

著者： 馬雅燕
張文偉
李顯勳
ベンジャミン・マクレラン

翻訳： 若尾信也

主催： 京都大学(日本)
香港バプティスト大学(香港)
カレッジ オブ ザ メインランド(米国)

監修： スタンフォード大学
熟議民主主義センター (米国)

東京の太陽光発電の未来に関する オンライン討論型世論調査

都民の声を2030年に向けて
討論資料

開催日：
2020年(令和2年)4月4日(土)
東京

目次

英語略語リスト

P. 4	1. はじめに
P. 5	1.1. 「東京の太陽光発電の未来に関するオンライン討論型世論調査」の目的
P. 6	1.2. 参加者
P. 7	1.3. 本プロジェクトで使用するプラットフォーム
P. 8	1.4. 主催者・協力者
P. 10	1.5. 日程
P. 11	1.6. オンライン討論フォーラムの手順
P. 12	2. 課題
P. 13	2.1. 東京が抱える問題
P. 15	2.2. なぜ都民の声が重要か
P. 16	2.3. 主な論点、専門用語とその概説
P. 20	3. 東京の太陽光発電の未来に関する3つのシナリオ
P. 22	3.1. 3つのシナリオの概要
P. 26	3.2. シナリオ1:現在の達成目標を維持
P. 30	3.3. シナリオ2:中程度の変更
P. 34	3.4. シナリオ3:大幅な変更
P. 38	参考資料
P. 39	参考資料1:日本のエネルギー政策の転換点:2011年福島第一原子力発電所事故
P. 40	参考資料2:日本の主なエネルギー目標
P. 42	参考資料3:日本の主な再生可能エネルギー政策
P. 46	参考資料4:太陽光発電の未来に関する重要課題

英語略語リスト

BAU	Business as usual
DR	Demand response
EV	Electric vehicle
FiT	Feed-in Tariff
GW	Gigawatts
GWh	Gigawatt hours
HEMS	Home energy management system
KEPCO	Kansai Electric Power Company
kW	Kilowatts
kWh	Kilowatt hours
Kyuden	Kyushu Electric Power Company
MW	Megawatts
NGO	Non-governmental organisation
PV	Photovoltaic(s)
RE	Renewable energy
TEPCO	Tokyo Electric Power Company
VPP	Virtual Power Plant
W	Watt
ZEV	Zero-emission vehicle

1. はじめに



1.1

「東京の太陽光発電の未来に関するオンライン討論型世論調査」の目的

この「東京の太陽光発電の未来に関するオンライン討論型世論調査」は、都内各地から参加する一般市民が、2030年の東京における太陽光発電の姿を一緒に描くというものです。「討論型世論調査」(Deliberative Polling)は、現スタンフォード大学教授ジェイムズ・フィシュキン(James Fishkin)氏によって、1988年に考案されました。討論型世論調査の目的は、一般市民が他者と一緒になって、課題や提案された政策を、長所・短所の両面から議論することにあります。

今回のこのオンライン討論型世論調査の目的は、技術的な問題を議論したりエネルギー予想を詳細に分析するものではありません。むしろ、このオンライン討論型世論調査は参加者にとって、今後東京で太陽光発電が主要な電力資源となった際に、市民が直面する問題や妥協点、チャンスについて考察する機会になります。

さらにこの調査は東京都にとって、都民が好む将来像を知る機会となります。都はまた、今後どのようにしたら都民からエネルギー政策への支援を得ることができるのかを考慮する際に、この調査の結果を利用することができるのです。

1.2 参加者

この「東京の太陽光発電の未来に関するオンライン討論型世論調査」で最も重要な人物は、今回参加する都民の皆さんです。東京都の有権者人口の性別と年齢層を基準に、約180名の参加者が無作為に抽出されました。また、日本の太陽エネルギーとエネルギー政策の専門家が招待され、参加者からの質問に答えます。フォーラム開催中は技術チームが今回使用するオンラインプラットフォーム(Web 会議システム)を常にモニタリングし、技術的なサポートが必要な際はすぐに対応します。



1.3 本プロジェクトで使用するプラットフォーム

このオンライン討論型世論調査では、参加者の皆さんは「スタンフォード大学オンライン熟議プラットフォーム」(Stanford Online Deliberative Platform)を使用し、オンラインで議論を行います。このプラットフォームは、同大学の熟議民主主義センター(the Center for Deliberative Democracy)とクラウドソース民主主義チーム(Crowdsourced Democracy Team)によって設計され、自動化されたモデレーターを使用して、お互いに尊重しながらじっくり考え、有意義な話し合いを促進します。

自動化されたモデレーターには以下の機能が含まれています。

- (1) すべての提案に対し、賛否両面から議論することを促す
- (2) 議論中、礼儀正しい環境を維持する
- (3) 参加者全員が同じように議論に参加するよう促す
- (4) 参加者が協力して質問を作成する時間を提供する

これらの機能を発揮するために、本プラットフォームでは、(a)発言は順番に行う、(b)議論への参加を促すよう指示する、(c)太陽光発電の未来について、賛否両面から十分に議論できるよう一回の発言に制限時間を設ける、などの設定がなされています。

本プラットフォームでは、モデレーターは自動化されていますが、使用中は技術チームが常に待機・モニタリングし、問題が発生した場合には直ちに解決します。

1.4 主催者・協力者

このオンライン討論型世論調査は、京都大学(日本)、香港バプティスト大学(香港)、カレッジ オブ ザ メインランド(米国)の研究者で構成された「東京の太陽光発電の未来に関する討論型世論調査」実行委員会によって組織され、スタンフォード大学熟議民主主義センター(米国)によって監修されています。実行委員会はまた、オンライン討論型世論調査の参加者が参照するために、公平性と正確性に配慮し、エネルギー問題と太陽光発電の未来に関する様々な選択肢をまとめたこの討論資料を編集いたしました。

この討論資料は大学研究者と電力業界の専門家で構成された運営委員会によって審査されています。委員会の委員はこの討論資料並びにアンケート内容に専門家の立場から助言と意見を提供しています。委員はまた、オンライン討論型世論調査の全体会議に参加し専門家としての役割を担います。全体会議で専門家は将来の太陽光発電の発展に関する参加者からの質問に回答します。運営委員は以下の通りです(アルファベット順)。

指導委員会(アルファベット順)



青木一益 AOKI Kazumasu

富山大学 学術研究部社会科学系(経済学部)
Professor, Academic Assembly,
Faculty of Social Sciences,
University of Toyama



ベンジャミン・マクレラン
MCLELLAN Benjamin-craig

京都大学 エネルギー科学研究科 准教授
Associate Professor,
Graduate School of Energy Science,
Kyoto University



石原慶一 ISHIHARA Keiichi

京都大学 エネルギー科学研究科 教授
Professor,
Graduate School of Energy Science,
Kyoto University



西村陽 NISHIMURA Kiyoshi

関西電力お客さま本部 担当部長;
大阪大学大学院工学研究科
ビジネスエンジニアリング専攻 特任教授
Deputy Director, Customer Relations and
Services Division, Kansai Electric Power;
Specially Appointed Professor, Business
Engineering, Digital & DER Innovation,
Osaka University



木下裕介 KISHITA Yusuke

東京大学 大学院工学系研究科 講師
Lecturer,
Graduate School of Engineering,
University of Tokyo



尾羽秀晃 OBANE Hideaki

電力中央研究所 特別契約研究員
Visiting Researcher,
Central Research Institute of Electric
Power Policy
(CRIEPI)

実行委員会を代表し、スタンフォード大学熟議民主主義センター並びにクラウドソース民主主義チームに対し、オンライン討論型世論調査への監修および技術サポートの提供に感謝いたします。また本企画は、香港の大学研究助成委員会研究助成金(研究番号:12602717)及び香港バプティスト大学研究委員会からの研究助成金によって支援されています。

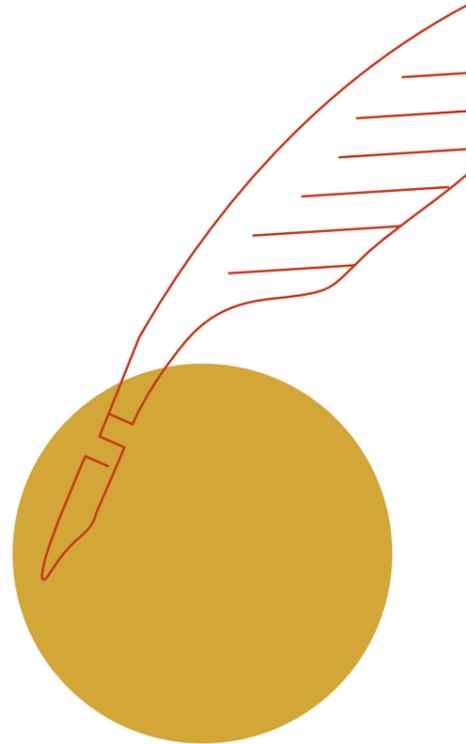
1.5 日程

2020年(令和2年)
4月4日(土)

1:00~1:20 p.m.	討論フォーラム前アンケートとプラットフォーム接続テスト
1:20~1:30 p.m.	休憩
1:30~2:30 p.m.	小グループ討論 1
2:30~2:40 p.m.	休憩
2:40~3:40 p.m.	全体会議 1
3:40~3:50 p.m.	休憩
3:50~4:50 p.m.	小グループ討論 2
4:50~5:00 p.m.	休憩
5:00~6:00 p.m.	全体会議 2
6:00~6:45 p.m.	小グループ討論 3 (まとめ)と討論フォーラム後アンケート

1.6 オンライン討論フォーラムの手順

- 1) 「東京の太陽光発電の未来に関するオンライン討論型世論調査」は、都内の有権者から無作為に抽出された都民に対するアンケート調査から始まります。
- 2) 無作為に抽出された約180名の都民がオンライン討論型世論調査への参加に招待されます。
- 3) 参加者はフォーラム開始前、「フォーラム前アンケート」(T1)に回答します。
- 4) 参加者はオンライン討論型世論調査実施日から約1週間前に、ウェブ上のプラットフォームに問題なく繋がるかどうかのテストをします。
- 5) 参加者は東京の太陽光発電の未来における選択肢について、公平性と正確性に配慮された内容が記載されている討論資料(本資料)受け取ります。
- 6) 参加者はフォーラム開始直前に「討論フォーラム前アンケート」(T2)に回答します。
- 7) 参加者は無作為に割り当てられた小グループに参加し、自動化されたモデレーターの指示に従い議論をします。
- 8) 参加者は小グループのメンバーと共に全体会議用の質問を作成します。
- 9) 参加者は3回目(最後)のグループ討論で一日の経験を踏まえながら自らの意見をまとめます。
- 10) 参加者はフォーラム終了直後、「討論フォーラム後アンケート」(T3)に回答します。
- 11) 結果が分析・公表されます。



2. 課題



2.1 東京が抱える問題

日本における主な電源構成は化石燃料です。下の図1が示すように、2011年の東日本大震災以降原子力発電は減少し続け、福島第一原子力発電所事故以前の2010年では31%だった原子力発電は、事故後の2012年には2%にまで減少し、2018年時点で7%となっています。また、2010年に60%だった化石燃料による発電は事故後の2012年には89%にまで増加したものの、2018年には79%にまで減少しました。一方、電源構成に占める太陽光発電の割合は2018年時点でわずか1%となっています。

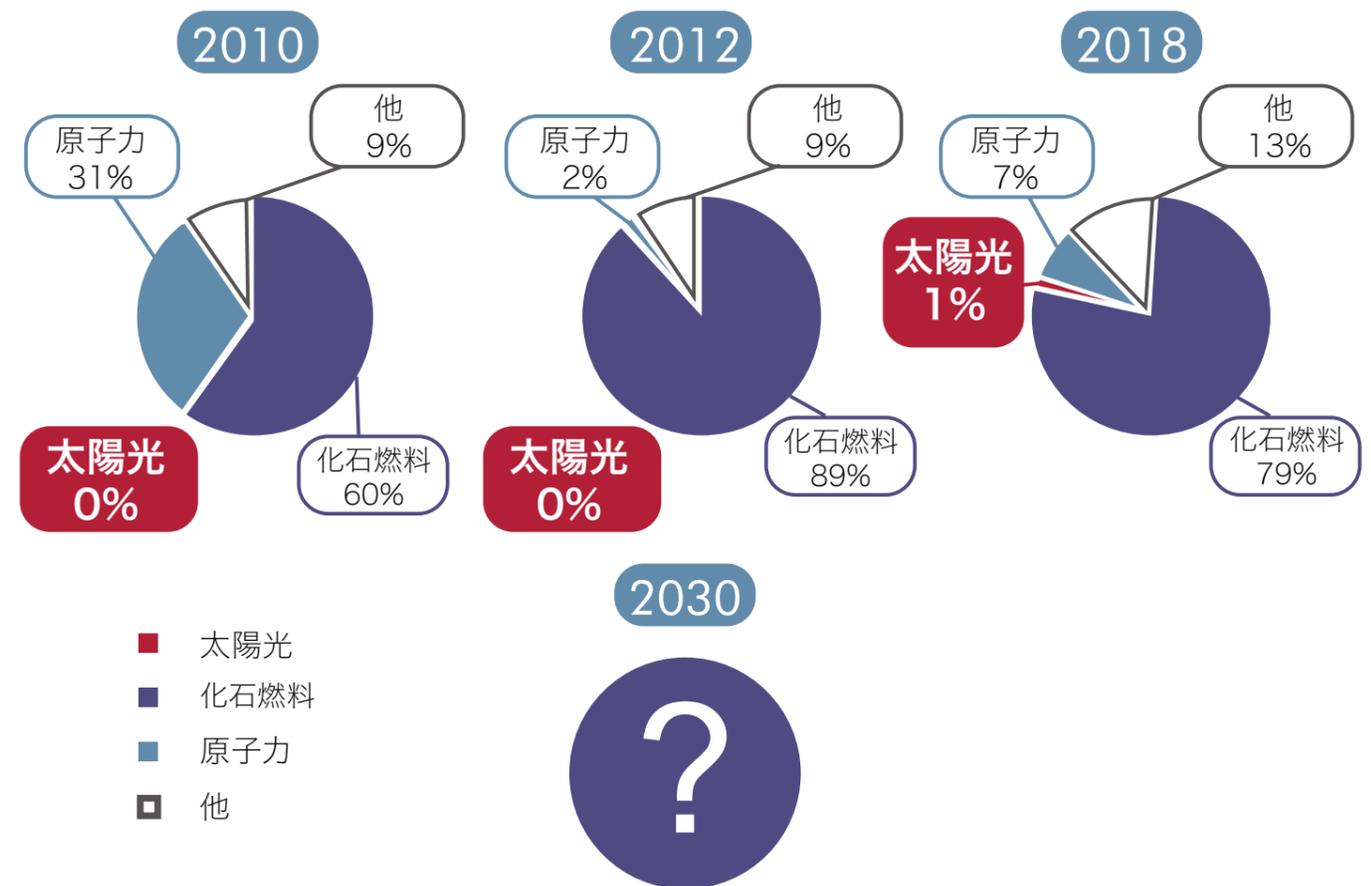


図1：日本の電源構成(2010年、2012年、2018年)
(出典)2018年資源エネルギー庁公表資料から作成

世界と日本の主な気象災害による影響



図2:世界と日本における自然災害被害
 (出典)東京都環境局「ゼロエミッション東京戦略」、2019年

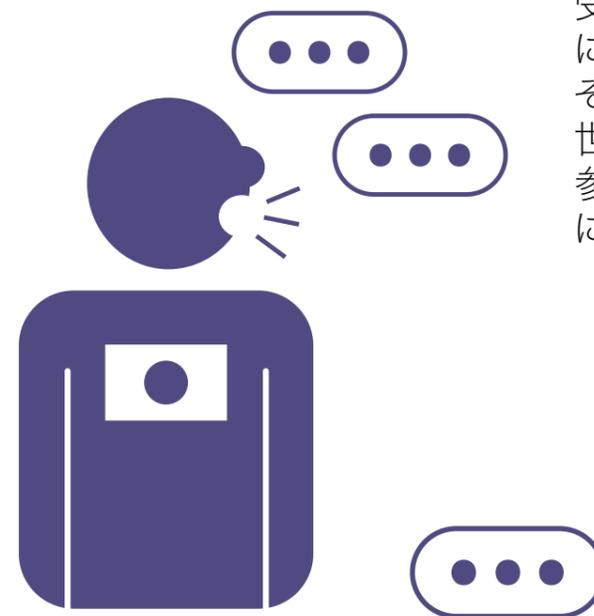
日本は長年にわたり化石燃料による発電に依存し、それは日本を含む世界各地での気候変動の原因になっています。気候変動の影響は深刻になることは明らかです。将来、太陽光発電の利用拡大は温室効果ガスの排出を減少させ、急激な気候変動を緩和させることに繋がります。気候変動の影響は東京を含む日本にも及ぶため、未来のエネルギー開発について都民が真剣に議論することは今まで以上に重要になります。2016年に東京都が策定した「東京都環境基本計画」には、東京における再生可能エネルギーの利用拡大、特にこの先10年間の太陽光発電の拡大と、二酸化炭素の排出減少による気候変動の緩和が記されています。それゆえ、都民が太陽光発電を将来の主要電源として利用することの長所と短所の両方を踏まえながら問題点、代償、可能性などを考えることは非常に重要です。

2.2 なぜ都民の声が重要か

電力市場において、都民の役割が単なる電力消費者から「生産消費者」へと変わるため、東京の太陽光発電に対する都民の声は重要です。化石燃料をはじめとしたこれまでの電源は、発電のために集中型電力システムと発電所が必要でしたが、太陽光を含む再生可能エネルギーは、分散型電力システムが必要となり、個人が自家用に発電することもできます。例えば、都民は自分の家の屋根に太陽光パネルやそれをサポートする蓄電池を同時に設置することができます。日本政府と東京都は個人レベルでの太陽光パネルの設置を積極的に推進しています。

日本政府による再生可能エネルギー政策の一つとして、住民に対する固定価格買取制度が挙げられます。この制度では、太陽光発電による電力の固定価格での買い取りが長期にわたって保証されています。住民は再生可能エネルギーで発電した電気の余剰分を電力会社に売る前に、自ら消費することも認められています。住宅用の買取制度は、非住宅用の制度よりも買取価格が高く設定されており、保証期間(10年)も長く設定されています(参考資料3を参照)。

都民の声はエネルギー政策の利益享受者として、再生可能エネルギーの発展に不可欠です。政策担当者、大学研究者、そして電力会社は、このオンライン討論型世論調査の結果を参考にします。つまり、参加者の意見は東京のエネルギー政策に今後反映される可能性があります。



2.3

主な論点、専門用語とその概説

表1: 主な論点と重要な専門用語



安定供給の確保

安定供給の確保とは、住民が電力系統への依存度を低め、将来の電気料金の高騰からの影響を少なくすることを意味します。また、発電における独立性という観点では、地震などの天災による停電から逃れることができるかどうかを意味します。屋根に太陽光パネルを設置することで、自分が消費する電力を発電することができるようになるため、独立性が高まります。



エネルギーの自立

エネルギーの自立とは、地域内における電力の地産地消と、他の地域から供給される電力の度合いを意味します。住民レベルにおいては、溜めた余剰電力を夜間に使用することが可能になる太陽光パネルと蓄電池の設置によって自立を高めることができます。



コスト

電気料金は以下の要因によって変化します。(a) 将来の太陽光発電システムのコストによって左右される太陽光パネル設置の初期費用、(b) 太陽光パネルを設置した住民に対しては、発電により得られる固定価格買取制度を通じた電気料金、送電網から得た電力の消費量や再生可能エネルギー発電促進賦課金。将来、時間帯別料金は電気料金全体で採用され、消費者はピーク時には高く、オフピーク時には低い電気料金を支払います。



系統接続

系統接続とは、分散している電力設備を送電網と接続することです。地域レベルでは、一般住民の住宅屋根に設置された太陽光パネルを送電網と接続することを意味します。これは、固定価格買取制度によって買取られた電力を電力会社から受け取ったり売電する際に重要なプロセスとなります。国レベルでは、電力会社によって地域あるいは日本全体が送電網で繋がることを意味します。



利便性

一般的に利便性とは家族との生活の中で時間と労力が節約できる度合いを意味します。一方で再生可能エネルギーの導入という観点における利便性とは、必要とされるスペースや屋根の変更など新しい発電設備を導入する際に求められる変更の度合いを意味します。



デマンドレスポンス (DR)

DRとは、時々の電力需要の変更や全体の電力消費量の抑制のために、消費者側が電力消費パターンを変化させることです。DRは2つの方法によって機能します。1つ目は電気料金を変動させることにより電力の使用をピーク時からオフピーク時にシフトする方法です。2つ目は消費者に対し省エネの実践を促進し電力消費を抑える方法です。



電力市場の改革

1995年以降、日本政府は電力市場改革を始め、2020年までに電力市場の完全自由化を目指しています。これにより小売電力市場に新規参入する企業が現れました。都民は発電元に関係なく電力供給会社を選択することができます。さらに、太陽光パネルで発電された電力のみを供給する会社を選択することで、太陽光発電による電力のみを消費することも可能となります。



電力市場の種類

電力市場の改革により、日本には様々な種類の電力市場が存在しています。これら改革は送配電網間の送電容量の向上をもたらしました。さらに市場の自由化によって企業は都民から電力を収集し他の地域の住民に販売することが可能となり、地域ごとの電力市場を形成しています。



太陽光発電への投資

都民は太陽光パネルを所有していなくても地域や住民が所有する太陽光発電プロジェクトに投資することで太陽光発電をサポートすることができます。ほとんどのプロジェクトはNGOや地域コミュニティによって運営されています。



電気自動車

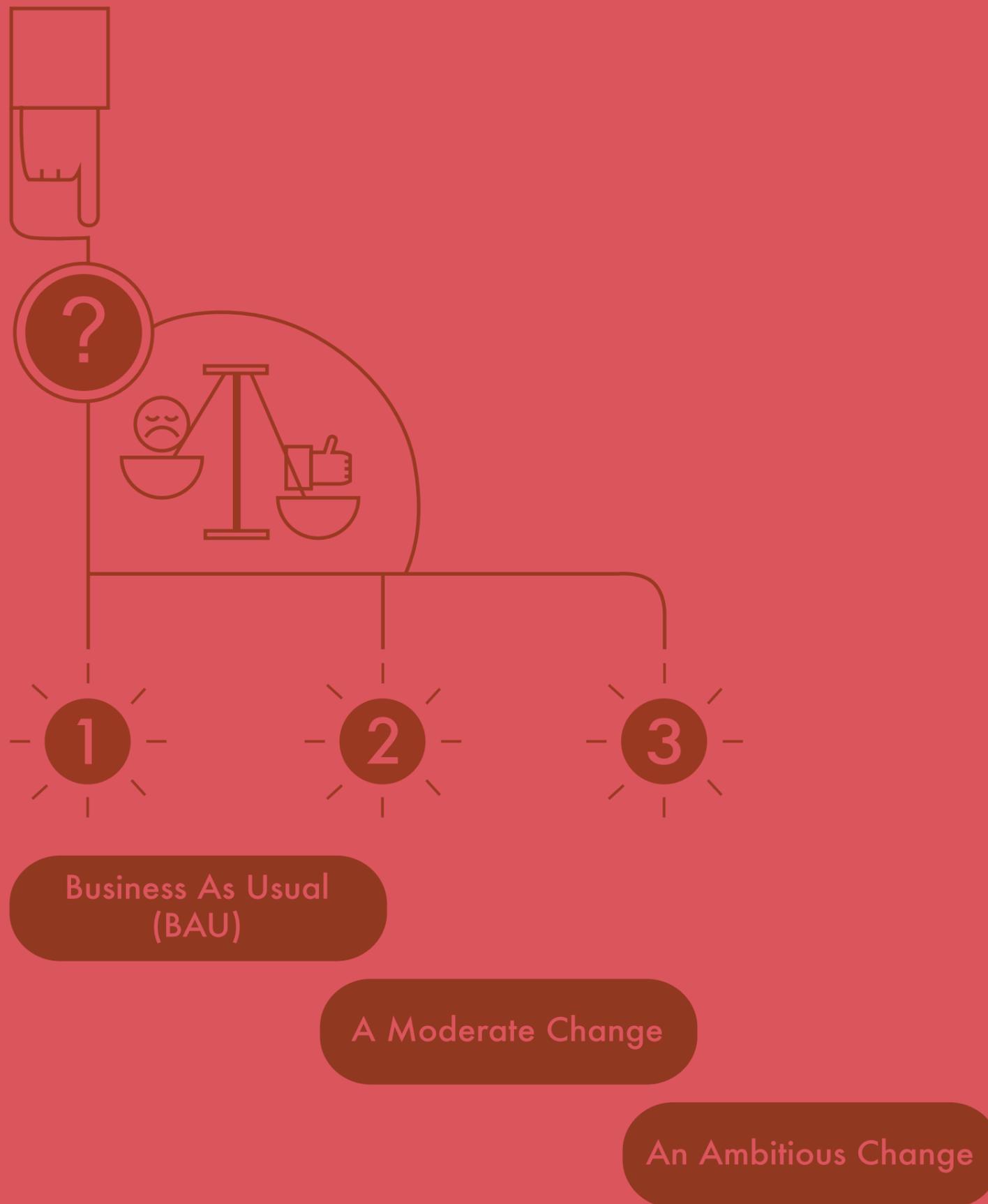
都民は電気自動車を移動可能バッテリーとして利用することもできます。電気自動車のバッテリーは太陽光パネル用蓄電池としても使用でき、その電力は必要に応じて住宅用として利用可能です。現在の電気自動車のバッテリーは、都内の1世帯に必要な電力の2日から4日分を供給することができます。



仮想発電所

仮想発電所(クラウドベース(仮想)電源システム、VPP)は(太陽光を含む)様々な種類の電源や(電気自動車を含む)蓄電システムから電力を収集・統合し、発電の最適化や電力取引、電力市場での売電を行います。仮想発電所によりコストや損失を最小化することもできます。

詳細は参考資料4を参照。



3. 東京の太陽光発電の未来に関する3つのシナリオ

3.1 概要

1

シナリオ1:
現在の達成目標を維持

東京の太陽光発電の未来に関する1つ目のシナリオは、2030年までに都内における太陽光発電量を、都内全体の電力消費量の2%にするというものです。その他28%は主に他県において再生可能エネルギーで発電された電力となります。これらの数値は2016年に達成可能な目標として東京都によって設定されました。都民が支払う電気料金は、段階料金制によって計算される「電力量料金」や深夜料金のほか、固定価格買取制度や太陽光発電システムの送電網に使用される「再生可能エネルギー発電促進賦課金(再エネ賦課金)」によって構成されています。また、普及はまだ少ないですが、家庭用蓄電池は太陽光発電により発電された電力を蓄えることができたり、非常時にその電力を利用することができます。さらに都民は「グリーン電力証書」を購入して再生可能エネルギーを支援することができます。系統連系容量も向上し、関東地区内での電力地域間取引が可能となります。

2

シナリオ2:
中程度の変更

東京の太陽光発電の未来に関する2つ目のシナリオは、2030年までに都内における太陽光発電量を、都内全体の電力消費量の7%にまで高めるというものです。その他24%は主に他県において再生可能エネルギーで発電された電力となります。これにより、日本政府がパリ協定で定めた二酸化炭素の26%削減を達成することができます。都民が支払う電気料金は、オフピーク時割引を含む時間帯別料金のほか、固定価格買取制度や太陽光発電システムの送電網に使用される「再生可能エネルギー発電促進賦課金(再エネ賦課金)」によって構成されています。災害などの際、家庭用蓄電池を設置した世帯は、蓄電池を非常用電源として一時的に使用することができます。さらに、中小の小売電気事業者は希望する都民に対して100%再生可能エネルギーによる電力を販売することができます。系統連系容量も向上し、本州のほぼ全域で電力の地域間取引が可能となります。

3

シナリオ3:
大幅な変更

東京の太陽光発電の未来に関する3つ目のシナリオは、2030年までに都内における太陽光発電量を、都内全体の電力消費量の30%にまで高めるというものです。これにより、都内に設置された太陽光発電設備による電力のみで、東京都が定めた再生可能エネルギーの達成目標を達成することができます。都民が支払う電気料金は、ピーク時に高く設定されている電気料金を含む時間帯別料金のほか、送電網を充実するために使用される「再生可能エネルギー発電促進賦課金(再エネ賦課金)」によって構成されます。ほとんどの家庭には通常の電気使用量の1週間分を蓄電することができる家庭用蓄電池が設置されます。さらに、様々な小売電気事業者が提供する電力からどの再生可能電力を購入するかを選択することもできます。系統連系容量も向上し、日本の本土で電力の地域間取引が可能となります。

3. 東京の太陽光発電の未来に関する3つのシナリオ

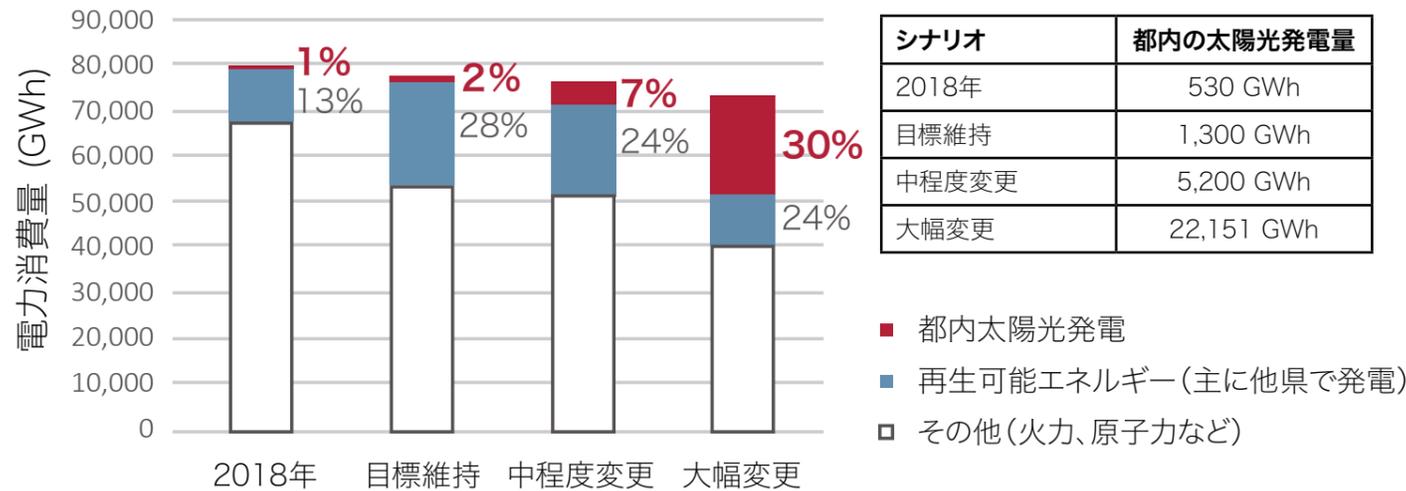


図3: 東京の太陽光発電と再生可能エネルギー発電が電源構成に占める割合

3. 東京の太陽光発電の未来に関する3つのシナリオ

図4b: シナリオ2: 中程度の変更
(都内における太陽光発電量を都内全体の電力消費量の7%に)

東北地方と中部地方

東北地方と中部地方の再生可能エネルギー取引(東京都の電力消費構造の24%)

小売電気事業者

100%再生可能エネルギーを販売する中小小売電気事業者が一般住宅に利用可能。

東京都

多摩地域

東京23区

太陽光発電所への投資

多摩地域

東京23区

東京都内の太陽光発電(5,200 GWh)は東京都の全消費電力の7%。そのほとんどは屋上太陽光発電システムを設置した一戸建て住宅から。80%の一戸建て住宅が屋上に太陽光発電システムを設置。

図4a: シナリオ1: 現在の達成目標を維持
(都内における太陽光発電量を都内全体の電力消費量の2%に)

関東地区

関東地方の再生可能エネルギー取引(東京都の電力消費構造の28%)

みんなでいっしょに自然の電気

都民は小売電気事業者からグリーン電力証書を購入することで再生可能エネルギーを支援。

東京都

多摩地域

東京23区

多摩地域

東京23区

都内の太陽光発電量(1,300 GWh)は、東京の全電力消費の2%。そのほとんどは屋上太陽光発電システムを設置した一戸建て住宅から。一戸建て住宅の20%が屋上に太陽光発電システムを設置。

図4c: シナリオ3: 大幅な変更
(都内における太陽光発電量を都内全体の電力消費量の30%に)

日本本土

日本本土の再生可能エネルギー取引(東京都の電力消費構造の14%)

みんなでいっしょに自然の電気

小売電気事業者

都民はグリーン電力証書を購入するか、中小小売電気事業者から再生可能エネルギーを購入することで再生可能エネルギーを支援。

東京都

多摩地域

東京23区

太陽光発電所への投資

多摩地域

東京23区

市民がNGOまたはコミュニティ組織によって管理される地域太陽光発電プロジェクトに投資するための多くのオプション

東京都内の太陽光発電(22,151 GWh)は、東京の全消費電力の30%。東京23区内の屋上太陽光発電システムから75%(16,500 GWh)、多摩地域内の屋上太陽光発電システムから5%(1,100 GWh)、多摩地域内の太陽光発電所から20%(4,400 GWh)。

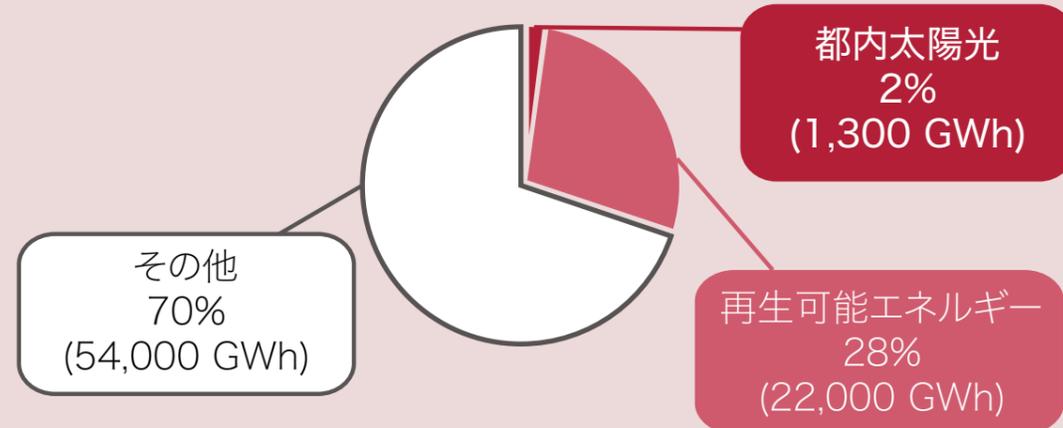
(出典) 国土地理院「東京都【技術資料D1-No.777】デジタル標高地形図 東京都」2011年 <https://www.gsi.go.jp/common/000184230.jpg>; くるふね「高尾山からの風景」、2018年 <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=51076331>; Morio「新宿の超高層ビル群と富士山」、2009年 <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5794297>; 東京都「ゼロエミッション東京戦略」、2019年; 東京都「みんなでいっしょに自然の電気」、2019年 <https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohappyo/press/2019/11/22/08.html>

シナリオ 1

現在の達成目標を維持

シナリオ1のポイント

達成目標維持を想定した
2030年における電源構成



- 都内太陽光発電
- 再生可能エネルギー (主に他県で発電)
- その他 (火力、原子力など)



コスト

- ・ 4 kW の太陽光発電システムの価格は約99万円
- ・ (1日の消費電気を賅う) 13 kWh容量の蓄電池システムの価格は約28万円

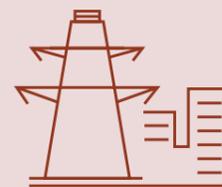


電気料金

- ・ 段階料金制は維持される。(オフピーク時利用による)深夜料金も利用可能
- ・ 固定価格買取制度や太陽光発電システムの連係費用に使用される「再生可能エネルギー発電促進賦課金」は3円/kWh
- ・ 固定価格買取制度は継続

エネルギー状況

- ・ 都内に設置された1.3GWの発電能力がある太陽光発電施設により、都内消費量の2%にあたる1,300GWhが消費される
- ・ そのうちほとんどの太陽光発電は東京23区と多摩地域在住の都民によるもの
- ・ 都内にある一戸建て住宅の2割が屋根上に太陽光発電設備を設置
- ・ 都内で消費される電力の28%がその他の再生可能エネルギーを使った発電によるもの(そのほとんどは他県で発電)
- ・ 電力消費量が1.8%減少(2018年比)
- ・ ピーク時を避け若干の電気代を節約



技術・
インフラサポート

- ・ 電力の地域間系統連系も向上し、関東地区内での電力地域間取引が可能
- ・ 少数の都民は太陽光発電システムあるいは家庭用蓄電池を保有し、停電や地震、台風時でも普段通りの電力消費が可能
- ・ 都民は自宅にホームエネルギーマネジメントシステム (HEMS) を設置し、リアルタイムで発電量や電力消費を管理可能
- ・ 乗用車の新車販売台数に占める(電気自動車を含む)ゼロエミッション車の比率は50%



電力市場

- ・ 東京都における大手電力会社は東京電力。他社は(通信サービスと電力、ガスと電力など)セットサービスで電力を販売。
- ・ 都民は主にグリーン電力証書を購入して再生可能エネルギーに貢献可能
- ・ 東京電力は仮想発電所パイロット事業の大手提供元
- ・ 都民の主な太陽光発電への投資方法は太陽光発電システムの設置
- ・ 都民は太陽光発電の電力を固定価格買取制度を使って売却

シナリオ 1

現在の達成目標を維持



長所:

- ・ 都民は段階料金制によって計算される「電力量料金」と低い「再生可能エネルギー発電促進賦課金(再エネ賦課金)」によって比較的安価な電気料金を利用することができます。また、ライフスタイルに合わせて深夜料金を利用することもできます。
- ・ 自分の屋根が使える都民は固定価格買取制度を使い、余剰電力を電力会社に売電することで安定した収入を得ることができます。
- ・ 既存の集中型電源システムと小規模な太陽光発電により、都民の太陽光発電設備や家庭用蓄電池への経済的負担は少なくなります。
- ・ 都民は安定した電力供給源として大手電力会社(東京電力)に頼ることができます。東京電力が提供する電気プランは非常にわかりやすく設定されています。また、(通信サービスと電気、ガスと電気といった)他社サービスとのセットプランを選ぶことができ、電気料金を安くすることができます。
- ・ 都民は既存の太陽光発電の電力買取期間を評価し、今後の太陽光発電の可能性やリスクを見極めてから太陽光発電システムを設置するかどうかを決定することができます。
- ・ 都民は東京電力が実施している仮想発電所(VPP)のパイロット事業に参加することで、将来の電力市場のための仮想発電所の発展に貢献することができます。



短所:

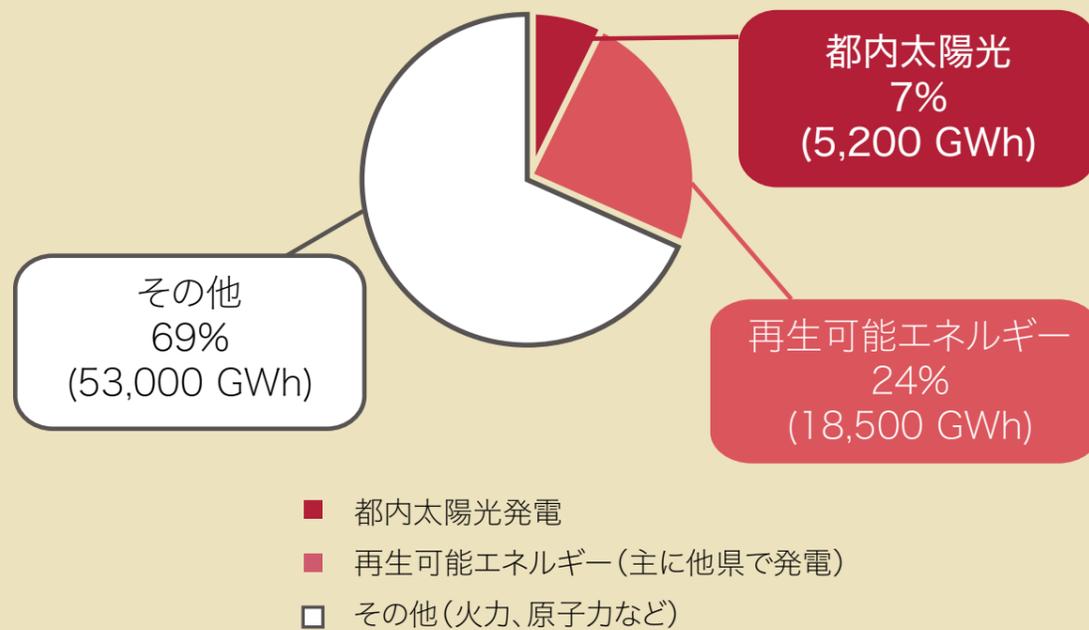
- ・ 電気の使用量を減らすこと以外、電力消費時間の調整による電気代節約のオプションと柔軟性は限定されています。
- ・ 自分の屋根がある都民だけが太陽光発電システムを設置し固定価格買取制度を利用して収入を得ることができます。自分の屋根がない都民は再生可能エネルギー発電促進賦課金の負担のみを強いられることとなります。
- ・ 停電や地震、台風などの際、太陽光発電システムあるいは家庭用蓄電池を持つ都民だけが普段通りに電力を消費することができます。多くの都民はこうした非常事態時に停電を経験しなければなりません。
- ・ 都民は大手電力会社を選択することができません。セットサービスを提供している数社の小規模小売電気事業者は安定した電力供給源とは言い切れません。
- ・ 都民は太陽光発電システム設置の可能性やリスク、信頼できる設備設置業者の見極めなど、太陽光システムの電力買い取り期間を理解するために多額の資金や多くの時間を費やさなければなりません。
- ・ ほとんどの都民は仮想発電所(VPP)が目に見えるような利益をもたらすとは思っていません。さらに都民は仮想発電所のパイロット事業を知らなかったり、関心がありません。

シナリオ 2

中程度の変更

シナリオ2のポイント

中程度の変更を想定した
2030年における電源構成



エネルギー状況

- ・ 都内に設置された5.2GWの発電能力がある太陽光発電施設により、都内消費量の7%にあたる5,200GWhが消費される
- ・ そのうちほとんどの太陽光発電は東京23区と多摩地域在住の都民によるもの
- ・ 都内にある一戸建て住宅の8割が屋根上に太陽光発電設備を設置
- ・ 都内で消費される電力の24%がその他の再生可能エネルギーを使った発電によるもの(そのほとんどは他県で発電)
- ・ 電力消費量が3.1%減少(2018年比)
- ・ ピーク時を避け電気代の2%を節約



技術・
インフラサポート

- ・ 電力の地域間系統連系が向上し、本州のほぼ全域で電力地域間取引が可能
- ・ 一定数の都民は太陽光発電システムあるいは家庭用蓄電池を保有し、停電や地震、台風などの際普段通りの電力消費が可能
- ・ 一定数の都民は自宅にリアルタイムで発電量と電力消費量が管理できるHEMSを設置
- ・ 乗用車の新車販売台数に占める(電気自動車を含む)ゼロエミッション車の比率は70%



電力市場

- ・ 消費者は電力会社の選択が可能。(東京電力、東北電力、中部電力といった)東北地方や中部地方の大手電力会社のほか(通信サービスと電力、ガスと電力など)セットプランを提供する中小の小売電気事業者の選択が可能
- ・ 100%再生可能エネルギーによる電力を一般家庭用に販売する中小の小売電気事業者あり
- ・ 大手電力会社とエネルギーサービス会社は仮想発電所サービスを提供
- ・ NGOや地域コミュニティにより管理されている地域や住民が保有する太陽光発電プロジェクトに投資する選択あり
- ・ 都民は自ら発電した電力を固定価格買取制度を使って売電、市場価格で売電または自らの電気自動車への利用といった選択が可能



コスト

- ・ 4 kWの太陽光発電システムの価格は約76万円
- ・ (3日分の消費電気を賄う)40kWh容量の蓄電池システムの価格は約85万円



電気料金

- ・ 段階料金制とオフピーク時における電力使用による若干の電気料金割引制度
- ・ 固定価格買取制度や太陽光発電システムの連係費用に使用される「再生可能エネルギー発電促進賦課金」は3円/kWh
- ・ 低い買取価格の固定価格買取制度

シナリオ 2

中程度の変更



長所:

- ・ 都民はオフピーク時に電気を使用することで電気料金を節約することができます。
- ・ 都民は太陽光発電による電力の余剰分を(安定だが低価格な)固定価格買取制度の利用、(変動する)市場価格での売電、あるいは(電気自動車用といった)自家消費用というように選択することができます。
- ・ 停電や地震、台風などの際、都民は一時的な緊急用として自宅の太陽光発電システムを自立運転モードに切り替え、電力を自家用として使用することができます。
- ・ 都民は安定的に電力を供給できる(東京電力、中部電力、東北電力といった)大手電力会社の中から電気の購入先を選択することができます。それら電力会社が提供する電気プランはわかりやすく、利用中の電力会社が気に入らない場合は他社に変更することができます。都民はまた、中小の小売電気事業者を選択したり(通信サービスやガスなど)他社とのセットプランが利用できます。
- ・ 都民は自らの地域あるいは他の住民が保有しNGOや地域コミュニティによって運営されている太陽光発電に投資することができます。状況を効率的にモニターすることができます。これらプロジェクトは都内のほか関東地域に存在します。
- ・ 都民は大手電力会社や小規模な電力サービス会社により提供されている仮想発電所プログラムに参加することができます。これら企業は監督官庁によって効率的にモニタリングされています。



短所:

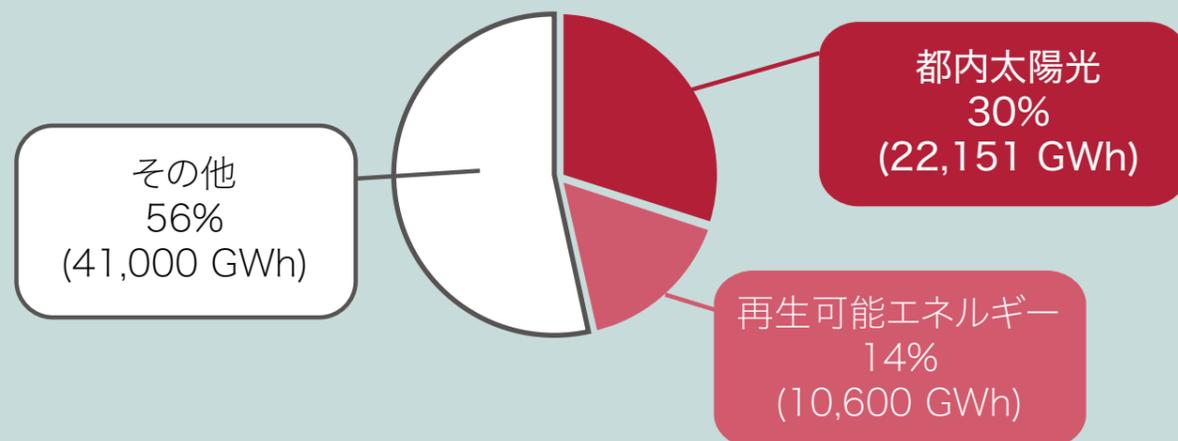
- ・ オフピーク時の電気使用で得られるような程度の節約分は、促進できるほど魅力的ではありません。
- ・ 都民は固定価格買取制度を利用し売電した方がいいのか、あるいは市場で売電した方がいいのかを比較し決断しなければならず、悩みの種となります。
- ・ 停電や地震、台風などの災害時に利用できる太陽光発電システムによる電力はごく限られた量の可能性があり、また災害により家庭用蓄電池が損傷する可能性もあります。
- ・ 都民は電力会社を選択することができるものの、大手電力会社が提供するプランはどれも同じようなプランであり、また大手電力会社に対する信頼は高くありません。一方で中小の小売電気事業者やセットサービスを提供する他業者の実績には不確定な要素が含まれています。
- ・ 地域内において参加できる太陽光発電プロジェクトの数は限られています。さらに投資に対する見返りや潜在性は低いのが一般的です。
- ・ 大手電力会社により提供される仮想発電所(VPP)プログラムはどれもほぼ同じ内容で、企業に対する信頼性はどれも低いです。小規模な電力サービス会社は効率的な電力管理を提供できるほどの多くの顧客を抱えていません。

シナリオ 3

大幅な変更

シナリオ3のポイント

大幅な変更を想定した
2030年における電源構成



- 都内太陽光発電
- 再生可能エネルギー(主に他県で発電)
- その他(火力、原子力など)

エネルギー状況

- ・ 都内(主に23区と多摩地域)に設置された22.2GWの発電能力がある太陽光発電施設により、都内消費量の30%にあたる22,151GWhが消費される
- ・ 都内の太陽光発電の8割は23区内に設置された屋上太陽光発電設備。残りの2割は多摩地域にある約11%の山林を切り開いて設置された太陽光発電設備
- ・ 都内ほとんどの住宅屋上に10GW発電能力の太陽光発電システムが設置される
- ・ 都内消費電力の14%がその他の再生可能エネルギーを使った発電(そのほとんどは他県で発電)
- ・ 電力消費量が6.6%減少(2018年比)
- ・ ピーク時を避け電気代の1割を節約

技術・
インフラサポート

- ・ 電力の地域間系統連系が向上し、本土全域で電力地域間取引が可能
- ・ ほとんどの世帯に家庭用蓄電池が設置され、停電や災害時でも電力消費が可能
- ・ ほとんどの世帯にHEMSが設置され、リアルタイムで発電量と電力消費量を管理
- ・ 乗用車の新車販売台数に占めるゼロエミッション車の割合100%

電力市場

- ・ 消費者は電力会社の選択が可能。(東京電力、関西電力、東北電力、中部電力といった)大手電力会社のほか、(通信サービスと電力、ガスと電力など)セットプランを提供する多くの中小の小売電気事業者が東京の電力市場で競合
- ・ (グリーン電力証書の購入など)再生可能エネルギーによる電力を購入するかどうか、あるいはどの再生可能エネルギーによる電力を購入するのかなど、都民に対し多くの選択肢あり
- ・ 多くの仮想発電所サービス提供企業の中から選択して電力を管理
- ・ NGOや地域コミュニティにより管理されている地域や住民が所有する太陽光発電プロジェクトに投資する際、多くの選択肢あり
- ・ 都民は太陽光発電の電力を市場価格で売却、あるいは自らの電気自動車に利用

コスト

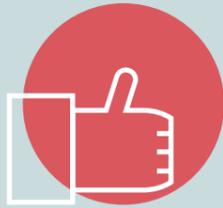
- ・ 4 kWの太陽光発電システムの価格は約75万円
- ・ (6日分の消費電気を賄う)80kWh容量の蓄電池システムの価格は約172万円

電気料金

- ・ 段階料金制と高額なピーク時の電気料金
- ・ 大型太陽光発電システムのための送電網の拡大や能力向上のために使用される「再生可能エネルギー発電促進賦課金」は3円/kWh
- ・ 固定価格買取制度の終了

シナリオ 3

大幅な変更



長所:

- ・ 都民は高いピーク時料金を避け、オフピーク割引を使って電気料金を節約することができます。
- ・ 都民は太陽光発電システムで発電した(家庭用蓄電池や電気自動車に蓄電している)余剰電力を、ピーク時など価格が高い時に市場で売ることができます。価格が低い時には電気自動車の充電用として利用できます。
- ・ 停電や地震、台風などの際、都民は自宅の太陽光発電システムを自立運転モードに切り替え、家庭用蓄電池に蓄えた電力により普段通りの電気使用を約1週間継続することができます。
- ・ (1)どの小売電気事業者と契約するか、(2)電力を管理するために仮想発電所と契約するかどうかなど、都民の選択肢の幅が広がります。
- ・ 都民は太陽光発電システムに投資する際、多くの選択肢の中から選ぶことができ、例えば日本の別地域において地域や住民が保有しNGOや地域コミュニティによって運営されている太陽光発電プロジェクトに投資するなどして、ある程度の収入を得ることができます。
- ・ 仮想発電所から提供されるリアルタイムの電力情報によって都民は自らの電気使用量を管理することができ、また太陽光発電により生じた余剰電力を売却することもできます。



短所:

- ・ 都民の中には(例えば夕食時の電気使用や冬のこたつの使用など)どうしても避けることができないピーク時の電気使用による高い電気料金と「再生可能エネルギー発電促進賦課金」を支払わなければならない人々がいます。
- ・ 太陽光発電による売電から得られる都民の収入は、電力市場価格が変動するために一定ではありません。また、電気自動車を常に充電したり送電によって自動車を交換しなければならなかったり、維持費が高いといった問題があります。
- ・ ほとんどの人が自宅に家庭用蓄電池を設置した際、災害時に被る設備損害は広範囲に及び深刻化します。停電や地震、台風などの災害後、被害を受けた太陽光発電システムや蓄電池を復旧させるには多くの時間と費用が必要となります。
- ・ 料金プランはより複雑でわかりにくくなり、多くの小売電気事業者によって様々な電力関連サービスが提供されるため、それら事業者の企業体質を比較することは都民にとって困難です。
- ・ NGOや地域コミュニティによって運営されている、東京から離れた地域や住民が保有する太陽光発電プロジェクトへの投資は(太陽光発電は天候に左右されるため)リスクが高く、プロジェクトによっては損失が生じるものもあります。
- ・ 都民はたとえ仮想発電所によってリアルタイムで発電量や電気使用量の情報が得られたとしても、それらを管理するような時間はありません。また、仮想発電所関連会社が電力使用量のデータを(利益目的のためにデータを転売するなど)不正に利用する可能性もあります。

参考資料

参考資料1: 日本のエネルギー政策の転換点: 2011年福島第一原子力発電所事故

2011年3月11日に発生した東日本大震災と福島第一原子力発電所事故は日本のエネルギー政策に大きな変化をもたらしました。2010年に策定された第3次エネルギー基本計画において、原子力発電は将来の重要なエネルギー資源のひとつとされていました¹。しかし震災後、原子力発電は著しく減少し、2010年から2012年の間、電源構成における化石燃料の割合が増加しました²。

社会の側面では、福島第一原子力発電所での事故後、全国で原子力発電反対の機運が高まりました。人的ミスと事故後の効率的な管理システムの欠如は政府、監督官庁、東京電力への不信を招きました³。また、経済の側面では、原子力発電所の停止は日本の貿易赤字と化石燃料による温室効果ガスを増大させました⁴⁵。

2011年の東日本大震災後、菅政権と野田政権(民主党)は2030年までに原子力発電を段階的に廃止する政策を打ち出しました。しかし、反原発の民主党政権から自民党政権へと政権が移行したのに伴い、原子力政策は原子力発電再開へと転換しました。

安倍政権(自民党)は原子力発電により安定したエネルギー供給と需要の構造がサポートされると述べましたが、2014年に策定された第4次エネルギー基本計画では、日本は原子力発電への依存度を低くしなければならないとしています⁶。2019年12月時点で9基の原子力発電所が再稼働しています⁷。政府は原子力政策の目標として2030年における原子力発電が電源構成に占める割合を20%から22%に設定しています⁸。

1 Institute of Energy Economics, 2010, *Japan Energy Brief*

2 Institute of Energy Economics, 2010, *Japan Energy Brief*

3 The National Diet of Japan, 2012, *The Official Report of The Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission: Executive Summary*.

4 Ministry of Economy, Trade and Industry, 2013, FY 2012 Annual Report on Energy (Energy White Paper 2013) Outline

5 Ministry of Economy, Trade and Industry, 2014, Outline of the Annual Report on Energy for FY 2013 (Energy White Paper on 2014) Outline

6 Yuchiro Tsuji, 2019, Nuclear power plant reactivation in Japan: An analysis of administrative disrection

7 World Nuclear Association, 2020, Nuclear Power in Japan

8 The Ministry of Economy, Trade and Industry, 2018, *Strategic Energy Plan*

参考資料2:日本の主なエネルギー目標

2011年の福島第一原子力発電所事故以降、日本政府は2つのエネルギー基本計画を策定しました。これらの計画は国のエネルギー発展の骨子となっています。国全体の位置づけとして、東京都は都市としてのエネルギー目標を設定しています。表2は国と東京都によって策定された主な目標の概要を記しています。これらの目標には、温室効果ガスの削減、再生可能エネルギー、電力消費の削減が含まれています。

表2:政府と東京都による主なエネルギー目標

計画 (策定年月)	目標
日本政府	
第4次エネルギー基本計画 (2014年4月)	電源構成における再エネ: <ul style="list-style-type: none"> 2020年で約13.5%、2030年で約20% その他: <ul style="list-style-type: none"> 「3つのE+S」基本政策(3Eとはエネルギーの安定供給、経済効率性の向上、環境への適合、Sとは安全)
第5次エネルギー基本計画 (2018年7月)	温室効果ガスの排出 <ul style="list-style-type: none"> 2030年で2013年比で26%削減 電源構成に占める再生可能エネルギーの比率 <ul style="list-style-type: none"> 2030年で22%~24% 再生可能エネルギーが主要な電源 その他 <ul style="list-style-type: none"> 2030年で原子力発電は20%~22% 2020年までに全世帯と企業にスマートメーターを設置
東京都	
東京都長期ビジョン (2014年12月)	設置された太陽光発電の容量 <ul style="list-style-type: none"> 2024年で1 GW 電源構成に占める再生可能エネルギーの比率 <ul style="list-style-type: none"> 2024年で20% 電力消費 <ul style="list-style-type: none"> 2030年で2000年比30%削減
東京都環境基本計画 (2016年3月)	温室効果ガスの排出 <ul style="list-style-type: none"> 2030年までに2000年比30%削減 設置された太陽光発電の容量 <ul style="list-style-type: none"> 2024年で1 GW、2030年までに 1.3 GW 電源構成に占める再生可能エネルギーの比率 <ul style="list-style-type: none"> 2024年で20%、2030年で30% 電力消費 <ul style="list-style-type: none"> 2030年で2000年比38%削減
東京都環境白書 2019 (毎年、最新版は2019年10月)	<ul style="list-style-type: none"> 2016年策定の「東京都環境基本計画」のエネルギー目標を採用 その他 <ul style="list-style-type: none"> 5割の新規販売車が電気自動車を含むゼロエミッション車(ZEV)に
ゼロエミッション東京戦略 (2019年12月)	再生可能エネルギー <ul style="list-style-type: none"> 2050年までに全発電の二酸化炭素ゼロに その他 <ul style="list-style-type: none"> 2050年までに都内を走る全ての車がゼロエミッション車に

参考資料3: 日本の主な再生可能エネルギー政策

(1) 日本政府の再生可能エネルギー政策

固定価格買取制度

固定価格買取制度は日本の再生可能エネルギー利用促進のための主要政策の一つです。この制度により太陽光発電による電力の高価買い取りが長期にわたって保証されています。日本のこの制度は、住宅用(10kW以下)と非住宅用(10kWから2MW)の2つの枠組みからできています。住宅用固定価格買取制度は2009年11月より10年契約として開始されました。これにより住民は余剰電力をこの制度を利用して売却することができます。一方、非住宅用固定価格買取制度は2012年7月から20年契約として開始されました⁹。非住宅用固定価格買取制度に関しては、電力に余剰が生じた際、電力会社は非住宅からの電力はすべて買取りますが、買取価格が下がる場合もあります¹⁰。住宅からの買取価格(2019年時24円/kWh)は非住宅からの買取価格(14円/kWh)より高く設定されています¹¹。この価格は設備設置費を参照に毎年調整されます。一度契約が結ばれると買取価格は固定になります。早期に契約した住民ほど、高い買取価格を得ることができます¹²。

再生可能エネルギー発電促進賦課金(再エネ賦課金)

日本政府は2012年、固定価格買取制度の費用を補うために再エネ賦課金をすべての電力消費者を対象に導入しました。再エネ賦課金は固定価格買取制度にかかる費用から運営費を除いた額を基に計算されています。その費用は再生可能エネルギー賦課金として日本のすべての電力消費者の負担となっています¹³。またその負担額は消費電力量によって決められます。2019年5月時点での再エネ賦課金は1kWhあたり2.95円です¹⁴。

時間帯別料金:
使用する時間が昼間 (7 a.m.~11 p.m.) と夜間 (11 p.m.~7 a.m.) で異なる料金:
昼間:32.74円/ kWh
夜間:21.16円/ kWh

2018年3人世帯の電気代は平均11,204円

再生可能エネルギー発電促進賦課金:
太陽光発電設置の有無に関わらず全電力消費者が1kWhあたり2.95円を支払う義務がある。

余剰電力は固定価格買取制度を使い売ることができる。(2019年時、24円/kWh)

3人世帯の例
電気使用量:300 kWh (太陽光パネルなし:370 kWh)
再エネ賦課金:885円
電気料金:10,289円
太陽光発電の売電収入:7,800円
支払額:2,489円

地点番号 XX-XXXX-XXXX-XXXX-XXXX-XXXX			
電気ご使用量のお知らせ			〇〇 〇〇 様
ご使用場所 XX 区 XX 町 x 丁目 x-x			
XX 年 XX 月分	ご使用期間 検針月日	X 月 XX 日 ~ X 月 XX 日 X 月 XX 日 (XX 日間)	ご契約種別 夜トク 8
ご使用量	総計 300 kWh		ご契約 60 A
	昼間 170 kWh 夜間 130 kWh		割引対象機器容量 00 A
請求予定金額 (うち消費税等相当額)		10,289 円 749 円	
上記料金内訳	基本料金	1,716 円 00 銭	
	電 昼間料金	5565 円 80 銭	
	力 夜間料金	2750 円 80 銭	
	量 燃料費調整	-627 円 00 銭	
	再エネ発電賦課金	885 円 00 銭	
	通電制御型割引	00 円 00 銭	

屋上の太陽光パネルからの電力によって電力会社から購入する電力量を削減することができる。

地点番号 XX-XXXX-XXXX-XXXX-XXXX-XXXX			
購入電力量のお知らせ			〇〇 〇〇 様
ご使用場所 XX 区 XX 町 x 丁目 x-x			
XX 年 XX 月分	購入期間 検針月日	X 月 XX 日 ~ X 月 XX 日 X 月 XX 日 (XX 日間)	発電設備 太陽光
購入電力量	325 kWh		ご参考までに昨年 3月分は31日間で 325 kWhです。
購入予定金額	7,800 円		
支払予定日	XX 月 XX 日		
当月指示数	XXXXX. X		お客様の買取単価 24 円 00 銭
前月指示数	XXXXX. X		
差 引	XXX. X		
計器乗率 (倍)			
取替前計量値			
契約変更前計量値			
計器番号 (下3桁)	XXX		

図5: 固定価格買取制度を使って節約された電気料金等請求書の一例
(出典)資源エネルギー庁「再生可能エネルギーのための固定価格買取制度」

9 Ministry of Economy, Trade and Industry, 2012, Feed-in Tariff Scheme in Japan
 10 Jiji Kyodo, 2018, Fearing blackouts, Kyushu Electric asks solar power generators to suspend generation, The Japan Times
 11 Marian Willuhn, 2012, Japan's METI cuts C&I FIT by 22%, PV Magazine
 12 Ichigo Green Infrastructure Investment Corporation, 2019, About Japan's Feed-in Tariff (FIT)
 13 Ministry of Economy, Trade and Industry, 2016, Settlement of FY 2016 Purchase Prices and FY 2016 Surcharge Rates under the Feed-in Tariff Scheme for Renewable Energy
 14 TEPCO, 2019, The unit price of the renewable energy power promotion surcharge

グリーン電力証書制度

グリーン電力証書制度とは、証書購入者が証書発行事業者に対し再生可能エネルギーによる発電を委託することができる仕組みのことです。証書購入者はグリーン電力の利用者とみなされます。日本におけるこの制度にはJクレジット、非化石証書など複数のプログラムがあります¹⁵。小売電気事業者または企業はこれら証書を購入し、企業における社会的責任を果たすことができます¹⁶。しかし現在のところ個人レベルで証書を購入することは認められていないため、東京都は都民に対し、別の再生可能エネルギープランを提供し、グリーン電力証書を購入することができるようなビジネスモデルを開発しています^{17 18}。

コラム1：日本で最初の再生可能エネルギー証書の事例

日本で最初の再生可能エネルギー証書の仕組み：グリーン電力証書

日本で最初の再生可能エネルギー証書となるグリーン電力証書は2001年にソニーによって制度化されました。ソニーは東京電力と協力して、再生可能エネルギーによる電力の供給を確保するためにグリーン電力証書を開発しました。グリーン電力証書は太陽光、風力、地熱、さらには雪氷熱を利用した発電を含む様々な再生可能エネルギーを対象にしています。さらにこの証書の仕組みは木質バイオマス熱による発電にまで拡大し「グリーン熱証書」の販売を始めています。

2008年から2017年の間にグリーン電力証書により2,700 GWh以上の価値に相当する証書が発行され、2,600 GWh以上の証書が取引されました。ソニーはまたこの仕組みにおける主要購入企業のひとつでもあります。ソニーは2012年以降、毎年37 GWhのグリーン熱証書を購入し、日本で最大のグリーン熱証書購入者となっています。

(出典) WWF Climate Savers, 2014, Sony leads the charge of renewable energy in Japan; Jules Chuang, Hsing-Lung Lien, Akemi Kokubo Roche, Pei-Hsuan Liao and Walter Den, 2019, Consolidated climate markets mechanism analysis—Case studies of China, Japan, and Taiwan.

15 Wataru Yamazaki, 2019, Japanese Renewable Energy Market, EKOEnergy. <https://www.ekoenergy.org/state-of-the-japanese-renewable-energy-market/>
 16 J-クレジット制度「J-Credit Scheme」、2020年https://japancredit.go.jp/english/pdf/credit_english_001_39.pdf
 17 Misato Noto, 2019, Tokyo is promoting collective renewable energy scheme for households, Zenbird. <https://zenbird.media/tokyo-is-promoting-collective-renewable-energy-scheme-for-households/>
 18 東京都「ゼロエミッション東京戦略」、2019年

(2) 東京都の再生可能エネルギー政策

ソーラー屋根台帳

東京都は2014年に「東京ソーラー屋根台帳」(ポテンシャルマップ)を立ち上げました。このマップを使って、都民は都内にあるそれぞれの建物がどれくらい太陽光を受け、太陽光発電システムに適しているのかを知ることができます(図6)。さらにこのマップを使うことにより、太陽光発電システム導入の際に適切な最大容量を測定することができます。都民が自宅に太陽光発電システムを設置したい場合のガイドラインとしても活用できます¹⁹。

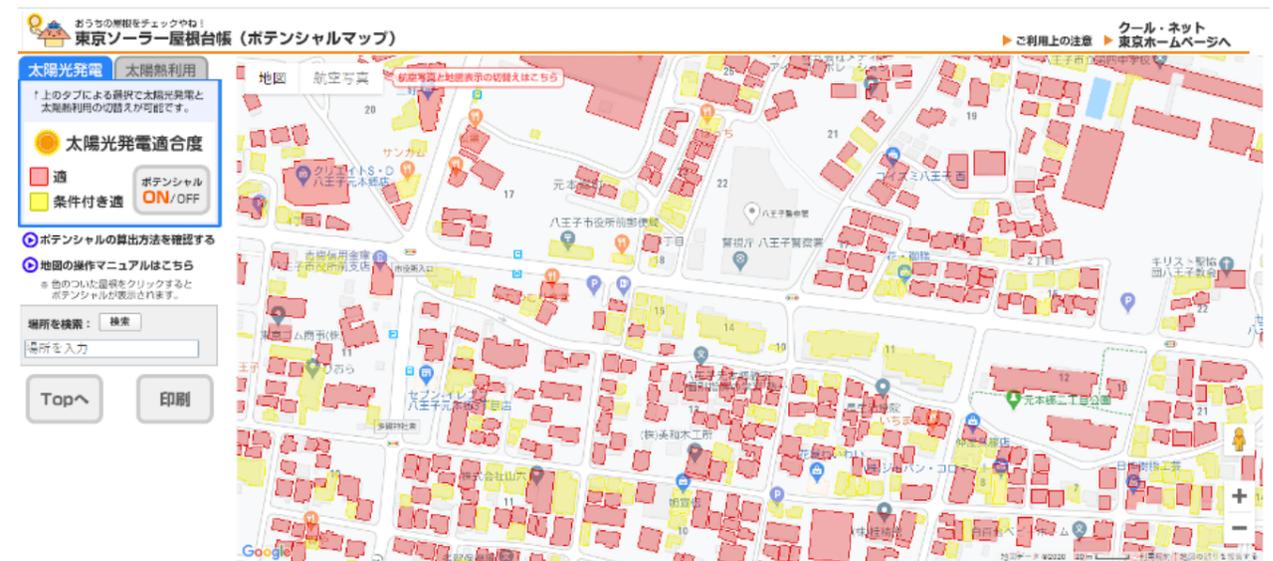


図6：東京ソーラー屋根台帳(ポテンシャルマップ)
 (出典) Tokyo Environmental Public Service Cooperation, n.d., The Tokyo Solar Potential Map, <http://tokyosolar.netmap.jp/map>

ゼロエミッション車(ZEV)導入補助金

ゼロエミッション車導入目標(2030年までに乗用車の新車販売台数に占めるZEVの割合を50%にする)を達成するため、東京都はゼロエミッション車普及推進事業として導入補助金を始めました。この補助金はゼロエミッション車のうち、都が指定した車を購入する都民なら誰でも利用することができます²⁰。都民はその補助金を乗用車購入代金の一部として利用できます。補助金額は乗用車のモデルによって異なります。

19 東京都「東京都環境白書 2019」、2019年
 20 東京都地球温暖化防止活動促進センター「電気自動車等の普及促進事業(EV・PHV車両)」、2019年

参考資料4:太陽光発電の未来に関する重要課題

1. 安定供給の確保

安定供給の確保とは、住民が電力システムへの依存を低め、将来の電気料金の高騰からの影響を少なくすることを意味します。また、地震などの天災による停電から逃れることができるかどうかも意味します。

屋根に太陽光パネルを設置することで、自らが消費する電力を発電することができるようになるため、家族の独立性が高まります²¹。太陽光パネルを設置した住民は、電力会社から供給される電力だけに頼るわけではないため、電気料金の高騰の影響を少なくすることができます。さらに、太陽光パネルは各建物で独立して発電するため、送電網が切断されたり、天災によって電力会社から送電ができなくなった際は、代替電源として電力を供給します²²。

一方、太陽光発電は断続性という側面があります。太陽光発電による発電量は季節や天候、時間帯などに左右されます。地域の電力システムは電力の安定供給に影響を与えることなく約15%の再生可能エネルギーによる電力を送電しています²³。太陽光発電に大きく依存する場合、地域の太陽光パネルの出力が低い場合には、安定供給の確保を向上することができない可能性があります。

2. エネルギーの自立

エネルギーの自立とは、地域内における電力の地産地消と、他地域から供給される電力の度合いを意味します²⁴。住民レベルにおいては、溜めた余剰電力を夜間に使用することが可能となる太陽光パネルと蓄電池の設置によって自立を高めることができます。太陽光パネルは昼間は住民に電力を供給しますが、これによりエネルギーの自立を達成するには不十分です。太陽光パネルと共に蓄電池を設置することで、昼間の太陽光発電によって生じた余剰電力を蓄電池に溜め、それを夜間や天災時に使用することが可能になり、エネルギーの自立を高めることができます。

住民は自立運転モードに切り替えることで、余剰電力を固定価格買取制度を利用して売電する代わりに、蓄電池に溜めておくことができます。

住民はまた、夜間時に蓄電池の電力を使用することができます。これにより送電網から供給される電力への依存度と電気料金を減らすことができます。住民はさらに、蓄電池の電力を天災や停電時に使用することができるため、蓄電池のない太陽光パネルだけの状態と比べて、より安定した電力供給が可能となります。

一方、住民が自宅に蓄電池を設置するには費用を負担する必要があります。蓄電池はまた、天災で破損する可能性もあり、その場合維持費を負担する必要があるほか、停電時に安定した電力供給として利用できません。



図7: 停電時の自立運転モードへの切り替え
(出典)東京都環境局、「ゼロエミッション東京戦略」、2019年

21 Paul Balcombe, Dan Rigby and Adisa Azapagic, 2013, Motivations and barriers associated with adopting microgeneration energy technologies in the UK

22 Salahuddin Qazi and William Young, 2014, Disaster relief management and resilience using photovoltaic energy

23 Asian Energy Studies Centre, 2016, Deliberative workshop on solar PV development in Hong Kong: Prospects and policy challenges

24 Edward Bentley, Richard Kotter, Yue Wang, Ridoy Das, Ghanim Putrus, Jorden Van Der Hoogt, Esther Van Bergen, Jos Warmerdam, Renee Heller and Bronia Jablonska, 2019, Pathways to energy autonomy – challenges and opportunities

3. コスト

電気料金は以下の要因によって変化します。(a) 将来の太陽光発電システムのコストによって左右される太陽光パネル設置の初期費用、(b) 太陽光パネルを設置した住民においては、発電により得られる固定価格買取制度を通じた電気料金、送電網から得た電力の消費量、再生可能エネルギー発電促進賦課金。将来、時間帯別料金は電気料金全体で採用され、消費者はピーク時には高くオフピーク時には低い電気料金を支払います²⁵。

賦課金としての太陽光発電システムのコストは2010年から2017年の間に86%減少し²⁶、将来も下がり続けることが予想されます。低い賦課金により電力買取期間が短縮される一方、より多くの住民が太陽光発電の採用に関心を抱くこととなります。

2018年における日本の3人世帯の1か月あたりの平均電気代は11,204円です(図8)。しかし、住民負担のコストは電力消費自体以外に、固定価格買取制度や再生可能エネルギー促進賦課金によって変化します。太陽光パネルを設置した住民は太陽光発電からの余剰電力を固定価格買取制度を利用して売却し利益を得ることで、これらのコストを埋め合わせることができます。多くの住民が太陽光発電を設置した場合、固定価格買取制度を補うために再生可能エネルギー促進賦課金は高くなり、すべての電力消費者に影響を及ぼします。

固定価格買取制度や再生可能エネルギー促進賦課金以外に、都民が将来負担するコストとして、時間帯別料金の完全採用が挙げられます。住民はピーク時時の電力使用には高い電気代を支払い、オフピーク時には低い電気代を支払うこととなります。現在東京電力は、昼間と夜間の電気料金が設定されたプランを希望者に提供しています。仮に時間帯別料金が完全採用された場合、多くの都民が負担するコストに影響します。一方で太陽光パネルを設置した住民においては、自らの太陽光パネルで発電した電力を利用することができるため、電力会社から購入する電力を減らすことができ、コストを低く抑えることができます。

	ひと月の平均電気代	年間の平均電気代
2人暮らし	9,559円	114,708円
3人家族	11,024円	132,288円
4人家族	11,719円	140,628円
5人家族	12,846円	154,152円

図8: 2018年における世帯別平均電気代
 (出典) エネチェンジ「2020年最新版 一般家庭の電気代、平均額ってどのくらい?」<https://enechange.jp/articles/average-of-family>

25 Paul Balcombe, Dan Rigby and Adisa Azapagic, 2013, Motivations and barriers associated with adopting microgeneration energy technologies in the UK

26 Ran Fu, David Feldman, Robert Margolis, Mike Woodhouse and Kristen Ardani, 2017 U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2017

4. 系統接続

系統接続とは、分散している電力設備を送電網と接続することです。これを単純に太陽光パネルと送電網との接続と考えることもできます。さらに、電力会社からの送電網を地域を超えて接続し、電力の地域間取引が可能になることと考えることもできます。

住民レベルで考えると、再生可能エネルギーシステムと送電網との接続は、固定価格買取制度による電力を電力会社から受け取ったり、電力を小売電気事業者に売るための最初のステップになります。現在、住民は太陽光発電による余剰電力を電力会社に売却する際、固定価格買取制度を利用して利益を得ることができ、また、再生可能エネルギーシステムを送電網に接続することにより、余剰電力を蓄えるための蓄電池を購入する必要がありません²⁷。

国レベルにおける系統接続とは、大きな技術的障壁を克服することを意味します。現時点では、日本には歴史的背景により2つの異なる周波数(東日本50Hz、西日本60Hz)が存在するため、送電網が分断されています。また、送電網はそれぞれの電力会社によって開発されてきたため、それらを接続する際に容量が限定されます。系統接続により地域間での電力取引が可能となり、都民は都外にある電力供給会社を選択することが可能になります。さらに系統接続は再生可能エネルギーの発展にも貢献します。例えば、九州は太陽光発電に適した場所であり、再生可能エネルギーによる電力を日本の他の地域に送電することが可能になります。2018年、九州では太陽光発電は制御されましたが(コラム2)、九州の余剰電力が日本の他の地域に送電されるため、こうした現象は今後起こりにくいと考えられます²⁸。

コラム2:2018年九州における太陽光発電の出力制御

2018年九州における太陽光発電の出力制御

2018年10月13日、太陽が光り輝く土曜日の午後。九州電力は太陽光発電業者に対し出力制御を要請した。それは、エアコンが不要となり電力需要が減り始める秋のことだった。一方、日照条件の良さから太陽光発電による発電量は増加していた。同日午後1時、需要電力は12.5GWと、想定された供給電力(12.93GW)よりも著しく低かった。

太陽光発電による過剰発電は過剰供給とつながり、九州地域全体が停電になりかねない状況であった。九州電力は過剰供給とそれに伴う停電を避けるため、太陽光発電の一時的な発電停止を求める制御要請を決定した。過剰発電による発電の一時停止は日本で初めてのことであり、13日だけでなく、九州電力は太陽光発電の一時停止を14日や週末(20日、21日)にも要請した。同じような出力制御は2019年10月までの一年間で60日間に及んでいる。九州電力はまた、発電業者間での懸念を払拭するためにガイドラインを作成した。今では出力制御は九州における需要と供給のバランスを保つための重要手段となっている。

再生エネ、年60日使えず 九電の出力制御実施1年

2019/10/18 23:00 | 日本経済新聞 電子版

保存 共有 印刷 ツイート その他

太陽光・風力の発電業者に稼働停止を求める「出力制御」の春秋の実施が常態化してきた。九州電力が2018年10月13日に離島以外で全国で初めて実施してから1年余り。実施回数(1年間で約60日)に上り、19年10月13、14日にも実施した。沖縄電力や四国電力で起きる可能性もある。送電網の整備という課題に加え、秒単位で太陽光発電を止めるシステム開発など再生可能エネルギーをなるべく無駄にせず、主力電源として…

図9:九州における太陽光発電の出力制御

(出典)「再生エネ、年60日使えず 九電の出力制御実施1年」、『日本経済新聞』、2019年10月18日;「九電 13日に太陽光制御発電業者に停止要請、国内初」、『日本経済新聞』、2018年10月12日;「太陽光の出力制御量1割減、九電が手法見直し」、『日本経済新聞』、2019年10月9日;西脇文男「太陽光で発電しすぎ問題」とは何なのか せっかくの再エネ発電を無駄にしない秘策」、東洋経済オンライン、2018年10月24日

27 IEA-RETD, 2014, Residential Prosumers-drivers and Policy Options (re-prosumers)
28 Tatsuya Shinyama, 2018, *Electricity System and Market in Japan*. <https://www.emsc.meti.go.jp/english/info/public/pdf/180122.pdf>

5. 利便性

エネルギー市場における利便性とは、住民が家族との生活の中で時間と労力が節約できる度合いを表します。さらに再生可能エネルギーにあてはめると、利便性とは必要とされるスペースや屋根の変更など新たなエネルギーシステムを導入する際に求められる変更の度合いを表します²⁹。

住民が使用する電力を管理する際、ホームエネルギーマネジメントシステム(ヘムス、HEMS)を使うことで利便性が高まります(コラム3)。住民はリアルタイムで各家電機器の消費電力データを把握することができます。太陽光パネルを設置した住民は太陽光発電データをヘムスを介して受信することができます³⁰。将来の電力プランを選択する際、ヘムスのデータを参考にして決めることもでき、自分の電力消費パターンを理解するための時間と労力が節約できます。

再生可能エネルギーの導入における利便性とは、自宅に太陽光パネルを設置する際に必要な変更という意味においては、その利便性は低いのかもかもしれません。蓄電池など太陽光パネルを支援するための設備を設置するためのスペースが必要となり、さらに太陽光パネルを屋上に設置する際、屋根の変更が必要な住民もいるのかもかもしれません。維持費も必要な場合があり、太陽光パネル設置後の管理に時間と労力を費やさなければなりません。

コラム3:ホームエネルギーマネジメントシステム(HEMS)の導入

ホームエネルギーマネジメントシステム(HEMS)

ホームエネルギーマネジメントシステム(HEMS)とは、各家庭内での発電、蓄電、消費を効率的にモニタリング・管理するエネルギー管理サービスシステムのことです。HEMSは5つの主な機能から成り立っています。

- (1) モニタリング: 家庭内の各家電機器の消費電力と状況のデータをリアルタイムで提供します。
- (2) 記録: 電力利用の情報を集め、電力消費パターンを分析して電気代の予測などに利用します。
- (3) 制御: パソコンやスマートフォンなどを使って外出先から自宅の家電機器をモニタリング・制御することができます。
- (4) 管理: 電気の無駄遣いを防ぐため不在時にすべての照明が消えるなど、家庭での電力消費がより効率的になります。
- (5) 警告: システムに問題が発生した場合は本人並びにヘムス管理会社に警告します。

太陽光パネルを設置した住民は、ヘムスを通して太陽光発電データをリアルタイムでモニタリングし、電気代を節約するために太陽光パネルの利用方法を分析することができます。太陽光パネル所有者は家庭用蓄電池の電力残量を管理し、過充電や電力の浪費が防げます。

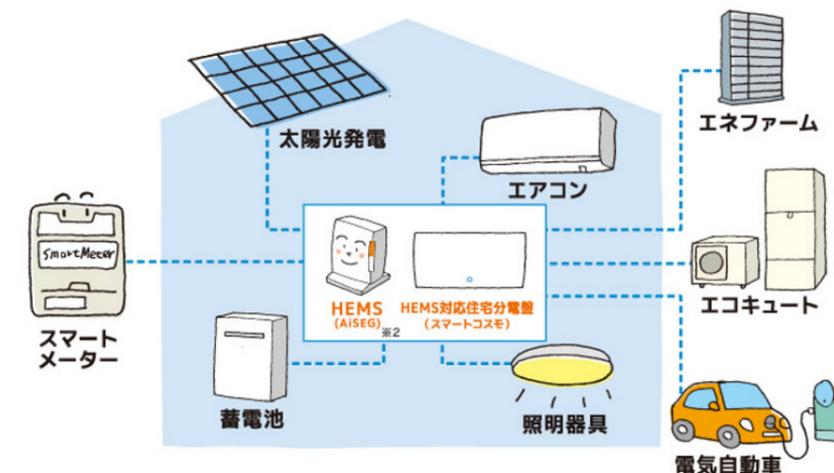


図10. ホームエネルギーマネジメントシステム

29 Paul Balcombe, Dan Rigby and Adisa Azapagic, 2013, Motivations and barriers associated with adopting microgeneration energy technologies in the UK

30 Bin Zhou, Wentao Li, Ka Wing Chan, Yijia Cao, Yonghong Kuang, Xi Liu and Xiong Wang, 2016, Smart home energy management systems: Concept, configurations and scheduling strategies

(出典) Panasonic「スマートHEMS : HEMS(へムス)とは?」<https://www2.panasonic.biz/lp/densetsu/aiseg/hems/about>
Bin Zhou, Wentao Li, Ka Wing Chan, Yijia Cao, Yonghong Kuang, Xi Liu and Xiong Wang, 2016, Smart home energy management systems: Concept, configurations and scheduling strategies)

6. デマンドレスポンス(DR)

デマンドレスポンス(DR)とは、時々の電力需要の変更や全体の電力消費量の抑制のために、消費者側が電力消費パターンを変化させることです。DRは二つの方法で機能します。一つ目は電気料金を変動させることにより電力の使用をピーク時からオフピーク時にシフトする方法です。二つ目は消費者に対し省エネ製品の購入を促進し電力消費を抑える方法です。

発電所は最大の電力需要を想定して建設されるため、ピーク時を避けて電力を消費することによって追加の発電所を建設する必要がなくなります。米国では最大電力需要の1%のために10%~15%の資本が投入されています。前述のコストのセクションで述べたように、時間帯別料金制度ではピーク時の電気料金は高く、オフピーク時の電気料金は低く設定されるため、消費者はオフピーク時に電気を使用するようになります。

一方、1980年代以降著しく高まっている住民からの電力需要を考えると、省エネもまた重要な要素のひとつです。電力消費の抑制は、普段からの節電の実践や省エネ製品を購入するよう推進することで達成することができます。都民にとっては、節約の実践によって電気代を節約することができます。さらに、節電により東京都が設定した2030年までの温室効果ガス削減目標の達成にも貢献できます。

7. 電力市場の改革

日本では1995年から電力市場の完全自由化に向けての改革が導入されました。この改革は2020年までに達成されるとされています。主要な改革のひとつとして、2016年4月に電力小売完全自由化が導入され、事業用などの大口電力需要から一般世帯にいたるまで市場競争が拡大しました。

2016年4月の電力小売完全自由化によって電力会社の数が増加しました。2018年1月時点で登録された小売電気事業者数は453、特定送配電事業者数は19に及びます。一般住民は電力会社を選択することが可能になり、改革前と比べて積極的な消費者となりました。政府のデータによると、大手電力会社10社の顧客の1%に当たる82万件の契約件数が2016年4月末までに電力会社を変更しました。これは、4月1日の完全自由化からわずか1か月間の数字としては注目に値する件数です。その後2017年7月までに電力会社を変更した契約件数は460万件にまで増加しました。そのうちの約3万件(約5%)が(時間帯別料金など)別の料金体系のサービスに変更しました。将来、東京都民は太陽光パネルのみで発

電する業者を選択することにより、100%太陽光発電の電力を購入することも可能となります。

市場改革はまだ完了したとは言えません。現時点では送電と配電事業における市場競争は導入されていません。日本の電力市場はまだ大手電力会社10社によって独占されています。そのうち東京電力を除く9社は民間企業です。東京電力は福島第一原子力発電所事故後、2012年に実質国有化されました。地域間の系統接続や電力取引はまだ限られています³¹。

コラム4: 中小規模の小売電気事業者の事例

電力小売完全自由化後の新規参入: 小売電気事業者A

電力小売完全自由化後、NEC、Softbank、東急などの企業が電力市場に参入した。例えば小売電気事業者Aは日本に多くの顧客を持つ大手通信事業者である。市場自由化後、小売電気事業者Aは「A電力」事業部を立ち上げ小売市場に参入した。「A電力」はいつくかの離島を除く日本各地の消費者と契約を結んだ。住民に電力を届けるために、東京電力や 関西電力のような大手電力会社とパートナーシップを結んだ。住民にとっては購入先を「A電力」に変更しただけである。送電事業は以前と同じであり、送電の質に何ら変化はない。「A電力」に変更したことによる住民の電気代に変化はなく、変化といえばクレジットカードのポイントが貯まるぐらいである。「A電力」は新たな電力自由化によって住民に選択肢を提供したのみである。

8. 電力市場の種類

日本の電力市場改革はそれまでの電力市場とは別種類の市場を築く機会になりました。これら新しい市場として次の市場が挙げられます。(1) 地域の送電能力を高めることにより、国全域としての市場、(2) 地域間の電力取引、(3) 都民が太陽光発電システムで発電した電力を電力会社が買い取り、別地域の住民に販売する地域電力市場。

31 Daphne Ngar-yin Mah, 2020, Conceptualising government-market dynamics in socio-technical energy transitions: A comparative case study of smart grid developments in China and Japan.

みやまスマートエネルギー:地域電力市場

みやまスマートエネルギーは電力小売完全自由化後に新規参入した小規模小売電気業者の別事例である。みやまスマートエネルギーはみやま市を中心に事業を展開しているが、大木町の公共施設など近隣地域へも電力を供給している。

みやまスマートエネルギーは2015年にみやま市によって設立された。同社は地元の太陽光発電者、例えばソーラーファーム所有者や太陽光発電を設置した住民にとって新たな売電先となっている。太陽光発電者は固定価格買取制度を利用し、九州電力ではなくみやまスマートエネルギーに売電することができる。みやまスマートエネルギーはこれら買い取った電力を地元企業やみやま市民のほか、みやま市内や近隣地域の学校や市役所に転売し、電力の地産地消のモデルとなっている(図11)。

2018年、みやまスマートエネルギーは合計58 MWの発電能力がある太陽光発電者と電力購入の契約を結んだ。その電力の販売先の80%は企業であり、1,000社のうちの520社がみやまスマートエネルギーと電力供給先として契約を結んだ。一般住民に対する販売契約件数は2017年時点で2,700件である。

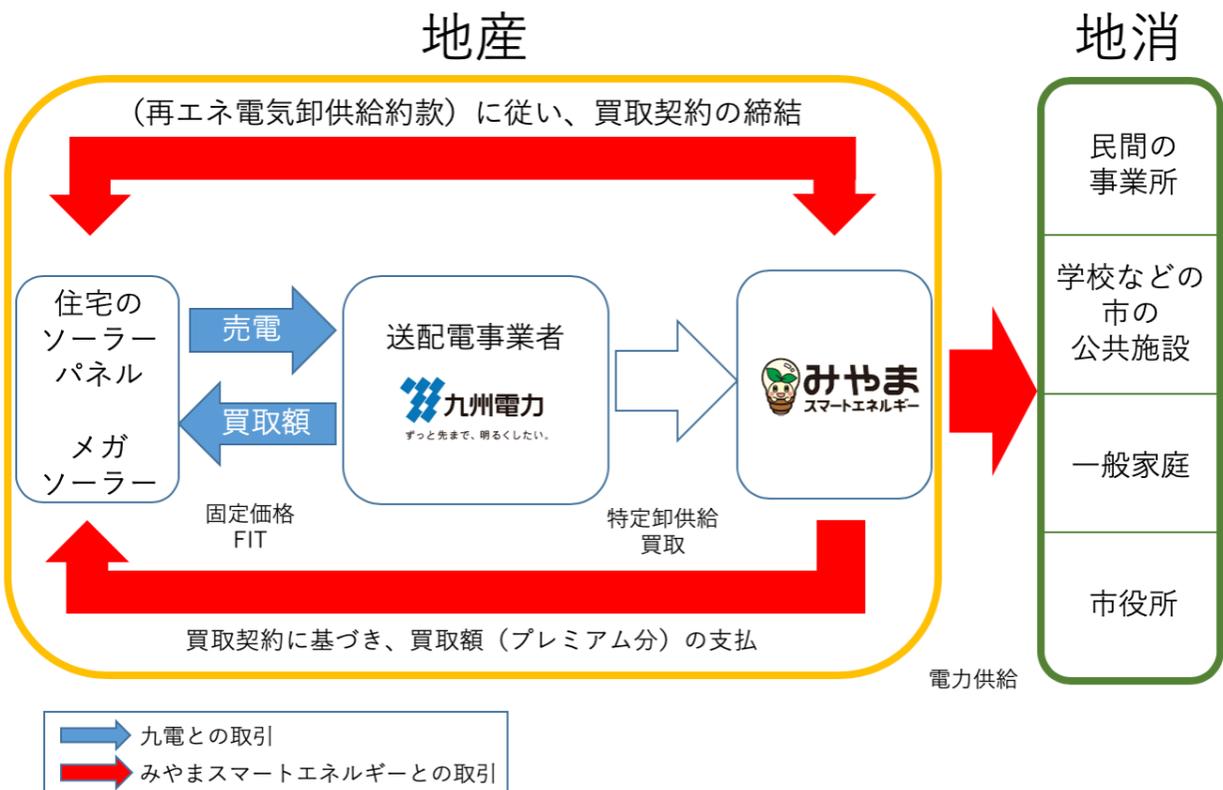


図11. みやまスマートエネルギーの事業フロー

(出典)九州電力「九州本土の再生可能エネルギーの接続状況他」、2020年;みやまスマートエネルギー「みやまスマートエネルギー」、2020年;みやま市「日本初、エネルギーの地産地消都市」、2017年;加藤伸一「福岡県みやま市、挑戦的な地域新電力に見る「理想と現実」」、日経BP、2019年3月8日 <https://project.nikkeibp.co.jp/atclppp/PPP/434167/022800096>

9. 太陽光発電への投資

都民は太陽光パネルを所有していなくても、地域や他の住民が所有する太陽光発電プロジェクトに投資することで太陽光発電をサポートすることができます(コラム6)。そのほとんどのプロジェクトはNGOや地域コミュニティによって運営されています。プロジェクトや地域によって異なりますが、都民は投資先の太陽光発電で作られた電力を自ら使用できたり、小売電気事業者に売却して利益を得ることができます。地域の太陽光発電プロジェクトに参加したりNGOに従事することで、太陽光発電の設置や省エネの実践について学ぶこともできます。

コラム6:コミュニティ所有の太陽光発電プロジェクトー多摩地域における「自分たちでやろう」モデル

多摩地域の「自分たちでやろう」モデル

「自分たちでやろう」モデルは東京の新規参入企業であるたまエンパワーによって2016年にスタートした。このモデルは地域に太陽光発電を導入するだけでなく、参加者たちは太陽光発電設備の設置について詳しく理解し、彼らに太陽光パネルの地域所有という意識を植え付けた。

参加型モデルとして、彼らは太陽光パネルの取り付け台の組み立てやパネルを屋根に設置する方法を学ぶトレーニングに参加した。トレーニング後参加者は実際に太陽光パネルの(主に商業ビル、公共施設、アパートなどの)屋根への設置にとりかかった。参加者はまた、耐久性要件にあった設備の選定や、取り付けの屋根に最適なパネルの選定責任を担った。それだけでなく、パネルを設置してから最初の1年間は、設備メンテナンスのプロフェッショナルとしての責任も担った。

この「自分たちでやろう」モデルは、専門家と住民とが太陽光パネルの組み立てと設置において役割分担を行うことで設置費用の大幅な削減をもたらした。さらに重要なのは、この「自分たちでやろう」モデルは将来の太陽光発電導入における地域コミュニティの関与の好例になるということである。



図12: 太陽光発電設備の設置への参加

10. 電気自動車(EV)

電気自動車(EV)はエネルギーの自立に重要な役割を果たします。電気自動車を住宅用の「移動可能バッテリー」として利用することもできます。電気自動車のバッテリーは自宅に駐車中、太陽光パネル用蓄電池としても利用し電力を供給することができます。このように電気自動車を電力供給源として利用することにより、送電網からの電力供給の依存度を低め、電気代を抑えることができます。さらに、蓄電能力によって都内1世帯に必要な電力の2日から4日分を供給することができます。電気自動車のバッテリーは災害や停電時の緊急用電源としても活躍します³²。

11. 仮想発電所(VPP)

仮想発電所(クラウドベース(仮想)電源システム、VPP)は太陽光を含む様々な種類の電源や、電気自動車を含む蓄電システムから電力を収集・統合し、発電の最適化、取引、電力市場での売電を行います。仮想発電所によりコストや損失を最小化することができます³³。

日本における仮想発電所はまだ開発段階です。日本政府は仮想発電所の実証実験を2016年に始め、電力会社、小売電気事業者、エンジニアリング会社などが参加しています(図13)³⁴。日本の仮想発電所開発の主要目的のひとつは、屋上の太陽光パネル、蓄電池、電気自動車など分散した電源を束ね、電力のピーク時利用に備えた資本投資を減らすことです。

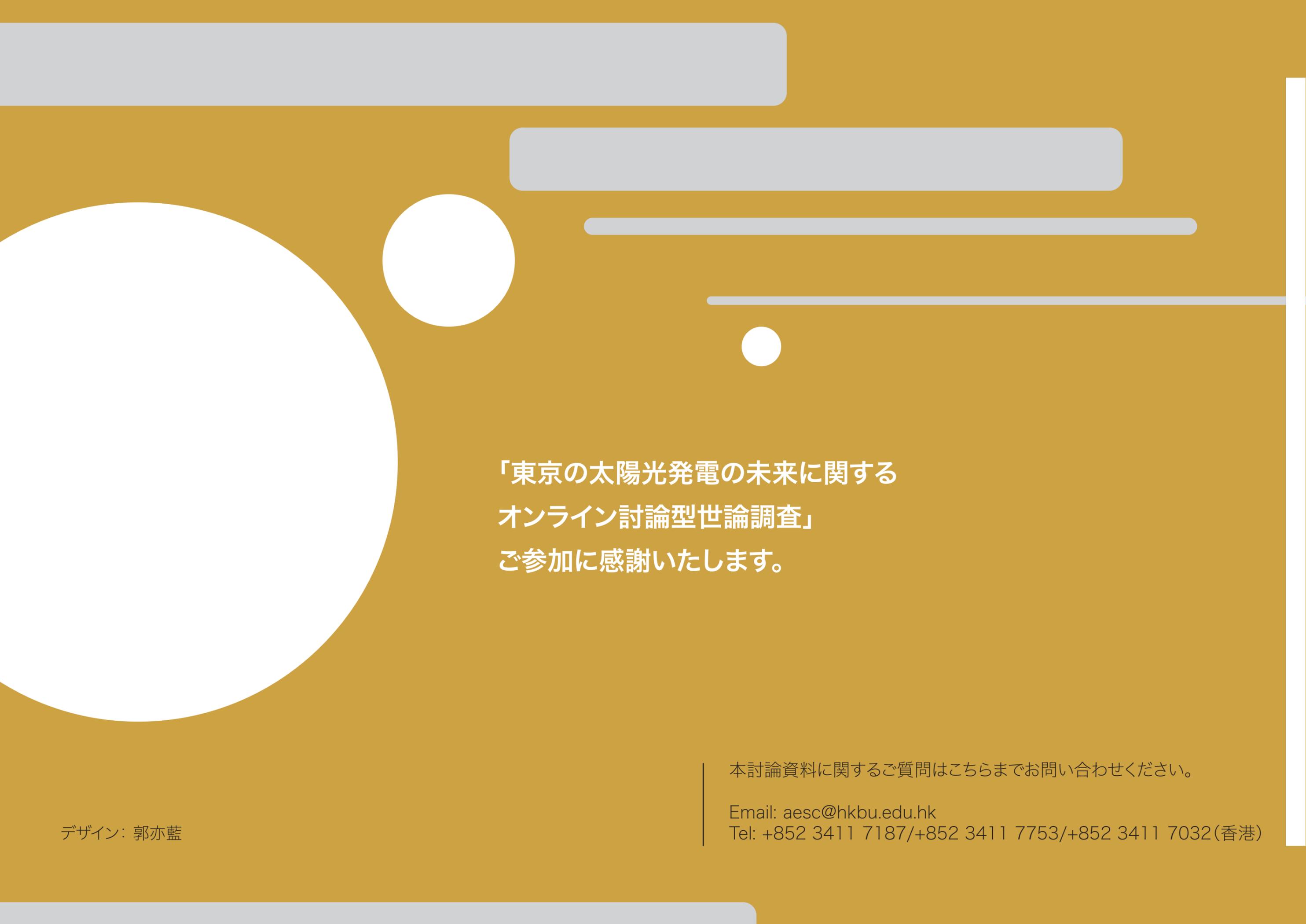
住民は将来、電力管理サービスを行う仮想発電所と契約して自宅の電源を提供することができます。例えば、仮想発電所を利用して昼間に屋上の太陽光パネルで発電された電力を蓄電池や電気自動車に充電し、夜間はその電力を使用することができます。電力の自給自足も促し、電気代の節約につながります。また、仮想発電所を使って余剰電力をピーク時に売却し利益を得ることができます。日本政府は仮想発電所プロジェクトを、固定価格買取制度終了後における太陽光エネルギー活用方法のひとつと捉えています³⁵。

仮想発電所実証実験の主要参加企業



図13: 将来の仮想発電所における参加予定企業
(出典) Source: Kiyoshi Nishimura, 2019, Latest Issue in Residential Market in Japan

32 東京都環境局「ゼロエミッション東京戦略」、2019年
 33 Hedayat Saboori, Mohammad Mohammadi and R. Taghe, 2011, Virtual Power Plant (VPP), definition, concept, components and types
 34 Kiyoshi Nishimura, 2019, Latest Issue in Residential Market in Japan
 35 Yasuhiro Sakuma, 2019, VPP/EV Aggregation Project in Japan



「東京の太陽光発電の未来に関する
オンライン討論型世論調査」
ご参加に感謝いたします。

本討論資料に関するご質問はこちらまでお問い合わせください。

Email: aesc@hkbu.edu.hk

Tel: +852 3411 7187/+852 3411 7753/+852 3411 7032 (香港)

デザイン: 郭亦藍