

【研究論文】 インドネシアの電気事業における脱炭素化対策

田中 照貢

日本大学大学院総合社会情報研究科後期課程

Decarbonization Measures in Indonesia's Electricity Industry

TANAKA Terumitsu

Graduate Student at the Graduate School of Social and Cultural Studies, Nihon University

Global warming is happening all over the world and many countries, including Indonesia, are taking measures to combat global warming. The main cause of global warming is the increase in greenhouse gases. In order to reduce greenhouse gases, decarbonization is necessary. Indonesia aims to decarbonize, taking into account the impact of the decline in coal-fired power generation on industrial development. Indonesia is promoting decarbonization with the cooperation of the Asian Development Bank and developed countries, but decarbonization measures have only just begun and the future situation is unclear.

1. はじめに

本研究は、インドネシアの脱炭素化政策における国際協力と政策改革の重要性を明らかにし、再生可能エネルギー導入の具体的な課題と解決策を提示することを目的とする。

インドネシアは近年、経済発展が進んでいる。インドネシアの1人あたりの実質GDPは、701.1 (1971年)、769.9 (1973年)、1,037 (1980年)、1,488 (1990年)、1,868 (2000年)、2,720 (2010年)、3,332 (2015年)、3,877 (2019年)、3,757 (2020年)である(単位は2015年価格米ドル/人)¹。1人あたりの実質GDPは伸びてはいるが、インドネシアは先進諸国と比べれば、不十分であるといえる。

しかし、インドネシアは、人口も多く、国土も広く、日本などのように人口減少を危惧する心配も現在のところない。人口ボーナスによって、今後の労働人口にも不安がない。

さらに、インドネシアは、石炭をはじめ、天然ガス、水力、地熱など豊富なエネルギー資源に恵まれているが、石油や天然ガスなどは減少が著しい。

しかし、インドネシアは電気やエネルギーに関しては、石油や石炭、天然ガスに頼る傾向から、自国

や世界に対する環境の問題が懸念されている。このような点から、電力開発における、環境の問題を中心に、インドネシアのエネルギー政策について検討していきたい。

具体的には、インドネシアの脱炭素化政策はどの程度効果的に実施されているか、特定の再生可能エネルギー導入策が直面している課題は何か、国際協力がインドネシアのエネルギー政策にどのような影響を及ぼしているかという点について、インドネシアの電気事業における脱炭素化対策に関係する状況を調べていきたい。

インドネシアは今まで、脱炭素化政策を実施してきたが、石炭火力発電等が思うように減少することがないことなどが原因で、脱炭素化が思うように進んでいるとはいえない状況である。インドネシアの脱炭素化政策がどのように実施され、その政策がどの程度効果があったかを検討したい。

インドネシアは、様々な再生可能エネルギーを導入しているが長所とともに短所があり、環境にやさしいという長所があるものの、初期費用が高いことや、減価償却までに長い期間を要することなどの課題をどのように克服していくかという問題がある。

インドネシアは、最近産業の発展が著しいものの、電気事業を環境にやさしいものに替えていくためには、多額の費用が必要である。そして、そのための費用を自国で賄うことは難しく、アジア開発銀行などをはじめとする、国際機関や先進諸外国などの援助や借款などに頼っている状況である。これら外国からの協力を得ることがインドネシアにとっては必要であるが、インドネシアは国有電力会社 PLN (Perusahaan Listrik Negara インドネシア唯一の国有電力会社) が独立系発電事業者と石炭火力発電に関して、多くの契約を結んでいる関係から、石炭火力発電からの脱却を図ることが難しいなど、外国からの協力等が難しい状況である。これらの問題を考察していきたい。

2. インドネシアの電力事情

2.1 2000年代のインドネシアの電力事情

2000年代のインドネシアの電力事情は「最近のインドネシア電力事情」で知ることができる。2004年の時点で、インドネシアは石油があと18年分しか可採年数がないが、石炭は147年分の可採年数があるということや、インドネシアの1人当たりのエネルギー消費量は、日本の1/10ほどであるが、エネルギー効率は1/5ほどであることなどが示されている。石油や石炭の可採年数は現在と違っているが、現在の環境問題がこの時点で既に進んでいることが示されている。さらに、現在、国有電力会社 PLN と独立系発電事業者の契約等によって、再生可能エネルギーの促進が妨げられている現状があるが、この国有電力会社 PLN と独立系発電事業者の関係の問題などは現在の諸問題の原型を感じることもできる。

石油燃料価格の上昇によって生まれた非石油燃料発電所開発加速プログラムも、資金や用地の問題がある。さらに、石炭供給をどうするのかという問題があり、環境影響評価を行わないと資金貸付ができないなど様々な問題があった。

この文献では石油、石炭依存の課題が議論されているが、国際協力の具体的な提案等がなく、インドネシア政府は民間投資を期待するものの、国際機関や先進諸外国からの援助についての言及があまりなく、インドネシアが国外に協力してもらって環境問

題を解決するという時代になっていなかったとも捉えることができる。

「再生可能エネルギーの利用と将来展望」には、化石燃料の利用の環境面での問題や、再生可能エネルギーの利用の必要性について、日本と EU とインドネシアを中心に述べられている。この文献では、インドネシアのような、過疎地が多い国や地域を中心に、オングリッドに固執することなく、オフグリッドの電源供給を視野に入れた開発が必要であること、環境にやさしいといわれている発電にも、欠点はあるので、利点と欠点を両方把握して、導入する必要があること、近傍から広域、短期的から長期的計画を見据えた、それぞれの地域特性に応じた再生可能エネルギーの選択および連携が必要であり、エネルギーの地産地消が重要なシステムとなること、小水力、風力、太陽光、バイオマスは再生可能エネルギーとして、その国内、地域で賄うことのできるエネルギー資源であり、地産地消が原則となること、これらの再生エネルギーも、発電等に様々な技術等を要し、故障も多く、減価償却したのちに、廃棄物として結果的に環境にも悪い影響を与える場合もあること、特にバイオマス発電では、大気汚染をもたらす場合があることなどが指摘されている。

この文献では、環境問題は基本的には各国が自力で取り組むべきものではあるが、先進国、開発途上国共通の課題でもあり、協力して取り組むべき地球的課題であるとしながらも、国際協力の具体的な影響分析が不足している。

2.2 最近のインドネシアの電力事情

最近のインドネシアの電力部門における環境問題は、『インドネシアの電力部門の脱炭素化』から知ることができる。この中で、持続不可能な石炭火力発電への重度の依存が、インドネシアにおける自然エネルギー導入を加速させることへの妨げになっていることを指摘している。さらに稼働中の石炭火力発電所が総じて比較的新しいことも指摘し、このことに関して自発的な政治的措置が必要であるとしている。国有電力会社 PLN は独立系発電事業者と長期の電力購入契約が締結されていることから、国有電力会社 PLN は、自身の財務上の利害関係から、自然エ

エネルギーへの転換がしにくい状況になっていることを指摘する。さらにインドネシアでは石炭火力発電が依然として不当な補助金を受けていることも指摘している。さらに、これらの諸事情が、インドネシアの脱炭素化を妨げていることを指摘している。

この文献では、先進諸国等によるインドネシアの環境問題への援助、提言等が述べられているが、国際協力の具体的な影響分析や著者による提案が不足している。

「最近のインドネシア電力事情」、「再生可能エネルギーの利用と将来展望」、『インドネシアの電力部門の脱炭素化』の文献などの視点からインドネシアの脱炭素化について考察していきたい。

3. インドネシアの環境問題

3.1 インドネシアのCO₂排出量

インドネシアのCO₂排出量を表1に示す。

表1 インドネシアのCO₂排出量（二酸化炭素百万トン）

年	1971	1973	1980	1990	2000
	24.5	31.5	63.8	130	254
年	2010	2015	2019	2020	
	396	456	570	532	

出典：『EDMC/エネルギー/経済統計要覧（2023年版）』
235頁 より

続いて、表2にインドネシアのCO₂排出量の増加率を示す。

表2 インドネシアのCO₂排出量増加率（%/年幾何平均にて計算）

年	1971	1973	1980	1990	2000
増加率	13.4	10.6	7.4	6.9	4.5
年	2010	2015	2019	2020	
増加率	2.9	5.7	-6.7	-	

出典：『EDMC/エネルギー/経済統計要覧（2023年版）』
235頁 より執筆者作成

他のアジアの国もCO₂排出量の増加が著しい国もあるが、インドネシアはCO₂排出量の増加が著しいとともに、CO₂排出量の絶対量が多いことが、環境への影響が心配される点の1つである。インドネシアもいろいろな取り組みを行っているが、今現在まで余りいい結果は出ていない。CO₂排出量は長期間にわたって増加していることがうかがわれる。2019年から2020年にかけて、CO₂排出量が減少しているのは、コロナ禍の影響によるものと捉える。

3.2 インドネシアの1次エネルギー消費

インドネシアの1次エネルギー消費を表3に示す。発電にかかったエネルギー消費だけではないが、発電を含むすべての1次エネルギーを表している。

表3 インドネシアの1次エネルギー消費（石油換算百万トン）

年	1971	1973	1980	1990	2000
全体	35.1	38.1	55.7	98.7	156
石炭	0.133	0.084	0.157	3.55	12.0
石油	8.27	10.7	20.2	33.3	57.9
天然ガス	0.242	0.332	4.95	15.8	26.6
原子力	-	-	-	-	-
水力	0.066	0.089	0.116	0.491	0.861
可燃再生・ 廃棄物	26.3	26.9	30.3	43.5	50.0
年	2010	2015	2019	2020	
全体	204	204	244	233	
石炭	31.8	39.7	68.8	68.3	
石油	67.4	71.2	76.6	68.4	
天然ガス	38.8	37.9	39.2	34.1	
原子力	-	-	-	-	
水力	1.50	1.18	1.82	2.09	
可燃再生・ 廃棄物	48.5	37.1	33.1	33.5	

出典：『EDMC/エネルギー/経済統計要覧（2023年版）』
216～223頁 より

石炭、石油、天然ガスという火力を伴うエネルギー消費が目立っている。特に、石炭、石油は環境に影響があり、産業や生活を犠牲にするか、環境を犠牲にするかという 2 択の問題になる場合もあると捉える。

インドネシアの 1 次エネルギー消費増加率を表 4 に示す。

表 4 インドネシアの 1 次エネルギー消費増加率
(% / 年 幾何平均にて計算)

年	1971	1973	1980	1990	2000
全体	4.2	5.6	5.9	4.7	2.7
石炭	-20.5	9.3	36.6	13.0	10.2
石油	13.7	9.5	5.1	5.7	1.5
天然ガス	17.1	47.1	12.3	5.3	3.8
原子力	-	-	-	-	-
水力	16.1	3.9	15.5	5.8	5.7
可燃再生・ 廃棄物	1.1	1.7	3.7	1.4	-0.3

年	2010	2015	2019	2020
全体	0.0	4.6	-4.5	-
石炭	4.5	14.7	-0.7	-
石油	1.1	1.8	-10.7	-
天然ガス	-0.5	0.8	-13.0	-
原子力	-	-	-	-
水力	-4.7	11.4	14.8	-
可燃再生・ 廃棄物	-5.2	-2.8	1.2	-

出典：『EDMC/エネルギー/経済統計要覧（2023 年版）』
216～223 頁 より執筆者作成

石炭の消費量は 1980 年から 1990 年にかけて、石油換算にして、15.7 万トンから 355 万トンに増加し、10 年間の間で 22.6 倍に伸びている。10 年間続けて 1.366 倍平均で増加すればこのような数字になる。現代社会においては、インドネシアだけでなく、いろ

いろな国で、石油の枯渇から、石炭に頼る場合も見受けられる。特に、石炭の多用化は、世界の環境に少なからず影響を与えている。

3.3 インドネシアの環境対策

インドネシアは、石炭火力の利用を拡大、継続する方針を進めてきたが、ネットゼロを進める世界的な動きから、インドネシアも同様の対応を迫られることになった。インドネシアは、2021 年 3 月に、2070 年にネットゼロを目標とすることを発表した¹が、再検討が進められ、2021 年 7 月に国連気候変動枠組条約（UNFCCC：United Nations Framework Convention on Climate Change）事務局に提出した長期戦略（Long-Term Strategy For Low Carbon and Climate Resilience 2050）に 2060 年までにネットゼロを実現することを明記した²。

石炭火力発電所の新設見直しに関して、2021 年 5 月 11 日の非公式会議において、ジョコ大統領は 2021 年時点でファイナンスルクローズ（すべての事業契約、関連書契約とともに融資契約・融資関連書契約が締結され、事業の遂行が可能になること。）もしくは建設に着手しているものを除き、新設は行わないように関連各所に指示した³。

この計画では、これから建設および運開が計画されている発電所を含めた国内すべての石炭火力発電所を一般的な運転期間通りに運転した後に廃止するということであって、既存の石炭火力発電所を稼働可能期間が終了する以前に廃止するのではなく、まだ建設に着手していないものも含めて、建設し、石炭火力発電所の稼働可能期間稼働させた後に廃止するというものである。

インドネシアは、国有電力会社 PLN 以外に多数の独立系発電事業者（IPP：Independent Power Producer）が電力事業に携わっており、国や国の機関等の意向がすべての電力事業者に伝わるわけではない。

国有電力会社 PLN は、多数の独立系発電事業者の石炭火力発電所から電力購入を行っており、石炭火力発電を巡る問題は予測しにくい。

4. アジア開発銀行のエネルギー政策

アジア開発銀行のエネルギー移行メカニズムがも

たらず効果と課題は何かについて考察したい。

アジア開発銀行（ADB：Asian Development Bank）は、2021年5月に新たなエネルギー政策の草案を策定し、石炭火力発電所の新設などに融資を行わない方針を示した⁴。

アジア開発銀行は、2021年7月の国際気候変動会議（ICCC：International Conference on Climate Change）でインドネシアを中心に東南アジア地域で「エネルギー移行メカニズム（ETM：Energy Transition Mechanism）」の検討を行っていることを発表した⁵。

アジア開発銀行は、インドネシア政府と協力して、石炭火力を廃止する計画を実行するための「エネルギー移行メカニズム」実施を検討している。

インドネシアのエネルギー鉱物資源省（MEMR：Ministry of Energy and Mineral Resources）は、石炭火力の早期廃止に関して、独立系発電事業者等に補償する余裕がないので、エネルギー移行メカニズムが実現すれば、早期にネットゼロが達成できると期待している。

インドネシアの1次エネルギー自給率は、205（1971年）、249（1973年）、224（1980年）、171（1990年）、153（2000年）、184（2010年）、199（2015年）、193（2019年）、191（2020年）である（単位は%）⁶。数字だけみれば、エネルギーは充分すぎるほど足りているが、そのエネルギーの生成は、石炭、石油など、環境に大きな影響をもたらすものでつくられている。

このようなインドネシアの状況下で、アジア開発銀行が石炭火力発電所等の新設に融資を行わない方針を出していることは、インドネシアに限らずアジアの発展途上国に再生可能エネルギーへの転換を促す良い起爆剤の1つとなると捉える。

5. インドネシアの脱炭素化を阻む要因

5.1 インドネシアの石炭火力発電

2023年の石炭の生産量は、7.75億トンにのぼり、前年の2022年より、13%の増加である。そのうち輸出は、5.18億トンで、11%の上昇である。そのうちの2.18億トンは中国への輸出である。国内での使用は2.12億トンで前年比13%の減少である⁷。

インドネシアは、石炭の使用を急激に減少させる

ことはしないで、今後の廃炉予定の石炭火力発電所を順次減らしていく予定である。そして、今後のGDP等の増加に合わせて増えていく電力需要に合わせて、環境にやさしい発電方法に代えていく予定である。

インドネシアは、国内に稼働後10年未満の石炭火力が2,000万kW、10年以上のものが1,000万kWほど運転されている。さらに、2021年～2030年に新規石炭火力発電所を建設する予定である。また、国有電力会社PLNは多数の独立系発電事業者の石炭火力発電所から電力購入を行っているため、石炭火力を巡る動向は不透明な状況である⁸。

山本孝徳は、「インドネシア電力分野における脱炭素化への取り組み～2060年ネットゼロを目指した脱石炭火力と再エネ導入に向けた動き～」の中で、今後の石炭火力の廃止を行っていくのに際して、国有電力会社PLNは老朽石炭火力の廃止事例が多くはなく、環境に配慮した知見が少なく、国際的な基準に沿った廃止が実施されるか不明であることや、廃止に向けた資金確保が不透明であることを指摘している⁹。

5.2 石炭生産量

中国、インドネシア、世界の石炭生産量を表5に示す。

表5 石炭生産量

年	年間生産量（百万トン）				
	2017	2018	2019	2020	2021
中国	3523.6	3697.7	3846.3	3901.6	4126.0
インドネシア	461.2	557.8	616.2	563.7	614.0
世界	7695.7	8068.5	8111.4	7732.0	8172.6
年	2021				
	伸び率 (%)	シェア (%)			
中国	6.0	50.5			
インドネシア	9.2	7.5			
世界	6.0	100.0			

出典：『EDMC/エネルギー/経済統計要覧（2023年版）』
260～261頁 より

2021年の石炭生産量の伸び率(%)およびシェア(%)は、北米 7.7、7.1、中南米 13.7、0.8、欧州 7.7、6.3、CIS¹⁰7.5、6.9、中東 0.0、0.05%未満、アフリカ -2.6、3.1、アジア・オセアニア 5.9、75.8、OECD 6.4、18.4、EU 9.7、4.2である¹¹。

同じ統計資料¹²から、石炭生産量の伸び率(%)およびシェア(%)は、オーストラリア 2.1、5.9、インド 7.1、9.9などがシェアの大きさを物語っており、アジア・オセアニアの石炭生産量の多さと伸び率が世界全体の環境問題に大きく関わっていくと捉える。

6. 再生可能エネルギーの利用

6.1 オフグリッドによる発電

インドネシアの世帯電化率は、76.56%(2012年)、80.51%(2013年)、84.35%(2014年)、88.30%(2015年)、91.16%(2016年)、94.83%(2017年)、98.30%(2018年)、98.89%(2019年)、99.20%(2020年)、99.45%(2021年)¹³であるが、これらの数字は村等の中心部における電化率で、村のすべてに対する電化率ではない。村に関しては、電化ができていたり、中心部を少し離れば、オフグリッド(系統連系型)の電気ではなく、オフグリッド(単独型)の電気を活用するしか方法がない場合も多い。

世界では、水力発電、特に小水力発電の開発が盛んである。かつての水力発電は、大きな設備によって、ある程度大きな電力をつくっていった。しかし、大きなダム等に頼るかつての水力発電は、費用がかかる上に、その割には火力発電等と比べて経済効率(電力の生成)が良くないので、火力発電に変わっていった経緯がある。

藤本穰彦は、「インドネシアの小水力発電にみる内発的發展とキー・パースン：適正技術の選択と学習のデザイン」¹⁴において、国有電力会社 PLN からの電力供給がなくても、独自の簡単な器具を自ら作成、改良して、50W~100W程度の小さな電力を、手作りしている村の人々の実践活動を紹介している。このようなオフグリッドの電力事情も、特に村の生活を支える上で重要であると捉える。

さらに、このような小水力発電は、設備投資にもそれほど多くの費用がかからない上に、火力発電や

ダム等を伴う大規模、中規模の水力発電のような環境に負荷のかかる発電ではないので、当然に低炭素の発電である。大きな産業用の電力は、大規模な電力を必要とするが、規模の小さい電力で事が済む小さな村においては、確実に使える小規模の電力が、オングリッドだが、産業用の大規模な電力消費によって、村落に必要な小規模の電力が後に回されてしまうことによって、供給が不十分になる場合がある。国有電力会社 PLN からの電力よりも重要である。国の行政を離れた、村落の独自の電力開発もあり、このような取り組みも重視していく必要があると捉える。

このような国民による電力開発も重要であるが、同様に、政府等によるオフグリッドの電気の普及も重要である。インドネシア政府は国有電力会社 PLN と協力して、比較的電化が進んでいない東ウサトゥンガラ州やマルク州、パプア州等において系統整備や電源開発を進めている。今後も、国有電力会社 PLN が所有する系統との距離が比較的近い村は系統に接続するとともに、接続が困難な村に対しては、再生可能エネルギーを用いたグリッドの建設を進めるとしている¹⁵。

6.2 太陽光発電

インドネシア国家エネルギー審議会(DEN: DEWAN ENERGI NASIONAL REPUBLIK INDONESIA(インドネシア語))により発表された“Indonesia Energy Outlook 2019”によると、インドネシアの国内の太陽光発電のポテンシャルは2億780万kWp¹⁶と見積もられている。

MEMR(Ministry and Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia)のArifin Tasrif大臣は、2021年8月15日付のプレスリリースで、再生可能エネルギーの中で投資コストの低下および導入期間が比較的短いことから太陽光発電所の開発を優先するとし、その中でも屋上太陽光、炭鉱と休耕地における大規模太陽光、そして浮体式太陽光の開発を優先するとしている¹⁷。

インドネシアにおける浮体式太陽光に利用可能とみられるダム・貯水池の中で、5%を利用可能とした場合の浮体式太陽光ポテンシャルは430万kWpと見

積もられ、屋上太陽光について、MEMR (Ministry and Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia) は、2030 年までに 360 万 kWp、大規模太陽光は 534 万 kWp の設置を目標としている¹⁸。

太陽光発電は、他の新エネルギー、再生可能エネルギーである地熱、水力、バイオマス等による発電と比べて、それぞれのポテンシャルに対する開発が遅れている。この遅れているがポテンシャルが大きい太陽光発電をいかに充実させていけるかが、今後のインドネシアの脱炭素化にとって重要な鍵となると捉える。

6.3 クリーンエネルギー

表 6 は 2021 年時点の再生可能エネルギーの開発状況である。

表 6 再生可能エネルギーの開発状況 (2021 年時点)

種別	ポテンシャル	既開発容量	開発比率
単位	GW	GW	%
地熱	23.9	2.3	9.6
太陽光	3,294.4	0.2	0.01
風力	154.9	0.2	0.1
水力	95.0	6.6	6.9
バイオ	56.9	2.3	4.0
海洋	17.9	-	-

出典：一般社団法人 海外電力調査会

バイオ：バイオマス

<https://www.jepic.or.jp/data/asia01indn.html>

再生可能エネルギーの既開発状況は、海外電力調査会のデータによれば、地熱が 9.6%、水力が 6.9% である。

インドネシアの地熱発電は、米国に次いで世界第 2 位の規模であり、その容量は年々増加している。ポテンシャルに対する既開発容量もそれほど高くはなく、今後も開発の余地を残している。

水力発電は、現在計画中のものとして、北カリマンタン州の Kyan 発電所があり、最終的に 900 万 kW の発電容量の予定であり、将来、この発電所からの

電力はカリマンタン島内の工業団地に供給される予定であり、グリーン工業団地とする計画である¹⁹。

これらのように、クリーンエネルギーの開発も進んでおり、現在は、石炭による火力発電が減少しているわけではないが、徐々にクリーンエネルギーを増やす施策を実行している。

7. 電力の国際協力

7.1 電力の輸出入

シンガポール・エネルギー市場監督庁 (EMA : Energy Market Authority) は 2023 年 9 月 8 日、インドネシアから合計 2 ギガワット (GW) の低炭素の電力輸入に関するプロジェクトを仮認可したと発表した。これは、インドネシアにおいて、太陽光発電とバッテリー・エネルギー貯蔵システムを段階的に開発するもので、2027 年末からの商業運転の開始を目指している。シンガポール・エネルギー市場監督庁 (EMA) によると、このプロジェクトを実行する事業体は今後、シンガポールとインドネシアを結ぶ海底送電ケーブルの設置に向けた海洋調査を行う予定である。2035 年までの 4GW の電力輸入目標達成に向け、インドネシアとの間で 3GW 確保し、シンガポール・エネルギー市場監督庁 (EMA) は、カンボジアからの 1GW の電力輸入プロジェクトと合わせて、2035 年までに、合計 4GW の低炭素の電力輸入を目標としている²⁰。

インドネシアは電力をシンガポールに輸出する側である。シンガポールは、低炭素の電力輸入を目標としている。そのため、インドネシアも低炭素の電力を輸出することを心がけることになるが、一方では、インドネシアの国内で生産、使用される電力の低炭素化は進んでいない。この計画は 2027 年末からの商業運転を目指しているため、低炭素の実現は不透明なものである。しかし、プロジェクトに参加する事業体の中には、シンガポールの太陽光発電会社も含まれているので、計画が順調にいけば、インドネシアおよびシンガポールを含めて東南アジアの低炭素に良い影響をもたらすことになると捉える。

7.2 国際連携線

シンガポールとインドネシアは、電力の輸出入を

計画しているが、シンガポールとインドネシアを結ぶ海底送電ケーブルの設置はまだ、調査の段階である。

インドネシアの他国との系統連携は、2022年6月の時点でマレーシアとの間だけであり、この国際連携送電線により、インドネシアはマレーシアから電力を輸入している²¹。この国際連携線は、国はマレーシアとインドネシア間であるが、インドネシアの西カリマンタン州とマレーシアのサラワク州間であり、同じカリマンタン島内である。

ASEANでは、各国が有するエネルギー資源の有効活用のため、域内の送電線連携を強化するASEAN Power Grid (APG) 構想があり、その中にインドネシアとマレーシア、シンガポール間の連携が含まれている²²。

インドネシアはマレーシアとの連携として、マレー半島部（マレーシア）とスマトラ島（インドネシア）間の連携計画があり、調査が行われているが、技術的な制約はないものの、インドネシアの国有電力会社 PLN が計画推進を中断している状況となっている。また、マレーシアのサバ州とインドネシアの北カリマンタン州間（同じカリマンタン島内）の連携も計画されているが、進捗はみられない²³。

インドネシアとシンガポールの国際連携線については、スマトラ島（インドネシア）（スマトラ-シンガポール間）とバタム島（インドネシア 自由貿易地域）（バタム-シンガポール間）の2ヵ所で連携が計画されていたが、これまで具体的な進捗がなかった。しかし、2022年1月、インドネシア政府とシンガポール政府間でエネルギー協力に関する覚書が交わされ、国際連携により電力供給についても言及されている²⁴。

こういう電力供給に関する覚書のようなものが切っ掛けとなって、シンガポールの低炭素の電力輸入に関するプロジェクトも生まれるのであり、このような国際間の電力供給が最終的には、脱炭素化にも繋がっていくと捉える。

8. 脱炭素化対策

8.1 インドネシアの再生可能エネルギー導入支援策

インドネシアにおける固定価格買取制度が再生可能エネルギー普及に与える具体的な影響について考察したい。

インドネシアでは2016年から再生可能エネルギーを対象とした固定価格買取制度が開始され、2017年からは再生可能エネルギー入札制度が開始されたが、導入は十分に進まなかった。その理由は、固定価格の決定方式が、独立系発電事業者が利益を得にくかったことによる。また、独立系発電事業者は20年間経過後に、国有電力会社 PLN に設備・事業を譲渡することになるため、投資回収が十分に見通せないことが問題になっていた²⁵。

ルーフトップ型（屋上型）太陽光の買取制度は、需要家の電気料金の節約とルーフトップ型太陽光の普及を目的として、2018年に導入された。これはネットメタリング（電力会社が家庭とグリッド間で電気の流れる方向を測定する仕組み）で、国有電力会社 PLN による需要家への供給量から、需要家が国有電力会社 PLN の系統へ逆潮させたルーフトップ型太陽光による余剰電力量を差し引いた分が、電気料金の請求額となるものである。2021年には設備の所有者がより早く投資回収できるように制度が改定されており、それまで国有電力会社 PLN のコスト回収や利益確保の観点から、余剰電力量の65%とされていた差し引き分の100%への変更や、太陽光発電設備の設置承認期間の短縮等が織り込まれている²⁶。

固定価格買取制度やルーフトップ型太陽光の買取制度などによっても、再生可能エネルギーによる発電は少しずつではあるが進みつつある。制度上の問題点等もあるが、様々な政策によって、あるいは上手くいかなかった政策は変更を加えながら、電力事業は脱炭素化に向かって少しずつ変化していると捉える。

8.2 インドネシアの2060年までの電源構成シナリオ

国が目標とする2060年の発電設備構成は、合計587GW、太陽光361GW、水力83GW、風力39GW、原子力35GW、バイオマス37GW、地熱18GW、潮流13.4GWである。この他に貯蔵用として、蓄電池4.2GW、BESS (Battery Energy Storage System 配電網

やその他の電気系統から電気エネルギーを受け取って貯蔵し、後に配電網へ電気エネルギーを戻せる電気貯蔵リソース) 140GW、水素による電力貯蔵システム 52GW を予定している²⁷。

2022年4月時点のシナリオ案では、2060年においては、太陽光発電を中心とした新エネルギー・再生エネルギーだけによる電源構成としている。電源開発のシナリオとしては、2030年以降の新設電源を新エネルギー・再生可能エネルギーに限定し、特に太陽光を中心とした変動性の再生可能エネルギー比率を増加させる。これと同時に蓄電池や水素による電力貯蔵システムを大量導入することで安定供給を維持させる方針である²⁸。

2030年までは、石炭等による電力をある程度維持しながら、経済発展によって増加する電力を新エネルギー・再生可能エネルギーの増加に依存するインドネシアの電力開発計画は、多少の軌道修正はあると予想されるが、当初2021年3月、2070年までと予定されていたインドネシア政府のネットゼロ計画²⁹を2060年に前倒ししたことは評価すべきことと捉える。

9. むすびに

インドネシアのCO₂排出量は、今回統計において取りあげた1971年から2020年まで、コロナ禍の影響を受けた2020年を除いて、絶え間なく増加を続けてきた。その理由として、石炭、石油など化石燃料に大きく依存したことが挙げられる。

インドネシアは、以前は石油の輸出国であったが、生産量の低迷に加え、国内消費量が急増したため、2004年純輸入国に転じ、その後、石油の1次エネルギー消費増加率は微増する中、石炭の1次エネルギー消費増加率は高い値を示していた。この石炭に依存する状況が、高いCO₂排出量等を生み出している。

インドネシアは、1998年に京都議定書に署名するなど、世界の環境政策に協力する姿勢を示している。しかし、工業国であるインドネシアは多くの電力を必要とすることから、再生可能エネルギーについて、今後の増加計画はあるものの、化石燃料への依存についてはそれほど大きな改善をしていない。

アジア開発銀行は、インドネシア政府と協力して、

石炭火力を廃止する計画を実行するための「エネルギー移行メカニズム」実施を検討するなど、インドネシアは国際機関や先進諸国からの援助も多く受けている。インドネシアは2022年に、2030年にBAU (Business as Usual 追加的な対策を取らずに現状を維持した場合) 比で31.8%削減、国際支援が得られれば43.2%削減と、前回からの目標値を引き上げた温室効果ガス (GHG Greenhouse Gas) 排出削減目標 (NDC Nationally Determined Contributions) を発表した。このような発表を行い、インドネシアは国外からの援助を受けながら脱炭素化を進めている。

インドネシアでは今後、太陽光発電が期待されている。かつてダムがあり、水力発電等が行われていた場所など、太陽光ポテンシャルが大きいので、今後が期待されるし、既にいろいろな計画がなされている。

電気は、インドネシアに限らず扱いに様々な注意が必要である。一般に再生可能エネルギーは、不安定な要素が多く、電気が多くつくられすぎても無駄になることもある。このような点から電気を輸出入等するための国際的な送電網は現在の東南アジアでいろいろと計画されているが、島嶼部が多いインドネシアでも役に立つ計画の1つであると捉える。

また、2060年のネットゼロ計画の最終段階において、貯蔵用の蓄電池等を多く計画していることは、不安定要素の多い太陽光発電等を多く含んだ計画の中で、望ましいと捉える。

インドネシアもこのように、いろいろな電力政策、特に脱炭素化に向けての改革が進みつつある。諸外国や国際的な機関もインドネシアをはじめ、様々な国に対して電力開発、脱炭素化対策に協力していくことが必要であると捉える。

インドネシアの脱炭素化政策はどの程度効果的に実施されているかについて再考してみると、2030年までは、石炭火力発電を減少させないことから、2030年までの脱炭素化が極めて不透明なことがあげられる。2030年までは、今の石炭火力発電はほぼそのまま持続するということが、現在、再生可能エネルギーへの転換は計画の段階である。世界の脱炭素化は喫緊の課題であり、2030年までは多めに見てくれという政策では、国際機関や先進諸外国からの協力も

得にくいと捉える。インドネシアは、2021年3月に、2070年にネットゼロを目標とすることを発表した。後に、2060年に変更した。この変更も、今まで調査した資料から考察すると、かなり難しいと捉える。さらに、このネットゼロ計画は、インドネシアが今まで通りに工業が発達する前提で計画されているが、発展途上国の急速な発展はずっと続くという保証はなく、様々な変化に柔軟に対応できる計画になっていない可能性が高い。ネットゼロ計画において、2060年時点、つまり最終的な貯蔵用の蓄電池等の容量が大きいことは、予算の面でも、これだけの予備電力が必要であるかという点でも、疑問が残ると予想される。

再生可能エネルギー導入策が直面している課題は、地熱発電、太陽光発電、風力発電、水力発電、バイオマス発電など、それぞれについて課題がある。地熱発電は、ポテンシャルに対する既開発容量もそれほど大きくはなく、今後も開発の余地を残している。また、ポテンシャルはアメリカに次いで世界第2位であるが、国内で比べると、ポテンシャルは太陽光発電の1/100ほどで、他の再生可能エネルギーの補助的な役割を担うと捉える。

太陽光発電はインドネシアの将来を支える電力インフラとなるものである。太陽光発電は採算をとるまでに長い期間がかかることや、時間がたつことで設備が劣化し、新しく設置した設備の方が、発電効率が良くなるなど、計画が立てにくい要素が強いと捉える。

水力発電は、1例として現在計画中のものとして、北カリマンタン州の Kyan 発電所があり、最終的に900万kWの発電容量の予定であり、将来、この発電所からの電力はカリマンタン島内の工業団地に供給される予定であり、グリーン工業団地とする計画である。水力発電は、大量の電力の供給が可能であることから、状況に応じて進めていくことによって、インドネシア全体のエネルギー効率やエネルギーバランスを高めていくことができると捉える。

インドネシアもいろいろな再生可能エネルギーをもつことで、1つの発電が上手くいかない場合も、他の発電で補うことができ、充実した電力インフラができあがると捉える。

国際協力がインドネシアのエネルギー政策にどのような影響を及ぼすかについては、アジア開発銀行による、インドネシア政府と協力して、石炭火力を廃止する計画を実行するための「エネルギー移行メカニズム」実施の検討の例などがある。また、シンガポールとインドネシアの電力輸出入の計画などもあり、電力に関する国際交流も進んでいる。国際連携線もあるが、計画が止まっているものもあり、今後の進展は不透明である。

インドネシアは、再生可能エネルギー導入において固定価格買取制度の見直しを進め、地域特性を活かしたオフグリッド型発電の普及を推進すべきである。また、国際機関との連携を強化し、長期的な資金調達スキームを確立する必要がある。

注

1. 『EDMC/エネルギー/経済統計要覧（2023年版）』246頁（29）世界一人あたり実質GDPより引用
2. 「インドネシア電力分野における脱炭素化への取り組み～2060年ネットゼロを目指した脱石炭火力と再エネ導入に向けた動き～」7頁
3. 「インドネシア電力分野における脱炭素化への取り組み～2060年ネットゼロを目指した脱石炭火力と再エネ導入に向けた動き～」9頁
4. 「インドネシア電力分野における脱炭素化への取り組み～2060年ネットゼロを目指した脱石炭火力と再エネ導入に向けた動き～」11頁
5. 「インドネシア電力分野における脱炭素化への取り組み～2060年ネットゼロを目指した脱石炭火力と再エネ導入に向けた動き～」11頁
6. 『EDMC/エネルギー/経済統計要覧（2023年版）』224頁（9）世界の一次エネルギー自給率
7. “HANDBOOK OF ENERGY & ECONOMIC STATISTICS OF INDONESIA 2023” x頁
8. 「インドネシア電力分野における脱炭素化への取り組み～2060年ネットゼロを目指した脱石炭火力と再エネ導入に向けた動き～」9頁～10頁
9. 「インドネシア電力分野における脱炭素化への取り組み～2060年ネットゼロを目指した脱石炭火力と再エネ導入に向けた動き～」10頁

10. Commonwealth of Independent States ロシア、ウクライナ、ベラルーシ、アゼルバイジャン、アルメニア、カザフスタン、キルギス、モルドバ、タジキスタン、トルクメニスタン、ウズベキスタン、グルジア
11. 『EDMC/エネルギー/経済統計要覧（2023年版）』246頁（41）世界の石炭生産量
12. 『EDMC/エネルギー/経済統計要覧（2023年版）』246頁（41）世界の石炭生産量
13. 『海外諸国の電気事業 インドネシア』8頁
14. 「インドネシアの小水力発電にみる内発的発展とキー・パーソン：適正技術の選択と学習のデザイン」45頁
15. 『海外諸国の電気事業 インドネシア』8頁
16. “INDONESIA ENERGY OUTLOOK 2019”6頁 2億780万kWpは2億780万キロワットピークで最大時のワット数を示す
17. 「インドネシア電力分野における脱炭素化への取り組み～2060年ネットゼロを目指した脱石炭火力と再エネ導入に向けた動き～」12頁
18. 「インドネシア電力分野における脱炭素化への取り組み～2060年ネットゼロを目指した脱石炭火力と再エネ導入に向けた動き～」12頁
19. 「インドネシア電力分野における脱炭素化への取り組み～2060年ネットゼロを目指した脱石炭火力と再エネ導入に向けた動き～」13頁
20. 日本貿易振興機構（ジェトロ） ビジネス短信 ジェトロの海外ニュース インドネシアから再エネ電力、2027年に輸入開始へ（シンガポール）
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2023/09/991d238887fa4cb6.html>（最終閲覧日：2024年12月20日）
21. 『海外諸国の電気事業 インドネシア』25頁
22. 『海外諸国の電気事業 インドネシア』25頁
23. 『海外諸国の電気事業 インドネシア』25頁
24. 『海外諸国の電気事業 インドネシア』25頁
25. 『海外諸国の電気事業 インドネシア』38頁
26. 『海外諸国の電気事業 インドネシア』38～39頁
27. MEMR（Ministry of Energy and Mineral Resources）（2022），“BRINGING INDONESIA TO GIGAWATT ORDER OF SOLAR”
https://www.idsolarsummit.info/files/ugd/b11c8e_61aca0656ab74c4b937b07dc5d7bdc43.pdf 7頁（最終閲覧日：2024年12月20日）
28. 『海外諸国の電気事業 インドネシア』23頁
29. 「インドネシア電力分野における脱炭素化への取り組み～2060年ネットゼロを目指した脱石炭火力と再エネ導入に向けた動き～」7頁

引用文献

永井雅彦「講演 最近のインドネシア電力事情」『JMC journal：国際貿易・投資の総合情報誌』東京：日本機械輸出組合 2007年 55巻2号32頁～40頁

公益財団法人 自然エネルギー財団『インドネシアの電力部門の脱炭素化』自然エネルギー財団 2024年

大野博之 奥真美 吉田雅文 堤俊明 松島範行 山口義人「再生可能エネルギーの利用と将来展望」『応用地質』48号4巻207～217頁 2007年

一般財団法人 日本エネルギー 経済研究所 計量分析ユニット『EDMC/エネルギー/経済統計要覧（2023年版）』理工図書株式会社 2023年

山本孝徳「インドネシア電力分野における脱炭素化への取り組み～2060年ネットゼロを目指した脱石炭火力と再エネ導入に向けた動き～」『海外電力』63巻11号(通号676)2021年11月』海外電力調査会 2021年

Ministry and Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia (2024), “HANDBOOK OF ENERGY & ECONOMIC STATISTICS OF INDONESIA 2023”

海外電力調査会『海外諸国の電気事業 インドネシア』一般社団法人 海外電力調査会 2022年

藤本穰彦「インドネシアの小水力発電にみる内発的発展とキー・パーソン：適正技術の選択と学習のデザイン」『社会環境論究』東京：社会環境フォーラム21 2017年9号 33頁～53頁

NATIONAL ENERGY COUNCIL Secretariat General (2019), “INDONESIA ENERGY OUTLOOK 2019”

日本貿易振興機構（ジェトロ） ビジネス短信 ジェトロの海外ニュース インドネシアから再エネ電力、2027年に輸入開始へ（シンガポール）
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2023/09/991d23888>

[7fa4eb6.html](#) (最終閲覧日:2024年12月20日)

MEMR (Ministry of Energy and Mineral Resources)
(2022), “BRINGING INDONESIA TO
GIGAWATT ORDER OF SOLAR”
[https://www.idsolarsummit.info/_files/ugd/b11c8e_6
1aca0656ab74c4b937b07dc5d7bdc43.pdf](https://www.idsolarsummit.info/_files/ugd/b11c8e_61aca0656ab74c4b937b07dc5d7bdc43.pdf) (最終
閲覧日:2024年12月20日)

(Received:January 17, 2025)

(Issued in internet Edition:February 1, 2025)