイロットプロジェクトに燃料電池を供給するなど、この市場で積極的に活動しており、例えば、アングロ・アメリカン(Anglo American)社の採掘トラックプロジェクトに燃料電池を供給している。
- 同様に、ノルウェーのネル・ハイドロジェン(Nel Hydrogen)社は、アングロ・アメリカン(Anglo American)社の採掘トラックプロジェクトでの水素製造に対し、電解槽を供給している。
- フランスのエンジー(Engie)社は、科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)と連携した複数のプロジェクトに参加。また最近では、リンポポ(Limpopo)州からハウテン州(Gauteng)まで伸びるクワズール・ナタール州(Kwa Zulu Natal)のN3回廊沿いの水素バレーの開発について、その調査を主導した。



# 5. 戦略的水素 プロジェクト



# 南アフリカにおける現在の水素プロジェクト



5. 戦略的水素プロジェクト

主要企業はさまざまなパートナーと貴重な関係を構築し、グリーン水素プロジェクトを進めている。

## 燃料電池の拠点

### スプリングス燃料電池拠点

このプロジェクトはハウテン州(Gauteng)の産業開発区と関連しており、2021年4月に環境影響評価の対象となった。このプロジェクトは、現在のパートナーシップと技能能力を足掛かりに、既存のインフラを活用することで、燃料電池の開発・普及を支援することを目的としている。この場所では、さまざまな供給源からの白金族金属へのアクセス、既存の水素パイプライン、周辺の製油所、確立された輸送ルートや物流サービス、金属やエンジニアリングのサプライヤーといった条件が揃っている。

## サソール(Sasol)社による水素移動性のエコシステム調査

サソール(Sasol)社はメーカーと提携し、南アフリカにおけるグリーン水素のトラック輸送の可能性を調査・開発している。このパイロットプロジェクトの一環として、N3(ダーバン[Durban]とヨハネスブルグ[Johannesburg])を結ぶ国道沿いの貨物輸送回廊があり、このルートを走行するトラック車両にグリーン水素を供給することになる。

## デュベ・トレードポート(Dube TradePort)社

グローバル企業である同社は貿易産業競争省(Department of Trade, Industry and Competition)と共同でクワズール・ナタール州(Kwa Zulu Natal)に燃料電池工場を設立し、当初の燃料電池の生産規模は年間1500台を誇る。また、インベストSA (Invest SA)と協力して、初期の現地サプライヤーとの間でローカライゼーション・プロセスも進めており、プリント基板、ワイヤーハーネス、圧力タンク、金属薄板、真空成型ダクトの組み立てなど、サプライチェーンに含めるよう考慮すべき側面に対応している。

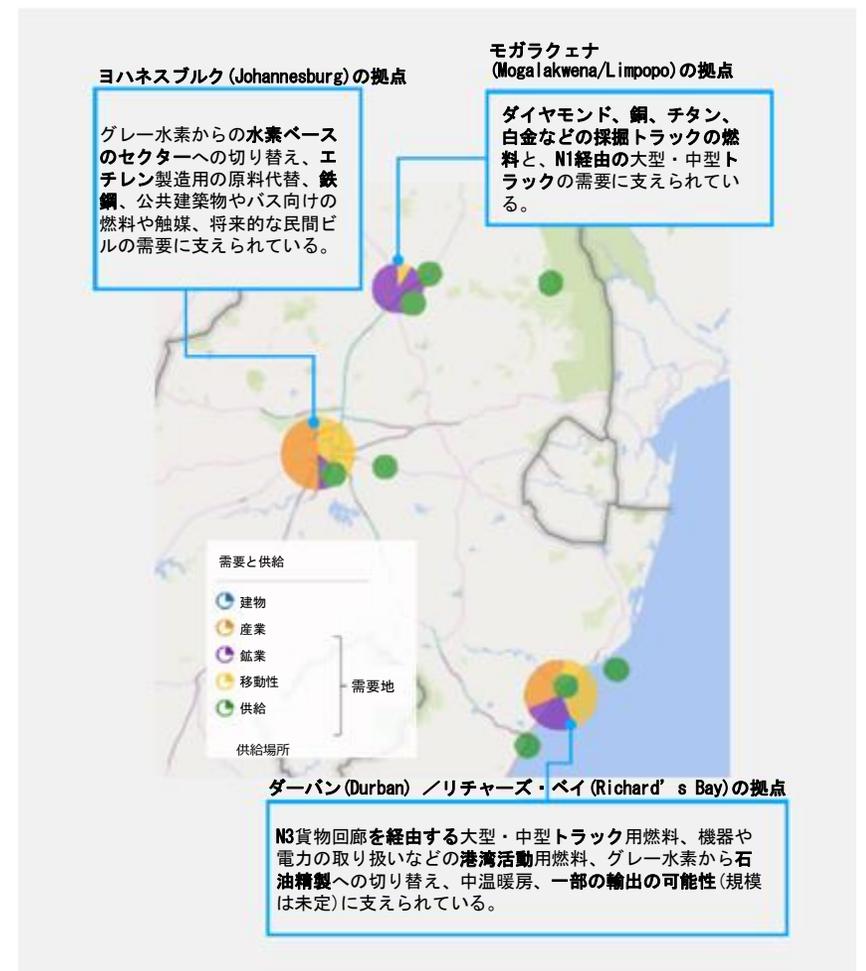
## アングロ・アメリカン(Anglo American)社の燃料電池採掘トラック

アングロ・アメリカン・プラチナ(Anglo American Platinum)社は現在、世界初の水素燃料電池を搭載した採掘トラックを開発中である。このトラックでは現場で太陽光発電を行い、グリーン水素を生成する。このプロジェクトは、エンジー(Engie)社やバラード・パワー・システムズ社など複数のパートナーと共同で進められている。このプロジェクトは2022年の第1四半期に稼働予定。

## 水素バレーのフィージビリティスタディ

科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)は、エンジー(Engie)社、アングロ・アメリカン(Anglo American)社、SANEDI社、バンビリ・エナジー(Bambili Energy)社と共同でフィージビリティスタディを実施し、リンポポ(Limpopo)からダーバン(Durban)に伸びる水素バレーの潜在性を探った。調査の結果、下図に示す水素バレーを形成し得る3つの水素拠点を特定。これらの拠点の中で、移動性、産業、建物の各応用分野で8つの潜在的なパイロットプロジェクトを把握した。これらのプロジェクトについては次のページで概説する。

図18: 南アフリカの水素バレーに関する報告書  
(出典: 科学・イノベーション省 [Department of Science and Innovation])



# 南アフリカにおける現在の水素プロジェクト(続き)



## 「水素バレーに関する報告書」で特定された8件のパイロットプロジェクト

拠点	プロジェクト	水素 Kton/年		
		パイロットの立ち上げ	規模拡大	分野を横断した拡大
移動性	ヨハネスブルグ(Johannesburg)、プレトリア(Pretoria)、ダーバン(Durban)のバスの転換	最大1	1-4	4-8
	採掘トラック	最大8	8-25	25-50
	ダーバン港とリチャードズ・ベイ港の港湾物流の改良	最大1	1-2	2-4
	ラステンバーグ/ヨハネスブルグ(Johannesburg)の物流センターのフォークリフト	最大0.2	最大0.5	0.5-5
	大型トラックと補給ステーションの転換	最大5	6-9	12-26
	ダーバン(Durban)とリチャードズ・ベイ(Richard's Bay)を結ぶ貨物列車			0.3-0.7
	アンモニア運搬船の海洋燃料補給			5-10
	水素燃料電池による係留			0.3-0.5
産業*	サソールバーグ(Sasolburg)のエチレン	最大2	2-4	8-13
	サソールバーグ(Sasolburg)のアンモニア	5-16	5-16	5-16
	アルセロール・ミッタル(ArcelorMittal)社の鉄鋼(フェリーニヒング、バンダービルパークなど)		1-2	1-3
	ダーバン(Durban)の製紙工場で天然ガスを水素に変換		2-5	4-7
建物	リンポポ(Limpopo)科学技術団地のデータセンターの電力供給	最大0.1	最大2	
	ルステンブルクのアングロ・アメリカン(Anglo American)社のオフィスビル	最大0.1	0.2-1	1-2
	ヨハネスブルグ(Johannesburg)、プレトリア(Pretoria)、ダーバン(Durban)の官公庁		最大1	1-2
	O.R.タンボ(Tambo)国際空港とキング・シャカ(King Shaka)国際空港の建物**		最大0.2	0.2-0.4

プロジェクトの詳細はこちらから。  
[https://www.dst.gov.za/images/2021/Hydrogen\\_Valley\\_Feasibility\\_Study\\_Report\\_Final\\_Version.pdf](https://www.dst.gov.za/images/2021/Hydrogen_Valley_Feasibility_Study_Report_Final_Version.pdf)

図19:南アフリカの水素バレーに関する報告書  
 (出典:科学・イノベーション省[Department of Science and Innovation])

出典:科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)

# 南アフリカにおける戦略的水素アプローチ



5. 戦略的水素プロジェクト

南アフリカ政府は、南アフリカのグリーン水素経済を成長させる多数の戦略的アプローチとプロジェクトに力を入れている。

## 北ケープ州(Northern Cape)における戦略的アプローチ

- 水素輸出を中心としたボホバリー(Boegoebaai)経済特区の設立が提案され、計画が進行中。
- 9GWの電解槽能力を支えるインフラが2025～2026年までに建設され、2030年までにフル稼働予定。
- 24万ヘクタールの土地を、電解槽による電力供給を支える再生可能エネルギー生産向けに割り当て。
- ボホバリー(Boegoebaai)経済特区の集約されたネットワークを駆使し、北ケープ州(Northern Cape)のソーラーベルトで発電された電力を集約して輸出。
- 民間企業との連携関係を構築することで、グリーン水素パイプラインシステムを完成させ、2030年までに北ケープ州(Northern Cape)のソーラーベルト全域のプロジェクトをボホバリー(Boegoebaai)経済特区に統合。
- 民間セクターやトランスネット(Transnet)社と連携し、2030年までにグリーン水素製造業者とボホバリー(Boegoebaai)および国内の広範な港湾ネットワークを結ぶ専用鉄道インフラを展開。



出典: 科学・イノベーション省 (Department of Science and Innovation)

## ハウテン州(Gauteng)における戦略的アプローチ

- **ACSA(南アフリカ空港会社)／ORTIA(O.R.タンボ[Tambo]国際空港)との提携により、グリーン航空機燃料の供給をハウテン・エア・アクセス(Gauteng Air Access)に統合** - グリーン航空機燃料を供給することで、排出量を削減し、フライトにかかる炭素税の削減を目的とする。
- **グリーン水素エネルギー発電の大規模発電を電力システムに統合** - 電力供給が著しく不安定な地域における実施を目的とする。バール(Vaal)川経済特区の重点分野。
- **水素セクターと経済におけるグリーン水素スキルアカデミーの統合** - グリーン水素のバリューチェーンの生産、バリューチェーン管理、維持に焦点を当てる。O.R.タンボ(Tambo)経済特区に組み込むことを目標とする。
- **戦略的なローカリゼーション、企業やサプライヤーの開発イニシアチブの統合** - 部品製造、再生可能エネルギーシステムの導入・運用、バリューチェーン管理への幅広い参加に関するイニシアチブ。
- **公的機関や民間企業が補助金を出資するバス車両に焦点を当て、モビリティ・エネルギー源としてのグリーン水素を導入するベンチャー事業を検討** - バスの補助金に関する現在の進捗状況や現状を鑑み、グリーン水素への移行やバス高速輸送システム車両向け燃料電池について、自治体と協力。



# 南アフリカにおけるグリーン水素プロジェクトの機会



5. 戦略的水素  
プロジェクト

ビジネスケースを十分に評価する必要があるものの、以下のプロジェクトは投資を呼び込む潜在力を有している。

## 鋼鉄



**サルダニア(Saldanha)製鉄所**は、グリーン水素への転換の可能性を秘めている。従来の石炭由来の水素に代わり、既存の還元鉄プロセスで水素を利用できる可能性がある。現在のCOREXの直接還元鉄(DRI)プロセスと電気アーク炉の調整に加え、再生可能な発電/エネルギー要素と新しい電解ユニットを基に、本製鉄所を改修することで、脱炭素化と国家GHG排出量削減に大きく貢献できると同時に、脱炭素化を目指す貿易相手国に対する有利性と魅力度がさらに向上する。移行のための資金援助は、2020年代半ばから後半にかけて行われる予定。この予想の根拠は、EUがこの時期までに炭素国境調整メカニズムを導入する可能性が高いことに基づいている。南アフリカが環境に配慮した鉄鋼業の計画と早期の移行段階を開始すれば、完全に移行してEUや貿易相手国の排出基準に準拠するための潜在的な経済的支援を受けるのに適した立場になると思われる。

## 合成燃料



**セクンダ(Secunda)の石炭操業場**には、クリーンな水素の利用に生かせるだけの余力がある。初めの間は、原料となるガスの増加や、石炭の再生可能な代替物としてのバイオマスの限定的使用として、進行中の石炭処理をサポートするために水素が使用されることになると思われる。より長期的には、水素を使用することで、フィッシャー・トロプシュ過程の原理により、無炭素の原料を使用して合成燃料を生産することが可能となる。セクンダ(Secunda)の操業場は、持続可能な航空液体燃料を生産することで、南アフリカ最大のグリーン水素ユーザーになる潜在力を有する。また、既存のガス化やフィッシャー・トロプシュ過程の技術を別の用途に応用することもできる。このことから、持続可能な航空燃料市場の新規参入国と比較して、南アフリカは有利な立場にある。また、**モッセルベイ(Mossel Bay)のGTL施設**を改修することで、クリーンな水素の利用が可能。また、天然ガスの新しい供給源としてブルー水素を供給する機会もある一方、既存のガス供給インフラも炭素回収・貯蔵の用途に利用可能。これらは、水素燃料源、水素補給センター、水素産業のように現地レベルで応用することができる。

## ボホバーイ (Boegoebaai) プロジェクト



2021年10月、サソール(Sasol)社は南アフリカのインフラ・投資局(South African Infrastructure and Investment Office)との提携を発表し、ボホバーイ(Boegoebaai)のグリーン水素開発プロジェクトを牽引することになった。北ケープ州開発局(Northern Cape Development Agency)と共に、サソール(Sasol)社は、ボホバーイ(Boegoebaai)がグリーン水素とアンモニアの輸出拠点となりうる可能性を探るため、フィージビリティスタディに着手。調査期間は完了までに約2年を要すると予測されており、「戦略的インフラプロジェクト」の次のステップを決定していくことになる。

出典: 国際水素協会/水素社会ロードマップ(Hydrogen Society Roadmap)

# 6. 日本企業に とってのチャンス



# パートナーシップの機会



6. 日本企業にとってのチャンス

グリーン水素の分野では、日本企業が関与できる南アフリカの企業や取り組みが多数存在する。

サソール(Sasol)社は、南アフリカの大手水素製造業者である。これらの水素のほとんどは事業活動で使用されているが、サソール(Sasol)社はすでにパートナーシップを築き、グリーン水素経済の最前線に立つための取り組みを行っている。同社の商業規模のグリーン水素プロジェクトの一例を次に挙げる。

- グリーン水素の製造
- 大型車両
- 持続可能な航空燃料

各海運会社は、2050年までに船体の温室効果ガス排出量をゼロにすることを公約しているが、そのためには、2030年までにカーボンニュートラルな船舶が実用化されている必要がある。トランスネット・ポートターミナルズ(Transnet Port Terminals)社の場合、グリーン水素系燃料を使用することで、カーボンニュートラルな車両への燃料供給が可能となる。想定される状況は以下の通り。

- 港近郊に再生可能エネルギー・ステーションを建設。
- グリーン水素の現場製造の能力と可能性の開拓。
- 既存の燃料補給やインフラを活用し、グリーン水素を航空機や船舶の燃料として使用。
- グリーン水素製造の需要拡大に伴う港湾インフラの拡充の可能性。



グリーン水素は、「公正なエネルギー移行」プロジェクトを実現するための要素として位置づけられている。

- やむを得ない二酸化炭素の排出は、炭素回収やブルー水素の製造に利用し、水素の一次製造では再生可能エネルギーの利用が可能。
- 輸送の面では、移動式燃料電池、FCEV車両(バス高速輸送システムでは燃料電池を車両に搭載)、商用車でFCEVの使用が世界規模で市場を牽引しており、南アフリカはこの市場で競争力を有している。
- 以下の産業には大きな潜在力がある。
  - グリーン水素の化学製品
  - ブルー水素の製造や各セクターの脱炭素化を支援するCCU技術の開発
  - オフグリッド・エネルギー・ソリューションの開発
- グリーンアンモニアやグリーン水素の肥料
- グリーンスチール

グリーン水素を促進するための投資の呼び込みと、日本企業が参加する上での潜在性

- 水素セクターの主要な投資家との定期的なラウンドテーブルを開催し、これには白金族金属の鉱山セクターも加わる。
- 経済特区内ではグリーン水素やアンモニアの輸出製造が行われており、ボホバーイ(Boegoebaai)港には専用の輸出設備が整備されている。製造拠点では最上位の再生可能エネルギー製造を実施するため、経済特区内にインセンティブ制度を設けている。
- グリーン水素とグリーンアンモニアの貯蔵は、サルダニア(Saldanha)やクーラ(Ngqurha)などの既存の港湾操業に組み込むことが可能。このような製品の輸出をサポートするため、輸送インフラと輸送能力の拡大と拡充を実施する。

# 投資候補となる南アフリカのプロジェクト



6. 日本企業にとってのチャンス

グリーン水素の分野では、日本企業が関与できる南アフリカの企業や取り組みが多数存在する。

ステークホルダーは、グリーン水素の分野の勢いを加速させる主要なトレンドを予測している。

- 水素タービンでの発電。
- 冷却ガスに使用される水素は、天然ガスなどの非再生資源に代わる可能性を秘めている。
- グリーンアンモニアの製造、特に肥料製造に使われる製品の製造。
- バッテリーメタルなどのグリーンエネルギー用メタル。

## 南アフリカで最も有望な水素の応用例:

- 産業 - 既存の産業やグリッドを、グリーン水素燃料ベースの操業に転換。
- 鉱業・輸送 - 水素系PGM触媒燃料電池を利用して、大型車やミニバスを製造。
- 輸出 - グリーン水素を大量製造して輸出し、一部は国内で消費。

南アフリカでは、水素に特化した政策や法律はまだ整備されていないが、日本企業が南アフリカの水素経済に積極的に参加できるような制度はいくつか存在する。

- 炭素税の相殺
- 統合資源計画(Integrated Resource Plan)を利用し、電力システムを強化することが可能

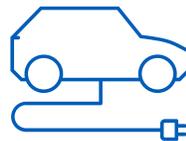
## 検討すべき潜在的なプロジェクト要素

- 電解槽の工業団地
- 海水淡水化の工場
- グリーンアンモニア製造工場
- 貯蔵施設
- 太陽光／風力とバッテリー工業団地
- 共通部品サプライヤーの工業団地
- 電解槽の高度な製造を行うギガファクトリー



## 日本企業は、次のような視点で議論を進めることができる。

- 既存の水素プレーヤーは、この市場を後押しする技術やイニシアチブを有しており、議論にも積極的で、またパートナーシップを構築することでグリーン水素経済の先頭に立つ努力をしている。
- グリーン水素を世界的に普及させるためには、政府のさらなる取り組みが必要であるが、日本企業が関与できる取り組みも多数存在する。
- ステークホルダーとの議論の結果、官民セクターと政府との繋がりが不十分であることがわかった。つまり、日本企業はこの機会を利用し、グリーン水素のアジェンダを推進しながら、当事者間の繋がりを構築できると思われる。
- また、水素インフラの格差もステークホルダーから指摘されている。グリーン水素サプライチェーンのこのような側面を推し進める技術と能力を持つ日本企業なら、南アフリカのグリーン水素経済に貢献することができる。



出典:水素ステークホルダーのインタビュー

# 南アフリカ市場で考慮すべき事項



6. 日本企業にとってのチャンス

南アフリカ市場の主要なステークホルダーが注目している点は、以下の通り。

- 政府は、グリーン水素経済の開発と推進の主要なプレーヤーになる必要がある。政府の関与により、投資と機会のプラットフォームが形成される。日本企業は、すべての主要な議論に政府を関与させるよう検討する必要がある。
- 日本企業は、日本-中東間のパートナーシップと同様のアプローチを取ることを検討する必要がある。南アフリカと日本の間には植民地時代の歴史はないため、一般的には、中東と同様、日本の関心と投資は歓迎されると思われる。
- 水素経済を加速させる議論に官民を巻き込んで行き、南アフリカの水素経済を促進するためのネットワークを構築することを検討する。
- 労働者を適切に編成して、すべての取り組みやベンチャー事業に含めるようにする。
- 地方自治体や経済特区、産業開発区との関与やパートナーシップの構築を検討する。

科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)が開催した水素ロードマップワークショップでのアンケートによると、南アフリカがグリーン水素経済分野で国際的なパートナーと関わる際に考慮されると思われる点は以下の通り。

- 主要な現地サプライチェーンの開発
- 技術のローカリゼーション
- 水素の長期供給契約
- 国内外の技術を統合して展開
- 国際市場開拓の戦略と実行計画
- 南アフリカ製品のグローバル市場へのアクセス
- 国の長期計画
- グリーン水素経済の構築に向けた長期的な取り組み、支援、投資
- 輸出計画と連動した戦略的エンゲージメント計画
- インフラ型プロジェクトの策定

南アフリカが活用できるその他の要因は以下の通り。

- 質の高い熟練した労働力
- 豊富な鉱物資源と、それを管理する組織が確立されていること
- インフラ用地の可用性
- 拡充や適応が可能な現地で入手可能な技術
- 大規模な製造能力
- ネットワーク間の輸送により、水素の供給・利用を地域拡大できる可能性

民間セクターが水素・燃料電池技術の研究・開発・イノベーションにさらに関与できる方法:

- 参加を促す市場条件の整備
- 市場需要とインセンティブの両方を用意
- 資金の活用
- パイロットや実証への参加
- 明確な商業化戦略

- 国内のアンカー顧客の開拓に貢献
- ロールプレイヤーのバリューチェーン／市場分析
- 連携を促進するような、明確に定義された卓越した研究拠点

出典:ステークホルダーインタビュー／科学・イノベーション省(Department of Science and Innovation)

# 參考資料



# Reference List

- ABC news (2021). What is green hydrogen, how is it made and will it be the fuel of the future. <https://www.abc.net.au/news/science/2021-01-23/green-hydrogen-renewable-energy-climate-emissions-explainer/13081872>.
- Afrik21 (2021). South Africa: Sasol and Air Liquide tender for 600 MW of green energy. [SOUTH AFRICA: Sasol and Air Liquide tender for 600 MW of green energy | Afrik 21](#).
- Anglo-American (2019). Hydrogen fuel cells work to power the future. Anglo-American. <https://www.angloamerican.com/futuresmart/stories/our-industry/technology/how-hydrogen-fuel-cells-work>.
- CEA (2006). From hydrogen to energy production. <https://www.cea.fr/english/Documents/thematic-publications/hydrogen.pdf>.
- Cigre (2021). Three driving forces that determine the future of green hydrogen application. [https://www.cigre.org/article/GB/news/the\\_latest\\_news/three-driving-forces-that-determine-the-future-of-green-hydrogen-application](https://www.cigre.org/article/GB/news/the_latest_news/three-driving-forces-that-determine-the-future-of-green-hydrogen-application).
- Department of Science and Innovation. (2016). SA's first prototype hydrogen-powered forklift and refuelling station unveiled. [SA's first prototype hydrogen-powered forklift and refuelling station unveiled \(dst.gov.za\)](#).
- Department of Science and Innovation (2021). Government and Private sector collaborate to build SA's hydrogen valley. [Government and private sector collaborate to build SA's hydrogen valley \(dst.gov.za\)](#).
- Department of Science and Innovation (2020). Science and Innovation establishes a Platinum Valley to serve as an industrial cluster: Platinum Valley project pulls SA's hydrogen initiatives into one ecosystem. [Science and Innovation establishes a Platinum Valley to serve as an industrial cluster | South African Government \(www.gov.za\)](#).
- Department of Science and Innovation (2021). South Africa Hydrogen Valley Report. [https://www.dst.gov.za/images/2021/Hydrogen\\_Valley\\_Feasibility\\_Study\\_Report\\_Final\\_Version.pdf](https://www.dst.gov.za/images/2021/Hydrogen_Valley_Feasibility_Study_Report_Final_Version.pdf)
- Department of Trade, Industry and Competition (2021). Minister Ebrahim Patel outlines potential of South African green hydrogen economy and sets out new role for IDC. [Minister Ebrahim Patel outlines potential of South African green hydrogen economy and sets out new role for IDC | South African Government \(www.gov.za\)](#).
- Department of Science and Innovation. (2022). Hydrogen society roadmap for South Africa. [Hydrogen society roadmap for South Africa 2021 \(dst.gov.za\)](#)
- Department of Trade, Industry and Competition (2021). Special Economic Zones. <http://www.thedtic.gov.za/sectors-and-services-2/industrial-development/special-economic-zones/>.
- Department of Trade, Industry and Competition (2021). A Guide to the dtic Incentive Schemes 2020/21.
- Department of Transport (2018). Green Transport Strategy of South Africa: (2018 – 2050). [https://www.transport.gov.za/documents/11623/89294/Green\\_Transport\\_Strategy\\_2018\\_2050\\_online\\_version.pdf/71e19f1d-259e-4c55-9b27-30db418f105a](https://www.transport.gov.za/documents/11623/89294/Green_Transport_Strategy_2018_2050_online_version.pdf/71e19f1d-259e-4c55-9b27-30db418f105a)
- Dr. Blade Nzimande (Minister of Higher Education, Science and Innovation), South African Government (2021). Webinar of renewable Hydrogen and Green Powerfuel opportunities for South Africa. [Minister Blade Nzimande: Webinar on renewable Hydrogen and Green Powerfuel opportunities for South Africa | South African Government \(www.gov.za\)](#).
- Engineering News (2020). South Africa's potential to export green hydrogen boosted. <https://www.engineeringnews.co.za/article/south-africas-potential-to-export-green-hydrogen-boosted-2020-05-26>.
- Engineering News (2021). Exciting funding opportunity for green hydrogen projects in South Africa. [Exciting funding opportunity for green hydrogen projects in South Africa \(engineeringnews.co.za\)](#).
- Engineering News (2021). Cabinet expected to approve Hydrogen Society Roadmap by early 2022 at latest. [Cabinet expected to approve Hydrogen Society Roadmap by early 2022 at latest \(engineeringnews.co.za\)](#).
- EU-South Africa (Partners for Growth) and Council for Scientific and Industrial Research (CSIR) (2021). Powerfuels and Green Hydrogen. [https://www.euchamber.co.za/wp-content/uploads/2021/02/Powerfuels-Summary-Report-South-Africa-EU-SA\\_Partners-for-Growth-Final-28-Jan-2021.pdf](https://www.euchamber.co.za/wp-content/uploads/2021/02/Powerfuels-Summary-Report-South-Africa-EU-SA_Partners-for-Growth-Final-28-Jan-2021.pdf)

# Reference List (continued)

- Fitch Solutions (2021). Global Hydrogen Outlook.
- Fitch Solutions (2021). Unpacking the hydrogen hype.
- Fitch Solutions (2021). Sub-Saharan Africa Green Hydrogen Index.
- Global Hydrogen network (2021). Clean Hydrogen Ladder.
- H2 Bulletin (2020). Market Insight: Which countries are backing the hydrogen economy. <https://www.h2bulletin.com/countries-hydrogen-economy-goals-policies/>
- Hydrogen Council. (2021). Hydrogen Insights: An updated perspective on hydrogen investment, market development and momentum – February 2021. <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/02/Hydrogen-Insights-2021-Report.pdf>
- Hydrogen Council. (2021). Hydrogen Insights: An updated perspective on hydrogen investment, market development and momentum in China – July 2021. <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/07/Hydrogen-Insights-July-2021-Executive-summary.pdf>
- Hydrogen Europe (2021). The Hydrogen 2030 Blueprint.
- Hydrogen South Africa (2021). Hydrogen Society Roadmap Collaboration Workshop Presentation, 14 July 2021.
- Hydrogen South Africa (2021). Hydrogen infrastructure brings LOHC technology to South Africa. <http://hysainfrastructure.com/hysa-infrastructure-brings-lohc-technology-to-south-africa/>.
- Institute of Energy Economics (2021). Contrasting European hydrogen pathways: An analysis of differing approaches in key markets. <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2021/03/Contrasting-European-hydrogen-pathways-An-analysis-of-differing-approaches-in-key-markets-NG166.pdf>.
- International Energy Agency (2019). The Future of Hydrogen.
- International Energy Agency (2021). Net Zero by 2050. A roadmap for the Global Energy Sector. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- International Energy Agency (2021). Global Hydrogen Review 2021. <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2021>
- IHS Markit (2021). Super H2igh Road South Africa Public Report.
- IOL (2021). R4.6m UK grant boost to benefit Durban's hydrogen economy. [R4.6m UK grant boost to benefit Durban's hydrogen economy \(iol.co.za\)](https://www.iol.co.za/news/south-africa/2021-07-14-r4-6m-uk-grant-boost-to-benefit-durban-s-hydrogen-economy).
- JETRO (2017). Japanese Companies in the Republic of South Africa. [170313K\\_Inaba/Presentation\\_Japanese\\_Businesses\\_in\\_SA\\_English \(sajapan.org\)](https://www.jetro.go.jp/press/170313K_Inaba/Presentation_Japanese_Businesses_in_SA_English_(sajapan.org)).
- National Business Initiative (2020). Just Transition and Climate Pathways Study for South Africa: Decarbonizing South Africa's Power System.
- Ricardo & Environmental Defense Fund (2021). South Africa: fuelling the future of shipping: South Africa's role in the transformation of global shipping through green hydrogen-derived fuels. [https://www.google.com/search?q=Zero+carbon+shipping+in+South+Africa%2C+June+2021&rlz=1C1GCEU\\_enZA894ZA894&oq=z&aqs=chrome.1.69i57j69i59l2j46i433i512j0i433i512j69i60l3.2510j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Zero+carbon+shipping+in+South+Africa%2C+June+2021&rlz=1C1GCEU_enZA894ZA894&oq=z&aqs=chrome.1.69i57j69i59l2j46i433i512j0i433i512j69i60l3.2510j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- SAIIA (2021). South Africa-UK-PACT Green hydrogen economy project. [South-Africa-UK PACT Green Hydrogen Economy Project – SAIIA](https://www.saiia.org.za/press-releases/south-africa-uk-pact-green-hydrogen-economy-project).
- Sasol (2021). Sasol and IDC formalise partnership to co-develop South Africa's hydrogen economy. <https://www.sasol.com/media-centre/media-releases/sasol-and-idc-formalise-partnership-co-develop-south-africa-s-hydrogen>.
- Sasol (2021). Sasol joins the Global Hydrogen Council. <https://www.sasol.com/media-centre/media-releases/sasol-joins-global-hydrogen-council>.
- US Energy Information Administration (2021). Hydrogen explain. <https://www.eia.gov/energyexplained/hydrogen/>.
- US Environmental Protection Agency (2021). Sources of Greenhouse Gas Emissions. <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>.
- World Energy Council (2019). Innovation Insight Brief. <https://www.worldenergy.org/assets/downloads/WEInsights-Brief-New-Hydrogen-economy-Hype-or-Hope-ExecSum.pdf>.