

<論 説>

欧州グリーンディールにおける太陽光拡大戦略の政策的含意と課題

—新再生可能エネルギー指令 RED III と EU 太陽光エネルギー戦略から—

道 満 治 彦

はじめに

本稿の主題は、欧州グリーンディール（European Commission (2019)）の中で再生可能エネルギー政策、特に太陽光発電の普及拡大のための戦略がどう位置付けられるかである。拙稿（道満（2023））で論じたように、再生可能エネルギーの導入拡大は欧州グリーンディールの前提条件であり、なおかつ 2018 年再生可能エネルギー指令（RED II, Directive (EU) 2018/2001）や域内電力市場の共通ルールに関する指令（Directive (EU) 2019/944）、2019 年 IEM 規則（Regulation (EU) 2019/943）、エネルギー同盟と気候変動行動ガバナンスに関する規則（Regulation (EU) 2018/1999）などを含むクリーンエネルギーパッケージが中心的な役割を果たした。

かつては、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（Feed-in Tariff）や、再生可能エネルギーに対する優先接続・優先給電といった幼稚産業保護的政策が再生可能エネルギーの促進を支えた。その影響で、欧州でも太陽光や風力といった変動型再生可能エネルギー（VRE）の導入拡大が加速し、再生可能エネルギーが主力電源化していったのである。

しかしながら、再生可能エネルギーが主力化したことに伴い、クリーンエネルギーパッケージ以降、再生可能エネルギーの電力市場およびエネルギー市場での統合が主要なテーマとなった。そのため、RED II 以降は、優先接続・優先給電は見直され、固定価格買取制度に代わりフィード・イン・プレミアム（Feed-in Premium）や入札制度のように市場での売買契約や市場原理を前提とする仕組みに置き換わっていったのである¹。

さて、本稿での議論を行う上での先行研究を整理しておきたい。

1 固定価格買取制度とは、再生可能エネルギーで発電した電気を一定価格・一定期間で買い取ることを電力会社（送電分離が進んでいる場合、多くの場合は送電系統運用者（TSO））に義務付け、その買い取りに要した費用を消費者に賦課金として転嫁する仕組みである。

それに対して、フィード・イン・プレミアムにはプレミアム固定型 FIP、プレミアム変動型 FIP がある（Cory et al. (2009)）。前者は卸市場の電力価格に一定額のプレミアムを上乗せする。それに対して、後者のうち採用事例の多い Spot Market Gap モデルでは、売電価格の下限を設定して、その額を補償するために必要なプレミアムを付加する。

Sokołowski (2021) は、2050 年カーボンニュートラルを念頭に、①電力市場改革、②温室効果ガス排出量削減、③再生可能エネルギーの促進、④エネルギー効率性の向上の 4 本の柱から EU と日本のエネルギー転換に関する政策の評価・比較を包括的に実施した。

Iliopoulos (2022) は、再生可能エネルギー指令の導入目標値における EU と加盟国間の調和（ハーモナイゼーション）のプロセスに焦点を当て、RED II の革新性を指摘している。2001 年の再生可能資源からのエネルギーの利用の促進に関する指令（RES 指令、Directive 2001/77/EC）と 2009 年再生可能エネルギー指令（RED I、Directive 2009/28/EC）の時代は EU と加盟国間の合意が困難であり調和がもたらされることはなかった。しかし、RED II では再生可能エネルギーの導入目標が、EU 全体を拘束する一方で、加盟国の目標に転換されるものでないとし、これが調和に影響を与えると指摘している。

蓮見 (2023a) は、化石燃料の脱ロシアを進める EU の政策である REPower EU 計画を実施することで、液化天然ガス（LNG）の対米依存と重要な原材料（CRMs）の対中国依存という新たなリスクを抱えていることを指摘している。その上で、化石燃料の確保と化石燃料からの離脱という相反する課題を同時に達成し得る移行経路（transition pathways）の策定の必要性を論じている。

高橋 (2021) は、国際政治経済学の観点から、エネルギー転換という世界的潮流を前提として、その国際政治経済関係への構造的な影響を分析した。その上で、本稿で議論する再生可能エネルギーやセクターカップリングを中心としたエネルギー転換と、エネルギー安全保障やレアメタル等の経済安全保障の議論を整理した。

これらの先行研究での議論や拙稿（道満 (2023)）の議論も踏まえつつ、本稿では次の 3 点を議論する。まず、①新たな再生可能エネルギー指令である 2023 年再生可能エネルギー指令（RED III、Directive (EU) 2023/2413）の概要を整理した上で、その影響について論じる。次に、② RED III 中での太陽光の位置付けについて論じる。世界では、太陽光発電が 2022 年に追加で 243GW が導入され、累計 1185GW となっている（REN21 (2023)）。EU でも、2022 年に太陽光が追加的に 38.9GW 導入されている。そもそも REPowerEU 計画（European Commission (2022a)）の中で、新規に導入される太陽光の設備容量を 2025 年までに 2 倍以上、2030 年までに 3 倍以上に増加させるとしている。この目標に向けてどのような施策が実施されているのかを説明する。そして最後に、③再生可能エネルギーのさらなる導入拡大を考える際のボトルネックは何かについて論じる。その際に、対中依存とサプライチェーンリスク、重要な原材料（CRMs）の調達リスクを検討する。

1. 世界および EU における再生可能エネルギーの導入状況とその加速要因

第 1 節では、世界および EU 域内における再生可能エネルギーの導入状況を概観する。その上で、その中でも変動型再生可能エネルギーの急速な導入の要因として考えられる発電単価の低下

についても論じる。

(1) EU における再生可能エネルギーの導入状況

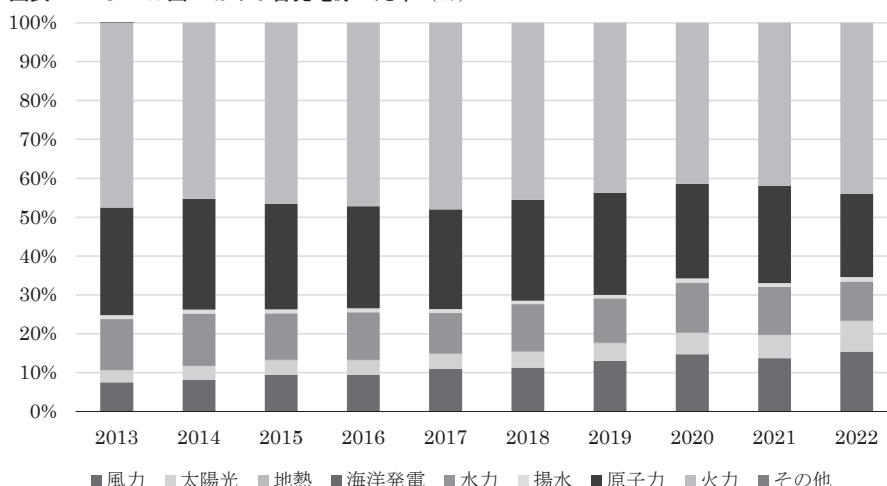
まず、世界における再生可能エネルギーの導入状況を整理しておきたい。国際エネルギー機関 (IEA) のエネルギー統計によれば、2022 年の主要国における再生可能エネルギー発電比率はフランス 26.1%、ドイツ 45.2%、スウェーデン 69.6%、英国 43.3%、米国 22.5%、中国 31.0%、インド 22.8%、日本 22.3%である。これらの再生可能エネルギーの中で特に顕著な導入拡大を見ているのが太陽光発電である。2022 年の主要国の太陽光の発電比率はフランス 4.5%、ドイツ

図表 1 EU 加盟国の最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー比率と RED I における 2020 年目標 (%)

	2005 年	2010 年	2015 年	2020 年	2022 年	RED I の目標値 (2020 年)
EU-27	10.2	14.4	17.8	22.0	23.0	20.0
ベルギー	2.3	6.0	8.1	13.0	13.8	13.0
ブルガリア	9.2	13.9	18.3	23.3	19.1	16.0
チェコ	7.1	10.5	15.1	17.3	18.2	13.0
デンマーク	16.0	21.9	30.5	31.7	41.6	30.0
ドイツ	7.2	11.7	14.9	19.1	20.8	18.0
エストニア	17.5	24.6	29.0	30.1	38.5	25.0
アイルランド	2.8	5.8	9.1	16.2	13.1	16.0
ギリシャ	7.3	10.1	15.7	21.7	22.7	18.0
スペイン	8.4	13.8	16.2	21.2	22.1	20.0
フランス	9.3	12.7	14.8	19.1	20.3	23.0
クロアチア	23.7	25.1	29.0	31.0	29.4	20.0
イタリア	7.5	13.0	17.5	20.4	19.0	17.0
キプロス	3.1	6.2	9.9	16.9	19.4	13.0
ラトビア	32.3	30.4	37.5	42.1	43.3	40.0
リトアニア	16.8	19.6	25.7	26.8	29.6	23.0
ルクセンブルク	1.4	2.9	5.0	11.7	14.4	11.0
ハンガリー	6.9	12.7	14.5	13.9	15.2	13.0
マルタ	0.1	1.0	5.1	10.7	13.4	10.0
オランダ	2.5	3.9	5.7	14.0	15.0	14.0
オーストリア	24.4	31.2	33.5	36.5	33.8	34.0
ポーランド	6.9	9.3	11.9	16.1	16.9	15.0
ポルトガル	19.5	24.2	30.5	34.0	34.7	31.0
ルーマニア	17.6	22.8	24.8	24.5	24.1	24.0
スロベニア	19.8	21.1	22.9	25.0	25.0	25.0
スロバキア	6.4	9.1	12.9	17.3	17.5	14.0
フィンランド	28.8	32.2	39.2	43.9	47.9	38.0
スウェーデン	40.0	46.1	52.2	60.1	66.0	49.0

(出所) Eurostat をもとに筆者作成

図表 2 EU27 カ国における各発電源の比率 (%)



(出所) Eurostat をもとに筆者作成

10.5%, 英国 4.3%, 米国 4.3%, 中国 4.9%, インド 5.6%, 日本 9.3%である。

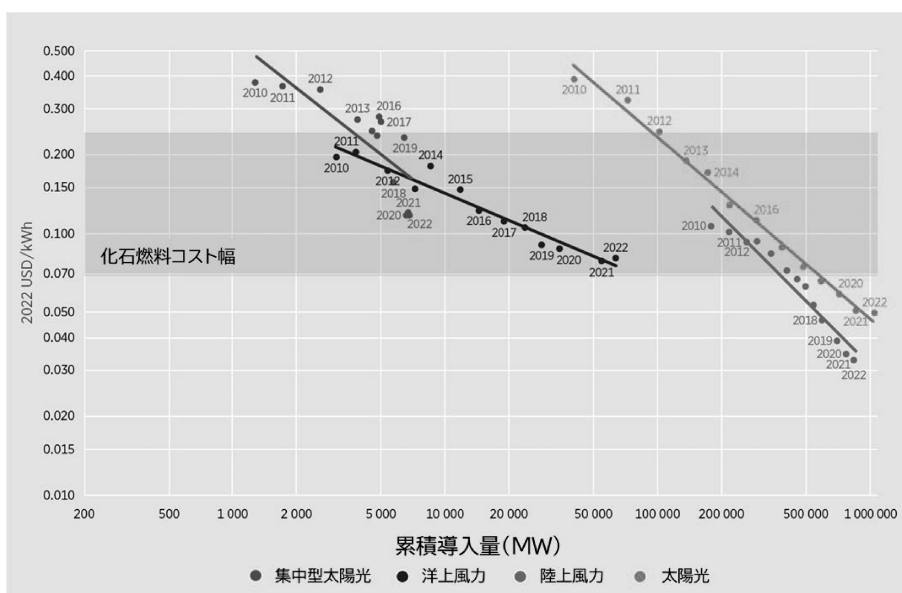
次に、EU における再生可能エネルギーの導入状況を確認しておきたい。Eurostat によれば、2022 年の EU27 カ国における最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合は 23.0% である (図表 1)。EU27 カ国で 20% という RED I における最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー割合の義務的な導入目標は達成されている。

最後に、電力に占める再生可能エネルギーの比率を確認する。2022 年の EU27 カ国全体の電源構成比は火力 43.9%, 原子力 21.4%, 水力 10.1%, 風力 13.7%, 太陽光 7.7%, 地熱・その他 1.4% である (図表 2)。EU27 カ国におけるネットの発電電力量全体は 2013 年に 2774.2TWh であったが、2022 年の 2701.1TWh となっており、この 10 年間で大きく変化はしていない。そうした中で、電力に占める火力の比率は 2013 年の 47.5% から 2022 年の 43.9%, 原子力の比率は 2013 年の 27.6% から 2022 年の 21.4% と低下している。他方で増加傾向にあるのが、再生可能エネルギー、特に太陽光や風力といった変動型再生可能エネルギーである。太陽光・太陽熱の発電電力量は、2013 年の 83.2TWh (3.0%) から、2022 年の 207.5TWh (7.7%) に増加した。同様に風力は 206.9TWh (7.5%) から 415.5TWh (15.4%) に増加した。

(2) 変動型再生可能エネルギーのコスト低下

変動型再生可能エネルギーの導入が加速している要因は何か。確かに、気候変動枠組条約第 21 回締約国会議 (COP21) で締結されたパリ協定の発効や持続可能な開発目標 (SDGs), ESG 投資への関心の高まりもあるが、それよりも大きな要因は発電単価の低下である。世界全体での太陽光と陸上風力の均等化発電単価 (LCOE) は、2010 年から 2022 年の約 10 年間で、それぞれ 0.445 ドル/kWh から 0.49 ドル/kWh (89%減), 0.107 ドル/kWh から 0.033 ドル/kWh (69%減)

図表3 世界における変動型再生可能エネルギーの累積導入量と均等化発電単価の推移



(出所) IRENA (2023), p.57

に大きく下落した（IRENA (2023), 図表3）。再生可能エネルギーのプロジェクトの中には、すでに固定価格買取制度などの支援政策がなくても競争可能な水準のものも出現している。

EU 域内における変動型再生可能エネルギーも同様のトレンドである。欧州各国でも太陽光の均等化発電単価は低下しており、2010 年から 2022 年の間で、フランス 85% 減、ドイツ 80% 減、イタリア 86% 減となった（IRENA (2023)）。EU 域内における太陽光増加の背景としては、①再生可能エネルギーの黎明期に導入された固定価格買取制度等の導入促進政策の効果、②再生可能エネルギーに対する優先接続・優先給電や透明で非差別的な電力市場の形成、③太陽光のシステム価格や均等化発電単価の急速な低下があると考えられる。

2. EU 再生可能エネルギー指令の歴史的経緯とグリーンディール

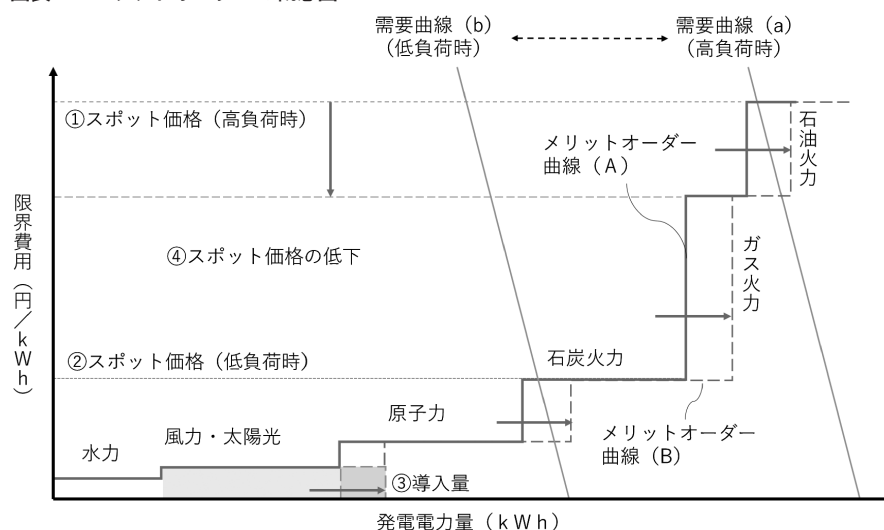
第2節では、RED II までの再生可能エネルギー指令の動向を拙稿（道満（2023））の議論を整理する形で論じる。その上で、欧州グリーンディールでの RED II および RED III の位置付けを論じる。

(1) RED II までの再生可能エネルギー指令の展開

①第3エネルギーパッケージ以前の EU 再生可能エネルギー政策

まずは、第3エネルギーパッケージまでの動向を整理しておきたい。1996 年 IEM 指令 (Directive 96/92/EC) では「加盟国が再生可能エネルギーに対する優先給電を認めてもよい」とする規定が登場したが、再生可能エネルギーに対する優先規定が本格的に明記されるように

図表 4 メリットオーダーの概念図



(出所) 安田 (2017), p.225

なったのは 2001 年の RES 指令である。RES 指令では、①優先給電の義務化、②加盟国に Priority Access の導入を認めたこと、③発電源証明 (GO)、④再生可能エネルギー目標値の各国への義務付け等が示された。

2009 年の RED I では、RES 指令の内容に加えて、再生可能エネルギーに対する Priority Access もしくは Guaranteed Access のどちらか一方の導入を加盟国に義務付けている。さらに、再生可能エネルギーに対する Priority Connection を加盟国に対して認めるといった規定も設けられた。優先規定以外に関しては、①再生可能エネルギーの目標値の基準を発電割合であったものを最終エネルギー消費に占める割合に変更した点、②バイオ燃料指令が統合されて輸送燃料分野において再生可能エネルギー割合を 10% とした点等が変更点として挙げられる。

「2つの優先接続」についても論じておきたい。RED I における Priority Connection は「送配電ネットワークへの物理的接続」を表し、Priority Access は「市場へのアクセス」を示している。これらの概念と関連するのが、再生可能エネルギーの優先給電とメリットオーダーを含む経済的優先順位に基づく給電である (図表 4)。メリットオーダー曲線の下では短期限界費用の安い電源から順に並び、短期限界費用の安い変動型再生可能エネルギーは他の電源よりも先に供給される²。このように、電力市場の透明性と非差別性の原則の下で、変動型再生可能エネルギーに有利な競争条件が形成されたのである。

2 グリーンディール産業計画 (European Commission (2023a)) の下で検討されている新たな電力市場改正案では、短期限界費用に基づく市場設計 (pay-as-clear 市場) が名実ともに示される予定である。

②クリーンエネルギーパッケージと RED II

その後、EU の再生可能エネルギー政策の転機となったのが、2016 年の「全ヨーロッパ人のためのクリーンエネルギー」(European Commission (2016a)) である。この政策文書の内容を具体化するのが政策パッケージ「クリーンエネルギーパッケージ」である。クリーンエネルギーパッケージでは、最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー比率を 2030 年までに少なくとも 32%、エネルギー効率性を少なくとも 32.5%とする目標を掲げた。

そしてクリーンエネルギーパッケージの一環として出てくるのが、RED II である。RED II では、①電力分野における再生可能エネルギーのさらなる普及、②熱分野での再生可能エネルギーの主流化、③運輸部門の脱炭素化、④消費者の権利拡大と情報公開、⑤バイオエネルギーに関する EU の持続可能性基準の強化、⑥期限内に費用対効果の高い EU レベルでの拘束力ある目標の達成が提示されている。RED II では、EU 全体で 2030 年までに最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー目標を少なくとも 32%とすることが定められた。これは 2030 年までに 1990 年比 40%削減という温室効果ガス削減目標に対応するためである。またこの再生可能エネルギー目標値の引き上げは、エネルギー同盟と気候変動行動ガバナンスに関する規則と連動し、達成状況を各加盟国が報告することによって、実効性を高めている。さらに、コスト効率的で市場ベースのファイナンス支援スキームの原則もある。再生可能エネルギーの導入補助政策を段階的に廃止し、再生可能エネルギーの電力市場への統合を促した。

RED II と関連して、2019 年 IEM 規則では、再生可能エネルギーの優先給電が縮小された。この前提には、①経済的ディスパッチあるいはメリットオーダーに基づいて市場ベースで制度設計が行われるべきだという点、②メリットオーダーに基づいた市場設計によって変動型再生可能エネルギーをより効率的に導入することができるという点、③変動型再生可能エネルギーとそれ以外の再生可能エネルギーの役割を明示した点に集約できる (European Commission (2016b))。そもそも、再生可能エネルギー導入に当たっての参入障壁が解消され、発電コストが急速に低下し、なおかつメリットオーダーに基づく透明で非差別的な電力市場の下で変動型再生可能エネルギーの給電順位が高いことが理由として、再生可能エネルギーが競争力を持ったため、こうした優先規定は不要になったと言える。

(2) グリーンディールの中での RED II・RED III の位置付け

欧州グリーンディールの中で RED II の役割はどのように位置付けられるのか。再生可能エネルギーの主力電源化、そしてそれを受けた再生可能エネルギーの優先給電の縮小を含む競争環境の再設定が行われたクリーンエネルギーパッケージは欧州グリーンディールの前提条件であった。欧州グリーンディールの本文でも、エネルギーシステムにおける脱炭素化を進める上で、エネルギー効率性を最優先にした上で、再生可能エネルギーを発展させる必要があると言及している。

では、その後に登場した REDⅢはどのような背景を持っているのか。Fit for 55 (European Commission (2021a)) では、欧州気候法で規定された 2050 年のカーボンニュートラルおよび 2030 年の温室効果ガス 1990 年比 55%削減実現のために、REDⅡで定められた 2030 年の最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー目標を 32%から 40%に引き上げると提案した。また、エネルギーシステム全体のクリーン化と再生可能エネルギーに基づく電化を進めるとともに、産業や運輸など電化が困難な分野ではクリーン水素などの再生可能燃料の導入を促進することも提案している。

これと同時に、REDⅡの改正案が提示された (European Commission (2021b))。この指令改正案の論点は、① REDⅡの 32%という再生可能エネルギー目標では不十分で気候目標計画 (CTP) に基づけば少なくとも 38~40%に引き上げる必要がある点、②この目標を達成するにはエネルギーシステム統合、水素、海洋再生可能エネルギー、生物多様性戦略と言った様々な分野での新たな追加的措置が必要だという点である。また REDⅡの改正案は、EU-ETS、エネルギー効率性指令、建築物のエネルギー性能指令、エコデザイン指令、エネルギー課税指令などの改正とも連動することも提示された。

ところが、2022 年のロシアによるウクライナ侵攻を受けて、気候変動だけではなくエネルギー安全保障の確保の観点も必要とされた。その状況下で発出されたのが、REPowerEU 計画である。REPowerEU 計画は、①エネルギーの節約、クリーンエネルギーの創出、エネルギー供給の多角化を掲げるとともに、② REDⅡの改正案における 2030 年の再生可能エネルギー目標を 40%から 45%に引き上げることを提案した。また、③太陽光、風力、水素、バイオメタン、送電・パイプラインのインフラ投資等に具体的な提案がなされた。太陽光関連では、① 2025 年までに現在の 2 倍以上の 320GW、2030 年までに 600GW の新規導入、②特定の建築物に対する屋根置き太陽光の設置義務化、③サプライチェーンの強化、④欧州太陽光発電産業同盟 (European Solar Photovoltaic Industry Alliance) の設立が提案された。

3. 新たな再生可能エネルギー指令 REDⅢの概要と論点

REPowerEU 計画を受けて、REDⅡ改正案が修正され、2023 年 11 月に REDⅢが発効した。第 3 節では、REDⅢの概要と論点として、(1)最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの引き上げ、(2)産業分野での再生可能エネルギー利用、(3)再生可能エネルギーのエネルギーシステム統合の促進、(4)バイオマスエネルギーの持続可能性、(5)その他の論点の 5 点を示す。

(1) 最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの引き上げ

第一の論点として、最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの引き上げが挙げられる。

Fit for 55 および REPowerEU 計画の影響を受けて、① 2030 年の最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー目標を少なくとも 42.5%にするとともに 45%まで高めるように求められ

た。また、②革新的再生可能エネルギー技術を 2030 年までに新規導入される再生可能エネルギー容量のうち少なくとも 5%導入することが求められた。

部門別の具体的目標についても見ておきたい。第 15a 条では、建築物の再生可能エネルギー利用を 49%以上にすることが求められた。また、第 25 条は運輸部門での最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー比率を定めており、加盟国は燃料供給者に対して、2030 年までに少なくとも 29%とするか、もしくは 2030 年までに再生可能エネルギー利用を通じて温室効果ガス排出量を 14.5%削減するかのいずれかを求めるよう義務付けられた。

(2) 産業分野での再生可能エネルギー利用

第二に、産業分野での再生可能エネルギー利用が挙げられる。

第 22a 条では、産業分野における再生可能エネルギー目標が示されている。具体的には、年平均で、産業部門における最終エネルギー消費および非エネルギー用途の使用量に占める再生可能エネルギー源の割合を、少なくとも 1.6%ポイント増加させるよう加盟国が努める必要がある。また、2030 年までに最終エネルギー消費および非エネルギー用途に占める水素の 42%を非生物由来の再生可能燃料にし、2035 年までに 60%への引き上げが求められた。

産業用利用でも電化が費用対効果の高い選択肢の場合は電化が望ましいとされているが、産業用利用ではそうでない場合もある。その場合、非生物由来の再生可能燃料が温室効果ガス削減のための有力な選択肢となる。

(3) 再生可能エネルギーのエネルギーシステム統合の促進

第三に、再生可能エネルギーのエネルギーシステム統合の促進がある。

第 20a 条では、加盟国に対して、①配電系統運用者（DSO）が 1 時間以内間隔で電力の再生可能エネルギー割合と温室効果ガス排出量に関するデータを入手可能な場合は予測付きで提供することを義務付け、②家庭用および産業用バッテリー製造者に対して電池所有者に加えて建築物のエネルギー管理者や市場参加者が電池容量や健全性、充電状態、電力設定値など基本データのアクセスできることを義務付け、③家庭用バッテリーおよび電気自動車所有者の電力市場への参加（混雑管理や柔軟性・バランシングサービスの提供を含む）ができるようにすることを義務付けている。

また、第 15e 条では、再生可能エネルギーを電力システムに統合するために必要な送電網や蓄電インフラを開発する地域の設定についても規定された。

(4) バイオマスエネルギーの持続可能性

第四に、バイオマスエネルギーの持続可能性の問題である。

近年 EU では、バイオマスエネルギーがカーボンニュートラルに資するのか、あるいはバイオ

マスエネルギーの利用が生物多様性や森林問題との観点から問題がないのかということがたびたび指摘されてきた (EASAC (2017), 加藤 (2019), 相川 (2021), 相川 (2023))。それらの観点に合わせた対応が, RED III でも求められた。

まずバイオマスのカスケード利用の徹底が求められた (前文 10, 改正第 3 条)。その背景は, バイオマス原料市場における不当な歪曲効果や, 生物多様性, 環境, 気候変動への悪影響などが指摘されている。また, 森林バイオマスを燃料とする電熱併給 (コジェネレーション) ではない発電に対しては, 公正な移行計画に基づくプロジェクトおよびバイオマスの CO₂ 回収・貯留 (BECCS) を行うプロジェクトを除き, 直接的な財政支援やその延長が禁止された。

(5) その他の論点

最後に, その他の論点として, ①2030年再生可能エネルギー目標に向けた必要分野のマッピング, ②再生可能エネルギーの利用促進の「優先すべき公共の利益」化, ③リパワリングの許認可手続きの加速化, ④国家間共同プロジェクトに関する協力枠組みの構築の4点を挙げておきたい。

第一に, ①2030年再生可能エネルギー目標に向けた必要分野のマッピング (第 15b 条) と再生可能エネルギー加速化地域の設定 (第 15c 条) が挙げられる。前者では, 各加盟国が 2030 年再生可能エネルギー目標達成に際し, 再生可能エネルギー発電所や送電網・貯蔵施設等の関連インフラの設置に必要なポテンシャルを特定するマッピングの実施が求められている。後者では, 加盟国は再生可能エネルギー加速化地域を設定することが求められ, 加速化地域では許認可手続きの簡素化や迅速化が確保される (第 16 条)。

第二に, ②カーボンニュートラルが達成されるまでの間, 再生可能エネルギー発電所の計画・建設・運転・送電網への接続等の再生可能エネルギーの利用促進が「優先すべき公共の利益」とされたことである (第 16f 条)。正当化された特定の状況下ではこの条文の適用を制限できるが, その場合は欧州委員会に理由とともに説明する義務を負う。

第三に, ③再生可能エネルギーのリパワリングに関する許認可手続きの加速化が規定されたことである (第 16c 条)。

第四に, ④再生可能エネルギー生産のための国家間共同プロジェクトに関する協力枠組みの構築である (改正 9 条)。2030 年末までに 1 つ以上の共同プロジェクトの設立が各加盟国に義務付けられ, 少なくとも 2 つの共同プロジェクトの設置に合意できるよう努力することが求められている。年間電力消費量が 100TWh を超える加盟国は 2033 年までに 3 番目の共同プロジェクトの設立合意に努めるよう求められている³。

3 Eurostat によれば, 2022 年時点で年間電力消費量 100TWh を超えるのは, ドイツ (489TWh), フランス (427TWh), イタリア (296TWh), スペイン (232TWh), ポーランド (155TWh), スウェーデン (126TWh), オランダ (109TWh) である。

4. EU における太陽光発電普及の現況と課題

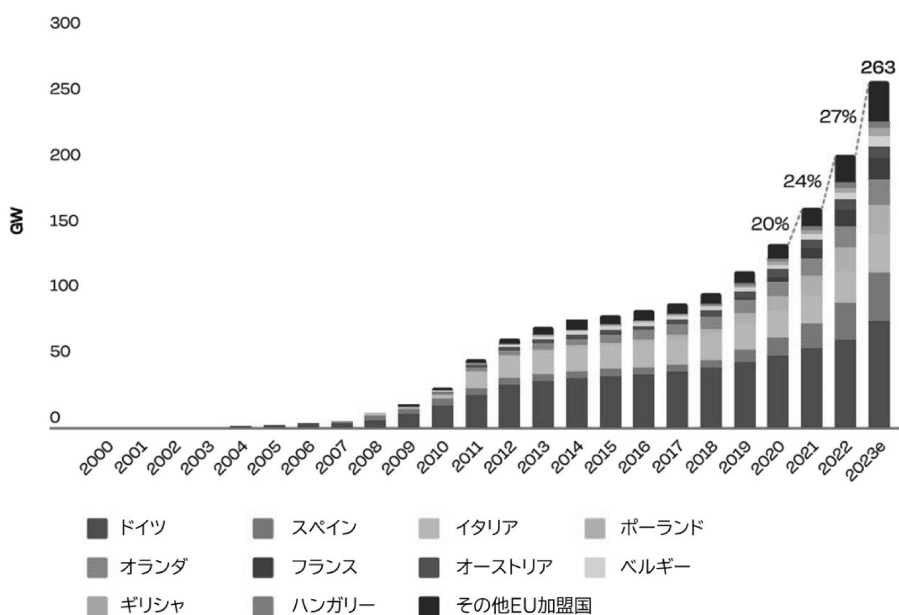
では、今後 EU 域内において、REPowerEU 計画で掲げられた 2025 年までに 2 倍以上、2030 年までに 3 倍以上の太陽光の新規導入を達成する上での課題は何か。第 4 節では、この課題を太陽光のサプライチェーンと重要な原材料（CRMs）の課題から読み解いていく。

(1) 太陽光発電市場の現況

まず SolarPower Europe (2023) から太陽光の導入状況を確認しておきたい。図表 5 は EU 域内における太陽光の累積設備容量の推移を示している。2023 年の推計値は前年の 207GW に対して 27% 増の 263GW に増加した。国別の累積設備容量は、ドイツが最大で 82.1GW で、スペイン 35.6GW、イタリア 29.5GW、オランダ 22.5GW、フランス 18.7GW などである。また 2023 年単年の導入量の推計値は、多い順にドイツ 14.1GW、スペイン 8.2GW、イタリア 4.9GW、ポーランド 4.6GW、オランダ 4.5GW などである。EU 域内で 2023 年に導入された太陽光の規模別割合は、住宅用、オフィス・産業用、大規模がそれぞれ約 3 割である。

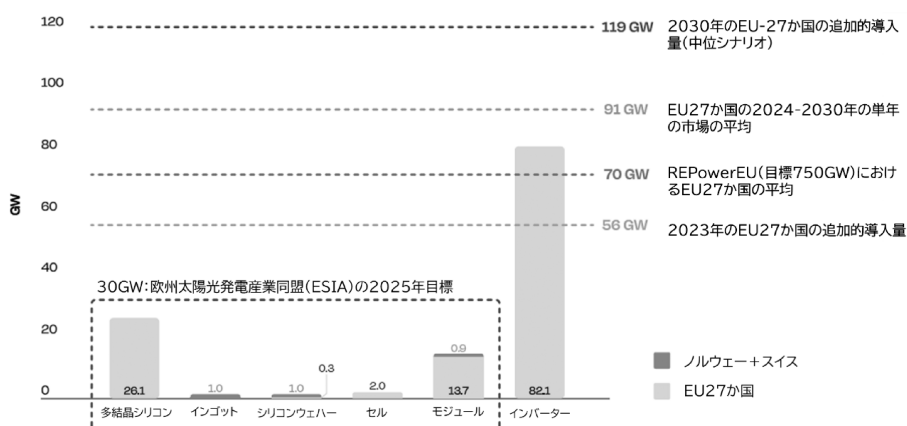
次に、同じく SolarPower Europe (2023) を参考に、太陽光が系統連系まで要する時間を見ていく。各加盟国における小規模太陽光の系統連系に要する時間はおおよそ半月～1 年以内となっている。他方で、大規模太陽光の系統連系は各加盟国によってばらつきがある。ドイツでは 1～3 年であるが、スペインでは 5～6 年、イタリアでは 4～5 年、オランダでは 4～7 年を要する。

図表 5 EU における太陽光発電の累積導入量（GW）



(出所) SolarPower Europe (2023), p.24

図表 6 EU における太陽光パネル部品の製造能力 (GW)



(出所) SolarPower Europe (2023), p.46

EU 送電系統行動計画 (European Commission (2023b)) でも、送電網増強の待ち時間が4~10年、高圧連系の場合は8~10年を要すると指摘されており、送電網への投資が必要である⁴。

第三に、太陽光関連産業の状況として、太陽光パネルの製造能力に着目したい。図表6は太陽光パネルの部品段階別の製造能力を示している。多結晶シリコン、インゴット、シリコンウェハー、セルという段階を経て、最終財である太陽光パネル (モジュール) が完成する。SolarPower Europe (2023) の調査によれば、EU27 カ国における現時点での生産能力は、モジュールで13.7GWの製造能力しかない。これは、REPowerEU計画の目標を達成する上でも大きな障害となる可能性がある。

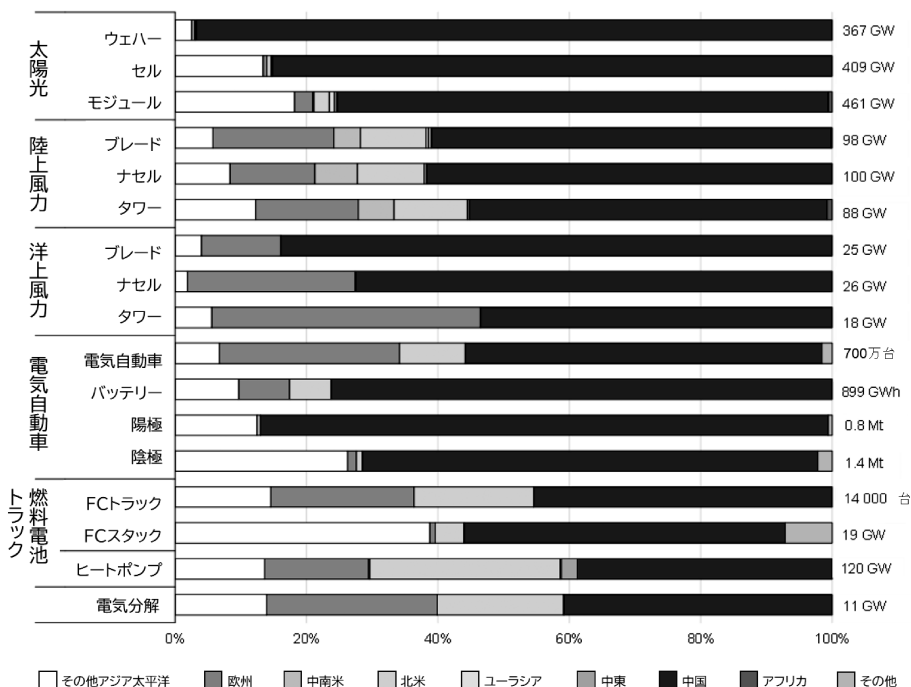
これらの点を整理すれば、太陽光発電の導入量は加速度的に伸びているものの、送電系統への連系手続の長期化と太陽光パネル部品の対域外依存という2つの課題が指摘できるだろう。後者の問題は本稿で取り上げる。

(2) 太陽光パネルと CRMs の対中依存

前述の通り、太陽光パネル部品の域内製造能力は REPowerEU 計画の目標には到底及ばない。では、この太陽光パネルはどこから来ているのだろうか。それは中国からの輸入である。IEA (2023) によれば、この10年間で欧州・日本・米国のシェアが減る一方で中国の優位性が高まっており、世界の太陽光発電設備の7割以上が中国で生産されている (図表7)。中間財であるシリコンウェハーやセルの生産量では最終財であるモジュールに比べ、世界的に対中依存度が高いという状況にある。

4 送電網の追加的投資として、業界団体は約3750~4250億ユーロ、欧州委員会は5840億ユーロが必要であるとされている (European Commission (2023b))。

図表 7 脱炭素技術の地域別の生産量の割合



(出所) IEA (2023), p.96

また、もう一つの問題がCRMsへの依存である。太陽光パネルもガリウムやインジウムへの依存は避けられない(所(2022))。そしてガリウムもインジウムも中国が最大の産出国であり、それぞれ中国のシェアは96%、57%である⁵。

近年の国際情勢を見れば、経済安全保障およびエネルギー安全保障への関心の高まりから、ある特定の国に財や重要な原材料を依存することは地政学リスクだと捉えられる傾向にある⁶。特に、米中貿易戦争あるいは米中デカップリング、ロシアによるウクライナ侵攻の発生に伴って、国際政治経済学的な状況が安定していた2010年代と比較して大きく変化している。そのため、全世界的に対外依存度の低下を含む経済安全保障およびエネルギー安全保障上のリスクの低減は、以前に比べて要求される状況にある。

5 JOGMEC (2023)「鉱物資源マテリアルフロー 2022 ガリウム (Ga)」, JOGMEC (2023)「鉱物資源マテリアルフロー 2022 インジウム (In)」参照。

6 高橋(2021)は、経済安全保障とは「安全保障という名のもとに、政府が自国を含む国際経済に関与することを正当化する概念」であり、エネルギー安全保障については「エネルギー白書 2010」を引用する形で「国民国家、経済・社会活動、国防等に必要『量』のエネルギーを、受容可能な『価格』で確保できること」と定義している。

(3) EU 太陽エネルギー戦略は解決策になるのか

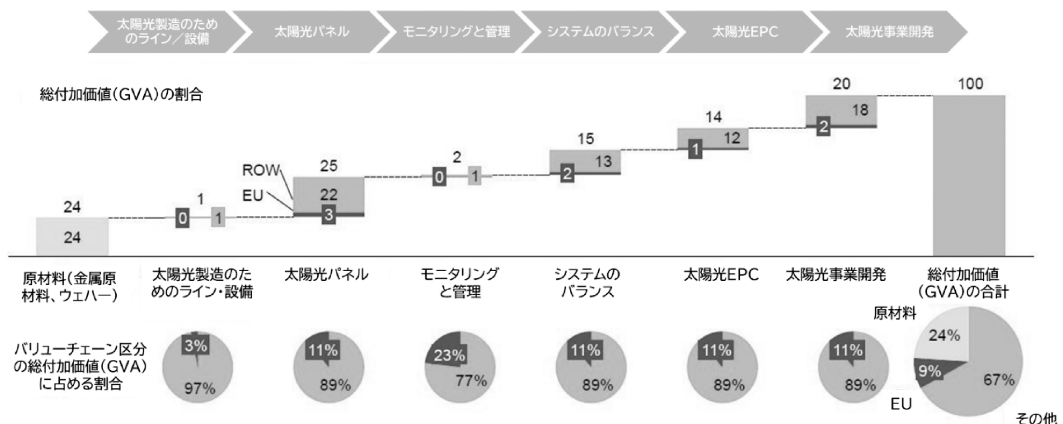
では、こうした問題に対して EU はどう対応しようとしているのか。その答えを、(1)EU 太陽エネルギー戦略 (European Commission (2022b)), (2)欧州太陽光発電産業同盟の設立, (3) CRMs への依存への対応から見ていきたい。

第一に、(1)EU 太陽エネルギー戦略である。欧州委員会は REPowerEU 計画と同時に、EU 太陽エネルギー戦略を公表し、その中で4つの重点項目を示した。その重点項目とは、①欧州屋根置き太陽光イニシアティブを通じた太陽光の迅速かつ大規模な導入の推進、②許認可手続きの簡素化、③太陽エネルギー人材の確保、④欧州太陽光発電産業同盟の発足と EU 域内の太陽光発電設備製造部門における強靱なバリューチェーンの拡大である。

特に、④に着目してみれば、太陽光パネルや関連部品の輸入依存に対する欧州委員会の危機感が分かる。川下分野に当たるインバーターや太陽光追尾システムの製造、EPC、太陽光事業開発などの分野では、バリューチェーンの総付加価値 (GVA) の約半数を占めて、そして EU は 10% 以上のシェアを獲得している (図表 8)。しかしながら、太陽光パネルやその中間財のインゴットやシリコンウェハー、セルのような川上分野はそうではない。その上、2020 年には、80 億ユーロ規模の太陽光発電設備が輸入されたが、このうち 75% が中国からであった (European Commission (2022b))⁷。このように一国への依存を高めれば、世界的もしくはその国固有の有事が発生した場合に EU の回復力を低下させる。他方で、イノベーションと競争市場を背景として、太陽光発電設備製造のバリューチェーンを拡大することは、雇用と付加価値を創出しながら EU のこの分野での回復力を強化することにつながるという。

そこで対策として挙げられているのが、①太陽エネルギー分野におけるイノベーション支援

図表 8 太陽光の総付加価値 (GVA) に占める EU のシェア



(出所) European Commission (2022b)

7 Eurostat によれば、2022 年にはさらにその割合が増加し、輸入額 226 億ユーロのうち 96% が中国からの輸入である。

と、②太陽光発電システムの持続可能性の促進である。前者については、Horizon Europe の支援を通じて低炭素技術に約 250 億ユーロの支援が予定されている。後者については、現在の太陽光発電システムは 20 年以上の運用で製造時に必要とされるエネルギーの 20 倍を生産できるが、その一方で問題とされている製造時の二酸化炭素と環境のフットプリントを削減することを意図している。

第二に、(2)EU 太陽エネルギー戦略でも明記された欧州太陽光発電産業同盟の設立である。欧州太陽光発電産業同盟は、欧州バッテリー同盟や欧州クリーン水素同盟のアプローチを参考に、2022 年 10 月に設立された⁸。この欧州太陽光発電産業同盟の目的は、欧州委員会が主導して、関係する産業界、研究機関、消費者団体、その他のステークホルダーが結集することで、太陽光発電設備のバリューチェーンの回復力と戦略的自立性の構築を目指すことにある。特に①投資機会の拡大、②太陽光発電システムの持続可能性、③サプライチェーンの多様化も主要な論点で、なおかつ資金や利害の調整を担う側面がある。

また、欧州太陽光発電産業同盟の中では、2025 年までにサプライチェーン全体での製造能力の 30GW に達する目標が合意された⁹。この目標を達成すれば、欧州では年間 600 億ユーロの新たな GDP が生まれ、40 万人以上の新規雇用が創出されると試算している。だが、この目標の達成に対しては業界団体でさえ悲観的な見方をしており、2025 年目標は実質的に 2030 年目標だと捉えられている (SolarPower Europe (2023))。図表 6 の通り、欧州太陽光発電産業同盟の 2025 年の目標 30GW に対して、多結晶シリコン 26.1GW は達成間近であり、欧州が比較的を持つインバーターで 82.1GW、最終財であるモジュールで 13.7GW の製造能力を有している。他方で、中間財であるインゴットからセルに至る過程では 2GW 以下の製造能力でしかなく、2025 年までに 30GW まで引き上げることは困難な状況だろう。

欧州太陽光発電産業同盟による 2025 年の域内調達目標の設定は、確かに、グローバルサプライチェーンを改善して EU 域内での産業化を図るという長年の課題への重要な「問題提起」ではある。他方で、業界団体からさえも非現実的だと指摘されている目標とその実効性に対しては疑問符を付けざるを得ない。

最後に、(3)CRMs への対応である。EU 太陽エネルギー戦略でも CRMs に言及している。太陽光パネルの多くはシリコンに依存し、モジュールの製造と設置にはガラス、アルミニウム、鉄が必要で、なおかつ系統接続においては銅が必要であり、そしてそれらの原材料は 1 カ国もしくは少数の国に依存していると指摘されている。そこで必要になるのが太陽光モジュールの回収・リユース・リサイクルといった静脈経済の確立である。

8 欧州バッテリー同盟は家本 (2021)、欧州クリーン水素同盟は蓮見 (2023b) も参照。

9 European Commission (2022) “REPowerEU: New industrial Alliance to boost the EU’s solar power and energy security”, December 9, 2022, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_7617 (アクセス日：2024 年 2 月 10 日)

EU はそれぞれに対して、サーキュラーエコノミーの確立や、エコデザイン規則とエネルギーラベリング規則の改正、グリーンディール産業計画で言及された CRMs 法案で対応しようとしている (European Commission (2023a))。いずれにせよ、太陽光パネルの静脈経済の確立は、太陽光パネルの持続可能性の促進だけでなく、グローバルサプライチェーンの改善と太陽光関連業界の雇用創出の鍵の一つにもなり得る。

小括

本稿では、EU 域内における再生可能エネルギーの導入状況を概観した上で、RED III の概要を確認し、そして EU 太陽光発電に関する新たな戦略が抱える課題について指摘した。

近年 EU 域内では、透明で非差別的な電力市場の形成、固定価格買取制度や再生可能エネルギーの優先接続・優先給電といった幼稚産業保護的政策、均等化発電単価の低下によって、変動型再生可能エネルギーの導入量が増加し、再生可能エネルギー比率は電力で 3 割、最終エネルギー消費でも 2 割を超えた。この状況下で、再生可能エネルギーに優先接続や優先給電といった優遇措置を与えたのが RES 指令や RED I であり、変動型再生可能エネルギーの導入をさらに加速させながら電力市場への統合を求めたのが RED II であり、そして、エネルギー市場全体および経済社会・産業への統合が求めたのが RED III だと言える。

また、再生可能エネルギーの黎明期には風力・バイオマスを中心に導入されてきた欧州でさえも、近年の EU 域内における太陽光の飛躍的増加には目を瞠るものがある。そして、導入までのリードタイムが他の電源より短い太陽光は、EU 域内で今後も増加することが見込まれる。

他方で、欧州の太陽光産業が抱える課題も根深い。米中貿易戦争あるいは米中デカップリングや、ロシアによるウクライナ侵攻などを受けて、国際政治経済学的状況が変化し、エネルギー安全保障や経済安全保障といった概念が重視されてきている。その影響で、太陽光パネルや CRMs の対外依存は国際的にもリスクだと捉えられてきている。EU 太陽エネルギー戦略や欧州太陽光発電産業同盟の方針は、太陽光発電を飛躍的に増やししながら、対域外依存度を減らすという重要な「問題提起」である。しかし、その目標設定と道筋は現実的なものとは言い難い。EU 太陽エネルギー戦略や欧州太陽光発電産業同盟をどう現実的かつ実効的なものとしていくかは、未だ道半ばである。

＊付記：本稿は市村清新技術財団地球環境助成に基づく研究成果の一部である。また、日本国際経済学会関東支部研究報告会において、多くの先生方より貴重なご質問やコメントを頂いた。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

相川高信 (2021) 「EU Fit for 55：森林バイオエネルギーの持続可能性基準を強化」、自然エネルギー財団、2021 年 8 月 3 日 <https://www.renewable-ei.org/activities/column/REupdate/20210803.php> (アクセス日：2024 年 2 月 9 日)

- 相川高信 (2023) 「EU-REDⅢ最終版におけるバイオエネルギーの取り扱い」, 自然エネルギー財団, 2023年10月11日 <https://www.renewable-ei.org/activities/column/REupdate/20231011.php> (アクセス日: 2024年2月9日)
- 家本博一 (2022) 「車載電池大国としてのポーランドの新たな位置—「欧州バッテリー同盟 EBA」と「2020年電池規則案」の下での位置づけ」, 池本修一・田中宏編著『脱炭素・脱ロシア時代のEV戦略—EU・中欧・ロシアの現場から』文眞堂, pp.109-148
- 加藤修一 (2019) 「バイオマスエネルギーの炭素中立のリアリティ?」, 京都大学大学院経済学研究科再生可能エネルギー経済学講座コラム連載「再エネを語る。未来を語る。」, 2019年5月30日 http://www.econ.kyoto-u.ac.jp/renewable_energy/occasionalpapers/occasionalpapersno129 (アクセス日: 2024年2月17日)
- 高橋洋 (2021) 『エネルギー転換の国際政治経済学』日本評論社
- 道満治彦 (2023) 「グリーンディールの前提としての再エネ政策—優先規定の変遷から見る日本への示唆—」, 蓮見雄・高屋定美編著『欧州グリーンディールとEU経済の復興』文眞堂
- 所千晴 (2022) 『資源循環論から考えるSDGs』エネルギーフォーラム
- 蓮見雄 (2023a) 「EUの脱ロシア依存とエネルギー安全保障」『上智ヨーロッパ研究』第14号, pp.75-105
- 蓮見雄 (2023b) 「産業戦略としての欧州グリーンディール」, 蓮見雄・高屋定美編著『欧州グリーンディールとEU経済の復興』文眞堂, pp.123-176
- 安田陽 (2017) 「系統連系問題」, 植田和弘・山家公雄編『再生可能エネルギー政策の国際比較—日本の改革のために』京都大学学術出版会
- European Academies' Science Advisory Council (2017) "Multi-functionality and sustainability in the European Union's forests"
- Maciej M. Sokołowski (2022) *Energy Transition of the Electricity Sectors in the European Union and Japan: Regulatory Models and Legislative Solutions*, Palgrave Macmillan
- IEA (2023) "Energy Technology Perspective 2023"
- IRENA (2023) "Renewable Power Generation Costs in 2022"
- Karlynn Cory, Toby Couture, and Claire Kreycik (2009) "Feed-in Tariff Policy: Design, Implementation, and RPS Policy Interactions", NREL Technical Report, NREL/TP-6A2-45549
- REN21 (2023) "Renewables 2023 Global Status Report -Renewables in Energy Supply"
- SolarPower Europe (2023) "EU Market Outlook For Solar Power 2023-2027"
- Theodoros G. Iliopoulos (2022) "Europeanisation of Renewable Energy Support Law: A Suspended Step Towards Harmonisation", Anna Vanhellemont, Bernard Vanheusden and Theodoros Iliopoulos *Harmonisation in EU Environmental and Energy Law*, Intersentia, pp.237-254

(EU 関連文献)

- Regulation (EC) 713/2009 (2009) establishing an Agency for the Cooperation of Energy Regulators
- Regulation (EU) 2018/1999 (2018) on the Governance of the Energy Union and Climate Action, amending Regulations (EC) No 663/2009 and (EC) No 715/2009 of the European Parliament and of the Council, Directives 94/22/EC, 98/70/EC, 2009/31/EC, 2009/73/EC, 2010/31/EU, 2012/27/EU and 2013/30/EU of the European Parliament and of the Council, Council Directives 2009/119/EC and (EU) 2015/652 and repealing Regulation (EU) No 525/2013 of the European Parliament and of the Council
- Regulation (EU) 2019/943 (2019) on the internal market for electricity
- Directive 96/92/EC (1996) concerning common rules for the internal market in electricity
- Directive 2001/77/EC (2001) on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market
- Directive 2003/54/EC (2003) concerning common rules for the internal market in electricity and repealing

Directive 96/92/EC

Directive 2009/28/EC (2009a) on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC

Directive 2009/72/EC (2009b) concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC

Directive (EU) 2018/2001 (2018) on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast)

Directive (EU) 2019/944 (2019) on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU

Directive (EU) 2023/2413 (2023) amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652

European Commission (2016a) Clean Energy For All Europeans, COM (2016) 860 final

European Commission (2016b) Accompanying the document: Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on common, rules for the internal market in electricity (recast), Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the electricity market (recast), Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing a European Union Agency for the Cooperation of Energy Regulators (recast), Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on risk preparedness in the electricity sector, SWD (2016) 410 final

European Commission (2019) The European Green Deal, COM (2019) 640 final

European Commission (2021a) 'Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality, COM (2021) 550 final

European Commission (2021b) amending Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council, Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council and Directive 98/70/EC of the European Parliament and of the Council as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652, COM (2021) 557 final

European Commission (2022a) REPowerEU Plan, COM (2022) 230 final

European Commission (2022b) EU Solar Energy Strategy, COM (2022) 221 final

European Commission (2023a) A Green Deal Industrial Plan for the Net-Zero Age, COM (2023) 62 final

European Commission (2023b) Grids, the missing link-An EU Action Plan for Grids, COM (2023) 757 final