

地域条例・建物特性を考慮した 太陽光発電の導入ポテンシャル評価

2024年8月19日

再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会(第67回)

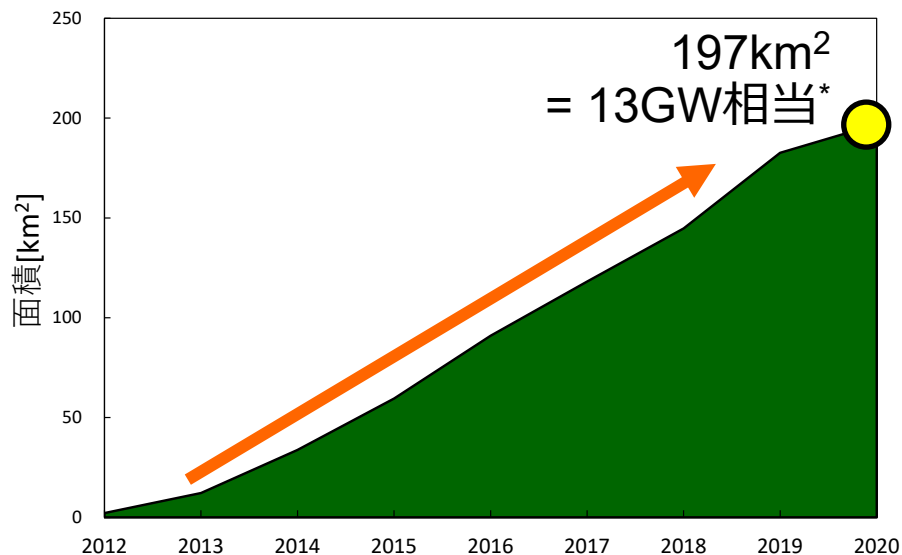
尾羽 秀晃 森本 壮一 柴田 善朗 ((一財)日本エネルギー経済研究所)
大槻 貴司 (横浜国立大学)

本報告は、JST 低炭素社会実現のための社会シナリオ研究事業 JPMJCN2302(代表機関:横浜国立大学)の一部として実施された研究報告[1]に基づくものである。

従来の導入ポテンシャル評価の課題

- ・近年では、森林などにおける太陽光発電開発を受けた規制条例の拡大や、特定の建物における太陽光発電設置の義務化など、太陽光発電の設置に関わる地域における制度は変化している。
- ・再生可能エネルギーの導入ポテンシャル評価はこれまで多数実施されているものの([2]–[15])、近年地域の制度が変化している背景もあり、地域条例や建物屋根の特徴を詳細に考慮する必要性が生じている。

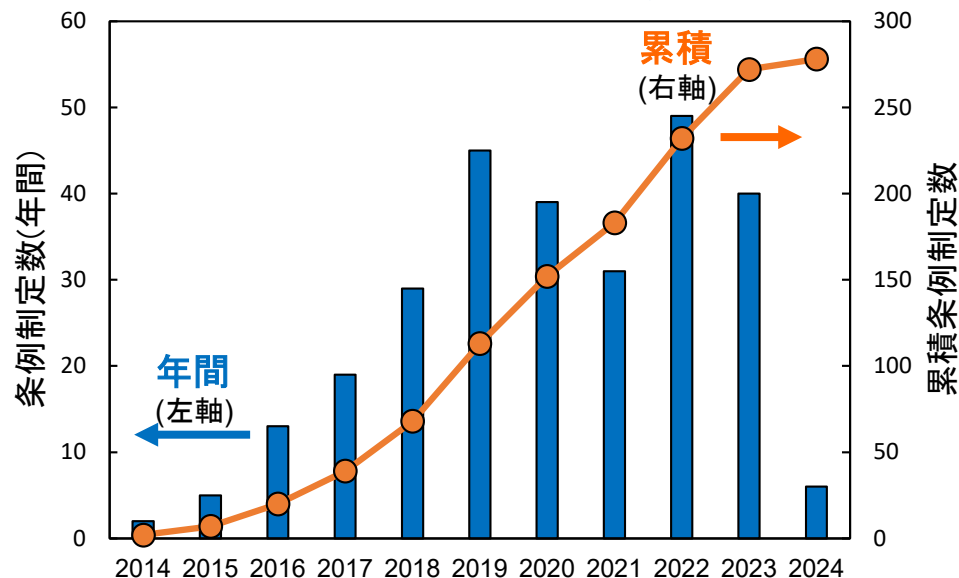
林地開発許可処分(1ha以上)における
太陽光発電設置に伴う森林改変面積 [km²]



データの出典: 林野庁[16]

* FIT導入当初の効率が低い設備が導入されていると想定し、0.067GW/km²で推計した値[15]。

太陽光発電の規制に関わる
自治体条例の制定数



→ 条例などの地域政策を考慮する必要性

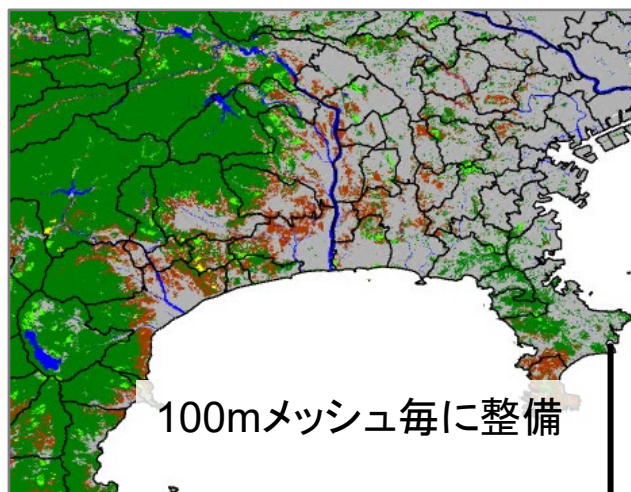
本報告における導入ポテンシャル評価

本報告では、地理情報システム(GIS)を用いることによって、日本の国土を100mのメッシュに分割した**土地利用データ**、および**建物データ**を構築し、太陽光発電の**設置対象となる場所**を評価した。

本報告の特徴

- (1) 地域条例のレビューを踏まえた、太陽光発電の立地を規制する**法区域**を詳細に考慮。
- (2) 建物個々の面積や種類を踏まえた、太陽光発電の設置に適した**屋根の特徴**を考慮。

(1) 土地利用データ(100mメッシュ)



格納データの一例

要素	例
土地利用	民有林・農地・雑草地など
法区域	抑制区域に指定されている区域など
自然条件	年間平均風速など

(2) 建物データ

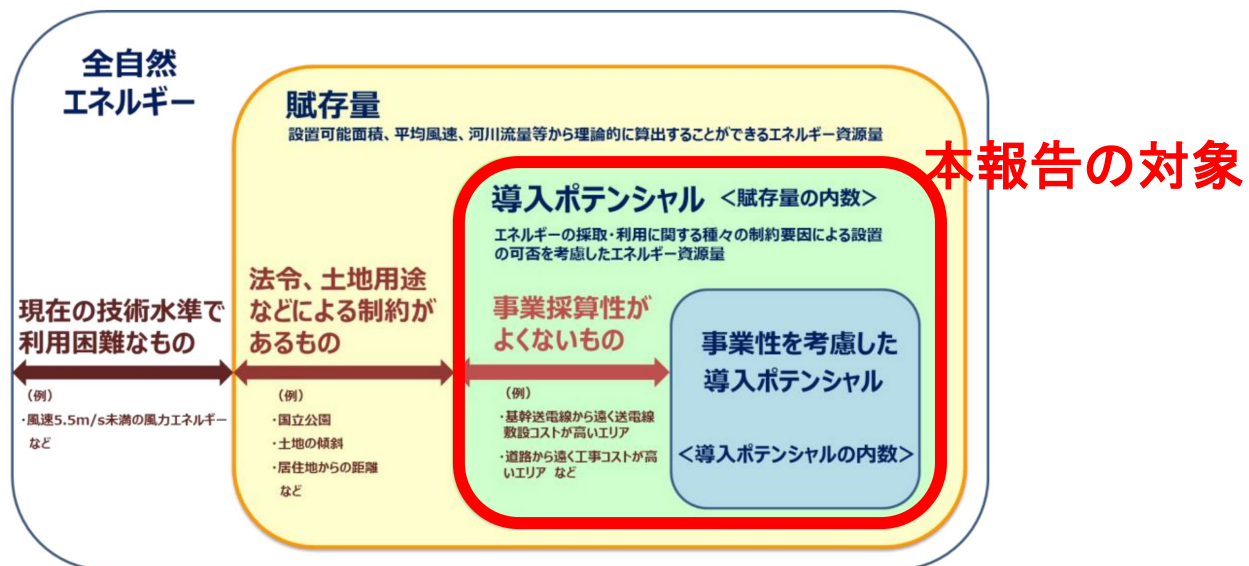


要素	例
建物種類	官公庁・病院・学校など
屋根面積	UTM-54系での面積
市町村	建物が存在する市町村

評価対象の定義

- ・本報告では、環境省[4]に倣い、賦存量のうちエネルギーの採取・利用に関する種々の制約要因により利用できないものを除いた推計時点のエネルギーの大きさである**導入ポテンシャル**を評価対象とする。
- ・本報告における導入ポテンシャルは条例などの**法制度・土地利用のみ**を考慮するものとし、経済性や系統制約・地元との調整等の社会的制約は考慮されない。
- ・本報告では優先的に設置が進むと想定される**地上設置型太陽光発電**と**屋根設置型太陽光発電**の設備容量(DCベース)を対象とした。また、環境省[4]の定義と合わせるため、住宅ストック数の減少や土地利用変化、発電効率の向上など時間軸に伴う変化については未考慮とした。

導入ポテンシャルの概念図(環境省[4]による図に赤枠部・赤文字を追記)



(考慮されていない要素の例)

- ・系統の空き容量、賦課金による国民負担
- ・将来見通し(再エネコスト、技術革新)
- ・個別の地域事情(地権者意思、公表不可な希少種生態系情報) 等

本報告の流れ

本報告では、以下の流れで分析結果を示す。

1. 地域条例を考慮した地上設置型太陽光発電の導入ポテンシャル評価

- ・ 地域条例レビューに基づく「抑制区域」の抽出
- ・ 地域条例を考慮した地上設置型太陽光発電の導入ポテンシャル

2. 建物特性を考慮した屋根設置型太陽光発電の導入ポテンシャル評価

- ・ 屋根の特徴を踏まえた屋根設置型太陽光発電の導入ポテンシャル

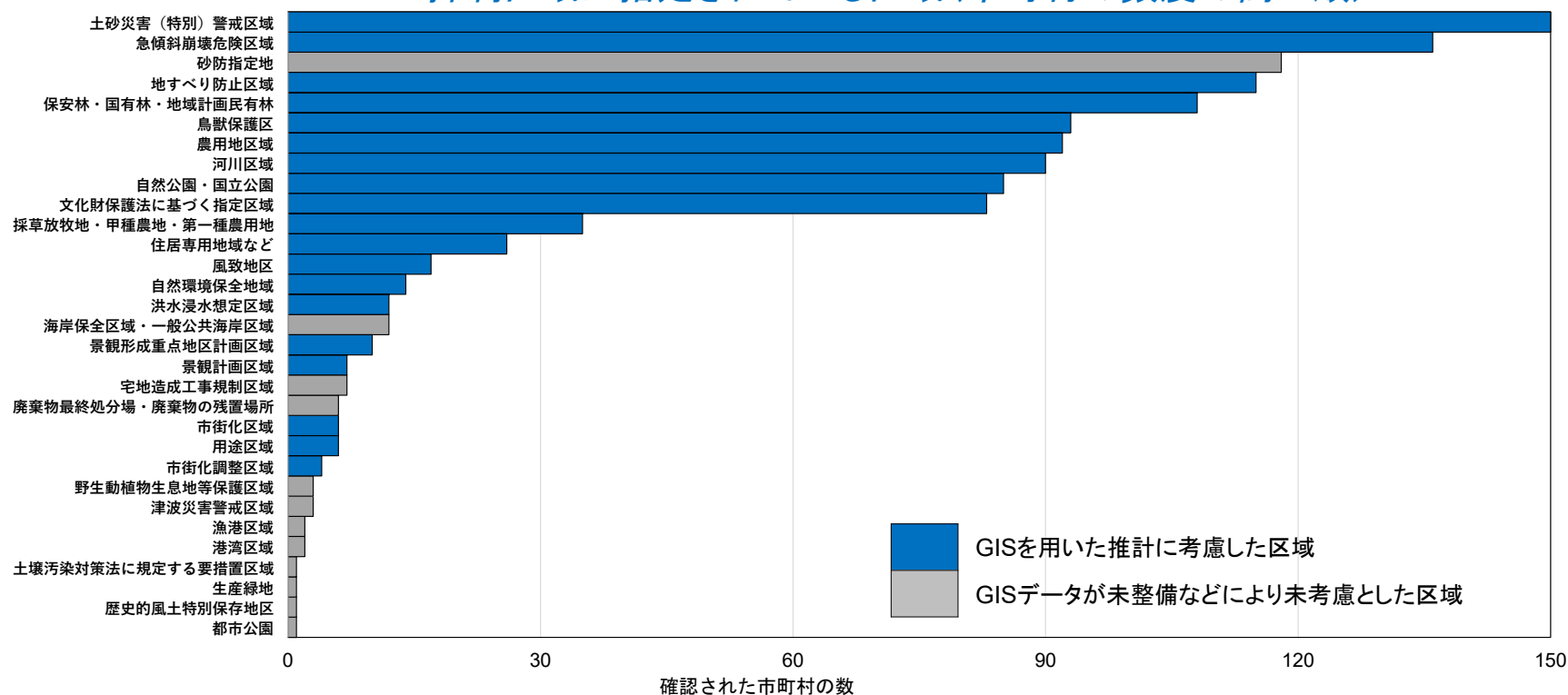
3. 政策的示唆

- ・ 導入ポテンシャル評価を踏まえたエネルギーミックス策定に向けた示唆

地域条例レビューによる抑制区域の抽出

- ・地方自治研究機構[17]を参考に、2024年3月までに太陽光発電の規制に関わる条例を制定していることが確認された263の市町村を対象に条例のレビューを行い、抑制区域などとして**太陽光発電の設置を規制している区域**の抽出を行った。
- ・本報告では、抽出した区域のうちGISデータが整備されている区域(下図・青部)を**太陽光発電の設置対象場所の評価において考慮**した(詳細はスライド27-29)。

抑制区域に指定されている区域(市町村の頻度の高い順)

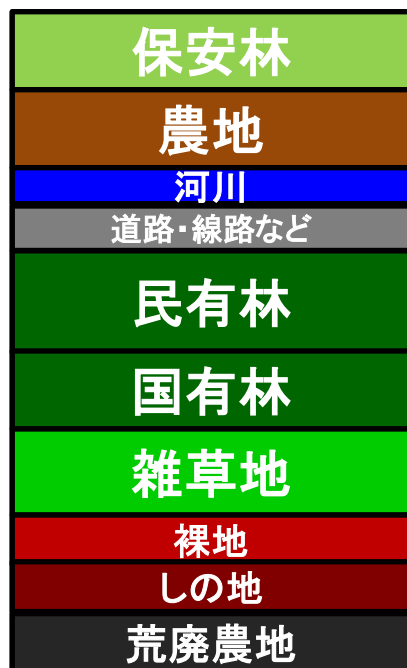


* GISデータが整備されていない区域についても、多くは他の制約している区域や土地利用と重複しているなど、面積推計への影響が小さいと考えられる。

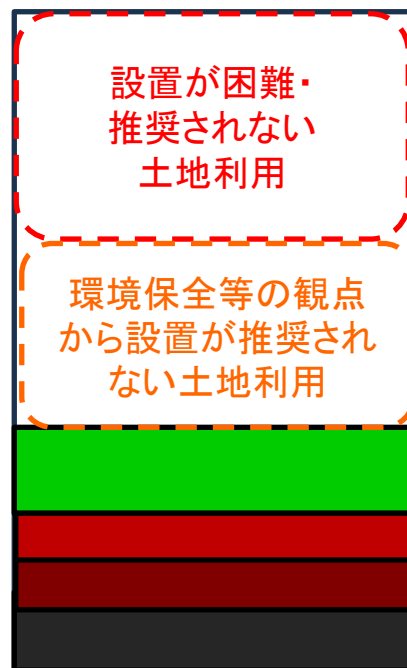
設置対象場所の評価方法

- ・尾羽他(電中研報告)[2]の考え方に基づき、日本の全国土の土地利用の分類と評価を行い、そのうち**雑草地・裸地・しの地・再生困難な荒廃農地**を設置対象の土地利用とした。
- ・これら雑草地などの土地利用のうち、本報告におけるレビューに基づいた**抑制区域などの指定対象となる法区域を除外**し、残りの場所を地上設置太陽光発電の設置対象場所とした。
- ・既往研究[2]の考え方と同様に、設置対象場所のうち年間平均風速5.0m/s以上(地上高さ80m)の場所については、地上設置型太陽光発電と陸上風力発電の競合場所とした。

① 土地利用の分類



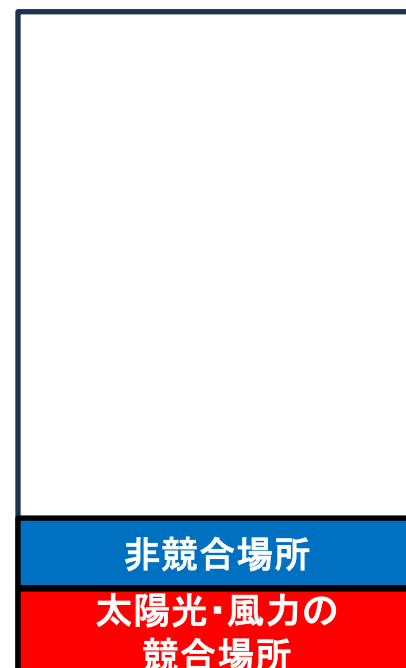
② 設置困難な土地利用の除外



③ 抑制区域に指定される法区域の除外



④ 陸上風力発電との競合地域の特定

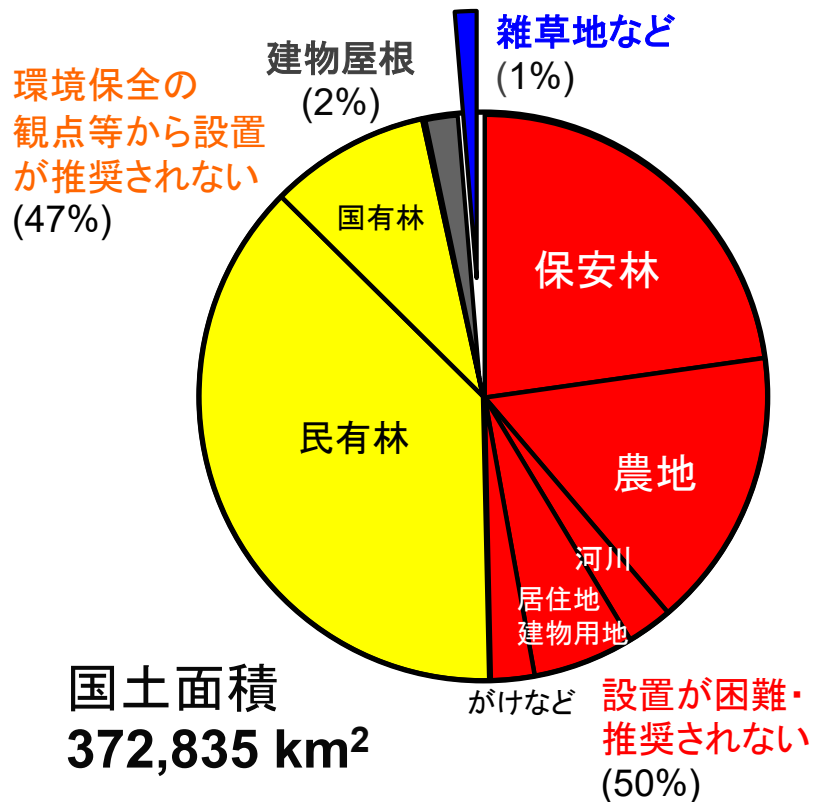


※ 上図は簡略図であり、実際は計20区分に分類している(スライド24,25)

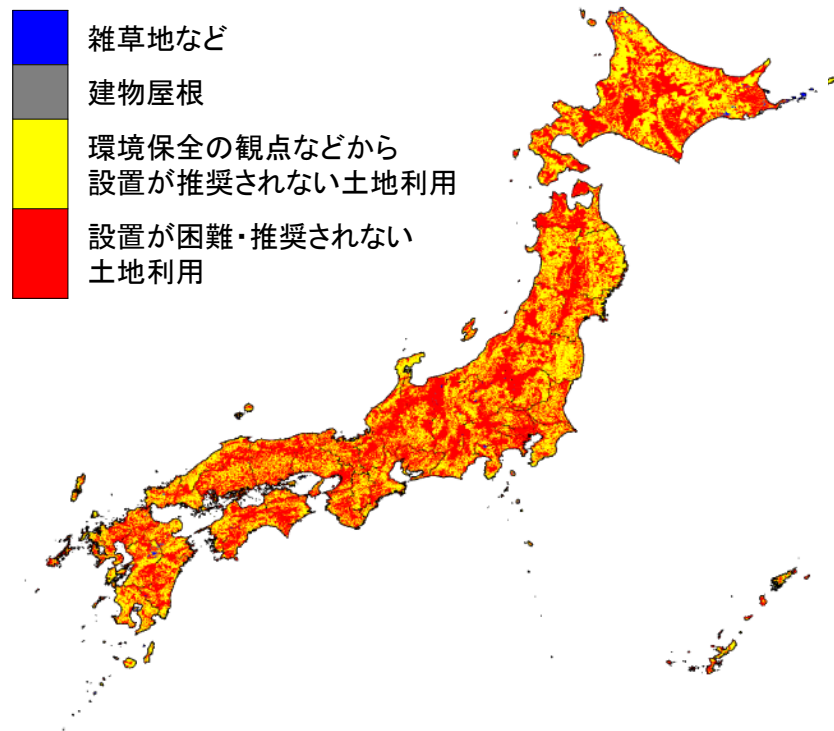
土地利用別の面積推計結果(抑制区域の考慮前)

- 構築したGISデータにより、日本の全国土における土地利用別の面積を集計した結果、設置対象となる雑草地などの面積は**4,887km²**と推計され、**全国土の1%**に相当することが示された。
- この面積は、抑制区域に指定される各区域を考慮する前のものであり、同区域を考慮すると太陽光発電の**設置対象場所はさらに減少**する。

土地利用別面積の内訳

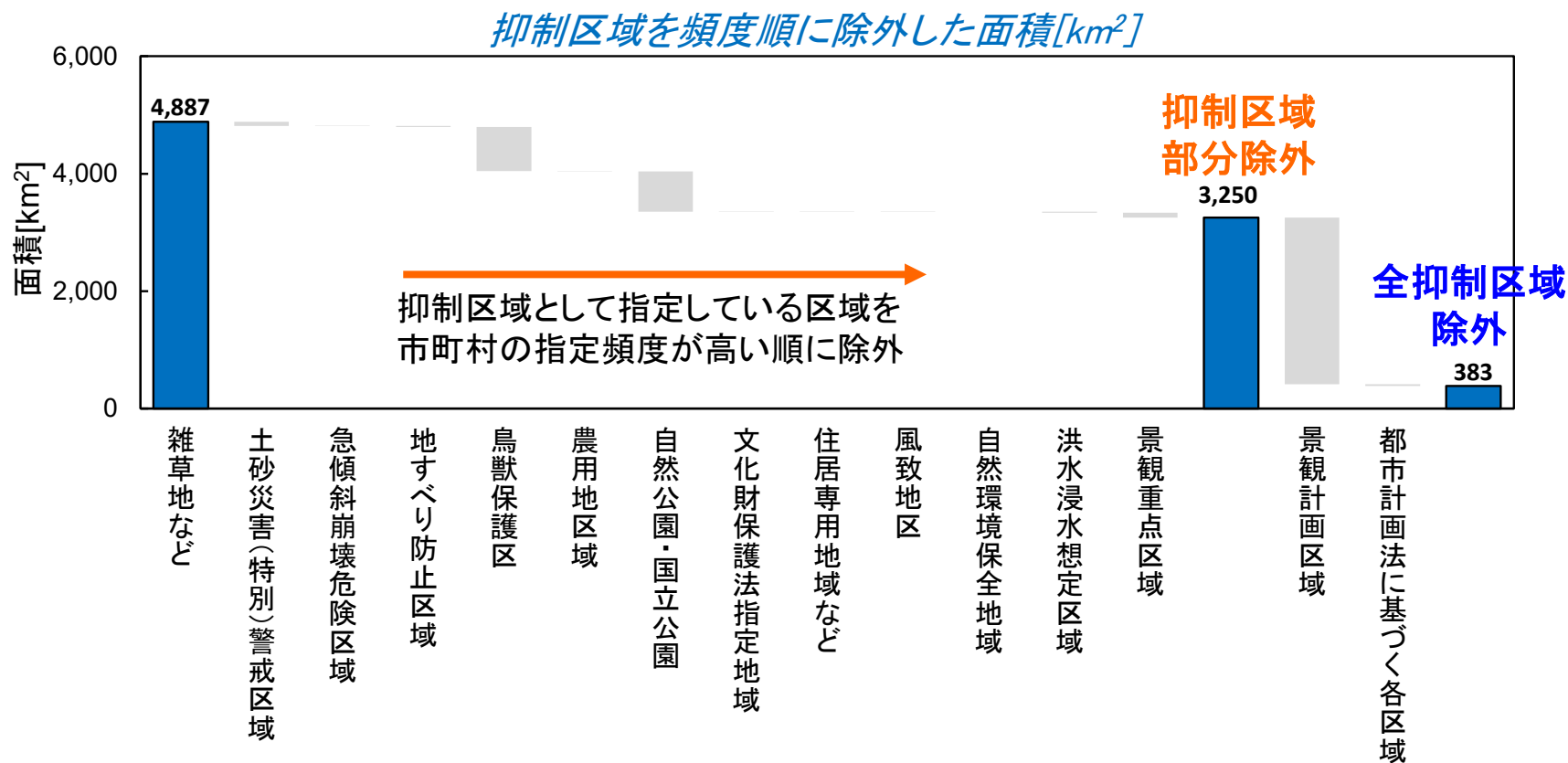


土地利用の制約別のマッピング



抑制区域を除外した面積

- ・雑草地などの土地利用(4,887km²)のうち、抑制区域に指定される区域を全市町村一律に頻度の高い順に除外した結果を以下に示す*。
- ・抑制区域に指定される全ての区域を除外する最も保守的なケースでは(全抑制区域除外ケース)、設置対象となる面積は383km²にまで減少する。この推計値を設置対象面積の下限値とした。
- ・前述のケースでは、景観計画区域が最も面積の減少に寄与しているが、頻度が同区域より低い区域を除外しない場合(抑制区域部分除外ケース)、設置対象となる面積は3,250km²となる。

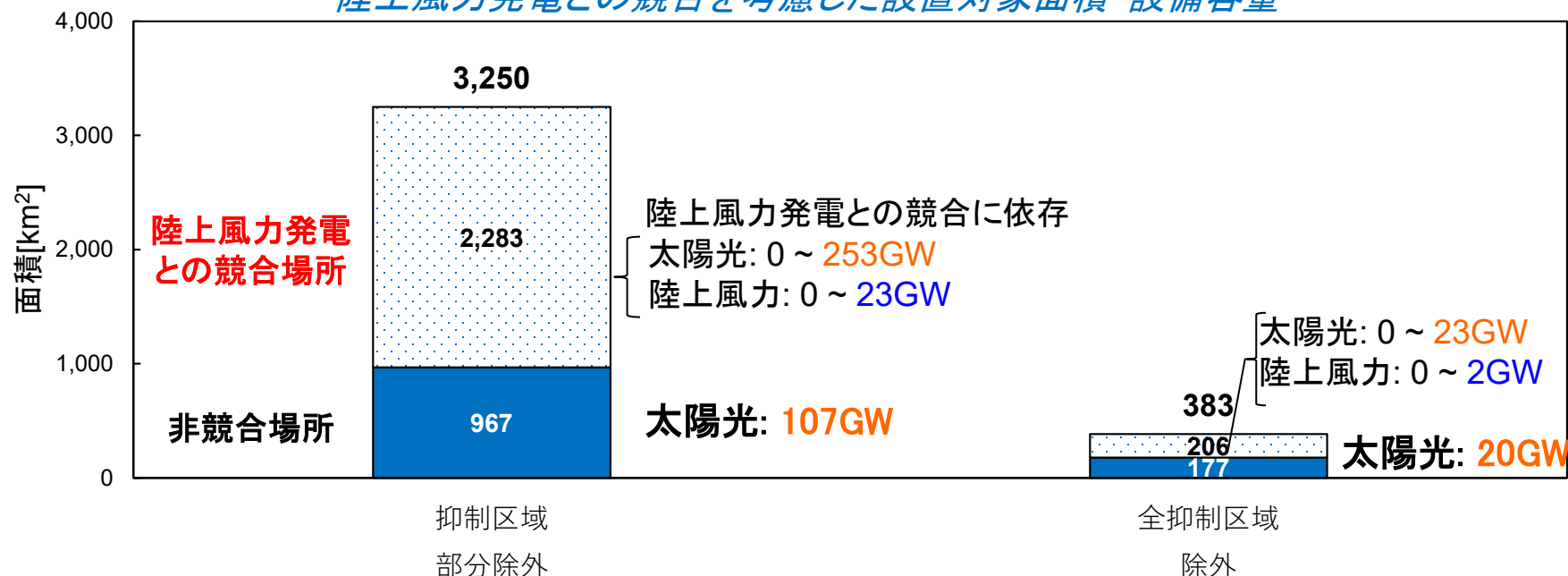


* 今後の条例を策定する市町村が増大することを前提の下、実際に各市町村が抑制区域を指定しているかに関わらず、全ての市町村で除外した。

ケース毎の設置対象場所の設備容量

- ・設置対象場所のうち、**半分以上の場所が陸上風力発電との競合場所**となる。
- ・陸上風力発電と競合しない場所に太陽光発電を設置する場合、導入可能な太陽光発電の設備容量は**20GW(全抑制区域除外ケース)–107GW(抑制区域部分除外ケース)**と推計された*。
さらに太陽光発電を設置する場合には、陸上風力発電との土地利用競合が考慮される必要がある。
- ・仮に競合場所の全てに太陽光発電を設置した場合、既往研究[2][3]が指摘する通り北海道・東北エリアなどで2022年度の最大電力需要を大幅に超過することとなる(スライド46,47)。そのため、競合場所に適した電源は、各時間帯の**電力需給のバランスなどを考慮して判断**される必要がある。

陸上風力発電との競合を考慮した設置対象面積・設備容量



* 環境省[4]と同様に設置対象場所に奥行2m x 奥行1mの400Wモジュールを設置角度20度で、冬至の太陽南中時にパネルに影が生じない間隔で設置する場合を想定し、面積を0.111GW/km²で設備容量に換算した場合(詳細はスライド39)。
陸上風力の設備容量については、環境省[4]と同様に0.01GW/km²で換算した。

本報告の流れ

1. 地域条例を考慮した地上設置型太陽光発電の導入ポテンシャル評価

- 地域条例レビューに基づく「抑制区域」の抽出
- 地域条例を考慮した地上設置型太陽光発電の導入ポテンシャル

2. 建物特性を考慮した屋根設置型太陽光発電の導入ポテンシャル評価

- 屋根の特徴を踏まえた屋根設置型太陽光発電の導入ポテンシャル

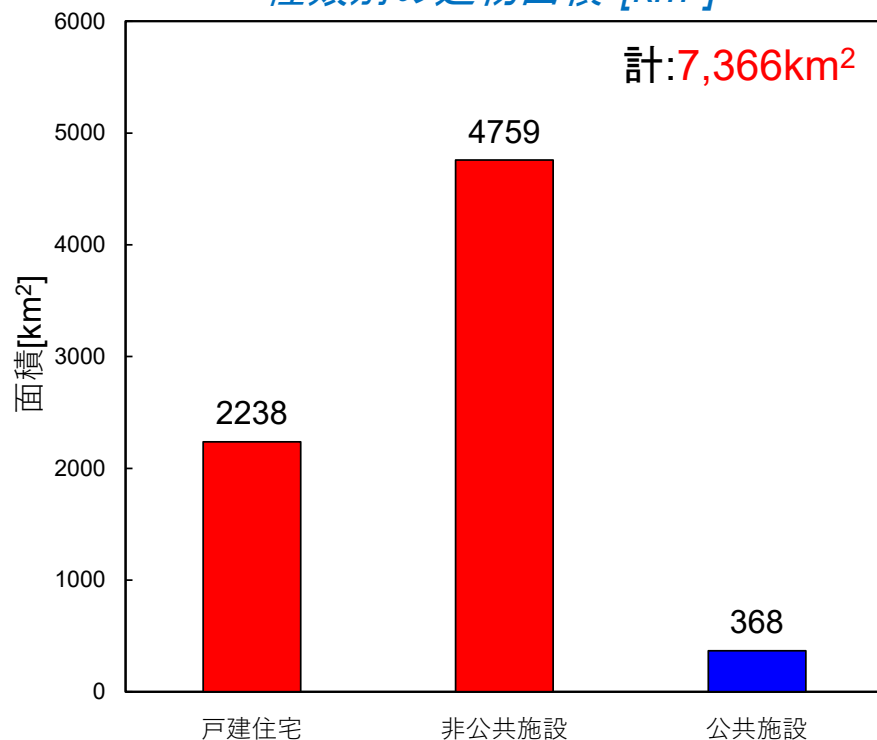
3. 政策的示唆

- 導入ポテンシャル評価を踏まえたエネルギーミックス策定に向けた示唆

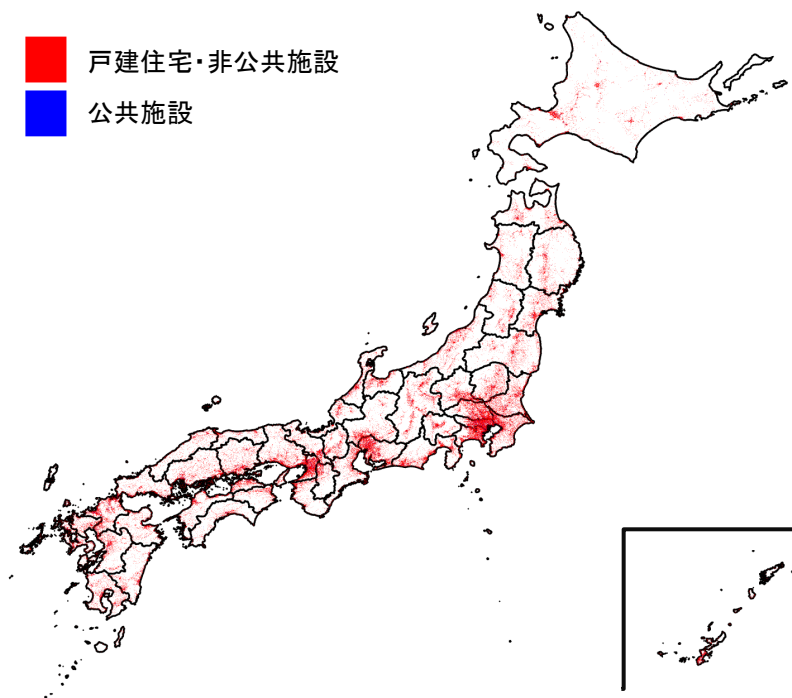
日本全国における全建物面積

- 構築したGISデータを用いた結果、全国における建物面積(上空からの投影面積)は**7,366km²**と推計された。これは全国土面積(372,835km²)の**約2%**に相当する。
- ただし、この面積は戸建住宅の屋根の方位や形状、屋根の貯水塔などの設置不可となるスペースは考慮されないため、これらを考慮すると**太陽光発電の設置対象場所はさらに減少**する。

種類別の建物面積*[km²]



建物のマッピング

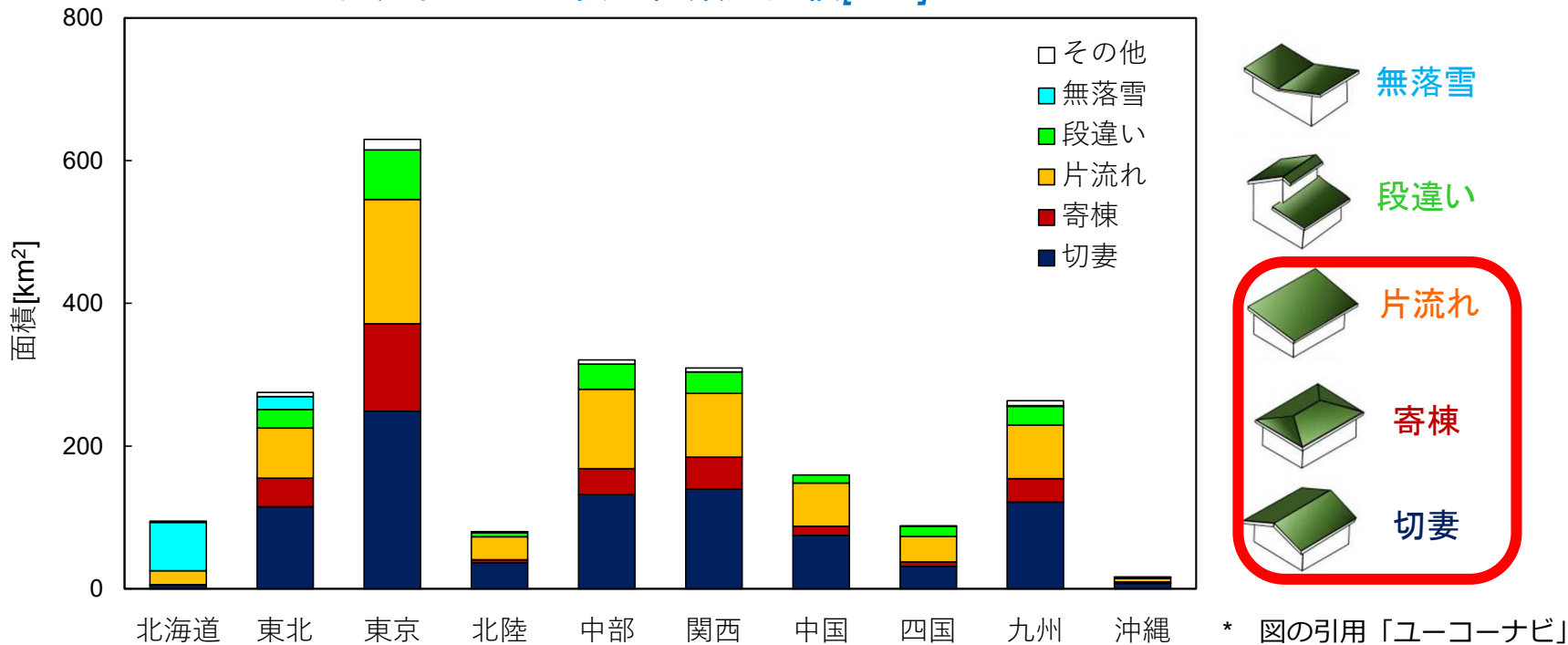


- GISデータには戸建住宅の情報は含まれず、「普通建物」の一部として扱われるため、戸建住宅の面積は「平成30年住宅・土地統計調査 第180表」における都道府県別・面積別の住宅数より推計した。建物面積の大きさ別の導入ポテンシャルを推計するため、同表における区分別(「19m²以下」「20-29m²」...)の総数と、各区分の中心値(「20-29m²」であれば24.5m²×総数)で面積を集計した。そのため、同表における全国一戸建ての総数×1住宅あたりの建築面積である2,234km²とは若干の差が生じている。

戸建住宅の屋根の特徴を考慮した推計の考え方

- ・戸建住宅の建物面積(2,238km²)のうち、住宅金融支援機構[18]を元に屋根の種類別面積を推計した結果、**切妻・寄棟・片流れ**の屋根が多くを占めていることが示された。
- ・戸建住宅の屋根は多様な方位を向いているため、衛星写真による既往のサンプル調査[15]に基づいて、屋根の種類・方位別に太陽光発電の設置対象場所の面積を推計した(詳細はスライド35)*。

戸建住宅の屋根の種類別面積[km²]

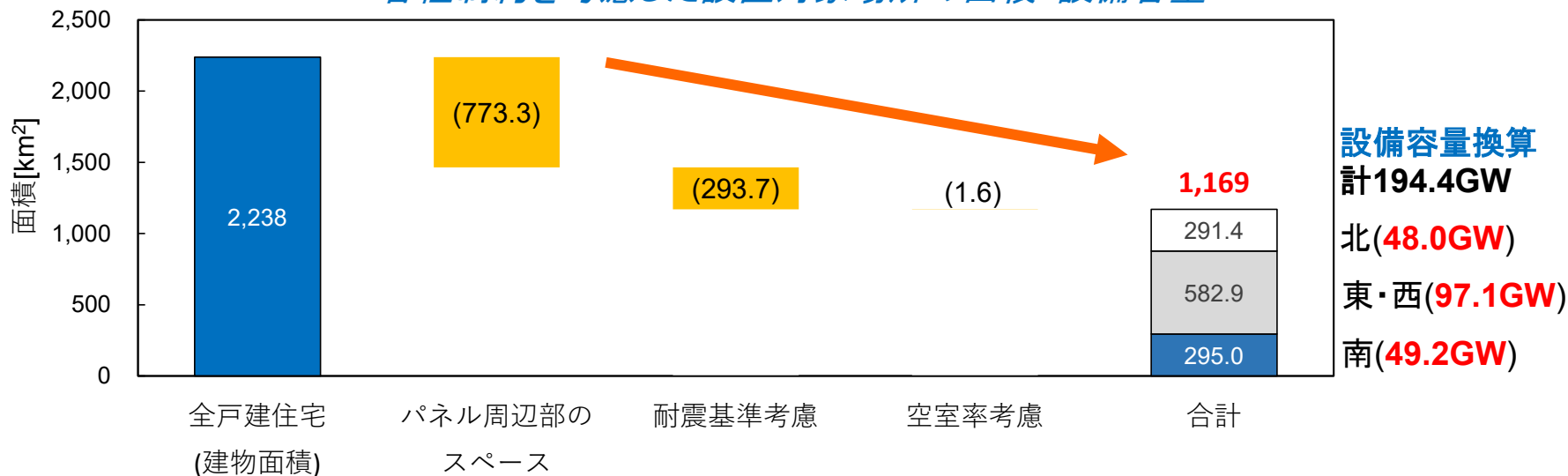


* 戸建住宅の屋根の角度は最も総数が多い5寸屋根(26.6度)を想定し、角度補正を行った。

戸建住宅の設置対象場所の面積・設備容量

- ・戸建住宅の建物面積(2,238km²)のうち、パネル周辺部のスペース*¹・耐震基準*²・空室率*³を考慮した設置対象場所の面積を推計した。
- ・これらを考慮した設置対象場所の面積は1,169km²と推計された。
方位別の設備容量に換算すると南向き: **49.2GW**, 東・西向き: **97.1GW**, 北向き: **48.0GW**となる*⁴。
このように、発電量が最大となる**南向き屋根**の設備容量は**全体の約1/4**となる。

各種制約を考慮した設置対象場所の面積・設備容量



*¹ 環境省[15]による衛星写真を用いたサンプル調査に基づく。

*² 1981年6月に改正された建築基準法に基づく耐震基準を指し、耐震基準を満たさない住宅への設置は推奨されていない。

「平成30年住宅・土地統計調査 第171-1表」における耐震診断を行った住宅のうち耐震性が確保されていなかった住宅の割合を都道府県別・住宅の建築の時期別に積み上げて推計した。ただし、同統計調査は戸建の耐震診断は義務ではなく診断を行った住宅に偏りがある可能性があることや、耐震診断を実施した戸建の割合が小さい点に留意する必要がある。

*³ 空き家については必ずしも太陽光発電が設置不可とはならないが、太陽光発電の管理の面で影響を及ぼす可能性があるため考慮した。

「平成30年住宅・土地統計調査 第235-2表」における居住世帯のない住宅数のうち、都道府県別・住宅の建築の時期別に積み上げて推計した。

1980年以前の住宅については、耐震基準を満たさない住宅と重複する可能性があるため、空室率の計算の対象からは除外した。

*⁴ 環境省[4]と同様に6m²/kW = 0.1667 GW/km² で換算。

公共施設・非公共施設における設置対象場所の考え方

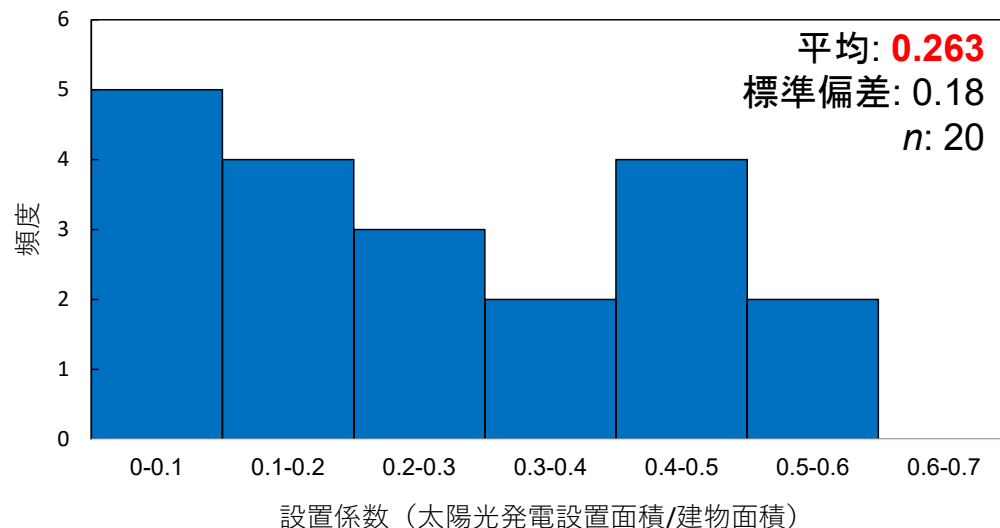
- 公共施設・非公共施設の建物面積の合計は5,128km²と推計されたが、この推計値には太陽光発電が設置不可となるスペース(貯水槽など)も含まれている。そのため、屋根面積に対して太陽光発電が設置可能な面積の比率(**設置係数**)を考慮する必要がある。
- 従来の研究[4][12][14]では、国内11大都市を対象としたサンプリング調査(1995年公刊)[19]における、各施設の緑化可能面積に基づき、屋根のうち冷却塔・給水塔を除く面積の比率を86%、残りの面積のうち確保すべき保安スペースを除いた面積を58%とし、**設置係数0.499**としている。
- 本報告では、太陽光発電の設置事例が増えてきていることを踏まえ、JABMEE ZEBデータベース[20]および環境省[21]を元に、建物の種類別の**導入実績に基づく設置係数**を用いた計算も行った。(詳細はスライド36, 37)。

導入実績に基づく設置係数の考え方 (設置係数:0.26の建物の一事例)



設置係数= $\frac{\text{太陽光発電が設置された面積}}{\text{建物面積(GISで推計される面積)}}$

JABMEE ZEBデータベースに基づく 設置係数の度数分布(普通建物)



公共施設・非公共施設の面積・設備容量

- 公共施設・非公共施設の全屋根面積(5,128km²)のうち、太陽光発電の設置対象となる場所の面積は1,236-2,559km²と推計され、これを設備容量に換算すると137.2-284.0GWとなる。
- 設置係数に実績ベースの値を用いた場合、従来の方法と比較して推計値は大きく減少する。

設置係数の考え方の違いによる設置対象場所の面積・設備容量

	屋根面積 [km ²]	太陽光導入実績ベース			緑化可能面積ベース		
		設置係数	設置対象場所[km ²]	設備容量*1[GW]	設置係数	設置対象場所[km ²]	設備容量*1[GW]
官公庁	106	0.079	8.4	0.9	0.499	53	5.9
病院	50	0.100	5.0	0.6		25	2.8
学校	198	0.109	21.5	2.4		99	10.9
防衛施設	15	0.071	1.0	0.1		7	0.8
公共施設合計	368km ²		36km ²	4.0GW*2		184km ²	20.4GW
集合住宅	153	0.388	59.3	6.6	0.499	76	8.5
工場	380	0.167	63.5	7.0		190	21.0
倉庫	81	0.167	13.6	1.5		41	4.5
商業・娯楽施設	249	0.167	41.6	4.6		124	13.8
宿泊施設	20	0.167	3.3	0.4		10	1.1
市場	6	0.167	1.0	0.1		3	0.3
ガソリンスタンド	5	0.167	0.8	0.1		3	0.3
普通建物	3,865	0.263	1,017	112.8		1,929	214.1
非公共施設合計	4,759km ²		1,200km ²	133.2GW		2,375km ²	264.0GW
合計	5,128km ²		1,236km ²	137.2GW		2,559km ²	284.0GW

導入実績ベースの設置係数を用いた場合大きく減少

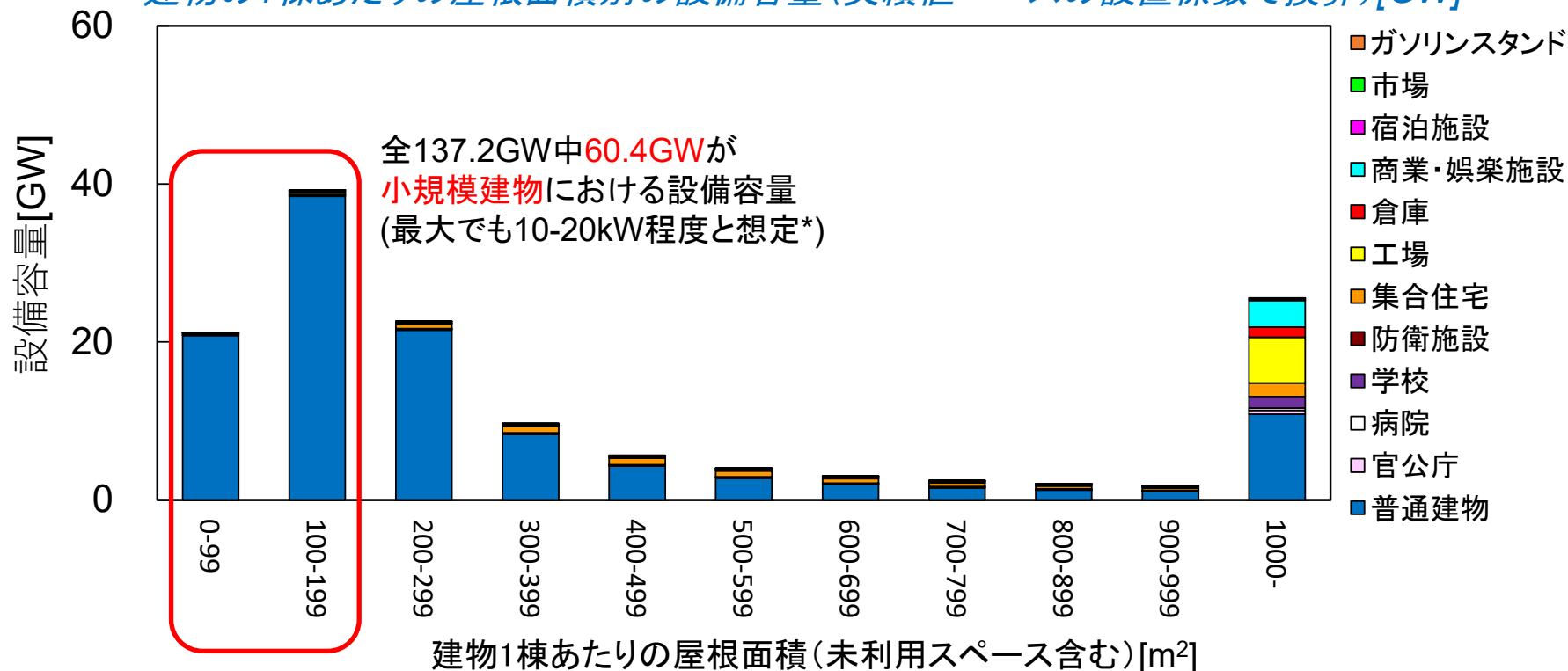
*1 設置対象場所の面積から設備容量の換算については、スライド9と同様に0.111GW/km²で換算した。

*2 本表における公共施設は屋根のみであり「2030 年度におけるエネルギー需給の見通し」における公共部門を率先して実行することによる導入見込み量 (6.0GW)の対象となる建物種類と範囲 (同見込み量では敷地内も含まれる)は異なる。

建物の面積別の設備容量

- ・公共施設・非公共施設の設置場所について詳細に把握するため、建物の1棟あたりの屋根面積別の設備容量(実績値ベースの設置係数で換算)の推計を行った。
- ・設置対象となる建物のうち、**小規模建物における設備容量が約半分を占めており、屋根面積が小さい場所における太陽光発電の設置費用の低減が重要となる。**

建物の1棟あたりの屋根面積別の設備容量(実績値ベースの設置係数で換算)[GW]



* 前述の設置密度(0.111GW/km²)より推定。ただし同図の屋根面積は太陽光発電が設置不可な未利用スペースも含んでいるため、実際に設置できる太陽光はさらに小規模になると想定される。

本報告の流れ

1. 地域条例を考慮した地上設置型太陽光発電の導入ポテンシャル評価

- 地域条例レビューに基づく「抑制区域」の抽出
- 地域条例を考慮した地上設置型太陽光発電の導入ポテンシャル

2. 建物特性を考慮した屋根設置型太陽光発電の導入ポテンシャル評価

- 屋根の特徴を踏まえた屋根設置型太陽光発電の導入ポテンシャル

3. 政策的示唆

- 導入ポテンシャル評価を踏まえたエネルギーミックス策定に向けた示唆

エネルギーミックス策定に向けた示唆

地上設置型太陽光発電

- 地域条例を考慮した導入ポテンシャルは、陸上風力発電との競合が生じない場所で**20GW-107GW**と推計された。これを超えて導入する場合には、同土地利用競合が考慮される必要がある。
- これまで森林などにおける開発が進んできたが、今後条例による**規制が拡大された場合には、地上における設置対象場所は限られる。**
そのため、エネルギーミックス策定においては**建物における導入目標の策定がより重要**となる。

戸建住宅

- 従来の評価[4][8]では167GW-201GWと評価されていたが、本評価において屋根の方角を考慮した推計を行った結果、**南向きで49.2GW、東西向きで97.1GW**となった。
エネルギーミックスを策定する場合には、**方角の違いによる発電量の考慮が重要**となる。

公共施設・非公共施設

- 実際の設置状況に基づく設置係数で導入ポテンシャルを推計すると**公共施設4.0GW***、**非公共施設133.2GW**となり、従来の推計値と比較して大きく減少する。そのため、エネルギーミックス策定において導入ポテンシャルを参考にする場合には、**異なる考え方の推計値を比較**することが重要である。
- また、これら設置対象場所の**約半分は小規模建物**であるため、屋根が小さい場所における太陽光発電の設置費用の低減が重要となる。

* スライド15で示した通り、エネルギー需給の見通しにおける公共部門の率先して実行することによる導入見込み量(6.0GW)の推計範囲と異なる。

参考文献(1)

- [1] 尾羽秀晃, 笹川亜紀子, 森本壮一, 柴田善朗, 大槻貴司, 地域条例・建物特性を考慮した太陽光発電の導入ポテンシャル評価, JST社会シナリオ研究事業「地域特性を活かし価値を創造する再エネ基盤社会への道筋」研究報告 No. R6-01, 2024年8月
DOI: 10.5281/zenodo.13328721
<http://www.hondo.ynu.ac.jp/JST/research/index.html#jmp03>
- [2] 尾羽秀晃, 永井雄宇, 朝野賢司, 土地利用を考慮した太陽光発電および陸上風力の導入ポテンシャル評価, 電力中央研究所報告, Y18003, 2019.
- [3] H.Obane, Y.Nagai, K.Asano, “Assessing land use and potential conflict in solar and onshore wind energy in Japan”, Renewable Energy, Vol160, pp842-851,2020.
- [4] 環境省, 令和3年度再エネ導入ポテンシャルに係る情報活用及び提供方策検討等調査委託業務報告書, 2021.
- [5] H.Obane, Y.Nagai, K.Asano, Assessing the potential areas for developing offshore wind energy in Japanese territorial waters considering national zoning and possible social conflicts, Marine Policy, Vol 129, 2021.
- [6] 尾羽秀晃, 永井雄宇, 豊永晋輔, 朝野賢司, 「再エネ海域利用法を考慮した洋上風力発電の利用対象海域に関する考察」, 社会経済研究所研究資料 Y19502, 2019.
- [7] 環境省, 平成24年度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, 2022.
- [8] 一般社団法人 太陽光発電協会、太陽光発電産業の新ビジョン“PV OUTLOOK 2050” (2024年版ver.1), 2024.
- [9] 国立研究開発法人科学技術振興機構(JST) 低炭素社会戦略センター, 国土の有効利用を考慮した太陽光発電のポテンシャルと公布、令和4 年3 月, 2022.
- [10] 国立研究開発法人科学技術振興機構(JST) 低炭素社会戦略センター, 地理情報や最新・将来技術の動向、影の影響を反映した、国内の太陽電池導入ポテンシャルの算出ー東京都内の解析ー、令和3 年12 月, 2021.
- [11] 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO), 高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発動向調査等BIPV(建材一体型太陽光発電)に関する検討、平成28年9月、(委託先)太陽光発電技術研究組合, 2016.
- [12] 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO), 太陽エネルギー技術研究開発(太陽光発電システム次世代高性能技術の開発) 太陽光発電における新市場拡大等に関する検討、平成25年3月、(委託先)みずほ情報総研株式会社, 2013.
- [13] 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, 非住宅分野における太陽光発電システム技術に関する調査研究、平成15年9月、(委託先)富士総合研究所, 2003.
- [14] 経済産業省, 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), みずほ情報総研株式会社, 2011.

参考文献(2)

- [15] 環境省, 平成25年度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.
- [16] 林野庁, 林地開発許可制度の見直しについて(令和4年度).
- [17] 地方自治研究機構, 太陽光発電設備の規制に関する条例.
http://www.rilg.or.jp/htdocs/img/reiki/005_solar.htm
- [18] 住宅金融支援機構, フラット35住宅仕様実態調査報告(平成29年度).
https://www.jhf.go.jp/about/research/tech_flat35_siyou.html
- [19] 建設省, 緑化空間創出のための基板技術の開発 報告書(第一分冊)概要, 1995 年1 月.
- [20] JABMEE ZEBデータベース.
<https://zeb-database.jabmee.or.jp/jabmeezeb/landing>
- [21] 環境省, 令和3年度AI解析等による太陽光発電設備導入状況把握等に関する調査検証委託業務報告書.
- [22] M.Bolinger and G.Bolinger, Land Requirements for Utility-Scale PV: An Empirical Update on Power and Energy Density, IEEE Journal of Photovoltaics PP(99):1-6, 2022.

補足資料1

導入ポテンシャル推計における留意点

導入ポテンシャル推計における手法上の留意点

設置係数の不確実性

- 建物における導入ポテンシャルは**設置係数の考え方に大きく依存**し、従来の設置係数は現状の実績と比較して大きな乖離が認められる。
- ただし、現状の実績値をベースにした設置係数についても、設置係数の算定に用いたサンプル数が254と限られることや、太陽光発電が設置されていない建物(屋上ヘリポートなど)はサンプルに含まれていないこと、シリコン系太陽電池の設置実績のみに基づくなど不確実性は多い。
- 導入ポテンシャルをより精緻に評価する上では、設置係数の算定に関わる**現状の設置係数や屋根の事例をより多く収集**することなどが求められる。

森林に設置された太陽光発電の扱い

- 本報告において、森林は設置対象場所から除外しているものの、10kW以上の既導入量57.5GW(2023年12月末時点)のうち、少なくとも13GW以上(2020年末時点)は森林に設置されていると推定される(スライド1)。しかし、森林に設置された地域別の設備容量が不明のため本推計では未考慮である。
- これらの設備は2050年において設備寿命を迎えていると考えられるが、リパワリングによって既に森林に設置された設備の更新が行われるか否かによって、2050年時点の導入量が本報告で推計した導入ポテンシャルを超過する場合も生じうる。
- しかし、景観や地域共生などの観点から、必ずしもこれらの設備の更新が望ましいかは検討が必要なため、導入ポテンシャルへの計上についてはさらなる検討が必要である。

補足資料2

土地利用の考え方

土地利用の分類・GISでの推計方法(1)

- ・土地利用の分類と評価は尾羽他(電中研報告)[2]に準拠した。
- ・GISデータは国土数値情報「土地利用細分メッシュ 第2.6版 平成28年度」をベースとし、他の空間情報に関わるレイヤーをArcGIS Proの空間結合によって結合しデータベースを構築した。
- ・既往研究[2]と基本的なGISデータの考え方は同じであるが、100mメッシュを採用している点(既往研究[2]では500mメッシュ)や、2023年末時点で入手可能なデータで構築している点で異なる。

区分	土地利用	本報告におけるGISでの推計方法
設置困難・ 推奨されない 土地利用	保安林	土地利用細分メッシュの「森林」と国土数値情報「森林地域 第3.1版 平成27年度」(以下森林地域)の「保安林」重複部分
	耕地	土地利用細分メッシュの「田」「その他農用地」
	不作付地	
	荒廃農地 (再生可能)	
	河川	土地利用細分メッシュの「河川地および湖沼」
	建物用地 (屋根除く)	土地利用細分メッシュの「建物用地」
	線路・道路	土地利用細分メッシュの「道路」「鉄道」
	がけ	土地利用細分メッシュの「荒地」のうちメッシュ内平均傾斜角30度以上の場所
	万年雪	
	居住地	国土数値情報「500mメッシュ別将来推計人口(H30国勢局推計)」における人口が1人以上の場所
	その他	土地利用細分メッシュの「ゴルフ場」「その他の用地」 「その他の用地」は運動競技場・空港・競馬場などを指す

土地利用の分類・GISでの推計方法(2)

区分	土地利用	本報告におけるGISでの推計方法
環境保全等の観点から設置が推奨されない	国有林	土地利用細分メッシュの「森林」と森林地域の「国有林」重複部分
	民有林	土地利用細分メッシュの「森林」のうち上記「保安林」と「国有林」に該当しない部分
	湿地	土地利用細分メッシュの「荒地」と環境省 自然環境保全基礎調査「湿地調査」の重複部分
	海岸	土地利用細分メッシュの「海浜」
設置対象	雑草地	土地利用細分メッシュの「荒地」
	裸地	
	しの地	
	荒廃農地(再生困難)	土地利用細分メッシュの「荒地」と国土数値情報「農業地域(2015年度)」の重複部分
設置対象	建物屋根	GEOSPACEにおける建物データ(屋根設置型太陽光発電の設置対象)

土地利用の評価の定義(既往研究[2]を元に定義)

設置困難・推奨されない土地利用

法的、物理的に発電設備の設置が困難な土地区分。既往研究[2]の「A(設置困難)」に該当。
今回は地上設置型太陽光を対象としているため、耕地、不作付地、荒廃農地(再生可能)についても同評価とした。

環境保全等の観点から設置が推奨されない土地利用

法律、地方自治体条例、環境影響評価などによる規制を受けやすい土地区分。
既往研究[2]の「B(法規制の影響大)」に該当。

設置対象

土地利用に関わる法規制が存在しないなど、法律などによる規制を受けにくい土地区分。
既往研究[2]の「C(法規制の影響小)」に該当。

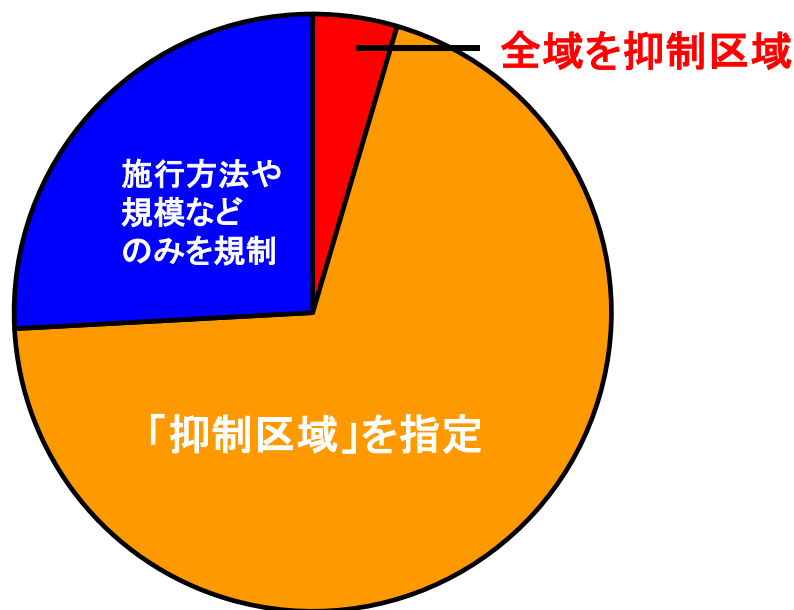
自然条件・地域区分など

区分	データ	緒言
自然条件	年間平均風速	環境省「風況マップ」
その他	都道府県	Esri「全国市区町村界データ」
	市町村	Esri「全国市区町村界データ」
	電力エリア	Esri「全国市区町村界データ」における都道府県情報を元に作成。 東京電力と中部電力、東北電力と北陸電力の境界線においては、 国土数値情報「河川データ 第2.0版」における富士川と姫川を境界 として扱った。
	メッシュ面積	ArcGISで計算(UTM54系)

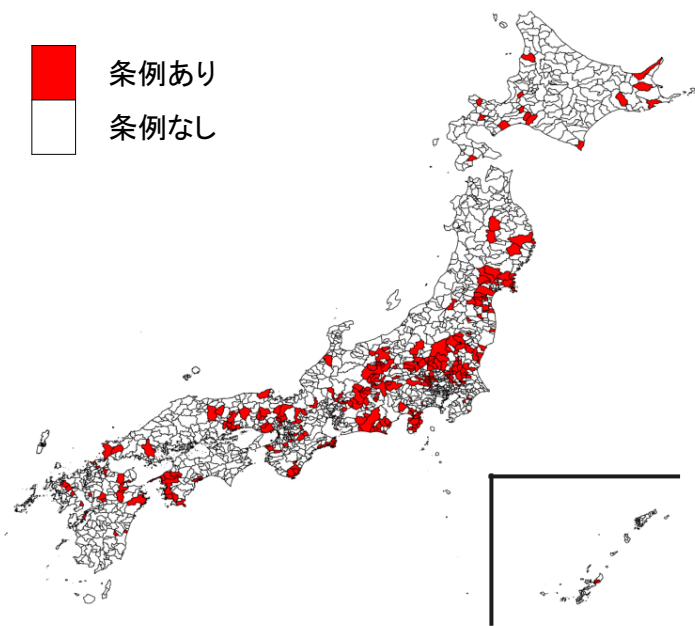
地域条例レビューの考え方

- ・本報告では地方自治研究機構[17]を参考に、2024年3月までに太陽光発電の規制に関わる条例を制定していることが確認された263の市町村を対象に、条例のレビューを行った。
- ・その結果、各市町村のwebサイトで確認できた範囲*1では、195の市町村で特定の法区域などを**抑制区域***2などとして指定しており、さらに12の市町村では全域を抑制区域としていることが確認された。
- ・抑制区域などに指定されている法区域や規制の強度は市町村により異なるが、本報告では、**抑制区域に指定される区域を抽出**し、太陽光発電の設置対象場所の評価において考慮した。

太陽光発電の規制に関わる自治体条例の分類



太陽光発電の規制に関わる自治体条例を定めている市町村



*1 市町村のwebで抑制区域の詳細を確認できなかった市町村も含まれるため、必ずしも全てを網羅したものではない。

*2 「抑制区域」の名称は市町村毎に異なる場合がある。本報告では「禁止区域」「規制区域」「保全区域」も抑制区域などとして扱った。

法区域など

法区域については条例レビューに基づき、本報告にてGISデータを収集・構築した。

法区域など	本報告におけるGISデータの緒言・備考
土砂災害(特別)警戒区域	国土数値情報「土砂災害警戒区域 2022年度」
急傾斜崩壊危険区域	国土数値情報「急傾斜地崩壊危険区域 2021年度」
砂防指定地	2024年7月時点で全国のデータは整備されていないため未考慮とした 多くは「河川」や「森林」、「耕地」などと重複していると考えられる
地すべり防止区域	国土数値情報「地すべり防止区域 2021年度」
保安林・国有林・地域計画民有林	前述の保安林・国有林・民有林として扱った
鳥獣保護区	国土数値情報「鳥獣保護区 2015年度」
農用地区域	国土数値情報「農業地域 2015年度」の「農用地区域」
河川区域	前述の「河川」として扱った
自然公園・国立公園	国土数値情報「自然公園 2015年度」
文化財保護法に基づく指定区域	国土数値情報「都道府県指定文化財 2014年」
海岸保全区域・一般公共海岸区域	前述の「海岸」に含まれるとして扱った
採草放牧地・甲種農地・第一種農用地	前述の「耕地」に含まれるとして扱った
住居専用地域など	国土数値情報「用途地域 2019年度」
風致地区	国土数値情報「歴史的風致維持向上計画の重点地区 2018年度」
自然環境保全地域	国土数値情報「自然保全地域 2015年度」
海岸保全区域・一般公共海岸区域	前述の「海岸」に含まれるとして扱った

法区域など

法区域など	本報告におけるGISデータの緒言
洪水浸水想定区域	国土数値情報「洪水浸水想定区域 2023年度」
景観形成重点地区計画区域	国土数値情報「景観計画区域 2014年」の「景観重点地区」
宅地造成工事規制区域	全国を整備したGISデータが確認できなかったため未考慮とした
景観計画区域	国土数値情報「景観計画区域 2014年」の「景観計画区域」
用途区域	国土数値情報「都市地域2018年度」の「その他用途地域」
市街化区域	国土数値情報「都市地域2018年度」の「市街化区域」
廃棄物最終処分場 廃棄物の残置場所	全国を整備したGISデータが確認できなかったため未考慮とした
市街化調整区域	国土数値情報「都市地域2018年度」の「市街化調整区域」
津波災害警戒区域	全国を整備したGISデータが確認できなかったため未考慮とした
野生動植物生息地等保護区域	全国を整備したGISデータが確認できなかったため未考慮とした。ただし、2021年7月時点で全国10か所のみ、全体面積への影響は小さいと考えられる
港湾区域	主に海上であり、地上設置型太陽光発電の設置対象場所と重なる場所はわずかと考えられるため、未考慮とした
漁港区域	
都市公園	主に居住地と重複すると考えられるため未考慮とした
歴史的風土特別保存地区	主に建物用地と重複すると考えられるため未考慮とした
生産緑地	主に市街化区域と重複すると考えられるため未考慮とした
土壤汚染対策法に規定する 要措置区域	全国を整備したGISデータが確認できなかったため未考慮とした

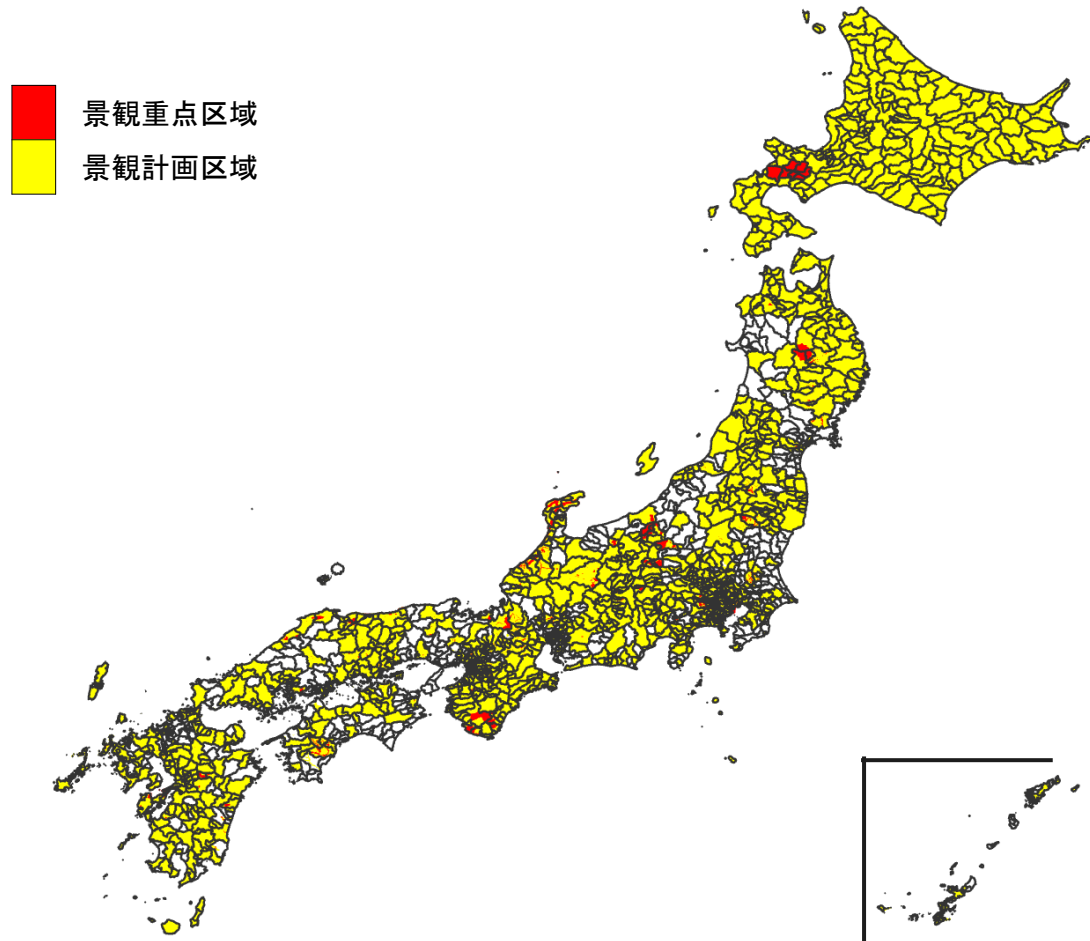
景観計画区域

- ・景観計画区域とは、景観法第8条第2項に基づき、景観行政団体が策定する景観計画区域で定められた区域のことで、以下のような**良好な景観形成のための行為の制限**に関する事項が掲げられている。
 - (イ) 建築物又は工作物の形態又は色彩その他の意匠
 - (ロ) 建築物又は工作物の高さの最高限度又は最低限度
 - (ハ) 壁面の位置の制限又は建築物の敷地面積の最低限度
- ・2023年度末までに景観計画区域を抑制区域として指定している市町村のうち、確認できたものは**8市町村**であり、市町村により抑制区域の規制の強さは異なっている。
- ・例えば、宮城県白石市や静岡県伊東市などのように、事業区域の全部または一部が抑制区域に含まれる場合には市長が事業の同意をしないとする市町村や、北海道長沼町のように景観計画区域のうち一部の区域を抑制区域とし、事業区域に求めないようにする市町村、愛媛県大洲市のように、抑制区域において発電事業を行う際に、関係機関へ事前確認を求める市町村などがある。
- ・従って、全国の景観計画区域に含まれる地域全てが必ずしも太陽光発電の設置が不可とならないが、同区域において設置可能な設備容量を、個別事情を勘案した上で定量化することは困難である。そのため、本報告では同区域を除外したケースと除外しないケースで設置対象場所の面積を推計した。

景観計画区域・景観重点区域に指定されている区域

景観計画区域・景観重点区域に指定されている区域を下図に示す。
景観計画区域は北海道全域を含む、日本各地で広く指定されている。

景観計画区域・景観重点区域に指定されている区域



補足資料3

建物GISデータベースの緒言

本報告における建物の分類とGISデータの緒言

- ・建物データはNTT インフラネット社の「GEOSPACE(2023年入手)」を用いた。同データは全国の約6,019万棟の建物情報を収録したものであり、ArcGISを用いてUTM-54系で全建物の建物面積を推計した。
- ・元のデータは形状情報を含むポリゴンデータであるが、各種計算に形状情報は不要であるため元のポリゴンの面積情報を格納したポイントデータに変換して各種計算を行った。
- ・本報告における建物の分類とGISデータの分類は以下の通り。

分類	本報告における定義	GISデータにおける分類
戸建住宅	戸建住宅	普通建物の一部
公共施設	官公庁	官公庁
	病院	病院
	学校	学校
	防衛施設	自衛隊・米軍
非公共施設	工場	工場
	集合住宅	集合住宅
	娯楽・商業施設	娯楽・商業施設
	宿泊施設	宿泊施設
	市場	市場
	倉庫	倉庫
	ガソリンスタンド	ガソリンスタンド
	普通建物(戸建住宅除く)	普通建物の一部・その他ビル

補足資料4

設置係数の考え方

戸建住宅の設置係数

- ・戸建住宅の設置係数を調査した既往研究として、JST[10]と環境省[15]が確認された。そのうち、方角別の設置係数を示している環境省に基づいた設置係数を適用した。
- ・JSTは、陸屋根103棟、寄棟屋根38件、切妻屋根74件を対象としており、全方位合計の設置係数はそれぞれ0.65-0.8、0.65-0.7、0.7-0.85としている*。
- ・JSTによる陸屋根の設置係数は環境省の全方位合計の設置係数と比較して特に大きい、これは集合住宅や高層ビルなど戸建住宅以外の建物も含まれているためと推量される。

環境省[15]におけるサンプル調査



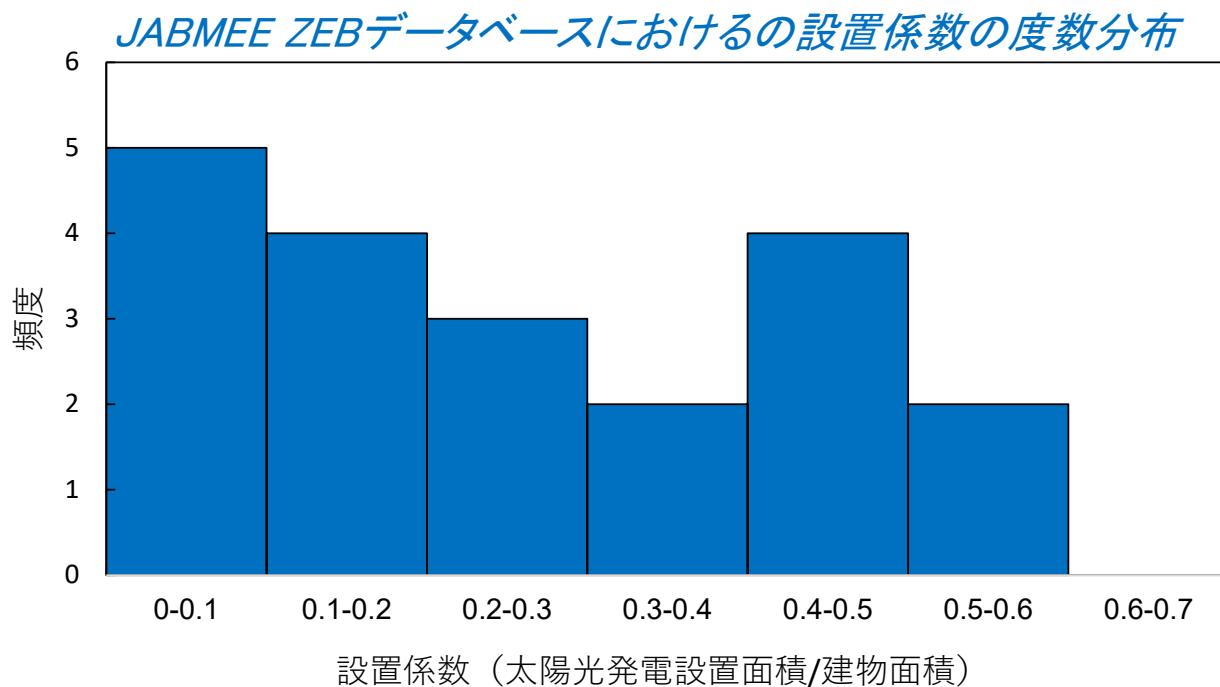
同調査に基づく屋根の種類・方角別設置係数

屋根の種類	南	東西合計	北
切妻	0.15	0.3	0.15
寄棟	0.17	0.34	0.17
入母夜	0.14	0.27	0.14
陸屋根	0.34	0	0
片流れ	0.12	0.25	0.12
段違い	0.15	0.3	0.15
無落石	0.215	0.435	0.215
その他	0.15	0.3	0.15

* 段違いとその他についてはサンプルデータがないため、切妻の設置係数を適用した。

普通建物の設置係数

- ・普通建物の設置係数は、JABMEE ZEBデータベース[20]の建物(事務所など・その他)のうち、屋根設置型太陽光発電のみを設置した建物20件を対象とし、太陽光発電の面積の建物面積の比率より集計を行った。なお太陽光発電の面積が掲載されていない建物については、Google mapより面積を取得した。
- ・同データベースに掲載されている建物は、ZEBを前提としたものであり屋根のうち設置可能な場所をなるべく多く活用している可能性が高いと考えられる。
- ・本報告では、同データベースにおける設置係数の平均値である**0.263**を適用した。



統計要約値

平均	0.263
最大値	0.59
最小値	0.02
標準偏差	0.18

戸建住宅・普通建物以外の設置係数

「普通建物」以外については環境省[21]における表5.6-4を基に設置係数を算出した。

分類	建物	設置係数	設置係数の考え方
公共施設	官公庁	0.079	「都道府県庁・市町村役場」「官公署など」に該当する計14のサンプルの太陽光発電設置面積の合計(2,301m ²)÷建物面積の合計(29,102m ²)
	病院	0.100	「病院」に該当する計25のサンプルの太陽光発電設置面積の合計(1,089m ²)÷建物面積の合計(10,887m ²)
	学校	0.109	「学校」に該当する計176のサンプルの太陽光発電設置面積の合計(35,515m ²)÷建物面積の合計(326,028m ²)
	防衛施設	0.071	「その他の公共施設」に該当する計31のサンプルの太陽光発電設置面積の合計(2,922m ²)÷建物面積の合計(41,359m ²)
非公共施設	集合住宅	0.388	「集合住宅」に該当する計2のサンプルの太陽光発電設置面積の合計(289m ²)÷建物面積の合計(744m ²)
	工場	0.167	「娯楽施設」「スポーツ施設」「その他施設」に該当する計6のサンプルの太陽光発電設置面積の合計(3,454m ²)÷建物面積の合計(20,659m ²)
	娯楽・商業施設		
	宿泊施設		
	市場		
	倉庫		
	ガソリンスタンド		

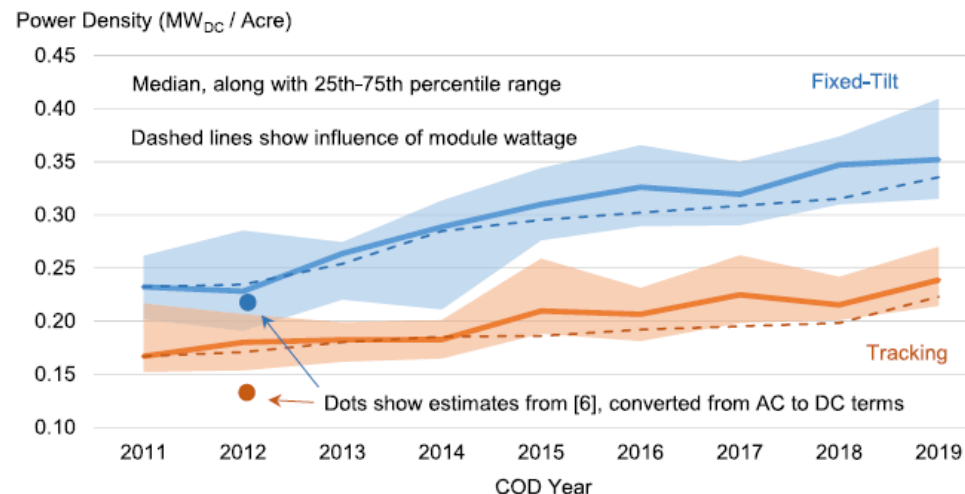
補足資料5

設置密度の考え方

地上設置型太陽光発電の設置密度

- ・環境省[4]では、幅2m x 奥行1mの400Wモジュールを設置角度20度で、冬至の太陽南中時にパネルに影が生じない間隔で設置する場合を想定し、設置密度**0.111GW/km²**で面積を設備容量に換算している。また、太陽光発電協会[8]は将来の発電効率の向上を見込んで**0.133GW/km²**としている。
- ・また、米国の736の太陽光発電所(2007-2019)のサンプル調査に基づく、設置密度に関する既往研究[22]においても、直近のトレンドを踏まえて**0.087GW/km²**をベンチマークとしている。
- ・設置密度の理論値と(日本の)実績値で乖離がある可能性はあるが、日本では狭い場所に太陽光発電が密集して設置される可能性があることと、本報告では、推計時点の導入ポテンシャルを対象としており、発電効率の向上は未考慮としているため、環境省の理論値**0.111GW/km²**を採用した。

M.Bolinger and G.Bolinger[22]による設置密度のレビュー



- ・縦軸はMW_{DC}/Acreであることに留意。本論文中的のベンチマークは0.35MW_{DC}/Acre (= 0.087 GW/km²)とされている。

補足資料6

主な既往研究との差異

既往調査との比較(戸建住宅)

	環境省[4]	太陽光発電協会[8]
手法	GIS	統計値
建物地図	GEOSPACE	—
戸建住宅の 建物面積の推計	GEOSPACE上の「普通建物」のうち 100m ² 未満の建物データを抽出し 推計	平成30年住宅・土地統計調査より推計
設置係数	平成25年度環境省調査準拠	0.480(令和元年度環境省調査・各種統計データを参考)
設置角度	30度 (5寸屋根の角度を10度刻みに換算)	—
設置密度	0.167kW/m ²	0.217kW/m ² (発電効率向上考慮)
対象とする屋根	全ての屋根	全ての屋根
耐震基準	未考慮	未考慮
空室率	未考慮	未考慮
屋根の方位	南・東西	—
推計値	166.9GW(南・東西)	200.6GW

既往調査との比較(戸建住宅)

	本報告
手法	GIS+統計データ
建物地図	GEOSPACE(2023年版)
戸建住宅の 建物面積の推計	都道府県別の統計値(平成30年住宅・ 土地統計調査)より推計。 ※統計上100m ² 以上の建物は23%(総数比)含まれる
設置係数	平成25年度環境省調査準拠
設置角度	26.6度 (最も総数が多い5寸屋根の角度)
設置密度	0.167kW/m ²
対象とする屋根	全ての屋根
耐震基準	考慮 (住宅の建築年別の耐震率で考慮)
空室率	考慮(1980年以降に建設された住宅 総数に対する空き家戸数の比率)
屋根の方位	南・東西・北
推計値	146.3GW(南・東西) 48.0GW(北)

既往調査との違い(公共系建物・非公共系建物)

	環境省(令和3年度)[4]	太陽光発電協会[8]
手法	GIS	統計値
建物地図	GEOSPACE	—
普通建物の面積推計	GEOSPACE上の「普通建物」のうち 100m ² 以上の建物データより推計	—
設置係数	屋根における設置不可能スペースを除いた面積(86%)と保安スペースを除いた面積(58%)を考慮した値 (0.499)	建物の種類別に個別に推計 公共系建築物で0.100～0.790
耐震基準	未考慮	未考慮
設置密度	0.111kW/m ²	0.133kW/m ²
推計値	19.4GW(公共系建物 ^{*1}) 268.9GW(非公共系建物 ^{*2})	27GW(公共系建物) 321GW (集合住宅・商業系・産業系・その他)

*1 官公庁・病院・学校の合計値を使用

*2 建物系の導入ポテンシャルから戸建住宅等・官公庁・病院・学校の値を控除した値

既往調査との違い(公共系建物・非公共系建物)

	NEDO[12]	本報告
手法	統計値 (屋根毎の延床面積に対する屋根面積の比率の想定を用いて推計)	GIS
建物地図	—	GEOSPACE(2023年版)
普通建物の面積推計	—	GEOSPACE上の「普通建物」の面積から統計上の戸建住宅面積を控除
設置係数	屋根における設置不可能スペースを除いた面積(86%)と保安スペースを除いた面積(58%)を考慮した値(0.499)	サンプル調査における建物毎の屋根面積に対する実際に設置された太陽光発電面積の比率(0.071~0.435)
耐震基準	総務省調査に基づき昭和56年以降に建設された建物の比率を考慮	未考慮
設置密度	0.087kW/m ² (設置角度30度)	0.111kW/m ²
推計値 ^{*3}	3.5—7.0(公共系建物 ^{*1}) 21.6—36.0GW(非公共系建物 ^{*2})	4.0—20.4GW(公共系建物) 134.2—263.6GW(非公共系建物)

*1 庁舎・学校施設・文化施設の合計値を使用

*2 非住宅建物の導入ポテンシャルから庁舎・学校施設・文化施設の値を控除した値

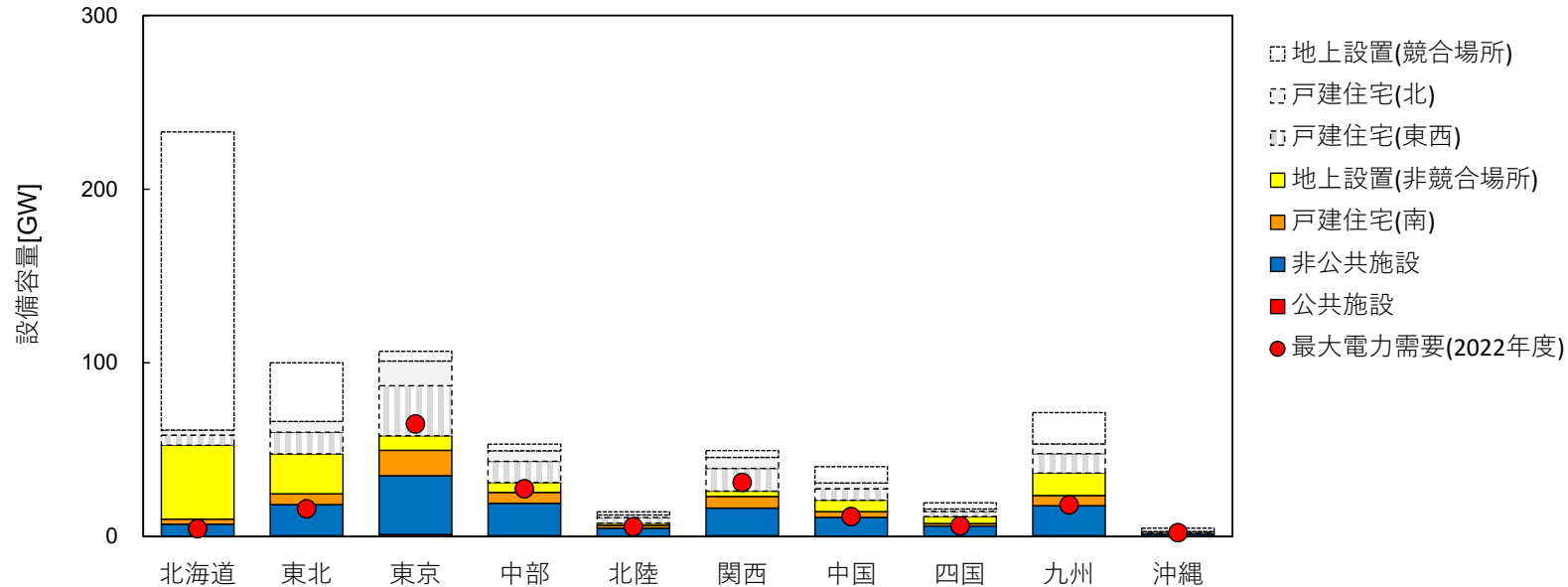
*3 最小側は耐震基準考慮・最大側は耐震基準未考慮の値。

補足資料7

電力エリア別の導入ポテンシャル

電力エリア別の導入ポテンシャル(抑制区域部分除外ケース)

電力エリアの導入ポテンシャル(抑制区域部分考慮ケース)[GW]

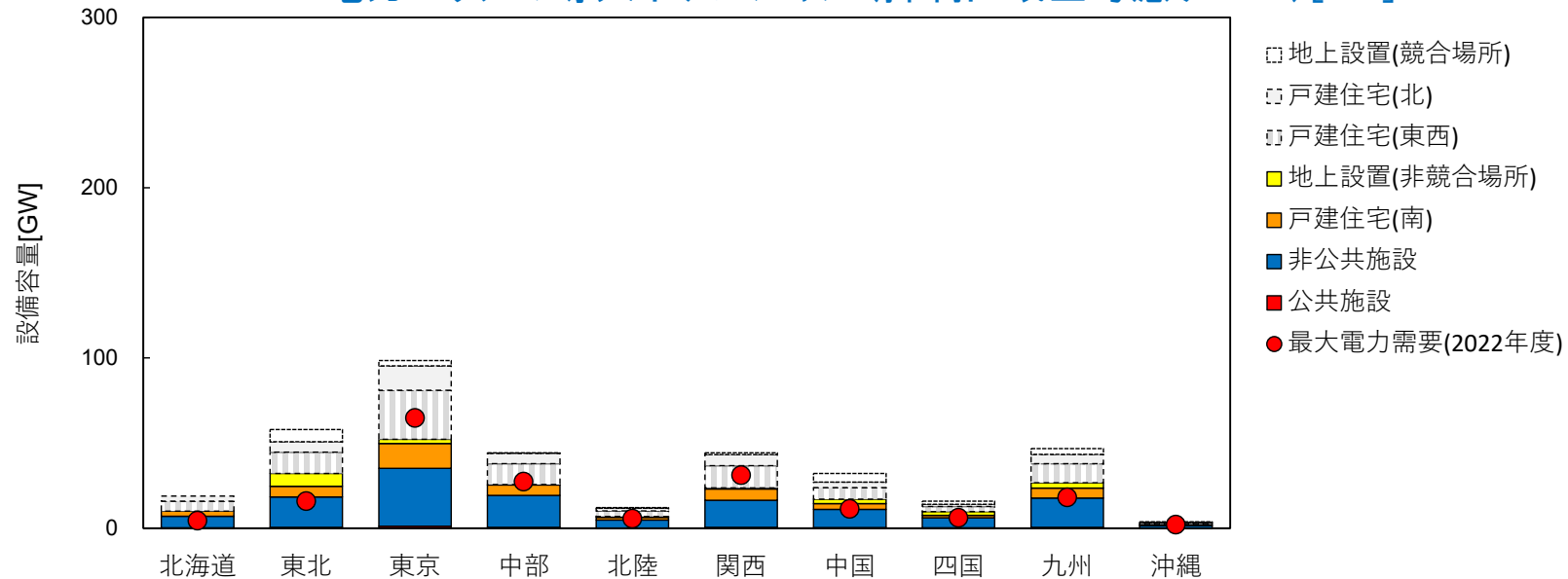


単位[GW]

	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄
公共施設	0.2	0.5	1.1	0.5	0.1	0.5	0.3	0.2	0.5	0.1
非公共施設	6.8	17.9	34.0	18.7	4.7	15.9	10.8	5.9	17.2	1.3
戸建住宅(南)	3.0	6.2	14.6	6.2	1.6	6.6	3.3	1.4	5.8	0.4
地上設置 (非競合場所)	42.5	23.0	8.3	5.6	1.3	3.1	6.6	4.1	13.0	0.1
戸建住宅(東西)	5.9	12.5	28.8	12.3	3.2	13.0	6.7	2.9	11.2	0.7
戸建住宅(北)	2.9	6.2	14.3	6.1	1.6	6.5	3.3	1.4	5.5	0.4
地上設置 (競合場所)	171.7	33.9	5.6	3.7	1.7	3.9	9.4	3.6	18.1	2.0

電力エリア別の導入ポテンシャル(全抑制区域除外ケース)

電力エリアの導入ポテンシャル(抑制区域全考慮ケース)[GW]



	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄
公共施設	0.2	0.5	1.1	0.5	0.1	0.5	0.3	0.2	0.5	0.1
非公共施設	6.8	17.9	34.0	18.7	4.7	15.9	10.8	5.9	17.2	1.3
戸建住宅(南)	3.0	6.2	14.6	6.2	1.6	6.6	3.3	1.4	5.8	0.4
地上設置 (非競合場所)	0.0	7.5	2.5	0.2	0.5	0.7	2.7	2.3	3.2	0.4
戸建住宅(東西)	5.9	12.5	28.8	12.3	3.2	13.0	6.7	2.9	11.2	0.7
戸建住宅(北)	2.9	6.2	14.3	6.1	1.6	6.5	3.3	1.4	5.5	0.4
地上設置 (競合場所)	0.0	7.2	3.2	0.3	0.4	1.1	5.0	1.8	3.4	0.4

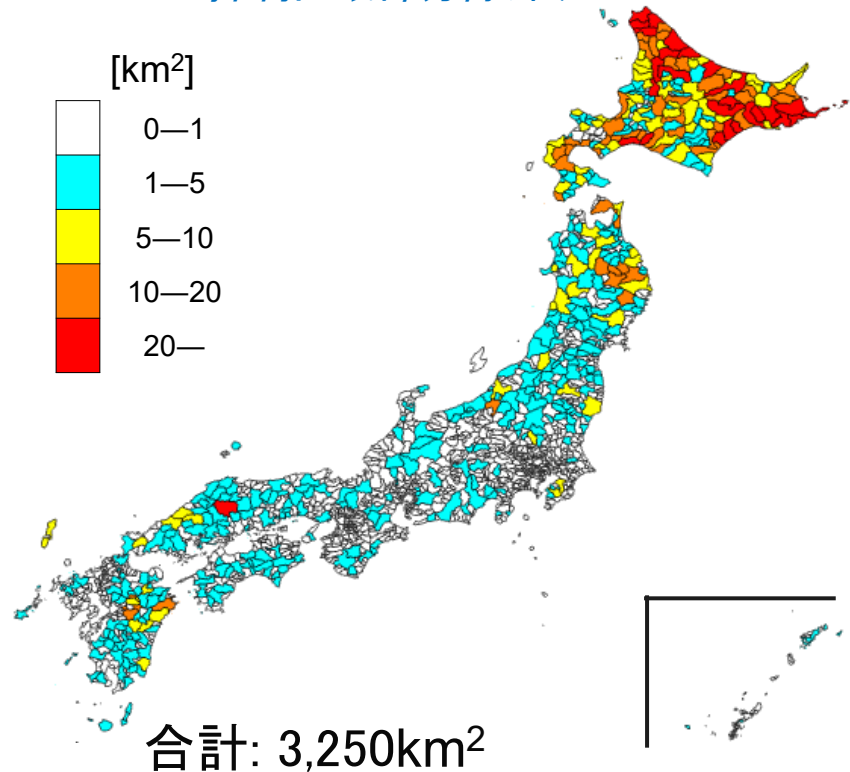
補足資料8

市町村別の設置対象場所

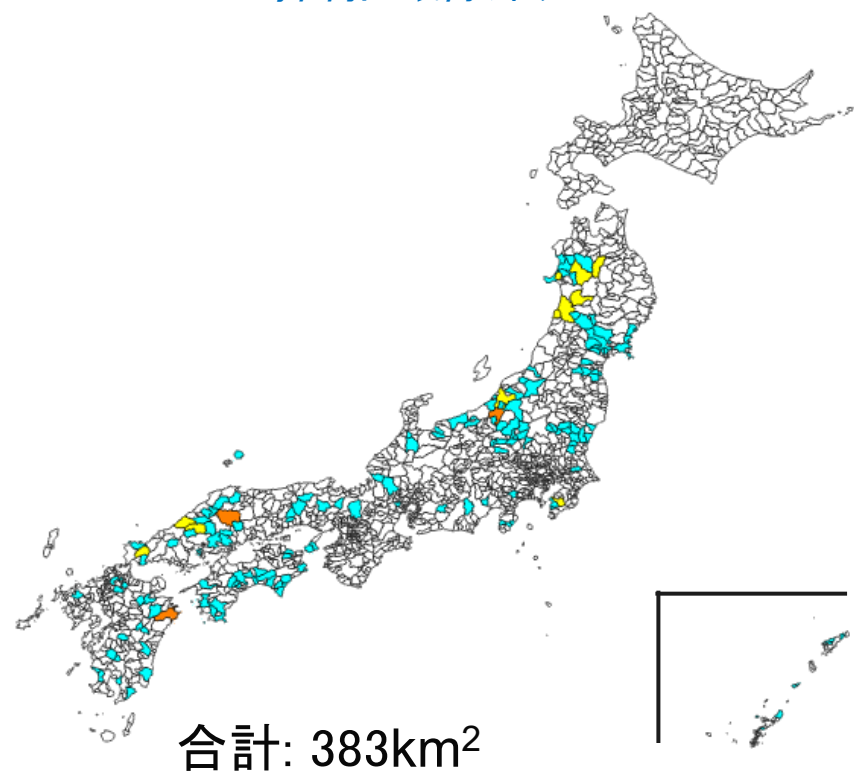
地上設置型太陽光発電の設置対象場所

- ・抑制区域部分除外ケースにおける設置対象場所は**北海道の平野部や草原部などに多く存在している**。
- ・2023年12月末時点で北海道における既導入量(10kW以上)は2GW程度であり、条例を定めている市町村は限られるものの、今後北海道に大量に太陽光発電が設置される場合には、将来景観などに支障を及ぼすことも懸念される。
- ・本評価では、地元との合意などの社会的制約は未考慮であるため、実際に導入される設備容量は各ケースにおける導入ポテンシャルよりさらに減少する可能性がある。

抑制区域部分除外ケース



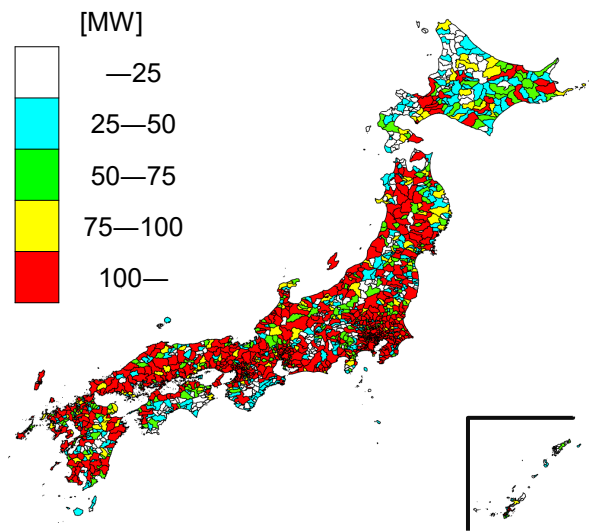
全抑制区域除外ケース



屋根設置型太陽光発電の設置対象場所

- ・全ての建物において設置可能な太陽光発電の設備容量を市町村別に推計した結果を以下に示す。
- ・現在、一部の公共施設を対象にした太陽光発電設置は義務化の動きにあるものの、建物全体の中で**公共施設に設置可能な太陽光発電の設備容量**は限られる。
- ・今後の太陽光発電の導入においては、**既築の戸建住宅**や**非公共施設**への導入が重要となりうる。

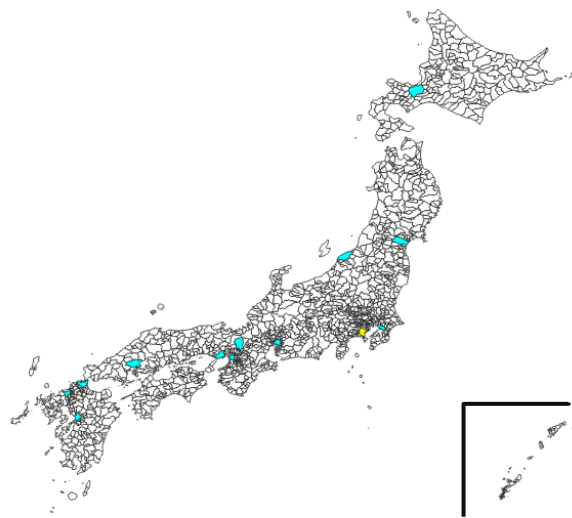
(A) 戸建住宅



南: **49.2GW**
東西: **97.1GW** 北: **48.0GW**

→ 多くの市町村で導入できる設備容量は100MW超(南以外の方角も含む)

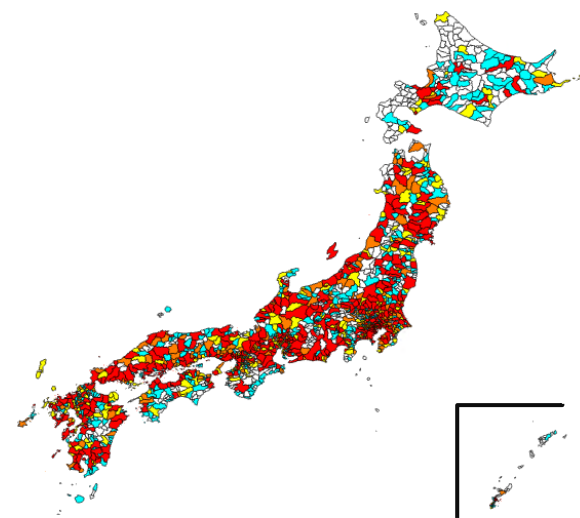
(B) 公共施設



計: **4.0GW**

→ 各市町村で導入できる設備容量は数10MW程度に留まる。

(C) 非公共施設



計: **133.2 GW**

→ 多くの市町村で導入できる設備容量は100MW超