# 東京大学 公共政策大学院

# ワーキング・ペーパーシリーズ

**GraSPP Working Paper Series** 

The University of Tokyo

GraSPP-DP-J-22-001

世界から見ると乏しい日本の太陽光発電導入可能量とその拡大策

中島みき 立花慶治 本部和彦

2022年3月

Graspp
THE UNIVERSITY OF TOKYO

GraSPP Discussion Paper J-22-001

GRADUATE SCHOOL OF PUBLIC POLICY
THE UNIVERSITY OF TOKYO
HONGO, BUNKYO-KU, JAPAN



# GraSPP-DP-J-22-001

# 世界から見ると乏しい日本の太陽光発電導入可能量とその拡大策

中島みき 立花慶治 本部和彦\*

2022年 3月

\*東京大学公共政策大学院客員教授 〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1 e-mail: hombu "at" pp.u-tokyo.ac.jp

注:著者の所属、連絡先はいずれも執筆当時のものです。

## 世界から見ると乏しい日本の太陽光発電導入可能量とその拡大策

中島みき 1、立花慶治 2、本部和彦 3

#### 1. はじめに

2021年10月22日第6次エネルギー基本計画が閣議決定され、この計画を踏まえて2050年にカーボンニュートラルを目指すとともに、温室効果ガスを2030年度に2013年度比で46%削減する目標がパリ協定に基づく日本の新たな国別貢献として国連に登録された。温室効果ガス削減を実現する基本的な方策は、エネルギー起源CO2の削減であり、エネルギー需要の大幅削減に加えて、再生可能エネルギーによる電源の低炭素化を進めることとされている。このうち再生可能エネルギーについては、2030年度には発電電力量を約9,340億kWhに抑えながら再生可能エネルギーのシェアを第5次エネルギー基本計画の22~24%から36~38%に大幅拡大する野心的な計画となっている。まさに再生可能エネルギー主力電源時代の幕開けを告げる計画となっている。

2030 年に向け残された時間はわずかに 8 年に過ぎない中で、短期拡大の主力を担うと期待されているのが太陽光発電(PV)である。第 5 次エネルギー基本計画では 2030 年度の発電電力量の 7%であった PV のシェアが、第 6 次エネルギー基本計画では一気に  $14\sim16\%$ にまで拡大している。これを設備容量で見ると、現時点の導入量  $55.8\mathrm{GW}$ が、 $87.6\mathrm{GW}\sim100\mathrm{GW}$  まで拡大することとなっている。FIT 認定済の未稼働分  $18.0\mathrm{GW}$ がすべて運転開始するとしても、今後新たに  $13.8\mathrm{GW}\sim26.2\mathrm{GW}$  の  $\mathrm{FIT}/\mathrm{FIP}$  新規認定と建設・稼働が必要となる。

PV の新規立地に関しては、2011 年民主党政権下で成立した"電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法"により"固定価格買取 (FIT) 制度"が開始され 40 円/kWh 以上の取価格が設定されたことにより一気に拡大した。しかし、国民負担の急速な拡大を抑えるための買取価格の引き下げや乱開発を受けた地方条令の制定、更には 2022 年 4 月 1 日に施行される"フィードインプレミアム (FIP) 制度"への移行を目指した"再生可能エネルギーの利用の促進に係る特別措置法"への改正により、最近は運転開始する PV が減少している。

<sup>1</sup> 東京大学公共政策大学院 客員研究員、国際環境経済研究所 主席研究員

<sup>2</sup> 東京大学公共政策大学院 客員研究員

<sup>3</sup> 東京大学公共政策大学院 客員教授、大成建設(株)常務執行役員

こうした状況下でなお政府が太陽光発電の再拡大に期待するのは、技術的には成熟し、 風力、中小水力、地熱などに比べ開発リードタイムが短いことに加え、資源が全国にあ まねく分布するとともに、その開発ポテンシャル、つまり想定発電電力量が大きいと見 られていることにある。

しかしながら、世界の太陽光発電ポテンシャルを評価した世界銀行の報告書 "ESMAP. 2020. Global Photovoltaic Power Potential by Country. Washington, DC: World Bank"(以下「世銀報告書」と言う)によれば、日本の国土に降り注ぐ日射量の平均値は3.641kWh/日/m2、世界210カ国中181位であり、また、国土の中で太陽光発電に適した地域(2.に記述)に太陽光パネルを設置した場合に、出力1kW(DC)の発電能力を有する太陽光発電所が一日に発電できる発電電力量(PVOUT)(AC)の全国平均値は3.446kWh/日/kWp、世界210カ国中182位と、ともに低位の状態にある。

本研究は、世銀報告書をベースに、まず国内でメガワット級太陽光発電所の開発に適した国土が1年間に生み出す発電電力量について発電コスト(LCOE)別に整理したものを、太陽光発電の「技術的導入可能量」と定義して評価した。次に、その内経済性(採算性)が良くないものを除いて評価した発電電力量を「経済的導入可能量」と定義し、発電コスト(LCOE)10セント/kWhを閾値として発電電力量を評価し、G20国などと比較した上で(3. に記述)、最後に経済的導入可能量に乏しいという日本の弱点を補う政策について提案するものである。

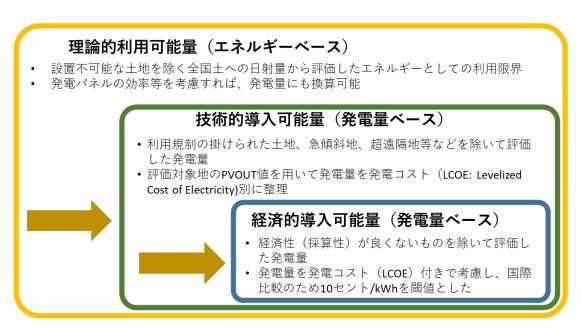


図1 本稿の評価(3章以降)で用いたポテンシャルの定義

- 2. 主要国と日本の技術的導入可能量
- 1) 世銀報告書の特徴と留意点

世銀報告書は、バランスのとれた方法論で世界各国のメガワット級 4太陽光発電のポテンシャルを評価した研究が公開されていない 5との現状認識を踏まえ、そのような評価研究結果を政策決定者や投資家に提供することを目的として作成された 6。その特徴と留意点を以下に要約する。

#### 【方法論】

世銀報告書のポテンシャル評価は、現在国際的に広く採用されている米国 NREL (National Renewable Energy Laboratory)の4つのポテンシャル区分(①資源ポテンシャル(Resource Potential)、②技術的ポテンシャル(Technical Potential)、③経済的ポテンシャル(Economic Potential)、④市場ポテンシャル(Market Potential))(図2)に沿いつつも、それに対して図3のように独自に再定義した区分(①理論的ポテンシャル(Theoretical Potential)、②実務的ポテンシャル(Practical Potential)、③経済的ポテンシャル(Economic Potential))7に沿って行った。

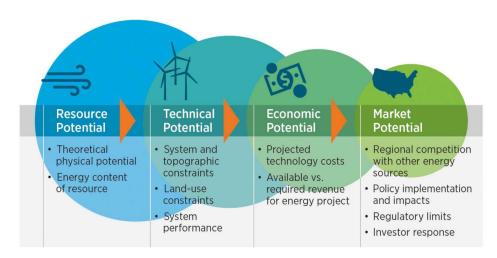


Figure ES-1. Types of Renewable Generation Potential

図 2 NREL のポテンシャル定義 (出典: NREL(2016))

-

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> 原文は、utility-scale。

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> 全世界のポテンシャルを推定した先行研究として Hoogwijk(2004)があるが、カナダ・米 国・日本以外の国は地域別に集約しており、各国の比較はできない。

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> ESMAP(2020), p.4

<sup>7</sup> NREL の定義では、ポテンシャルとは②が技術的に実現可能な発電設備量ならびに発電電力量、③が投資回収可能な発電設備の発電電力量であるのに対し、世銀報告書の定義では②③共に発電設備量でも発電電力量でもない点に留意が必要である。

#### **Theoretical PV Potential**

Global horizontal irradiation (GHI, measured in kWh/m<sup>2</sup>/day), the long-term amount of solar resource available on a horizontal surface on Earth.

#### **Practical PV Potential**

Photovoltaic power output of a PV system (specific yield, measured in kWh/kWp/day); in this case, the long-term power output produced by a utility-scale installation with fixed-mounted, monofacial c-Si modules with optimum tilt

- Level 0 Practical potential disregarding any land-use constraints
- Level 1 Level 0 practical potential, excluding land with identifiable physical obstacles to utility-scale pv plants
- Level 2 Level 1 practical potential, excluding land possibly under land use regulations due to nature and cropland protection

#### **Economic PV Potential**

Levelized cost of electricity (USD/kWh) – the lifetime costs associated with construction and operation of the power plant divided by the electricity produced during this lifetime (the lower the cost, the higher is the economic potential)

図 3 世銀報告書のポテンシャル定義 (出典: World Bank (2020))

① 理論的ポテンシャル:地面に到達する太陽光エネルギーの密度(kWh/日/m²)。

Solargis8が公開している GHI9を採用。

② 実務的ポテンシャル:PVOUT 毎の適地面積

次の三段階に分けて計算。

- a. 適地面積: $GIS^{10}$ データに下記の土地利用制約フィルターを掛け、二つの水準(Level 1, Level 2)でメガワット級太陽光発電所に適した土地を拾い出して地図を作成(適地マップ)、面積 $(km^2)$ を計算。
- Level 1: 物理的または技術的に土地利用上の制約がある為にメガワット級太陽光発電所の建設が実務的ではない、と世界の1万件以上のメガワット級太陽光発電所の事例に基づいて判断される土地。具体的には、次の土地を除外。
  - ・ 1km 四方のピクセル内の標高差が 300m 超

<sup>8</sup> https://globalsolaratlas.info/support/about

<sup>9</sup> GHI: Global Horizontal Irradiation その場所に水平に置かれた 1m<sup>2</sup>の平面上に注がれる 日射量

<sup>10</sup> GIS: geographical information system。ESMAP(2020),p.7-9 参照。

- ・ ピクセル内の標高の標準偏差が 60m 以上
- ・水面(但し大陸海岸線から 1km 以内の海域は浮上型太陽光発電の可能性があるので含める)
- ・ 樹木密度が 50%以上
- · 無人地帯
- · 都市部

Level 2:上記に加え、IUCN<sup>11</sup>の定める保護地域、ならびに農耕地を除外。

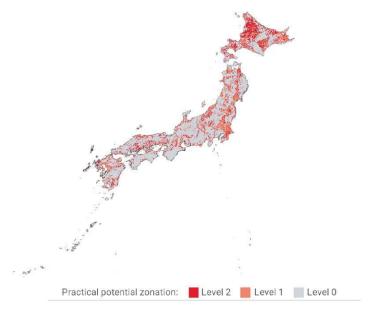


図 4 適地マップの例(日本)(出典: World Bank(2020))

b. PVOUT <sup>12</sup>: ①に加え、DNI <sup>13</sup>・気温・地上高・PV パネルの最も効率的な設置角度を加味し、少なくとも 11 年間の GIS データを用いてメガワット級太陽光発電所が一日に発電できる発電量(PVOUT: kWh/日/kWp <sup>14</sup>)の平均値をピクセル毎に計算 <sup>15</sup>し、PVOUT マップを作成。

<sup>11</sup> IUCN: International Union for Conservation of Nature

<sup>&</sup>lt;sup>12</sup> 日本で広く使われている設備利用率(年間発電電力量÷(設備容量×8760 時間))の数値は、世銀報告書が採用した PVOUT 値を 24 で割ることによって得られる。世銀報告書の日本の PVOUT 平均値 3.446 は、設備利用率で表現すると 3.446÷24=14%に相当する。

<sup>13</sup> Direct Normal Irradiation:太陽に直面する 1m<sup>2</sup>の平面が受ける日射量

 $<sup>^{14}</sup>$  公称システム出力:当該の太陽光発電システムの PV モジュール公称出力(日射量  $^{14}$  W/m² における直流最大出力)の合計

<sup>15</sup> 計算手順は ESMAP. 2019. Global Solar Atlas 2.0 Technical Report. Washington, DC: World Bank. P.26- に詳しく記述されている。

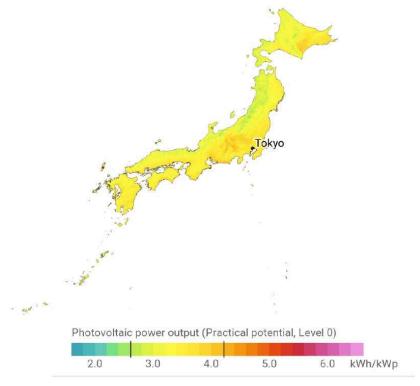


図 5 PVOUT マップの例(日本)(出典:World Bank(2020))

c. PVOUT 毎の適地面積:適地マップと PVOUT マップを重ね合わせ、Level 1・Level 2 毎の PVOUT マップを作成。

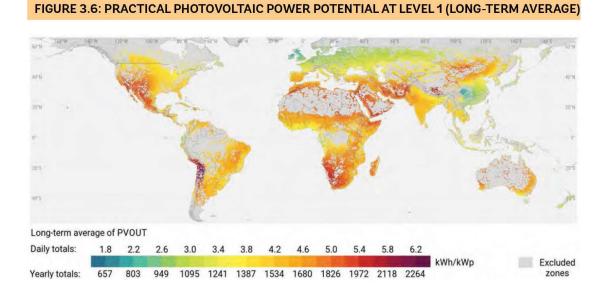


図 6 Level 1 の PVOUT マップ (出典: ESMAP(2020))

FIGURE 3.7: PRACTICAL PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL AT LEVEL 2 (LONG-TERM AVERAGE)

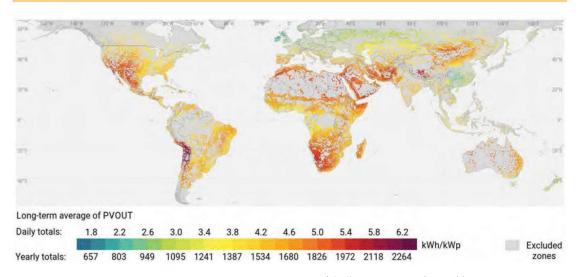


図 7 Level 2の PVOUT マップ(出典:ESMAP(2020))

これを元にして、PVOUT毎の適地面積が国土面積に占める比率を計算。

#### DISTRIBUTION OF PHOTOVOLTAIC POWER OUTPUT



図 8 PVOUT 毎の適地面積比の例(日本)(出典:World Bank(2020))

- ③ 経済的ポテンシャル:②に初期投資額、運転保守費用、商用耐用年数、割引率等を加味 して Level 1 地域の発電コストを計算し、一国の平均値・最高値・最低値を表示。
- 2) 主要国の太陽光発電ポテンシャル 世銀報告書は各国別に①理論的ポテンシャル、②実務的ポテンシャル、③経済的ポテ

ンシャル、及び関連するデータを整理した評価シートを公開16している。

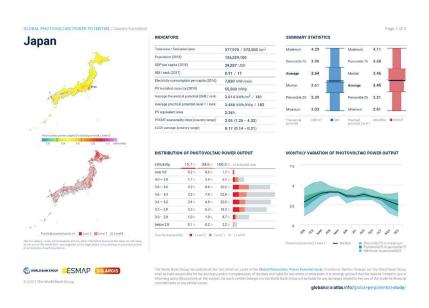


図 9 国別評価シート(出典: World Bank(2020))

諸データの中で特に重要な理論的ポテンシャル GHI と実務的ポテンシャル PVOUT については、図 9 において世界 210 ヶ国中の順位が示され、図 10 において世界の中の位置づけがビジュアルに提示されている。

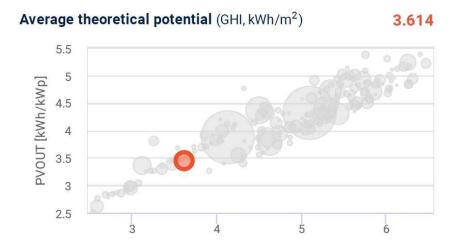


図 10 世界における日本の位置(出典: World Bank(2020))

#### 3) 留意点:

世界主要国の国別評価シートの①理論的ポテンシャル、②実際的ポテンシャル、③

8

<sup>16</sup> https://globalsolaratlas.info/global-pv-potential-study

経済的ポテンシャルを一人当たり電力消費量と共に簡潔に取りまとめたのが次表である。

表 1 主要国の比較(出典:World Bank(2020))

国名	一人当たり 電力消費 (kWh/year)	① 理論的 ポテンシャル GHI(kWh/ m²) /順位	② 実務的 ポテンシャル PVOUT(kWh/日 /kWp)/順位	<ul><li>③ 経済的 ポテンシャル LCOE (\$/kWh)の 平均値</li></ul>
Australia	10, 071	5. 759/33	4. 707/50	0. 09
Canada	15, 588	3. 252/191	3.816/158	0. 18
China	3, 927	4. 127/161	3. 883/151	0. 07
France	6, 940	3. 483/186	3. 386/187	0. 1
Germany	7, 035	2. 978/197	2. 961/197	0. 11
India	805	5. 098/104	4. 322/98	0. 07
Indonesia	812	4. 625/136	3. 767/160	0. 11
Italy	5, 002	4. 072/164	3. 993/140	0. 07
Japan	7, 820	3. 614/181	3. 446/182	0. 17
Portugal	4, 663	4. 566/142	4. 316/100	0. 08
Spain	5, 356	4. 575/100	4. 413/83	0. 08
UK	5, 130	2. 592/208	2. 613/209	0. 15
USA	12, 994	4. 498/147	4. 358/91	0. 1

日本の立ち位置は、太陽光資源に最も恵まれたナミビアから最も恵まれていないアイルランドまでの 210 カ国中、①理論的ポテンシャルが 181 位、②実務的ポテンシャルが 182 位である。図 8 に示すように同緯度帯にあるスペインの①140 位、② 83 位、イタリアの①164 位、②140 位に比べも低位にあり、一人当たり電力消費量が比較的多い国でありながら太陽光発電のポテンシャルに恵まれていない国であることが分かる。また、③経済的ポテンシャルを示す LCOE(平均発電コスト)の平均値も表中の 13 ヵ国中最下位となっている。

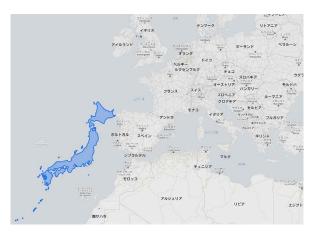


図 11 日本の位置を欧州の地図に示した図(出典:https://thetruesize.com/)

その理由は、山がちの国土であるために適地が少なく、夏には梅雨と台風、冬には日本海側の豪雪、と晴天に恵まれない自然条件によるものである。日本はこのような太陽光発電ポテンシャル貧困国である、という認識に立って脱炭素化戦略を構築しなくてはならない。

戦略立案のためには、太陽光発電ポテンシャルとして世銀報告書がとりまとめた実務的ポテンシャルと経済的ポテンシャルだけでは情報量が不足している。一国の太陽光発電導入可能量の指標としては、公益財団法人地球環境産業技術機構(RITE)が作成した発電コスト毎の太陽光発電年間発電電力量評価「7がより適切と思われる。残念ながら、日本のケースのみが公開されており、日本と世界各国の比較はできない。

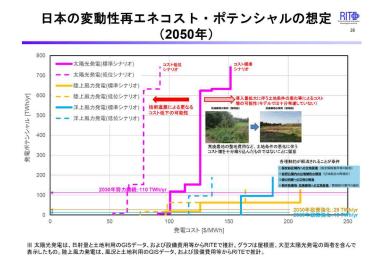


図 12 RITE の評価図 (出典: RITE (2021))

 $^{17}$  RITE(2021), 総合資源エネルギー調査会第 43 回基本政策分科会 2021 年 5 月 13 日配付資料 5, 28 頁

10

## 3. 発電コスト (LCOE) を考慮した主要国と日本の太陽光発電導入可能量

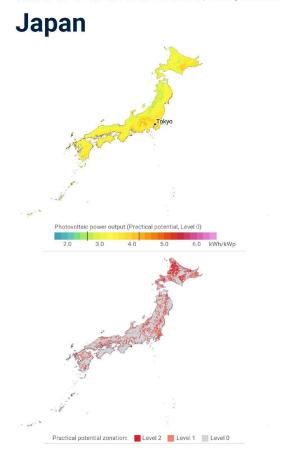
そこで上記のような特徴と留意点を持つ世銀報告書を用い、下記の手順で、RITEと同様に、発電コスト(LCOE: \$/kWh)毎の太陽光発電年間発電量(TWh/年)を表示することを試みた。

#### 1) 評価方法

#### 【方法論1:年間発電電力量の計算】

ステップ1:世銀報告書の国別評価シートより、評価対象面積・人口・一人当たり電力消費量・設備利用率(PVOUT(=日平均発電電力量÷公称システム出力))区分毎の Level 2面積比率(評価対象面積に対するパーセント)を入手(下図マーク箇所)。

GLOBAL PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL | Country Factsheet



#### INDICATORS

Total area / Evaluated area	377,970 / 372,503 km <sup>2</sup>
Population (2018)	126,529,100
GDP per capita (2018)	39,287 USD
HDI / rank (2017)	0.91 / 17
Electricity consumption per capita (2014)	<b>7,820</b> kWh/year
PV installed capacity (2018)	<b>55,500</b> MWp
Average theoretical potential (GHI) / rank	3.614 kWh/m <sup>2</sup> / 181
Average practical potential, level 1 / rank	3.446 kWh/kWp / 182
PV equivalent area	2.34%
PVOUT seasonality index (country range)	2.05 (1.25 - 4.32)
LCOE average (country range)	0.17 (0.14 - 0.21)

#### DISTRIBUTION OF PHOTOVOLTAIC POWER OUTPUT

kWh/kWp	15.7 %	34.6 %	100.0 %	of evaluated area		
over 4.0	0.2 %	0.6 %	1.1 %			
4.0 - 3.8	1.1 %	2.9 %	6.1 %			
3.8 - 3.6	3.2 %	8.6 %	20.2 %			
3.6 - 3.4	3.3 %	7.4 %	22.8 %			
3.4 - 3.2	3.4 %	6.8 %	20.5 %			
3.2 - 3.0	3.5 %	6.3 %	18.3 %			
3.0 - 2.8	1.0 %	1.9 %	8.7 %			
below 2.8	0.1 %	0.2 %	2.3 %			

図 13 World Bank 国別評価シートの例(日本)(出典:World Bank(2020))

ステップ 2:設備利用率区分毎に Level 2面積(=評価対象面積×Level 2面積比率)を計算。

ステップ 3:Level 2 面積の 10%が利用可能と仮定し  $^{1819}$ 、そこに一平方 km 当たり 75MW の PV が設置出来ると仮定して  $^{20}$ 、設備利用率区分毎の年間発電電力量ならびにその累積値を計算。

ステップ4:図13の人口ならびに一人当たり電力消費量の数値を用いて一人当たり累積発電電力量ならびに累積発電電力量の年間消費電力量に対する比率を計算。

日本					
	ステップ2	ステッ	ステップ3 ステップ		ップ 4
設備利用率 PVOUT	Level 2面積	発電電力量	累積 発電電力量	一人当たり 累積 発電電力量	同左/一人当 たり年間 消費電力量
[kWh/⊟/kWp]	[km^2]	[TWh/年]	[TWh/年]	[kWh/年/人]	[無単位]
4.1	745	8	8	66	0.01
3.9	4,098	44	52	412	0.05
3.7	11,920	121	173	1,366	0.17
3.5	12,293	118	291	2,297	0.29
3.3	12,665	114	405	3,201	0.41
3.1	13,038	111	516	4,076	0.52
2.9	3,725	30	545	4,309	0.55
2.7	373	3	548	4,331	0.55

表 2 計算ステップ(日本)

### 【方法論 2:LCOE の計算】

世銀報告書では LCOE の計算にあたって IRENA "Renewable power generation cost report 2018"といういささか古い情報を用いている。そこで IRENA(2021) "Renewable power generation cost report 2020"の最新情報を用い、次の前提で、1 日あたり発電量 [kWh/kWp:PVOUT] 別に LCOE を算出した。

<sup>18</sup> 自然エネルギー財団(2020)表3-2の平均値。

 $<sup>^{19}</sup>$  この仮定の置き方には幅がある。例えば Hoogwijk(2004)は、 $1\sim5\%$ 程度が妥当であろう、と保守的な仮定を置いている( $Table\ I,\ p.160$ )。

<sup>20</sup> 自然エネルギー財団(2020)表3-2の注。

### (前提条件)

- ·建設期間:2年、運転期間:25年
- ・面積あたり設備容量:75MW/km<sup>2</sup>
- · 設備利用率: 10%
- ・パネル劣化率 (1年目):0.8%、(2年目以降):0.5%
- ・撤去費: Capex の 5%
- ・Capex:各国別データ [出典:IRENA]
- ・Opex (OECD 諸国+中国): 17.6\$/kW/yr、(左記以外): 9.3\$/kW/yr [出典: IRENA]
- ·WACC (OECD 諸国+中国):5.0%、(左記以外):7.5% [出典:IRENA]

2000 1889 1832 1800 1600 1400 1275 1167 1148 1103 1101 1073 1061 1008 1200 2020 USD/kW 1000 827 800 600 400 200 Russian Federation Jnited States Republic of Korea Hardware Installation Soft costs Modules Mechanical installation Margin Electrical installation Inverters Financing costs Racking and mounting Inspection System design Grid connection Permitting Cabling/wiring Incentive application Safety and security Customer acquisition Monitoring and control

Figure 3.5 Detailed breakdown of utility-scale solar PV total installed costs by country, 2020

Source: IRENA Renewable Cost Database

図 14 Utility-scale の太陽光建設コスト内訳(IRENA Renewable Cost Database)

#### 【方法論3:統合】

方法論1による計算結果と方法論2による計算結果とを設備利用率を媒介として連結することにより、表3を得ることができる。そして、方法論1によって計算した累積発電電力量を改めて、図1で定義したように、技術的導入可能量と名付ける。すなわち技術的導入可能量とは、その国の気象条件・土地利用可能性のみならず、発電コスト(LCOE)をも考慮に入れた、太陽光発電による年間発電電力量の期待値である。

日本 同左/一人当 一人当たり 設備利用率 技術的導入 LCOE たり年間 技術的 PVOUT 可能量 導入可能量 消費電力量 [kWh/年/人] [無単位] [kWh/日/kWp] [\$/kWh] [TWh/年] 8 4.1 0.108 66 0.01 3.9 0.113 52 412 0.05 3.7 0.119 173 1.366 0.17 3.5 291 2,297 0.29 0.126 3.3 0.134 405 0.41 3.201 3.1 0.142 516 0.52 4.076 2.9 0.152 545 4,309 0.55 2.7 0.164 548 4.331 0.55

表 3 日本の LCOE 別技術的導入可能量表(日本)

表3は、例えば次のように読むことができる。

LCOE が 0.108\$/kWh 以下の技術的導入可能量は 8TWh/年、その一人当たりの量は 66TWh/年、その一人当たり消費電力量に対する割合は 1%、である。あるいは、LCOE が 0.164\$/kWh 以下の技術的導入可能量は 548TWh/年、その一人当たりの量は 4,331TWh/年、その一人当たり消費電力量に対する割合は 55%である。

表3の技術的導入可能量をグラフ化し RITE のグラフと対比させたものが図 15 である。破線・点線は、IRENA(2021)よりも更に建設コストが 10%、20%、30%コストダウンしたと仮定したケースである。我々の試算は RITE とほぼ同様の結果を得たと言ってよかろう。

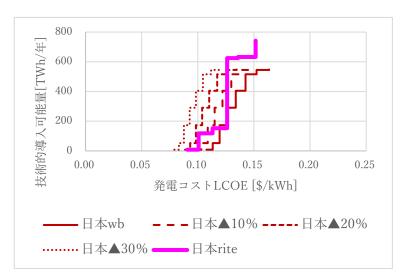


図 15 世銀報告書を元に計算した技術的導入可能量と RITE のグラフとの比較

2) 評価結果:以上の計算手順を、日本を含む世界の次の11カ国・1地域について行い、RITEと同様に階段状のグラフで表示したものを図16に示す(縦軸対数)。

先進国:日本・米国・EU (地中海・黒海沿岸諸国とドイツ)・豪州・カナダ・英国・アイルランド

新興国:中国・インド・ブラジル・メキシコ

東南アジア: インドネシア

#### i. 概論

図 16 のグラフは多数の国・地域を同時表示させたために複雑になってしまった  $^{21}$  が、少なくとも次の 3 点を読み取ることができる。

- ① 日本は技術的導入可能量の総量で見ると英国・アイルランドと並んで世界の中で 乏しい国に属する。
- ② 日本は人口が多く人口密度が高く、平地に乏しいため一人当たり技術的導入可能量で見るとアイルランドよりも乏しい国である。
- ③ 日本は、上記 11 カ国・1 地域中、技術的導入可能量が年間電力消費量を下回る唯一の国である。

<sup>&</sup>lt;sup>21</sup> 計算結果を詳しくご覧になりたい方のために、国・地域をいくつかのグループに分け、 それぞれのグループ毎に、①技術的導入可能量、②その一人当たりの量、③技術的導入可 能量の消費電力に対する比、を末尾の付録 A に収録してあるので、適宜参照されたい。

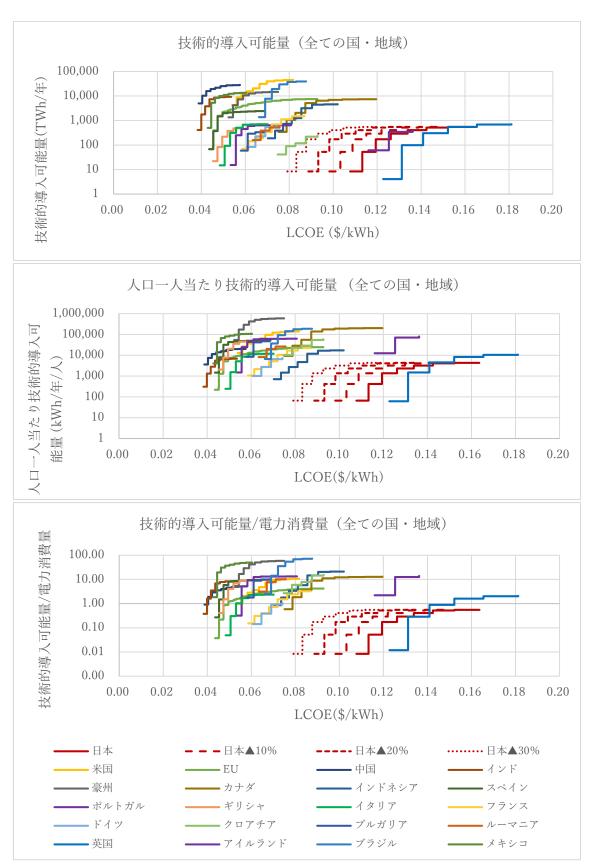


図 16 11 カ国・1 地域の LCOE 別技術的導入可能量

## ii. 技術的導入可能量の総量と一人当たり技術的導入可能量

先ず、上記①②について見てみよう。図 16 はいささか見にくいので、横軸に技術的導入可能量総量を、縦軸に一人当たり技術的導入可能量をとり、両対数の分散図でグラフ化したものが図 17 である <sup>22</sup>。

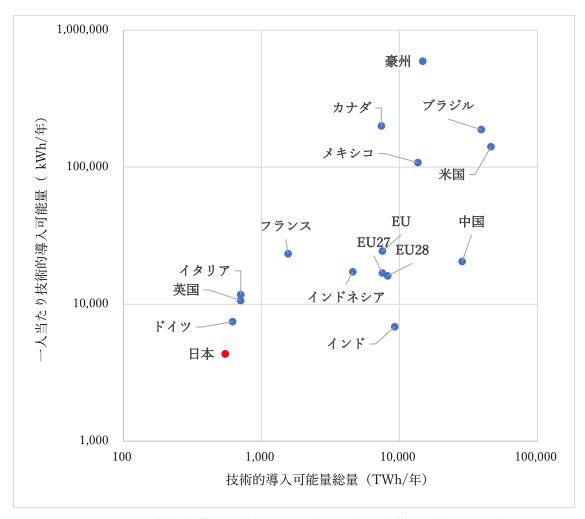


図 17 技術的導入可能量と一人当たり技術的導入可能量の分布

日本が、両軸において11カ国・1地域中最も乏しい位置にあることが分かる。

<sup>&</sup>lt;sup>22</sup> ここで EU は、今回計算した地中海・黒海沿岸諸国・ドイツの合計値、EU27 は EU のポテンシャルを EU27 カ国の総人口で共有するとした場合の数値。EU28 は EU のポテン

ポテンシャルを EU27 カ国の総人口で共有するとした場合の数値、EU28 は EU のポテンシャルに英国のポテンシャルを加え EU27 カ国と英国の合算人口で共有するとした場合の数値、である。

#### iii. 電力消費量と技術的導入可能量

次に③について見るために、横軸に技術的導入可能量を、縦軸に年間消費電力量を とり、両対数の分散図でグラフ化したものが図 18 である。図中の 3 本の斜線は、左か ら順に技術的導入可能量が年間消費電力量と等しい(橙色)、5 倍(緑色)、10 倍(青 色)ことを示している。

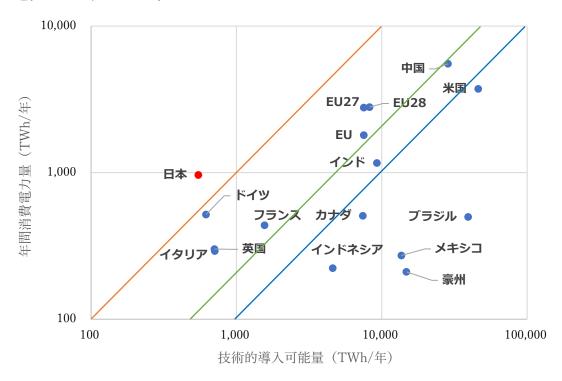


図 18 技術的導入可能量と年間発電電力量の分布

日本だけが技術的導入可能量と年間消費電力量が等価な線(橙色)の左にあり、今回計算した世界主要国の比較の中で、技術的導入可能量が年間電力消費量を下回る唯一の国であることが分かる。米国、インドネシア、ブラジル、メキシコ、豪州には年間消費電力量の10倍を超える大量の技術的導入可能量が存在し、EU、中国、インドにも5倍程度の豊富な技術的導入可能量が存在することが分かる。

#### iv. LCOE が 10¢未満の経済的導入可能量

次に経済的導入可能量について見てみよう。太陽光発電が経済的に成立しうるとさ

れる LCOE= $10 \, \text{¢/kWh}^{23}$ を一つの閾値として設定し、また、横軸に技術的導入可能量を、縦軸に LCOE が  $10 \, \text{¢}$  未満の経済的導入可能量をとり、両対数の分散図でグラフ化したものが図 19 である。

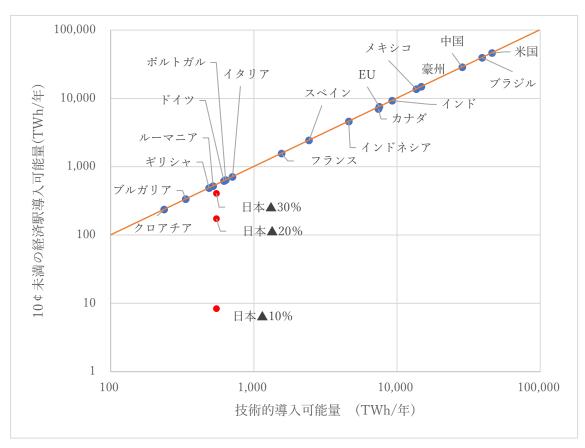


図 19 技術的導入可能量と LCOE が 10¢未満の経済的導入可能量の分布

11 カ国・1 地域含む多くの国は太陽光資源に恵まれていて、技術的導入可能量の全てが発電コストが 10 セント未満である。これに対し、日本のように国土条件に恵まれてない国(両対数グラフなので表示できず図中には示せていないが、英国・アイルランドも同様)は直線から大きく逸脱して経済性に優れた(10¢未満の)導入可能量が極めて乏しいことが分かる。

## v. 年間電力消費量と LCOE が 10 ¢ 未満の経済的導入可能量

-

<sup>&</sup>lt;sup>23</sup> World Bank(2019),p.35-36 で"Good"と評価されるメガワット級太陽光発電プロジェクトの LCOE を、**ESMAP (2020)**ならびに IRENA(2021)を参照して計算すると 0.10\$/kWh となる。

横軸に LCOE が 10 ¢/kWh 未満の経済的導入可能量を、縦軸に年間消費電力量をとり、両対数の分散図でグラフ化したものが図 20 である。図中の 3 本の斜線は、図 18 と同様に左から順に LCOE が 10 ¢ 未満の経済的導入可能量が年間消費電力量と等しい(橙色)、5 倍(緑色)、10 倍(青色)であることを示している。

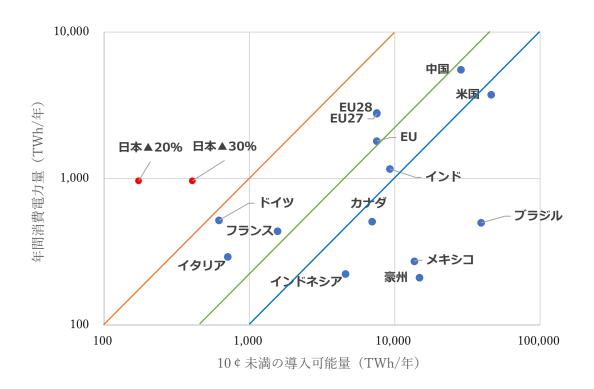


図 20 LCOE が 10 ¢ 未満の経済的導入可能量と年間消費電力量の分布

日本は20%以上建設コストを削減してはじめてLCOEが10¢未満の経済的導入可能量が出現するのに対し、米国、インドネシア、ブラジル、メキシコ、豪州には年間消費電力量の10倍を超え、EU、中国、インドにも年間消費電力量5倍程度の豊富なLCOEが10セント未満の経済的導入可能量が存在することが分かる。

#### vi. まとめ

図 21 は、11 カ国・1 地域の LCOE 別の技術的導入可能量(TWh)を低い順に積み上げて示したものである。このように主要国との比較において、日本は経済性の優れたメガソーラーの導入可能量は極めて限定的である。

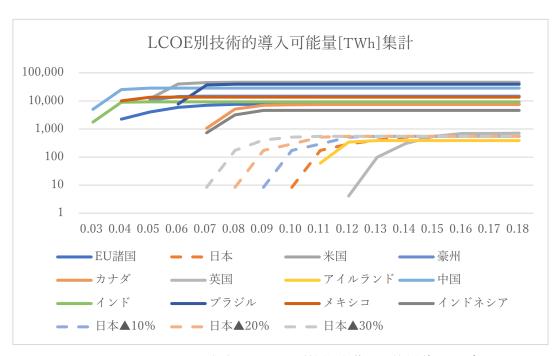


図 21 11 カ国・1 地域の LCOE 別技術的導入可能量積み上げ

このように LCOE が 10 セント未満の経済的導入可能量に限りのある日本だが、仮に、設備費を▲10%~▲30%まで低減できたとしても、そもそも国土面積が狭く平地に限りがある日本においては、経済的導導入可能量が大幅に増加するわけではないことを理解しておく必要がある。

#### 4. 日本の乏しい経済的導入可能量を補う方策

1) 屋根置き太陽光の活用

これまでの議論のとおり、世界の太陽光発電の主流となっているメガソーラー (Utility-scale)を前提とした場合、例え3割のコストダウンが進んだと仮定しても、そもそも平地が少ない日本は設置可能な面積に限りがあることから、太陽光発電を主力電源として利用しながら国民負担を減らしつつ産業競争力を維持するには何らかの追加策が必要と考えられる。

そこで、その追加策として考えられるのが、設置可能な建築物の屋根を活用するオンサイト発電である。その理由は、

- ・発電と需要が同一地点にあり、典型的な地産地消であること
- ・建物が多く建設されるのは都市部であり、建物の周辺の都市部内で余剰電力を消費 できる可能性が高く都市部の外にメガソーラーを設置する場合に比較して送電コストが少なくて済むこと
- ・こうした経済的メリットは、経済的導入可能量に乏しいという日本の弱点を補う可

能性があること

・オンサイト発電の経済的優位性は、今後、中長期的に賦課金の負担増などにより系 統電力料金が上昇する場合に、より高まると考えられること である。

そこで、屋根置き太陽光発電の経済的導入可能量を評価した。

#### 2) 屋根置き太陽光発電の経済的導入可能量

今回、オンサイト(主に屋根置き)の経済的導入可能量について、用途別(住宅(戸建)、公共用、および商業用建築物)・都道府県別に推計した。

環境省では、平成 21 年度から「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」、 平成 23 年度からは「再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」を 令和 2 年度まで毎年度、取りまとめており <sup>24</sup>、ここで太陽光発電の導入ポテンシャルが 推計されている。

今回、上記環境省の調査報告書で示された技術的ポテンシャル、即ち太陽光発電のパネルが設置可能な屋根の面積および設備容量の都道府県別推計値を用いて、経済産業省の調達価格等算定委員会で示された、「令和4年度以降の調達価格等に関する意見」等に基づき、最新の価格データを前提諸元として、太陽光発電パネルの設置者が投資に見合う経済性が見込めると判断できるであろう発電電力量を評価し、これを経済的導入可能量とした。

具体的な手順は、次のとおり。

i. 都道府県別設備容量(kW)

戸建住宅等、商業用(小規模商業施設、中規模商業施設、大規模商業施設、宿泊施設、大規模共同住宅・オフィスビル、中規模共同住宅)と公共系等(庁舎、文化施設、学校等、医療施設、上水施設、下水処理施設、道の駅)のカテゴリ別に、都道府県別の設置可能面積を抽出(環境省データ)。面積は、レベル1~3の3カテゴリーに分類されており、最も容易なレベル1を採用した(設置に工夫が必要とされる場所については、追加コストを要すると考えられるため)。これに、単位面積あたりの設置可能設備容量(1kW/12m²)を乗じて設備容量を導出。なお、最新データ(令和元年度)では戸建住宅、商業用の都道府県別設備容量が開示されていなかったことから、これらについては過年度(平成23年度)のデータを採用した。

22

<sup>&</sup>lt;sup>24</sup> 再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報、https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/29.html

#### 〇設置可能面積

まずパネルの設置しやすさを考慮したレベルを設定する(表3-1)。次に各施設のサンプル図面(図3-1)を入手し、設定したレベルの考え方を基に各施設ごとにパネルの設置係数(m²/m²)を設定した。そして統計情報(総務省統計データ)から得られた各施設の都道府県別の面積等を乗じることで推計した。

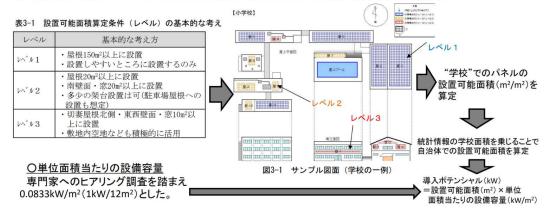


図 22 公共系・設置可能面積算定条件(レベル)の基本的な考え(環境省)

ii. システム容量 1kW あたりの年間予想発電量 (PVOUT: kWh/kW/年)

環境省の調査では、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託事業で一般財団法人日本気象協会が開発した、日本国内を対象とした月平均の日射量データを収録した「MONSOLA-11」を用いている。現在、新たに機能修正を加えた「MONSOLA-20」が公開されていることから、MONSOLA-20 を用いて、都道府県庁所在地の日射量データを取得した。前提条件は、環境省と同じく南向きで傾斜角 10°とした。年間予想発電量「年間 PVOUT」は、

日射量(kWh/m2・日)×365 日×損失係数 73%÷標準日射強度 1 (kW/m2) (NEDO「太陽光発電導入ガイドブック」より) により求めた <sup>25</sup>。

<sup>25</sup> 環境省は、有識者ヒアリングの結果より、年間予想発電量 [年間 PVOUT]

<sup>=</sup>日射量(kWh/m2・日)×365 日×総合設計係数 88%÷標準日射強度 1(kW/m2)としているが、ヒアリング結果が非公表であったため、採用を見送った。

月平均斜面日射量 (kWh/m²·day)

3次メッシュ: 51352173 地点: 和歌山市 (緯度 = 34°13.7′経度 = 135°10	10. 1	標高= 10m)
---	-------	----------

方位角	傾斜角	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年 1- 12月	冬 1 2- 2月	春 3- 5月	夏 6- 8月	秋 9- 11月
	平均值 (C)	2. 50	3. 12	4.11	4. 91	5. 49	4.71	5. 46	5. 63	4. 13	3, 38	2.50	2. 12	4.00	2. 58	4. 84	5. 27	3, 34
水平而	最大值	2.74	3.45	4. 54	5. 40	6. 21	5. 54	6.01	6.24	4.62	4. 17	2.74	2.34	4. 17	2.77	5. 19	5. 73	3, 56
	最小值	2. 15	2.67	3. 32	4.12	4.65	3.85	4.55	4.56	3. 19	2.47	2.00	1.94	3.81	2.37	4. 21	4.75	3.02
	10°	2.97	3.54	4.46	5. 12	5. 58	4.71	5, 50	5.83	4.40	3, 76	2.91	2.53	4. 28	3.01	5.05	5, 35	3, 69
	20°	3.39	3.89	4.72	5. 23	5. 55	4.63	5.44	5.89	4.57	4.07	3. 26	2.90	4.46	3.39	5. 17	5. 32	3.97
	30°	3.72	4. 15	4.87	5. 21	5.40	4. 45	5. 25	5.82	4.64	4.29	3.54	3. 19	4.54	3, 69	5. 16	5. 17	4. 16
	40°	3.97	4. 31	4.90	5.08	5.12	4.18	4.95	5.61	4.61	4.40	3.73	3.41	4.52	3.90	5.03	4.91	4. 24
0°	50°	4.11	4.36	4.82	4.82	4.74	3.84	4.55	5. 26	4.46	4.40	3, 83	3.54	4.40	4.01	4.79	4. 55	4. 23
	60°	4. 15	4.31	4.62	4.46	4.26	3.43	4.07	4.81	4. 22	4.30	3, 83	3.59	4.17	4.02	4. 45	4. 10	4.12
	70°	4.09	4. 15	4. 32	4.01	3.71	2.98	3, 52	4.25	3.88	4.09	3.74	3.55	3.86	3.93	4.01	3, 58	3.90
	80°	3.92	3.89	3. 91	3.48	3.10	2.49	2.92	3.61	3.46	3, 79	3, 56	3.41	3.46	3.74	3, 50	3, 01	3.60
	90°	3.66	3.54	3.42	2.89	2.48	2.02	2.33	2.93	2.96	3.40	3. 29	3. 19	3.01	3.46	2.93	2.43	3. 22
	10°	2.95	3, 52	4. 45	5. 11	5. 57	4.71	5, 51	5.82	4. 39	3, 75	2.89	2.51	4. 27	3, 00	5.04	5, 35	3, 68
	$20^{\circ}$	3, 36	3.86	4.69	5. 21	5.54	4.63	5.44	5, 88	4.56	4.05	3, 23	2.86	4.44	3, 36	5, 15	5, 32	3.94
	30°	3.68	4.11	4.83	5. 19	5.39	4, 45	5. 26	5.80	4.62	4. 25	3.49	3, 14	4, 52	3.64	5.14	5.17	4.12
	$40^{\circ}$	3.91	4.26	4.86	5.05	5.12	4. 19	4.98	5.60	4.58	4.35	3, 66	3.35	4. 49	3.84	5.01	4.92	4. 20
$15^{\circ}$	50°	4.04	4.31	4.76	4.80	4.75	3.86	4.59	5. 27	4.44	4.34	3.75	3.47	4.37	3.94	4.77	4.57	4.18
	60°	4.07	4.25	4.56	4.45	4.28	3.46	4.12	4.82	4. 19	4. 23	3.74	3, 50	4. 14	3.94	4.43	4.14	4.06
	$70^{\circ}$	4.00	4.09	4. 25	4.00	3.75	3.02	3, 59	4. 29	3, 86	4.02	3.64	3.45	3, 83	3, 85	4.00	3.63	3.84
	80°	3.83	3.83	3.85	3.49	3.17	2, 55	3, 02	3.68	3.44	3.71	3.46	3. 31	3.45	3.66	3, 50	3.08	3.54
	90°	3, 56	3.48	3.37	2, 93	2.58	2.10	2.45	3, 03	2.96	3, 32	3.18	3.10	3.01	3.38	2.96	2.53	3. 16
	10°	2.91	3.48	4.41	5. 09	5. 56	4.71	5, 51	5.80	4. 37	3, 71	2.84	2.47	4. 24	2.95	5, 02	5, 34	3.64
	20°	3. 26	3.79	4.62	5.17	5. 53	4.63	5. 45	5.85	4.51	3.97	3.14	2.78	4. 39	3. 28	5. 11	5. 31	3.87

図 23 MONSOLA-20 による月平均日射量(和歌山県の例)

#### iii. 正味現在価値(NPV) = 0 となる PVOUT の導出

用途ごとに、設備費やO&M費など、経済産業省の調達価格等算定委員会データを使用して前提条件を定め、発電電力量の3割を自家消費するものとした。自家消費部分については、標準的な電気料金単価による買電価格を代替する便益があるとして、残りの7割の売電部分についてはFITで売電するものとし、FIT売電単価による売電収入を便益として算定してこれらを合算し、事業期間にわたるNPVが0となるPVOUTを導出した。

具体的な前提条件は、以下の通り。

・事業期間:26年(建設期間1年、運転期間25年)

・割引率 (WACC): 3% (調達価格等算定委員会資料より)

・パネル劣化率: 0.8% (1年目)、0.5% (2年目以降)

・撤去費:建設費の5%相当

表 4 屋根置き太陽光発電設備に関する諸元

	戸建住宅	公共用	商業用
建設費(ケース①)	259,000 円	178,000 円	178,000 円
	(2023 年度想定値)	(2023年度想定値)	(2023年度想定值)
建設費(ケース②)	245,700 円	156,800 円	156,800 円
	(上位 35%のトップ	(上位 10%のトップ	(上位 10%のトップ
	ランナー)	ランナー)	ランナー)
FIT・地域活用要件	対象外	3,000 円	3,000 円
具備に要する費用		(2023年度想定值)	(2023年度想定値)
		(建設費に加え計算)	(建設費に加え計算)
O&M 費	3,000 円	5,000 円	5,000 円
自家消費比率	30%	30%	30%
自家消費分の便益	26.34 円	18.03 円	18.03 円
FIT 売電単価	16.00 円	10.00 円	10.00 円
FIT 適用期間	10 年	20 年	20 年
卒 FIT 売電単価	9.50 円	9.00 円	9.00 円

(出典:調達価格等算定委員会資料)

ここで、建設費(ケース①)は、経済産業省の調達価格等算定委員会における、 2023 年度のシステム費用の想定値である。具体的には、戸建住宅については、足下で低下傾向が鈍化しており、2022 年度の想定値を据え置き、259,000 円としている。これは、2021 年度設置データのトップランナー上位 40%に概ね相当する。次に、公共用・商業用については、 $10\sim50\mathrm{kW}$  の自家消費型地域活用電源のシステム費用の想定値を用いて、178,000 円としている。これは、2021 年度設置データのトップランナー上位 16%に概ね相当する。

今回、屋根置きの経済的導入可能量を検討するにあたっては、足下のシステム費用の想定値だけでは経済的導入可能量を見出すことができなかったため、2030年に向けてコストダウンが一定程度実現したケースについても推計する必要が生じた。このため、ケース②として、戸建住宅については、ケース①で想定値を2021年度設置データのトップランナー上位40%相当としていたのに対し、コストダウンが上位35%(245,700円)まで進むとし、公共用・商業用については、ケース①でトップランナー上位16%相当としていたのに対し、上位10%(156,800円)までコストダウンが進むと仮定した。

## (4) 国内のコスト動向:システム費用(トップランナー分析)(案)

- トップランナー水準の設定にあたり、昨年度の委員会と同様に、2020年に設置された案件の中央値が、2年前(2018年)に設置された案件のどの程度の水準に位置するか分析したところ、上位46%水準に位置していた。2021年設置の上位46%水準は27.8万円/kWであり、2022年度のシステム費用の想定値25.9万円/kWを上回る。
- このため、想定値を引き上げることも考えられるが、一方で、全体の平均値や中央値の水準は低下傾向にあることもふまえ、 2023年度のシステム費用の想定値は、2022年度の想定値を据え置くこととしてはどうか。

		住宅用 システム費用								
%	2021年設置 (全体)	2020年設置 (全体)	2019年設置 (全体)							
5%	14.19	15.80	17.86							
10%	16.15	17.46	20.04							
15%	17.93	18.98	21.72							
20%	19.52	20.61	22.78							
25%	21.03	22.16	23.60							
30%	22.73	23.49	24.68							
35%	24.57	24.81	25.96							
40%	26.06	26.29	27.43							
45%	27.47	27.90	28.81							
46%	27.79	28.22	29.05							
47%	28.11	28.50	29.37							
48%	28.43	28.80	29.67							
49%	28.80	29.09	29.98							
50%	29.07	29.38	30.25							

2年間での価格低減

(出典:調達価格等算定委員会資料)

53

図 24 住宅用太陽光発電のシステム費用 (トップランナー) の変化

## (2) 国内のコスト動向:自家消費型地域活用電源(システム費用)

- 2020年度より、小規模事業用太陽光発電(10-50kW)については、自家消費型の地域活用要件が設定されてい る。具体的には、①再エネ発電設備の設置場所で少なくとも30%の自家消費等を実施すること※1、②**災害時に自立運** 転※2を行い、給電用コンセントを一般の用に供することの、両方をFIT認定の要件として求めている。
  - ※1:農地一時転用許可期間が10年間となり得る営農型太陽光は、自家消費等を行わないものであっても、災害時活用を条件に、FIT制度の対象。 ※2:災害時のブラックスタート(停電時に外部電源なしで発電を再開すること)が可能であること。
- 2020年度の小規模事業用太陽光発電のシステム費用の想定値21.2万円/kW(は、当時まだ、自家消費要件が適用 された案件の**コストデータが存在しなかった**ことから、この②災害時の活用のために必要となる費用(非常時のコンセント BOXの設置等) として、事務局による事業者ヒアリング結果に基づき、0.3万円/kW分を加味する形で設定されている。
- 今回、初めて自家消費型の要件が適用された案件のコストデータが一定程度収集されたことから、2023年度の想定値 の設定にあたっては、**当該コストデータに着目してはどうか**。具体的には、50kW以上と同様に、**3年前設置案件の水準に 照らすことはできない**ことから、**50kW以上と同様のトップランナー水準である上位16%水準**に着目し、**2023年度のシステム費用の想定値**を**17.8万円/kW**としてはどうか。(2020年度の想定値21.2万円/kWから**▲16.0%**)

<自家消費型の地域活用要件の適用案件のトップランナー分析>

		411 -5 1 5 5 5 5 7 5 8 H17
100.0	2021年1~8月設置(10-50kW)	2020年1~12月設置(10-50kW)
%	N=286	N=284
	[万円/kW]	[万円/kW]
5%	14.28	14.73
10%	15.68	17.48
15%	17.31	19.03
16%	17.81	19.28
17%	18.18	19.45
18%	18.40	19.78
19%	18.89	20.00
20%	19.13	20.00
25%	20.14	20.91
30%	21.45	21.78
35%	22.93	22.28
40%	23.71	23.60
45%	24.72	24.93
50%	25.29	25.74

※いずれも、2021年8月24日時点までに報告された定期報告を対象。

(出典:調達価格等算定委員会資料)

図 25 小規模太陽光発電(自家消費型地域活用電源)の システム費用(トップランナー)の変化

経済性の判断にあたっては、正味現在価値(NPV)法を用いた。即ち、事業期間全 体において将来発生するキャッシュフローの現在価値から、初期投資額を引いた差額 (NPV) を算出し、NPV が正となる場合において、投資の効果が見込めるものとし、 NPV>0となる PVOUT のラインで都道府県別に線引きを行った。

表 5 用途別建設費別の NPV がゼロとなる PVOUT の評価結果

	戸建住宅	公共用	商業用
建設費(ケース①)	259,000 円	178,000 円	178,000 円
	(2023年度想定値)	(2023年度想定値)	(2023年度想定值)
建設費(ケース②)	245,700 円	156,800 円	156,800 円
	(上位 35%のトップ	(上位 10%のトップ	(上位 10%のトップ
	ランナー)	ランナー)	ランナー)
建設費(ケース①)	PVOUT=3.14	PVOUT=3.26	PVOUT=3.26
の場合に NPV が 0			
となる PVOUT			
建設費(ケース②)	PVOUT=3.01	PVOUT=3.00	PVOUT=3.00
の場合に NPV が 0			
となる PVOUT			

この結果に基づき、都道府県別の用途別設備容量を用いて、PVOUT が上表の各数値以上となる設備容量を推計し、これを経済的導入可能量とした

## ① 戸建住宅の推計結果

設備費が調達価格等算定委員会の想定値(ケース①・259,000 円)の場合、NPV が正となるためには、PVOUT が 3.14 より大きいことが求められる。これを満たす都道府県は、山梨、長野、静岡、徳島の 4 県のみで、合計で設備容量 336 万 kW、年間発電電力量は 4TWh 程度となった。

次に、設備費がトップランナー(上位 35%以内)を達成した場合(ケース②・245,700 円)、NPV が正となるためには、PVOUT が 3.01 より大きい必要がある。これを満たす都道府県は、西日本を中心とした 18 府県(詳細は下表参照)となり、設備容量は 1,840 万 kW、年間発電電力量は 21TWh となった。

表 6 住宅用屋根置き太陽光発電の都道府県別 PVOUT 値と年間発電電力量

		COE条件を満たす発	損失係数	年間日数	■対象設備容量を積			
			73%	365.25				
			7 3 70	303.23	ケース①設備費MFT	I想定値(259,000円)	ケース②設備費上位	735%(245.700
	設備容量	日射量	年間PVOUT	PVOUT	PVOUT	` '	PVOUT	T `
都道府県		(kWh/m2·day)	(kWh/年/kW)	(kWh/日/kW)	3.14	年間発電電力量	3.01	年間発電電
	レベル 1	MONSOLA-20	DCベース	, , , , ,	以上を対象	GWh	以上を対象	GWh
1 北海道	175.18		965	2.64		0		
2 青森	55.16	3.57	952	2.61		0		
3 岩手	56.18	3.69	984	2.69		0		
4 宮城	85.24	3.82	1,019	2.79		0		
5 秋田	49.31	3.45	920	2.52		0		
6 山形	45.37	3.69	984	2.69		0		
7 福島	85.18	3.78	1,008	2.76		0		
8 茨城	159.04	4.13	1,101	3.01		0	•	
9 栃木	94.88	4.03	1,075	2.94		0		
10 群馬	101.98	4.27	1,139	3.12		0	•	
11 埼玉	224.89	4.05	1,080			0		
12 千葉	224.02	4.07	1,085	2.97		0		
13 東京	199.76		1,080	2.96		0		
14 神奈川	211.87	4.14	1,104			0	•	
15 新潟	104.10	3.62	965	2.64		0		
16 富山	48.25	3.65	973	2.66		0		
17 石川	46.67	3.83	1,021	2.80		0		
18 福井	32.95	3.74	997	2.73		0		
19 山梨	42.58	4.54	1,211	3.31	•	515	•	
20 長野	103.48	4.32	1,152	3.15	•	1,192	•	
21 岐阜	77.13	4.20	1,120			0	•	
22 静岡	158.19	4.31	1,149		•	1,818	•	1
23 愛知	226.65	4.19	1,117	3.06		0	•	
24 三重	89.98	4.27	1,139			0	•	
25 滋賀	57.68	3.91	1,043			0		
26 京都	61.16	3.87	1,032	2.83		0		
27 大阪	137.26	4.16 4.29	1,109			0	•	
28 兵庫 29 奈良	149.82 50.08	4.29	1,144 1,072	3.13 2.93		0	•	
30 和歌山	44.84	4.28	1,072	3.12		0	•	
31 鳥取	22.71	3.74	997	2.73		0		
32 島根	22.71	3.74	997	2.73		0		
33 岡山	91.38	4.13	1,101	3.01		0	•	
34 広島	92.69	4.15	1,101	3.03		0	•	
35 山口	62.54	3.95	1,053	2.88		0	<u> </u>	
36 徳島	31.67	4.32	1,152	3.15	•	365	•	
37 香川	44.01	4.17	1,112	3.04		0	•	
38 愛媛	58.10	4.12	1,099			0		
39 高知	28.20	4.27	1,139	3.12		0	•	
10 福岡	161.60	3.83	1,021	2.80		0		
11 佐賀	32.17	3.97	1,059	2.90		0		
12 長崎	58.40	3.97	1,059	2.90		0		
13 熊本	61.77	4.01	1,069	2.93		0		
14 大分	46.66		1,043	2.85		0		
15 宮崎	48.88	4.15	1,107	3.03		0	•	
16 鹿児島	59.52	3.90	1,040	2.85		0		
17 沖縄	32.23	4.08	1,088			0		
18 合計	4,154.30	4.00	1,066		336	3,890	1,840	2
					万kW	GWh	万kW	GWh
						4	1	8
						4		21
						TWh		TWh

## ② 公共用の推計結果

公共用は、ケース①(調達価格等算定委員会による建設費の想定値・178,000円)の場合は、必要となる PVOUT のラインが 3.26 と高いため、対象となるのは山梨県のみとなった。他方、ケース②(トップランナー上位  $10\% \cdot 156,800$ 円)まで建設費が低減できる場合には、必要となる PVOUT のラインは 3.00 となり、19 府県が推計対象となる。その結果、設備容量は 352 万 kW、年間発電電力量は 4 TWh となった。

表 7 公共用屋根置き太陽光発電の都道府県別 PVOUT 値と年間発電電力量

	- III	IN VOOTEE	COE条件を満たす発	も电力量力10 損失係数	年間日数	■対象設備容量を積	7		
				73%	365.25				
						ケース①設備費MET	I想定値(178,000円)	ケース②設備費上位	10%(156,800円)
		設備容量	日射量	年間PVOUT	PVOUT	PVOUT	年間発電電力量	PVOUT	年間発電電力量
	都道府県	(万kW)	(kWh/m2·day)	(kWh/年/kW)	(kWh/日/kW)	3.26	牛间光电电力重	3.00	牛间光电电刀里
		レベル 1	MONSOLA-20	DCベース		以上を対象	GWh	以上を対象	GWh
1	北海道	41.00	3.62	965	2.64		0		
2	青森	12.00	3.57	952	2.61		0		
3	岩手	12.00	3.69	984	2.69		0		
	宮城	16.00	3.82	1,019	2.79		0		
	秋田	10.00	3.45	920	2.52		0		
	山形	10.00	3.69	984	2.69		0		
	福島	17.00	3.78	1,008	2.76		0		
	茨城	20.00	4.13	1,101	3.01		0	•	2
	栃木	15.00	4.03	1,075	2.94		0	•	4
	群馬	15.00	4.03	1,139	3.12		0	•	1
			4.05				0		_
	埼 <u>玉</u> 千葉	36.00 32.00	4.03	1,080 1,085	2.96 2.97		0		
	東京	56.00	4.05	1,080	2.96		0		
	神奈川	38.00	4.14	1,104	3.02		0	•	4
	新潟	21.00	3.62	965	2.64		0		
	富山	9.00	3.65	973	2.66		0		
	石川	10.00	3.83	1,021	2.80		0		
	福井	8.00	3.74	997	2.73		0		
19	山梨	7.00	4.54	1,211	3.31	•	85	•	
20	長野	21.00	4.32	1,152	3.15		0	•	2
21	岐阜	16.00	4.20	1,120	3.07		0	•	
22	静岡	21.00	4.31	1,149	3.15		0	•	2
23	愛知	41.00	4.19	1,117	3.06		0	•	4
24	三重	13.00	4.27	1,139	3.12		0	•	1
	滋賀	10.00	3.91	1,043	2.85		0		
	京都	15.00	3.87	1,032	2.83		0		
	大阪	43.00	4.16	1,109	3.04		0	•	4
	兵庫	34.00	4.29	1,144	3.13		0	•	3
	奈良	9.00	4.02	1,072	2.93		0	•	
	和歌山	8.00	4.28	1,141	3.12		0	•	
	鳥取	6.00	3.74	997	2.73		0		
	島根	8.00	3.74	997	2.73		0		
	岡山	15.00	4.13	1,101	3.01		0	•	
			4.15				0	•	
	広島 山口	19.00 12.00	4.15 3.95	1,107	3.03 2.88		0	•	
				1,053					
	徳島	7.00	4.32	1,152	3.15		0	•	
	香川	7.00	4.17	1,112	3.04		0	•	
38		11.00	4.12	1,099	3.01		0	•	
	高知	7.00	4.27	1,139	3.12		0	•	
	福岡	30.00	3.83	1,021	2.80		0		
41		7.00	3.97	1,059	2.90		0		
42		11.00	3.97	1,059	2.90		0		
43		13.00	4.01	1,069	2.93		0		
44		9.00	3.91	1,043	2.85		0		
45	宮崎	9.00	4.15	1,107	3.03		0	•	
46	鹿児島	14.00	3.90	1,040	2.85		0		
	沖縄	11.00	4.08	1,088	2.98		0		
48	合計	812.00	4.00	1,066	2.92	7	85	352	3,9
			1100	_,000	2.52	万kW	GWh	万kW	GWh
$\neg$						/5	J	19	
							-	17	
							0		4

#### ③ 商業用の推計結果

商業用については、前提諸元が公共用と同じであることから、必要となる PVOUT も同様となる。その結果、ケース①(調達価格等算定委員会想定・178,000 円)では、必要となる PVOUT が 3.26 で山梨県のみが対象となり、設備容量は 16 万 kW、年間発電電力量は 196 GWh にとどまった。ケース②(トップランナー上位  $10\% \cdot 156,800$  円)では、必要となる PVOUT のラインは 3.00 で、19 府県が対象となり、設備容量 881 万 kW、年間発電電力量は 10 TWh となった。

表 8 商業用屋根置き太陽光発電の都道府県別 PVOUT 値と年間発電電力量

	道府県別PVOUT			年間日数	■対象設備容量を積				
+			損失係数 73%	年間日数 365.25					
			73%	303.23	ケース①設備費MET	T相定値(178 000円)	ケース②設備費上位	110%(156.800	
	設備容量	日射量	年間PVOUT	PVOUT	PVOUT			TW10%(130,800F	
±17.≥	府県 (万kW			(kWh/目/kW)	3.26	年間発電電力量	3.00	年間発電電	
和是	M (力KW)	(kWh/m2·day) MONSOLA-20	DCベース	(KWN/⊟/KW)	以上を対象	GWh	3.00 以上を対象	GWh	
4 disami				2.64	以上を対象		以上で対象	GWII	
1 北海过2 青森	道 55. 18.					0		-	
3 岩手	27.					0			
4 宮城	31.					0			
5 秋田	21.					0			
6 山形	23.					0			
7 福島	34.					0			
8 茨城	55.					0	•		
9 栃木	35.					0			
10 群馬	37.					0	•		
11 埼玉	67.		,			0			
12 千葉	62.		,			0		1	
13 東京	98.					0			
14 神奈/						0	•	1	
15 新潟	47.					0		1	
16 富山	30.					0			
17 石川	25.					0			
18 福井	21.			2.73		0			
19 山梨	16.				•	196	•		
20 長野	51.					0	•		
21 岐阜	46.	99 4.20	1,120	3.07		0	•		
22 静岡	61.	91 4.31	1,149	3.15		0	•		
23 愛知	113.					0	•		
24 三重	39.	31 4.27	1,139	3.12		0	•		
25 滋賀	28.	73 3.91	1,043	2.85		0			
26 京都	40.	14 3.87	1,032	2.83		0			
27 大阪	103.	36 4.16	1,109	3.04		0	•		
28 兵庫	80.	93 4.29	1,144	3.13		0	•		
29 奈良	21.	58 4.02	1,072	2.93		0			
30 和歌L	Ц 20.	9 4.28	1,141	3.12		0	•		
31 鳥取	12.	92 3.74	997	2.73		0			
32 島根	14.	3.74	997	2.73		0			
33 岡山	45.	57 4.13	1,101	3.01		0	•		
34 広島	48.	4.15	1,107	3.03		0	•		
35 山口	29.	3.95	1,053	2.88		0			
36 徳島	15.					0	•		
37 香川	27.	66 4.17	1,112	3.04		0	•		
38 愛媛	26.					0	•		
39 高知	10.	34 4.27	1,139	3.12		0	•		
40 福岡	70.	3.83	1,021	2.80		0			
41 佐賀	17.	3.97	1,059			0			
12 長崎	22.	77 3.97	1,059	2.90		0			
13 熊本	27.	3 4.01	1,069	2.93		0			
14 大分	19.	3.91	1,043	2.85		0			
45 宮崎	19.	06 4.15	1,107	3.03		0	•		
46 鹿児島	島 19.	3.90				0			
17 沖縄	17.					0			
18 合計	1,826.				16	196	881		
	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,		,,,,,		万kW	GWh	万kW	GWh	
							19		
						0		10	
						TWh		TWh	

## 3) 評価結果

メガソーラーの代替策としてのオンサイト太陽光の経済的導入可能量の推計を試みた結果、調達価格等算定委員会が想定する足下の設備費用では経済的導入可能量は殆ど見込めないものの、建設費の低減により戸建はトップランナー35%、公共・商業用ではトップランナー10%の価格を実現した場合、半数近くの都道府県において経済性が見込まれる。その効果は、具体的には、発電設備容量では戸建が1,840万kW、公共用が352万kW、商業用が881万kWの計3,046万kW、発電電力量では戸建が21TWh、公

共用が 4TWh、商業用が 10TWh の計 35TWh 経済的導入可能量があるとの結論が得られた。

これを第6次エネルギー基本計画で太陽光発電に求められる13.8GW~26.2GWのFIT/FIP新規認定と建設・稼働量と比較すると、10~20年で経済的導入可能量の実現を目指すとしても、相当程度を屋根置き設置でカバーすることが可能であることを示している。また発電電力量で見ても、2030年の日本の発電電力量934TWhの約3.7%に相当し、日本の乏しい太陽光発電の経済的導入可能量を補完する有効な対策となりうることを示唆している。

#### 【太陽光発電】導入見込み(現行政策努力継続ケース・政策対応強化ケース)

- ①現時点導入量は56GW、②既認定未稼働の稼働は18GW (※)。
  - ※2018年に未稼働措置の実施により容量ベースで約75%の案件について運転開始が見込まれる結果であることを踏まえ、未稼働案件の75%が稼働する前提。
- ③2030年度までの新規導入見込量は、適地の減少等を考慮すると、今後、年間認定量が更に低下する懸念もあるが、現行の対策を継続し、今後も2020年度認定量の1.5GW/年を維持・継続すると想定し、14GWとなる。(現行政策努力継続ケース)
- さらに、各省における政策の検討を踏まえ、現時点で具体化されつつある政策を最大限・確実に実施することで、 12GW程度の導入が見込まれる。(政策対応強化ケース、具体的な政策は以下参照)
  - (1) 改正温対法によるポジティブゾーニング(再エネ促進区域を指定して積極的な案件形成を行う取組)や 自治体の計画策定に対する支援【環境省】 4.1GW
  - (2) 温対法に基づく政府実行計画等に基づき、公共部門を率先して実行【環境省】 6.0GW
  - (3) 空港の再エネ拠点化の推進【国交省】 2.3GW

区分	①現時点 導入量	②FIT既認定 未稼働の稼働	③新規認定	分の稼働	合計 (=①+②+③)		H27策定時					
			努力継続	政策強化	努力継続	政策強化	T2/束足时					
地上	41.3GW	17.2GW	4.8GW	26.2GW	63.3GW	100.0GW						
屋根	14.5GW	0.8GW	9GW	20.2GW	24.3GW							
合計	55.8GW (690億kWh)	18.0GW (225億kWh)	13.8GW (172億kWh)	26.2GW (326億kWh)	87.6GW (1,090億kWh)	100.0GW (1,244億kWh)	64GW (749億kWh)					
×.	※会計け四途五〕の関係で一切ければ見合がある											

※合計は四捨五入の関係で一致しない場合がある

(出典:経済産業省資料)

図 26 第6次エネルギー基本計画における太陽光発電導入見込み

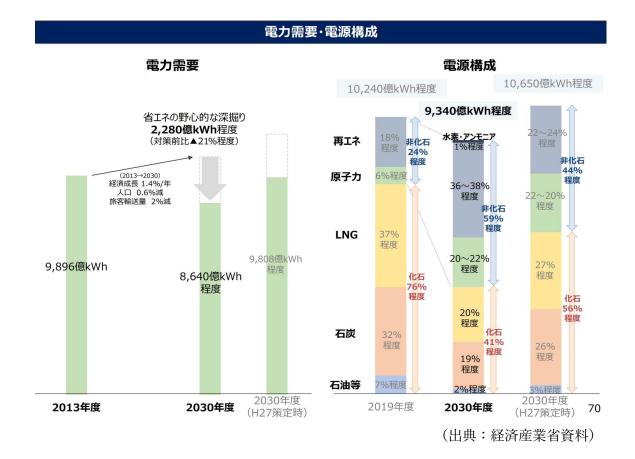


図27 第6次エネルギー基本計画における電力需要と電源構成

図 28 は全都道府県を PVOUT 値の順に並べるとともに、併せて戸建、公共、商業の建物用途別にケース②でも必要とされた PVOUT 値を示したものである。 PVOUT 値が最も小さいのは秋田県で 2.52kWh/日/kW、最も大きいのは山梨県で 3.31kWh/日/kW と、1.3 倍もの開きがあることが見てとれる。今後、屋根置き太陽光発電の普及拡大策の具体的な検討にあたっては、こうした日射量の差異を踏まえ、全国一律で一気に進めるのではなく、まずは日射量に恵まれた府県を対象に先行することで、過度な国民負担を回避すると言った工夫が求められる。

また、都市部内の送配電網も相当量の太陽光発電パネルが域内に設置されることを 踏まえ、電線の地中化や都市のゼロエミッション化に合わせてローカル配電系統の強化 や弱点の補強が必要になることにも留意する必要がある。

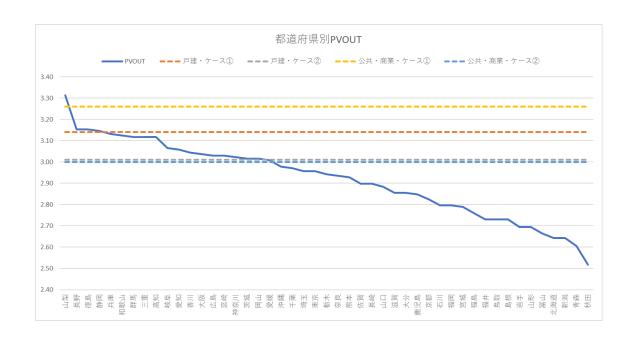


図 28 都道府県 PVOUT 値(降順)と NPV がゼロとなる PVOUT 値

無論、現実的には、既設の建築物の屋上に一斉に太陽光パネルを設置することは難しく、取り得る策としては、当面、新築時の設置を推奨することとし、公共用については義務化することも考えられる。この際、日本全国で一律に設置を促進するのではなく、都道府県別によって日射量や積雪など自然条件が異なることを踏まえ、経済的導入可能量が見込める都道府県を中心に促進することが肝要と考える。

#### 5. 終わりに

日本は2050年カーボンニュートラルを目指すとともに、2030年には温室効果ガスを2013年比で46%削減するという目標をパリ協定に基づく国別貢献として登録した。この大幅削減を目指す最大のツールが、再生可能エネルギー電源の大幅導入拡大・主力電源化である。このことは、導入される再生可能エネルギーの発電コストがFIT 賦課金の負担増大という限定的な観点のみならず、国民生活や産業の国際競争力に大きな影響を及ぼすことを意味する。

昨年10月に発表された第6次エネルギー基本計画では、第5次計画に引き続き、 再生可能エネルギーの中でも太陽光発電への期待が大きい。このため、我が国に導入される太陽光発電の発電コストについて、国際的な観点からの比較と発電コスト別の導入可能量を評価を行った。その結果は、

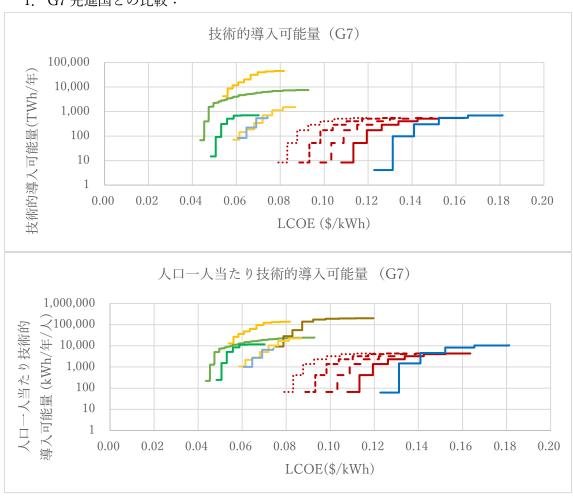
- ・温帯モンスーン気候に属し、夏には梅雨、冬には積雪があり、平地に乏しいという自然条件に加え、人口密度が高いという社会条件から、世界でみると、日本はメガソーラーの導入適地に最も乏しい国の一つである
- ・とりわけ経済性の高い、即ち安価な発電コストの太陽光発電の導入可能量は非常に乏 しく、太陽光発電の経済的導入可能量だけでは電力需要を満たすことができない
- ・乏しい資源量を補う方法が屋根置き型太陽光発電の利用である。理由は自家消費分が 存在すること、設置場所は都市部またはその近郊が中心で電力消費地に近いことから 送電コスト負担が少ないことによる。
- ・ただし、都道府県間には資源量に大きな差があり採算性が大きく異なることから、全国一律での利用拡大には問題がある。PVOUTが大きくNPV>0となる地域に限定すべき。なお、実現にあたっては、都市内部のローカル配電系統ならびに変電設備の強化も必要となる。

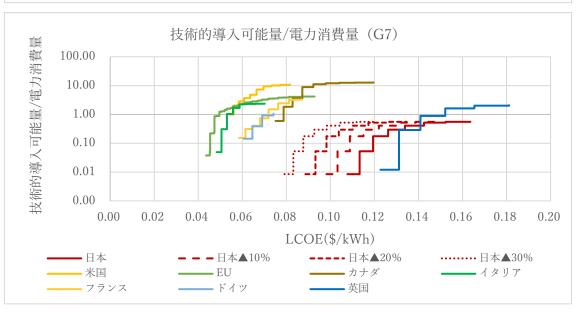
また、発電効率向上、低コスト化、設置場所の拡大を目指した技術開発が進められているが、技術普及には国境がなく、技術導入した全ての国の発電コストを低減させることから、その効果を持って国際格差を是正する効果は必ずしも期待できないことに留意する必要がある。

更に、本質的な太陽光資源の持つ弱点を克服して再生可能エネルギーの主力電源化 を進めるには、資源量としては豊富な洋上風力発電や地熱発電の発電コスト低減に産学 官をあげて取り組むことが必要であろう。

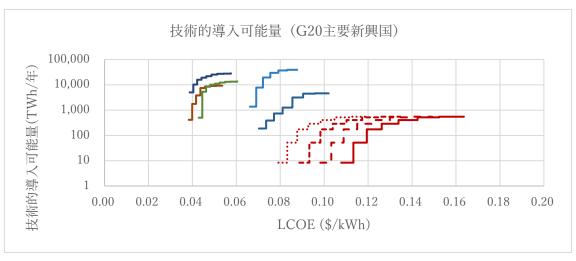
# 付録A

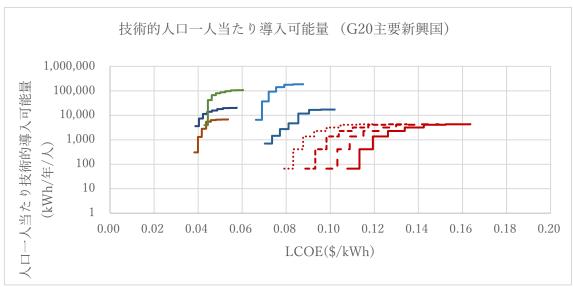
# 1. G7 先進国との比較:

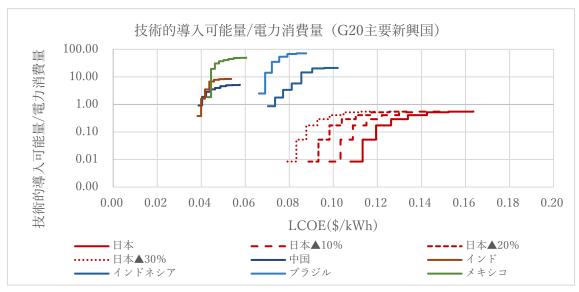




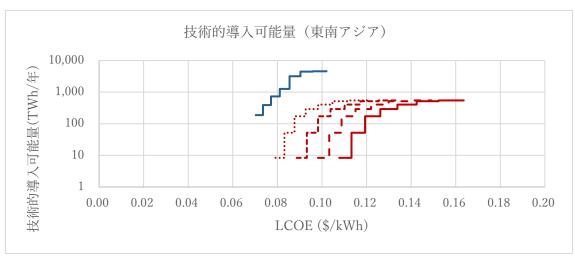
# 2. G20 の主要新興国との比較:

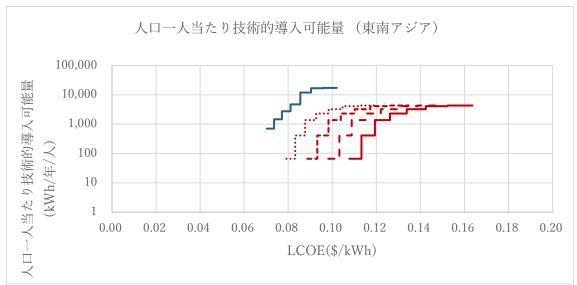


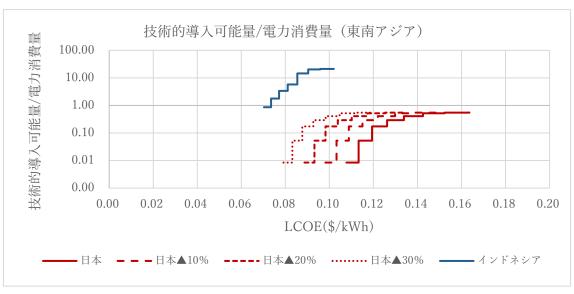




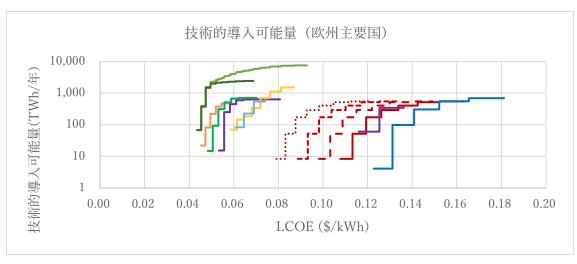
# 3. 東南アジアとの比較:

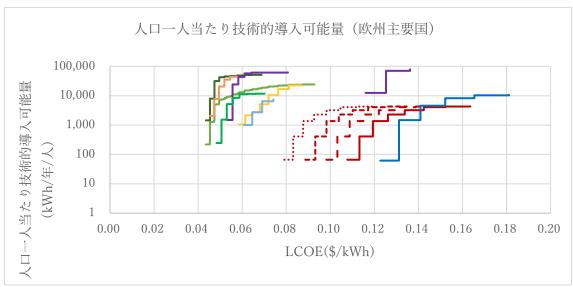


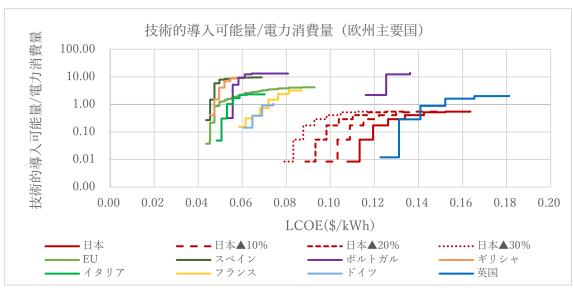




# 4. 欧州主要国との比較:







#### 付録 B

# 屋根置き設置太陽光発電設備の経済的導入可能量推定における 確定論的アプローチと確率論的アプローチの比較

本文における屋根置き設置太陽光発電設備の経済的導入可能量(年間発電電力量)の推定では、傾斜角 1 0 度日射量・損失係数・設備費をすべて確定値として計算した。これを確定論的アプローチと呼ぶ。

この内、傾斜角 1 0 度日射量は自然条件によって大きく異なるので、出来れば Solargis のように確率論的アプローチで取り扱うことが望ましい。

しかし一方で、確率論的アプローチは煩雑であり、ほとんど同等の結論が得られるのであれば、確定論的アプローチの方が、多数のケースについて簡便に計算できるという点で優れている。

そこで、次の手順により水平日射量を確率変数として経済的導入可能量を確率論的アプローチで推計し、確定論的アプローチによる推計値と比較してみた。

1) 傾斜角 10 度日射量を水平日射量に変換する係数:

MONSOLA-20 を用いて各都道府県庁所在地における傾斜角度 0 度の日射量、すなわち水平日射量、と傾斜角度 10 度の傾斜日射量の比率を求める。地点により異なるが、概ね、水平日射量は、傾斜角度 10 度の傾斜日射量の 92%である。

2) PVOUT 閾値に相当する水平日射量閾値:

PVOUT 閾値を損失係数 73%で割って傾斜角度 10 度の日射量閾値を求め、次に 1 )で求めた係数を掛ける。

3) 水平日射量閾値以上になる確率:

Solargis の Cumulative distribution function, Global horizontal irradiation の曲線を用いて水平日射量閾値の累積確率(%)を求め、100%から累積確率を引く。

福島・関東・甲信越について上記の手順で計算した得られた比較結果は付表 1、2,3の通りである。

付表1 戸建ケース

		戸建:	ケース①設備費METI	想定値(259	,000円)		戸建!	ケース②設備費上作	立35%(245	5,700円)
		PVOUT		PVOUT			PVOUT		PVOUT	
		3.14	年間発電電力量	3.14	4 年間発電電力量		3.01	年間発電電力量	3.01	年間発電電力量
		以上を対象	GWh	以上の確率	GWh		以上を対象	GWh	以上の確率	GWh
7	福島		0	0%	0			0	0%	0
8	茨城		0	6%	97		•	1,751	79%	1,392
9	栃木		0	5%	46			0	50%	510
10	群馬		0	27%	318		•	1,161	76%	888
11	埼玉		0	12%	295			0	74%	1,797
12	千葉		0	2%	44			0	56%	1,354
13	東京		0	0%	0			0	71%	1,523
14	神奈川		0	11%	257		•	2,339	63%	1,467
15	新潟		0	0%	0			0	0%	0
19	山梨	•	515	34%	175		•	515	65%	336
20	長野	•	1,192	32%	381		•	1,192	66%	784
福島隊	 福島関東甲信越合計		1,707		1,613			6,959		10,052
			1		1			1		1
	確定		確定論的推定値		確率論的推定値			確定論的推定値		確率論的推定値

付表 2 公共ケース

		公共会	ケース①設備費METI	想定値(178	,000円)	公共:	テース②設備費上の	立35%(156	5,800円)
		PVOUT 3.26	年間発電電力量	PVOUT 3.26	年間発電電力量	PVOUT 3.00	年間発電電力量	PVOUT 3.00	年間発電電力量
		以上を対象	GWh	以上の確率	GWh	以上を対象	GWh	以上の確率	GWh
7	福島		0	0%	0		0	2%	4
8	茨城		0	0%	0	•	220	79%	175
9	栃木		0	0%	0		0	50%	81
10	群馬		0	13%	22	•	171	70%	120
11	埼玉		0	3%	11		0	79%	308
12	千葉		0	0%	0		0	56%	193
13	東京		0	0%	0		0	75%	451
14	神奈川		0	2%	9	•	419	69%	289
15	新潟		0	0%	0		0	0%	0
19	山梨	•	85	21%	18	•	85	65%	55
20	長野		0	17%	41	•	242	66%	159
福島	福島関東甲信越合計		85		101		1,137		1,836
188317			<u> </u>		131		1,137		1,330
			確定論的推定値		確率論的推定値		確定論的推定値		確率論的推定値

付表3 商業ケース

		商業	ケース①設備費METI	想定値(178	,000円)	商業	ケース②設備費上化	立35%(156	5,800円)
		PVOUT		PVOUT		PVOUT		PVOUT	
		3.26	年間発電電力量	3.26	年間発電電力量	3.00	年間発電電力量	3.00	年間発電電力量
		以上を対象	GWh	以上の確率	GWh	以上を対象	GWh	以上の確率	GWh
7	福島		0	0%	0		0	2%	7
8	茨城		0	0%	0	•	611	79%	486
9	栃木		0	0%	0		0	50%	193
10	群馬		0	13%	56	•	427	70%	301
11	埼玉		0	3%	21		0	79%	580
12	千葉		0	0%	0		0	56%	376
13	東京		0	0%	0		0	75%	790
14	神奈川		0	2%	14	•	669	69%	461
15	新潟		0	0%	0		0	0%	0
19	山梨	•	196	21%	41	•	196	65%	128
20	長野		0	17%	101	•	592	66%	390
福島隊	  東甲信越合	†	196		233		2,495		3,711
			1		1		1		1
			確定論的推定値		確率論的推定値		確定論的推定値		確率論的推定値

戸建・公共・商業共に、ケース①では二つのアプローチ間の差異は小さいが、ケース②では確定論的推定値は確率論的推定値と比べて6~7割低くなっている。この主な要因は、埼玉と東京にある。確率論的推定では共に70%を超える確率で閾値を超えるのに対して、確定論的推定では閾値以下と判定された。これは、埼玉県の日射量を県庁であるさいたま市で代表させ、東京都の日射量は都心で代表させたことによると思われる。つまり首都圏のように都市部が広域に渡って広がる都道府県では、一箇所の日射量で全域を代表させることには限界があることが示唆された。

そこで試みに、埼玉県は熊谷市の、東京都は多摩市の日射量で代表させて再計算したところ、 付表 4, 5, 6 の通りとなった。

付表 4 戸建ケース再計算

		戸建:	ケース①設備費METI	想定値(259	,000円)		戸建!	ケース②設備費上化	立35%(245	5,700円)
		PVOUT		PVOUT			PVOUT		PVOUT	
		3.14	年間発電電力量	3.14	3.14 年間発電電力量		3.01 年間発電電力		3.01	年間発電電力量
		以上を対象	GWh	以上の確率	GWh		以上を対象	GWh	以上の確率	GWh
7	福島		0	0%	0			0	0%	0
8	茨城		0	6%	97		•	1,751	79%	1,392
9	栃木		0	5%	46			0	50%	510
10	群馬		0	27%	318		•	1,161	76%	888
11	埼玉 (熊谷)		0	12%	311		•	2,560	74%	1,895
12	千葉		0	2%	44			0	56%	1,354
13	東京 (多摩)		0	0%	0		•	2,216	71%	1,564
14	神奈川		0	11%	257		•	2,339	63%	1,467
15	新潟		0	0%	0			0	0%	0
19	山梨	•	515	34%	175		•	515	65%	336
20	長野	•	1,192	32%	381		•	1,192	66%	784
福島関	  東甲信越合計	†	1,707		1,629			11,735		10,191
			1		1			1		1
			確定論的推定値		確率論的推定値			確定論的推定値		確率論的推定値

付表 5 公共ケース再計算

		公共会	ケース①設備費METI	想定値(178	,000円)		公共?	ケース②設備費上化	立35%(156	5,800円)
		PVOUT	6 H 2 S 5 L 1	PVOUT	7 H 2 T 5 T 1 H		PVOUT	<b>左眼</b> 恋素素上目	PVOUT	7888551B
		3.26	年間発電電力量	3.26	3.26 年間発電電力量		3.00	年間発電電力量	3.00	年間発電電力量
		以上を対象	GWh	以上の確率	GWh		以上を対象	GWh	以上の確率	GWh
7	福島		0	0%	0			0	2%	4
8	茨城		0	0%	0		•	220	79%	175
9	栃木		0	0%	0			0	50%	81
10	群馬		0	13%	22		•	171	70%	120
11	埼玉(熊谷)		0	3%	12		•	410	79%	325
12	千葉		0	0%	0			0	56%	193
13	東京(多摩)		0	0%	0		•	621	75%	463
14	神奈川		0	2%	9		•	419	69%	289
15	新潟		0	0%	0			0	0%	0
19	山梨	•	85	21%	18		•	85	65%	55
20	長野		0	17%	41		•	242	66%	159
福島隊	  東甲信越合計	†	85		102			2,168		1,865
			1		1			1		1
			確定論的推定値		確率論的推定値			確定論的推定値		確率論的推定値

付表 6 商業ケース再計算

		商業	ケース①設備費METI	想定値(178	,000円)	商業	ケース②設備費上位	立35%(156	5,800円)
		PVOUT		PVOUT		PVOUT		PVOUT	
		3.26	年間発電電力量	3.26	年間発電電力量	3.00	年間発電電力量	3.00	年間発電電力量
		以上を対象	GWh	以上の確率	GWh	以上を対象	GWh	以上の確率	GWh
7	福島		0	0%	0		0	2%	7
8	茨城		0	0%	0	•	611	79%	486
9	栃木		0	0%	0		0	50%	193
10	群馬		0	13%	56	•	427	70%	301
11	埼玉 (熊谷)		0	3%	22	•	771	79%	611
12	千葉		0	0%	0		0	56%	376
13	東京 (多摩)		0	0%	0	•	1,088	75%	811
14	神奈川		0	2%	14	•	669	69%	461
15	新潟		0	0%	0		0	0%	0
19	山梨	•	196	21%	41	•	196	65%	128
20	長野		0	17%	101	•	592	66%	390
福島隊	 福島関東甲信越合計		196		234		4,355		3,764
			1		1		1		1
			確定論的推定値		確率論的推定値		確定論的推定値		確率論的推定値

以上の再計算の結果を見ると、ケース①では、戸建・公共・商業共に、二つのアプローチ間の差異は小さい。ケース②では、戸建・公共・商業共に、確定論的アプローチの方が 15% ほど過大な推定となった。PVOUT が閾値近辺にある都道府県は、日射量代表値の選定に極めて鋭敏であることが判明した。

それでは確率論的アプローチの方が優れているか、というと必ずしもそうとは言えない。というのも、Solargisの確率曲線が田園や山岳地帯も含めた各都道府県全域の分布を表していることへの留意が必要だからである。

屋根置き設置太陽光発電設備の経済的導入可能量は、市街地における日射量の確率分布を 用いて推定することが本来は望ましい筈である。しかし、そのような統計データは公開され ていない。

そのような制約があるなかで、都道府県庁所在地、即ち最も建物密度が高い地域、の日射量をもって代表値とし、確定論的に推定をするアプローチには一定の合理性があり、少なくとも 10%を超えるような過大な推定はしないので、一次近似としてより適切だと思われる。

なお、確定論的アプローチでは、日射量代表値のわずかな差で当該都道府県の技術的導入可能量を経済的導入可能量として算入するしないの判定が分かれてしまうが、これを、どの都道府県を政策施行の対象とするかを決める判定基準とすることには慎重であるべき、と思われる。確定論的アプローチは、あくまでポテンシャル推定のための計算手順である。

#### 付録 C 屋根置きポテンシャル推計の前提条件等

- 1. 技術ポテンシャル (設備容量) の算出方法 (環境省資料 26より)
- 1) 住宅用・商業用太陽光 (環境省・平成23年度調査より)
  - ①住宅地図データより 500m メッシュ単位で建築物の用途カテゴリー(戸建住宅等、小規模商業施設、中規模商業施設、大規模商業施設、大規模共同住宅・オフィスビル、中規模共同住宅、宿泊施設)別に面積を推計
  - ②用途カテゴリー毎に設定した設置係数(延床面積や建築面積に対する、太陽光発電設備を設置できる面積の割合、m²/m²)に上記面積を乗じて、メッシュ毎の設置可能面積を算出

付表7 用途カテゴリー毎の設置係数(環境省資料)

H22 ポテンシャル調査 考え方 レイヤ区分 のカテゴリー レベル2 公共施設 本庁舎、支庁舎 0.26 0.63 1.07 前年度調 幼稚園等、小学校、 査の建築 学校、高等学校、中等 学校 0.31 0.67 0.74 面積べー 教育学校、その他学 スの設置 大学 係数を使 公民館 体育館 その 余暇・レジャー 0.34 0.78 0.89 他文化施設 0.08 0.51 0.58 2. 建築面積 戸建住宅等 0.170.430.53 設置係数 を使用 小規模商業施設 0.05 0.120.15 3. 延床面積 中規模商業施設 0.05 0.12 0.15 ベースの 大規模商業施設 0.05 0.12 0.15 設置係数 宿泊施設 0.03 0.08 0.10 を使用 大規模共同住 0.05 0.14 宅・オフィスビル 中規模共同住宅

表 5-9 本業務で使用する太陽光発電の設置係数の設定結果

③設置可能面積 (m²) に単位面積あたりの設備容量 (kW/m²) を乗じて設備容量 (kW)を算出

・戸建住宅 : 設備容量 (kW) = 設置可能面積  $(m^2) \times 0.0667$   $(kW/m^2)$  ・戸建住宅以外: 設備容量 (kW) = 設置可能面積  $(m^2) \times 0.1000$   $(kW/m^2)$ 

<sup>26</sup> 再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報、<a href="https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/29.html">https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/29.html</a>

<sup>※1:</sup> みずほ情報総研株式会社「平成 22 年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業 (太陽光発電及び太陽 熱利用の導入可能量に関する調査)」で示された設置可能面積 (屋根・屋上面積) を施設面積で除し かなか場(第一人ではな)。

た値を設置係数(レベル3)とする。 ※2: H22 ポテンシャル調査の公共施設、学校、文化施設、医療施設の設置係数の平均値をレベルごとに算 出し、レベル3の平均値を1とした時のレベル1およびレベル2の比率を求め、上記※1で算出した 小規模商業施設、中規模商業施設、大規模商業施設、宿泊施設、大規模共同住宅・オフィスピル、中 規模共同住宅の設置係数に乗じることで、レベル1およびレベル2の設置係数を算出した。

# 付表8 都道府県別・用途カテゴリー毎の設備容量(環境省資料)

# 表 5-12 太陽光発電の導入ポテンシャル(設備容量)の 都道府県別・レイヤ区分別の集計結果(レベル1)

											(丰)	:万 kW)
都道府県	小規模商業 施設	中規模商業 施設	大規模商業 施設	学校	余暇レ ジャー	宿泊施設	医療	公共施設	大規模共同 住宅・オフィ スビル	戸建住宅等	中規模共同 住宅	合計
北海道	0.17	0.61	3.07	13.78	3.66	1.34	1.30	3.32	0.75	175.18	49.65	252.81
青森県	0.03	0.18	0.64	4.15	0.88	0.20	0.37	1.09	0.27	55.16	17.45	80.43
岩手県	0.04	0.19	0.69	4.39	1.22	0.25	0.39	1.16	0.37	56.18	26.19	91.06
宮城県	0.07	0.30	1.42	6.44	1.56	0.48	0.51	1.53	0.40	85.24	29.19	127.13
秋田県	0.03	0.15	0.63	3.97	1.18	0.24	0.32	1.27	0.28	49.31	20.55	77.95
山形県	0.04	0.18	0.53	3.64	0.94	0.33	0.34	1.04	0.25	45.37	21.76	74.42
福島県	0.07	0.24	0.85	5.89	1.75	0.46	0.54	1.56	0.42	85.18	32.74	129.70
茨城県	0.12	0.38	1.49	8.70	2.54	0.27	0.67	1.99	1.27	159.04	51.98	228.46
栃木県	0.07	0.26	1.15	5.82	1.84	0.39	0.51	1.10	0.52	94.88	33.40	139.95
群馬県	0.08	0.30	1.06	5.90	1.98	0.33	0.57	1.30	0.50	101.98	35.22	149.20
埼玉県	0.17	0.84	3.31	14.88	3.45	0.21	1.01	2.88	1.22	224.89	61.96	314.84
千葉県	0.16	0.70	3.30	14.93	3.87	0.91	0.96	2.60	0.99	224.02	56.21	308.65
東京都	0.15	0.92	6.73	24.37	3.96	1.93	1.42	4.25	1.86	199.76	86.53	331.88
神奈川県	0.17	0.71	3.85	15.87	2.46	0.64	0.92	2.87	1.13	211.97	54.07	294.67
新潟県	0.07	0.38	1.27	7.84	2.28	0.57	0.63	1.80	0.67	104.10	44.11	163.72
富山県	0.04	0.17	0.66	3.91	1.09	0.23	0.36	0.94	0.38	48.25	29.37	85.40
石川県	0.03	0.20	0.76	4.03	1.43	0.47	0.34	0.86	0.34	46.67	24.11	79.23
福井県	0.02	0.12	0.43	3.19	0.91	0.17	0.22	0.65	0.30	32.95	20.13	59.09
山梨県	0.04	0.14	0.37	2.81	1.00	0.24	0.23	0.60	0.26	42.58	15.16	63.40
長野県	0.07	0.26	1.07	7.33	2.19	0.56	0.56	1.59	0.57	103.48	48.90	166.59
岐阜県	0.07	0.26	1.22	5.43	1.89	0.29	0.47	1.32	0.52	77.13	44.63	133.25
静岡県	0.13	0.52	1.57	8.92	2.74	0.97	0.83	2.15	0.89	158.19	57.83	234.75
愛知県	0.25	0.76	4.02	17.53	4.23	0.70	1.35	3.10	1.38	226.65	106.42	366.38
三重県	0.05	0.24	1.04	5.74	1.96	0.37	0.47	1.29	0.46	89.98	37.15	138.74
滋賀県	0.04	0.18	1.04	4.40	1.33	0.21	0.28	1.01	0.43	57.68	26.83	93.43
京都府	0.06	0.29	1.06	6.97	1.18	0.45	0.51	1.27	0.72	61.16	37.56	111.24
大阪府	0.16	0.74	4.57	17.78	3.40	1.04	1.15	2.88	1.35	137.26	96.00	266.33
兵庫県	0.12	0.58	3.46	13.11	3.05	0.65	1.00	2.59	1.21	149.82	74.91	250.49
奈良県	0.03	0.14	0.62	4.10	0.87	0.10	0.27	0.76	0.41	50.08	20.38	77.77
和歌山県	0.03	0.14	0.44	2.84	0.67	0.26	0.27	0.62	0.26	44.84	18.96	69.32
鳥取県	0.02	0.08	0.33	1.90	0.54	0.15	0.19	0.46	0.18	22.71	12.16	38.72
島根県	0.02	0.09	0.34	2.33	0.68	0.11	0.21	0.76	0.18	22.89	14.23	41.84
岡山県	0.06	0.26	0.98	6.50	1.61	0.29	0.60	1.52	0.59	91.38	43.47	147.26
広島県	0.07	0.37	1.52	7.70	1.40	0.34	0.65	1.68	0.71	92.69	45.42	152.54
山口県	0.04	0.24	0.78	4.73	1.25	0.21	0.49	1.14	0.43	62.54	28.27	100.11
徳島県	0.02	0.13	0.26	2.20	0.57	0.10	0.27	0.52	0.17	31.67	14.32	50.22
香川県	0.03	0.14	0.63	3.09	0.79	0.19	0.30	0.75	0.33	44.01	26.34	76.60
愛媛県	0.04	0.20	0.66	3.83	0.97	0.20	0.45	0.88	0.32	58.10	24.67	90.33
高知県	0.02	0.10	0.35	2.29	0.56	0.11	0.23	0.54	0.19	28.20	10.07	42.66
福岡県	0.13	0.65	3.15	13.46	3.31	0.68	1.47	2.93	1.14	161.60	65.14	253.64
佐賀県	0.03	0.12	0.46	2.85	0.72	0.12	0.32	0.78	0.26	32.17	16.33	54.16
長崎県	0.03	0.20	0.52	4.37	1.19	0.28	0.44	1.07	0.35	58.40	21.39	88.25
熊本県	0.05	0.26	0.75	4.93	1.45	0.28	0.64	1.14	0.36	61.77	25.33	96.97
大分県	0.03	0.21	0.50	3.39	0.95	0.25	0.40	0.88	0.36	46.66	18.15	71.79
宮崎県	0.03	0.19	0.47	3.40	0.92	0.14	0.43	0.88	0.26	48.88	17.97	73.56
鹿児島県	0.03	0.24	0.63	4.19	1.04	0.29	0.48	1.13	0.31	59.52	18.42	86.27
沖縄県	0.03	0.16	0.58	4.72	0.88	0.36	0.29	0.90	0.28	32.23	16.56	56.98
습計	3.25	14.73	65.23	324.53	80.35	19.38	26.66	69.33	26.75	4,154.37	1,697.58	6,482.16

# 2)公共系太陽光 (令和元年度調査より)

- ①公共系施設をカテゴリー(庁舎、文化施設、学校等、医療施設、上水施設、下水処理施設、道の駅)で分類し、太陽光発電設備を設置できる面積を算出(m²)
- ②施設カテゴリー毎に設置係数を算出

付表 9 用途カテゴリー毎の設置係数 (環境省資料)

表 3.3-4 公共系等太陽光発電の設置係数

	カ	テゴリー	設置係数	レベル1	レベル 2	レベル 3
大	小	施設名	の対象	V * < / V I	V+\/\V Z	V 1/V 3
	庁舎	本庁舎	延床面積	0.06	0.10	0. 23
	刀占	支庁舎	延床面積	0.06	0. 25	0.33
		公民館	延床面積	0.35	0.79	0.82
	文化施設	体育館	延床面積	0. 23	0.49	0.54
- 1		その他の文化施設	延床面積	0.05	0.22	0.32
公共系建築物		幼稚園·保育園	延床面積	0.17	0.41	0.46
系	学校等	小学校・中学校・高校	延床面積	0. 28	0.41	0.43
建	子仪寺	大学	延床面積	0.05	0.16	0.18
架物		その他の学校	延床面積	0.04	0. 23	0.23
-123	医療施設	病院	延床面積	0.02	0.15	0.17
	上水施設	上水施設	敷地面積	0.03	0.06	0.08
	下水処理施設	公共下水	敷地面積	0.06	0. 33	0.44
	下小处理地放	農業集落排水	処理人口	0.39	0.84	0.90
	道の駅	道の駅	敷地面積	0.02	0.39	0.39

- ③都道府県別に施設カテゴリー毎の統計情報を収集(例:○○県の小学校の延床面積の合計)
- ④設置係数に、統計情報から得られた数値を乗じて、都道府県毎の設置面積を算出 ⑤設置可能面積(m²)に単位面積あたりの設備容量(kW/m²)を乗じて設備容量
  - ・設備容量 (kW) = 設置可能面積 (m<sup>2</sup>) ×0.1000 (kW/m<sup>2</sup>)

(kW)を算出

付表 10 都道府県別・用途カテゴリー毎の設備容量(環境省資料)

表 3.3-13 公共系等太陽光発電の公共系建築物における都道府県別の導入ポテンシャル推計結果一覧

NAMES OF THE PARTY OF	かり正りがい	備容量(万kW)		年間発電電力量(億 kWh/年)				
都道府県	レベル1	レベル2	レベル3	レベル1	レベル2	レベル3		
北海道	41	91	102	5	10	12		
青森県	12	26	29	1	3	3		
岩手県	12	25	28	1	3	3		
宮城県	16	33	37	2	4	4		
秋田県	10	22	25	1	2	3		
山形県	10	22	25	1	3	3		
福島県	17	36	40	2	4	5		
茨城県	20	42	47	2	5	6		
栃木県	15	31	35	2	4	4		
群馬県	15	31	35	2	4	4		
埼玉県	36	70	78	4	8	9		
千葉県	32	62	70	4	7	8		
東京都	56	118	134	6	13	15		
神奈川県	38	76	86	5	9	10		
新潟県	21	45	50	2	5	6		
富山県	9	20	23	1	2	3		
石川県	10	23	25	1	3	3		
福井県	8	17	19	1	2	2		
山梨県	7	16	17	1	2	2		
長野県	21	44	50	3	5	6		
岐阜県	16	34	38	2	4	5		
静岡県	21	43	49	3	6	6		
愛知県	41	83	94	5	11	12		
三重県	13	26	30	2	3	4		
滋賀県	10	22	26	1	3	3		
京都府	15	32	36	2	4	4		
大阪府	43	88	99	5	11	12		
兵庫県	34	73	84	4	9	10		
奈良県	9	21	24	1	2	3		
和歌山県	8	16	17	1	2	2		
鳥取県	6	13	15	1	1	2		
島根県	8	16	18	1	2	2		
岡山県	15	32	37	2	4	5		
広島県	19	40	45	2	5	6		
山口県	12	25	29	1	3	3		
徳島県	7	13	15	1	2	2		
香川県	7	15	17	1	2	2		
愛媛県	11	24	27	1	3	3		
高知県	7	14	16	1	2	2		
福岡県	30	61	68	4	8	8		
佐賀県	7	14	16	1	2	2		
長崎県	11	23	26	1	3	3		
熊本県	13	29	32	2	4	4		
大分県	9	19	21	1	2	3		
宮崎県	9	18	20	1	2	3		
鹿児島県	14	27	30	2	4	4		
沖縄県	11	23	25	1	3	3		
合計	810	1,695	1, 908	98	205	231		

### 参考文献

- ESMAP.(2019), Global Solar Atlas 2.0 Technical Report. Washington, DC: World Bank.
- ESMAP (2020), Global Photovoltaic Power Potential by Country, The World Bank, Washington DC
- Hoogwijk(2004), On The Global and Regional Potential of Renewable Energy Sources
- IRENA (2021), Renewable Power Generation Costs in 2020, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- NREL(2016), Estimating Renewable Energy Economic Potential in the United States: Methodology and Initial Results
- NREL(2020), Exploring Renewable Energy Opportunities in Select Southeast Asian Countries, A Geospatial Analysis of the Levelized Cost of Energy of Utility-Scale Wind and Solar Photovoltaics
- RITE (2021), 総合資源エネルギー調査会第 43 回基本政策分科会 2021 年 5 月 13 日配付資料 5 World Bank(2019), Vietnam Solar Competitive Bidding Strategy and Framework, Washington, DC, World Bank."
- World Bank (2020), World Bank Country Factsheets, https://globalsolaratlas.info/global-pv-potential-study
- 自然エネルギー財団(2020)、2030年エネルギーミックスへの提案、2020年8月6日中島みき(2021)、ベトナム国の再生可能エネルギーに関する調査報告、IEEI