

インドの水素事業環境概要

経済産業省 参事
日本貿易振興機構（ジェトロ）
ニューデリー事務所 産業調査員

2023年4月 大瀧 拓馬

1 | インドの水素をめぐるエネルギー政策変遷

- モディ首相はCOP26においてグリーン化に向けて発信を強化。一部、具体的な政策も措置。



出所 : Indian express

COP26におけるモディ首相演説 @The World Leaders Summit (2021年11月2日)

5つの約束

- ① 2030年までに**非化石電源を500GW**とする。 ※従前は再エネ450GWの国内目標
- ② 2030年までに**再エネ起源エネルギー(電源構成)を50%**とする。 ※現行NDCでは40%
- ③ これから2030年までに、**炭素排出計画総量を10億トン削減**。
- ④ 2030年までに、経済に対する炭素強度(**GHG/GDP原単位**)を**対2005年比で45%削減**。
- ⑤ **2070年までにネットゼロ (CN)** を達成。 ※ネットゼロ(CN)に関する新しい目標併せて、**先進国からの1兆ドルの気候ファイナンス**の提供を期待。



出所 : Indian express

8月15日の独立記念日における演説

「(独立後100年の) **2047年までにエネルギー自給国になる (Energy Independence)**」
この観点で、具体的に言及があったのは、主に以下のとおり。

- ① **ガスベース経済 (天然ガス・LPガスの国内ネットワークの充実)**、② **バイオエタノールの20%混合**、③ **モビリティの電化、鉄道の100%電化**、④ **再エネの2030年450GW目標**、⑤ **国際太陽光同盟 (ISA) の取組**、⑥ **グリーン水素の製造・輸出のグローバルハブ化**

「国家水素エネルギーミッション」

2022年2月に、グリーン水素・アンモニア用の再エネの優遇策を発表(**再エネ発電設備からグリーン水素・アンモニア製造場所までの送電料金の無料化** (最長25年間) 等)

報道によれば、同ミッションの今後の具体的な政策としては、①**水電気分解装置・部品に係るPLI (国産奨励金) スキーム**や、②**石油精製事業者及び肥料製造事業者に対して、使用水素の数%をグリーン水素に置き換えることを義務付け**等が検討されているとのこと。

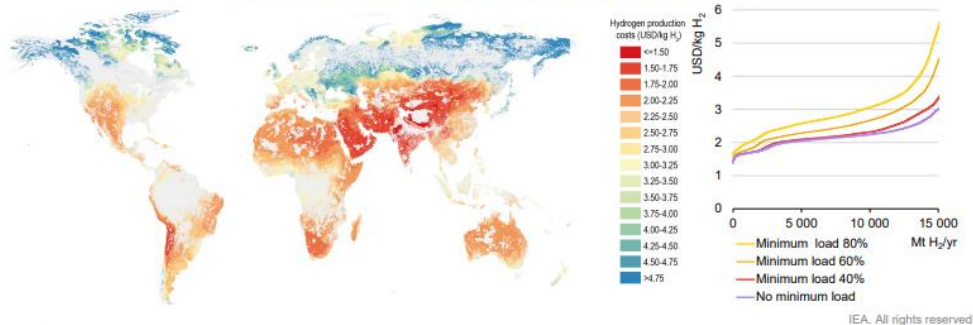


2 | インドのグリーン水素製造に係る潜在性

- 高い再生可能エネルギーのポテンシャル、エンジニアリングコストの競争力から、インドは非常にグリーン水素製造に係る潜在性が高い。

Solar and wind can power hydrogen production at low costs and high load factors when combined or coupled with storage

Hydrogen production costs from hybrid solar PV and wind systems for a minimum load of 40%, 2030 (left map)
Global supply cost curves for different minimum load factors (right figure)



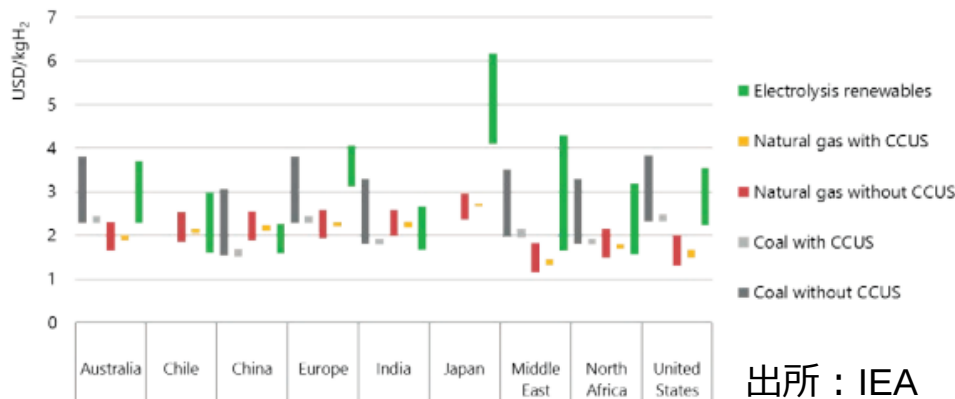
IEA. All rights reserved.

Notes: In the map, the grey colour represents areas that are excluded due to being protected areas or other land uses, though hydrogen projects may not be precluded in practice. The right figure shows hydrogen production costs. They are derived by determining the least-cost ammonia production costs for each location by optimising the mix of solar PV, onshore wind, electrolyser, ammonia synthesis, battery and hydrogen storage tank capacities, with an hourly minimum load of 40% for the ammonia synthesis process. The supply curves consider only locations less than 200 km from a coast.

Sources: Based on hourly wind data from Copernicus Climate Change Service and hourly solar data from Renewables.ninja. Land-use data from GlobCover 2009, World Database on Protected Areas, Global Lakes and Wetlands Database and FAO Digital Soil Map of the World.

出所：IEA

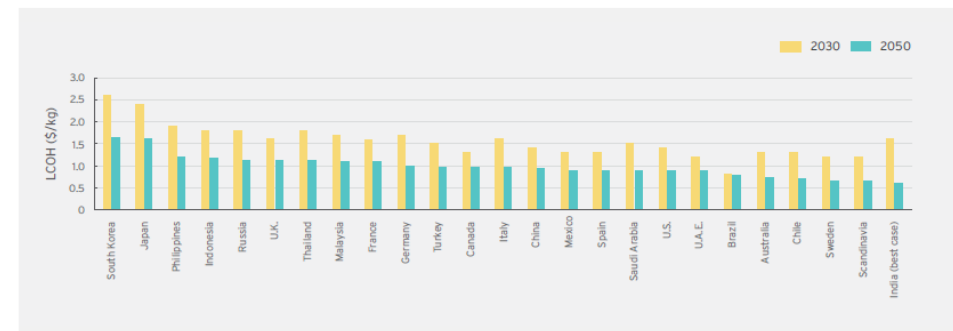
Figure 19. Hydrogen production costs in different parts of the world



出所：IEA

- IEAのレポート(2019)では、1USD後半～2USD後半/kgH₂でグリーン水素を製造できるポテンシャルがあると分析されており、オーストラリアやチリといった国と比較しても高い競争力を実現できる可能性が示されている。
- インド政府の調査機関であるNITI Aayogは、Harnessing Green Hydrogen（2022年6月）では、2050年断面において、世界で最も競争力が高い0.6USD/kgH₂でグリーン水素製造が実現されるという発表をしている。

Exhibit 23 Comparison of levelized cost of green hydrogen in selected countries



Source: BNEF,⁵² RMI Analysis

出所：NITI Aayog

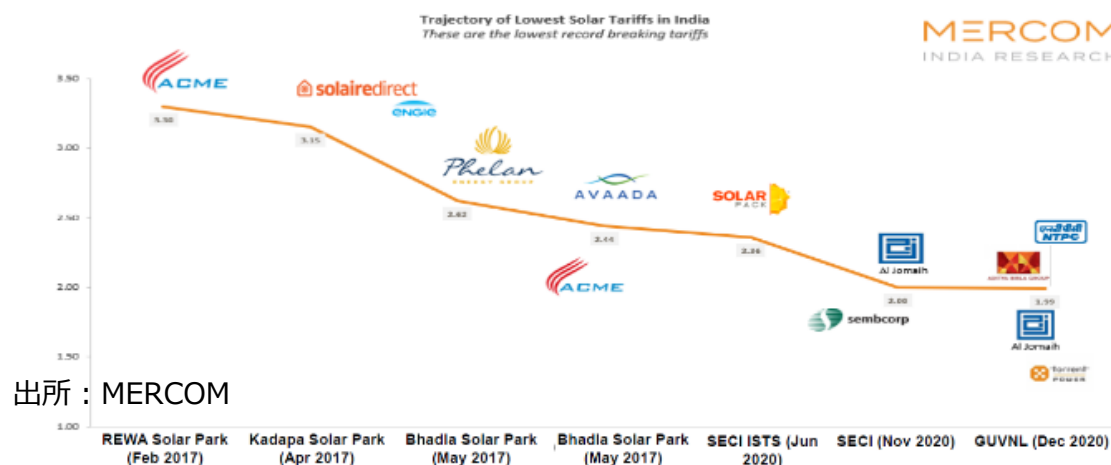
3 | インドの競争力の高い再生可能エネルギー

- 一方、インドは、その地理的特性により、太陽光及び風力のポテンシャルが高い。太陽光については、2020年12月に1.99ルピー（約3.2円）/kWhの最安値を記録。※一般的に、工場等で使用される産業用電気は高い。
- 風力についても、3ルピー（約4.8円）/kWhを記録しており、競争力が高い電源として受け止められている。

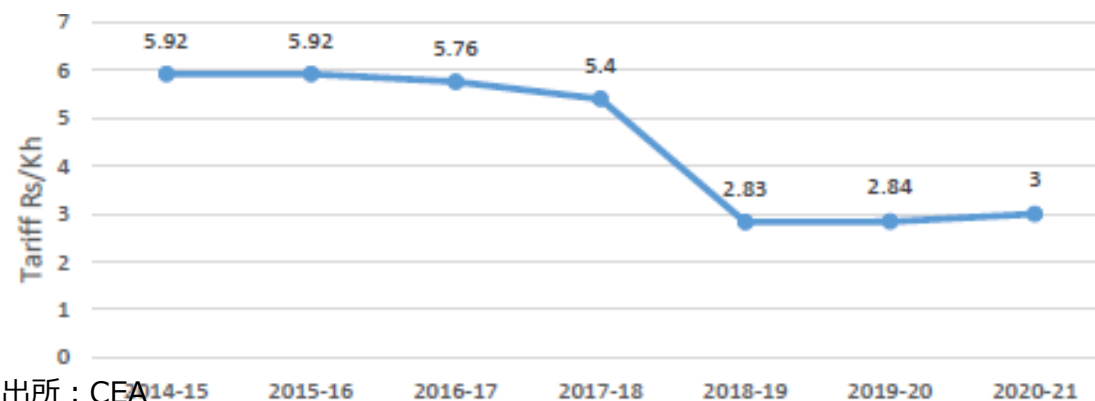
● 太陽光のポテンシャル



● 太陽光の入札価格の推移



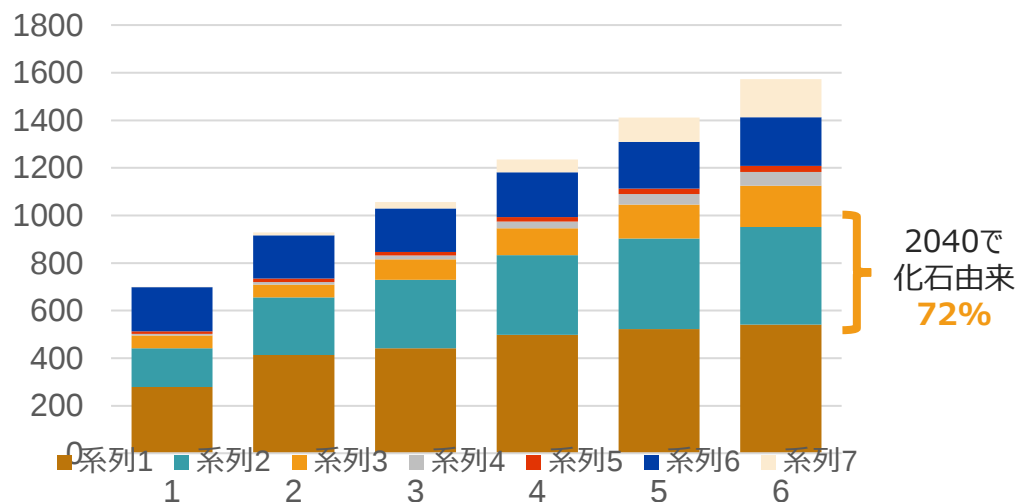
● 風力の入札価格の推移



- インドは中国、米国に次ぐ世界第3位のエネルギー消費国。IEAの試算では、2040年には1次エネルギー使用量は1.7倍となり米国に拮抗。2040年でも約7割は化石燃料由来の見込み。
- 中央電力庁は、2022年9月発表の国家電力計画草案において、2030年の設備容量計画を発表。
非化石電源500GW（太陽光333GW、風力134GW、バイオマス15GW、小水力5GW + 水力83GW）

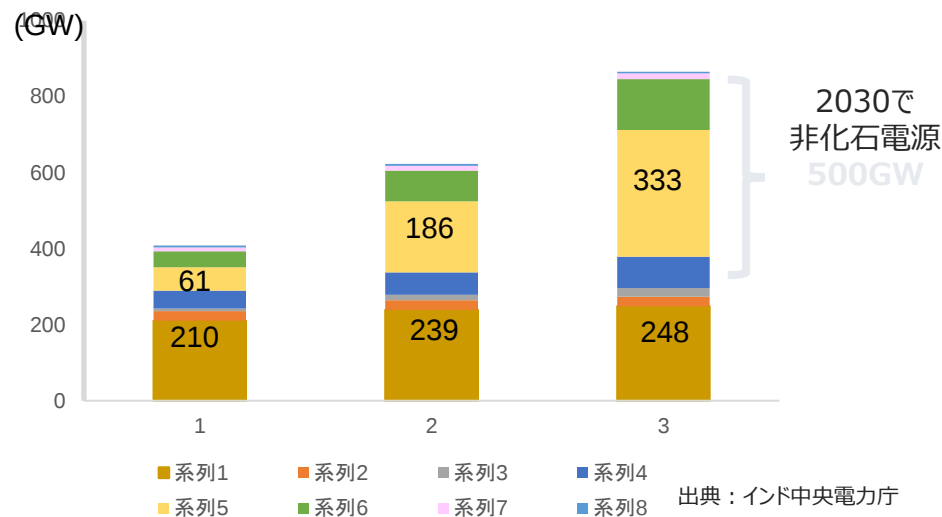
(Mtoe)

インドの1次エネルギー需要見込み



出典：IEA "India Energy Outlook 2021" (p220)

電源ミックスの推移（容量ベース）

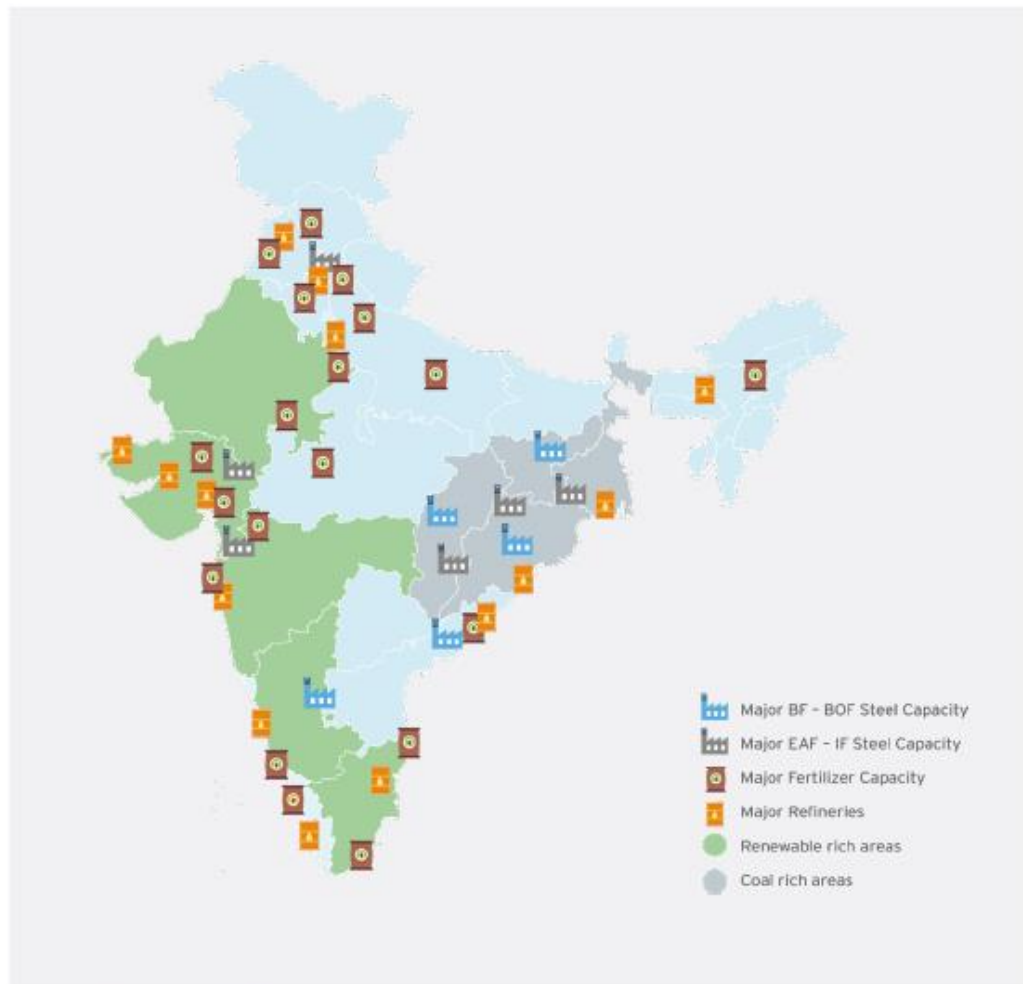


出典：インド中央電力庁

- 原油の調達先（自給率：17%（2018年）。2040年には原油輸入量が2倍に増える予想（IEA））
- 天然ガスの調達先（自給率：52%（2018年） 世界第4位のLNG輸入国）。
- 石炭の調達先（自給率：71%（2016年） インドは世界第2位の石炭輸入国）

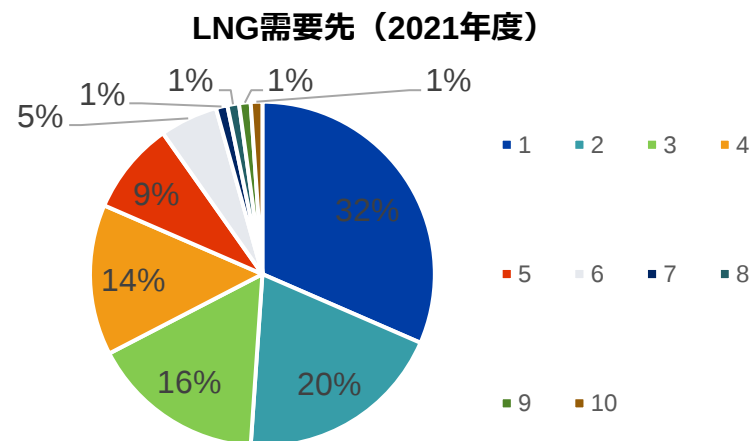
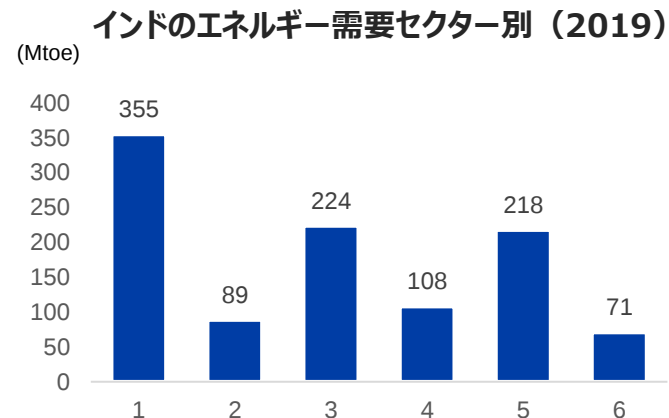
5 | インドの競争力の高い再生可能エネルギー

- インド政府はHarnessing Green Hydrogenの中で、再生可能エネルギーの潜在性が高い地域と、主要な製鉄所、肥料工場、石油精製場が一覧された地図を作成。
- 特に、肥料は農業大国であるインドにとって非常に重要な物資であり、肥料としてのグリーンアンモニアに対する期待が高い。



Source: PPAC, NITI Aayog, CEEW

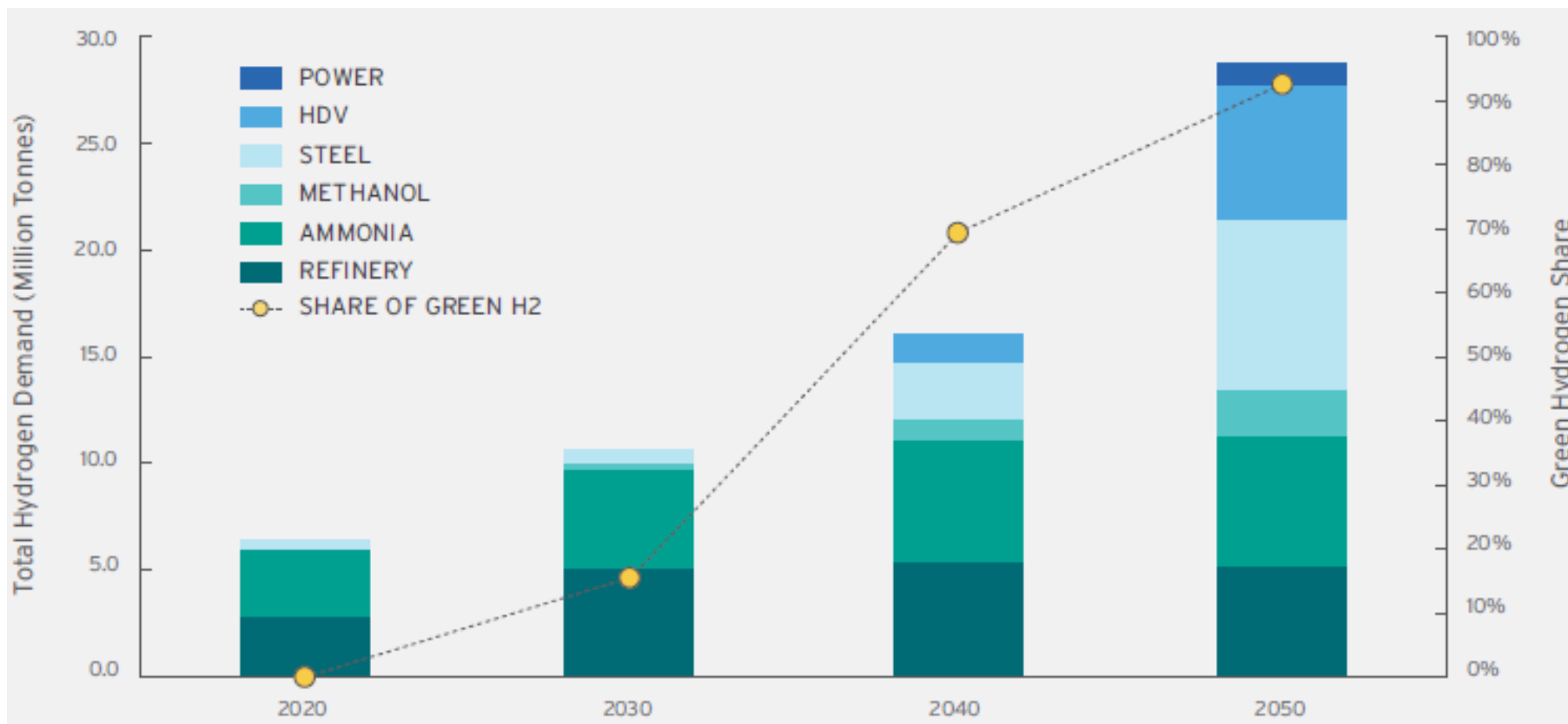
出所：NITI Aayog



出典：statista

- インドにおいては、国家水素ミッションの中で、石油精製事業者等に対するグリーン水素の使用義務付けの議論も出始めており、今後、水素の需要は拡大していく見込み。

- 2030年の段階で10million Tonの水素需要。うち、5%程度がグリーン水素によって賄われるという試算。
- インドにおいては今後、鉄、肥料、石油精製、いずれのセクターにおいても生産が伸びていくことが予測されており、発電需要ではなく、産業需要は底堅く増えてくることが見込まれている。



Source: MoS, MoC&F, MoPNG, IEA, TERI, BCG, World Bank, RMI Analysis

7 | インドの水素供給能力試算

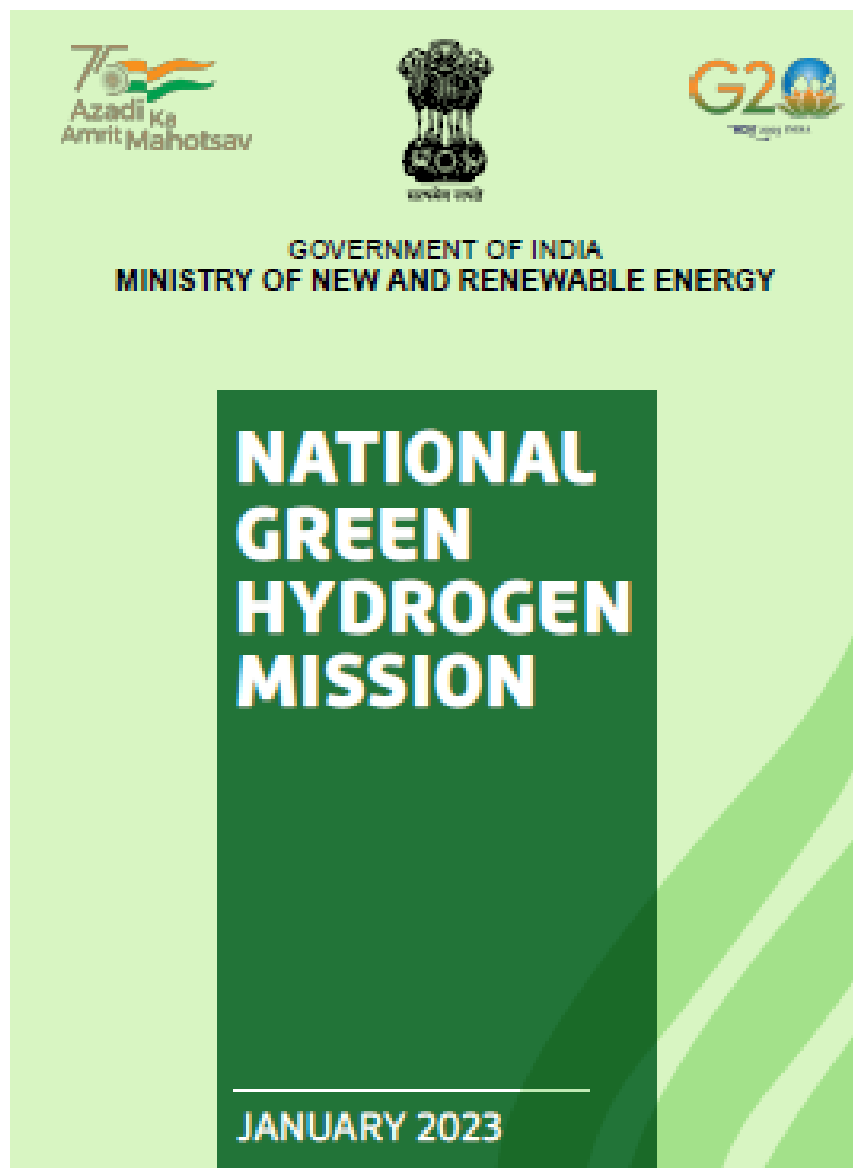
- 2022年6月にNITI Aayogが2030年のヴィジョンとして掲げた水素供給キャパシティは合計160GWであり、この内110GW（69GWのアンモニアと41GWのその他水素）は輸出のための容量として公算されている。

Exhibit 3 Visionary 2030 electrolyzer target for green hydrogen production



Source: NITI Aayog

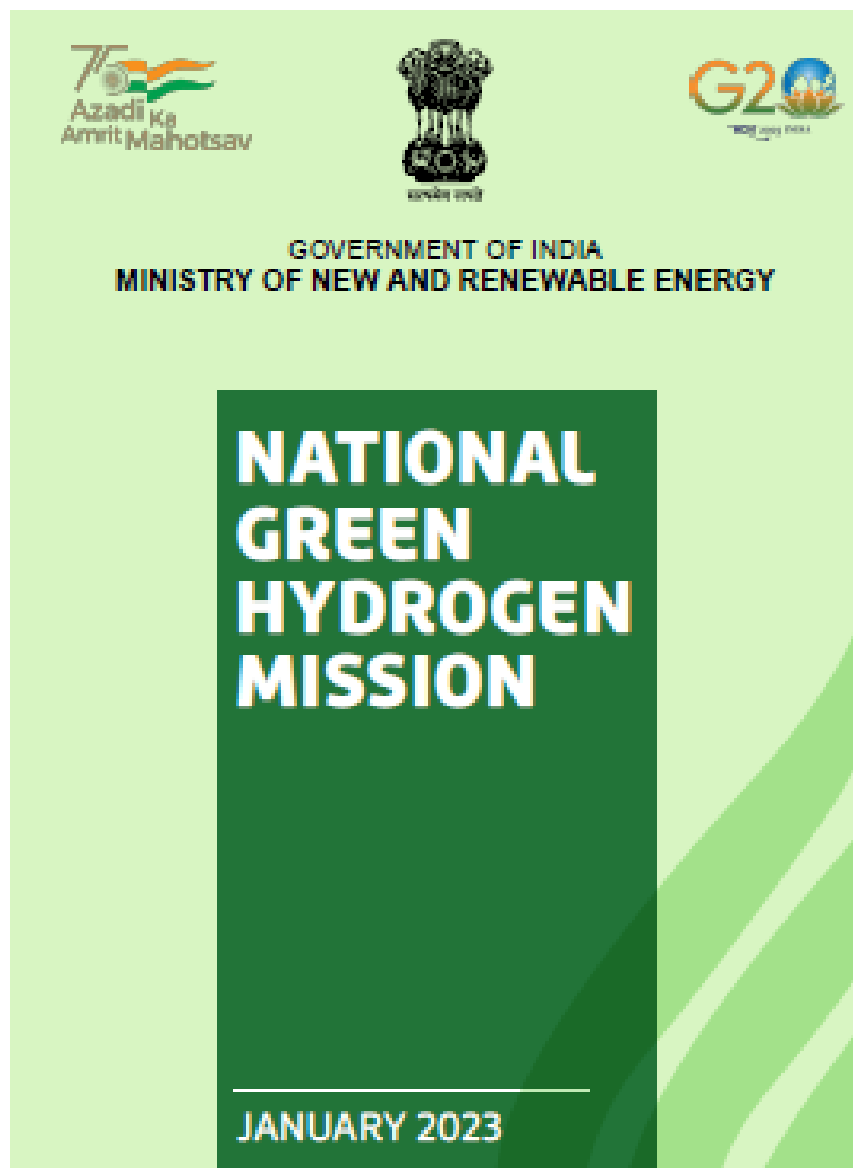
- インド政府は国家水素ミッションを2023年1月に更新。



1. インド政府の目標

- 2030年までに実現されることが期待される成果として以下の項目が挙げられている。
- ✓ **年間5MMT（百万メートルトン）以上のグリーン水素製造能力を開発し、これに伴い、約125GWの再生可能エネルギー容量を追加する。**
- ✓ **総額8兆ルピー（約13兆円）以上の投資**を行う。
- ✓ **60万以上の雇用**を創出する。
- ✓ 化石燃料の輸入を累計で**1兆ルピー以上削減**する。
- ✓ 年間約50MMTの温室効果ガス排出を削減する。
- インドが水素プロジェクトに積極的に取り組む意義として、以下の項目が掲げられている。
- ✓ インドをグリーン水素の世界的な生産・供給国し、また、グリーン水素とその関係機器の輸出機会の創出を狙う。
- ✓ 輸入化石燃料・原料への依存度を低減する。
- ✓ 国内製造能力の強化及び雇用の確保を通じて経済発展の機会を創出する。
- ✓ アプリケーションについては、鉄鋼、長距離大型モビリティ、船舶、エネルギー貯蔵など、化石燃料や化石燃料を原料とする原料をグリーン水素等に置き換える分野におけるパイロットプロジェクトを支援する。

- インド政府は国家水素ミッションを2023年1月に更新。

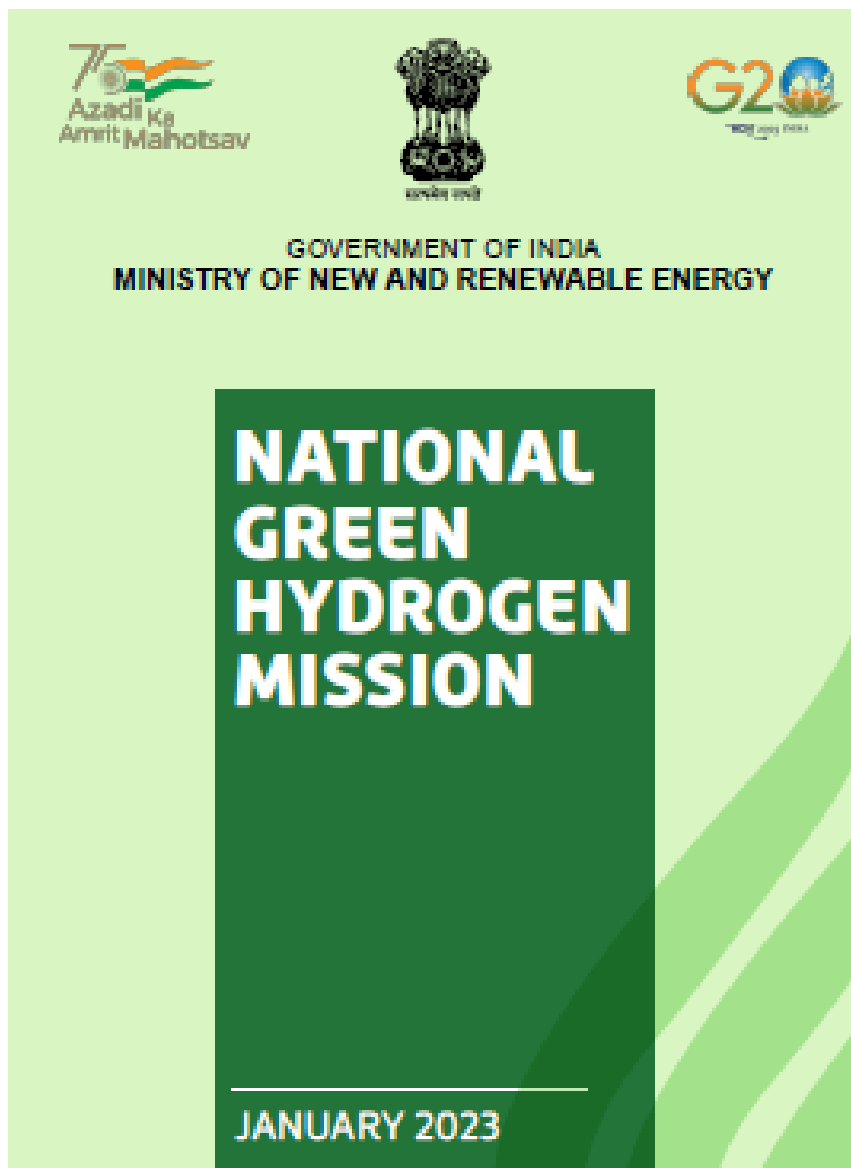


2. 水素製造を支援する取組について

- 水素製造者に対するインセンティブが積極的に検討されている。2023年1月のグリーン水素ミッションの中では、**約1,974億ルピー（約3160億円）が水素振興のための初期予算として割り当てられ、この内SIGHT（STRATEGIC INTERVENTIONS FOR GREEN HYDROGEN TRANSITION）プログラム（※）に1,749億ルピー（約2800億円）が支出される予定とされている。**（この他、パイロットプロジェクト組成に147億ルピー、研究開発支援として40億ルピー）この通り、政府からの財政的支援は、ほぼ全て水素製造を支援するためのプログラムへの配賦が念頭に置かれている。

※国内におけるグリーン水素産業のバリューチェーンの成長を促進するための包括的なインセンティブプログラム。低価格のグリーン水素の製造と、関連機器や技術の国内製造を奨励するため、国家水素ミッションの下、広範囲かつ広範な財政的インセンティブと非財務的措置を検討。初期段階では、電解槽の国内製造とグリーン水素の製造を支援することを目的とした、2つの異なる財政的インセンティブメカニズムが提案されている。本プログラムの下で付与されたインセンティブにより、グリーン水素の価格が大幅に削減され、新興分野での利用を可能にし、国内の製造エコシステムの確立を目指すもの。

- インド政府は国家水素ミッションを2023年1月に更新。



3. 水素需要喚起に向けた取組について

- 需要喚起の方針として、エネルギー多消費産業に対するグリーン水素使用量のモニタリングを始めてるという方針が提起されている。具体的には、インドで年間消費される約5MMTの水素のうち99%が石油精製や肥料用アンモニア製造に利用されていることに言及しつつ、対応策としては以下の内容を提示。
 - ✓ 肥料省、石油天然ガス省、その他の関係部門とともに、グリーン水素の使用状況をモニターし、利用の促進を確実にするためのガイドラインや方法論について開発する。
 - ✓ 指定を受けた企業及び公共部門は、定期的に報告書を提出する仕組みを作る。
 - ✓ モニタリングに必要な技術導入の促進。
 - ✓ グリーン水素の消費目標の強制力を確保するための法的な規定については、省エネ法を通じて確立される。

※インド政府の見立てとして、2020年にインドの水素需要は年間600万トンに達しており、2050年には2800万トンまで急増すると予想しており、このうち80パーセントはグリーン水素により賄われることを想定しているという言及がなされている。

- インド国営企業や財閥は、世界で存在感を発揮するグローバルカンパニーである。
- この上、アルセロールミタル等、グリーン化への対応を進めざるを得ない欧州勢もインドでの製造を増やしていく傾向があるため、グリーン水素に対する潜在的な国内需要は確かに存在。



アダニG、5～10年間で1500億米ドル投資

- ・ インドのコングロマリットアダニ・グループは2022年から5～10年間、エネルギーやデータセンター、空港、ヘルスケアなど多岐にわたる分野に1,500億米ドル（約22兆3,041億円）を投資し、時価総額1兆米ドルを目指す。
- ・ この先の5～10年間で、グリーン水素事業に500億～700億米ドル、グリーンエネルギー事業に230億米ドル、送電事業に70億米ドル、運輸事業に120億米ドル、道路事業に50億米ドルを投じる。



タタ・スチール・ネザーランド、水素ルートの次段階に480億ルピーを投資

- ・ Tata Steel Nederlandは、オランダにある水素ルートの技術的準備のため、Mc Dermott、Danieli、Hatchの3社と契約を締結。
- ・ この最初の開発ステップのコストは6500万ユーロ（約480億ルピー）を超え、最終的な許可とプロジェクト計画の基礎となるエンジニアリングパッケージが出来上がります。
- ・ 日本製鉄は、欧州アルセロール・ミタルとのインドの合併会社を通じ、インドで高炉2基を新設。
- ・ 2025年以降に順次稼働。港湾などのインフラ買収費用を含めた一連の投資額は1兆円を上回る。高炉新設などで30年にはインドでの粗鋼生産能力を今の3倍超の年3000万トンに引き上げる。日本は中長期的に鉄鋼需要が落ち込む見通しで、インドを成長の軸の一角に据える。
- ・ 需要が拡大するインドで高炉の建設を進めることで、現地での一貫生産体制を整え、収益力を高める。将来的には二酸化炭素（CO2）排出量を減らせる「水素製鉄」のインドでの導入なども検討。



- インド国営企業や財閥をはじめとする多くの企業が、水素領域に対する多額の投資コミットを行っており、一部具体的な取組も進み始めている。また、多くの欧米企業がインド大手との提携を既に開始し始めている。



2021年11月、次の10年に世界最大の再エネ企業・最安値の水素製造企業となることを目指した、700億USDの投資計画を発表（イタリア企業とグリーン水素製造で連携）。2022年2月には、水素燃料電池の商業化に向け、カナダのBallard Power Systemsと覚書を締結。



2021年9月、太陽光モジュール、バッテリー、電解槽、燃料電池を製造する「Green Energy Giga Complex」の開発のため、7500億ルピー(約1.2兆円)の投資計画を発表。また、同年10月、デンマークのStiesdalと電解槽の技術開発協力で合意。さらに、米国企業とアライアンス(India H2 Alliance(IH2A))を形成（後に鉄鋼事業者やシンクタンク等も参画）し、政府提言等を実施。



印・エンジ大手L&T（※）、印再エネ事業大手ReNew Powerと、グリーン水素分野の開発を目的とした合併会社の設立で合意。同合併会社はIOCLの製油所(UP州とハリヤナ州)でのグリーン水素プロジェクトに焦点を当てる。また、IOCLは、自動車工業会とH-CNGの研究を推進。（※）なお、L&Tは、アルカリ水電解槽製造のため、ノルウェーのHydrogenProと合併会社を設立。

ACME Solar（再エネ大手）：2021年、ラジャスタン州に商業用のグリーン水素・アンモニアを生産する世界初の統合型工場を立ち上げ、試運転中。同社はオマーンでも、グリーン水素・アンモニア工場を建設中（米国ベースのKBR Technologyと連携）。

Greenko（再エネ大手）：ベルギーのJohn Cockerillと合併会社を設立し、インドに2GWの電解槽工場の設立を計画。

GAIL(国営ガス供給企業)：2022年2月、都市ガス導管への水素混入試験を、マディヤ・プラデシュ州インドールで開始。

NTPC（国営火力発電企業）：2021年7月、グジャラート州での4.7GWの（グリーン水素製造を視野に）再エネパークの建設を発表するとともに、ラダック連邦直轄領とグリーン水素モビリティ(水素バス)プロジェクト立上げのためのMoUを締結。また、2022年、グジャラート州の都市ガス供給網にグリーン水素を混合する取組を実施。

Ohmium International社（米国企業）：ベンガルールにおいて、グリーン水素製造装置用の電解槽のインド初の製造工場を立ち上げ（2021年）。インドで製造した電解槽の米国への輸出も開始。

- 2022年度に入って以降も、様々なプレイヤーが積極的な参入を検討し、欧米勢のプレゼンスがますます強くなってきている。



- 2022年8月、英蘭系石油大手ロイヤル・ダッチ・シェルのインド法人シェル・インディアが、再生可能エネルギー関連事業を手がける米国の新興オーミウム・インターナショナルとグリーン水素事業で提携。
- オーミウムは南部バンガロールに、インド国内で唯一のグリーン水素電解槽の工場を置いており、シェル・インディアは、同社向けに調整されたオーミウムの電解槽をグリーン水素の生産に利用するものとみられる。



- 2022年6月、印・財閥アダニ・グループは14日、世界最大のグリーン水素エコシステムを共同で構築することについて、仏エネルギー大手トタルエナジーズと新たに戦略的提携を発表。
- アダニ・ニュー・インダストリーズ（ANIL）はグリーン水素に今後10年間で500億米ドル（約6兆7,100億円）以上を投じることを目指す。



- 印・再エネ大手グリーンコ（Greenko）は2022年4月12日、ベルギーの重化学企業ジョン・コッカリル（JohnCockerill）と合併でインドに同種の工場としては中国を除き世界最大規模となる2ギガワット（GW）規模の水素電解槽製造工場を設立すると発表。



アンモニア混焼

- ✓ **IHI、興和**、インド民間最大手の発電事業会社**Adani Power Ltd.(APL)**は、3社共同で、APL所有のムンドラ石炭火力発電所における既設石炭焚きボイラへのアンモニア20%混焼の実施を前提とした、各種技術検討や経済性の評価等を行う。
- ✓ 2022年5月にNEDOプロジェクト開始。



ムンドラ石炭火力発電所
(出典：IHI website)



水素を活用した熱マネジメント

- ✓ **やまなしハイドロジェンカンパニー** (YHCとスズキ(株)は、インドにおいて、太陽光の余剰電力を利用して水素製造を行い、マルチ・スズキの自動車工場内の最適な熱運用システムの構築の可能性を検討。
- ✓ 2022年5月にNEDOプロジェクト開始。



山梨県米倉山サイト
(出典：YHC)



水素混焼タービン

- ✓ **三菱重工**は、2022年10月、インド火力発電最大手NTPCと、水素混焼の実現可能性検討に向けて覚書を締結。ガス火力発電所に導入されている三菱重工業製のガスタービンを使いながら、様々な混焼に必要な取組を特定。



出典：三菱重工