



# インドにおけるグリーン水素製造に向けた 取り組みと課題 —「エネルギー自立」実現の切り札となるか—

2022/3

三井物産戦略研究所  
国際情報部アジア・中国・大洋州室  
ギリ ラム

## Summary

- モディ首相はインド独立100周年となる2047年までの「エネルギーの自立」を目標に掲げた。2030年までに電力の5割を再生可能エネルギーで賄い、再エネの余剰電力でグリーン水素の製造・利用を促す。
- 2030年には9百万トンの水素需要が予測されており、うち5百万トンはグリーン水素で賄うことが目標。需要先は製油所、肥料製造が主だが、2030年以降、交通や発電分野にも広がる見込み。
- グリーン水素の普及には、配電インフラやコスト面での課題の解決が必要となる。技術的に先行する外資企業との連携による水素電解槽の製造を進め、コスト削減によって安価なグリーン水素製造体制が構築できれば、国内供給に加え、グローバルなグリーン水素普及に貢献することも可能だろう。

インド政府のCOP26公約は、2030年までにGDP当たりのCO2排出量を2005年水準から45%削減、そして2070年のカーボンニュートラル達成である。その公約実現と、石油の8割以上を輸入に依存する自国の課題の同時解決を目指し、モディ政権は独立100周年となる2047年までに「エネルギー自立」を達成するという野心的な目標に掲げた。本稿では、エネルギー自立の目標達成の鍵を握ると考えられている再生可能エネルギー（再エネ）を利用した「グリーン水素」のインドでの製造に関する政府・民間企業の取り組みや課題について考察する。

## 1. 「エネルギー自立」とグリーン水素

### 1-1. なぜ「エネルギー自立」なのか

インド政府は2020年5月、「自立したインド (Self-Reliant India)」というスローガンを打ち出した。これは輸入に頼らない産業構築を目指す長期戦略である。その目玉政策が、2020年4月に発表されていたPLI（生産連動型優遇策）スキームである。当初は携帯電話部品など電機産業の強化に主眼が置かれ、製造業の強化の意味合いが強かったが、同年6月に発生した中印両国軍衝突を機に両国関係が急速に悪化したことで、モディ政権は脱中国に一気に舵を切り<sup>1</sup>、PLIスキームの対象を医薬品原材料や太陽電池モジュール、リチウムイオン電池等13の戦略的産業（総額2兆ルピー以上の補助金）に順次、適用拡大し、国産化を進め

<sup>1</sup> 中国からの事実上の投資規制なども実施された。

る姿勢を強めている<sup>2</sup>

PLIスキームは結果的に「脱中国」を達成するための最大の政策となったが、真に「自立したインド」を実現させるためには、製造業強化に加え、自国需要の石油の8割以上、またガスも5割以上を輸入に依存する構造からの脱却が最大の課題である。それは脱炭素のために必要だからということではない。エネルギーの輸入依存構造が、同国の貿易および経常収支の赤字を生み出し、同国マクロ経済の脆弱性の主因となっており、その解決が急務だからである。

エネルギー自立を実現するために、さまざまな目標が掲げられているが（図表1）、中でも鍵となるのが、太陽光発電を核とする再エネの余剰電力から製造されるグリーン水素である。再エネの普及は化石燃料削減とエネルギー輸入減につながり、それを利用することでグリーン水素の普及が進めば、現在主流の化石燃料由来のグレー水素をグリーン水素に代替することも可能となる。そうすれば、水素からの生産物であるアンモニアやメタノール、化学肥料等もグリーン水素由来に転換することが可能となり、脱炭素と「エネルギー自立」をさらに加速することができる。エネルギー自立の目標には、こうしたインドの実情を踏まえた狙いがある。

**図表1 エネルギー自立に向けた取り組み例**

1	石油・ガス国産化の促進
2	天然ガス利用拡大（1次エネルギー消費における比率を現6.7%から2030年15%目標）
3	電動車（EV）の促進、E20（エタノール20%混合ガソリン）の導入、燃料電池車の推進、水素供給ステーションの整備、CNG車の拡大
4	都市ガス供給網の拡大と水素混合
5	再生可能エネルギーの大幅な導入（発電容量現150GWを2030年までに500GW）
6	グリーン水素製造ハブの整備（設備の国産化・輸出）
7	再エネを利用したグリーン水素の製造・利用拡大（石油精製、肥料製造、製鉄、アンモニア・メタノール製造に利用）

出所：インド政府発表等から三井物産戦略研究所作成

## 1-2. 国家水素ミッション

2020年11月、モディ首相は包括的な国家水素エネルギーミッションの発足を発表し、2021-22年度の予算案においては、グリーン水素の製造と利用をインドの経済成長に結び付けることを目的とした計画「国家水素ミッション（NHM：National Hydrogen Mission）」を立ち上げた。インド国内でのグリーン水素製造を拡大するとともに、その製造に必要な電解槽や関連製品の製造・輸出のグローバル拠点となることを目指すものである。グリーン水素製造に使用される電解槽製造へのPLIスキーム導入（約20億ドル）等が既に計画されている。2022年2月には、電力省がグリーン水素・アンモニア製造促進策を発表した（図表2）。なお、2024年度には製油所および肥料産業が使用する水素の10%をグリーン水素利用とすることを義務付ける計画（政府承認待ち）もあり、それに向けてグリーン水素の利用率を徐々に引き上げるという。

<sup>2</sup> 製造業基盤の脆弱さもその課題だが、これを機に製造業を強化する狙いもある。

**図表2 グリーン水素・グリーンアンモニア製造促進政策（抜粋）（2022年2月16日発表）**

2030年までに5百万トンのグリーン水素製造を目標とする。
2025年6月末までに設置されるグリーン水素・グリーンアンモニア製造プラントには州間送電料金ゼロ。
中央追加料金（additional surcharge）なしで、再エネの調達ができる。自社発電または電力取引所、他社が開発した再エネ等を自由に調達可能。
送電線への優先接続。再エネ発電所からグリーン水素・グリーンアンモニア製造所までの州間送電線の開発を優先。
事前契約の再エネ枠を実際に消費できなかった場合、最大30日間、配電会社に預けて、必要に応じて後からその量を利用できる。
再エネ購入義務（RPO）に対するインセンティブ賦与。
港湾近くに輸出・運搬用保管施設の設置を許可。

出所：インド電力省発表から三井物産戦略研究所作成

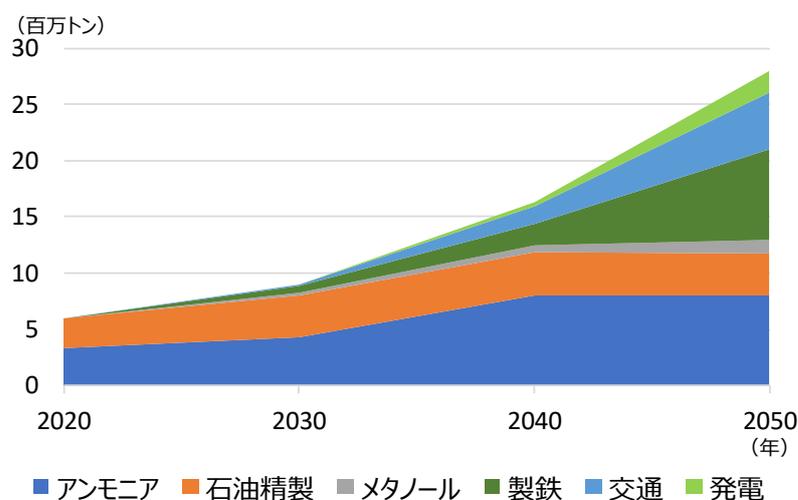
<https://pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=1799067>

## 2. インドの水素市場

### 2-1. 需要

2020年の世界の水素需要は約9千万トンだが、IEAのネットゼロシナリオでは、2030年には現在の2倍以上の2億1千2百万トンに上り、そのうち38%（8千万トン）がグリーン水素になると予測されている。一方、インドの2020年の同需要は年間約6百万トンである。これが、2030年には約9百万トン、2050年までに約2千8百万トンに達すると見込まれるが、インドでは2030年までに、年間5百万トンのグリーン水素製造を目標にしている。なお現在、需要のうち42%が製油所、41%が化学および肥料製造部門で消費されている。2030年までは需要先に大きな変化はないと考えられているが、その後徐々に交通や発電分野にも広がると予測する（図表3）。

**図表3 分野別水素需要予測（インド）**



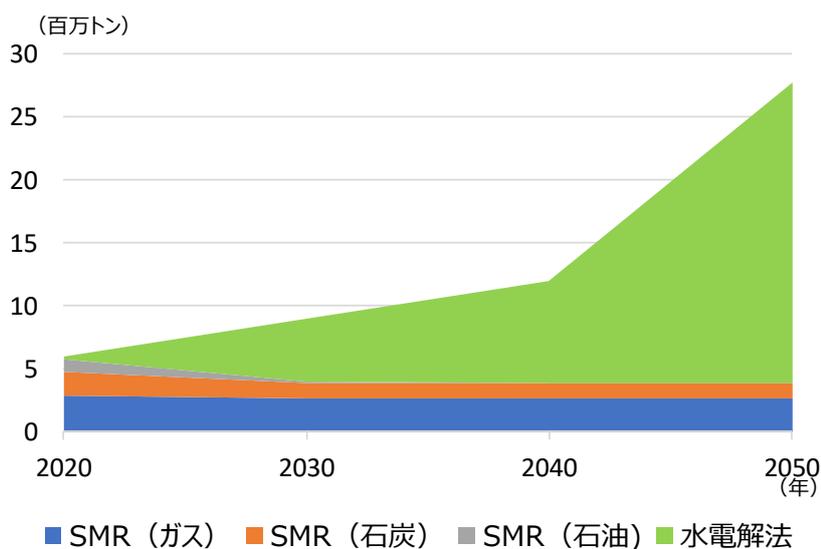
注：主な需要先を記載

出所：インド・エネルギー・資源研究所（TERI）データ、その他報道から三井物産戦略研究所予測、作成

## 2-2. 製造法

現在、化石燃料由来のいわゆるグレー水素の製造には「蒸気メタン化改質（SMR）法」が一般的に使われている。インドでもその原料の5割が天然ガス、残りが石炭と石油関連だが、今後、グリーン水素の製造法である「水電解法」が主流となると予測する（図表4）。

図表4 製造源別水素製造・供給予測（インド）



出所：TERI、MEC Intelligence等のデータから三井物産戦略研究所予測、作成

## 3. 主要プレイヤーと国際連携

インドでは欧米企業のほか、地場財閥、再エネ企業、政府系石油・ガス企業等が、グリーン水素の製造・利用計画を打ち出している（図表5）。インド最大の財閥リライアンス・インダストリーズは今後3年で100億ドルの投資を発表、大手財閥のアダニも再エネだけでなくグリーン水素製造で世界一を目指すと言っている。政府は、傘下の石油天然ガス関連会社に対し、7～8カ所のパイロットプラントを設置するよう指示している。また、米国、EU、豪州とは、クリーンエネルギー開発への資金協力、産業分野の脱炭素化の推進などを目的に、国家間連携も進み始めている（図表6）。

図表5 インドでのグリーン水素分野の主なプレイヤーの動き

名称	組織形態	事業内容
Ohmium	外資系（米国）	2021年8月、インド初のグリーン水素電解槽の大規模製造工場を開設。初期製造能力は年間500MW、年間2GWまで拡張予定。同年11月からはインド製の電解槽の対米輸出も開始。
HydrogenPro	外資系（ノルウェー）	2022年1月、インド建設大手のL&TとのJVでインドでグリーン水素電解槽を製造する合弁会社を設立するための覚書を締結。
ReNew Power / L&T	インド再エネ企業/エンジニアリング企業JV	L&TとReNew Powerは2021年12月、グリーン水素の共同開発、所有、実行、運営するためのパートナーシップ契約を締結。L&Tのグジャラート州のスラト近郊にある製造施設でグリーン水素製造装置を製造するとみられている。
リライアンス・インダストリーズ	インド財閥	2021年6月、太陽光（電池・モジュール）、バッテリー、燃料電池、水素製造用電解槽、グリーン水素製造への参入を発表。3年で100億ドルを投資し4つの大規模工場を建設する。年間2.5GW相当の電解槽が製造されるとみられている。10年以内に「1ドル/kgで水素製造」を目指している。
ACME Solar	インド再エネ企業（太陽光発電）	2021年2月、フランスのLhyfe Labsと提携し、インドと欧州でグリーン水素を生産する計画を発表。同年8月には、オマーンでの4GWグリーン水素、アンモニア生産に35億ドルを投資する計画を発表した。同国ドゥーム港経済特区での土地確保のため公的機関と覚書を締結。
アダニ	インド財閥	イタリアのMaire Tecnimontとの提携によりアンモニア、グリーン水素バリューチェーンの構築を計画。アダニは再エネ関連分野に向こう10年間で200億ドルを投資する計画を発表、世界最大の再エネ会社になると宣言しており、自社が持つ再エネを活用して世界最大のグリーン水素製造会社になる目標を打ち出す。加えて同社は、グリーン水素からのメタノール、アンモニア、肥料の製造を計画している。
政府系公社等		
GAIL	ガス公社	現在はパイロットプロジェクトとして、10MWの容量のプラント設置に向けた電解槽の調達にグローバル公募を実施。設置場所はマディヤプラデーシュ州など2～3カ所を選定済みという。同公社は、同州インドールで天然ガスと水素を混合利用する試験を実施しており、その結果を踏まえて、グリーン水素製造を拡大していくという。将来的にグリーン水素を肥料製造メーカーにも供給する計画。
NTPC	火力発電公社	米エネルギーソリューション事業会社ブルームエナジーと提携し、グリーン水素を利用したエネルギー貯蔵システムを開発、全国でオフグリッド水素貯蔵およびマイクログリッド電力供給システムを構築する計画。NTPCは現在ウッタルプラデーシュ州ビンディアヤチャルにて5MWのグリーン水素製造のパイロット施設を運転中で、水素の製造コストは約2.8～3ドル/kgと推定されている。将来的には大規模なグリーン水素製造を計画。また、グジャラート州に建設予定の4.75GWのソーラーパークでのグリーン水素製造も計画中という。加えて、ラダックにて、最初のグリーン水素燃料補給所を設置を計画しており、5台の水素バスに水素供給する。
IOC	石油公社	インド最大の国営石油会社のIOCは、ウッタルプラデーシュ州マトウラで計画中の16万バレル/日の製油所で、同社がラジャスタン州に保有する風力発電からの電力を活用したグリーン水素製造を計画。IOCは保有する各製油所での水素消費量の少なくとも10%をグリーン水素に置き換えるという目標を立てており、マトウラ製油所では2024年までに達成の計画。
SECI / ONGC	太陽光発電公社/石油天然ガス公社	インド太陽光発電公社（SECI）は2021年8月、グリーン水素パイロット施設設置のための入札を公表。SECIは同年12月に石油天然ガス公社（ONGC）と太陽光、風力、グリーン水素、EVなど再エネ分野全体にわたるプロジェクトを共同開発するための覚書を締結。

出所：Livemint.com等各種報道から三井物産戦略研究所作成

図表6 インドのエネルギー・水素分野における国際連携の動き

国・地域	内容
米国	2018年、「戦略的グリーンエネルギーパートナーシップ（SCEP）」を締結。2021年4月、「気候・グリーンエネルギー・アジェンダ2030パートナーシップ」を、同年9月、グリーンエネルギー技術拡大のための官民合同による「水素・バイオ燃料タスクフォース」を立ち上げた。
EU	2016年、「グリーンエネルギー及び気候パートナーシップ」を締結。2021年12月、両国間の環境分野への取り組み強化を打ち出し、クリーンな水素製造および応用技術に関して協力を推進。インドは米EUからのグリーン政策、技術協力、資金調達の面での支援を期待している。
豪州	両国間で「印・豪州エネルギー対話」が設けられており、2022年2月開催の第4回対話では、再生可能エネルギーに関する技術の低価格化と導入促進に向け、基本合意書（LOI）に署名した。同LOIには超低コストの太陽光発電や（二酸化炭素回収・貯留（CCS）を取り入れた）グリーン水素製造を進めることが盛り込まれている。
日本	2017年、「グリーンエネルギー・省エネルギー協力プラン」を立ち上げ、翌年「エネルギー転換協力プラン」に合意。EV普及のための議論、石炭火力発電の環境対策、水素活用に関する情報交換等が含まれる。なお、日本企業は国内外で石炭・アンモニア混焼の試験を実施しているが、電力の7割を石炭火力に依存するインドでは、日本企業の同技術導入は将来有望。

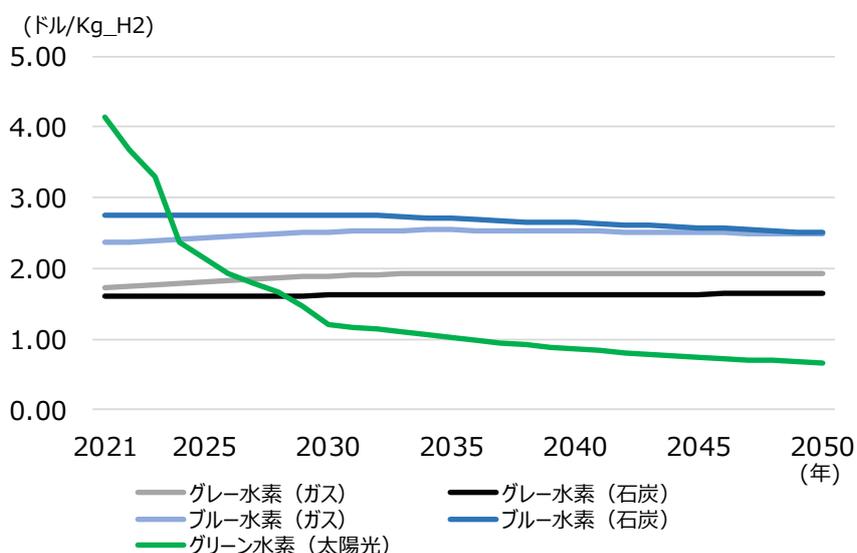
出所：各国・地域政府発表等から三井物産戦略研究所作成

#### 4. 今後の展望 —課題は割高な製造コスト—

2021年時点、世界のグレー水素の均等化生産コスト(LCOH<sub>2</sub>: Levelized Cost of Hydrogen) は約0.5~1.7ドル/kg、CCUS(二酸化炭素回収・有効利用・貯留)を用いたブルー水素の場合、約1.0~2.0ドル/kgとされる。一方、再エネからのグリーン水素製造コストは1.74~12.13ドル/kgと割高だが、2030年時点で1.3~3.5ドル/kgにまで低下すると予測されており、経済的にも競争力が生じると考えられている。

一方、インドの場合、ガス価格の高さが影響し、グレー水素の製造コストは約1.7ドル/kg、ブルー水素は約2.8ドル/kgと割高である。また、グリーン水素製造コストは約4.1ドル/kgとさらに高い(図表7)。

図表7 LCOH<sub>2</sub>各種水素製造コスト推移予測(インド)



そのため、インドが目指すグリーン水素関連の製造ハブ・輸出拠点の実現には、電気料金引き下げと関連製品のコスト削減が鍵を握る。ノルウェーのHydrogenPro社は、電気料金が2セント/kWhまで下がれば、グリーン水素はグレー水素よりも競争力が高まると指摘する<sup>3</sup>。そのためには、二つのボトルネックの解消が必要である。一つが大規模太陽光発電所から需要地(石油精製所や肥料製造工場等)への配電網である。既にインドでは太陽光の発電コスト(入札価格)が2.6セント/kWhまで低下しているが、配電網整備が進むことで、一層の製造コスト低下が期待される<sup>4</sup>。

また、もう一つのボトルネックが、水素製造・運搬・利用に関する技術は、開発・実証段階のものが多く、技術の開発・実証から財政支援で関与可能な先進国や中国に比べ、政府の財政支援が可能な領域が少ないことである。そこで、先行する欧米企業と連携し、最先端の技術を他国に先駆けて活用したり、中国など他国の安価な技術を導入したりするなどし、コスト削減を目指すことも必要だろう。既に欧米企業か

<sup>3</sup> それが可能となれば、2022年にも約1.2ドル/kgのグリーン水素を供給できるという。

<sup>4</sup> 水素は運搬のハンドリングにはコストが高く、できるだけ使用される場所の近くでの製造・利用が効果的である。

らの投資例も出始めている（図表5）。また、上述のHydrogenPro社は、中国企業とのJVで中国での水素製造に参入、インドのL&T社との合弁でインドでも電解槽を製造することで合意している。中国の競争力ある製造技術を導入し、政府支援で電力網整備が進めば、早ければ2、3年後にも、既存のグレー水素と価格競争ができる可能性がある<sup>5</sup>。

2020年時点でのインドの一次エネルギー消費のエネルギー源別割合は、石炭55.0%、石油28.0%、再エネ9.1%、天然ガス6.7%、原子力1.2%である。石炭需要の大半は国産炭で賄えるが、石油・ガスについては国産化の拡大と同時に、水素をはじめとするグリーン燃料による代替が欠かせない。石炭・石油への依存からの脱却は脱炭素目標達成にも当然、必要である。政府は国内での石油・ガス採掘権を民間にも開放し、自国での石油・ガス生産にも力を入れる計画を打ち出す一方、上述したように太陽光発電を軸に再エネの導入を急速に進めている。しかし、昼間の太陽光発電からの余剰電力だけでは、グリーン水素製造効率は上がらない。安定的な電力供給には太陽光・風力発電のハイブリッドに加え、安定的な再エネである水力発電を活用するといった政策も効果的だろう。また、電力の売電契約同様、グリーン水素の購入価格・量の保証制度が整備されれば、水素使用者となる政府系石油・ガス公社が再エネ導入とグリーン水素製造に注力できる環境が整う。こうした法整備も政府に求められる。

インドがこうした課題を克服し、安価なグリーン水素の製造に先行できれば、国内へのグリーン水素供給のみならず、グローバルなグリーン水素製造の加速にも寄与することとなる。

<sup>5</sup> 政府が2022年2月に発表したグリーン水素・グリーンアンモニア製造促進策（図表2）を進めることで、水素製造コストは現状から4～5割削減できるという。

-----  
当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できるとされる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社及び三井物産グループの統一した見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社及び三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。