

# 持続可能な太陽光発電産業の姿

国際環境経済研究所 理事・主席研究員

21世紀政策研究所 研究副主幹

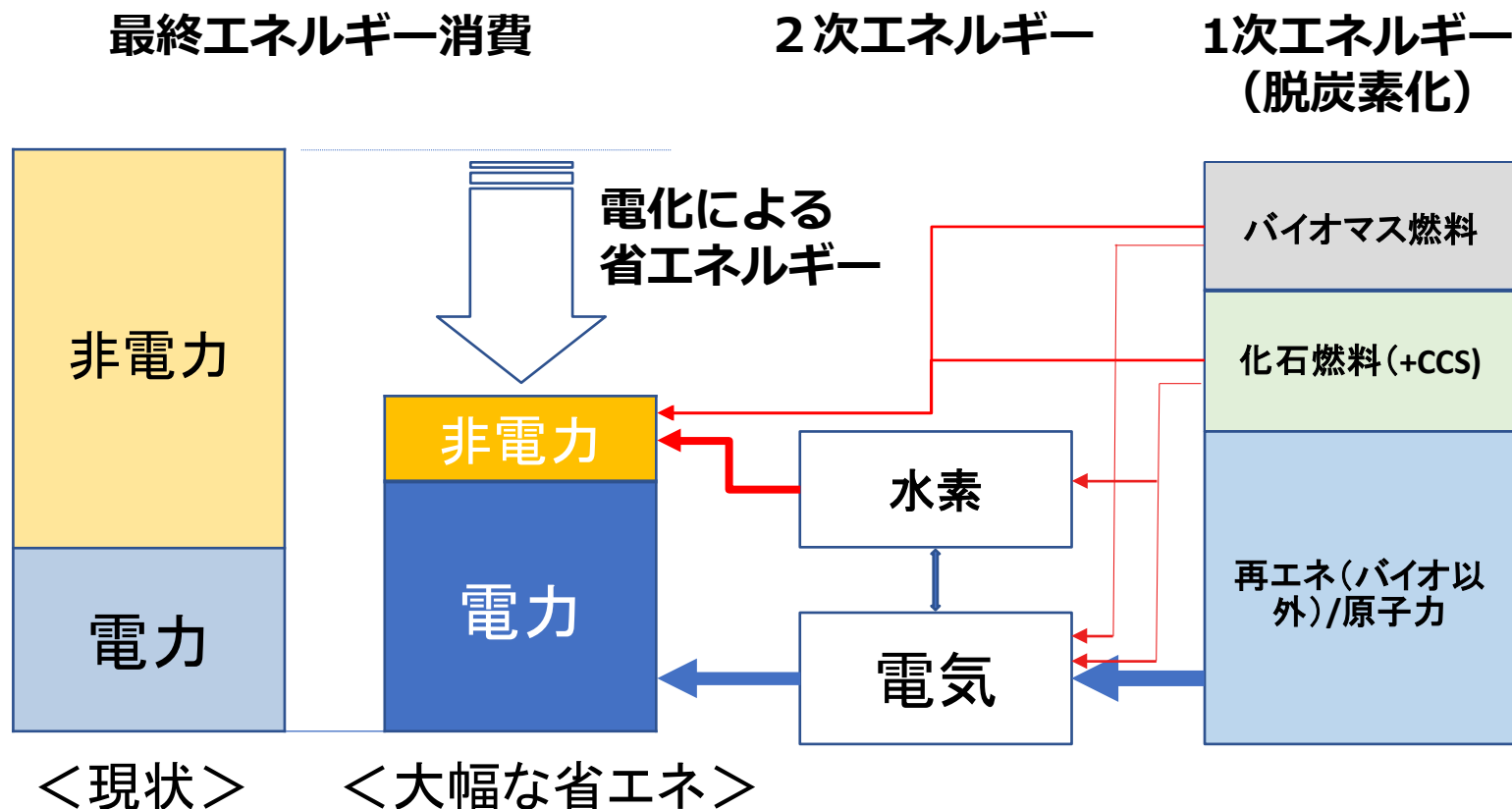
筑波大学／関西大学客員教授

U3イノベーションズLLC共同創業者・代表取締役

竹内 純子

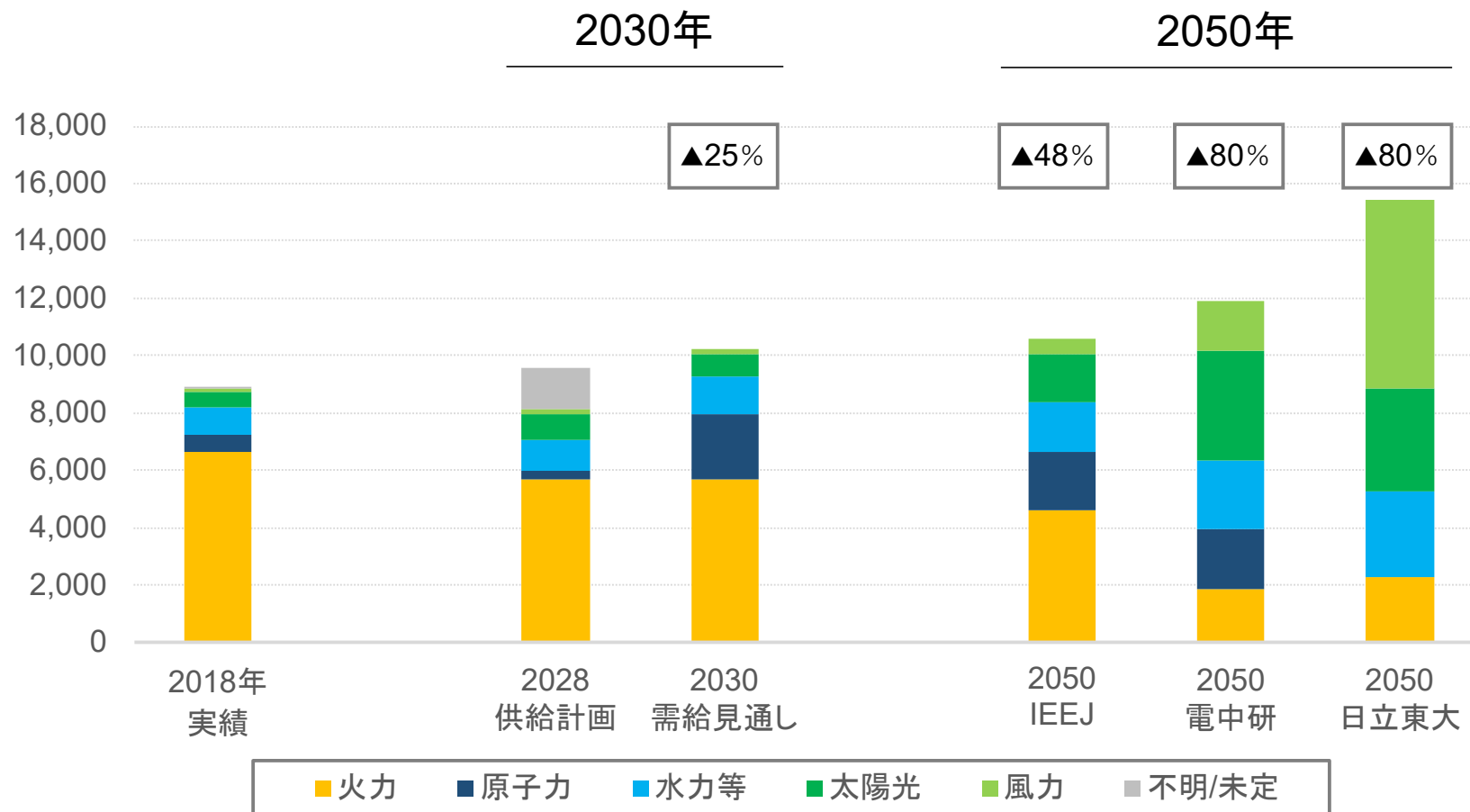
# 脱炭素化実現シナリオ

- 大幅な脱炭素を図るための技術的選択肢はそれほどない。
- 有効なのは、作り方次第で脱炭素化できる2次エネルギーの活用
- 「電源の低炭素化」×「需要の電化」の掛け算



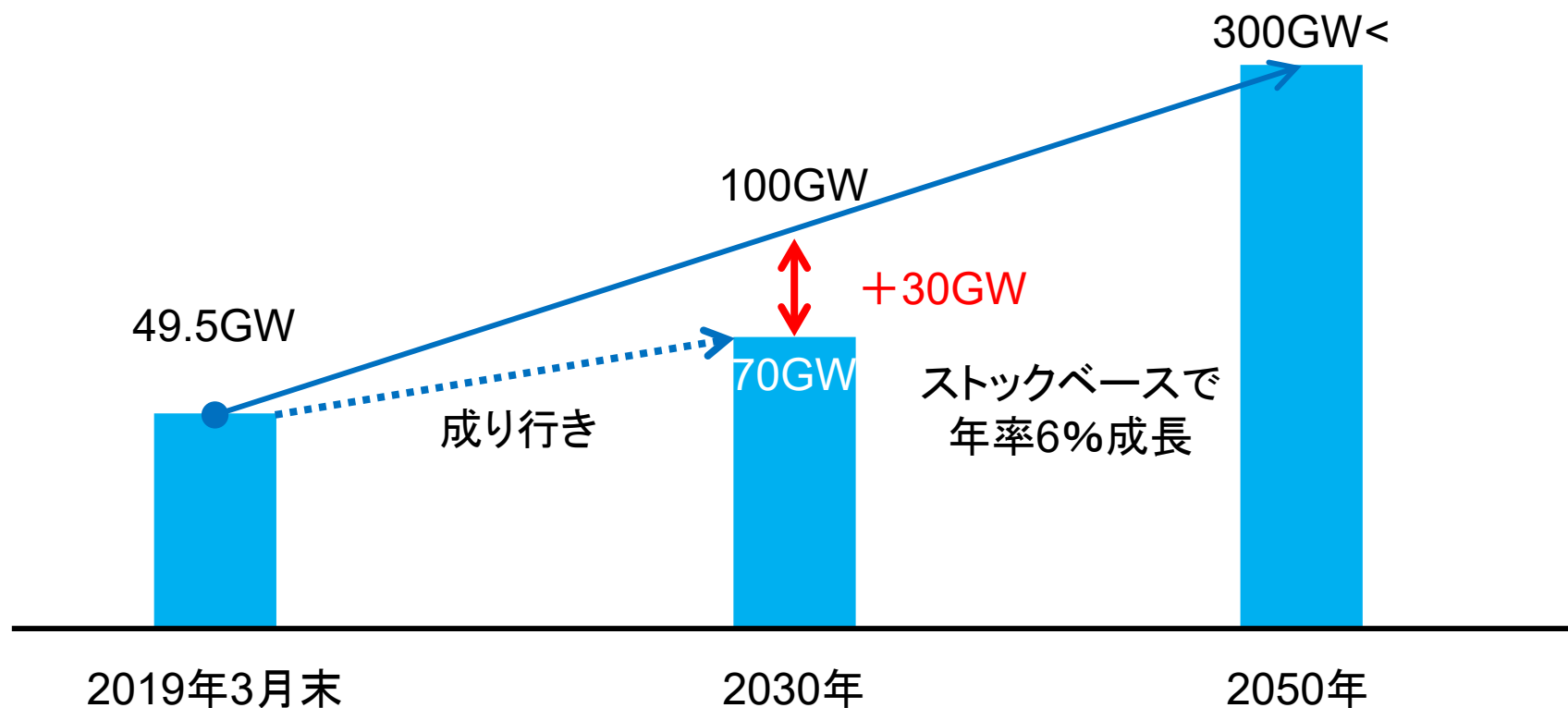
# 脱炭素社会の実現に必須の太陽光発電

2050年のCO<sub>2</sub>削減80%目標を真剣に考えるのであれば、原子力の動向に関わらず、最大ポテンシャルの再エネ導入が必要となる。



## 現在の供給計画の延長では不足

2050年に向けて定率で成長するとすれば、2030年に100GWが必要であり、供給計画にある70GWに加えて+30GWの新規開発が必要となる。

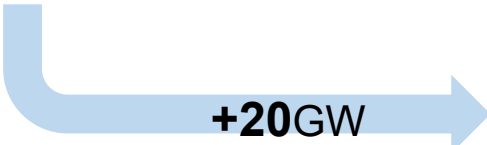


※ 電力中央研究所や日立・東大ラボ等各研究機関が、2050年にCO2削減80%目標を達成するために必要とする太陽光発電の導入量には幅があるが、300GW程度は必要との見方。

# 各カテゴリーの既導入量と期待される賦存量

2030年に100GWを達成するためには、70GWのFIT電源の長期安定利用と、30GWの新規・非FIT電源の開発が必要となる。

		既導入量	期待される 賦存量	賦存量検討の前提	
屋根置き	住宅	11GW	70GW <small>(蓄電池を活用しない自家消費を前提とすると賦存量は40GWになる)</small>	経産省試算のロジックを踏襲しU3IIにて試算。	+30GW (非FIT)
	非住宅	1GW	34GW	法人建物調査の統計データを用いてU3IIにて試算	
地上設置		38GW	230GW	電力中央研究所試算(土地の利用制約を考慮した推計値)	


**+20GW (FITベース)**

FITベースで作られた既設太陽光の長期安定利用

# 持続可能な太陽光発電産業の創出に向けた課題

- FITにより我が国の太陽光発電は急拡大したが、主力電源となるに十分な、産業としての習熟度を獲得したとは言い難い。
- 制度設計と産業のエコシステム確立が車の両輪となって、初めて「再生可能エネルギーの主力電源化」が可能になる。
- 太陽光発電事業に関わるPV関連メーカー、O&Mサービス事業者、金融機関、一般送配電事業者、学識者など、幅広いステークホルダーに約10か月をかけてヒアリングを実施し、課題を整理。

## 1. 最初の一步は、再生可能エネルギーのコスト低減

再生可能エネルギーのコスト低下が進み、そこにエネルギー間競争に中立な炭素価格やデジタル化が加わると、「需要の電化」に向けた循環が働く。そうすると「電源の低炭素化」×「需要の電化」が進展するスパイラルが動き始めるはず。

## 2. 太陽光発電事業のカテゴリーごとに直面する課題を整理

太陽光発電事業は、カテゴリー（設置場所）によってそれぞれ現状直面する課題もポテンシャルも異なる。それらを分析するとともに、2030年に向けた具体的なコスト目標を設定する。

## 3. 太陽光発電事業のカテゴリーごとに打ち手を考える

屋根置き（住宅／非住宅）、地上設置の太陽光発電のポテンシャルを最大化する産業エコシステムを構築する、具体的な打ち手を考える。

# 各カテゴリー毎に直面する課題を整理する

太陽光発電事業を一括りで見のではなく、設置場所等により丁寧に課題分析を行う必要がある。

## 直面する課題

### 屋根置き

#### 住宅

- ・新築住宅:太陽光発電導入のメリットが国民に共有されず、一部ハウスメーカーが取り入れるZEH等に導入されているのみ。
- ・既設住宅:耐荷重や瑕疵担保責任の課題／住宅寿命とPV寿命との不一致／PVが中古住宅の価値を向上させる評価システムが無い。今後の懸念として、空き家住宅wPVで火災等が発生した場合のイメージダウン。

#### 非住宅

- ・これまでほとんど空白地帯。
- ・CDPやRE100等の後押しもあり今後は期待。
- ・一方で、施設の持続性(移設コスト込みでペイするか)、屋根の特性に対応した架台や工法の開発、非化石価値証書を中心とする再エネ認定メカニズムの見直しなど多くの課題。

#### 地上設置

- ・FIT制度の下急増したカテゴリー。
- ・しかし多くの地域で軋轢を発生させ、「迷惑施設」としてのイメージ。
- ・再投資を促進するための低コストメンテナンスに関する習熟、コスト効果に関する評価・分析、ファイナンスの仕組み等が不足。

# 持続可能な太陽光発電産業の創出に向けた課題

## 1. 太陽光発電のコスト競争力の作りこみ

グローバル調達推進による機器の内外価格差解消やスケールメリット、日本の立地条件に対応した施工費用や運営費用の作りこみ等を丁寧に重ねた市場競争力の作りこみが大前提となる。

## 2. 太陽光搭載住宅を社会ストックとして継続利用するための環境整備

太陽光搭載住宅は、空き家問題や中古流通問題など住宅産業が抱える問題を同じく抱えるようになる。国交省や不動産業界と連携して、太陽光搭載住宅が社会ストックとして継続利用される環境整備が必要となる。

## 3. 持続的な地域エネルギー産業の創生

地域エネルギー資源という太陽光発電が本来持つ特徴を正面から捉え、地方都市が抱えるエネルギーインフラ問題の解決策として、エネルギー資源開発と地域の電化を促進する地域エネルギー産業を創生する。

## 4. 電源への投融資環境の整備

地上設置型太陽光発電について、非FIT案件の開発や卒FIT案件のリファイナンス・リプレースを推進するには兆円単位の投融資が必要であり、FIT制度に依存しない投融資を可能とする制度環境と金融能力が必須。

## 5. 必要機能・資金を外部から呼び込む開かれた送配電事業への転換

垂直統合・総括原価方式時代のやり方を踏襲しては、設備投資の過少・過剰問題に直面する。系統運用や設備増強に必要な機能や投資資金を外部から呼び込む事業モデルや市場メカニズムの確立が必要。



# コスト競争力強化に向けた取り組み

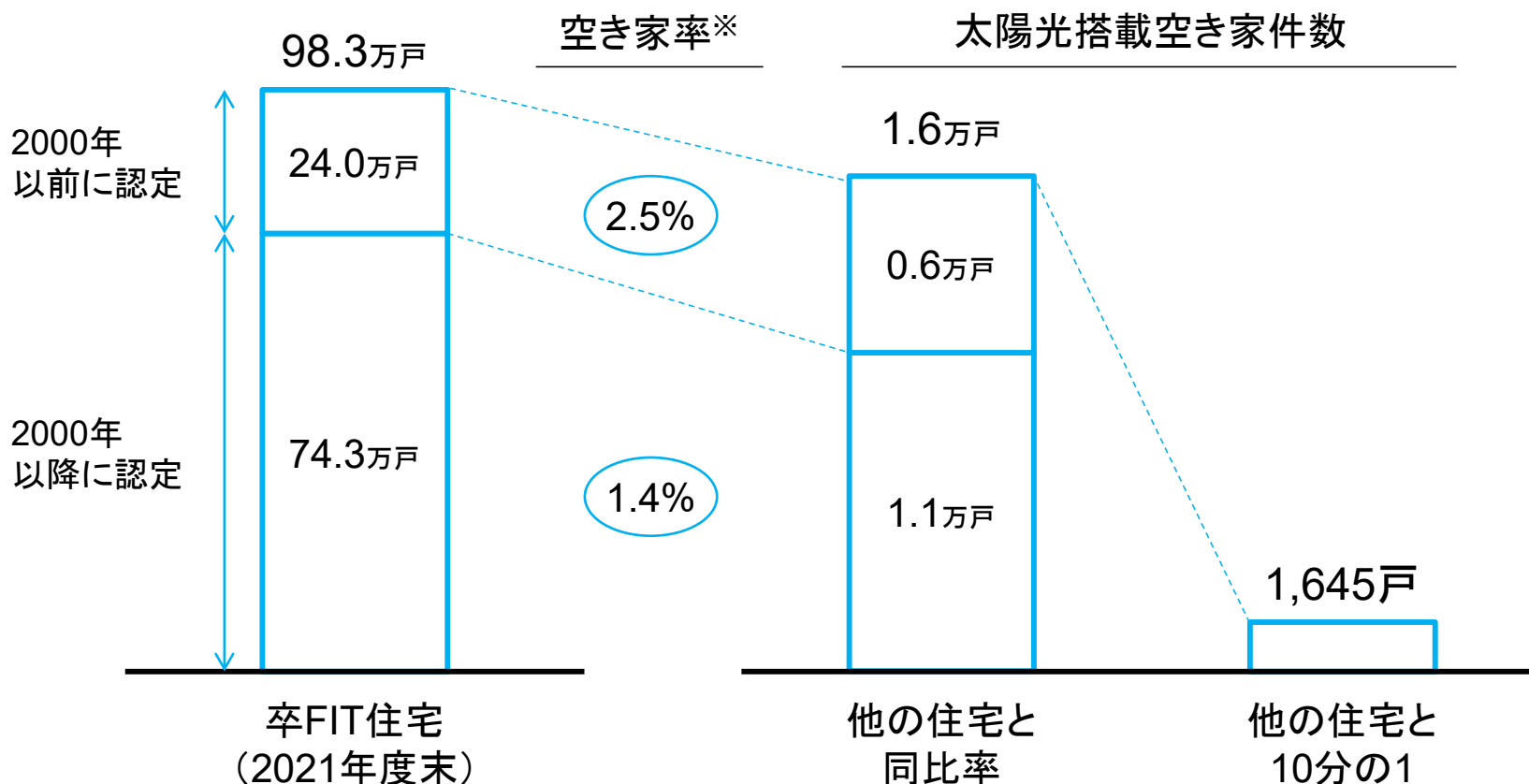
送電端で火力発電に拮抗する価格競争力を持つには、LCOEで10円/kWhを切りたい。下記に加え、インバランスリスクを最小化するための発電量予測技術の向上や、金融領域の機能強化も必要となる。

	概要	対象費用項目
グローバル調達による世界水準の機器単価の実現	太陽電池モジュールやパワコンのグローバル調達を進めてスケールメリットを利かせ、内外化価格差を解消する。	PVモジュール・PCS 6.5円/kWh
モジュール変換効率の改善	モジュール変換効率改善(単結晶20%→ )により、kWあたりの造成面積や施工工数を削減。架台・施工など施工関連費を抑制する。	施工関連費 6.3円/kWh
施工関連のベストプラクティス展開	2018年度時点で実現できているコスト効率の高い施工方法を標準化し、広く普及する。	施工関連費 6.3円/kWh
効率的な運転管理を実現する技術開発	発電所の監視技術や除草に関する技術開発・規制緩和を進め、運転維持費を抑制する。	運転維持費 4.8円/kWh

※ 上記のほか、インバランスリスクを最小化するための発電量予測技術の向上も重要となる。また、保険金支払い査定の適正化による保険料金の適正化(削減)や事業査定力の強化による資本費用(金利)の適正化(削減)など、金融領域の強化策も挙げられる。

# 参考：太陽光搭載の空き家問題

2021年度末には卒FIT住宅が約100万戸に達する。他の戸建て住宅と同比率で空き家となった場合、約1.6万戸が太陽光搭載空き家となる。仮にその10分の1が空き家となったとしてもその数は1千戸を超える。



※ 出所:国交省

## 太陽光搭載住宅を継続利用する環境整備

太陽光搭載住宅は、空き家問題や中古流通問題など住宅産業が抱える問題を同じく抱えるようになる。国交省や不動産業界と連携して、太陽光搭載住宅が社会ストックとして継続利用される環境整備が必要となる。

### 想定される問題点

- 太陽光搭載の空き家問題
  - 2020年代初頭、卒FIT住宅は100万戸を突破し、数千から万オーダーの太陽光搭載空き家が登場する恐れ
  - 適切に保守されていない太陽光搭載の空き家が火災事故等を引き起こすリスクが増大
- 太陽光搭載住宅の中古流通問題
  - 中古の太陽光搭載住宅を評価する仕組みが無い。「あったらいいな」ではなく「あると怖い」となり、太陽光を搭載していることがディスカウント要因となる可能性
  - 結果、住宅売買のタイミングで太陽光発電が撤去されてしまう恐れ

➡ 70GWの戸建て住宅の太陽光発電ポテンシャルを最大限に引き出せない

### 必要な打ち手

- 既築住宅の表示制度への組み込み
  - 中古住宅の流通促進という観点から、品確法に基づく住宅性能表示に太陽光発電を組み込む
  - ※ BELS/ZEHの認定制度に太陽光発電は組み込まれているが、新築住宅での運用に主眼
- 不動産情報サイト事業者等との連携
  - 不動産情報サイト事業者と連携し、中古住宅の買い手が必要とする情報を整備・提供
    - 想定される電気代削減額
    - 太陽光発電のメンテナンス状態 等
  - 上記情報を第三者が査定する仕組みの構築

➡ 社会ストックとして太陽光搭載住宅を継続利用する仕組みを構築する

## 持続的な地域エネルギー産業の創生

地域エネルギー資源という太陽光発電が本来持つ特徴を正面から捉え、地方都市が抱えるエネルギーインフラ問題の解決策として、エネルギー資源開発と地域の電化を促進する地域エネルギー産業を創生する。

### 想定される問題点

- 迷惑設備としての認知
  - 現在の地上設置型太陽光発電は、地域エネルギー資源として地域にメリットを還元することなく、また、瑕疵ある電源の存在により、迷惑設備としての認知が進んでいる
  - 結果、多くの自治体は太陽光発電の新規導入を規制する方向で動き始めている
- 地域新電力モデルの限界
  - 太陽光発電のメリットを地域に還元するビジネスモデルとして地域新電力が注目される
  - ただ、多くの地域新電力は、電気の売り手/買い手の名義を変えるだけで、創出価値が限定的な持続性を欠くビジネスモデルとなっている

⇒ 230GWの地上設置太陽光発電のポテンシャルを最大限に引き出せない

### 必要な打ち手

- 地域エネルギープランの策定
  - 地方都市は、石油製品のインフラ維持に苦慮しており、持続性ある地域エネルギー産業の再構築が必須
  - 域内総所得増大に寄与する、地域エネルギー資源の開発と地域需要の電化を組み合わせた地域エネルギープランを策定
- 地元エネルギー事業者の業態転換
  - これまで地域のエネルギーインフラを支えてきたLPガス事業者等を中心に、「地域エネルギー資源の開発」と「地域の電化」を生業とする地域資本の地域エネルギー事業を創設

⇒ 地域エネルギー資源を最大限活用する地域エネルギー産業の創生

## 参考：地方都市のエネルギーインフラ問題

日本の自治体の6割は、都市ガスへのアクセスがない。人口密度が低い  
ため、ガソリンスタンドなどの石油製品のインフラ維持に苦慮しており、持  
続性ある地域エネルギー産業の再構築が求められている。

エネルギーインフラ視点の日本の自治体構成

		自治体数	人口	面積
都市 ガス への アクセ ス	有り	654 自治体 (38%)	10,588 万人 (83%)	12.3 万km <sup>2</sup> (33%)
	無し	1,087 自治体 (62%)	2,124 万人 (17%)	24.9 万km <sup>2</sup> (67%)

エネルギーインフラの実態

### ■ ガソリン

- 300を超える自治体がガソリンスタンド(SS)へのアクセスが困難なSS過疎地となっており、日本のSS過疎地の約9割がこのセグメントに集中。
- 自治体の中には閉鎖中のSSを買い取り、自治体が指定管理者を選定し、自らがSSを運営しているところもある。

### ■ プロパンガス事業

- 需要密度の薄い地域におけるインフラ(充てん所や配送者等)の維持が困難。
- 約90kgの容器を運ぶ重労働を伴い、かつ保安関係資格も必要となる要員確保が困難。

## 参考：地方都市におけるエネルギー支出

都市ガスへのアクセスがない自治体は、石油化学コンビナート立地といった特殊な状況でない限り、域内総生産の4%程度を、域外からの石油・石炭製品の購入支出に充てている。

人口規模上位の地方都市  
(都市ガスへのアクセスがない自治体)

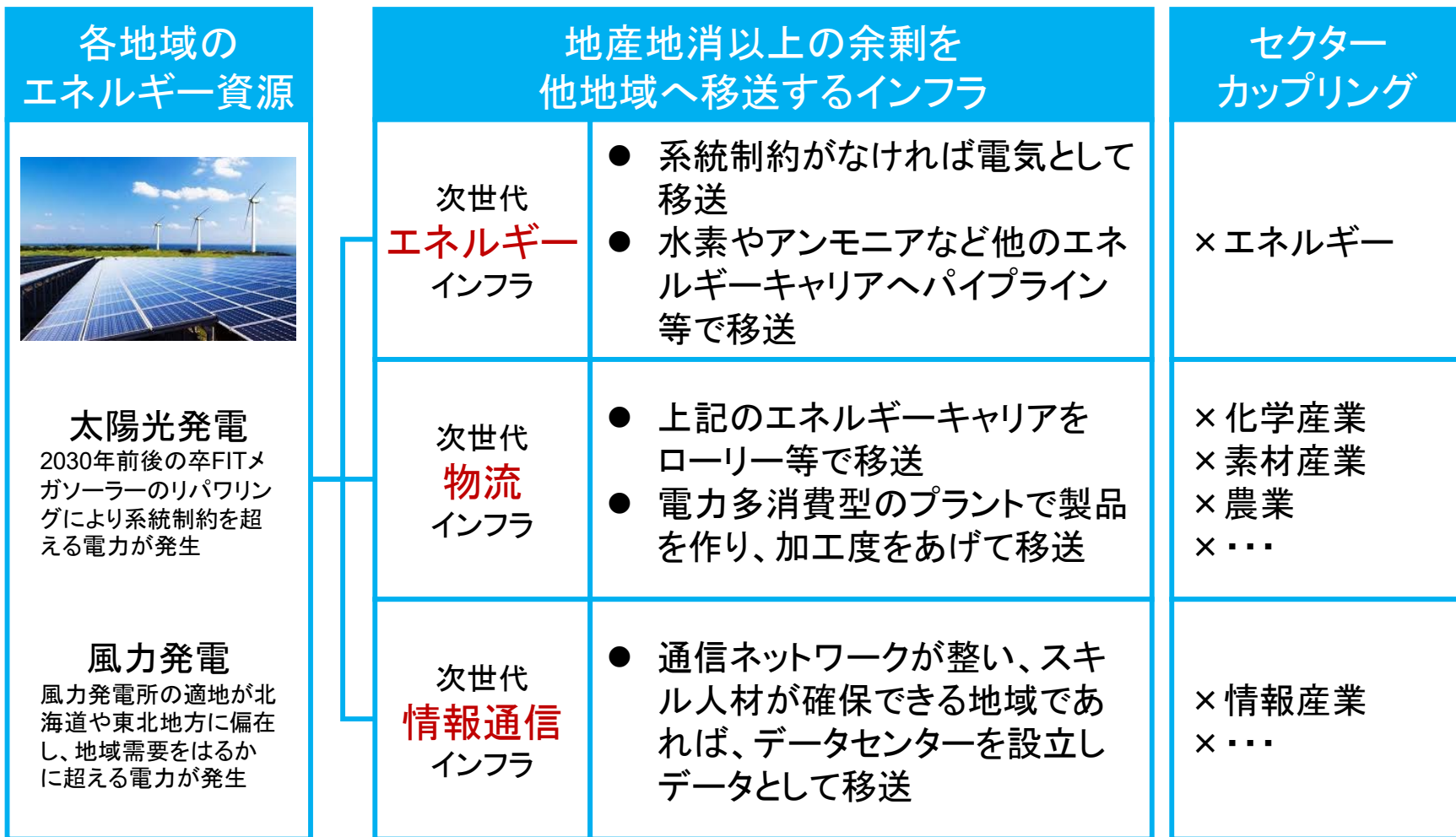
単位：億円

	A市	B市	C市	D市	E市
域内総生産(=総支出)	5,039	5,244	4,551	4,500	4,113
消費	4,175	3,658	4,163	3,445	3,127
域際収支	-116	480	-646	132	0
移輸出	4,539	6,701	4,051	5,631	4,524
移輸入	4,655	6,221	4,697	5,499	4,524
投資	980	1,106	1,034	923	986
エネルギー支出	309	322	108	289	296
石炭・原油・天然ガス	9	81	512	8	11
<b>石油・石炭製品</b>	<b>203</b>	<b>149</b>	<b>-261</b>	<b>183</b>	<b>198</b>
電気	85	75	-154	79	77
ガス・熱供給	12	17	11	19	10

※ 出所：環境省が作成した「地域循環経済モデル」よりU3イノベーションズ作成

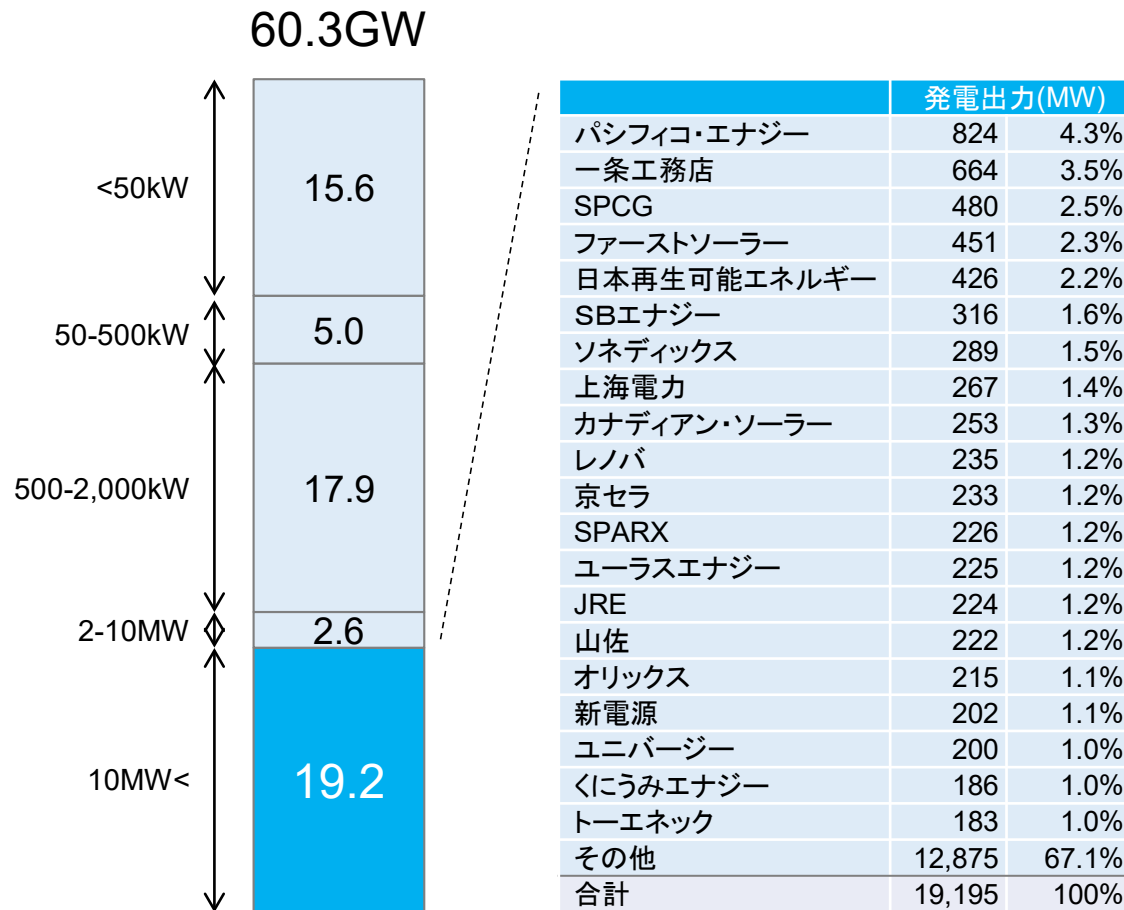
# 参考：地域特性を踏まえた産業横断のエネルギー需給構造

郊外型電源としての太陽光発電を地域エネルギー資源として最大活用するため、各地域がアクセスできるインフラ等を考慮したP2Xを実現。



# ポストFIT時代への以降に必要な資金

10MW超の電源保有者はファンドが多く、卒FITのタイミングでExitする。長期運用の意図がない事業者が受け皿となると順次電源は閉鎖される。長期運用のためには10MW超の電源だけでも1兆円超の資金が必要。



## ■ 単純売却

- 追加投資無しで21~25年目の5年間、7円/kWh(容量市場収入・託送費用補正後)で売電した場合、約1万円/kW(過積載率130%)
- 約2,000億円=19.2MW@¥10k/kW

## ■ パワコン更新

- kW単価を1万円とすると、さらに約2,000億円の追加投資(材のみ)

## ■ パネル更新

- kWp単価を2,000円とすると、さらに約260億円の追加投資(材のみ)

## ■ 架台まで更新

- パネル、パワコン、架台を総交換し、kW単価を8万円/kWとすると約1.6兆円の投資が必要となる。



## 電源への投融資環境の整備

地上設置型太陽光発電について、非FIT案件の開発や卒FIT案件のリファイナンス・リプレースを推進するには兆円単位の投融資が必要であり、FIT制度に依存しない投融資を可能とする制度環境と金融能力が必須。

### 想定される問題点

- 非FIT案件の投融資金不足
  - 150GW超のポテンシャルを持つ新規の地上設置太陽光発電の開発を進めるためには、兆円単位の投融資が必要。
  - 一方、FIT制度を利用しない電源への投融資に、金融機関が消極化する可能性が高い。
- 卒FIT案件のリファイナンス問題
  - 卒FITの既設太陽光発電に関して適切なりファイナンスやリプレースを進めるためには兆円単位の投融資が必要。
  - 上記と同じ理由で、適切なりファイナンスが進まず、既設太陽光発電が順次閉鎖され、原状復帰されないまま土地が塩漬けになる。

➡ 230GWの地上設置の太陽光発電ポテンシャルを最大限に引き出せない

### 必要な打ち手

- 電源種中立的な制度環境の整備
  - 系統大規模電源や分散電源といった電源種に対して中立性を担保した、電源投資の確保に向けた制度措置が必要となる。
- 金融面でのイノベーションの誘発
  - 自由市場で競争する電源の競争力や資産価値を見定めるための競争電源に対する評価・審査能力を金融機関が獲得することが必須
  - 導管性要件の緩和等による上場ファンドの事業環境整備をはじめ、新たな金融枠組みの活用による金融サイドでのイノベーションが必要

➡ FIT制度に依存しない投融資を可能とする制度環境と金融能力の構築

# 必要機能・資金を外部から呼び込む送配電事業への転換

従来の系統運用や設備増強のやり方を変える必要。(災害対応や人口減少の要請も加味する必要も)。系統運用や設備増強に必要な機能や投資資金を外部から呼び込む事業モデルや市場メカニズムの確立が必要。

## 想定される問題点

- 従来の系統計画・運用の踏襲
  - 一般送配電事業者が大規模電源の接続ルールやプル型の系統計画など、従来のやり方を踏襲した場合、太陽光発電を大量に受け入れるためには多額の設備投資が必須
- 送電系統の増強投資の遅延
  - 国・広域機関が策定したマスタープランに実行性を持たせるため、一般送配電事業者に計画実行を促す仕組みの導入が検討中。
  - 一方、設備投資回収が確実にできる保証がないため、一般送配電事業者が投資に消極的になりがち。結果、送電系統の増強投資が遅延するおそれ。



託送利用を前提とする230GWの地上設置のポテンシャルが引き出せない

## 必要な打ち手

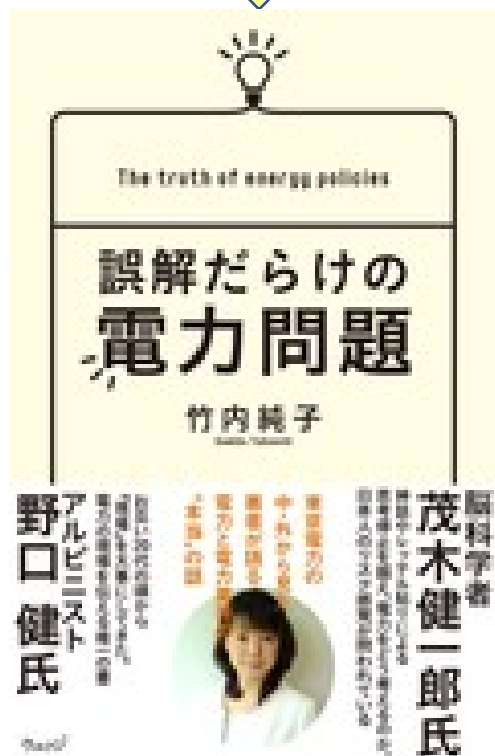
- 送配電事業者の事業モデル変革
  - ノンファーム型接続や価格シグナルを通じた電源立地誘導、スマートインバータなどエッジ機能の活用を推進するプラットフォームへ一般送配電事業者のビジネスモデルを転換
- 民間から投資資金を呼び込む制度
  - 例えば、英国の洋上送電事業者(OFTO: Offshore Transmission Operator)のように、民間から投資資金を呼び込む仕掛けを制度化し、国・広域機関が策定するマスタープランに実行性を付与。



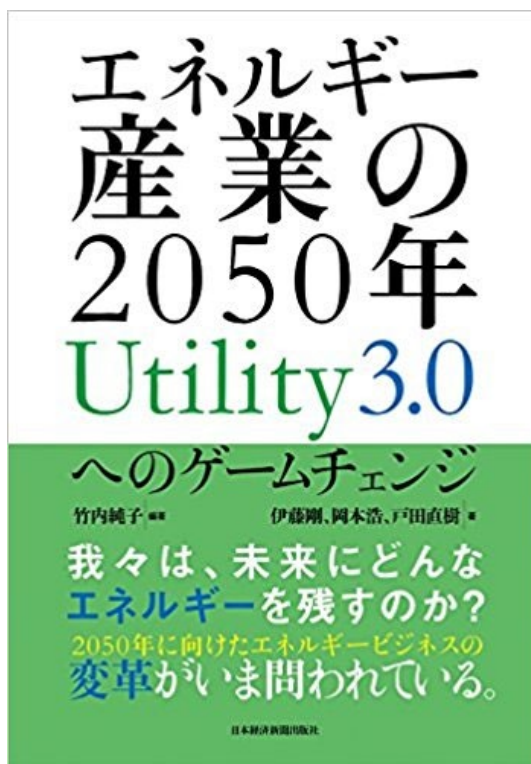
必要機能や必要資金を外部から呼び込む事業モデルと市場メカニズム

# ご清聴ありがとうございました

「電気の基本」  
が知りたい



「エネルギーの未来」  
が知りたい



「原子力のリスク」  
を考えたい

