

米国カリフォルニア州における 太陽電池モジュールの リサイクル政策：EU との比較分析

早 川 有 紀

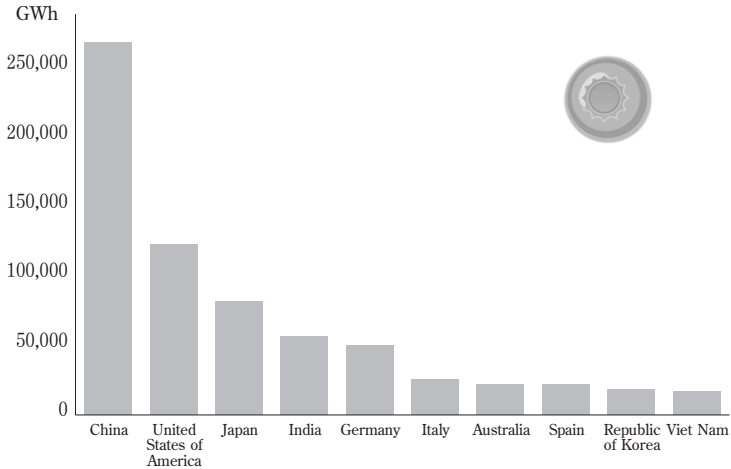
1. 課題設定

深刻化する地球環境温暖化問題を背景として、国際レベルで様々な取り組みが進むと同時に、各国では様々な形で再生可能エネルギー（再エネ）を取り入れる政策が進んでいる。こうした中で、アメリカ・カリフォルニア州では2018年に成立した州法 SB100 の中で州内の小売電力に占める再生可能エネルギーの割合を2030年までに60%、2045年までにゼロカーボン電源電力（Electricity from zero-carbon resources）と併せて100%にする目標が定められている。アメリカは、2020年の段階で世界の再生可能エネルギー発電量の国別ランキングで、中国に次ぐ2位に位置する。カリフォルニア州はアメリカ国内でも再生可能エネルギーの推進に熱心で、2022年段階で再生可能エネルギー量は全米州別で第3位⁽¹⁾、太陽光発電容量は全米第1位⁽²⁾を誇る。

(1) US News, “Ten States that produce the most renewable energy”, 2022年7月27日.

(2) Solar Energy Industry Association, “Top 10 Solar States” <https://www.seia.org/sites/default/files/2022-09/SEIA_Top10_Solar_States_2022-Q3.pdf>

図1 世界太陽光発電量トップ10か国（2020年）



出典：International Renewable Energy Agency

表1 州別ソーラー発電上位5州（2022年）

順位	州	設備容量 (MW)	設置数
1	カリフォルニア	37,086	1,561,236
2	テキサス	15,079	176,439
3	フロリダ	9,539	142,910
4	ノースキャロライナ	8,018	33,463
5	アリゾナ	5,984	228,976

出典：SIEA <<https://www.seia.org/states-map>>

カリフォルニア州では、2000年代後半から太陽光発電量が大幅に増加した。カリフォルニア州は日照時間が長く太陽光発電に適した条件にあったが、大幅な増加の背景には、太陽光発電のコストが低下したこと、顧客意識の変化、スマートメーターや蓄電池の設置等の技術環境の変化、さらに州政府により再生可能エネルギーに対する促進政策が採られてきたことなどがある。また後述するように、2020年からは新築住宅を建設するときに

は全ての家庭に太陽電池モジュールを設置することが義務付けられたため、今後も個人が所有する太陽電池モジュールが増加することが予想される。

しかし、太陽電池モジュールの寿命は約25から30年と短く、一時期に大量に導入された場合には買い替え等で大量に廃棄されることが予想される。また太陽電池モジュールは重量の約75%がガラスであるが、一部に鉛やカドミウムといった有害な化学物質が含まれていることもあるため、リサイクルの仕組みを整える必要がある。このためカリフォルニア州では2021年に太陽電池モジュールのリサイクル規制 (SB 489: Hazardous waste: photovoltaic modules) がアメリカで初めて導入され、2022年1月から施行された。カリフォルニア州で導入された環境規制は、アメリカの他州の規制にも影響を与えることが知られているため (Vogel, 2018)、本稿ではカリフォルニア州における太陽電池モジュールのリサイクル政策の導入過程について分析する。また、先進諸国の太陽電池モジュールのリサイクル規制として2012年に導入された EU における改正電気電子機器廃棄物 (Waste Electrical and Electronic Equipment: WEEE) 指令 (Directive 2012/19/EU, 以下 WEEE2 指令⁽³⁾) の導入過程とその内容を比較分析することにより、カリフォルニア州における太陽電池モジュールのリサイクル規制の特徴を明らかにすることを目的とする。

以下では、まずカリフォルニア州における再生可能エネルギー政策を概観することで、太陽光発電が拡大されてきた背景を検討する。そして、カリフォルニア州の廃棄物政策を振り返りながら、太陽電池モジュールのリサイクル規制 (SB 489) の導入過程を分析する。さらに、EU の WEEE 2

(3) 2003年に制定された電気電子機器廃棄物指令 (Directive 2002/96/EC, WEEE 指令) に対して通称「WEEE 2」と呼ばれるため以下では WEEE 2 指令とする。なお、WEEE 2 とアメリカ各州の太陽電池モジュールリサイクルの内容については河本 (2018)。

指令の成立過程を分析し、これらを比較分析することでカリフォルニア州におけるリサイクル規制の特徴を明らかにする。最後に、今後日本を含む国々で太陽電池モジュールのリサイクル規制を導入する際の展望を示す。

2. カリフォルニア州における再生可能エネルギー政策：太陽光発電拡大の背景

カリフォルニア州では、2000年代以降に再生可能エネルギー政策が推進されてきた。政策を推進する中心的組織は、公益事業委員会（California Public Utility Commission: 以下 CPUC）およびエネルギー諮問委員会（California Energy Commission: 以下 CEC）である。CPUC と CEC は、省エネルギーや再生可能エネルギーの普及政策を促進といったエネルギー政策で州の気候変動対策を進めてきた。

再生可能エネルギー政策は、カリフォルニア州の気候変動対策と連動して進められてきた。表2は、カリフォルニア州の気候変動対策のうち、エネルギー関係で重要な政策を示している。この中でも、特に再生可能エネルギー政策に影響を与えたとされるのは、まず2006年に成立したカリフォルニア地球温暖化対策法（California Global Warming Solutions Act of 2006: AB32）である。AB32では、2020年までに温室効果ガス排出量を1990年水準までに削減することが目標として設定された。AB32をもとに具体的な行動計画である「気候変動スコーピング計画」（Climate Change Scoping Plan）が作成され、少なくとも5年ごとに見直しが行われることになった。その後、AB32は見直され、2016年カリフォルニア地球温暖化対策法（California Global Warming Solutions Act of 2006: SB32）では2030年までに温室効果ガス排出量を1990年比で40%削減することが目標とされた。

また、同じく2006年に制定された SB1368 は、排出性能基準（Emission Performance Standard: EPS）に基づいてエネルギー効率を上げると共に、

68(638) 法と政治 73巻4号 (2023年2月)

表2 カリフォルニア州における主要な温室効果ガス削減政策

年	州法	政策内容
2006	AB 32	2020年までに州全体の温室効果ガス排出量を1990年レベルまで削減する。
2006	SB 1368	温室効果ガスの排出が基準より高いベースロード発電所への長期投資を禁止する。
2016	SB 32	2030年までに州全体の温室効果ガス排出量を1990年レベルより40%削減する。
2018	SB 100	カリフォルニア州の電力について2030年までに60%、2045年までに100%を再生可能エネルギーとゼロ・カーボン電源電力に転換する。

出典：CEC（2021：24）をもとに筆者作成

ベースロード発電所（24時間安定的に電力を作る発電所）を規制することで再生可能エネルギーを促進した点で重要である。SB 1368 は、州内の発電所に対してベースロード発電に対する長期的な投資を禁止するものである。特に、ベースロード発電所の中でも石炭火力発電所は温室効果ガス排出量が高いため、SB 1368 はそこからの脱却を進めた。

カリフォルニア州における再生可能エネルギー推進の中心的政策は、再生可能エネルギー利用割合基準（Renewable Portfolio Standard: RPS）制度⁽⁴⁾である。RPS 制度は、小売電力事業者に対して、販売電力量の一定割合以上を、再エネ電力とすることを法律上義務付ける制度である。2000年に生じた電力危機を背景として、2002年に制定された SB 1078 では小売電力に占める再エネ割合を2017年までに20%引き上げることや、電力事業者に対して一定割合の再生可能エネルギーから電力調達することを義務付けられたことにより導入された。その後、2018年に制定された SB 100 では、電気事業者に対して、州内で使用される電力の60%を2030年までに再生可能エネルギーで、2045年までに100%を再生可能エネルギーとゼロカーボ

(4) カリフォルニア州の RPS 制度について詳しくは、伊藤（2015）、小林（2021）、黒川（2021）を参照されたい。

ン電源電力（electricity from zero-carbon resources）にするということが目標とされた。

太陽光発電の推進政策としては、以下の複数の政策プログラムが並行して進められてきた。まず、2007年から2016年まで実施されたカリフォルニア・ソーラー・イニシアチブ（The California Solar Initiative: CSI）では、太陽光技術の研究開発、実証、展開や普及のための助成金を州政府が出したことで、州内での太陽光パネル設置が進んだ。また、そのプログラムにおける新太陽光住宅パートナーシップ（New Solar Homes Partnership: NSHP）もこの一環で設置された。これは、新しく住宅を建設する際に補助金を受け取ることができるもので、太陽光パネルの設置を促進した。こうしたCSIを含む取り組みは、CECとCPUCの協働で進められ、「ゴー・ソーラー・カリフォルニア（Go Solar California）」と名付けられた太陽光発電を推進する事業として知られる。この中ではこれまで個別に周知されていた補助金や税額控除などの情報を一元化し、市民が助成を受けやすいように窓口を整理した。ゴー・ソーラー・カリフォルニアでは州全体の導入目標を3000MWと設定し、33億ドルの予算が用意された。

さらに、CECは建物の省エネ基準（The Building Energy Efficiency Standards）（エネルギーコード（Energy Code））を気候変動への対策計画の重要な柱と位置づけ、2018年には新築住宅のエネルギー使用量を50%削減することを目的として、2020年1月からの新築住宅（低層住宅）に対する太陽電池モジュールの導入を義務付けた。この基準はカリフォルニア建物基準委員会（California Building Standards Commission: CBSC）の決定により最終承認されたもので、全米初の取り組みである。エネルギーコードは三年ごとに見直され、2021年の改正において太陽電池モジュールや蓄電池の義務付けの範囲を拡大した。

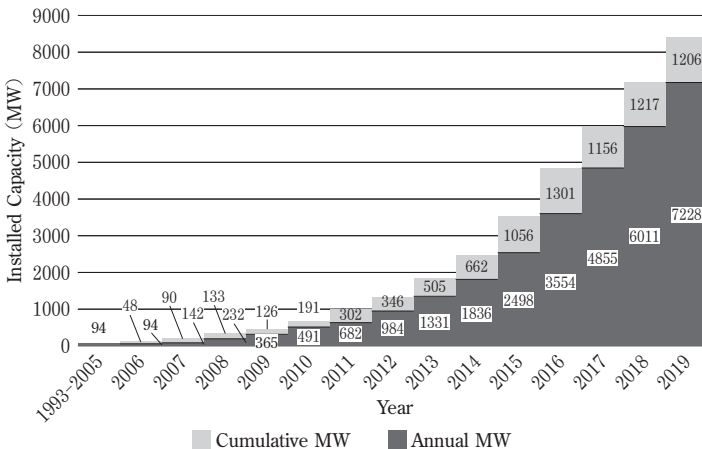
太陽発電の各家庭での導入促進を補完する制度として、ネットメータリ

ング制度（Net Energy Metering: NEM）がある。NEMとは、各電力会社のエリア内で、太陽光発電などの発電設備が設置されている場合に余剰分をピーク時の電力会社に提供し、その分を電気代金で減額できる仕組みである。1996年から導入されたNEM 1.0制度では、ピーク時の電力需要の5%までしか売電が認められなかったが、2016年から導入されたNEM 2.0制度では、太陽光発電の余剰電力分を販売しやすくなった（黒川，2021：125-126）。

こうした取り組みの結果として、カリフォルニア州における太陽光発電量は急速なスピードで増加した。2021年の太陽光発電所と太陽熱発電所の発電量は33670GWhに達し、カリフォルニア州の総発電量の17.31%を発電した⁽⁵⁾。また、民間電力会社（Investor-owned utility: IOU）と公共電力会

図2 IOU顧客の太陽光発電量

Figure 1: Customer-Sited Solar MW Installed Capacity in CA's IOU Territories, 1993-2019 (MW)



出典：CPUC (2020)

(5) California Energy Commission <https://ww2.energy.ca.gov/almanac/renewables_data/solar/index cms.php>

社（publicly-owned utility: POU）を合わせた顧客の太陽光発電は、2019年の時点で9607MWh、合わせて1,072,354件であった（CPUC, 2020: 23）。図2はIOUのみの顧客の太陽光発電量だが、2010年代後半から大きく伸びていることがわかる。このように、発電所事業と個人ともに、州内で大幅に太陽光発電が伸びることになった。これに伴い、2030年頃からの太陽光パネルの大量廃棄時代に備えて、仕組みを整える必要があることが次第に認識されるようになった。

3. カリフォルニア州における太陽発電設備リサイクル規制の形成過程

3-1. アメリカにおける廃電気電子機器処理政策

アメリカでは、1962年にレイチェル・カーソンの『沈黙の春』が刊行されて以降、環境問題に対する関心が高まったことを背景として、連邦政府が廃棄物処理問題に取り組んだ。廃棄物の管理基準を定めることで自治体に適切な廃棄物管理を促す規制として、1965年に固体廃棄物処理法（Solid Waste Disposal Act）を制定された。その後、これに修正が加えられて、1976年に資源保護回復法（Resource Conservation and Recovery Act of 1976: RCRA）が制定された。RCRAは廃棄物処理によって生じる潜在的な環境や健康への悪影響の保護、エネルギーと天然資源の節約、廃棄物の発生量の削減、廃棄物の適切な管理を目指した法律であり、これにより連邦レベルで有害廃棄物を管理する規制枠組みが定められた。本法の所管は米国環境保護庁（Environmental Protection Agency: EPA）であり、廃棄物処理対策などの実施は全米の地域事務所と管轄内の州政府とが協働で取り組む。RCRAは、その後何度か修正が繰り返され適用範囲は徐々に広がった。しかし、RCRAにおける有害廃棄物の分類（サブタイトルC）から家庭用の廃電気電子機器は除外されたままであった。⁽⁶⁾

一方、1990年に制定された汚染防止法（Pollution Prevention Act of 1990: PPA）は、可能な限り汚染物質の排出を防止または削減することを目的に制定された。PPAは汚染源の削減を義務付けるタイプではなく、企業等が生産活動の過程で汚染源を削減することを推奨するものであり、廃電気電子機器に対して企業等の責任を求める内容は含まれていない。

このように、連邦レベルではRCRAやPPAのような既存の法律で、廃電気電子機器のリサイクルを求めていなかった。一部で廃電気電子機器の埋め立て量が増えておりそれらが環境や人間の健康によくないとする指摘（GAO, 2005）がありながらも、EPAを含む連邦政府機関は、これに関するデータを十分に持っていなかったことも一因となり、特に対策を取ろうとしなかった（Vogel, 2012: 184）。

家庭から排出される廃電気電子機器については、都市から排出される固体廃棄物（RCRAにおけるサブタイトルD）に分類され、州および地方レベルに対応が委ねられていた。有害廃棄物がRCRAで厳格に管理されるのに対して、連邦政府は1995年から処理に際して環境配慮が必要な廃棄物を「ユニバーサル廃棄物（Universal Waste）」としてより扱いやすい基準で処理するように規制している。ユニバーサル廃棄物には、電池、農薬、水銀を含む製品、照明機器、スプレー缶が含まれており、これらは許可された施設で適切に処理することが求められる。一般的な有害廃棄物は州を超えて移送することを禁止しているのに対して、ユニバーサル廃棄物はリサイクルのために州外へ移送することを認めている。

また州は、ユニバーサル廃棄物にさらに追加して独自の規制を設けることもできる。カリフォルニア州有害物質規制局（Department of Toxic Substances Control: DTSC）は、2000年に環境にとって有害であるとみなし

（6） Title 40 of the Code of Federal Regulations Part 261.4.

た、水銀、鉛、カドミウム、銅が含まれる蛍光灯、ブラウン管（テレビ、モニターなど）、バッテリーなどをユニバーサル廃棄物に含めることを定めた。さらに、DTSCは2001年にブラウン管について鉛を含むために全て有害であるとし、埋め立てることを禁止した。⁽⁷⁾

こうした状況下でカリフォルニア州では、2003年にアメリカ国内では初めての州レベルでの廃電気電子機器のリサイクル規制となる、電子機器廃棄物リサイクル法（Electronic Waste Recycling Act of 2003: EWRA）（SB 20/SB 50）が成立した。この法は、対角の長さが4インチ（約10cm）以上のテレビやパソコンモニターでかつ鉛、水銀、カドミウム、六価クロムの有害化学物質を基準値以上で含む場合に、販売を禁じた。また、対象となる電子デバイスを対象電子機器廃棄物（Covered Electronic Waste: CEW）と名付け、これに関するリサイクルシステムを構築した。⁽⁸⁾ 具体的には、消費者がCEWを購入する際に、スクリーンのサイズに応じて消費者が購入時にリサイクル料金を直接支払い、小売業者が収集する仕組みである。このシステムにおいて製造者は、製品情報提供や消費者への情報提供、環境配慮設計、年次報告等に責任を持つ。

このようにEWRAは、電気電子機器の製品に含有する化学物質規制と、廃電気電子機器のリサイクルに対する規制を併せ持つため、後で説明するEUで2003年に成立した電気電子機器における特定有害化学物質の使用制限指令（Directive 2002/95/EC、以下RoHS指令）と電気電子機器廃棄物指令（Directive 2002/96/EC、WEEE指令）が組み合わせられたような形の規制といえる。特にRoHS指令と同じ有害化学物質を基準値以上含有する場合に販売が禁止され、RoHSが改定された場合にそれに従うことも明

(7) Cal. Code Tit. 22, division 4.5, chapter 23, §66273.81.

(8) 詳細は Cal Recycle <<https://calrecycle.ca.gov/electronics/cew/>>, 松本（2008）を参照。

記されたことから「カリフォルニア版 RoHS 指令」とも呼ばれる。ただし、廃電気電子機器のリサイクルについて、製造者に対して拡大生産者責任を求めている（Bergner, 2004: 383-84）。また、EWRA では2006年から、モニターを含む機器以外のプリンター、電話、ラジオ、電子レンジなどもユニバーサル廃棄物として扱われることになったため、ユニバーサル廃棄物としてリサイクルの対象となる機器は広がった。しかし、WEEE 指令と比べると、製造者責任を強く求められず、対象となる機器の範囲は狭い内容といえる。

3-2. 太陽電池モジュールリサイクル規制の立法過程

EU の WEEE 指令は、その後太陽電池モジュールを含める形で改正することを目指していたため、カリフォルニア州内でも継続的に規制内容が検討されていた。廃電気電子機器については、2004年に携帯電話の回収・リサイクル規制（AB 2901）、2005年に充電バッテリーの回収・リサイクル規制（AB 1125）が成立してこれらがユニバーサル廃棄物に含まれるようになるなど、少しずつユニバーサル廃棄物に含まれる家庭用廃電気電子機器の範囲が広がった。

こうした中で DTSC は、今後5～10年以内に古い太陽電池モジュールが交換の時期を迎えること、また今後20年でカリフォルニア州内に廃棄される太陽電池モジュールが数億に達するという予想から、2010年代から本格的に太陽電池モジュールの廃棄・リサイクルに関する規制案について検討を開始した。

当初、2012年に DTSC が作成した規制案に対して、同年8～10月にパブリックコメントが行われ、それをもとに最終提案が作成されようとしていた。規制案のなかで太陽電池モジュールは、有害であるものもそうでないものも共に既存の「ユニバーサル廃棄物」に加える形でリサイクル処理さ

れることが示された。ただし、太陽電池モジュールの供給・販売事業者が管理する再生プログラムにしたがって回収・輸送・リサイクルする場合は、例外的に規制の対象外とすることが示された。この案に対して環境保護アクター⁽⁹⁾は、事業者が管理する再生プログラムの計画策定や実施を事業者の自主性に任せており、適切にリサイクルされるかどうかを州が監督できないことについて批判した。これに対し、アメリカにおける太陽光発電関連企業の業界団体である太陽エネルギー産業協会 (Solar Energy Industry Association: SEIA) は、規制案において太陽電池モジュールが使用可能か否かの区別や、有害廃棄物か否かの区別をすべきではないことを批判した⁽¹⁰⁾。製品の有害性についてチェックすることや、有害廃棄物とされた場合にはユニバーサル廃棄物に比べて処理コストが上がることから、事業者側からこうした主張がなされたものと考えられる。

利害関係者の意見をを受けて、廃棄パネルの統合や管理についての内容のみを改訂した規制案が2013年前半に作成された⁽¹¹⁾。また、同じ時期に DTSC がカリフォルニア州に工場をもつ太陽光発電関連企業の廃棄物処理データを公表した。この中で、これまでクリーンなイメージが持たれていた太陽光発電関連企業が、2007年から2011年前半にかけて多くの廃棄物を発生させていたことや、その一部が他州に運ばれて輸送中に排出された二酸化炭素をライフサイクル・アセスメントに含めていなかったことが明らかになっ

(9) 中心的なアクターとして、後述する Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC) がある。また、廃電気電子機器のリサイクルに関して活動的な団体として、廃棄物に反対するカリフォルニア州民 (Californians Against Waste)、グリーンキャピタル連合 (Coalition for Green Capital) がある。

(10) “Critics warn California rule eases waste controls for toxic solar panels”, Superfund Report, Vol. 26, No. 21, 10/15/2012.

(11) “Activists press California to finalize solar panel waste management rules”, Inside Cal/EPA, Vol. 24, No. 19, 5/11/2013.

た。さらに同じ時期には、太陽光発電関連企業が2012年に破綻し、倉庫に在庫や不良品、カドミウムの入ったドラム缶が処理されずに放置されたことが報道され、太陽光発電に対する社会的な関心が高まった。⁽¹²⁾

改訂案に対しては2013年6月末から意見募集がなされたが、ハイテク産業における環境に安全な技術や手法を研究・主張する環境保護団体であるシリコンバレー有害物質連合（Silicon Valley Toxics Coalition: SVTC）は、有害物質の有無にかかわらず事業者の責任ですべての太陽電池モジュールを回収してリサイクルすべきであるという拡大生産者責任を主張し、州による製品の成分やリサイクルを促すラベルの設置の義務付けなどを求めた。⁽¹³⁾ 他方、太陽光発電企業であるファーストソーラー（First Solar）は、太陽光パネルに含まれる有害化学物質について、カリフォルニア州のみでの有害廃棄物と分類されて適切な処理が求められることについては問題視しないとするなど、事業者にも多様な立場が存在した。⁽¹⁴⁾

DTSCにより作成された規制案は大きく変更されずに、2013年8月にカリフォルニア州行政法局（Office of Administrative Law: OAL）に提出されたが、10月にOALにおいて却下されることになった。その理由として、⁽¹⁵⁾ 一つは有害物質を含むか否かという基準や連邦政府のユニバーサル廃棄物の管理基準に関する一貫性がある。連邦政府が太陽電池モジュールの取り

(12) Junko Movellan「カリフォルニア州が太陽電池モジュールのリサイクルを推進、問われる生産者責任」2013年7月19日、日経エレクトロニクス。

(13) “Activists press California to finalize solar panel waste management rules”, Inside Cal/EPA, Vol. 24, No. 19, 5/11/2013.

(14) “Critics warn California rule eases waste controls for toxic solar panels”, Superfund Report, Vol. 26, No. 21, 10/15/2012. 他にも、前述したSEIAやPV recyclingが意見を表明した（OAL File No. 2013-0819-03S）。

(15) State of California Office of Administrative Law, Decision of Disapproval of Regulatory Action, In re: Department of Toxic Substances Control, OAL File No. 2013-0819-03E.

扱いに関して基準を明らかにしていない状態で、DTSCが太陽電池モジュールをユニバーサル廃棄物にする許可を連邦政府から得ていないこと、また太陽電池モジュールが有害廃棄物になる可能性もある点が懸念された⁽¹⁶⁾。もう一つは立法過程で得た利害関係者によるパブリックコメントに対して、十分に応答的でないこと等、行政手続き的な問題があげられた。

これを受けてDTSCは元の案を取り下げ、2014年2月に新しい案をまとめ直し、EPAに太陽発電モジュールをユニバーサル廃棄物として扱えるように承認を申請した。以前の案では、太陽電池モジュールがユニバーサル廃棄物にする条件として「リサイクルされる」こととしていたが、新しい案の中では「リサイクルが予定されている」ことを条件とした。つまり、リサイクルが予定されない場合は有害廃棄物と同じ基準で処分されることになる。この案に対して環境保護アクターは強制力や監視がなく実効性にかけることを批判して議会による包括的なリサイクル法案の提出を促したのに対して、産業側は提案を支持した⁽¹⁷⁾。

法案に対する議論が続いていたことから、同じく2014年2月に、もともとこの問題に関心を持っていたカリフォルニア州上院議員のウィリアム・モニング（William Monning）が新しい法案SB1020を提出した。SB1020は太陽光パネルの製造者に、単独あるいは販売者と共に使用済みパネルのリサイクルプログラムを確立することを義務付け、確立できなかった場合は太陽電池モジュールの販売を禁止するものであった。また、太陽光パネルを撤去する業者と設置された建物を取り壊す事業者がパネルを収集して、適切な場所に運ぶことを求めた。モニングの法案に対しては特定の利益団体による後押しがなかったことが示されたが、環境保護アクターはこの案

(16) “DTSC Seeks EPA Approval to Redraft Disputes Solar PV Disposal Rules”, Inside Cal/EPA, Vol. 25, No. 7, 2/14/2014.

(17) 同上。

が出てきたことを好意的に受け止めた。しかし、供給・販売事業者は既に DTSC の案を支持しており、SB1020 は業界が負う義務やコストが大きくこれまでの経緯とも離れすぎていたことから大きく反対したため、成立には至らなかった。⁽¹⁸⁾

その後、2015年2月に再度利害関係者との調整のうえ、モニングが新しい法案としてSB489を提出した。SB489はSB1020の内容より、DTSCが検討してきたユニバーサル廃棄物として使用済み太陽電池モジュールを扱うという案に近い。環境保護アクターも業界の負担を下げながら太陽電池モジュールを処分する規制ができる点を評価し、太陽発電業界も提案当初は負担が増えるのではないかと恐れたものの、モジュール回収について州による義務付けがなされないという点で反対を表明しなかった。⁽¹⁹⁾ SB489は2015年9月まで議会での調整が続いたが、2015年10月1日に州知事が承認したことで制定された。計画では2018年4月から始まる予定であったが、それより遅れて2021年1月から太陽電池モジュールのリサイクル・適正処理が義務化された。

SB489は、(1)使用済み太陽電池モジュールの再利用、リサイクル、適切な廃棄を促進すること、(2)太陽光発電関連業界に回収とリサイクルを推奨すること、(3)使用済み太陽電池モジュールが埋め立て廃棄されることを減らすこと、という三つの目的を持つ。この中で、使用済み太陽電池設備は、有害廃棄物管理法(Hazardous Waste Control Law: HWCL)のもとでユニバーサル廃棄物に指定される。ユニバーサル廃棄物か否かの判断は、分析機にかけて判定する場合と、廃棄者(generator)である個

(18) “Lawmaker Introduces Bill Requiring Recycling of Solar PV Panel Hazardous Waste”, Inside Cal/EPA, Vol. 25, No. 8, 2/21/2014.

(19) “Solar Hazardous Waste Bill Spurs Industry Fear of DTSC Recycling Mandate”, Inside Cal/EPA, Vol. 26, No. 16, 4/24/2015.

人や企業（自治体等も含む）が判断する場合がある。処分に当たっては、取外し業者（handlers）、運搬業者（transporters）、廃棄物処理施設（Destination Facilities）にそれぞれ取り扱い要件を課して、適切なりサイクル・処理を進め、従わない事業者にはペナルティが課される。廃棄物は太陽電池モジュールを取り外し、業者に引き取り依頼または自分で持ち込みをして、処理代金を支払う。回収・処理事業者には、記録を管理し、毎年扱いる量やりサイクルに関して DTSC へ報告する義務がある。

このように、カリフォルニア州の使用済みの太陽電池モジュールに対するリサイクル規制は、既存のユニバーサル廃棄物の枠組みに沿う形で成立した。環境保護アクターが包括的で拡大生産者責任が徹底されるリサイクル制度を望んだものの、既存の制度が活用されることで、事業者に新たな負担が生じないような配慮がなされた。これにより、着実に使用済み太陽電池モジュールを回収できる制度として DTSC が進めてきた枠組みに基づいて産業アクターと環境保護アクターが合意できる内容として規定された。

4. カリフォルニア州における太陽電池モジュールリサイクルの特徴：EU との比較から

4-1. EU における太陽電池モジュールリサイクル規制の成立過程

ヨーロッパでは、廃電気電子機器はそれまで各国で処理が進められてきたが、1970年代半ばから EC 加盟国全体での廃棄物規制の検討が進められてきた。⁽²⁰⁾ 1975年に定められた廃棄物に関する指令（Council Directive 75/442/EEC）（廃棄物指令）では、廃棄物処理の規制当局を設置し取り扱い事業者を管理することになり、廃棄物規制の基礎が形づくられた。また、

(20) EU における1970年代半ば～90年代にかけての廃電気電子機器の規制については、早川（2018：150-152）。

その後1978年には有害危険廃棄物に関する指令（Council Directive 78/319/EEC）（有害廃棄物指令）が定められ、廃棄物の中でも特に有害性及び危険性が認められる廃棄物に対する処理が厳格化された。

1990年代に入ると電気電子製品の廃棄物が増加し、それらのリサイクルの必要性が認識されるようになり、1991年に廃棄物指令が改正された（Directive 91/156/EEC）。この中では、廃棄物の定義が明確化されるとともに、リサイクル・再利用の一層の促進、廃棄物の発生抑制、廃棄物の放棄や陶器に対する処分、廃棄物処分施設のネットワーク化が目指された。また、同じ年に有害廃棄物指令が改正され（Directive 91/689/EEC）、1990年頃を境として、従来の廃棄物処理に加えてリサイクルに重点を置く新しい政策へと見直しが進んだ。

1990年以降、欧州委員会内の利害関係者間では「優先的廃棄物排出源に関する作業部会（Priority Waste Stream Working Group）」を中心として話し合いが進められ、EUレベルの廃棄物政策に関するコミュニケーションペーパーがまとめられた（European Commission, 1996）。この中では、廃棄物政策に関する原則として、予防原則に基づくことや拡大生産者責任の重要性についても検討が行われた。しかし、各国におけるリサイクル規制のレベルはまちまちであった（早川、2018：182-183）。

こうした中、廃電気電子機器に含まれる有害化学物質による環境汚染も懸念されたため、欧州委員会の環境総局が中心となり、電気電子機器に含まれる化学物質規制（RoHS 指令）と廃電気電子機器に対するリサイクル規制（WEEE 指令）を一つの規制として成立させることが目指され、2000年からEU内で法案に関する審議が始まった。1997年にまとめられた最初のワーキングペーパー（Working Paper on the Management Waste from Electrical and Equipment）では、リサイクル対象とする製品範囲が広く包括的に設定された。これが議論の過程で見直されるに伴って製品の範囲

は徐々に狭まったものの、基本的には網羅的な内容が残ることになった。

また、企業の法的な責任についても最終案まで継続して引き継がれ、リサイクル率も達成目標として維持されることになった。⁽²¹⁾

この結果として2003年に定められたのが WEEE 指令 (Directive 2002/95/2006) である。WEEE 指令は、電気電子廃棄物の発生抑制、再利用・リサイクル促進による廃棄量の減少、および環境・健康への影響の逡減を目的として、約90品目の廃電気電子機器を対象として、加盟国にリサイクルシステムを構築しリサイクル率の設定を義務付けるという内容であった。成立当初、太陽電池モジュールはリサイクル対象品目の中に含まれず、「今後追加する可能性がある品目」とされていた。その後、WEEE 指令の実施と並行して改正 WEEE 指令が検討された。2011年12月には WEEE 指令改正案が出され、太陽電池モジュールが対象製品に追加された。⁽²²⁾

WEEE 指令では EU で定められた規制枠組みに沿って、各加盟国が法制化する。その際には、欧州電気標準化委員会 (CENELEC) が規定する欧州規格「EN 50625-1: 2014 (WEEE の適正処分に関する一般要求事項)」に基づき、太陽電池モジュールを回収、リサイクル、適正処分するシステムを構築する必要がある。リサイクルシステムでは、太陽電池モジュールを EU 内で販売する事業者 (メーカー、輸入業者など) が、直接システムを構築するか、そうでなければそのシステム構築に参画する必要がある。

また、回収、再生、再利用などすべてを含めたリカバリー率、およびリ

(21) DG XI, “Working Paper on the Management of Waste from Electrical and Electronic Equipment”, 9 October, 1997; Tupper (1999: 122-123); ENDS (1997).

(22) 2012年8月13日～2018年8月14日 カテゴリー4「民生用機器及び太陽電池モジュール」というカテゴリーで扱われ、さらに改正された2018年8月15日以降はカテゴリー4「大型機器 (外形寸法 50 cm を超える)」で扱われることになった。

サイクル率の達成も加盟国の義務になる。たとえば、太陽電池モジュールが含まれるカテゴリ 4 のリカバリー率、リサイクル率はそれぞれ、2015年8月までが75%と65%、2015年8月から18年8月までが80%と70%、2018年8月以降が85%と80%と定められた。

リサイクルシステムについて、2007年に欧州太陽光発電協会（EPIA）は WEEE2 に対応するリサイクルシステム構築を目指し、メーカー等は非営利組織である PV CYCLE を設立した。PV CYCLE は、欧州市場の太陽電池モジュールメーカーの90%以上が加盟しているため、リサイクルの中心的な組織となっている。各国により実施形態は異なるが、たとえばベルギーでは原則引受は無料であったり、ドイツでは運搬まではユーザーが負担しそれ以降は無料、フランスでは購入時にリサイクル料金を課したりする仕組みとなっている（島村、2019）。

このように EU では、太陽電池モジュールの設置者が廃棄の責任を負い、メーカーにはリサイクルシステムの構築が義務付けられ、各国はリサイクル率について達成する義務を負っている。WEEE 指令という広範かつ拡大生産者責任が強く規定された制度が存在したことで、太陽電池モジュールもそうしたシステムの中でリサイクルされることになった。

4-2. 太陽電池モジュールリサイクル政策の比較分析：SB489 と改正 WEEE 指令

以上を踏まえて、カリフォルニア州における SB489 と EU の改正 WEEE 指令の内容を比較分析し、両者の共通点と、その比較をもとづいた SB489 の特徴を示す。そのうえで、SB489 の今後の課題を示す。

まず、両者に共通するリサイクルの方法についてである。それは、使用済み太陽電池モジュールをリサイクル可能な廃棄物として扱い、廃棄者、運搬者、処理事業者の役割等を規定することで適正な廃棄、運搬、リサイ

クル等、処理を促していることである。使用済み太陽電池モジュールは、SB489 ではユニバーサル廃棄物として、また WEEE 指令ではカテゴリー 4 に分類された。そして、それぞれの法律で規制のプロセスが規定されることで、リサイクルが促されていた。

他方、WEEE 指令と異なる SB489 の特徴として、次の 2 つを指摘できる。第一に、使用済み太陽電池モジュールをリサイクルする際に既存のリサイクルルートが活用された点である。SB489 では、使用済み太陽電池モジュールがユニバーサル廃棄物として分類され、改正 WEEE 指令のように事業者が関わって最初からリサイクルシステムが形成された仕組みとは、異なっている。既存の仕組みを使うことは、新たな制度を構築する場合と比べて、収集や処理をスムーズに始めることができ、市民に理解しやすいといった利点がある。

第二に、拡大生産者責任が徹底されていないという点である。たとえば、SB489 では処理代金は廃棄者が負担する仕組みになっている。改正 WEEE 指令では基本的に製造者あるいは輸入メーカーが処理代金を負担する仕組みになっている。もちろん、EU の場合はその費用が商品価格に転嫁される可能性はあるものの、費用負担の仕組みはカリフォルニア州と異なっている。また、SB489 ではリサイクル目標の義務付けがなされていない。改正 WEEE 指令の場合、各国がリサイクル率の達成を義務づけられているが、カリフォルニア州ではこうした目標や義務づけがない。さらに、先に述べたリサイクルシステムの設計に製造者や輸入メーカーの参加を義務付けていない点も、EU で製造・販売事業者がリサイクルシステムの構築に参加して最終責任を有している点と比べると、大きな違いを示している。⁽²³⁾

(23) もちろん、アメリカにも太陽電池モジュールの製造者や販売事業者の中にもリサイクルへの取り組みに熱心が事業者もいる。たとえば、太陽光
84(654) 法と政治 73 巻 4 号 (2023 年 2 月)

こうした政策内容に違いが生じた理由は、もともとの法制度に加えて、立法過程での議論の位置づけに違いがあったことが考えられる。まず、法制度の違いとして、連邦政府と州政府が有していた有害廃棄物とユニバーサル廃棄物の区分や、その権限や実施の責任の違いが挙げられる。カリフォルニア州の事例でも示されたように、有害廃棄物に対してユニバーサル廃棄物は処理コストが低く抑えられていることから、事業者が太陽電池モジュールに含まれる可能性のある有害廃棄物処理に対して後ろ向きになっていたと考えられる。また、OALがDTSCの最初の提案を却下したように、連邦と州の権限や実施に違いがあり、連邦政府は太陽電池モジュールのリサイクルに対して規定を持たない状況にあったため、州政府が一から新たな仕組みを構築するためには利害関係者間での調整にも時間がかかることが考えられる。EUでも各国の法制度は異なるが、EUレベルでの指令は各国の法制度や政策実施の状況に合わせて法制化される。このため、元々各国が抱える制度からある程度自由な立法が可能な状況が存在する。また、カリフォルニア州では州が実施の責任を負うのに対して、EUでは加盟国が指令の実施の責任を負う。このため、EUレベルで立法する段階で大胆な目標設定が可能になったと考えられる。

次に、立法過程における議論の位置づけである。カリフォルニア、EUともに環境保護を第一目的とする官僚組織が最初の規制案の作成を主導したが、カリフォルニアよりもEUにおいて、規制範囲が広く設定されまた拡大生産者責任が徹底された。カリフォルニア州では、廃電気電子機器全

発電産業の業界団体である Solar Energy Industries Association (SEIA) は、2016年から全米太陽光パネルリサイクルプログラム (National PV Recycling Program) に取り組み、全米にリサイクルパートナーを作りリサイクルを図る。このため、この取り組みが進めば、リサイクルの規定がない州でも使用者が廃太陽電池設備を自らリサイクルに持ち込める可能性が高まる (SEIA, 2020)。

体の議論としてではなく、太陽電池モジュールのリサイクルについて単独の議題として扱われることになった。EUでも太陽電池モジュールのリサイクルはWEEE指令の改正によって付け加えられたが、WEEE指令の議論の過程ではワーキンググループの中で拡大生産者責任について重要な位置づけとするような議論が進められてきた。また、RoHS指令のような製品規制と共に議論が進められたことで、廃電気電子機器の射程範囲や製造とリサイクルを広く捉える考え方に結びついたものと考えられる。

以上を踏まえると、カリフォルニア州の太陽電池モジュールのリサイクル政策の課題として、次の二点が挙げられる。第一に、リサイクルの実効性の確保である。具体的には、リサイクル率を確保するための方策を確定すること、さらにこれと関連して今後処理量が増加した時にリサイクル処理量をどのように確保するのかという課題である。現在は、州がリサイクル量を把握することはできても、リサイクル率が目標と定められているわけではない。また、今後リサイクル量は増加することが考えられるため、どのようにこれらに対応するかという課題がある。特にユニバーサル廃棄物の処理方法については、課題が指摘されている。たとえば太陽光発電ではリサイクル処理にあたって熱や化学品を使う可能性があるが、ユニバーサル廃棄物の処理施設ではリサイクルで必要とされる熱や化学品の使用が認められていない (Curtis et. al, 2021)。このため、適切な処理を行うための方法について規定を変えるなどする必要がある。

また、実効性を確保するためには、特にEUの場合と比べた場合に製造事業者や販売事業者など事業者を関与させる必要があると考えられる。この点について、カリフォルニア州では2021年にSB207が成立し、この中で環境保護長官が太陽光発電に関するアドバイザーグループを招集することが定められた。グループメンバーにはメーカー、リサイクル業者、環境保護団体などの組織の代表者が入り、太陽電池モジュールのリサイクル

率を100%にするための方策を検討し、2025年までに結論を出すこととされているため、今後の取り組みを注視する必要がある。

第二に、リサイクルコストの逡減である。現在、太陽光パネルのリサイクル費用は廃棄者が負担することになっている。例えば、家庭用の太陽光パネルを交換する場合、取り外し費用、運搬費用、リサイクル費用がかかることになる。DTSCはリサイクル市場の拡大を視野に入れているが、現在は限られた業者しか使用済み太陽光パネルを扱っていない。このため、州政府が質を担保しながら適切に業者が増えて競争原理が働くように監視することで、リサイクルコストが逡減されることが利用者の負担軽減につながるものと考えられる。

このように、カリフォルニア州のリサイクル政策について、改正 WEEE 指令と比較することで特徴や課題を明らかにすることができたものと考えられる。

5. 結語：今後の使用済み太陽発電設備のリサイクル規制の構築に向けて

冒頭でも見たように、現在日本を含むアジアでは、中国をはじめとする国々で太陽光発電が多く導入されている。このため、今後太陽発電設備の更新や導入に伴って太陽電池モジュールのリサイクル規制を進める必要に迫られる状況にある。

日本でも、太陽電池モジュールの更新や導入が進むことから多くの太陽光パネルが廃棄されることが予想されている。こうした中、環境省により2018年に「太陽電池モジュールのリサイクル等の推進に向けたガイドライン」(第二版)が作成され、その方策について検討が進められている。また、2022年の再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法(再エネ特措法)の改正では、10kW以上のすべての太陽光発電のFIT・

FIP 認定事業者を対象として、廃棄費用に関する外部積立義務が新設された。

カリフォルニア州と EU の取組の比較からは、制度の実効性を確保するためには、費用やシステム構築も含めた事業者の関わりが重要であることが示唆される。特に太陽電池モジュールによる発電は、発電所による電力供給が集中型と呼ばれるのに対して分散型と呼ばれるように、発電事業者のみならず家庭での管理も増えているため、今後リサイクルシステムの構築にあたっては、拡大生産者責任を徹底することで製造や販売事業者の関わりが重要になるものと考えられる。将来的に、技術革新によって太陽電池モジュールの性質や形態が⁽²⁴⁾大きく変われば、リサイクル制度についても見直しが必要になると考えられる。よって、各国の実施状況だけではなく技術の状況に応じて規制内容を数年ごとに見直すことも求められるであろう。

参考文献

- 飯沼芳樹 (2017) 「米国の再生可能エネルギーの導入状況と開発促進政策」植田和弘・山家公雄編著『再生可能エネルギー政策の国際比較』京都大学学術出版会：175-192.
- 伊藤葉子 (2015) 「カリフォルニア州 RPS 制度の事例に見る再生可能エネルギーの導入促進と費用抑制の両立に向けた取組」『エネルギー経済』41巻 2号：59-79.
- 環境省 (2018) 「太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン (第二版)」(平成30年) 環境省環境再生・資源循環局総務課リサイクル推進室。 <https://www.env.go.jp/press/files/jp/110514.pdf>
- 草薙真一 (2017) 『米国エネルギー法の研究：経済規制と環境規制の法と政策』白桃書房。

(24) たとえば、実用化に向けて研究が進む「ペロブスカイト太陽電池」であれば曲げられるフィルムタイプの太陽電池となり、リサイクル制度も更なる検討を要する時期が来ると考えられる。

- 黒川哲志 (2021) 「カリフォルニア州のゼロカーボン電源100%政策：日本の再生可能エネルギー政策への示唆を求めて」辻雄一郎, 牛嶋仁, 黒川哲志, 久保はるか (編著) (2021) 『アメリカ気候変動法と政策：カリフォルニア州を中心に』勁草書房：121-137.
- 河本桂一 (2018) 「欧米における使用済み太陽電池モジュールリサイクル等推進への取組み」『生活と環境』63(9): 14-19.
- 小林寛 (2021) 『アメリカ再生可能エネルギー法制の構造：日本への示唆』成文堂.
- 資源エネルギー庁「太陽光発電設備の廃棄等費用積立制度について」(令和3年9月17日) https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/dl/fip_2020/fip_document03.pdf
- 自治体国際化協会 (2001) 『アメリカにおける一般廃棄物処理とリサイクル』財団法人自治体国際化協会 (ニューヨーク事務所).
- 島村安俊 (2019) 「欧州における使用済み太陽電池モジュールの回収・リサイクル・適正処分」『廃棄物資源循環学会誌』Vol. 30, No. 6: 403-407.
- 早川有紀 (2018) 『環境リスク規制の比較政治学：日本とEUにおける化学物質政策』ミネルヴァ書房.
- 松本茂野 (2008) 「カリフォルニア州等における電子廃棄物リサイクルの現状」『金属資源レポート』Vol. 38, No. 4: 541-552.
- Bergner, Danielle M. (2004) “The Electronic Waste Recycling Act of 2003: California’s Response to the Electronic Waste Crisis”, *Marquette Law Review*, Vol. 88, Issue 2: 377-389.
- California Energy Commission, (2021), *SB 100 Joint Agency Report: Charting a path to a 100% Clean Energy Future*, CEC-200-2021-001.
- CPUC (2020), *2020 California Solar Initiative: Annual Program Assessment*, California Public Utilities Commission.
- Curtis, Taylor L., Heather Buchanan, Garvin Heath, Ligia Smith and Stephanie Shaw (2021), *Solar Photovoltaic Module Recycling: A Survey of U. S. Policies and Initiatives*, NREL, Technical Report.
- ENDS (1997), “DGXI Proposes Recycling Targets for Waste Electrical Equipment,” *ENDS Report*, 273.
- European Commission (1996) Communication from the Commission on the Review of the Community Strategy for Waste Management, COM (96) 399 final.
- Government Accountability Office (GAO) (2005), *Electronic Waste: Observa-*

tion on the Role of the Federal Government in Encouraging Recycling and Reuse, GAO-05-937T.

Mulvaney, Dustin (2019), *Solar Power: Innovation, Sustainability, and Environmental Justice*, University of California Press.

SEIA (2020), *End-of-Life Management for Solar Photovoltaics: Recycling*, Solar Energy Industries Association.

SolarPower Europe (2020), *EU Market Outlook for Solar Power 2020-2024*, Solar Power Europe.

Tupper, Stephen C. (1999), “Sparks Fly: Europe’s Policy in Regard to Waste Electronic and Electrical Equipment”, *Environmental Claims Journal*, 12(1): 119-135.

Vogel, David (2012), *The Politics of Precaution: Regulating Health, Safety and Environmental Risk in Europe and the United States*, Princeton University Press.

Vogel, David (2018), *California Greenin’: How the Golden State Became an Environmental Leader*, Princeton University Press.

環境省 <https://www.env.go.jp/>

資源エネルギー庁 <https://www.enecho.meti.go.jp/>

California Energy Commission: CEC <https://www.energy.ca.gov/>

California Public Utilities Commission: CPUC <https://www.cpuc.ca.gov/>

Department of Toxic Substances Control: DTSC <https://dtsc.ca.gov/>

PV CYCLE <https://pvcycle.org/>

Photovoltaic module recycling policy process in California, USA: Comparison with an EU case

論

Yuki HAYAKAWA

説

The state of California has enacted the photovoltaic module recycling regulation (SB 489), the first such regulation in the USA. This study analyzes the characteristics and issues related to the photovoltaic module recycling policy in California based on and in comparison with a case study from the EU. The paper focuses on a discussion of the existing regulations and extended producer responsibility in the policy through the policy-making process of the California case. In SB 489, the existing universal waste system is used as the recycling system, and therefore, the producer's responsibility is weak when considering the development of the recycling system and recycling cost in comparison with WEEE 2 Directive in the EU. This point may be a concern in the future, when the amount of used photovoltaic modules to recycle will increase. This analysis suggests that other countries, which have not introduced such regulations, need to discuss how to connect the new regulation to existing regulations and how to treat or involve the solar industries in the photovoltaic module recycling system.