再生可能エネルギー大国ブラジル：その実力と脱「水力依存」への取り組み

海外投融資情報財団 調査部 シニアフェロー
岸本　憲明

1．ブラジルの再生可能エネルギーの課題

ブラジルは、電力供給に占める再エネの比率からみても、再エネの絶対規模からみても、すでに再エネ大国である。

・2018年の発電量553TWhに占める再エネの比率は86.4%（うち水力が72%）であった。
・水力を加えた再エネ発電設備容量でブラジルは2018年時点、中国、米国に次いで世界３位の規模（世界の再エネ容量の5.8%）を誇る（ちなみに４位はドイツ）。電源別でみるとバイオは世界１位、水力２位、風力７位（ラテンアメリカで１位）と太陽光以外は世界クラスの規模を有する（“Renewable Capacity Statistics 2019”）。
・Bloomberg NEFが新興国の再エネに関する規制や投資環境、すなわち再エネへの投資を呼び込む能力をスコア化して毎年ランキングを発表しているが、2019年版ではブラジルはインド、チリに次いで３位となった（2018年は４位、2017年は２位であった）。

このように、脱炭素の意味では古くから再エネ大国であるが、問題はその構成が水力に著しく偏っている点にある。渇水期に電力不足を来すリスクがあること、社会環境的に巨大ダム建設が困難になっていること、大型水力は大消費地に遠く送電コストがかさむことなどから、過剰な水力依存からの脱却が21世紀の重要課題となっている。

2015年の気候変動枠組条約締約国会議（COP21）でも、ブラジルは温室効果ガス（GHG）排出量を2030年までに2005年比43%削減することを公約、そのために「非・水力」再エネのシェアを28%から2030年までに33%まで引き上げることをコミットしている。「非・水力」へのシフトの必要性は政府の方針としても認知されている。

2．「非・水力」再エネ導入支援策 ～FITスキームから競争入札へ

1980年代のいわゆる債務危機で機能不全に陥った国営企業による垂直統合型電力システムの最初の大改革が1995年から動き出した。90年代に電力市場は発送配電すべてのセグメントで分割化され、国営電力公社エレトロブラス傘下の配電会社６社すべてが民営化され、電力の販売はほぼすべて民間企業の手に渡った。エネルギー関連行政は鉱山エネルギー省が管轄し、その傘下の国家電力庁（ANEEL）が電力セクターの監督機関を務める。

電力供給の９割強を水力に依存していた2001年、ブラジルは未曽有の渇水に見舞われ、半年余りにわたって続いた罰則を伴う節電策によって経済活動も深刻な打撃を蒙った。政権への批判が高まり、2003年の左派労働者党政権誕生の遠因になったともいわれる。この危機が大きな転機となって21世紀初頭、水力発電に偏った電力供給からの脱却に向けた動きが始まった。

ブラジルで明示的に「非・水力」の再エネ導入を目的とした施策は2002年の「代替エネルギー源インセンティブプログラム（PROINFA）」をもって嚆矢とする。PROINFAは2002年４月の法令10438号および2003年11月の法令10762号を根拠法として導入され、風力／小水力／バイオマスによる電力[注1]を2008年までの期間、3,300MWまで政府の定める固定価格（feed-in tariff）で買い上げる仕組みをつくり、電力供給源の多様化を図ろうとするものである。プロジェクト実施主体となる発電事業者は、プロジェクトが採択された後に電力買い上げを行う電力公社エレトロブラスと20年の供給契約を結ぶ。国立開発銀行BNDESが優遇的な長期・低利融資を用意した。

注１：ブラジルの小水力発電の定義は、「発電容量１MW以上30MW以下、貯水面積３km^2未満」となっている。

PROINFAでは、設備利用率（capacity factor）の高い風力プロジェクトはより高いタリフが認められ

るなどのインセンティブが供与された[注2]。しかし一方で次のような制度上・運用上の欠陥も指摘されている。すなわち、国内の産業振興につなげる目的で同プログラムはプロジェクト採択の一要件として、風力という生まれたばかりの産業（2002年の風力設備容量は22MW）を相手に当時の国内サプライチェーンの実態を必ずしも反映しない６割という高率のローカルコンテント要件を課していたことが資機材取引の遅延などにつながった（風力の国内メーカーは１社しか存在していなかったといわれる）。さらに、当初、3,300MWを３つの電源に1,100MWずつ均等に割り振ることに固執したため費用効率が犠牲になった。結局、2,650MW（小水力1,153MW、風力964MW、バイオマス533MW）を調達してプログラムは終了した。

注２：設備利用率とは、設備が一定期間に実際に生産した電力量が、仮にその期間フル稼働したとして得られるであろう理論値としての発電量の何パーセントに相当するかを示す数値。この数値が高ければ高いほど、その設備を有効利用できていることを意味する。

脱・水力一辺倒に舵を切ったのは、90年代の民営化・自由化に続く第２の電力セクター大改革と評価できるが、その第１段階（PROINFA）は必ずしも所期の成果をあげたとは言い難い。

PROINFAに代わる再エネ開発支援策として2004年３月の法令10847号および10848号によって導入されたのが電源入札制度である（図表１）。入札制度は2005年から水力と火力中心に運用されていたが、徐々に再エネ電源が対象に加えられていった。入札は、電力供給の保障、電源の多様化、競争の増進を一義的な目的とし、大きく①新規電源入札と②リザーブ電源入札の２つのタイプから成る。鉱山エネルギー省のガイドラインに沿ってANEELが入札を実施、応札価格で評価する方式をとる。①は特定電源の導入を目的とするものではなく化石燃料も含む多様な電源が同条件で競うtechnology-neutralな入札が原則であるが、参加資格を再エネ電源に限定したalternative sources auction、さらに特定再エネ電源（たとえば風力）のみに限定するtechnology-specific auctionなども導入された。2002年導入のPROINFA（FIT制度）と2004年開始の入札制度がしばらく併存していたが次第にFITの有効性が色褪せていった。こうして電源入札制度が長期の再エネ電力導入拡大の中心的原動力となった。ブラジルは2019年までに30回を超える再エネ対象の新規電源入札を実施、世界でも再エネ入札の経験を最も豊富に有する国のひとつである。

図表１　新規電源入札（New Energy Auction）概要

根拠法令	2004年３月　法律10847号および10848号 2004年７月　政令5163号
最初に実施された年	2007年：バイオマス／小水力 2009年：風力 2014年：太陽光
入札実施主体	国家電力庁（ANEEL）
入札実施頻度	原則として年２回
種　　類	・基本は2004年に規定されたA-3（通常、風力、太陽光、小水力等）およびA-5（大規模水力、在来型プラント等） ・2017年に新たにA-4（再エネ限定）とA-6（再エネ・天然ガス）を導入 ＊数字は事業者に認められた落札から運開までの年数を表す（たとえばA-4入札の場合、事業者は落札後４年以内の電力供給開始を義務付けられる）

注：リザーブ電源入札は新規・既存のプラントからリザーブマージン容量の調達を目的とし、実施は必要に応じ随時
出所："Renewable Energy Auctions: A Global Overview", May 2018ほか

既述のように太陽光はPROINFAの指定電源から外され、大幅に出遅れることとなった。しかし、2014年に競争入札で初の落札を実現した。さらに太陽光の場合、分散型電源（distributed generation）としても飛躍的に拡大しつつある点が他の再エネ電源にない特長である。2012年、ANEELは決議482号をもって分散型発電に係る新ルールを発表、普及のツールとして１MW以下の小規模・零細設備を対象にネットメータリング制度を導入した。続いて2015年には分散型発電に対するインセンティブプログラムProDGを発足させ、併せて決議687号で先の482号を修正、対象設備の規模を５MWまで拡大した。ProDGは、電力消費者が分散型再エネ電源によって太陽光発電を中心に自家消費用の発電を行うことを奨励するもので、2030年までに分散型への投資を1,000億レアル、導入軒数を270万軒、導入容量23.5GWとする目標を設定している。

分散型発電は、すべての再エネ電源を対象とするが、実際問題としてその９割強が太陽光であることから太陽光振興のための施策といってよい。

再エネ導入拡大に電源入札制度と並んで重要な役割を果たしてきたのは国立開発銀行BNDESの長期低利融資である。2009～2018年の10年間にBNDESはクリーン電力プラントに235億ドル超の融資を供与、クリーンエネルギー向け融資額ではブラジル国内のみならず世界でも最大の金融機関となった[注3]。

注３：Bloomberg NEF, "Emerging Markets Outlook 2019", Nov. 2019

3．再エネ「非・水力」化の到達点

以上の施策の成果として脱・水力依存は現状どこまで進んだのか。風力と太陽光について振り返ってみる（図表２）。

まず風力。風況のよい沿岸部、なかでも北東部地域と南部地域を中心に着実に導入が進み、2010年の927MWから18年の14,400MWまで8年間で15.5倍に増加、容量で世界７位、設置ファームの数では世界５位に位置するまでになった。ブラジルの風力はすべて陸上であり、洋上風力は検討は始まっているものの実績はまだない。

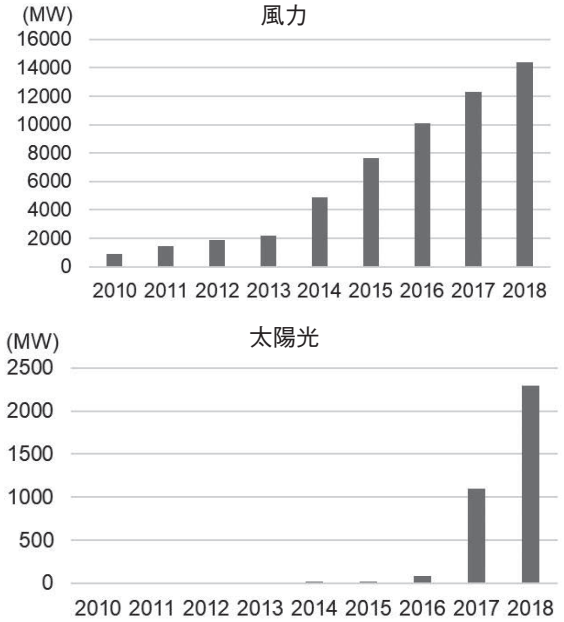
ブラジルの風力で特筆すべきはその設備利用率の高さである。25%前後の世界平均に対してブラジルの平均は40%を超え、北東部では50%を超えるところもあるという。世界最高水準の風況をもつ。

ブラジル風力エネルギー協会（ABEEólica）は、現在ブラジルで活動する風力関連企業はすでに１千社を超え、さらに大手がスタートアップと連携する事例も増えていると紹介している。

太陽光は、2010年の容量が１MWとほとんど存在しないに等しい状態からしばらく横這いののち、2017年に急角度で拡大、一気に1,100MWに到達、さらに18年は2,300MW、と１年で倍増したことは目を引く。2018年にチリを抜き、ラテンアメリカでメキシコに次いで２位となった。そして2019年には国内の容量シェアで原子力を抜いた。今はまだ規模は小さいが太陽光資源も風力に劣らず、世界クラスのポテンシャルをもつ。図表３は、ブラジルの日射量を太陽光発電のリーダー的存在であるドイツと比較したものである。ブラジルの最も日射量の少ない地方ですら、ドイツの最も多いところよりも日射量が４割前後多いことを示す。ブラジルの日射量はドイツのみならず大半の欧州の国より優れている（欧州で拮抗するのはスペインくらい）。その莫大なポテンシャルを考えると現状はほとんど未開拓というに等しい。

太陽光がそのほとんどを占める分散型発電の設備容量は、ブラジル太陽光エネルギー協会（ABSOLAR）によれば2018年末で500MW、2019年６月に１GW（うち太陽光が0.9GW）の大台に乗せたと思ったら半年後の2020年１月には２GWに達した。発電コストの低下、パネル等機器の価格低下その他の要因が与って、住宅・商業施設等による太陽光を使った分散型発電が、ユーティリティが脅威を覚えるほどのスピードで拡大していると報じられている。

図表２　ブラジルの風力および太陽光発電設備容量の推移（2010～2018年）



出所：IRENA, “Renewable Capacity Statistics 2019” より作成

図表３　ブラジルとドイツの太陽光日射量比較

（単位：kWh/m²/年）

	ブラジル	ドイツ
年間最大日射量	2,226 - 2,300	1,150 -1,200
年間最小日射量	1,642 -1,715	900 - 950

出所：SAKAMOTO,“Growth in the Use of Photovoltaic Energy in Brazil”,2019

ブラジルが水力以外の再エネに目覚めたことを受けて外国投資も活発化している。再エネへの外国投資で触れておくべきは中国の存在である。2010年代の再エネ導入急拡大の過程でブラジルの再エネにおける中国のプレゼンスが高まってきており、報道によれば、中国企業はブラジルの風力の16%、太陽光の21%、すなわち風力・太陽光合計の約16%、2.8GW程度を押えているという[注4]。

注4：Dialogo Chino, “China bets on wind and solar power in Brazil”, 2019年８月９日

4．10カ年計画が描く10年後の再エネの姿

ブラジルでは鉱山エネルギー省傘下のエネルギー調査会社EPEがエネルギー需要の成長および対応する発電能力拡張のニーズをベースに長期見通しを作成、10カ年計画（PDE）として毎年１年ずつ更新しながら発表している。これは政府の電源入札スケジュール策定のベースラインとなる。

10カ年計画（PDE）の最新版である2019年発行のPDE 2029は、2019年をベースに10年後の2029年までの石油・ガスなどまで含めたエネルギー全般の拡張のシナリオを描いたものである（図表４）。

再エネ導入ドライブがかかるまでは、水力一辺倒の欠陥を化石燃料発電の増強で補完していたが、再エネに舵を切って以降、火力のシェアは低下の一途をたどる。

2019年末で全電源合わせた設備容量は168GW、うち再エネが82%（大型水力60%、その他22%）、非再エネが14%という構成になっている。

10年後の2029年には全設備容量が228GW、再エネのシェアが上がるのではなく78.5%までむしろ低下しているが、これは大型水力が19年比15%ポイントと著しく低下したためであり、「その他の再エネ」は10%ポイント上昇している。「その他」のなかでは風力の貢献が飛び抜けて大きい（8.9% →17.3%）。風力は2019年、バイオマスを抜いて非・水力で１位（大型水力に次いでブラジルの電源として容量ベースでは第２位のシェア）となった。

大型水力は29年に45.6%のシェアとなっているが、PDEの見通しでは27年に５割を切る（48.8%）。水力が５割を切るというのは歴史的なことといえよう。

非・再エネが今後10年でシェアを上げる見通しとなっているのは偏に天然ガスの増大による。風力、太陽光といった間欠性電源の普及に合わせてその出力変動を調整する電源の確保が必要となる。火力発電の中でも建設費が比較的安価で高い需給調整能力を持つ天然ガス火力が調整電源として選択されたことによる。天然ガスが風力と同じような規模で伸びていく一方、石炭・石油は大きく抑制される見通しである。

2029年までの容量拡充を牽引するのは量的には風力と天然ガス、スピードでは太陽光というところである。

図表４　ブラジルの2019～2029年の発電設備の見通し

電源	2019年		2024年		2029年	
	設備容量（MW）	構成比（%）	設備容量（MW）	構成比（%）	設備容量（MW）	構成比（%）
再エネ	138,284	82.3	154,196	80.9	178,915	78.5
大型水力	101,288	60.3	102,139	53.6	103,958	45.6
非・大型水力	36,996	22.0	52,057	27.3	74,957	32.8
小水力	6,385	3.8	7,545	4.0	9,045	4.0
風力	15,017	8.9	24,475	12.8	39,475	17.3
バイオマス	13,412	8.0	14,415	7.6	15,815	6.9
太陽光	2,182	1.3	5,622	3.0	10,622	4.7
非・再エネ	22,672	13.5	29,293	15.4	42,059	18.4
原子力	1,990	1.2	1,990	1.0	3,395	1.5
天然ガス	12,921	7.7	21,234	11.1	36,190	15.9
石炭/石油	7,761	4.6	6,069	3.2	2,474	1.1
輸入電力（イタイプ）	7,000	4.2	7,000	3.7	7,000	3.1
総計	167,956	100.0	190,489	100.0	227,974	100.0

出所：鉱山エネルギー省“PDE 2029”

５．今後の展望

2019年後半、国家電力庁ANEELが太陽光へのインセンティブを削減するという趣旨でネットメータリングシステムへの新たな課税案を提起した。国家財政への負担の軽減、およびネットメータリング制度利用者と非利用者の負担のアンバランス是正を狙ったものといわれる。大統領および上下両院議長が年明け早々、これから著しい飛躍が期待される太陽光発電への課税強化は断じて認めないとして課税案の阻止に動いた。2019年１月に就任したボルソナロ大統領は在来型電源（水力、火力）擁護派と報じられたことから再エネへの補助金・インセンティブの廃止に向かうのではないかと憶測されていたが、大統領自らの明確な意思表示によって当面その懸念は後退したといえよう。

ブラジルは風力と太陽光に関して明らかに後発組である。「エネルギー拡張10カ年計画（PDE）」で太陽光の具体的な将来予測が最初に記載されたのは2014年発行のPDE 2024からの由（14年の太陽光発電設備は15MW）。すなわち、政府に認知されたのは10年代に入ってからである。設備容量の１GW超えは風力が2011年、太陽光は2017年であった。

2010年代は風力がブームの様相を呈した、20年代は太陽光が同様の経路をたどろうとしているかに見える。10カ年計画（PDE）の描く2029年の太陽光は容量10.6GW、シェア4.7%であるが、ABSOLARは、2040年までに太陽光がブラジルの全設備容量の32%を占め、水力をも凌駕して最大電源となっている可能性もあるとの驚くべき長期見通しを発表している。水力が圧倒的首位の座から降りる日が来るという大胆な予測ではあるが、ブラジルの太陽光はそれだけのポテンシャルを有しているということであろう。（２月27日記）