

〈アメリカ〉

ゼロカーボン建築からの起点： 太陽光発電と CO₂ 削減への実践的アプローチ

Foundations for Zero Carbon Buildings: Practical Strategies for Solar Energy Integration and CO₂ Emissions Reduction

岡田早代*

1. はじめに

脱炭素に向けた自然エネルギーの導入は、世界的に加速している。なかでも、建物全体の CO₂ 排出削減という観点から、屋上に設置される太陽光発電システムへの関心が高まっている。これは、エネルギーの地産地消を可能にするだけでなく、気候変動に伴って今後増加が予想される停電リスクへの備えとしても有効である。実際、公共建築プロジェクトでは、地域コミュニティのレジリエンス計画の一環として、太陽光発電と蓄電池の導入がしばしば検討されている。

一方、太陽光発電の導入を検討する際には、供給面だけでなく、需要側である建物の省エネルギー化、すなわち「脱エネルギー化」への取り組みも欠かせない。エネルギー使用量の削減には、空調や給湯などの設備のエネルギー効率を高めるとともに、外皮

の気密性や断熱性を向上させることが求められる。

アメリカでは、連邦政府および州・自治体レベルの政策支援が、太陽光発電の普及と建物の省エネ化を着実に後押ししてきた。2022 年に成立したインフレ抑制法（IRA）では、税制優遇措置や地域特性に応じた支援制度の整備が進められ、これらが導入促進のさらなる追い風となっている（図 1）。

本報告書では、エネルギー転換の過渡期にあるアメリカにおけるエネルギー政策について、連邦政府の政策動向とその変化、さらに地方自治体のリーダーシップの視点に加え、建物のエネルギー使用削減と太陽光発電システムという二つの鍵となる要素の現状と取り組みを紹介する。

2. アメリカ連邦政府の政策動向とその変化 (2025 年 6 月時点)

オバマ政権以降、太陽光発電システムの導入や建物の省エネルギー化は本格的に注目されるようになり、第 1 期トランプ政権、そしてバイデン政権下でも継続的に進展してきた。特にバイデン政権が成立させた「インフレ抑制法（Inflation Reduction Act : IRA）」は、こうした動きを加速させる政策として機能し、地球温暖化対策に関連する幅広い分野への投資がアメリカ全土で拡大している。

たとえば、「Solar for All」などの支援策は、経済的困窮層や社会的弱者、ネイティブアメリカン・コミュニティを対象に、停電時にも対応可能な蓄電池を備えた屋根上太陽光発電の普及を促進している。また、住宅部門向けの「45L 税額控除」は、エネルギー省の「ゼロ・エネルギー・レディ・ホーム（ZERH）」プログラムと連携し、高性能住宅の普及を環境・住宅・経済政策の観点から後押ししており、

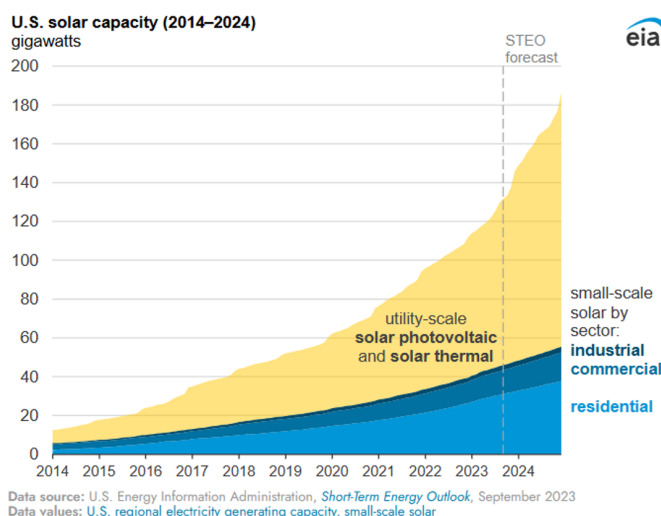


図 1 アメリカの太陽光発電容量
EIA : U.S. Energy Information Administration
<https://www.eia.gov/outlooks/steo/report/BTL/2023/09-smallcalesolar/article.php>

* 公益財団法人 自然エネルギー財団 上級研究員

建物のエネルギー性能向上に大きく貢献している。

しかし、2024年の大統領選挙でトランプ前大統領が再選されたことにより、連邦政府のエネルギー政策は大きな転換点を迎えている。第2期トランプ政権では「アメリカ・ファースト」のもと、化石燃料の生産拡大を政策の柱に据え、前政権の気候変動対策を巻き戻す動きが進められつつある。

この方針転換により、省エネ施策や再生可能エネルギー支援の見直しが進む可能性が高く、気候変動対策に不可欠な長期的な市場の安定性や、民間投資へのインセンティブが大きく後退するリスクが顕在化している。今後は、州政府や地方自治体、民間企業、地域コミュニティがこれまで以上に重要な役割を担い、連邦政府の支援に依存しない持続可能なエネルギー移行戦略の構築が強く求められている。

3. 州・自治体レベルのリーダーシップ

アメリカにおいて州および自治体は、単なる行政単位にとどまらず、強い自治権と権限を有している。各州は独自の州憲法を持ち、州法・州議会・州最高裁判所を備えており、エネルギー政策、税制度、教育、医療など多岐にわたる重要政策を、その地域の社会的・経済的・地理的特性に即して自主的に策定・実施することが可能である。

このため、たとえ連邦政府が再生可能エネルギーへの支援を縮小・停止した場合でも、各州は独自の判断により、再エネ導入や建物の省エネルギー化政策を継続・拡充することができる。さらに、実験的な省エネ建築への補助制度や既存住宅の改修支援事業を展開することも可能である。ただし、連邦政府による補助金や税制優遇措置は依然として大きな影響力を持ち、州の政策実行力に多大な影響を及ぼす点も否めない。

2024年の大統領選挙により、連邦政府のエネルギー・環境政策は大きな転換点を迎え、太陽光発電をはじめとする自然エネルギーの導入は、政治的に厳しい局面に立たされている。しかし、こうした連邦の後退に対抗する形で、州政府や自治体、企業、市民団体などが連携して構成する全国的な連合体「America Is All In」が、脱炭素社会の実現に向けた取り組みを主導している。

たとえば、ニュージャージー州では再生可能エネルギー利用基準（RPS）の目標値が上方修正され、再エネ導入の加速が図られている。また、ニューヨーク州やカリフォルニア州では州独自の気候変動対策が継続され、それぞれにおいて気候適応とレジリエ

ンス強化を目的とした包括的な政策計画が策定されている。これには、太陽光発電システムの購入支援を含む再エネ設備の導入補助や、自然災害への備えとしてのマイクログリッドの構築などが含まれる。

さらに、共和党が優勢な州においても、トランプ政権による気候変動対策の後退に対して異論が出ている。これは、インフレ抑制法（IRA）のもとで脱炭素関連事業が多く投資と雇用を生み出してきたことが背景にあり、制度の継続を求める声が高まっているためである。

このように、連邦レベルでの支援が縮小するなかにあっても、各州や自治体はその政策的・財政的裁量を活かし、地域主導でのエネルギー転換と気候変動への対応を着実に進めている。今後も、州間の連携や公共・民間セクターの協働を通じて、より持続可能なエネルギー社会への道筋が構築されていくことが期待される。

4. 建物の二酸化炭素排出制限政策

連邦政府による支援の縮小が見られる一方で、州や自治体は独自の裁量を活かし、再生可能エネルギーの導入や省エネルギー対策を着実に推進している。特に建物分野では、こうした取り組みが法規制や基準の形で制度化されつつあり、その内容も単なるエネルギー使用量の削減にとどまらず、CO₂排出量の抑制といった明確な環境目標へとシフトしている。

建物のエネルギー指標は、従来のkWh（キロワット時）による消費量から、CO₂排出量といった環境負荷を示す単位へと移行しつつある。特に、先進的な自治体が策定する温暖化対策のアクションプランや条例では、2050年のカーボン排出ゼロ達成に向けて、段階的に建物からの排出量を制限していく方針が明示されている。その達成に向け、建物の性能表示やパフォーマンス目標を設定する自治体も増加している（図2参照）。以下では、その代表例として、イリノイ州エバンストン市とマサチューセッツ州ボストン市の政策を紹介する。

イリノイ州は、全米第3位の人口を有するシカゴ市を擁し、経済規模も全米で上位に位置している。そのシカゴの北、ミシガン湖沿岸に位置するエバンストン市は、人口約7万人と、日本の基準では「小都市」に相当する規模の都市であり、建物性能基準に関する条例を制定した先進的な自治体の一つである。同市の条例では、延床面積1,858m²（20,000ft²）以上の商業施設・集合住宅、4,645m²（50,000ft²）以



<https://imt.org/public-policy/maps-and-comparisons/>

上の分譲マンション、そして 929m² (10,000ft²) 以上の公共施設を対象としている。主要なパフォーマンス目標として、オンサイトでの温室効果ガス排出ゼロの達成や、電力の 100%再生可能エネルギーによる調達が義務付けられている。

この条例は、エバンストン市が策定した「気候行動とレジリエンス計画（Climate Action and Resilience Plan）」と連動しており、2050年のカーボンニュートラル達成に向け、中間および最終的なエネルギー性能目標が段階的に設定される予定である。対象となる建物は、市全体の温室効果ガス排出量の約80%を占めており、大幅な排出削減が期待されている。

一方、マサチューセッツ州の州都ボストン市は、カナダ国境に近いニューイングランド地方最大の都市で、人口は約 67 万人。人種・民族の多様性に富み、ハーバード大学やマサチューセッツ工科大学(MIT)といった世界的な高等教育機関を擁するほか、近年では医療・バイオテクノロジー分野の企業集積も進んでいる。

同市は2013年に「建築物の温室効果ガス排出削減および情報開示条例（Building Emissions Reduction and Disclosure Ordinance：BERDO）」を施行し、大規模建築物による大気汚染物質および温室効果ガスの排出削減を目的とした取り組みを開始した。当初はエネルギー使用量の報告義務にとどまっていたが、2021年の改正により温室効果ガス

排出量の削減義務が加えられ、2030 年以降は排出量の上限が設定される予定である。基準を超過した場合には金銭的な罰則が科される。

対象は、15ユニット以上の集合住宅および1,858m² (20,000ft²) 以上の非住宅建築物であり、排出量の報告には第三者による検証書類の提出が求められる。図3は、ボストン市の集合住宅における報告排出量に基づき、2030年以降に科される可能性のあるペナルティ金額を示している。

この条例において注目すべき点は、2030 年から排出量に上限が設けられることで、2021 年以降に設計・建設される新築・改修建物については、BERDO の排出規制を見据えた設計が不可欠となる点である。具体的には、省エネ性能（外皮性能、設備効率など）やオンサイトの太陽光発電システムの導入量について、初期段階から十分な検討が求められる。将来的な排出量をゼロに抑えることは、将来的な罰則回避にも直結する。

そのボストン市は、私が約 20 年間暮らしていた場所である。2021 年に日本へ帰国してからも数件のプロジェクトに関わっており、ボストン市の脱炭素方針がよく表れている事例として、2025 年 4 月に着工した低所得者層向けの 23 ユニット集合住宅を紹介したい（写真 1）。

このプロジェクトは、市が所有していた土地をデベロッパーに安価で売却する代わりに、屋根面の太陽光発電システムのみでネットゼロを達成し、かつ

CITY OF BOSTON

BERDO Emissions Calculator

[Visit BERDO Retrofit Resource Hub](#)
[BERDO Home](#)
[Calculator Guide](#)

Building Details

BERDO ID

100496

Search

Building Address

Search

Units for the table and charts

☒ kgCO₂e
 ☐ kgCO₂e/sf

Building Information

Building Area: 119,531 sq ft
 Primary Use: Multifamily Housing
 Energy usage from 2024
 Electric:
 1,879.03 mmBTU
 550,710.8 kWh
 Natural Gas:
 4,384.31 mmBTU
 42,843.1 Therms

Emission Reduction Forecast

Target Year	Projected Emissions from Latest Reported Data (kgCO ₂ e/yr) *	Emissions Limit (kgCO ₂ e/yr) *	Estimated Emission Reductions from Projects (kgCO ₂ e/yr) *	Estimated Emissions After Reductions (kgCO ₂ e/yr) *	Under or Over Emission Limit	Potential Alternative Compliance Payment without Reductions (\$) *	Potential Alternative Compliance Payment with Reductions (\$) *
2025 - 2029	327,642.41	490,077.1	0	327,642.41	162,434.69 Under	\$0	\$0
2030 - 2034	297,920.54	286,874.4	0	297,920.54	11,046.14 Over	\$2,584.80	\$2,584.80
2035 - 2039	281,454.29	215,155.8	0	281,454.29	66,298.49 Over	\$15,513.85	\$15,513.85
2040 - 2044	266,640.17	131,484.1	0	266,640.17	135,156.07 Over	\$31,626.52	\$31,626.52
2045 - 2049	254,056.43	71,718.6	0	254,056.43	182,337.83 Over	\$42,667.05	\$42,667.05
2050+	243,179.89	0	0	243,179.89	243,179.89 Over	\$56,904.09	\$56,904.09

Emission Reduction Projects *

Add New

Project Name	Year Implemented *	Fuel Type	Annual Energy Saved or Renewable Energy Generated *	Calculated Emission Reduction	Actions *
No Projects Created					
Click 'Add New' to add a project					

Emission Limits and Reduction Projections - Bars

図3 ボストン市提供の「建築物の温室効果ガス排出削減と情報開示条例」のペナルティ計算機。ハイライト部が2030年から発生するペナルティ費



写真1 ボストン市のネットゼロ集合住宅
<https://studiogarchitects.com/projects/e-highland/>

アメリカ・パッシブビルディング協会（Passive House Institute US, 以下 Phius）が運営する、一次エネルギー削減に特化したグリーンビルディング認証の取得を義務付けたものだ。私はこの Phius 認証のコンサルタントとして参加している。

建物の断熱性能、気密性能、設備効率に加え、給湯配管や換気ダクトの長さといった細部まで精密にモデル化し、必要な太陽光発電容量をシミュレーションしている。また、気密性がエネルギー使用量に大きく影響するため、ビルダーに壁のモックアップを作ってもらい、特に窓まわりや配管等の貫通部といった部分の気密施工を事前に検証した。

以前から、屋根面の太陽光発電だけでネットゼロを実現できるのは、4階建て・20～25ユニット規模の集合住宅が限界だと言われていたが、本プロ

ジェクトもまさにそのギリギリの線にある。ボストン市が自らの土地を用いて、実務者にネットゼロ集合住宅の設計を試みさせている姿勢には、同市の脱炭素ゴールに対する本気度がよく表れている。

両市に共通する特徴としては、まず第一に、建物の外皮性能・気密性・設備効率といった基本性能を高める設計・施工が前提とされている点が挙げられる。建物のエネルギー需要を長期的に低く抑えることで、太陽光発電システムの必要導入量を合理的に計画できる。その際、屋根面の活用計画が極めて重要である。空調設備などの配置も含め、新築時に限らず将来的な機器追加を見越したうえで、太陽光パネルを最大限に配置できるよう、屋根デザインを工夫する必要がある。

近年では、屋上全体を覆うキャンपी型の太陽光

パネル設置も注目されており、屋上スペースを利用可能な形で維持しつつ、発電能力を最大限確保する事例が見られる（写真2）。さらに、昨年開催された LEED 認証機関主催の「GreenBuild」展示会では、壁面設置型の太陽光発電システムも紹介されており、今後の普及が期待される（写真3）。

このような先進的自治体による政策は、建物のエネルギー効率と再生可能エネルギー導入の両面を同時に高める実践的な設計・施工への理解を促進しており、長期的なレジリエンスを視野に入れた都市・建築計画のあり方を示している。



写真2 ペンシルバニア州の集合住宅
<https://www.onionflats.com/the-battery-phase3>

5. 建物と地域電源との関連

太陽光発電の大規模導入が進む地域では、電力需要と供給のバランスのずれを示す「ダックカーブ」という言葉がよく使われる（図4）。ダックとはアヒルのことであり、そのカーブの形状がアヒルを横から見た姿に似ていることから、この名称がついた。特に春の日中は太陽光による出力が大きく、電力需要を大幅に上回る一方（ダックの腹部）、夕方になると太陽が沈んで出力が減少する中で、電力需要がピークを迎える。この現象が電力系統の運用に課題をもたらす。

この課題への対応策としては、建物側に蓄電池を設置することや、需要応答（デマンドレスポンス）技術の活用が考えられる。また、給湯などのエネルギー消費を出力が多い昼間に前倒して行うことも一つの方法である。技術的な対応も重要だが、エネルギー効率の高い建物は、ピーク時の電力負荷を削減できる点で非常に効果的である。これは、電力需要の急激な変動を平準化し、結果として石炭火力などのピーク対応電源への依存を抑制することにもつながる。

このように、エネルギー効率と電力供給の関係性を柔軟に保つことを目指す実証実験が、アメリカのエネルギー省主導で進められている。その代表例が「グリッド対話型高効率ビル（Grid-interactive Efficient Building：GEB）」と呼ばれる取り組みであり、エネルギーコストの削減と電力系統の安定化に寄与することが期待されている。



写真3 Mitrex 社 改修物件例 Building Integrated Photovoltaic Panel (BIPV)
<https://www.mitrex.com/blog/transforming-the-old-into-the-new-mitrex-bipv-in-retrofits-and-renovations>

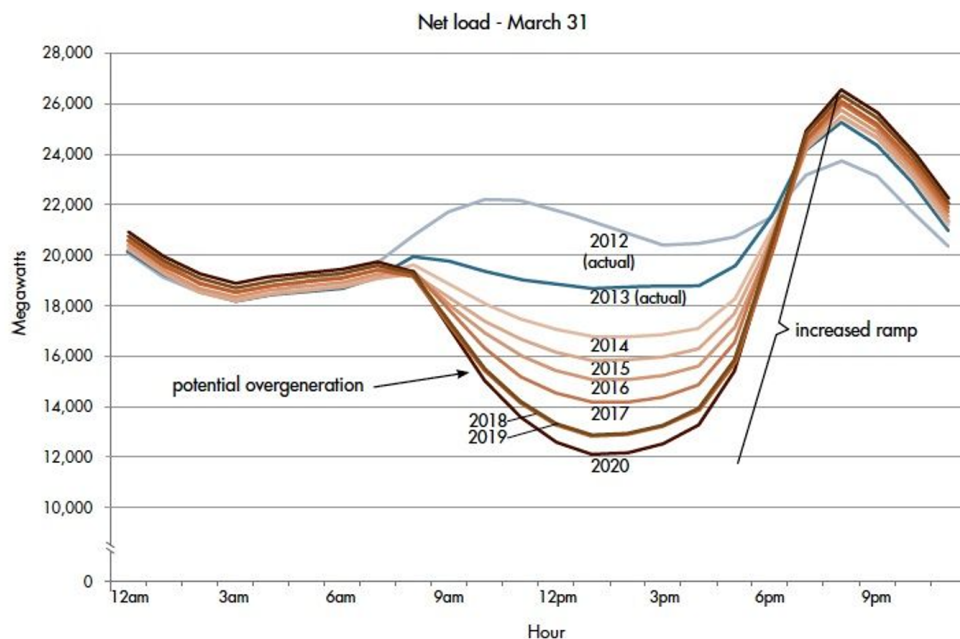


図4 ダックカーブ 太陽光発電の供給と需要のズレを表すグラフ

<https://www.energy.gov/eere/articles/confronting-duck-curve-how-address-over-generation-solar-energy>



写真4 アラバマ州フーパー市の「Smart Neighborhood (スマート・ネイバーフッド)」プロジェクト

<https://connectedcommunities.lbl.gov/projects/project-name-alabama-power-smart-neighborhood-reynolds-landing>

その実証例として紹介したいのが、アラバマ州フーパー市で2017年に実施された「Smart Neighborhood (スマート・ネイバーフッド)」プロジェクトである。このプロジェクトでは、62戸の戸建住宅を対象に、高効率な建物性能と高度に連携した電力網とのインタラクションを実現した先進的な取り組みが行われた。ここでは、高性能ヒートポンプ式HVACシステム、ハイブリッド電気給湯器、スマートサーモスタット、三重ガラス窓、LED照明などの導入により、アラバマ州の標準的な新築住宅と比べて約35%のエネルギー効率向上を達成している。

加えて、330kWの地上設置型太陽光パネルと天

然ガス発電機をバックアップ電源とし、リチウムイオン蓄電池によって停電時でも2時間以上の電力供給が可能となっている。さらに、オークリッジ国立研究所が開発したオープンソースの制御プラットフォームを活用し、需要ピーク時に住宅内の各種機器の運転を調整することで、エネルギー使用のタイミング最適化も実現している(写真4)。

このような取り組みは、エネルギー効率の高い建物設計が太陽光発電などの自然エネルギーと融合することで、レジリエントで持続可能なコミュニティの拡大に貢献するものである。

6. まとめ

アメリカ連邦政府のエネルギー政策は、政権交代により揺れ動いており、連邦レベルの再エネ支援策は縮小する可能性が高い。一方で、2022年に制定された「インフレ抑制法（IRA）」のように、バイデン政権下で講じられた政策は依然として強い影響力を残しており、特に低所得層や社会的弱者への太陽光・蓄電池支援や、高性能住宅への税額控除制度は共和党優勢地域を含めた各地で波及効果を生み続けている。

連邦政府の動きとは対照的に、ニューヨーク、カリフォルニア、ニュージャージーなどの州を筆頭に州・自治体レベルでの独自のエネルギー・環境政策が力強く展開され、より野心的な再エネ導入目標や建物の省エネ基準が策定・実施され、建築物を起点とした脱炭素への取り組みも広がりを見せている。建物の省エネ性能向上と太陽光発電の活用は、決して相反するものではなく、むしろ一体的に捉えられるべきである。

省エネ設計により建物のエネルギー需要を最小化すれば、必要となる太陽光発電の規模も合理的に抑えることができ、設置面の効率的利用やコスト削減につながる。また、屋根形状や設備配置の工夫により、発電能力と建物機能の両立が可能となり、キャンピー型や壁面型のソーラーシステムなど、新たな設計手法も注目されている。特に、不安定な連邦政策の下では、地域ごとの創意工夫と主体的な実行力が、持続可能なエネルギー社会の構築においてますます重要な鍵を握る。今後は、建築とエネルギー、地域と技術、政策と設計が連携し、統合的な視点で未来の都市・建築を構想することが求められている。

著者略歴



岡田 早代（オカダ サヨ）
公益財団法人 自然エネルギー財団 上級研究員
2024年から財団に参加。2004年より米国マサチューセッツ州設計士として

個人住宅から公共建築物の省エネ建築設計を担当。2021年より環境コンサルタントとして日本で活動。米国の建築の省エネ部門においてパッシブビルディング基準の設定、そして政策・補助金等に大きい影響を与えている米国パッシブビルディング協会（Phius）の認証トレーナーとして米国・日本において省エネルギー設計の実務者トレーニングにも携わる。Wentworth Institute of Technology の大学院において客員教授として省エネルギー設計の教鞭をとる。Wentworth Institute of Technology 建築学部卒。自然エネルギー財団では、建築部門におけるエネルギー政策、エネルギー効率化、脱炭素化の調査研究を担当。

Sayo Okada Senior Researcher

Sayo Okada joined Renewable Energy Institute in 2024. She has worked as an architect in Massachusetts, and has extensive experience in the design of energy efficient buildings ranging in scale from private residences to public buildings in both the US and Japan. Since 2021, she has been working as a sustainability consultant in Japan. She is a certified trainer for practitioners in the US and Japan for the Passive Building Institute US (Phius), which has set a passive building standard for the US and significantly influenced policies and subsidies in the field of building energy conservation.

Sayo is also an adjunct faculty member at Wentworth Institute of Technology's School of Architecture, where she teaches energy efficient and passive building methods to graduate students. She holds a degree in architecture from the School of Architecture and Design at Wentworth Institute of Technology.

At Renewable Energy Institute, she is responsible for research and studies on energy policy, energy efficiency and decarbonization in the building sector.