

インドで進む再生可能エネルギーの導入 —目標実現に立ちはだかる電力業界の構造問題—

2021/4

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

- インドでは大気汚染など気候変動問題への対策と増大する電力需要に対応するため、再生可能エネルギーの導入を拡大し、石炭火力発電の比率低下を目指す政策を進めている。2030年までに、太陽光を中心とした510GWの再生可能エネルギー発電の導入目標を掲げる。GDP当たりのCO₂排出量を2005年水準から33~35%削減する。
- 大きな赤字を抱える州政府傘下の小売・配電会社（DISCOM）の民営化問題や、20%を越す送配電ロス、消費地と発電地域を結ぶ送電インフラの脆弱性、系統安定化といった課題の解決が、計画推進には必要である。
- モディ政権は、DISCOMが独占する電力小売りの自由化と電気料金の適正な価格設定を可能にすべく、法改正を進めているが、労組などからの反発も予想されており、計画どおりの再生可能エネルギー導入は容易ではない。

1. 本稿の狙い

インドでは、2014年に就任し現在2期目に入っているモディ首相政権下において、設置容量ベースの再生可能エネルギーによる発電量を全発電量の6割とする野心的な導入目標が掲げられている。具体的には、2022年までに175GW、2030年までに450GW（水力発電の60GWを含めると510GW）とするものである。導入の背景には、今後増え続ける電力需要の増加と気候変動問題への対応を両立させ、持続的な経済成長を実現させる狙いがある。

インドの2020年度の1人当たり年間電力消費量は968kWhである（図表1）。これは、中国はもとより、世界平均に対しても低く、今後の電力消費増の余地が大きいことを示している。経済成長に伴う中間層の増加、都市化の進展、そしてエアコン等の家電製品の使用も拡大が見込まれ、インドの電力需要は2030年まで、年率平均4~5%増加すると予測されており¹、それへの対応は喫緊の課題である。

図表1 中国とインドのエネルギー関連・経済規模の比較（2020年度）

	インド	中国	中国はインドの何倍か
人口（億人）	13.4	14.5	約 1.08 倍
GDP（億ドル）	28,751	146,000	約 5.08 倍
1人当たりGDP（ドル）	2,169	10,416	約 4.80 倍
外貨準備高（億ドル）	5,456	31,425	約 5.76 倍
輸出高（億ドル）	3,131	20,600	約 6.58 倍
発電設置容量（GW）	378	2,025	約 5.36 倍
発電量（GWh）	1,365,519	7,159,127	約 5.24 倍
再エネの発電設備容量（GW）	139	790	約 5.68 倍
1人当たり電力消費量（kWh/年）	968	4,914	約 5.08 倍
発電における石炭火力の比率（%）	71.7	63.7	約 0.89 倍

出所：CEIC、各国統計局等データから三井物産戦略研究所作成

¹ Institute for Energy Economics and Financial Analysis (IEEFA) and JMK Researchによる予測。

また、世界の大気汚染上位30都市のうち22都市がインドにあり²、その主な原因は、石炭火力発電と自動車の排気ガスにあると指摘されている。2019年のCO₂排出量は21.7億トン（日本11.5億トン）で、世界第3位の規模である。インド政府はパリ協定に基づき、2030年までにGDP当たりのCO₂排出量を2005年水準から33～35%削減することを公約³としており、大気汚染を含む気候変動問題への対策⁴も求められている。

しかし、掲げた目標の実現は容易ではない。本稿では、モディ政権の進める再生可能エネルギー導入策とは何か、その中心となる太陽光発電に焦点を当てるとともに、目標実現に立ちはだかる3つの課題について考察する。

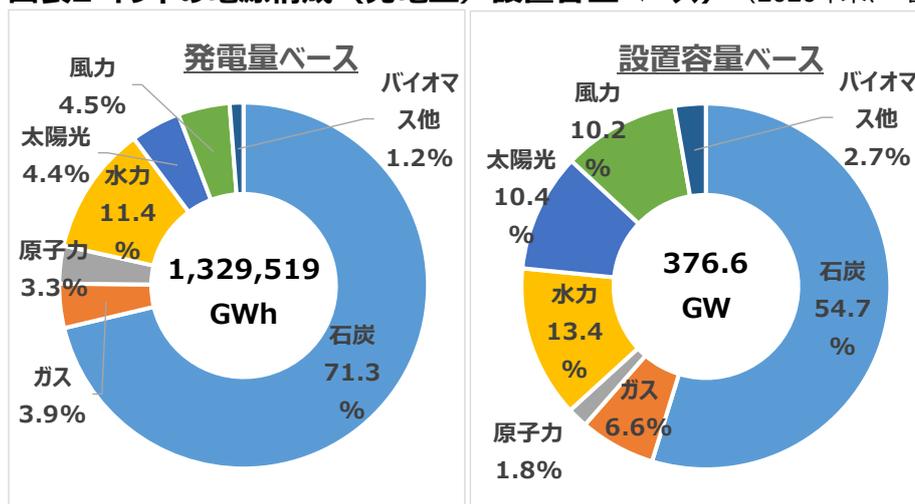
2. 再生可能エネルギー導入拡大を優先するモディ政権

上述のように、モディ政権は二つの目的の両立のために、再生可能エネルギー導入を急速に進めているが、その政策の重点は、太陽光発電とその国産化の2点にある。

2.1. 石炭火力から太陽光中心の再生可能エネルギーへシフト

インドの電源構成を2020年末の推計発電量ベースで見ると、石炭火力が71.3%を占める一方、水力を含む再生可能エネルギーは21.5%にとどまっている。一方、設置容量ベースでは、それぞれ54.7%、36.8%であった（図表2）。インド政府は、発電量ベースでの石炭火力の比率は2030年には55%、2040年には34%にまで下がると予測する。電力需要は大きく伸びることが予測されているが、その増加分を上回る再生可能エネルギーを導入することで、石炭火力の比率を相対的に低下させる狙いである。

図表2 インドの電源構成（発電量／設置容量ベース）（2020年末、一部推計）



出所：CEA Indiaのデータから三井物産戦略研究所作成

² World Air Quality Report 2020のデータ。

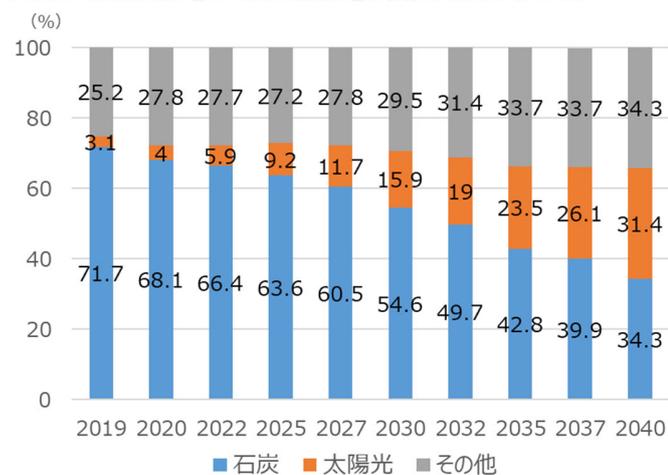
³ 2021年3月から政府内では、2050年までに温室効果ガス排出量の実質ゼロを目標に掲げる議論も進めている。

⁴ モディ政権の気候変動対策は、本稿で扱う再生可能エネルギーの推進とともに、自動車の電動化も重要な柱となっている。廃車促進策を導入し、2030年までに新車販売の3割をEV化することを目標に掲げている。また、充電インフラと車載用電池の国産化を進める計画である。

なお、エネルギーの輸入依存度が高いインドでは、ガス発電は高コストとなるため、発電におけるガス利用の拡大は期待できない。また、原子力発電は世界的に減少の流れにある上、近年、太陽光発電の料金が劇的に低下したことで、経済的なメリットはもはやなく、モディ政権下での原子力推進は政策的にその意味が低下した。そこで、インドの再生可能エネルギー導入策の中心となっているのが、太陽光発電である。

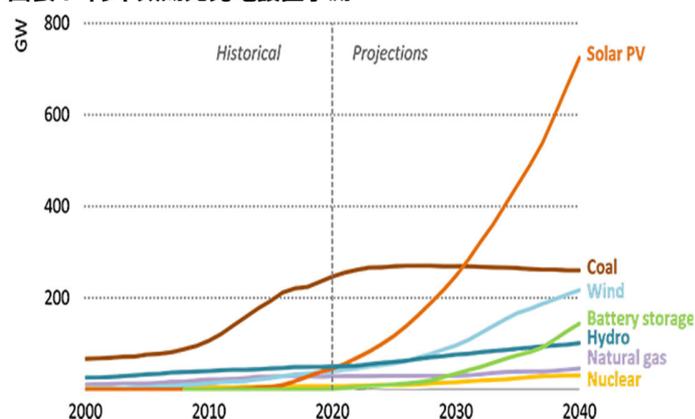
総発電量に占める太陽光の割合は、現在の4%から2030年には16%、2040年には31%に拡大すると予測されている（図表3）。設置容量では、2040年には石炭火力の約220GWに対し、太陽光は740GW超と、2020年比約3.4倍に拡大が見込まれている（図表4）。

図表3 太陽光発電と石炭火力発電の設置容量シェア予測



出所：India Energy Outlook 2021のデータから三井物産戦略研究所作成

図表4 インド太陽光発電設置予測

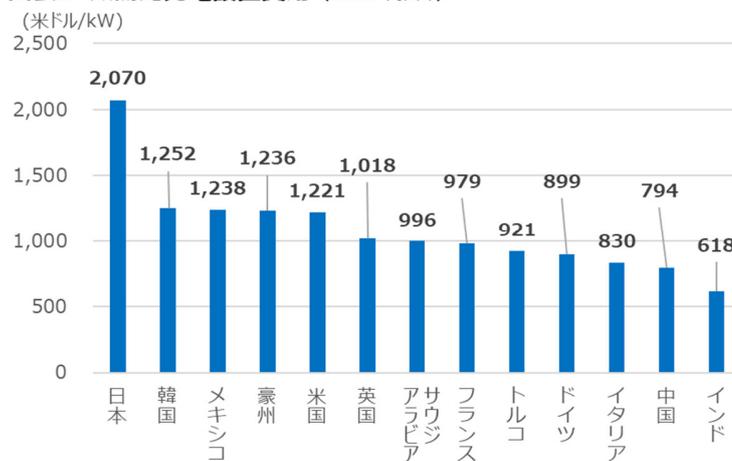


出所：India Energy Outlook 2021

2.2. 太陽光発電関連産業の国産化を推進

インドの太陽光発電案件は近年、kWh入札単価が2ルピー/kWh（≒3円）と破格の価格での落札が続いてきた。これは、中国からの安い太陽光発電関連製品の導入が前提とされたもので、太陽光発電の設置費用は、世界主要国に比べ最も安く（日本の3分の1）、発電原価は中国に比較しても安い（図表5、6）。これまで同国の太陽光発電導入目標も、こうした中国からの安価な輸入品利用が前提となってきた。現在の太陽光モジュール国内生産能力は、国内の年間総需要の35%、太陽電池のシリコンセル製造能力は需要の28%にとどまり、多くは中国からの輸入品組み立てである。

図表5 太陽光発電設置費用（2020年推計）



出所：IEA (FS-UNEP)、IRENA (2020) のデータを基に三井物産戦略研究所作成

図表6 主要国の分野ごとの発電原価（LCOE^{*1}）（2020年度推計） 単位：米セント/kWh

	米国		日本		ドイツ		英国		中国		インド	
	L ^{*2}	H ^{*2}	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
太陽光	3.7	5.6	7.0	20.9	4.4	6.2	5.2	7.6	2.7	4.8	2.2	3.8
風力（陸上）	2.6	6.2	8.8	15.2	3.9	7.0	3.5	5.3	3.4	5.4	2.6	4.6
風力（陸上+貯蔵）	3.2	11.1	9.9	22.0	4.8	12.9	4.2	9.6	4.3	10.9	3.8	12.1
洋上風力	9.1	11.3	-	-	7.7	14.0	5.5	9.2	7.0	10.9	-	-
石炭火力	5.9	15.4	6.1	8.7	17.9	19.4	-	-	5.1	6.7	4.0	7.4
ガス火力	3.4	5.6	7.6	9.1	8.3	11.5	7.8	10.6	7.6	9.8	7.1	11.7
蓄電池設備（4h）	12.1	12.9	15.0	16.9	12.7	13.6	12.9	14.1	11.3	17.2	15.1	17.8
小水力	-	-	-	-	-	-	-	-	2.9	3.3	4.9	10.8

注：*1 LCOE…Levelized Cost Of Electricity（均等化発電原価）

*2 L/HはそれぞれLowest（最低価格）、Highest（最高価格）を表している

出所：BloombergNEFのデータを基に三井物産戦略研究所作成

しかし、2020年以降、国境問題に端を発する中国との関係悪化を機に、モディ政権が中国依存からの脱却にシフトしたことで、発電モジュールから関連機器まで含めた太陽光発電（PV）産業の国産化に向けた政策を進めている。2020年8月から、太陽電池のセル、モジュール、インバーターへの関税を導入し⁵、同年末には、入札段階から国内製品を使うことを前提に割り増しした料金（2.92ルピー/kWh）を適用した案件の入札も始まった⁶。また、太陽光発電公社（SECI）およびIndian Renewable Energy Development Agency Limited（IREDA）向けに250億ルピー（約3億ドル）の補助金拠出を発表、太陽光発電導入に向けた環境整備を急ピッチで進めている。

2021年度予算案では、太陽光発電関連製品の関税のさらなる引き上げが提案されている。予定どおりに関税が引き上げられれば、太陽光発電業者の大幅なコスト超過につながり、既に落札された案件も予定どおりに実行できず、国産品での供給が追い付くまで延期せざるを得ない可能性も浮上している⁷。関税引き上げは、同産業の国産化に向けた政策の一環であるものの、国内需要を賄い得る生産体制が整備されるまでに、少なくとも2～3年は必要であることを鑑みれば、現在計画中の案件についても予定どおりの実施は難しいかもしれない。

3. 山積する課題と政府が進める解決策

モディ政権は、再生可能エネルギーの導入目標達成に向けては、固定価格買取制度（FIT）を導入するとともに、再生可能エネルギーによる電力の優先給電（石炭火力より優先）や同エネルギーの調達義務制度（RPO）も導入している⁸。

⁵ 2021年度（2021年4月-2022年3月）予算案では、税率をそれぞれ15%→25%、25%→最大40%、5%→20%に引き上げることが明記された。

⁶ 設備容量8GWの案件を、インド地場財閥アダニグループが落札、年間2GWの太陽電池モジュールの製造体制を確立する。ハイブリッド型再エネ（風力と太陽光）に加え、蓄電池を備えたエネルギーパークの拡大を進めるという。

⁷ 2021年に入り、kWh当たり1.99ルピーで入札された案件が続出、グジャラート州政府は、2020年8月に売電価格2.67ルピーで決定した太陽光発電プロジェクトを2021年2月にキャンセル、再入札実施を発表した。これが認められれば、他の案件でも同様の取り消しが行われる可能性があるということになる。

⁸ 電力省は2018年6月、全ての州に対し、統一のRPO導入を義務付けた。2019年度のRPO目標は17.5%（太陽光7.25%、その他10.25%）に設定されていたが、実態は各州平均10.77%の導入にとどまった。中央政府は、目標未達州のDISCOMに対し罰金を課すことで、再生可能エネルギーの導入拡大を目指すと思われる。

しかし、そこに立ちはだかる最大の課題が、インド電力業界（図表7）において、小売・配電を担う州政府傘下のDISCOMの問題である。また、送配電ロスや系統安定化の問題もある。再生可能エネルギーの導入円滑化のためには、主に下記3つの課題を克服する必要がある。

図表7 インド電力業界構造

分野	公社		民間/PPP
	中央政府傘下	州政府傘下	
発電（発電量ベース）	24%	30%	46%
グリッド・システム運営	Power System Operation Corporation (POSOCO)		Power Exchange India Ltd (PXIL) 、India Energy Exchange
送電（送電網総距離ベース）	38%	54%	8%
配電・小売（顧客・市場シェアベース）*	約3%	約94%	約3%

注：*筆者推計

出所：PRS Legislative Research等のデータを基に三井物産戦略研究所作成

3.1. 小売・配電公社（DISCOM）問題とその解決策

小売・配電分野のほとんどは、州政府傘下のDISCOM⁹によって独占運営されてきた。そのため事業効率が低く、また州政府の意向一つで、売電価格が恣意的に設定されるといった実態も指摘されており、実際の発電会社からの購入価格や送電その他費用を下回る価格での売電が行われている。また、電力料金の未回収なども多発、DISCOMの多くは多額の赤字を抱え¹⁰、政府による赤字の補填がなければ破産を免れない状況にある。この赤字体制は、インド電力事業が抱える最大の課題である。この問題の解決がなければ、すぐには新規の発電を増やせない。

そこで、政府はその解決策として、DISCOMへの資金供給と改革案を発表した。具体的には2021年度予算案において、DISCOMに3兆ルピー（405億米ドル）の資金供給を割り当て、改革に向けたスキーム¹¹導入を決定した。資金は、スマートメーターの設置、システム近代化、州間の送電線整備等に充てられる。配電効率の向上、安定的な電力供給網の構築を目指す。さらに政府は2003年制定の電気法改正を予定しており（図表8）¹²、2021年度予算案では、DISCOMが独占する電力小売りの自由化を目指す旨が明記された。配電事業を自由化し、消費者が複数の配電会社の中から選択できる枠組みも整備する。電力コストと販売価格の間の赤字（現在平均0.42ルピー/kWh）を徐々に縮小、2025年までにゼロとすることで、各州のDISCOMが抱える発電各社への未払い金問題の解決につなげるという。

⁹ Distribution Companiesの略。

¹⁰ DISCOMが発電事業者に対し抱える未払い金はコロナ禍の影響もあり、2020年12月時点で前年同月比約24%増の1兆3,696億ルピー（約2兆円）に上る。未払い金のうち、発電事業者が設定する45日の猶予期間を超えた延滞分は1兆2,749億8,000万ルピーで、1年前の9,783億ルピーから30%余り増加したという。

¹¹ 「改革にリンクされた、結果に基づくDISCOM改革スキーム」（RLRBSD）と名付けられている。

¹² 既に各州の関係者に提示されている。

図表8 2003年電気法改正法案のポイント

①執行機関の創設	発電会社と配電・送電ライセンスとの間の売電・購入契約（PPA）に基づく契約義務の履行を監督する電力契約執行機関の創設。
②国家再生可能エネルギー政策	特に太陽光発電と水力発電を促進するための国家再生可能エネルギー政策により、現在、州ごとに策定されている再生可能エネルギー導入策を国家レベルで統括し、インセンティブの付与、再エネ利用の義務付け等により、再生可能エネルギーの導入を促進する。
③発電と送電コストを反映した料金システムの構築	コストを反映した電気料金の設定を改正法案で盛り込み、DISCOMの財政健全化を図る。
④小売・配電の民営化	これまで州政府管轄の小売・配電公社が独占していた分野を民間企業に開放し、公社の民営化を促進する。送配電ロスの低減、民営化による経営効率化、適正な売電価格の設定により、政府による配電会社への財政補填を削減するとともに、送電・配電分野への民間投資増を促し、電力供給の安定化につなげる。

出所：BTG Legal "India: The Electricity (Amendment) Bill, 2020" 20 November 2020

<https://www.mondaq.com/india/renewables/1007944/> から三井物産戦略研究所作成

3.2. 送配電ロスとインフラの脆弱性

送配電ロスは日本の4.7%、中国の5.6%に対し、インドは20%を超えている。これは送配電のシステムロスによるものだけでなく、盗電と検針不正もその背景にある。政府は、送配電ロスを12～15%に減少させることを目標としている。

また、電力生産や余剰電力のある地域と電力消費量が多い地域間を結ぶための送電インフラの脆弱性も大きな課題である。再生可能エネルギー、特に太陽光発電の設置は西部グジャラート州、マハラシュトラ州、南部タミルナドゥ州のメガソーラーパークに集中するが、人口の多い電力消費地域・産業地帯への送電は容易ではない。こうした問題への対応が急務だが、赤字を抱えるDISCOMに資金を回せる余裕はない。そこで、政府はこの問題を解決すべく、送電網の整備にも注力している。再生可能エネルギーが豊富な7州に設置される太陽光（50GW）および風力発電（16.5GW）専用の送電線整備計画¹³を発表、2020年9月には、その計画の一部となる6GWの送電線整備がラジャスタン州で完了した。12月にはマハラシュトラ州で8GWの送電線整備において、建設・維持・管理・運営一括方式（BOOM方式）での入札が終了している。

3.3. 系統安定化に向けて：エネルギーミックスが課題

インドでは、いまだに系統脆弱地帯が少なくなく、系統安定化¹⁴も大きな課題である。太陽光発電と風力発電は出力変動が大きく、周波数の調整が必要である上、自然条件に左右され、昼の出力が大きく、余剰が発生する。一方で、電力貯蔵インフラが整っていないことも相まって、夕方のピーク時の電力不足が度々問題となっている。電力需給のインバランス・系統不安定化が今後、継続的に発生する可能性が高い。

また、再生可能エネルギーが拡大する一方で火力発電設備の稼働率が低下すれば、同設備の収益性は低下を余儀なくされる。そうなれば、その運営会社への支援も必要となる。政府は、系統安定化を図るべく、太陽光と風力のハイブリッド型再生可能エネルギーに、蓄電池を備えたエネルギーパークの拡大を進めており、既に

¹³ フェーズIでは20GWの太陽光と9GWの風力発電、フェーズIIでは30GWの太陽光と7.5GW風力発電用の送電線整備が計画されている。

¹⁴ 系統太陽光発電などの出力が大きく変動する電源が大量に導入されると、電力系統での慣性力低下や周波数不安定化により大規模な停電に発展することが度々ある。それを防止すべく、適切なエネルギーミックス（安定と不安定な電力のミックス）と制御技術の導入による系統安定化の必要がある。

グジャラート州では入札が行われた。また、再生可能エネルギーの急拡大で発生する昼間の余剰電力を利用したグリーン水素製造計画の推進が2021年度予算案で発表された¹⁵。現在、肥料や鉄鋼の生産は、輸入天然ガスから生産されるアンモニアに依存しているが、太陽光発電を使用したアンモニア用の水素原料製造を推進する。企業には、最低限のグリーン水素の購入を義務付ける計画も打ち出される見通しである。

4. 今後の見通し：改革遂行にむけて問われる調整力と実行力

上述のとおり、再生可能エネルギーの導入拡大には、DISCOMの改革が不可欠である。しかし、DISCOMの多くの問題は、選挙対策を意識したポピュリズム政策が不可欠というインド社会の構造的な課題がその根底にある。農村票の獲得を目的に、州議会選挙で灌漑用の電気利用や農村地域での電気料金の無償化を掲げる場合も少なくない。そのつげがDISCOMの財政悪化の一因である。

モディ政権発足以降、さまざまな改革計画が発表・実行もされてきたが、全てが計画どおりというわけではない。例えば、土地収用法改正や労働改革など経済成長を目指した目玉改革も農民や労働者、それを後押しする野党の反対に遭い、実現していない。最近では、2020年9月の農業関連法改正が農民の徹底抗戦から、実現の見通しが立っていない。また、拡大する財政赤字への対策として、政府は公営企業民営化や資産売却の方針をかねてより推進しているが、民営化後の雇用やサービス維持への不安から、労組等からの反発は根強い¹⁶。政府は電力の小売自由化を掲げ、電力法を改正し、DISCOM民営化¹⁷を進めようとしているが、農業分野等と同様に、DISCOM等で働く組合員で構成される全インド電力技術者連盟（AIPEF）がゼネストも示唆、全国規模の反対運動に発展する可能性も否定できない。

2021年4月には、5州で州議会選挙が行われる。モディ政権は選挙対策の必要から、改革の強行は控えているとみられていることから、選挙後、こうした反対運動に対し、どのような対応を取るのかが、当面の注目である。再生可能エネルギーの導入は、長期的なエネルギー戦略であると同時に、太陽光発電の産業化など、インドの中長期的な産業政策をも担うものであり、民間企業にとっての大きな市場機会でもある。既に民間企業が51%を保有するPPP¹⁸方式や民営化によって、一部のDISCOMでは事業効率化が進み、電力ロスを一桁にまで抑えることに成功している例も出てきている。政治と結び付いた強い利害関係が複雑に絡むだけに、改革遂行は容易ではないが、モディ政権がそれをクリアし、再生可能エネルギー導入を加速することができれば、インドの成長戦略に大きく貢献していくものとなるだろう。

¹⁵ 政府は3~4カ月以内に初のグリーン水素オークションを実施する可能性を示唆している。

¹⁶ 2021年3月、銀行労組連合が、2行の公営銀行民営化に反対ストライキを実施した。

¹⁷ DISCOMの株式の51%を民間企業に売却し、市場原理に基づいた効率化を図るための法改正を進めている。

¹⁸ パブリック・プライベート・パートナーシップ（官民連携）。

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思わ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。