



**再生可能エネルギーポテンシャル**  
太陽光及び洋上/陸上風力発電

デロイト トーマツコンサルティング合同会社  
2024年8月19日

# 1 建物系太陽光

1	建物系太陽光
2	洋上風力
3	陸上風力

# 建物の屋根および壁面における太陽光導入ポテンシャルを推計した

## 建物系太陽光導入ポテンシャルの推計条件と結果内訳

分類 <sup>*1</sup>		設置可能面積 <sup>*2</sup> (km <sup>2</sup> ) の推計		導入可能量 <sup>*3</sup> (GW) の推計		年間発電電力量 <sup>*3</sup> (TWh/年) の推計	
		推計条件	推計結果	推計条件	推計結果	推計条件	推計結果
屋根	公共施設	屋根面積に対する設置係数 <sup>*4</sup> : 0.50	48	設置面積あたり導入量 <sup>*7</sup> : 0.192kW/m <sup>2</sup>	9	建物間の影の影響を考慮して、各建物の屋根の年間日射量 (kWh/m <sup>2</sup> ) を算出し、以下の式で年間発電電力量を推計  年間発電電力量 (kWh/年) = 日射量 (kWh/年/m <sup>2</sup> ) × 設置面積 (m <sup>2</sup> ) × 変換効率 (-) × インバータ等効率 (-)  ※変換効率とインバータ等効率は以下 変換効率 : 0.192 (-) インバータ等効率 : 0.88 (-)	9
	病院		24		5		5
	学校		78		15		16
	宿泊施設		6		1		1
	商業施設		54		10		10
	レジャー施設		18		3		3
	交通系		6		1		1
	その他建物		2725		523		548
壁面	公共施設	壁面面積に対する設置係数 <sup>*5,6</sup> : 0.8 (高さ2階以上の壁面を対象)	72	設置面積あたり導入量 <sup>*7</sup> : 0.192kW/m <sup>2</sup>	14	建物間の影の影響を考慮して、各建物の壁面の年間日射量 (kWh/m <sup>2</sup> ) を算出し、以下の式で年間発電電力量を推計  年間発電電力量 (kWh/年) = 日射量 (kWh/年/m <sup>2</sup> ) × 設置面積 (m <sup>2</sup> ) × 変換効率 (-) × インバータ等効率 (-)  ※変換効率とインバータ等効率は以下 変換効率 : 0.192 (-) インバータ等効率 : 0.88 (-)	7
	病院		48		9		3
	学校		192		37		15
	宿泊施設		18		3		1
	商業施設		42		8		3
	レジャー施設		18		3		1
	交通系		18		3		1
	その他建物		4994		959		402

\*1 本検討における建物分類の定義と esriジャパン「詳細地図2018」における建物区分との対応は以下の通り（その他建物には戸建住宅、集合住宅、オフィスビル等を含む）

- 公共施設：「目標物（公共施設）」
- 病院：「目標物（医療）」
- 学校：「目標物（学校）」
- 宿泊施設：「目標物（宿泊施設）」
- 商業施設：「目標物（商業施設）」
- レジャー施設：「目標物（余暇・レジャー）」
- 交通系：「目標物（交通）」
- その他建物：「一般家枠（その他）」、「目標物（目標物）」、「目標物（その他）」

\*2 esriジャパン「詳細地図2018」における建物ポリゴンの屋根面積や壁面面積に対して設置係数を乗ずることで設置可能面積を推計

\*3 導入可能量はDCベース、年間発電電力量はACベースにて推計

\*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」のレベル2（現状の延長線として設置可能なスペースにできるだけ設置するレベル）のおおよそ平均値を採用

\*5 建築基準法において定められている居室床面積に対して必要な開口部の割合を基に、窓部分等を除いた壁面面積の比率を採用

\*6 昨今、ペロブスカイト型太陽光など窓への設置が可能な太陽光発電がある。本報告では、参考として、窓部分に設置した場合の推計値に関しても算出を行った。

\*7 2020年時点の各メーカーの太陽光パネルの面積あたり容量の平均値を採用

# 影の影響を考慮して建物屋根および壁面に当たる日射量を計算した

## 日射量計算の概要

### 概要\*1,2

- 全国詳細地図（2018年度版、esriジャパン）の建物ポリゴンデータを用いて、各建物の屋根面と壁面の日射量を算出
- 屋根面または壁面の各測定ポイント周辺の起伏をもとに、全天半球の中で障害物に遮られない可視領域が計算され、年間の太陽軌道から直射光、散乱光日射量の年間値を出力
- 年間15日ごとに15分ごとの日射量を計算し、年間で合算することで総日射量を計算

夏至



冬至

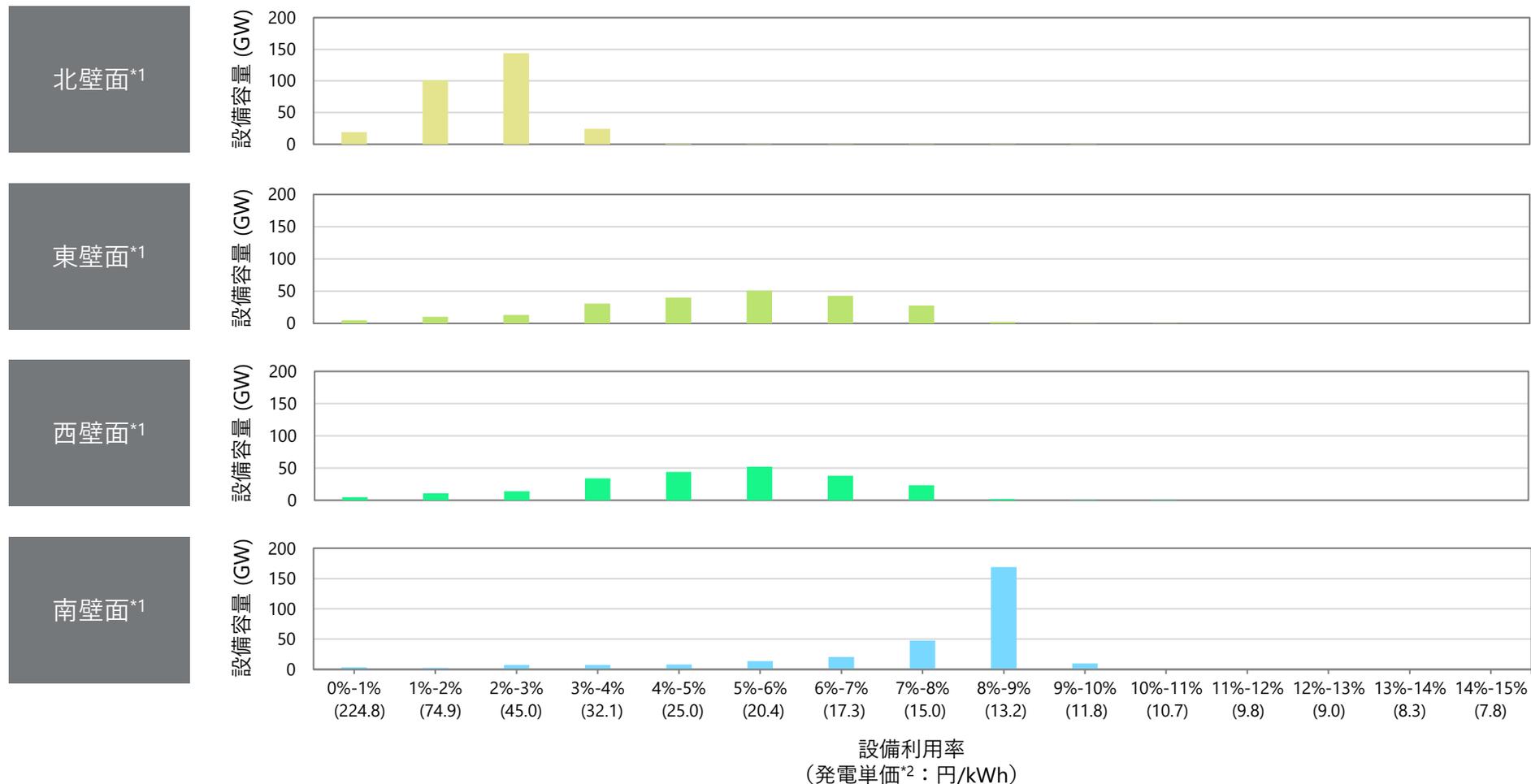


\*1 JST（2021）「地理情報や最新・将来技術の動向、影の影響を反映した、国内の太陽電池導入ポテンシャルの算出 - 東京都内の解析 -」

\*2 S. Wang and M. Ihara et al., 「壁面設置による東京都の太陽光発電ポテンシャルの算出と日間電力変動抑制効果の検討」, 化学工学会第54回秋季大会, 2023

# 北面は2-3%、東西面は5-6%、南面は8-9%の設備利用率となる壁面が多い

## 設備利用率の分布

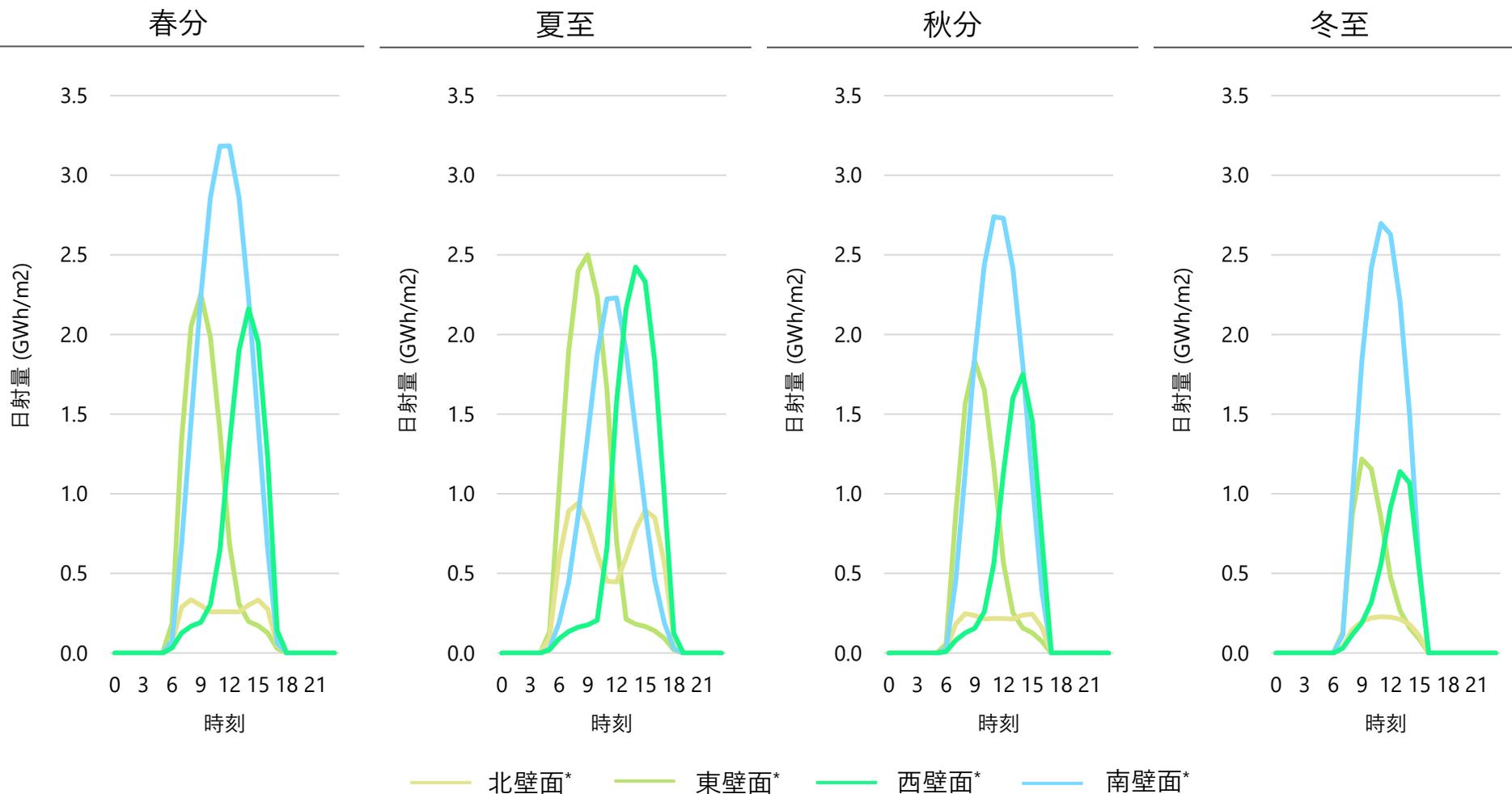


\*1 真北面を0°として-45~45°を北壁面、45~135°を東壁面、135~225°を西壁面、225~315°を南壁面として定義し、各方位ごとに設備利用率分布を推計

\*2 令和3年度発電コスト検証WGの住宅用太陽光の諸元（建設費16.3万円/kW、廃棄費用0.815万円/kW、運転維持費3000円/kW/年、稼働年数25年）をもとに各設備利用率において発電単価を簡易的に推計

# 夏至を除き南面への日射量が最も大きく、東西面は日射量がピークとなる時間帯が異なる

## 各季節における1時間ごとの日射量

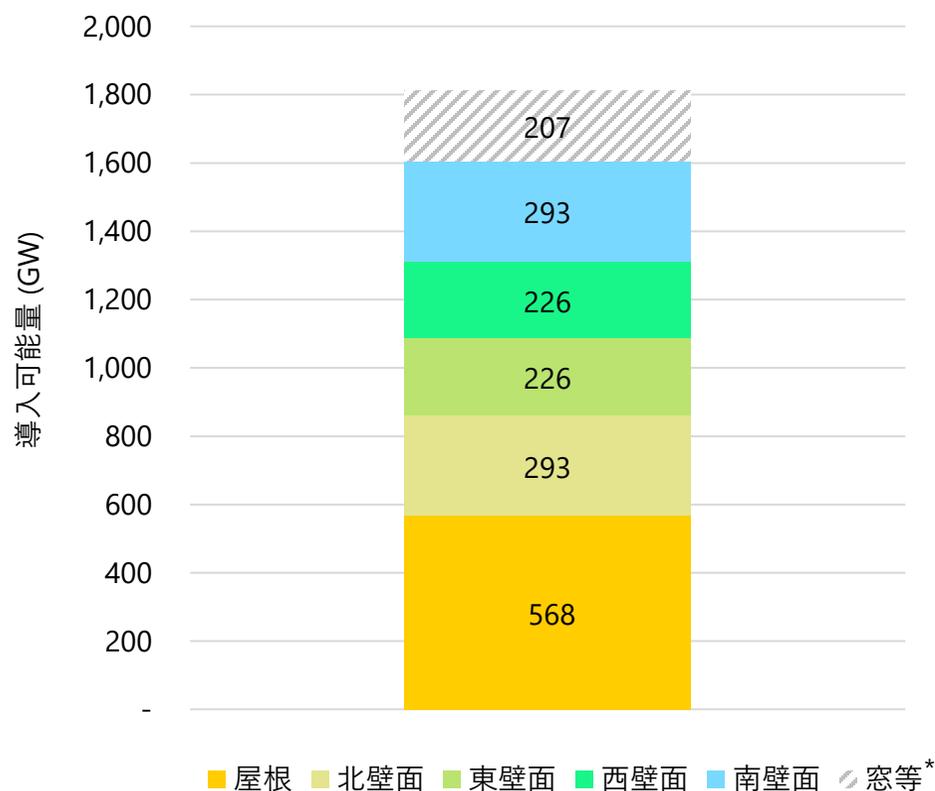


\* 真北面を0°として-45~45°を北壁面、45~135°を東壁面、135~225°を西壁面、225~315°を南壁面として定義し、各方位ごとに設備利用率分布を推計

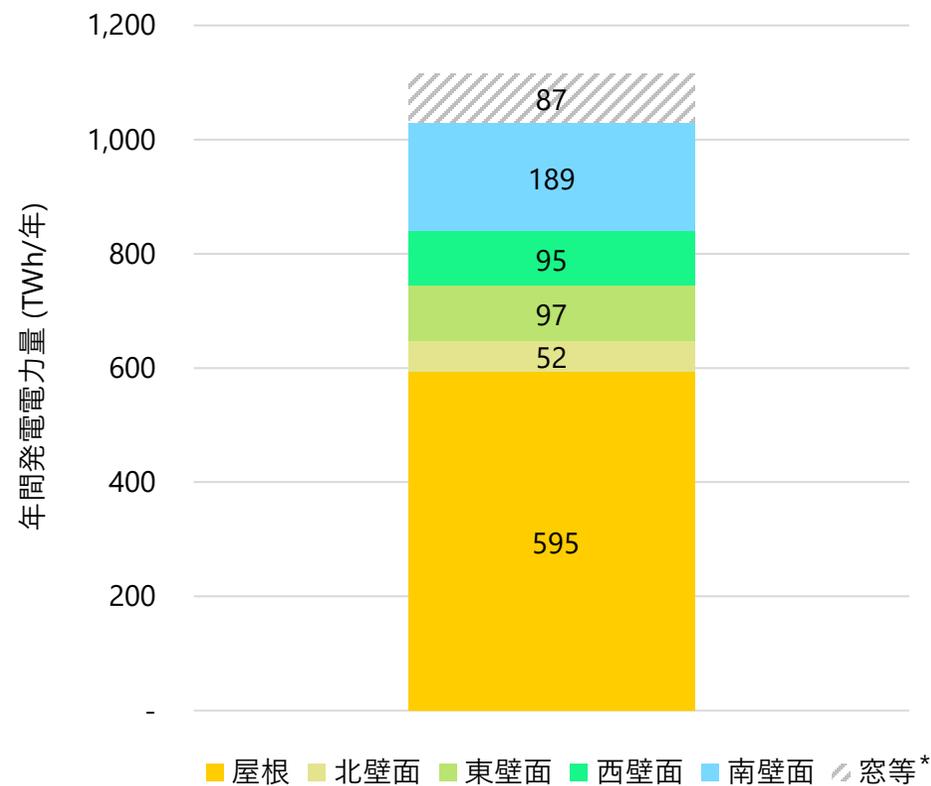
# 屋根に比べて壁面は導入可能量としては大きいものの、年間発電電力量は小さくなる

## 太陽光導入ポテンシャルにおける設置方位の内訳

導入可能量



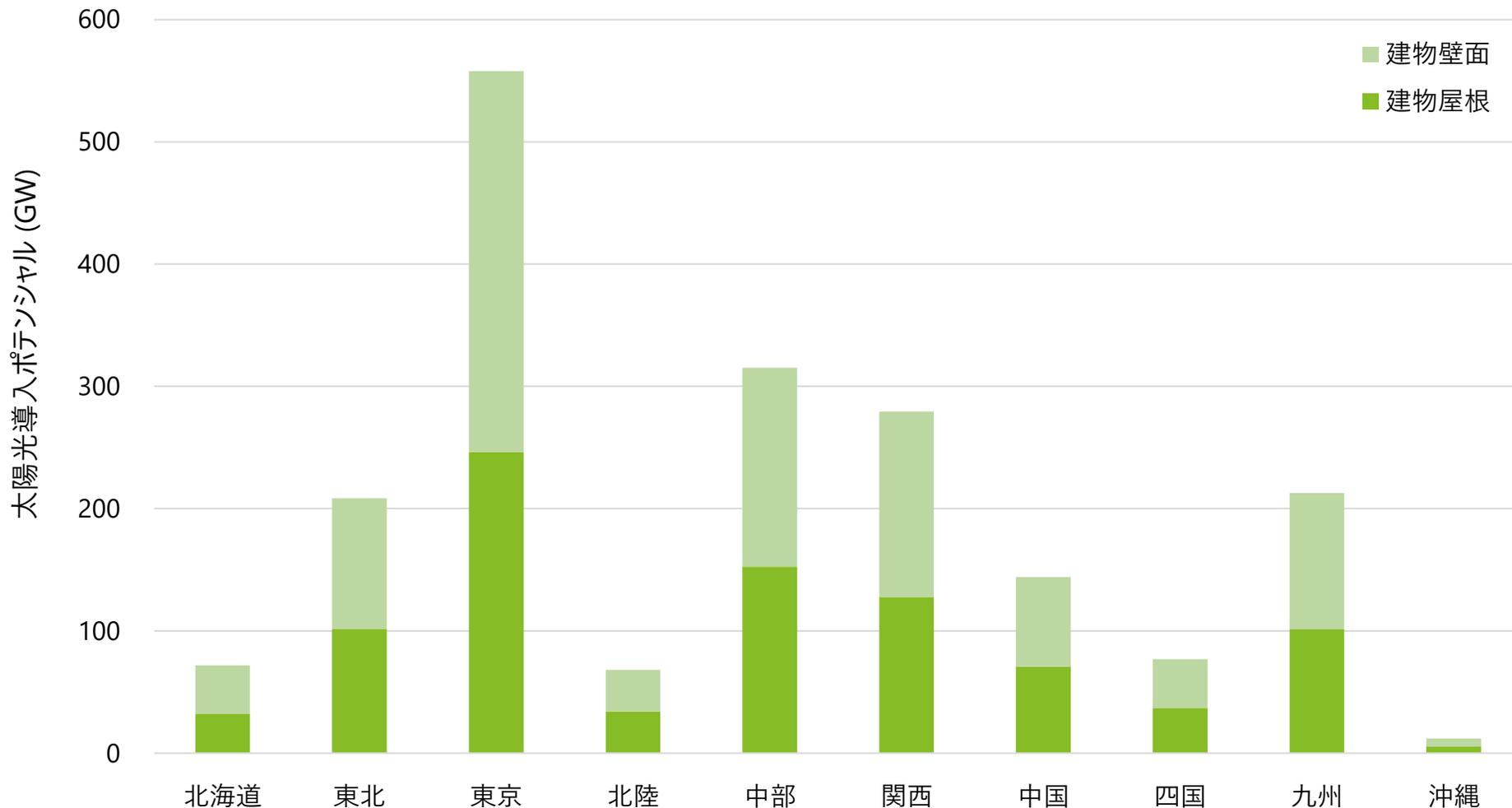
年間発電電力量



\* ペロブスカイト太陽電池を窓部分等に設置した場合に増加が見込まれる（ただし、建物ごとの窓の位置については考慮しておらず、各建物で壁面面積の約2割を窓部分が占めるとして推計）

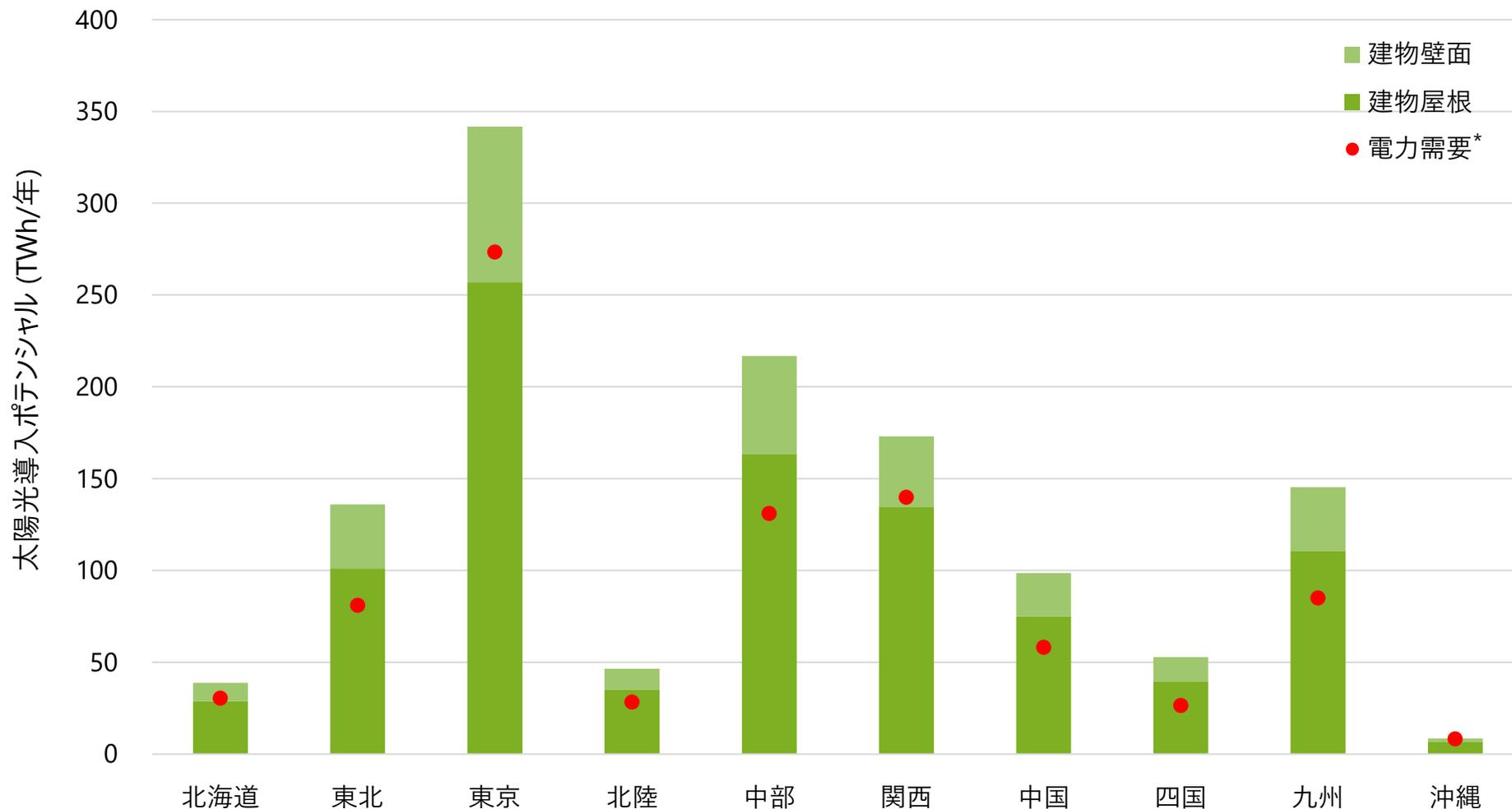
# 屋根と壁面を含めて建物系は東京や関西などの都市部にポテンシャルが高い傾向にある

## 地域別の太陽光導入ポテンシャル（GW）



# ポテンシャルベースでは各地域の電力需要に相当する発電電力量が得られる

## 地域別の太陽光導入ポテンシャル（TWh/年）



\* 電力広域的運営推進機関「2024年度 全国及び供給区域ごとの需要想定について」

## 2 洋上風力

1	太陽光
2	洋上風力
3	陸上風力

# レーダー等による制約条件を反映し、洋上風力の導入ポテンシャルを推計した

## 洋上風力導入ポテンシャルの推計条件と結果内訳

分類		設置可能面積 (km <sup>2</sup> ) の推計		導入可能量の (GW) 推計		年間発電電力量 (TWh/年) の推計	
		推計条件 (レーダー制約 <sup>*1</sup> )	推計条件 (その他)	推計条件	導入可能量	推計条件	発電電力量
レーダー制約なし	離岸距離22km以内 (領海内)	制約なし	以下のエリアは推計対象外とする - 高度150mの風速6.5m/s未満 <sup>*4</sup> - 水深200m以上 <sup>*4</sup> - 離岸距離200km超 <sup>*5</sup>	設置面積あたりの導入可能量 <sup>*6</sup> : 0.008kW/m <sup>2</sup>	1412	以下の式で年間発電電力量を推計 年間発電電力量 (kWh/年) = 導入可能量 (kW) × 8760 (h/年) × 設備利用率 (-)	5145
	離岸距離22-200km (領海外)				752		2940
レーダー制約あり (気象)	離岸距離22km以内 (領海内)	以下のエリアは推計対象外とする - 気象レーダーと距離45km未満 <sup>*2</sup>	以下のエリアは推計対象外とする - 船舶の運航への影響 - 地域共生 - 系統制約 - 電力需要 - 漁業調整 - 地盤条件	設置面積あたりの導入可能量 <sup>*6</sup> : 0.008kW/m <sup>2</sup>	1129	※設備利用率は環境省REPOSの試算を参考に、風速と設備利用率の関係を線形近似して推計 (平均約40%)	4114
	離岸距離22-200km (領海外)				733		2869
レーダー制約あり (気象/航空)	離岸距離22km以内 (領海内)	以下のエリアは推計対象外とする - 気象レーダーと距離45km未満 <sup>*2</sup> - 航空レーダーと距離110km未満 <sup>*3</sup>	以下のエリアは推計対象外とする - 船舶の運航への影響 - 地域共生 - 系統制約 - 電力需要 - 漁業調整 - 地盤条件	設置面積あたりの導入可能量 <sup>*6</sup> : 0.008kW/m <sup>2</sup>	297	※設備利用率は環境省REPOSの試算を参考に、風速と設備利用率の関係を線形近似して推計 (平均約40%)	1117
	離岸距離22-200km (領海外)				454		1810

\*1 気象レーダーや航空レーダーの監視範囲に風車を建設できないと仮定。防衛レーダーによる制約は防衛・風力発電調整法案において基本的に陸上風力に適用されることから、本検討では洋上風力への影響は考慮しないこととした。

\*2 世界気象機関 (WEO) において示されている気象レーダーの観測範囲を推計対象外とする

\*3 空港監視レーダーの監視対象範囲を推計対象外とする

\*4 環境省REPOSにおける風速や水深の閾値を採用

\*5 本推計にて使用したGlobal Wind Atlasにおける風速情報は離岸距離200km以内の範囲で推計されており、離岸距離200km超のエリアにおける洋上風力ポテンシャルについては推計対象外とした。

\*6 環境省REPOSにおける風車の配置方法の想定を参考に設定 (ハブ高さ150m、ブレード半径100m、単機定格出力10000kW)

# 風速や水深、レーダー等の地理情報をベースに各地域の導入ポテンシャルを算出した

## 洋上風力導入ポテンシャルの推計方法



\*1 Global Wind Atlas 150mにおける1kmメッシュの風速情報を利用。Global Wind Atlasでは離岸距離200km以内を推計対象範囲としている。

\*2 Global Wind Atlas が提供する1kmメッシュの水深情報から、本検討の推計範囲である離岸距離200km以内の範囲を抽出

\*3 各レーダーは以下の通り

気象レーダー：気象庁「気象庁のレーダー配置」、「空港気象ドップラーレーダーの位置」、「風力発電施設が気象観測レーダーに及ぼす影響」

航空レーダー：国土交通省航空局の各種資料

防衛レーダー：航空自衛隊「基地一覧」

# 気象・航空レーダーの観測範囲内に風車を立てる場合、管理主体との調整が必要となる

## レーダーによる導入制約

### 気象レーダー\*1

#### 世界気象機関による風車の立地に対する指針

(WMO guidance statement on weather radar/wind turbine siting (The CIMO Guide, 2021))

レーダーから風車までの距離	風車が気象レーダー観測に与える影響	風車設置に対する指針
0-5 km	風車は、レーダー観測を完全又は部分的に遮り、回復できない著しいデータ欠落を引き起こしうる。	強く影響を受ける領域： この領域には <b>風車を立てるべきではない</b> 。
5-20 km	多重散乱又はマルチパス散乱によって複数の仰角に偽エコーを作りうる。動くブレードによってドップラー速度観測に障害を来す可能性がある。	中程度の影響を受ける領域： 地形によって影響の度合いが変わりうる。影響の度合いの <b>分析と協議を行うことが推奨される</b> 。個々の風車の位置や配置を変えることで影響を軽減できる可能性がある。
20-45 km	通常、最低仰角で風車が観測される。反射強度データにおいて地形クラッタのようなエコーが観測される。動くブレードによってドップラー速度観測に障害を来す可能性がある。	影響が低い領域： 風車の建設をレーダー側に通知することが <b>推奨される</b> 。
> 45 km	通常はレーダーに観測されないが、電波の伝搬状況によっては映りうる。	一時的に影響を受ける領域： 風車の建設をレーダー側に通知することが <b>推奨される</b> 。

- 世界気象機関では風車の立地に対する指針を示している
- 気象レーダーから5kmの範囲は風車を立てるべきではない
- 気象レーダーからの45kmの範囲は気象庁や国交省と調整が必要

\*1 気象庁「風力発電施設が気象観測レーダーに及ぼす影響」より引用

\*2 新潟市「新潟市太陽光発電及び陸上風力発電に係るゾーニング報告書（素案）」より引用

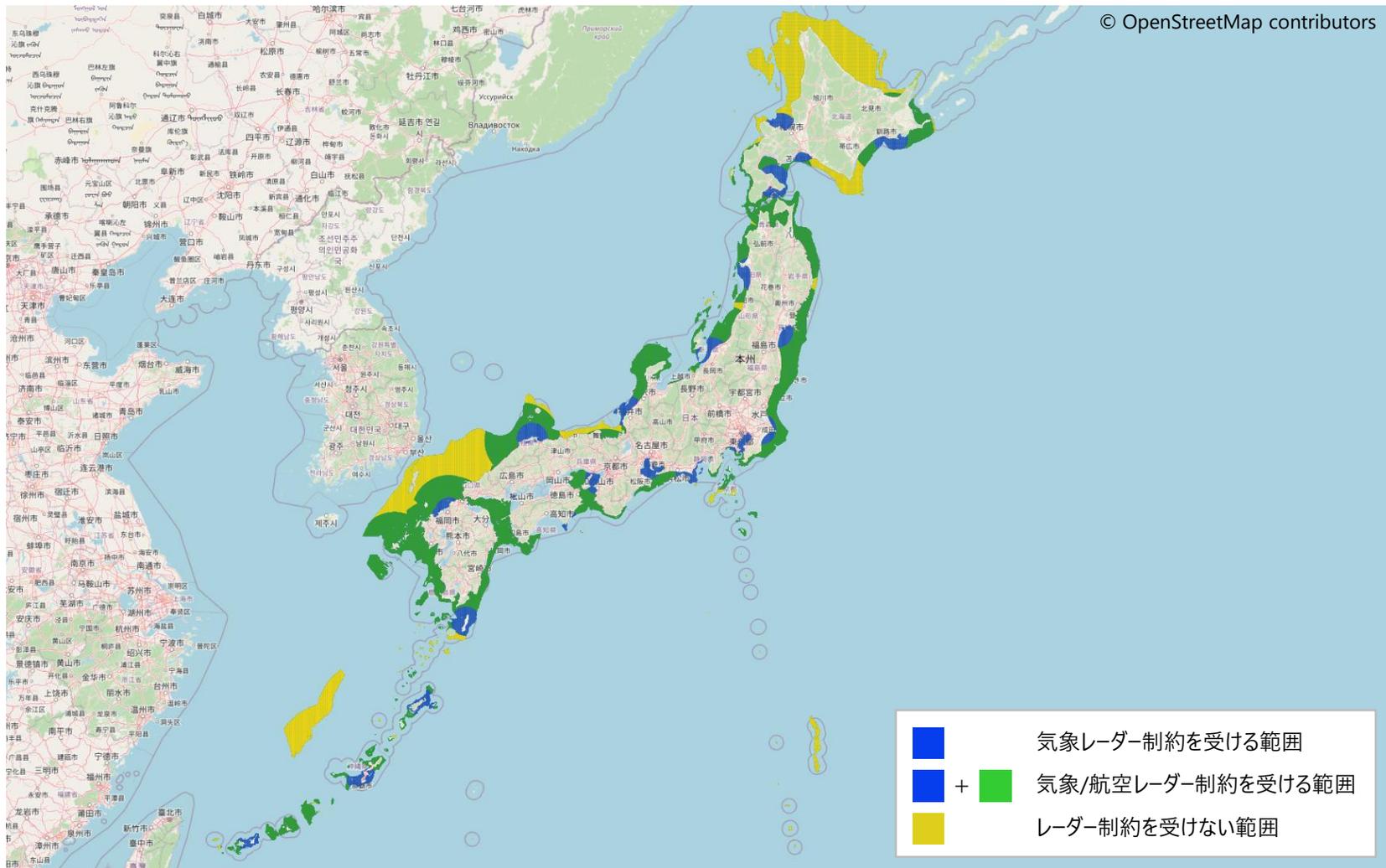
### 航空レーダー\*2

レイヤー名	留意事項
気象レーダー	気象レーダーから半径 5 km 圏内では風力発電施設を建てるべき区域ではないとされ、45 km 圏内までは国交省、気象庁と調整が必要です。
航空レーダー	航空監視レーダーから半径 110km の範囲内は風力発電施設建設にあたり国交省航空局と協議が必要です。
空自レーダー	空自レーダーの監視範囲は非公開のため立地を検討するにあたり事前に防衛省と調整が必要です。

- 空港監視レーダー（ASR）の監視範囲は約110km
- 新潟市のゾーニング報告書においては、航空監視レーダーから半径110kmの範囲内は国交省航空局と協議が必要と言及

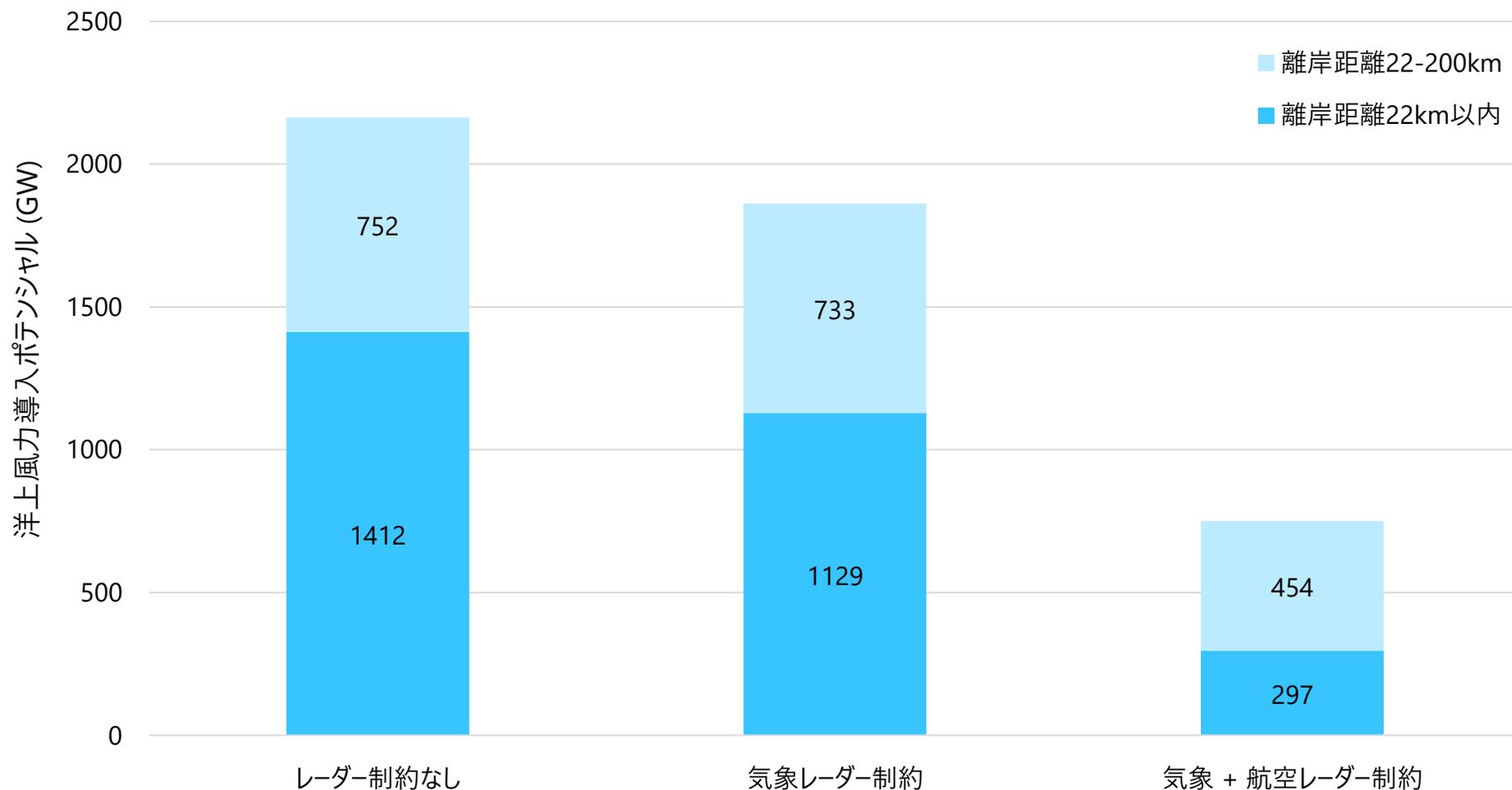
# レーダー制約を受けないエリアは北海道や九州に集中する

## 洋上風力導入ポテンシャルの地域分布



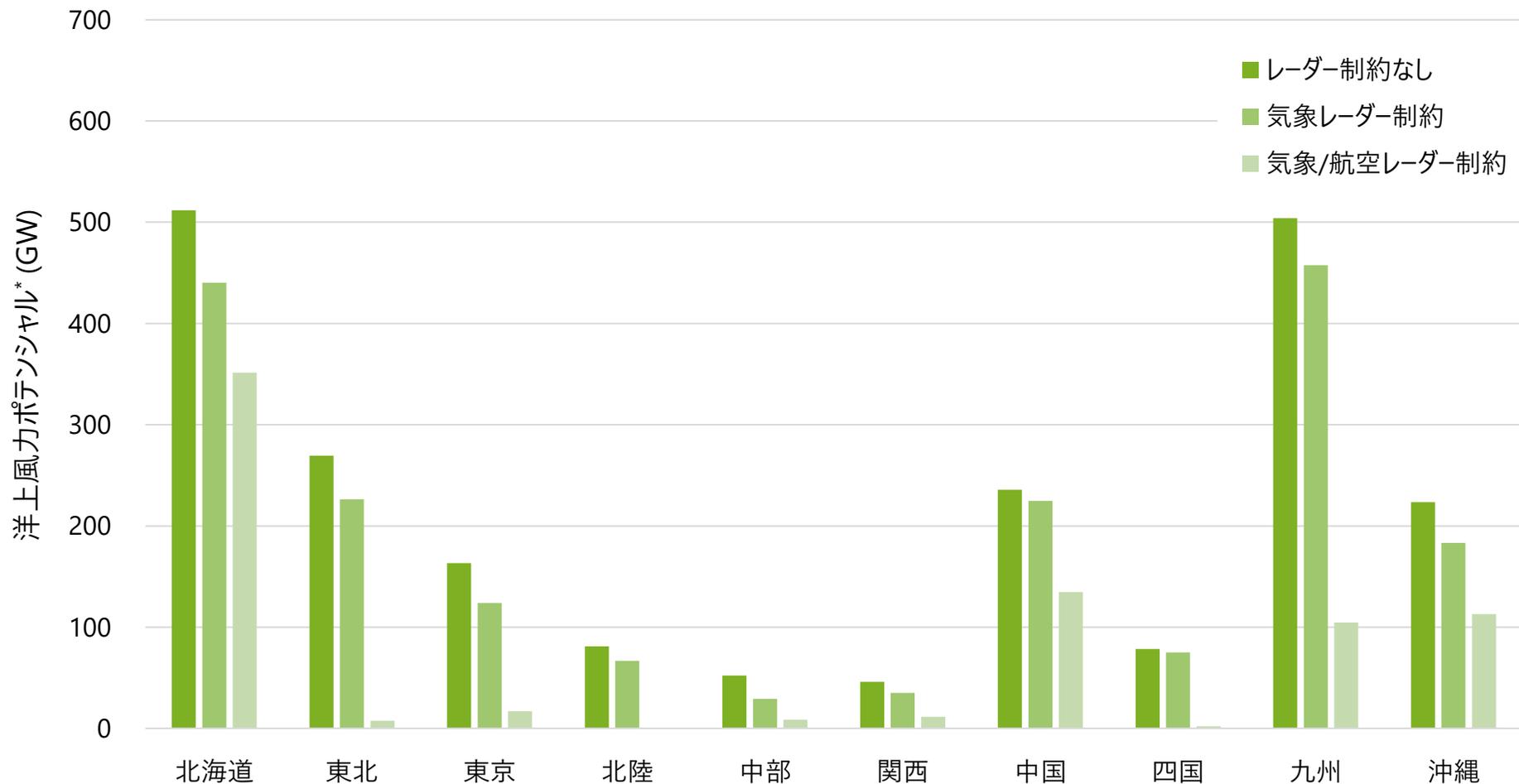
# 気象レーダーと航空レーダーによる制約によって導入ポテンシャルは半分以上減少する

## 洋上風力導入ポテンシャル



# 洋上風力の導入ポテンシャルは北海道や九州に偏在する

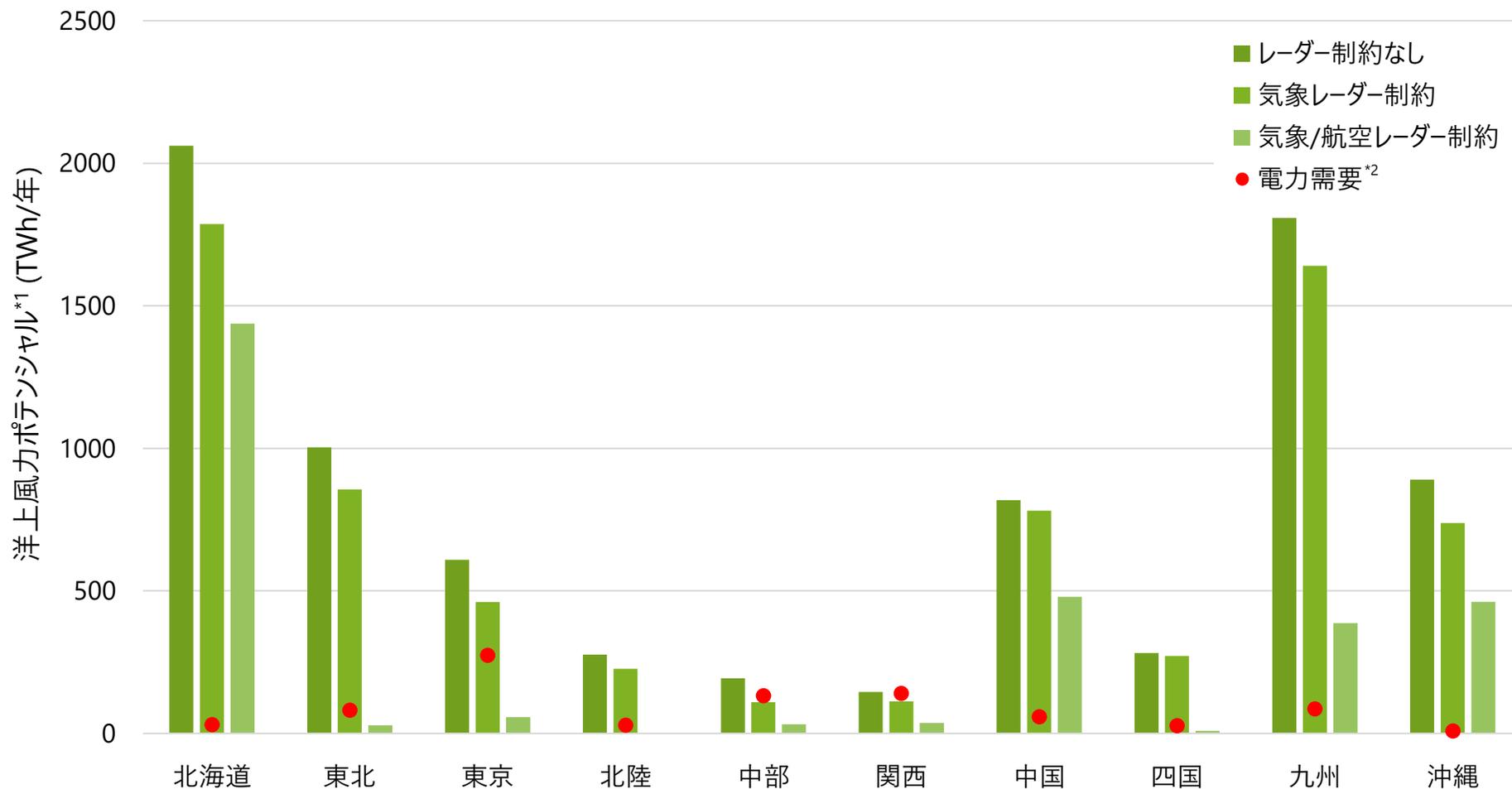
## 地域別の洋上風力導入ポテンシャル（GW）



\* 風車が最も近い一次変電所に接続されるとして、各地域の洋上風力ポテンシャルを集計している

# 条件によっては各地域で電力需要を大きく上回るポテンシャルが存在する

## 地域別の洋上風力導入ポテンシャル（TWh/年）



\*1 風車が最も近い一次変電所に接続されるとして、各地域の洋上風力ポテンシャルを推計している

\*2 電力広域的運営推進機関「2024年度 全国及び供給区域ごとの需要想定について」

### 3 陸上風力

1	太陽光
2	洋上風力
3	陸上風力

# レーダー等による制約条件を反映し、陸上風力の導入ポテンシャルを推計した

## 陸上風力導入ポテンシャルの推計条件と結果内訳

分類	設置可能面積 (km <sup>2</sup> ) の推計		導入可能量の (GW) 推計		年間発電電力量 (TWh/年) の推計	
	推計条件 (レーダー制約 <sup>*1</sup> )	推計条件 (その他)	推計条件	導入可能量	推計条件	発電電力量
レーダー制約なし	制約なし			484		1431
レーダー制約あり (防衛)	以下のエリアは推計対象外とする - 防衛レーダーや周辺の標高に応じて、風車を建設できない範囲を設定 <sup>*2</sup>	以下のエリアは推計対象外とする - 高度80mの風速5.5m/s未満 <sup>*5</sup> - 標高1200m以上 <sup>*5</sup> - 居住地からの距離500m未満 <sup>*5</sup> - 国立・国定公園のあるエリア <sup>*5</sup>	設置面積あたりの導入可能量 <sup>*6</sup> : 0.01kW/m <sup>2</sup>	379	以下の式で年間発電電力量を推計  年間発電電力量 (kWh/年) = 導入可能量 (kW) × 8760 (h/年) × 設備利用率 (-)  ※設備利用率は環境省REPOSの試算を参考に、風速と設備利用率の関係を線形近似して推計 (平均約30%)	1110
レーダー制約あり (防衛/気象)	以下のエリアは推計対象外とする - 防衛レーダーや周辺の標高に応じて、風車を建設できない範囲を設定 <sup>*2</sup> - 気象レーダーと距離45km未満 <sup>*3</sup>	以下は検討対象外とする - 地域共生 - 系統制約 - 電力需要 - 地盤条件		312		923
レーダー制約あり (防衛/気象/航空)	以下のエリアは推計対象外とする - 防衛レーダーや周辺の標高に応じて、風車を建設できない範囲を設定 <sup>*2</sup> - 気象レーダーと距離45km未満 <sup>*3</sup> - 航空レーダーと距離110km未満 <sup>*4</sup>			132		395

\*1 気象レーダーや航空レーダーの監視範囲に風車を建設できないと仮定。防衛レーダーについては防衛・風力発電調整法案における電波障害区域には風車を建設できないと想定した。

\*2 Global Wind Atlas より得られる標高の地理情報と想定最大風車高を仮定し、防衛・風力発電調整法案における電波障害区域の範囲を推計

\*3 世界気象機関 (WEO) において示されている気象レーダーの観測範囲を推計対象外とする

\*4 空港監視レーダーの監視対象範囲を推計対象外とする

\*5 環境省REPOSにおける各種推計除外条件を記載

\*6 環境省REPOSにおける想定値を記載 (ハブ高さ90m、ブレード半径60m、単機定格出力4000kW)

# 防衛・風力発電調整法案では警戒監視等に係る区域を指定している

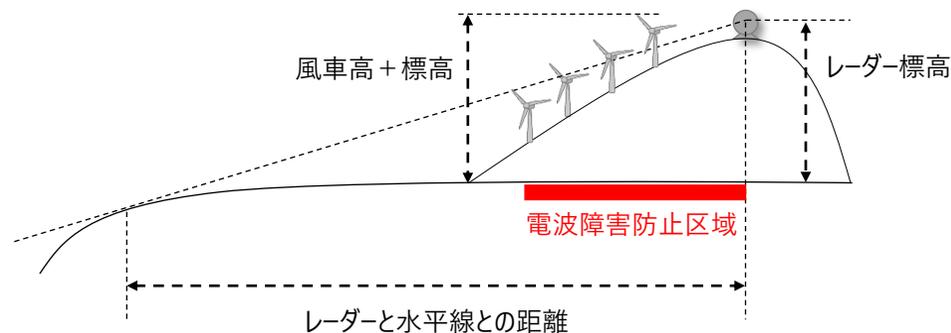
## 電波障害防止区域の概要

### 防衛・風力発電調整法案\*

第三条 防衛大臣は、次の各号に掲げる自衛隊等の活動について、風力発電設備の設置等が行われた場合に著しい障害を生ずるおそれがあり、これを防止して電波を用いた自衛隊等の円滑かつ安全な活動の確保を図るために必要があるときは、その必要な限度において、当該各号の区分に応じ、当該各号に定める区域を電波障害防止区域として指定することができる。

一 自衛隊法（昭和二十九年法律第百六十五号）第八十二条の三の規定による弾道ミサイル等に対する破壊措置、同法第八十四条の規定による領空侵犯に対する措置等のために必要なレーダーを用いてする監視 当該監視のために設置された電波を発射し及び受信する機材と水平線とを結んだ平面のうち、その高さを我が国において想定される最も高い風車高として防衛省令で定めるもの（以下この項において「想定最高風車高」という。）と標高とを合算した高さが超える部分を地上に投影した区域

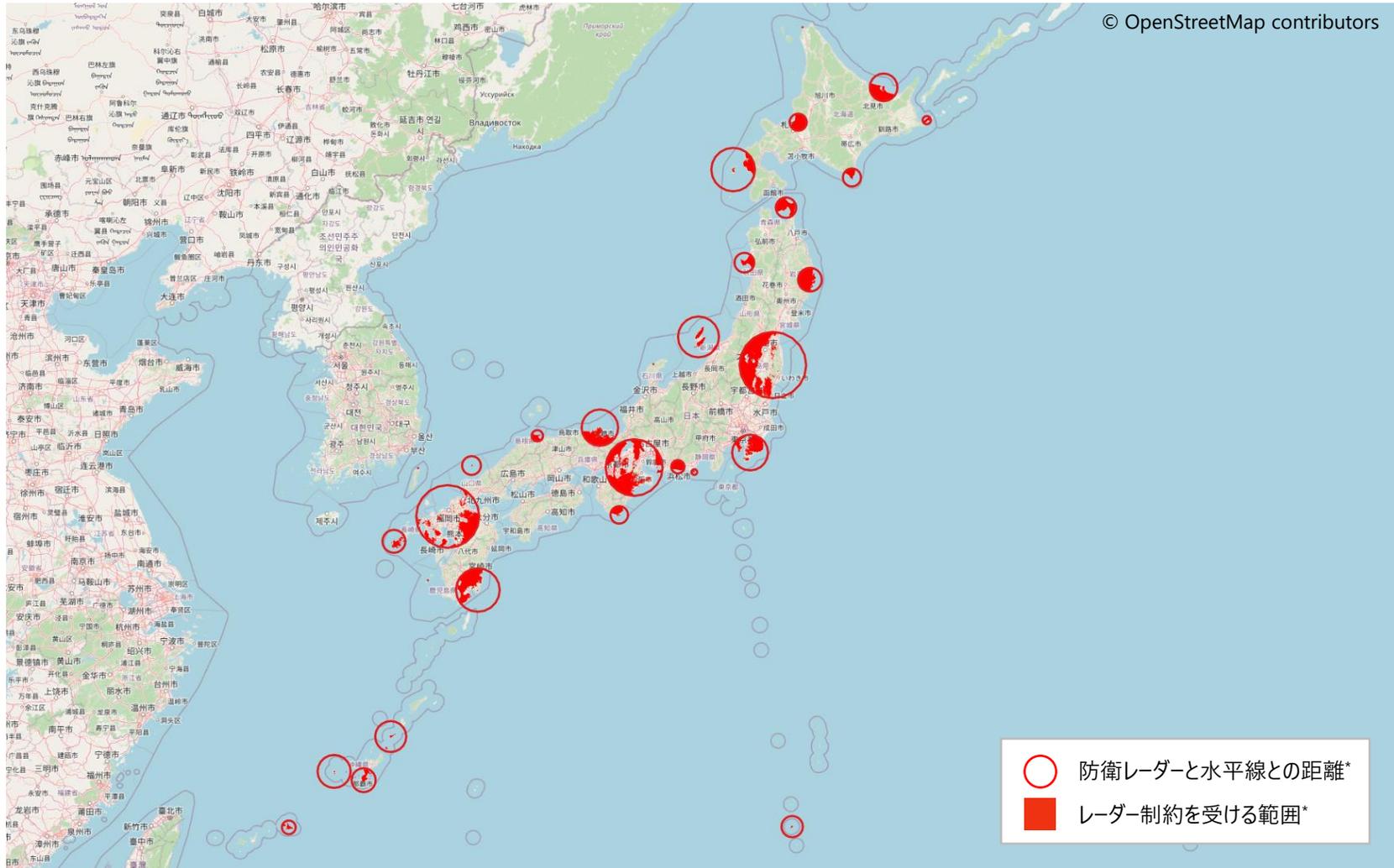
### 電波障害防止区域の範囲



\* 衆議院「風力発電設備の設置等による電波の電波障害を回避し電波を用いた自衛隊の円滑かつ安全な活動を確保するための措置に関する法律案」より引用

# 標高の高い場所に位置するレーダーは最大半径約100kmの範囲が監視対象となる

## 陸上風力の設置に影響する範囲



\* 想定最大風車高を150m (= ハブ高さ90m + ブレード半径60m) として推計

# 防衛・気象・航空レーダーによる影響を考慮して各地域の導入ポテンシャルを算出した

## 陸上風力導入ポテンシャルの推計方法



\*1 環境省REPOSにおける陸上風力の導入可能量のメッシュデータを利用

\*2 各レーダーはの出典は以下の通り

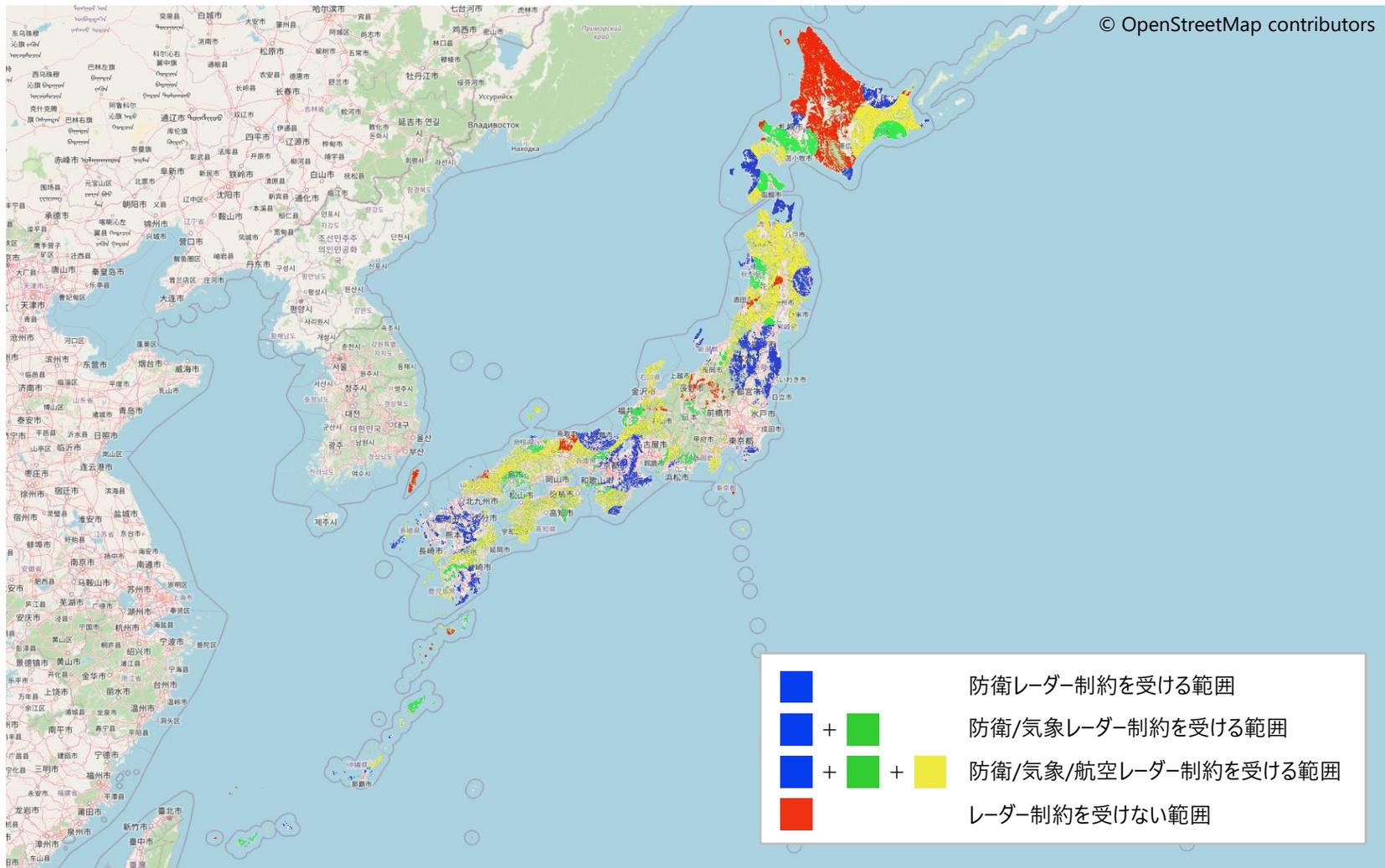
気象レーダー：気象庁「気象庁のレーダー配置」、「空港気象ドップラーレーダーの位置」、「風力発電施設が気象観測レーダーに及ぼす影響」

航空レーダー：国土交通省航空局の各種資料

防衛レーダー：航空自衛隊「基地一覧」

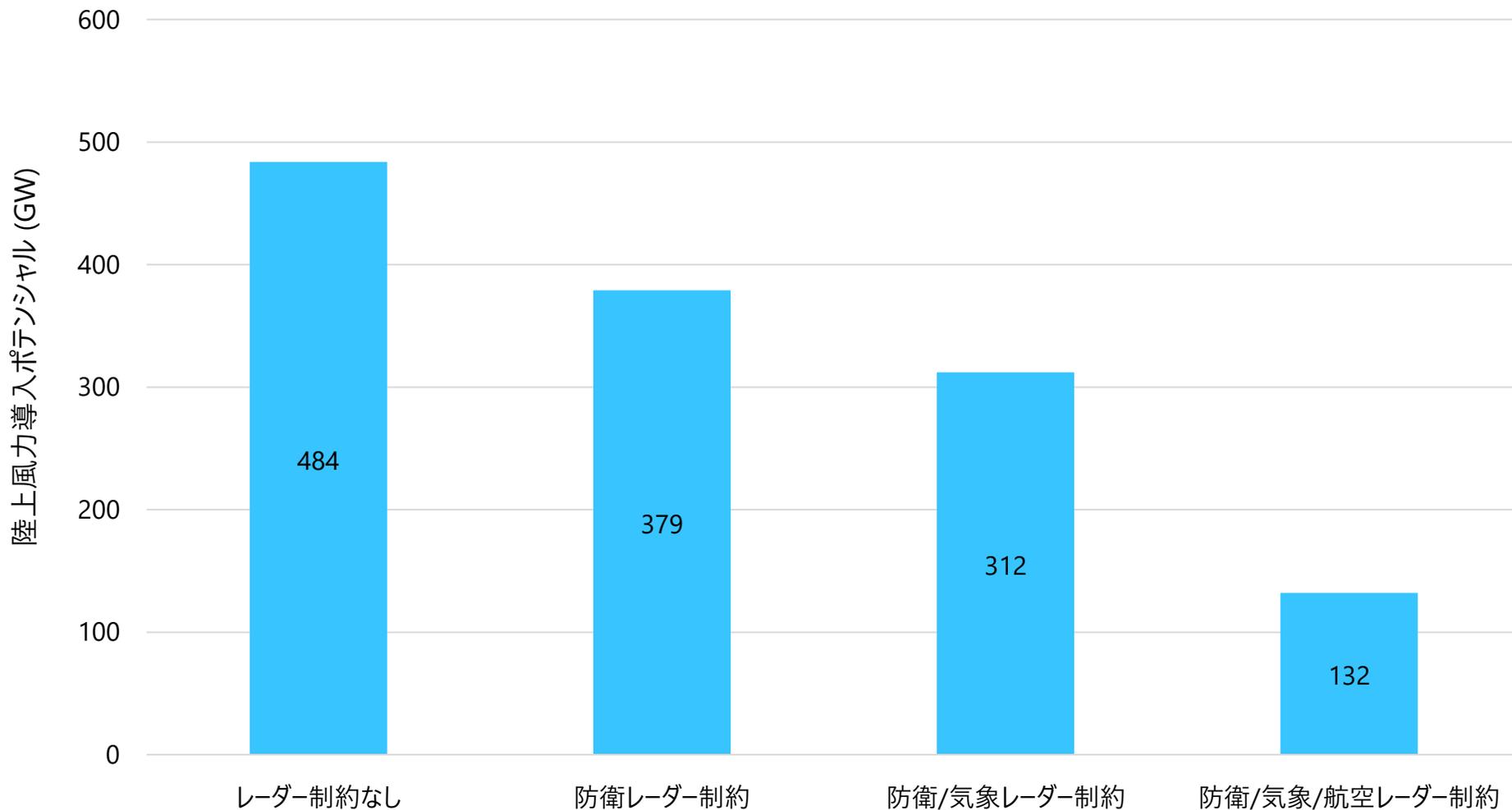
# レーダー制約を受けないエリアは北海道に集中する

## 陸上風力導入ポテンシャルの地域分布



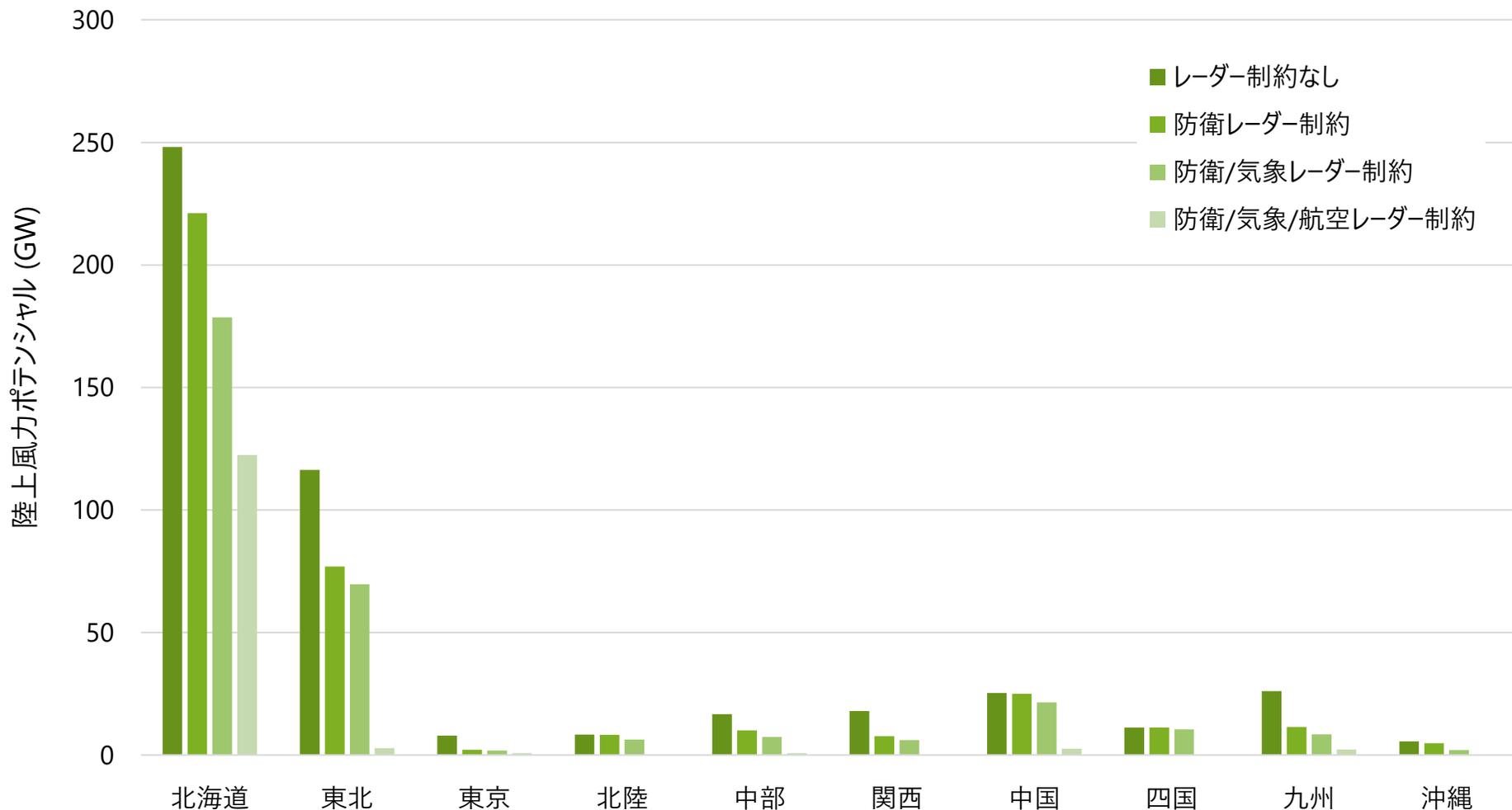
# レーダー制約によって陸上風力の導入ポテンシャルは約1/4にまで減少する

## 陸上風力導入ポテンシャル



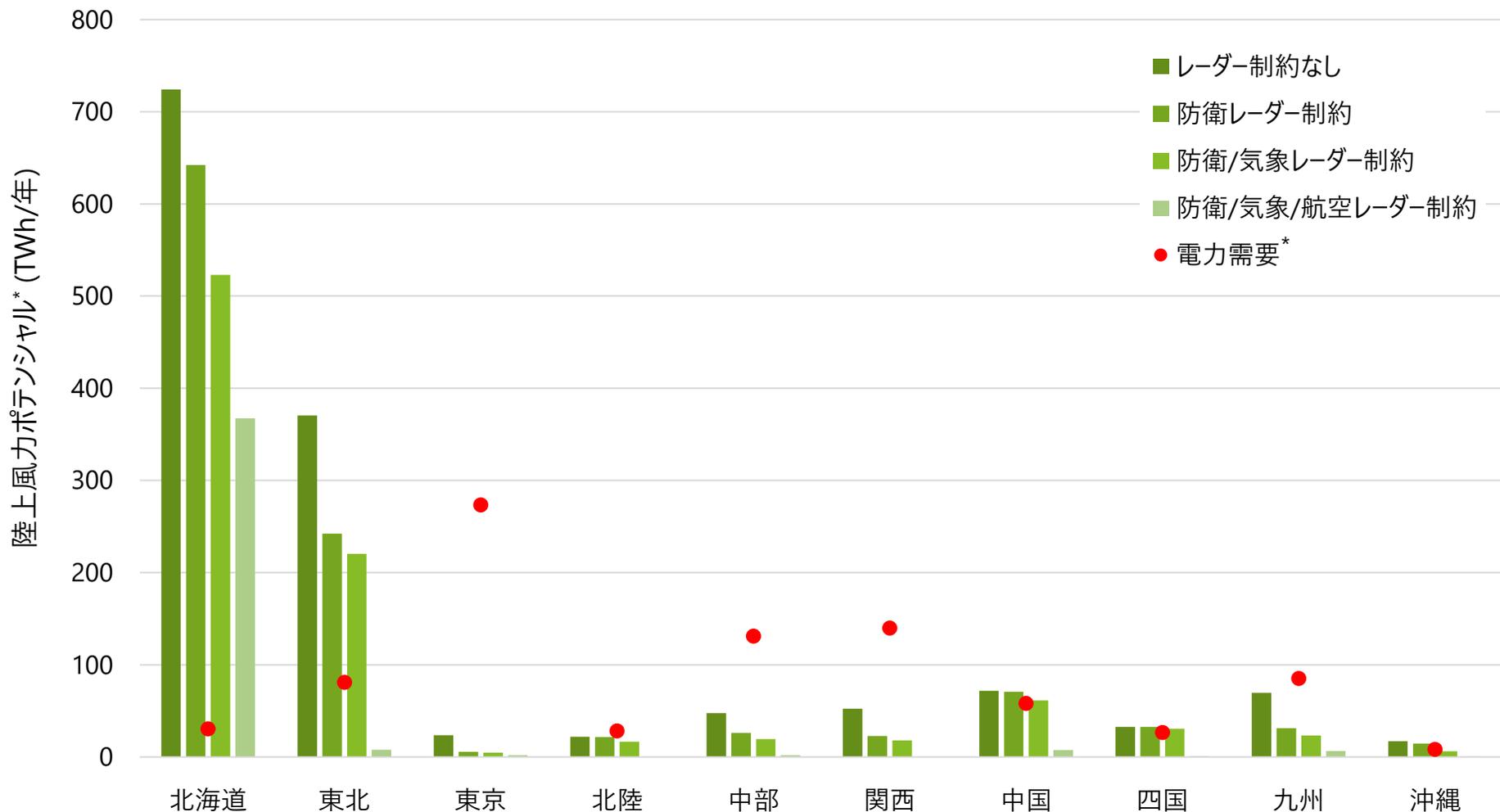
# 陸上風力の導入ポテンシャルは北海道や東北に偏在し、レーダー制約の影響を強く受ける

## 地域別の陸上風力導入ポテンシャル (GW)



# 陸上風力のポテンシャルは北海道と東北で大きいものの、電力需要とミスマッチが存在する

## 地域別の陸上風力導入ポテンシャル（TWh/年）



\* データソース：電力広域的運営推進機関「2024年度 全国及び供給区域ごとの需要想定について」

# Deloitte.

## デロイト トーマツ

デロイト トーマツ グループは、日本におけるデロイト アジア パシフィック リミテッドおよびデロイトネットワークのメンバーであるデロイト トーマツ 合同会社ならびにそのグループ法人（有限責任監査法人トーマツ、デロイト トーマツ コンサルティング 合同会社、デロイト トーマツ ファイナンシャルアドバイザー 合同会社、デロイト トーマツ 税理士法人、DT 弁護士法人およびデロイト トーマツ グループ 合同会社を含む）の総称です。デロイト トーマツ グループは、日本で最大級のプロフェッショナルグループのひとつであり、各法人がそれぞれの適用法令に従い、監査・保証業務、リスクアドバイザー、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー、税務、法務等を提供しています。また、国内約30都市に約1万7千名の専門家を擁し、多国籍企業や主要な日本企業をクライアントとしています。詳細はデロイト トーマツ グループ Web サイト（[www.deloitte.com/jp](http://www.deloitte.com/jp)）をご覧ください。

Deloitte（デロイト）とは、デロイト トウシュートーマツ リミテッド（“DTTL”）、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人（総称して“デロイト ネットワーク”）のひとつまたは複数を指します。DTTL（または“Deloitte Global”）ならびに各メンバーファームおよび関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体であり、第三者に関して相互に義務を課しまたは拘束させることはありません。DTTL および DTTL の各メンバーファームならびに関係法人は、自らの作為および不作為についてのみ責任を負い、互いに他のファームまたは関係法人の作為および不作為について責任を負うものではありません。DTTL はクライアントへのサービス提供を行いません。詳細は [www.deloitte.com/jp/about](http://www.deloitte.com/jp/about) をご覧ください。

デロイト アジア パシフィック リミテッドはDTTLのメンバーファームであり、保証有限責任会社です。デロイト アジア パシフィック リミテッドのメンバーおよびそれらの関係法人は、それぞれ法的に独立した別個の組織体であり、アジア パシフィックにおける100を超える都市（オークランド、バンコク、北京、ベンガルール、ハノイ、香港、ジャカルタ、クアラルンプール、マニラ、メルボルン、ムンバイ、ニューデリー、大阪、ソウル、上海、シンガポール、シドニー、台北、東京を含む）にてサービスを提供しています。

Deloitte（デロイト）は、監査・保証業務、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー、リスクアドバイザー、税務、法務などに関連する最先端のサービスを、Fortune Global 500®の約9割の企業や多数のプライベート（非公開）企業を含むクライアントに提供しています。デロイトは、資本市場に対する社会的な信頼を高め、クライアントの変革と繁栄を促し、より豊かな経済、公正な社会、持続可能な世界の実現に向けて自ら率先して取り組むことを通じて、計測可能で継続性のある成果をもたらすプロフェッショナルの集団です。デロイトは、創設以来175年余りの歴史を有し、150を超える国・地域にわたって活動を展開しています。“Making an impact that matters”をパーパス（存在理由）として標榜するデロイトの約415,000名の人材の活動の詳細については、（[www.deloitte.com](http://www.deloitte.com)）をご覧ください。

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、DTTL、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人が本資料をもって専門的な助言やサービスを提供するものではありません。皆様の財務または事業に影響を与えるような意思決定または行動をされる前に、適切な専門家にご相談ください。本資料における情報の正確性や完全性に関して、いかなる表明、保証または確約（明示・黙示を問いません）をするものではありません。またDTTL、そのメンバーファーム、関係法人、社員・職員または代理人のいずれも、本資料に依拠した人に関係して直接または間接に発生したいかなる損失および損害に対して責任を負いません。



IS 669126 / ISO 27001



BCMS 764479 / ISO 22301