

# アジア諸国における再生可能エネルギーの状況と課題

## Renewable Energy Situation and Challenges in Asian Countries

永田 敬博 \*・ 吉田 昌登 \*・ 闕 思超 \*

Takahiro Nagata

Masato Yoshida

Sichao Kan

### Abstract

Countries aiming carbon neutral in 2050 are increasing and Japan's prime minister also pledged the country's 2050 targets (carbon neutral) on October 26<sup>th</sup> 2020. Renewable energy will be of even more importance. It can also be expected that under the new 2050 target energy cooperation between Japan and developing countries will give more focus on clean energy technologies, especially on applying Japanese technologies in these countries for their GHG reduction. This paper conducted a study on the energy and renewable energy situation, especially detailed renewable policy in selected Southeast Asian (ASEAN) countries: Vietnam, Thailand, Malaysia, Indonesia, and the Philippines.

These ASEAN countries, especially Vietnam, Thailand and Malaysia, have seen substantial expansion of Renewable energies. However, increasing PV and wind electricity may also lead to grid instability. Japanese technologies, such as battery, demand response (DR) and demand side management (DSM) can help to solve the grid integration challenge. Financial and institutional design for supporting renewable energies is also important in cooperation with these countries.

**Key words** : Renewable energy, Developing countries, Grid stabilization

## 1. はじめに

近年、我が国では再生可能エネルギーへの取り組みが進んできている。国の方針としても再生可能エネルギーを主力電源の一つとして位置づけ、洋上風力の普及拡大も視野に取り組みが進められている。また、企業においても2050年に向け、ネットゼロを目指す取り組みや再生可能エネルギー100%を目指したRE100へ加盟する企業も増加してきている。2020年10月の菅首相の「2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロを目指す。」との宣言により、再生可能エネルギー拡大の動きはより活発になると見込まれる。

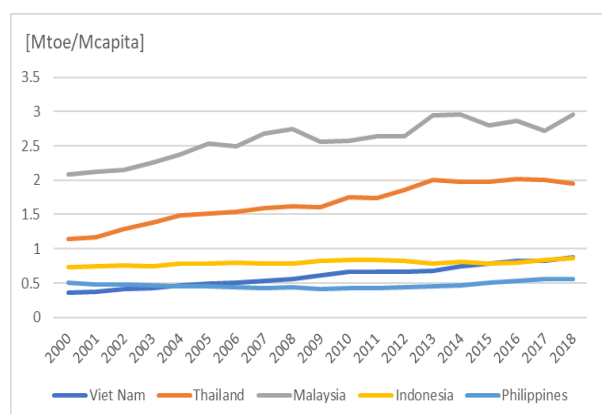
(一財)日本エネルギー経済研究所では、経済産業省の委託事業として、長年にわたり、東南アジア等の各国の再生可能エネルギー導入状況に関する調査研究、ならびに、それら対象国に対して、我が国の再生可能エネルギーや電力系統安定化等に関する制度や技術を紹介する事業を手掛けている。

そこで、本稿ではベトナム、タイ、マレーシア、インドネシア、フィリピンの5カ国についてエネルギー状況などを横並びでまとめるとともに、再生可能エネルギー政策等の整理を行い、今後の当該地域での再生可能エネルギーを中心としたビジネス展開に関して考察する。

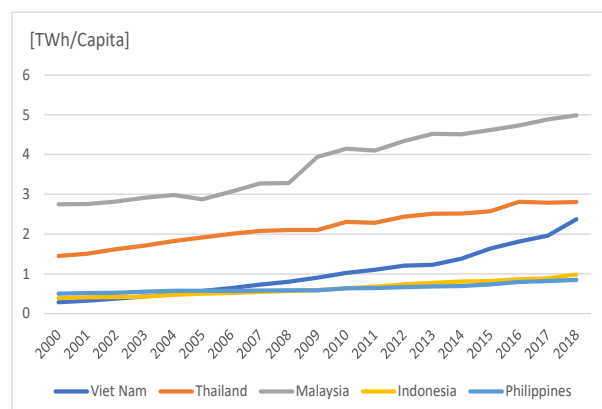
## 2. 東南アジア各国のエネルギー状況

はじめに対象5カ国のエネルギー状況を把握するため、IEAの資料に基づき<sup>1)</sup>、一人当たりの一次エネルギー消費、

電力消費の関係をまとめたものを図1示す。年々エネルギー需要が拡大する傾向となっている。GDPとの関係を明らかにするために、横軸を一人当たりのGDP、縦軸を一人当たりの一次エネルギー消費と電力消費として図2に示す。両者の間に明確な正の相関があることがわかる。



a. 一次エネルギー



b. 電力

図1 一人当たりの年間エネルギー消費

\*一般財団法人日本エネルギー経済研究所

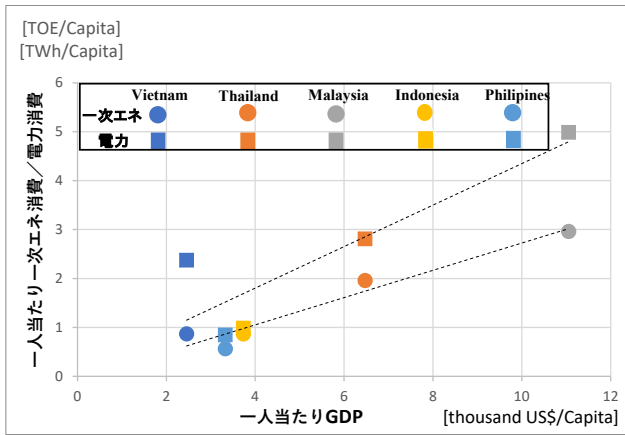


図2 一人当たり GDP とエネルギー消費の関係

### 3. 再生可能エネルギーの普及状況

#### 3.1 再生可能エネルギー全般の普及状況

次に各国の再生可能エネルギーの普及状況について整理する。図3に水力を含む各国の再生可能エネルギー発電のシェア<sup>1)</sup>を示す。2018年ではベトナムが最も高く約35%、次いでフィリピンが約23%程度で、その他は17%程度である。なお、再生可能エネルギー発電の内訳を図4に示すが、各国とも水力がある程度の割合を占め、特にベトナム、マレーシアでは大半を水力が占める。その他、フィリピン、インドネシアは地熱、タイ、インドネシアはバイオマスも盛んである。

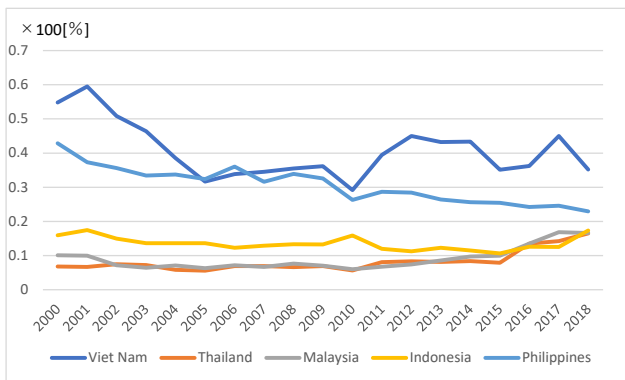


図3 再生可能エネルギー（水力含む）のシェアの推移

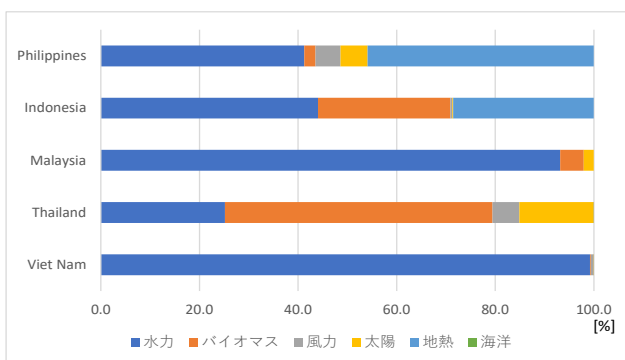


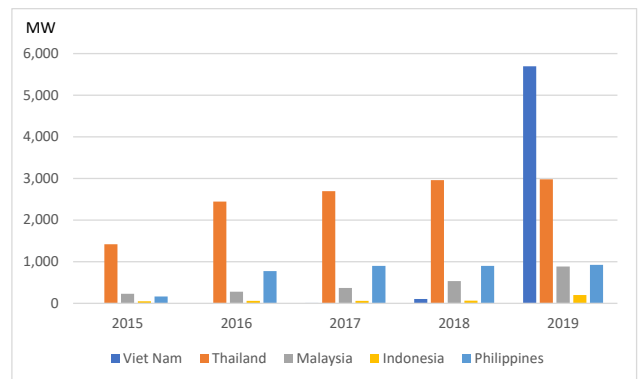
図4 再生可能エネルギー（水力含む）の内訳

#### 3.2 太陽光発電、風力発電の普及状況

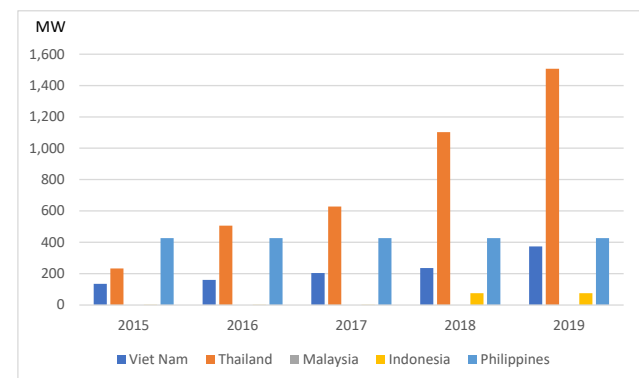
近年、グローバルな普及進展に伴い、発電単価が大きく下がってきている太陽光発電と、今後、我が国においても洋上風力などの開発が期待されている風力発電に絞って普及状況を整理する。太陽光発電や風力発電は日射量や風速によりその出力が変動する変動電源であり、我が国ではその普及拡大を見据えた制度設計や系統安定化技術等の技術開発が盛んになってきており、東南アジア各国でこのような変動再生可能エネルギーが拡大すれば、それに応じた制度導入支援や関連技術のビジネス展開が期待できる。

太陽光発電・風力発電の普及は特に最近の変化が急なため、2019年までの発電容量のデータがまとまっているIRENAのデータ<sup>2)</sup>を元にそれぞれの発電容量についてまとめたものを図5に示す。太陽光発電・風力発電ともに、タイでの近年の伸びが著しい。また、ベトナムでは2019年に太陽光発電で顕著な伸びが見られる。

再生可能エネルギー全般、ならびに太陽光発電・風力発電に関しても導入の伸びとGDPとの相関は見られず、経済発展が再生可能エネルギー普及の要因とは必ずしもなっていない。なお、風力に関してはタイでは2019年までに1,400MWを超える導入となっているが、太陽光発電に比べれば少なく、今後の伸びも後述するように洋上風力の開発も盛んなベトナム以外は今後の大幅な伸びは期待が薄いため、次章では太陽光発電を中心に考察を行う。



a. 太陽光発電



b. 風力発電

図5 太陽光発電、風力発電の発電容量推移

#### 4. 太陽光発電普及の要因

地熱、バイオマス、そして風力発電に関しては、今回対象とした5カ国においてポテンシャルは大きく異なり、その普及に関しては様々な要因が絡んでくるが、太陽光発電に関しては、赤道付近に位置する各国で、そのポテンシャルに大きな差異はなく、その普及に関しては各国の政策の影響が大きいと考えられる。

そこで本章では、各国の太陽光発電に関する普及政策や電力価格等の評価を行い、現状までに普及要因を分析するとともに、将来的な普及に関して考察する。

表1に各国での固定価格取引制度（Feed-In-Tariff, FIT）の概要をまとめる。

表1 各国の太陽光発電のFIT制度概要

国	導入時期	買取価格[US cent/kWh]*
ベトナム	2017年	2017年：8.34 2019年7月：6.58～8.33
タイ	2013年	ルーフトップ：19.7～22.3 地上設置：14.4～18.1
マレーシア	2011年	大規模：4.32～13.9** その他：7.68～16.1**
インドネシア	2006年	3.19～3.92***
フィリピン****	2012年	18.5

\* 2020年10月の換算レートで計算。

\*\* 2018年以降の買取価格より算定

\*\*\* PNL 発電コストの65～80%より算定。発電コストは業務用電力料金（7¢/kWh（JETRO 調べ））の70%と想定

\*\*\*\* 2018年2月に認証終了

各国の買取価格には差異があり、FIT導入時期についても10年近く幅がある。FIT制度の太陽光発電普及への影響を考察するため、太陽光発電コスト（Levelized Cost of Electricity: LCOE）<sup>3)</sup> や各国の電気料金（業務用電気料金）<sup>4)</sup> を合わせて評価した結果を図6に示す。

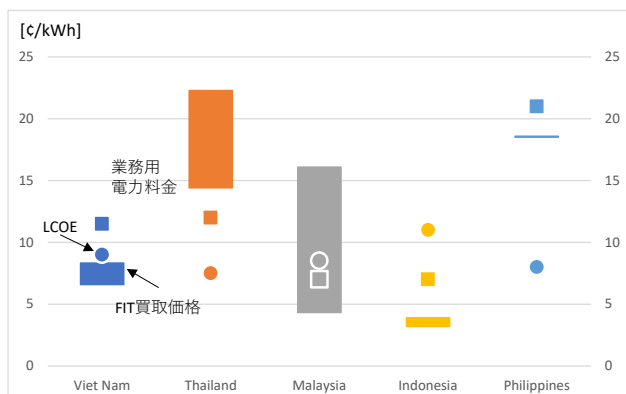


図6 FIT買取価格と太陽光発電コスト、業務用電力料金との関係

タイはFIT買取価格がLCOEの倍以上の価格となっており、業務用電力料金よりも高い価格で設定されているため、発電事業者にとっても自社で太陽光発電を導入しようとする者にとっても導入するインセンティブが働き、順調に普及してきているものと考えられる。一方、インドネシアではFIT導入時期は2006年と早いですが、FIT買取価格が発電コストの65～80%と規定されているため、買取価格はLCOEや電力料金に比べ安価であり、導入のインセンティブが低く、導入が低迷してきたと考えられる。フィリピンのFIT買取価格はLCOEより高額のため発電事業者として太陽光発電に取り組むインセンティブとなっていたが、2018年に目標導入量を達成したため、太陽光発電及び風力発電の認証が終了したため、その後の伸びは見られない。ベトナムに関しては、LCOEや業務用電力料金に比べ、やや安価なFIT買取価格にも関わらず、2019年に大幅に発電容量が増加した要因は明確でない。また、マレーシアに関してはFIT買取価格に大きな幅があるため、太陽光発電がタイなどに比べ導入量は少ないが、毎年順調に拡大してきており、特に2018年から2019年にかけての伸びは大きい。

#### 5. 対象各国における今後の再生可能エネルギー普及及び我が国の貢献に関する考察

ここまで、対象各国のエネルギーや再生可能エネルギー普及状況を整理し、太陽光発電普及の要因を、FIT制度を中心に考察した。ここでは、対象5カ国それぞれについて、今後の再生可能エネルギー普及及び我が国の貢献やビジネス展開の可能性について考察する。

##### 5.1 ベトナム

##### 5.1.1 再生可能エネルギー状況及び今後の見通し

ベトナムの太陽光発電及び風力発電の最近の伸びは著しい。太陽光発電に関しては、2020年5月にFIT買取価格の見直しが行われ、表2に示すように太陽光発電の設置形態や地域により買取価格を変えるなどの配慮をしながら、適正な太陽光発電の普及の推進を図っている。

表2 2020年7月から2月のFIT買取価格<sup>5)</sup>

太陽光発電技術	買取価格	
	VND/kWh	US cent/kWh
浮体式太陽光発電	1,783	7.69
地上設置太陽光発電	1,644	7.09
Ninh Thuan 地域での系統連携している太陽光発電	2,086	9.35
ルーフトップ太陽光発電	1,943	8.38

また、2019年以降の風力発電の開発は顕著である。この大きな要因として、海外資本のベトナム風力発電市場（特

に洋上風力)への展開がある。ベトナムとデンマークは風力発電開発で協力関係を深めており、両国での試算では洋上風力のポテンシャルは160GWに上ると見積もっている<sup>6)</sup>。2020年だけを見ても、7月にはシーメンス・ガメサ・リニューアブル・エナジー(スペイン)が、ベトナム南部で計画される洋上風力発電所2地点(合計出力165MW)で風力発電機36基を受注し、ベスタス(デンマーク)もベトナム南部の風力発電所に合計50MWの風車を納入するなど、欧州の2大風力発電機器メーカーの動きが盛んである<sup>7)</sup>。また、同じく2020年7月にはデンマークの洋上風力企業グループであるCopenhagen Infrastructure Partners(CIP)が3.5GWの洋上風力発電事業で基本合意した<sup>8)</sup>。

ベトナム政府が5年ごとに策定する電力マスタープランの第7次計画改定版(以下、改定PDP7)が、2016年3月に発表されたが、その中で再生可能エネルギーの目標値は表3のように設定された。

2030年に向け、風力発電、太陽光発電は高い目標が示されており、またFIT買取価格も風力発電は2018年に7.8US cent/kWhから8.55 cent/kWh(陸上風力)、9.85 cent/kWh(洋上風力)に上げ<sup>9)</sup>、太陽光発電でも表2に示すように引き上げるなど、支援策を強化しており、海外資本の進出も積極的であり、今後、ベトナムの再生可能エネルギー普及は加速するとみられる。

表3 改定PDP7での再生可能エネルギー目標

	2020	2025	2030
水力 (小水力含む)	21,600MW (29.5%)	24,600MW (20.5%)	27,800MW (15.5%)
風力発電	800MW (0.8%)	2,000MW (1%)	6,000MW (2.1%)
太陽光発電	850MW (0.5%)	4,000MW (1.6%)	12,000MW (3.3%)
バイオマス	750MW (1%)	1,824MW (1.2%)	3,281MW (2.1%)

### 5.1.2 ビジネス展開の可能性

ベトナムは、近年FIT価格の引き上げ等により太陽光発電や風力発電等のプロジェクトが活発になってきているが、一部で送電能力を超えた再生可能エネルギープロジェクトが進行することとなり、出力抑制等の技術や制度の充実が望まれる。また、急激な電力需要の拡大、発電の拡大に合わせた送配電の強化、高度化も望まれる。系統安定化やスマートコミュニティに関係した我が国の技術を紹介していくことが重要であると考えられる。

また、同国の再生可能エネルギー資源に関する資源分布等の調査を世界銀行等が支援しているが、風力発電等の大型化に伴い必要とされる風況の高度も変わり、洋上風力に

対する動きが活発化している状況を鑑みて、最新の状況把握のため、資源分布の評価を行い、必要な技術等を紹介していくことも有効であろう。

## 5.2 タイ

### 5.2.1 再生可能エネルギー状況及び今後の見通し

タイの太陽光発電導入量はFIT制度が下支えとなり、急速に増加してきている。また、2015年から2036年までの代替エネルギー開発計画であるAEDP2015によって設定された太陽光発電の導入目標(2036年までに6,000MW)は、AEDP2018(2018年から2037年までの代替エネルギー開発計画)により、15,574MWに上方修正されており、新たな目標を実現するためには更なる導入促進策が必要であると考えられる。太陽光発電の導入量増加に伴う、系統安定化に係るコスト負担の発生などが予測される中、太陽光発電事業者による余剰電力の個人間取引(Peer-to-Peer, P2P)を2021年に開始する計画などもある。また、2018年8月には、再生可能エネルギー企業BCPG社(タイ)とPower Ledger社(豪州)が共同で、ブロックチェーンを用いたP2Pの試験をバンコク市内T77地域で実施した。学校、アパート、病院などで総設備容量700MWのルーフトップ型太陽光発電を活用した取組みは世界最大規模であり、マイクログリッドにも適用できるものとして期待されている<sup>10)</sup>。

### 5.2.2 ビジネス展開の可能性

経済発展が著しいタイは既に発展途上国ではなく、中進国と呼ぶべき段階に至っている。経済発展やそれに伴う都市化の進展によってタイのエネルギー需要は急増しており、エネルギー自給率向上や環境問題対策に有効な再生可能エネルギーの重要性も増しているため、この分野でのニーズはこれから本格化していくものと考えられる。

タイでは太陽光発電を中心とした再生可能エネルギーのさらなる導入を目指しているものの、電力系統の整備や導入促進策の設計に課題を抱えているため、これらの分野で先行している日本の技術や知見を活用したビジネス展開に有効であろう。

また、タイではスマートグリッド、スマートシティなどの取組みも見られるが、政策面では不十分なところもあり、これらに関するマスタープランのコンサルティングなども有効と考える。

## 5.3 マレーシア

### 5.3.1 再生可能エネルギー状況及び今後の見通し

マレーシアは、FIT制度導入以降、再生可能エネルギーは着実に拡大してきている。FITによって再生可能エネル

ギーの累積導入量は、2020年10月時点で604.44MWに達している。その内訳は、太陽光発電が最も多く380.24MWとなっており、次いでバイオマスが82.7MW、バイオガス（埋立地・農業廃棄物バイオガス）が62.94MWとなっている。

太陽光発電に関しては、大規模太陽光発電が競争入札に移行し、2016年からは住宅分野等で余剰電力買取制度（Net Energy Metering, NEM）を開始するなど、様々な方策を講じてきている。今後も、1.6GWを超える大規模太陽光発電事業が計画されており、2020年第2四半期時点で690MWが稼働するなど、伸びが期待できる。

また、太陽光発電の産業政策として、研究開発への補助制度、産官学の協力、優遇税制、融資制度、プラント用地の調整などが実施され、マレーシアの太陽電池の生産量はセル、モジュールともに世界3位となっている<sup>11)</sup>。外資の太陽光発電メーカーの投資については地方政府による誘致政策が進められ、世界のトップメーカーの多くはマレーシアをアジア市場の生産ハブとして生産ラインを投入した。

### 5.3.2 ビジネス展開の可能性

マレーシアは、東方政策（東アジア諸国から技術、強い労働倫理、勤労意欲などを学ぶ）を掲げており、その範囲はグリーン技術、再生可能技術、バイオテクノロジーなどに及ぶ<sup>12)</sup>。2015年5月、日マレーシア二国間首脳会談後に出された「戦略的パートナーシップについての日マレーシア共同声明」<sup>13)</sup>の中では「気候変動対策の観点から、再生可能エネルギー源による発電のための気候及び環境に優しい低排出・ゼロ排出技術や、あらゆる産業部門のエネルギー効率を高める技術の移転を通じて、気候変動に対処することの喫緊の必要性を確認した」と明記されており、日本として再生可能エネルギー分野における技術支援は重要な分野であろう。

## 5.4 インドネシア

### 5.4.1 再生可能エネルギー状況及び今後の見通し

インドネシアでの再生可能エネルギー電源としては水力、バイオマス、地熱がほとんどであり、太陽光発電、風力発電は限定的で、いずれも150MW程度である。これはFIT買取価格が国家電力公社（Perusahaan Listrik Negara : PLN）の発電コストの全国平均水準を上回る地域では、当該地域の発電コストを超えてはいけないうといった、買取価格の上限設定も影響していると考えられる。

水力、バイオマス、地熱に関しても今後の大きな伸びへの期待は薄い。一方、太陽光発電について、インドネシア政府は2025年までに6.4GWに引き上げることを目標としており、ディーゼル発電が中心で発電コストが高い、離島・

遠隔域での拡大の可能性がある。

### 5.4.2 ビジネス展開の可能性

インドネシアでは、離島・遠隔地域における主要な電源は高価なディーゼル発電である一方、ジャワバリなど中心地域では安価な石炭火力発電が大量に導入されており、地域毎の発電コストは当該地域の電源構成によって大きく異なる。2017年の再生可能エネルギー買取規則変更によって買取価格の上限は地域毎の平均発電コスト以下に抑えられたが、これにより、発電コストが高い離島・遠隔地域の方がジャワバリ地域よりも、再生可能エネルギーの買取価格が高くなり、経済性の観点からは、離島・遠隔地域は魅力的な再生可能エネルギーの投資先であるといえる。

他方、技術的な制約を見ると、離島や遠隔地では電力負荷が小規模であり、それらの地域では電力供給システムが独立しているケースも多いため、急激な出力変動を伴う再生可能エネルギーの大規模導入には適していない。出力変動への対策として蓄電設備やバックアップ電源併設、および総合的な系統運用が必要となるため、そこに技術的なニーズが生じると考えられる。また、離島における自立的かつ安定的、強靱なエネルギー供給という観点では、再生可能エネルギーと比較的長期的なエネルギー貯蔵に適した水素を組合せたシステムも有効であり、そのような革新的技術の適用可能性もあると考えられる。

このほか、エネルギー・鉱物資源省（Ministry of Energy and Mineral Resources, MEMR）は、既存の石炭火力発電設備の活用および再生可能エネルギー促進の観点から、石炭・バイオマス混焼にも熱心に取り組んでいる。我が国は発電事業者を中心にバイオマス混焼の運用実績を有しており、燃料製造や発電所運用等の技術的観点で協力機会がある。

## 5.5 フィリピン

### 5.5.1 再生可能エネルギー状況及び今後の見通し

フィリピンは、国家再生可能エネルギー委員会（National Renewable Energy Board, NREB）の提案により導入された固定価格買取制度（FIT）により、太陽光発電、風力発電は大幅に増加（2019年時点で太陽光発電：922MW、風力発電：427MW）したが、2018年には導入目標量を達成し、認証を終了したため、最近はほとんど伸びが見られない。

今後の普及に関しては、FIT制度も見直しが行われ、改めて買取制度が再開されるかが鍵となると考えられる。

### 5.5.2 ビジネス展開の可能性

FITの導入以降は、太陽光発電や風力発電といった変動電源の導入はNREP目標に対して十分に進められている。しかし、例えばルソン島北部の太陽光発電所や風力発電所

と電力需要地のマニラを結ぶ送電線が脆弱なため、発電所近辺の地域では再生可能エネルギーの出力変動の影響を受けやすいなど、電力供給地と需要地を結ぶ送電網の強化が望まれる。また、フィリピン自体が島嶼国であり、小規模島嶼地域にはマイクログリッドの導入などが考えられる。また、日本における出力抑制を含む変動電源対策制度や系統安定化技術などにもニーズがあると考えられる。

## 6. おわりに

本論文では東南アジア 5 カ国について、横並びでエネルギーや再生可能エネルギー状況をマッピングし、特に太陽光発電に関して、FIT 制度を中心にその普及に及ぼす影響を考察した。また、各国についてより詳しく、再生可能エネルギー関係の制度や状況を調べ、今後の我が国のビジネス展開の方向性について検討を行った。

前述した菅首相の「2050年カーボンニュートラル」の宣言を受け、国連のグテーレス事務総長は「日本は2050年ネットゼロを達成するための技術、金融、エンジニアリングツールを有しており、技術支援や再生可能エネルギーのための金融支援などを通じて、開発途上国が同じ目的を達成することの支援を期待する。」との声明を出した。太陽光発電や風力発電等の単体技術は中国や欧州メーカーの方が低コスト化なども図られ、途上国への展開は難しいところがあるが、系統安定化なども含めた、複合的な技術を各国のニーズに即した形で提案し、また、系統安定化等に資する制度や運転維持費は安価だが、初期投資が高額な再生可能エネルギーの投資促進を促すための低金利融資や融資保証など、相手国における再生可能エネルギー普及のロードマップに貢献する形で取り組みを行っていくことが肝要と考える。

## 参考文献

- 1) IEA, World Energy Statistics and Balances 2020
- 2) IRENA, Renewable Energy Statistics 2020

- 3) BloombergNEF, Levelized Cost of Electricity
- 4) Jetro, 投資コスト比較,  
<https://www.jetro.go.jp/world/search/cost.html>,  
(アクセス日 2020年10月20日)
- 5) Decision No. 13/2020/QD-TTg on the mechanism of encouraging development of solar power in Vietnam
- 6) NNA Asia, 2020年6月17日, ベトナムとデンマーク, 風力発電開発で連携
- 7) 電気新聞, 2020年7月29日, 欧州2大風車メーカー, ベトナム開拓に本腰/1100万キロワット開発計画
- 8) Recharge, 2020年7月22日, CIP plans 3.5GW Vietnam offshore wind project,  
<https://www.rechargenews.com/wind/cip-plans-3-5gw-vietnam-offshore-wind-project/2-1-846588> (アクセス日 2020年10月20日)
- 9) VIET JO, 2020年7月11日,  
<https://www.viet-jo.com/news/column/200708162238.html>  
(アクセス日 2020年10月20日)
- 10) Medium ウェブサイト  
<https://medium.com/power-ledger/case-study-learn-more-about-our-live-project-with-bcpg-in-bangkok-thailand-ab7a31c8b464> (アクセス日 2020年10月20日)
- 11) International Energy Agency (2018) “Trends 2018 in Photovoltaic Applications,” p.57.
- 12) 外務省 (2011年3月) 『マレーシア国別評価 (第三者評価)』, p.45  
[https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/shiryo/hyouka/ku-nibetu/gai/malaysia/pdfs/kn10\\_03\\_01.pdf](https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/shiryo/hyouka/ku-nibetu/gai/malaysia/pdfs/kn10_03_01.pdf) (アクセス 2020年10月20日)
- 13) 外務省 (2015年5月25日) 「戦略的パートナーシップについての日マレーシア共同声明」, p.3.  
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000081944.pdf>  
(アクセス 2020年10月20日)

お問い合わせ:report@tky.ieej.or.jp