

5-3 風力発電

風力発電の賦存量及び潜在可能量の算定は、図5-3-1の流れで行った。

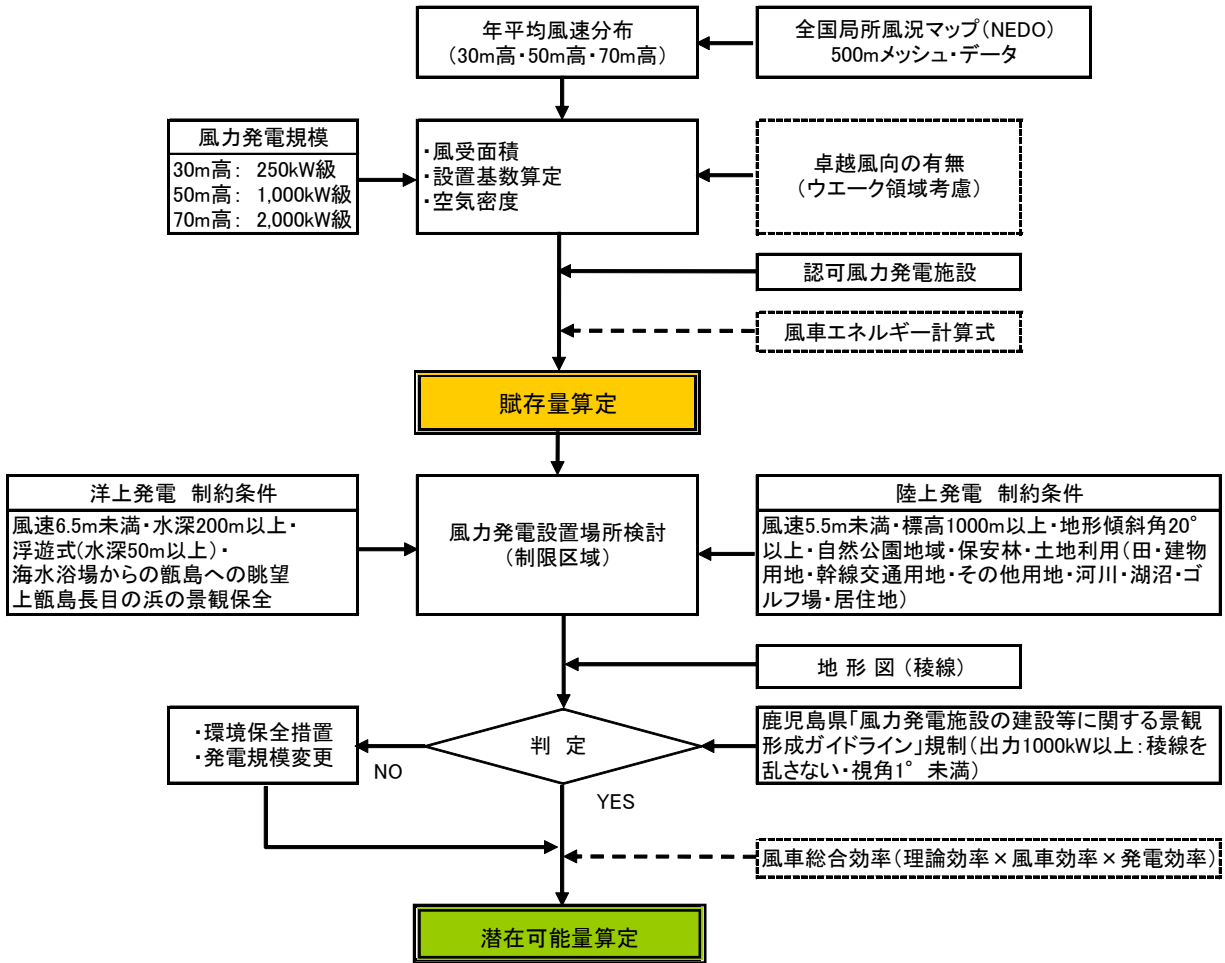


図 5-3-1 風力発電賦存量・潜在可能量算定の流れ

5-3-1 調査地域の風況

薩摩川内市における風力発電の可能性を全国局所風況マップ(NEDO)から、地上30m、地上50m及び地上70mの年平均風速分布は、図5-3-2(1)～(3)に示すとおりである。

薩摩川内市における平均風速は、洋上部が大きい傾向にある。また、陸上部は甌島区域が本土区域より大きい傾向にある。

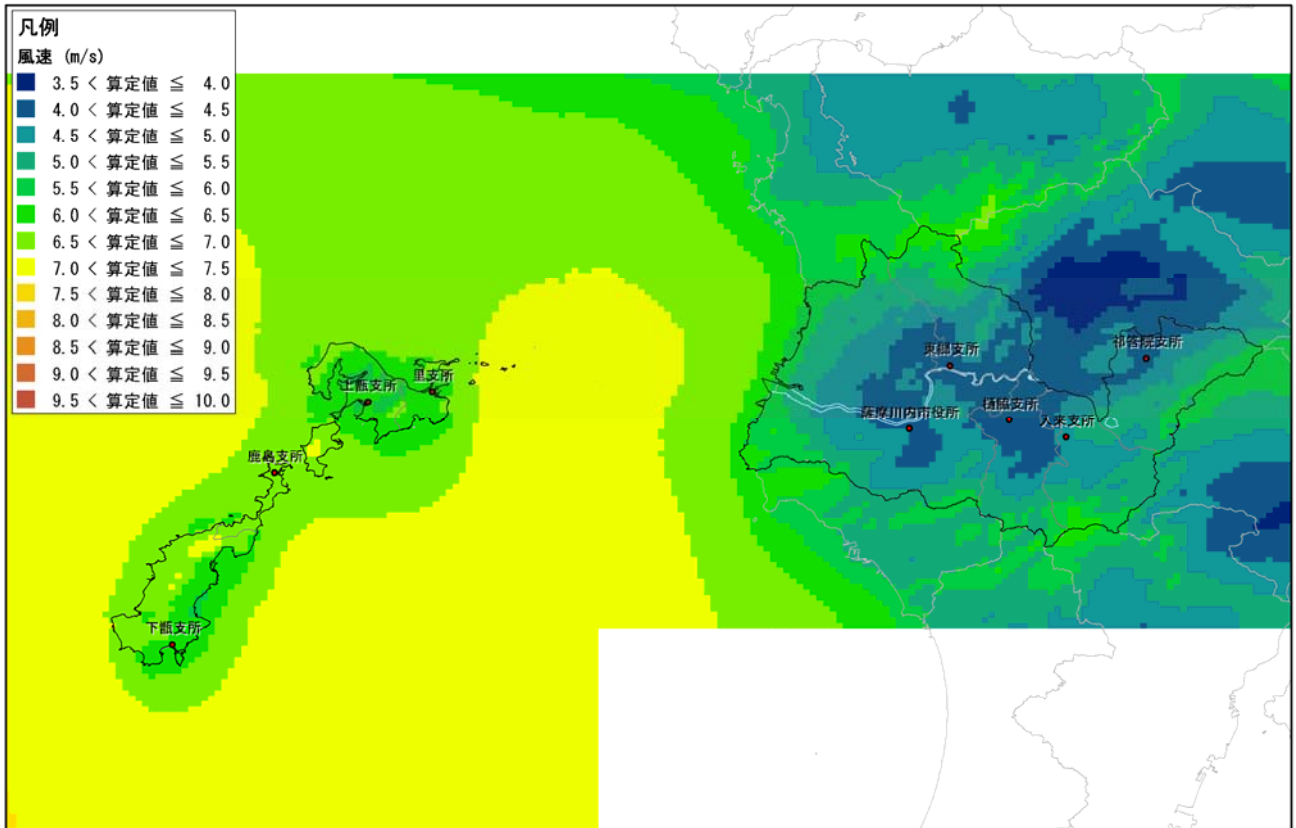


图 5-3-2(1) 平均風速分布 (地上高 30m)

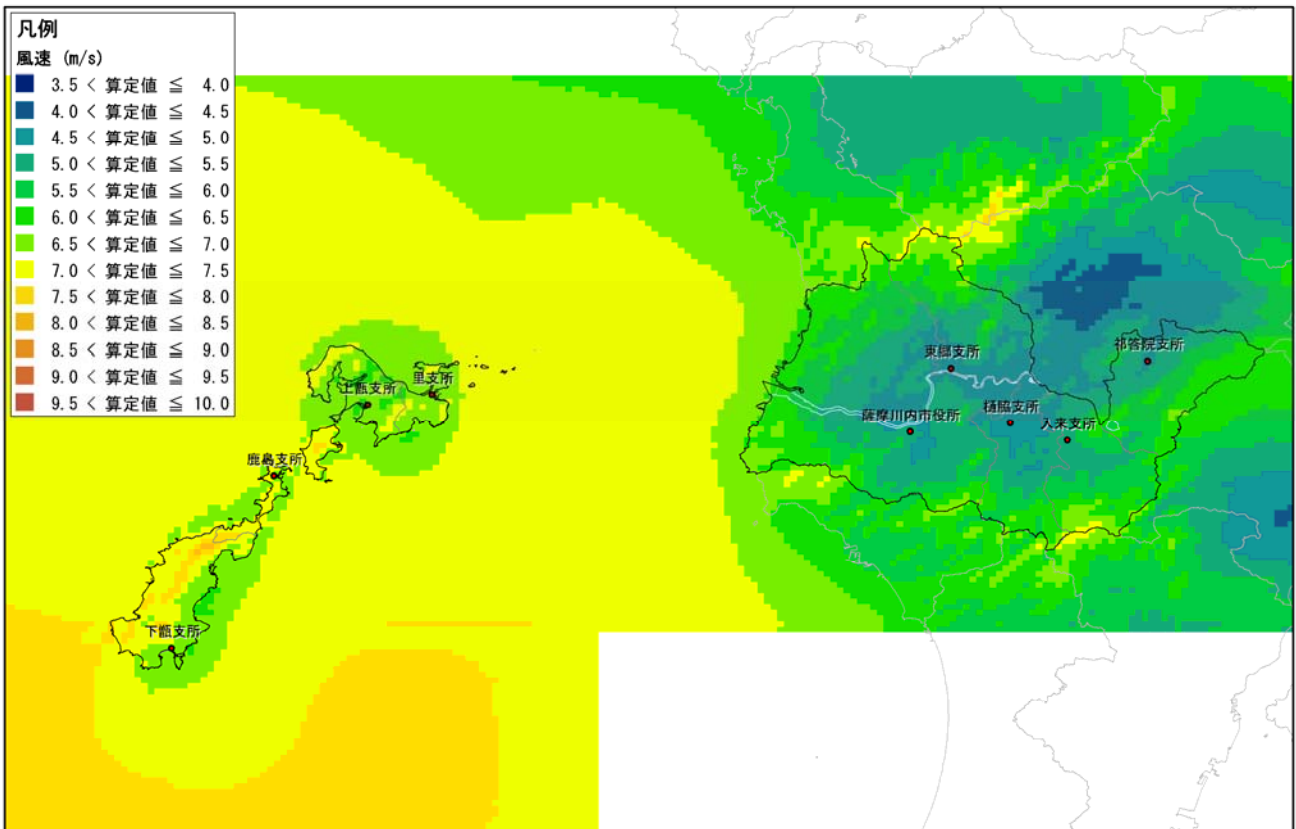


图 5-3-2(2) 平均風速分布 (地上高 50m)

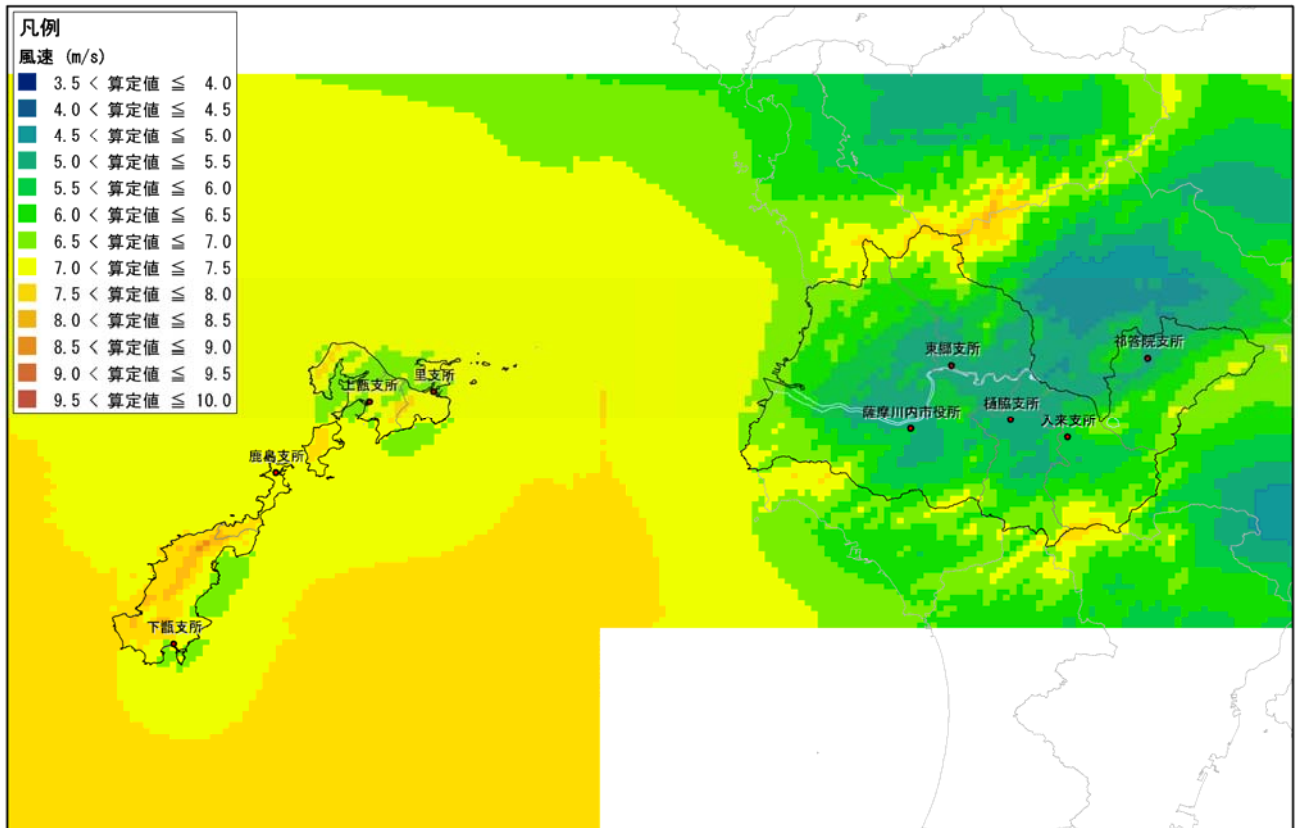


图 5-3-2(3) 平均風速分布 (地上高 70m)

5-3-2 風力発電賦存量

風力発電賦存量は、以下の式より算出した。

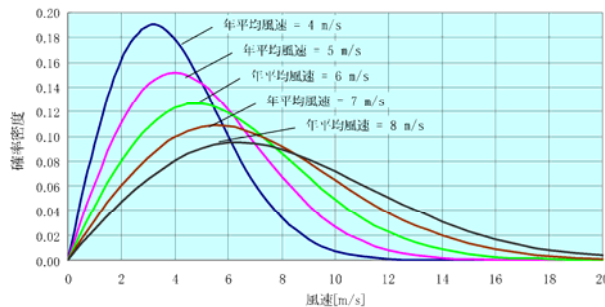
$$\text{賦存量(GWh/年)} = \text{風力エネルギー密度(W/m}^2\text{)} \times \text{風車受風面積(m}^2\text{)} \times \text{風車設置基数} \times 8760(\text{h/年}) \times 10^{-9}$$

計算で用いた条件は以下に示すとおりである。

項目	定義	値	出典
風力エネルギー密度(W/m ²)	1/2×空気密度(kg/m ³) ×[年間平均風速(m/s)] ³ ×レーレ分布係数	・空気密度：1.207kg/m ³ ・年間平均風速：NEDO「局所風況マップ(500mメッシュ)」の値 ・レーレ分布係数：1.9	「風力発電導入ガイドブック」(2008.2,NEDO)
風車受風面積(m ²)	風車の受風面積	・ハブ高30m(直径30m)：707m ² ・ハブ高50m(直径60m)：2,727m ² ・ハブ高70m(直径80m)：5,027m ²	
風車設置基数(基)	ウェーク領域を考慮した各メッシュの設置基数		「風力発電導入ガイドブック」(2008.2,NEDO)
8760×10 ⁻⁹	1W=10 ⁻⁹ GWh		

【レーレ分布】

風速の出現率分布はワイブル分布で近似できる。ワイブル分布における形状係数k=2の場合をレーレ分布という。平均風速から風速出現分布を推定する場合によく用いられる近似分布。



レーレ分布：確率密度 $f(V)$

$$f(V) = \frac{1}{2} \frac{V}{V^2} \exp\left\{-\frac{\pi}{4} \left(\frac{V}{\bar{V}}\right)^2\right\}$$

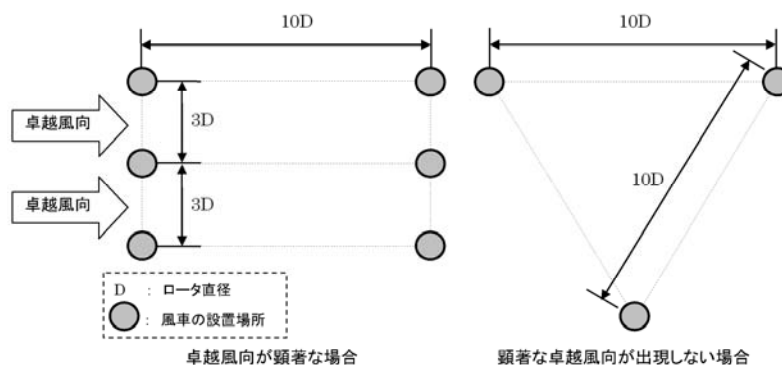
【レーレ分布の3乗根係数】

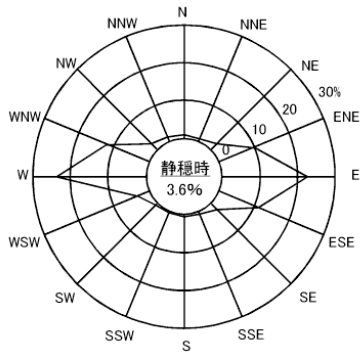
レーレ分布のもとで平均風速から風力エネルギー密度を算出するための係数。

【ウェーク領域】

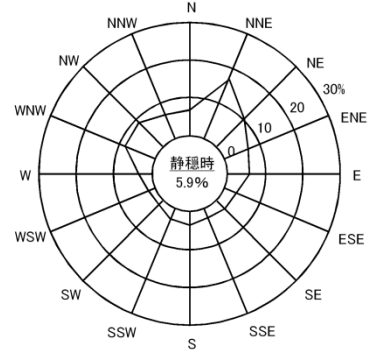
風車の風下に形成される風況の乱れた領域をいう。この領域に風車を設置した場合、エネルギー取得量は大きく減少する。複数台の風車設置を対象とするときには、これらのウェーク領域に設置地点が入らないようにすべきである。

出典：「風力発電導入ガイドブック」(2008年改訂版第9版、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)

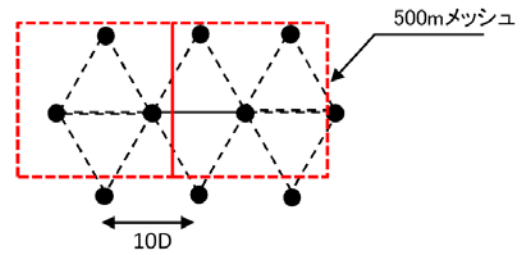
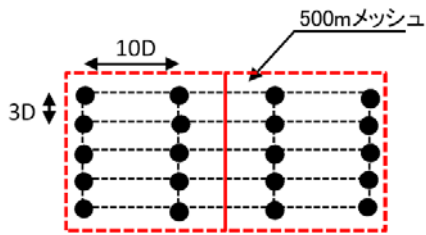




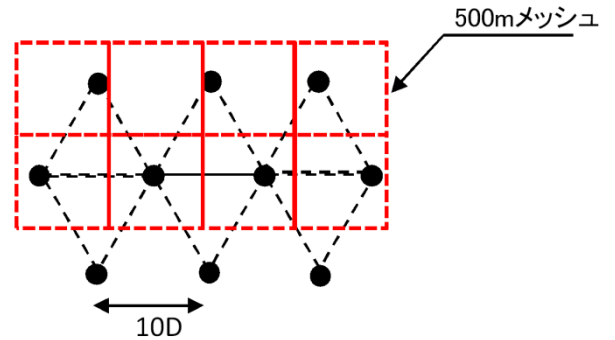
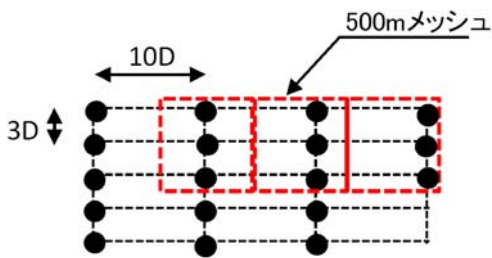
【甌島区域風配図】



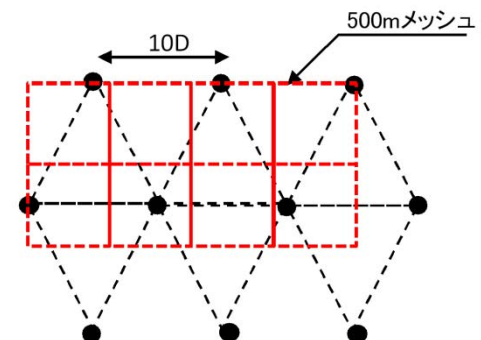
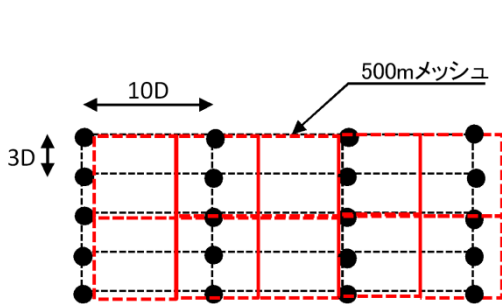
【本土区域風配図】



【地上30m高さ】



【地上50m高さ】



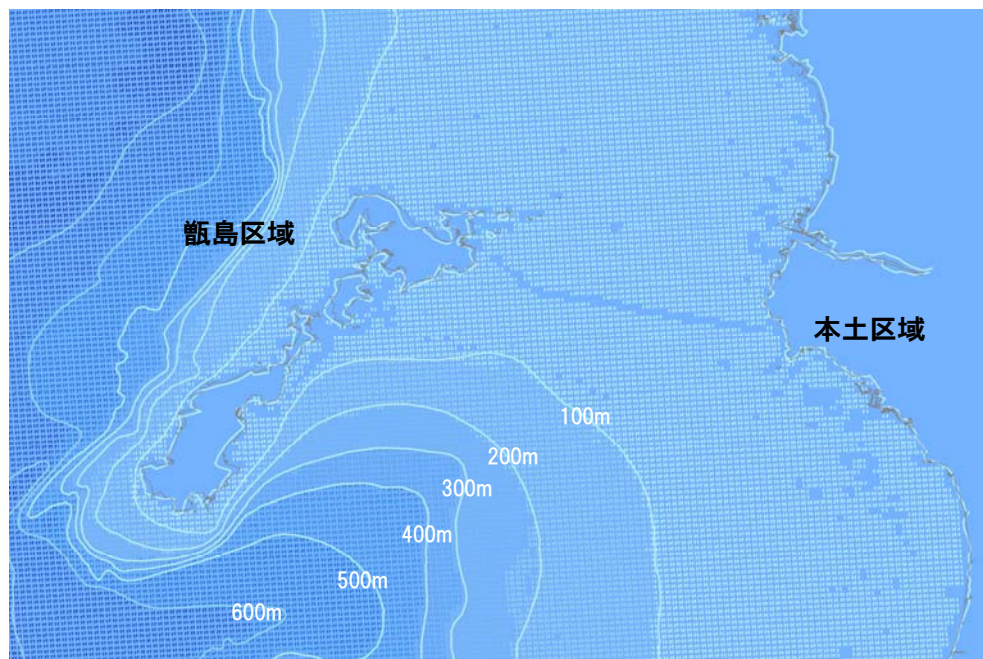
【地上70m高さ】

図 5-3-3 ウエーク領域を考慮した風車設置数法

洋上風力発電の検討範囲は市境、甌島の位置関係及び水深を考慮し、以下に示す範囲とした。



図 5-3-4 洋上風力発電計算範囲



出典：日本海洋データセンター「500m メッシュ水深」

図 5-3-5 水深図

風力発電賦存量は、表5-3-2及び図5-3-6(1)～(4)

に示すとおりである。

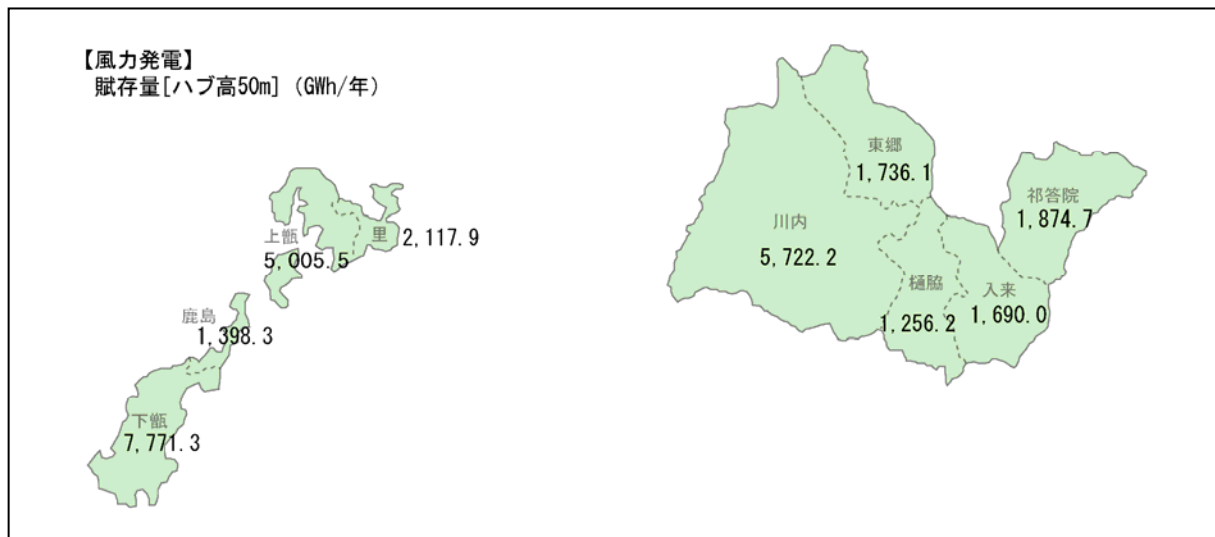
地上高70mの賦存量を例にとると、薩摩川内市の本土区域で17,132.8GWh/年、甌島区域で11,257.6GWh/年、洋上で113,402.0GWh/年であり、洋上部が約10倍の賦存量を有している。

本土区域と甌島区域の風力発電賦存量は甌島区域が高く、エネルギー密度は本土区域の2.8～7.2倍と風力発電には有利な場所である。そのため、上甌町には九州電力㈱の定格出力250kWの実証試験用の風力発電所が設置されている。

表5-3-2 風力発電賦存量

設置場所	ハブ高	出力	設置基数(基)	区域・地区									賦存量		エネルギー密度(GWh/km ²)	
				本土					甌島				発電量(GWh/年)	熱量換算(GJ/年)	本土	甌島
				川内	樋脇	入来	東郷	祁答院	里	上甌	下甌	鹿島				
陸上	30m	250kW級	本土:3	3,004.1	636.5	865.7	927.0	964.7	1,430.0	3,357.9	4,971.8	955.6	17,113.3	61,607,880	11.1	80.1
			甌島:10	6,398.0					10,715.3							
	50m	1,000kW級	本土:1	5,722.2	1,256.2	1,690.0	1,736.1	1,874.7	2,117.9	5,005.5	7,771.3	1,398.3	28,572.2	102,859,920	21.4	121.8
			甌島:3	12,279.2					16,293.0							
	70m	2,000kW級	本土:0.5	7,926.9	1,765.3	2,361.2	2,435.5	2,643.9	1,438.6	3,402.0	5,485.6	931.4	28,390.4	102,205,440	29.8	84.2
			甌島:1	17,132.8					11,257.6							
洋上	70m	2,000kW級	洋上:1	113,402.0									113,402.0	408,247,200	82.2	

注) 1.設置基数(基)は1メッシュ(500m×500m)当たりの基数を示す。
2.本土区域は卓越風なし、甌島区域は卓越風ありで基数を求めた。



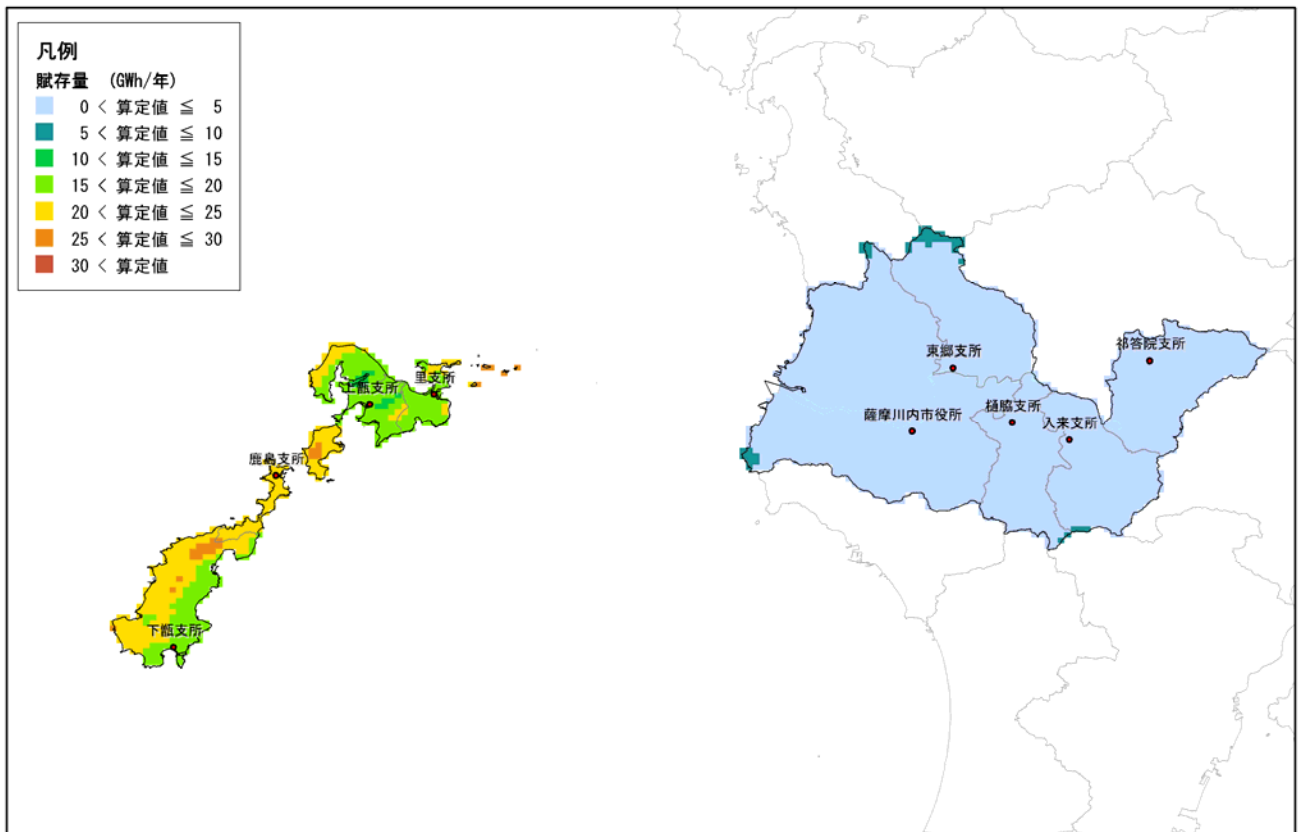


図5-3-6(1) 風力発電賦存量 (H=30m : 陸上域)

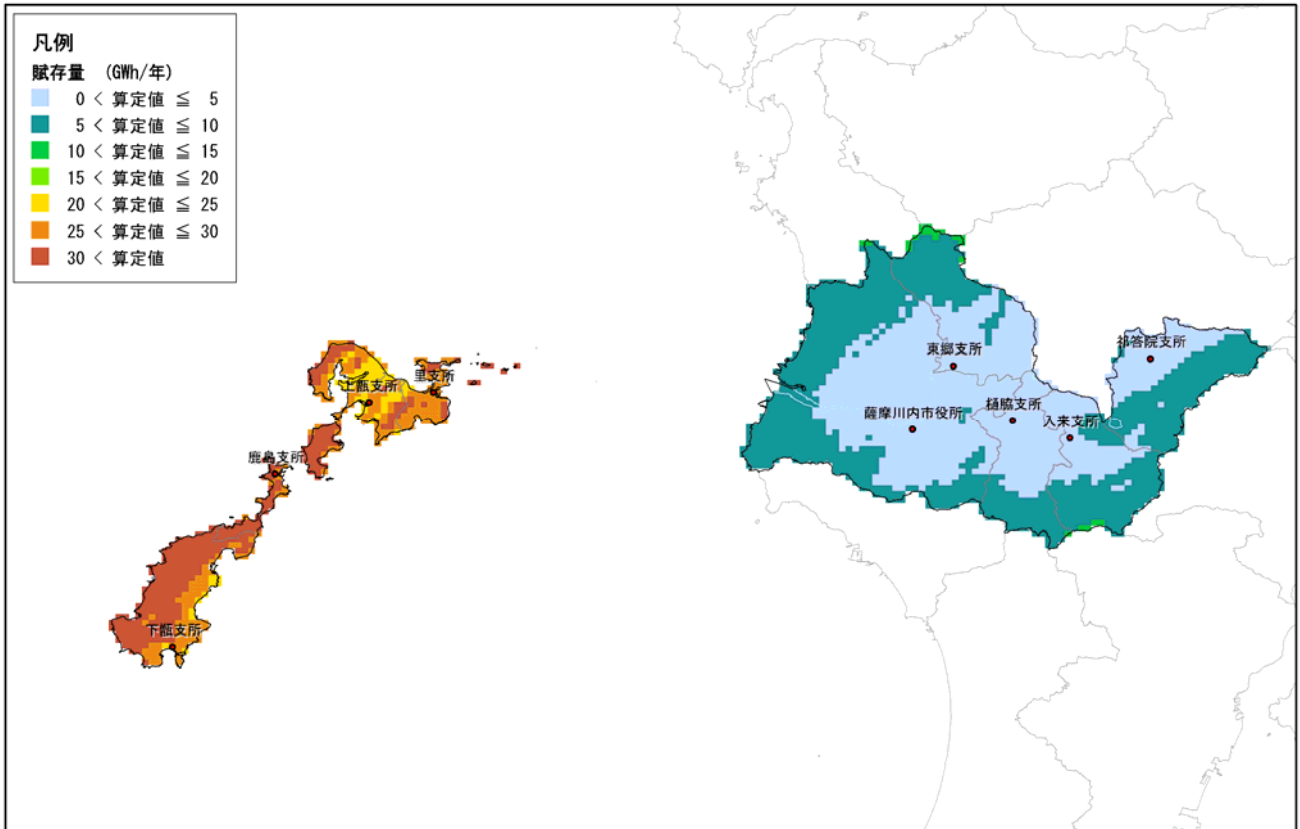


図5-3-6(2) 風力発電賦存量 (H=50m : 陸上域)

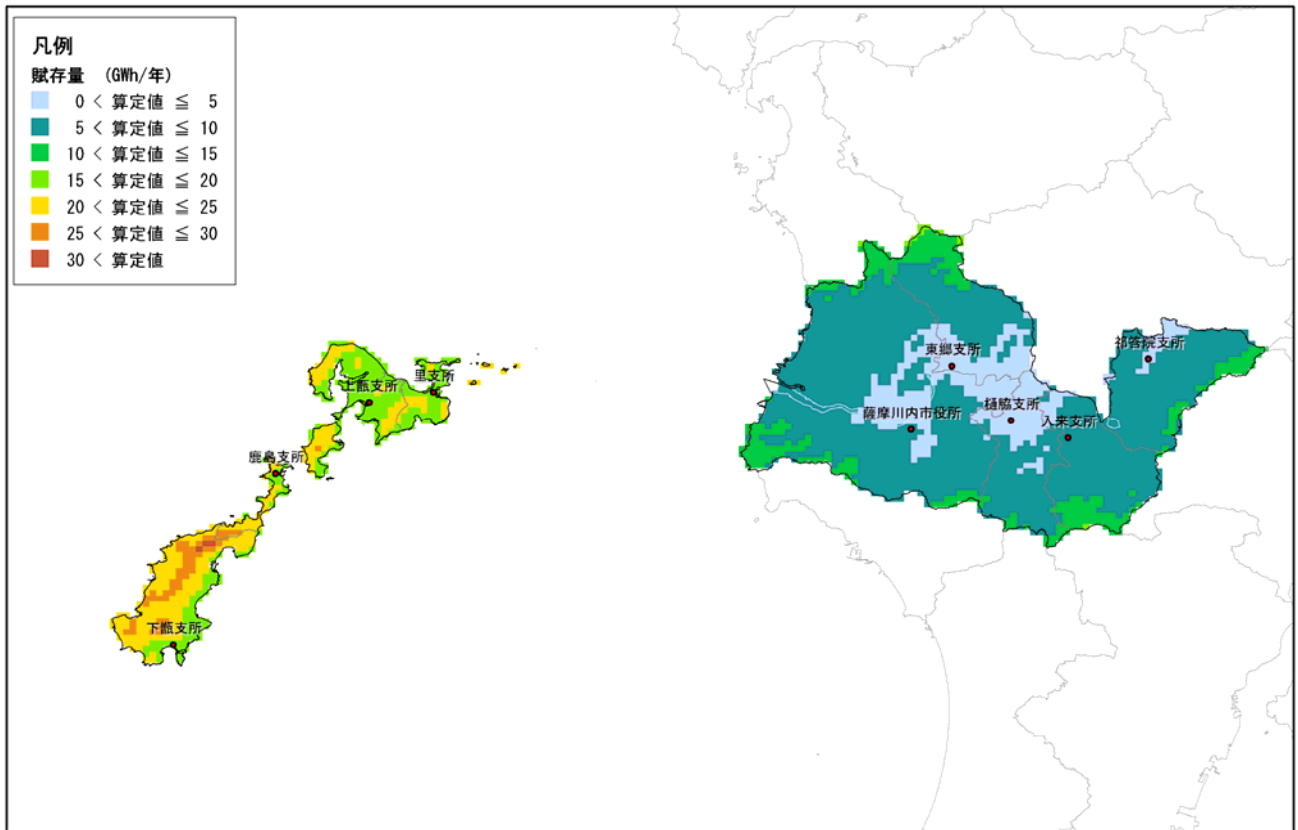


図5-3-6(3) 風力発電賦存量 (H=70m : 陸上域)

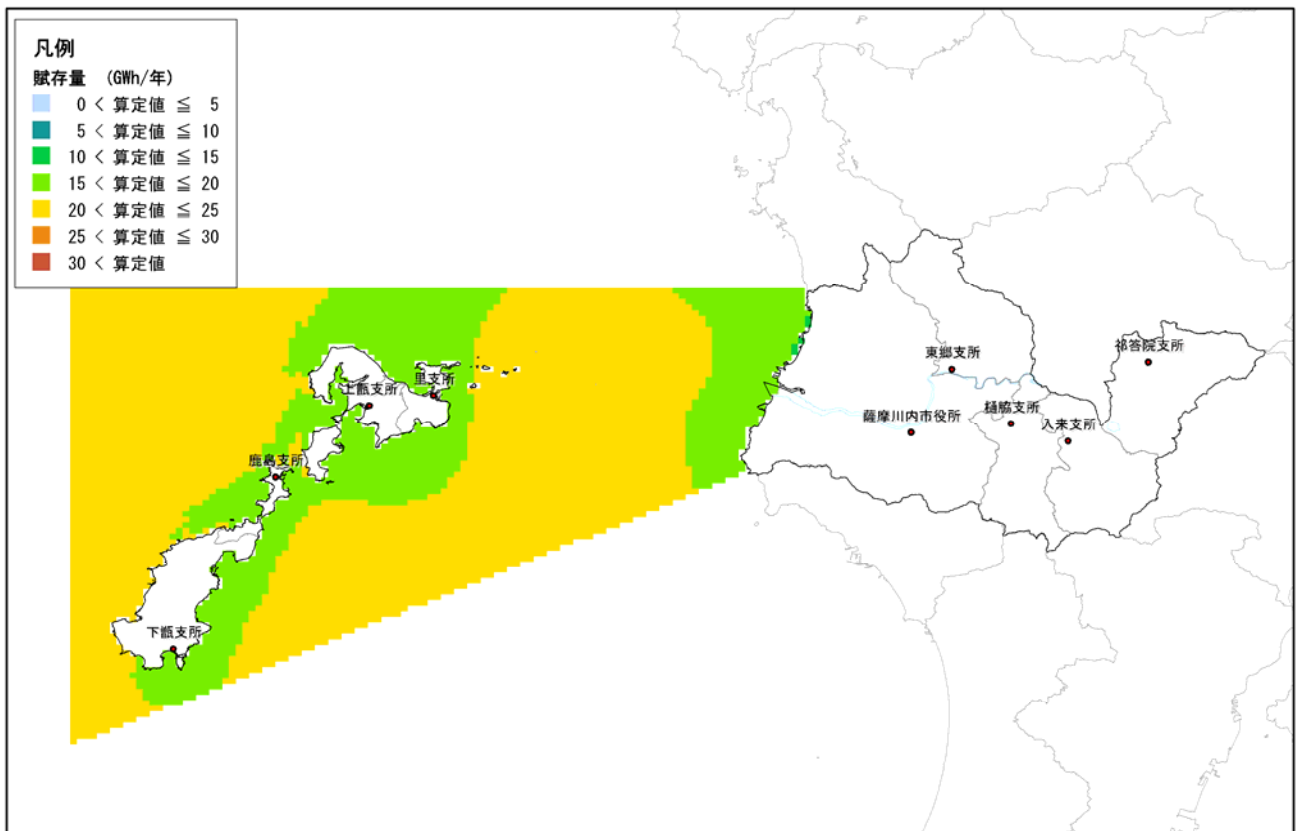


図5-3-6(4) 風力発電賦存量 (H=70m : 洋上域)

5-3-3 風力発電潜在可能量

風力発電潜在可能量は、設置可能範囲の賦存量に総合効率（風車の機械効率）を乗じて算定する。

$$\text{潜在可能量(GWh/年)} = \text{設置可能範囲の賦存量(GWh/年)} \times \text{総合効率}$$

計算で用いた条件は以下に示すとおりである。

項目	定義	値	出典
総合効率	=風車の理論効率×風車効率×発電機効率	風車の理論効率：0.593	「地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定ガイドブック～地域における新エネルギー・省エネルギー導入の促進に向けて～」（平成15年7月、経済産業省資源エネルギー庁・NEDO）
		風車効率：0.7程度	
		発電機効率：0.8程度	

(1) 設置可能範囲

設置可能範囲は、表5-3-3に示す施設設置時の手続きや対策等の制約が大きいと予想される自然条件、法規制、土地利用及び地域特性を勘案し設定した。

表5-3-3 設置可能範囲（開発不可条件以外の範囲）

●風力発電（陸上風力）

区分	開発不可条件	関連法規	参考文献
自然条件	風速5.5m/s未満	—	環境省「平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」
	標高1000m以上	—	
	最大傾斜角20度以上	—	
法規制	国立・国定公園，都道府県立自然公園 ^{※1}	自然公園法	—
	原生自然環境保全地域，自然環境保全地域	自然環境保全法	—
	鳥獣保護区 ^{※2}	鳥獣保護法	—
	世界自然遺産地域	世界自然遺産	—
	保安林	森林法	—
	鹿児島県風力発電施設の建設等に関する景観形成ガイドライン	鹿児島県景観条例	—
土地利用等	市街化区域	都市計画法	環境省「平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」
	田，建物用地，幹線交通用地，その他用地，河川・湖沼，海水域，ゴルフ場	—	

※1、※2：環境省「平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」において、開発不可条件として設定しているのは「特別保護地区」、「第一種特別地域」のみであるが、それ以外の指定地域（第二種及び第三種特別地域、普通地域）についても、開発時の手続きや対策等の制約が大きいと予想されるため、本業務においては開発不可条件の対象とする。

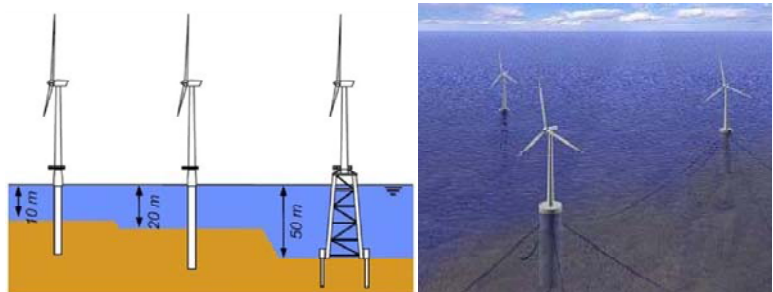
●風力発電（洋上風力）

区分	開発不可条件	関連法規	参考文献
自然条件	風速6.5m/s未満	—	環境省「平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」
	陸地から30km以上	—	
	水深200m以上	—	
法規制	国立・国定公園（海域公園）	自然公園法	—
地域特性	水深50m以上（設置方式、航路）		
	海水浴場からの甌島列島の景観確保		
	上甌島長目の浜の景観保全		

地域特性を踏まえた開発不可条件（洋上風力発電）

●水深 50m 以上の海域

洋上風力発電については、水深により設置方法が異なる（下図参照）。設置方式には、モノポール式、ジャケット式及び浮遊式がある。浮遊式は係留索の長さが水深の5～6倍程度必要となり[出典：横田利雄著、新訂船舶運用学(操船編)、海文堂]、海域占有面積が非常に大きくなり、船舶の航行、漁業補償・漁場等に大きく影響を与えるため、水深50m以深の海域は利用可能域から除外する。

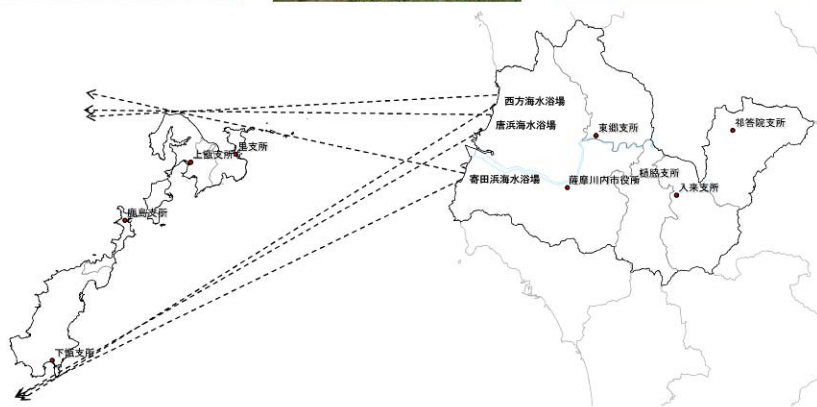


モノポール式 (D<20m) ジャケット式 (20m<D<50m) 浮遊式 (D>50m)

出典：「洋上風力と海流・潮流発電の今と将来」経塚雄策、九州大学大学院総合理工学研究院

洋上風力発電施設の設置方法

●海水浴場からの甌島列島の景観確保



●上甌島長目の浜の景観保全



長目の浜展望所からの景観

鹿児島県風力発電施設の建設等に関する景観形成ガイドライン(抜粋)

施行：平成22年4月1日

1. 適用の範囲

このガイドラインは、県内における風力発電施設の建設等に適用する。ただし、出力規模の合計（増設する場合は、増設後の一団の合計）が1,000kWに満たない風力発電施設の建設等については適用しない。

2. 事業者が遵守すべき基準

風力発電施設の建設等に当たって事業者が遵守すべき基準（以下「基準」という。）は、次のとおりとする。

- (1) 風力発電施設の建設地の選定に当たっては、地域の自然及び歴史・文化的環境と調和した景観が保全されるよう配慮するものとする。
- (2) 風力発電施設の建設等に当たっては、次の点について配慮するものとする。
 - ア 主要な眺望景観を阻害しないこと。
 - イ 地域固有の景観を阻害しないこと。
 - ウ その他、周囲の景観との調和を図ることとし、特に次の点に留意すること。
 - (イ) 位置については、山の稜線を乱さないようにすること。
 - (イ) 色彩については、白又は薄い灰色を基調とすること。ただし、他法令の規定により着色が義務付けられている場合は、この限りでない。
- (3) 風力発電施設の建設等の予定地が所在する市町村及び主要な眺望点又は地域固有の景観を望める視点場が位置する市町村（以下「関係市町村」という。）において、景観法（平成16年法律第110号）第8条第1項に規定する景観計画が策定されている場合には、当該景観計画との整合を図るものとする。

【注釈】

●「山の稜線を乱さない」とは

風力発電施設の設置地点から一定の距離の範囲内にある稜線視点場、集落又は主要な道路（以下「稜線視点場等」という。）から風力発電施設を見た場合、山の稜線が分断されない又は分断が景観上問題ない程度に目立たないこと。

●「稜線視点場」とは

不特定多数の者が眺望を楽しめる場所として利用する場所のうち、風力発電施設を望むことができる場所（広場・休憩所・展望台など）。

●「集落から風力発電施設を見た場合」とは

集落に所在する学校、市役所・町村役場の支所、公園（小規模の広場を除く。）、市民グラウンド等、集落内外の不特定多数の人が利用する施設から見た場合を指す。

●「主要な道路から風力発電施設を見た場合」とは

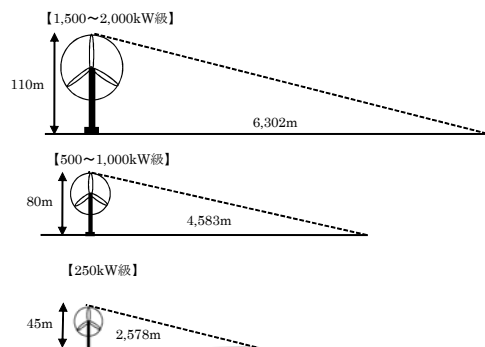
道の駅、駐車場、駐車帯等、道路沿いにある不特定多数の人がビューポイントとしても利用する駐車スペースから見た場合を指す。

●「分断が景観上問題ない程度に目立たないこと」とは

- (1) 設置する施設が稜線視点場等から見える場合、その見える部分の高さ（ブレードを含めた高さ）に対し垂直視角（見込角）が1度未満である場合は、景観上問題ない程度に目立たないとみなす。
- (2) ただし、稜線視点場等から既存の施設が見える場所に施設を設置する場合、既存の施設と比較し、景観上の影響がより小さくなるよう配慮されているときは、垂直視角（見込角）が1度以上となる場合でも、景観上問題ない程度に目立たないとみなす。

※風車規模に対し垂直視覚（見込角）が1度となる視距離の例

高さ	60m	75m	90m	105m	125m	180m
距離	3,400m	4,300m	5,200m	6,000m	7,200m	10,300m



(2) 潜在可能性

潜在可能性は、表5-3-4及び図5-3-7(1)～(3)に示すとおりである。

風力発電装置の設置可能場所はほとんどの場所が山の稜線に近い場所にある。

出力1,000kW以上の風力発電を行う場合は、「鹿児島県風力発電施設の建設等に関する景観形成ガイドライン」の適用を受け、同基準を達成することは非常に難しい。

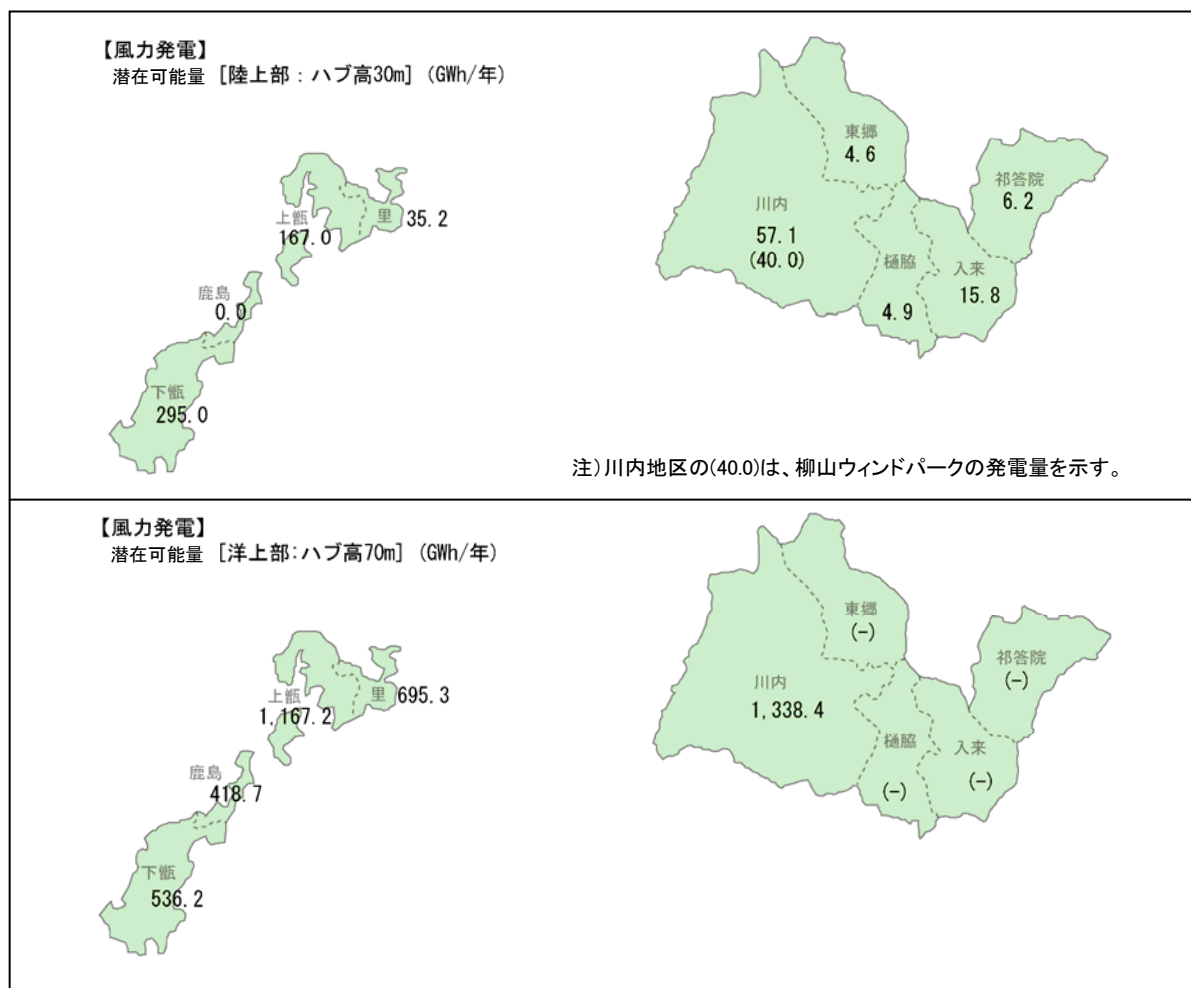
そこで、基準が適用されない出力1,000kW未満に相当する地上30m高について、潜在可能性を算出した。なお、現在建設中の柳山ウィンドパークについては、地上70m高の潜在可能性に示した。

風力発電潜在可能性は、陸上部が625.8GWh/年、洋上部が4,155.8GWh/年である。

表5-3-4 風力発電潜在可能性

設置場所	ハブ高	出力	区域・地区								潜在可能性		設置可能基数(基)		
			本土				甑島				発電量(GWh/年)	熱量換算(GJ/年)	設置可能基数(基)		
			川内	樋脇	入来	東郷	祁答院	里	上甑	下甑			鹿島	本土	甑島
陸上	30m	250kW級	57.1	4.9	15.8	4.6	6.2	35.2	167.0	295.0	0.0	585.8	2,108,880	198	760
	70m	2,000kW級	40.0									40.0	144,000	12	-
洋上	70m	2,000kW級	1,338.4	-	-	-	-	695.3	1,167.2	536.2	418.7	4,155.8	14,960,880	540	

注)陸上部のハブ高70mの値は、既認可案件の風力発電施設を示す。



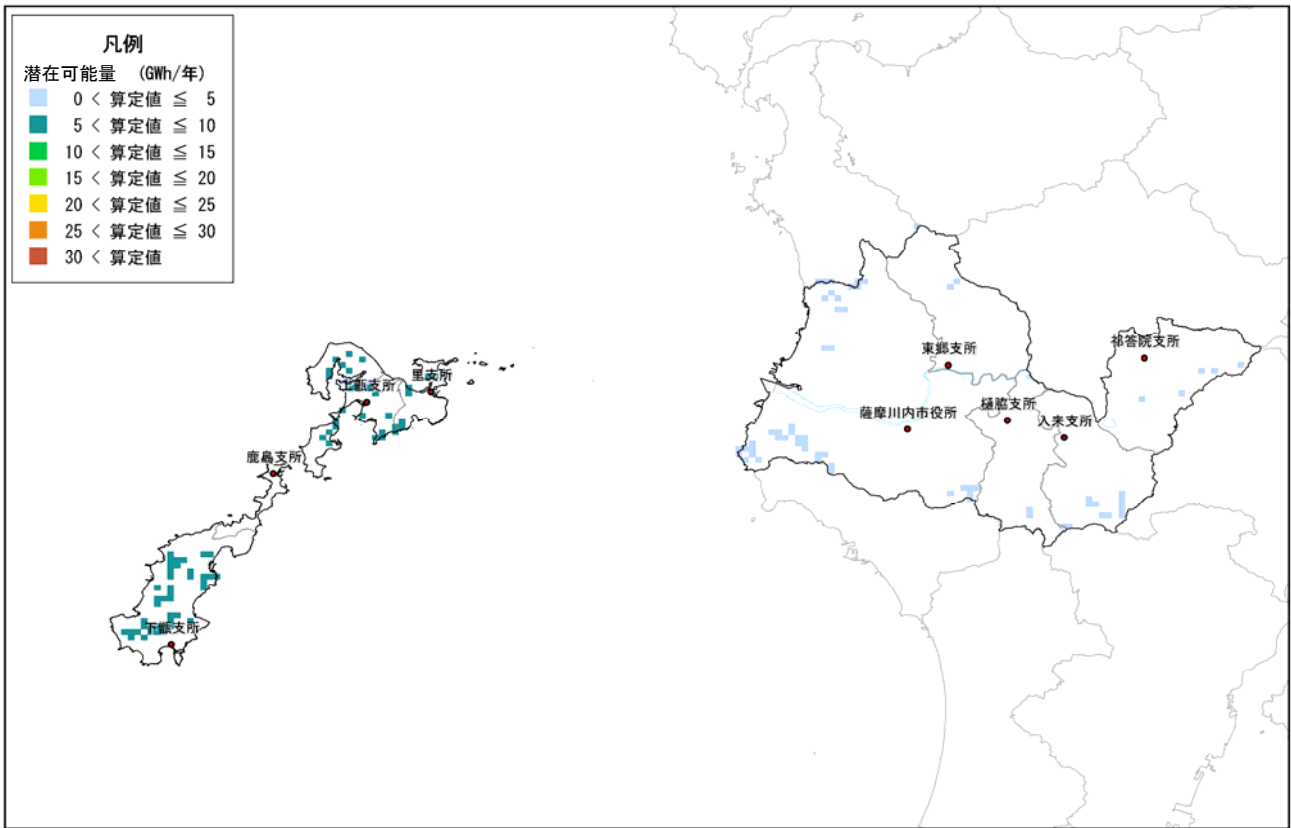


図5-3-7(1) 風力発電潜在可能量 (H=30m : 陸上域)

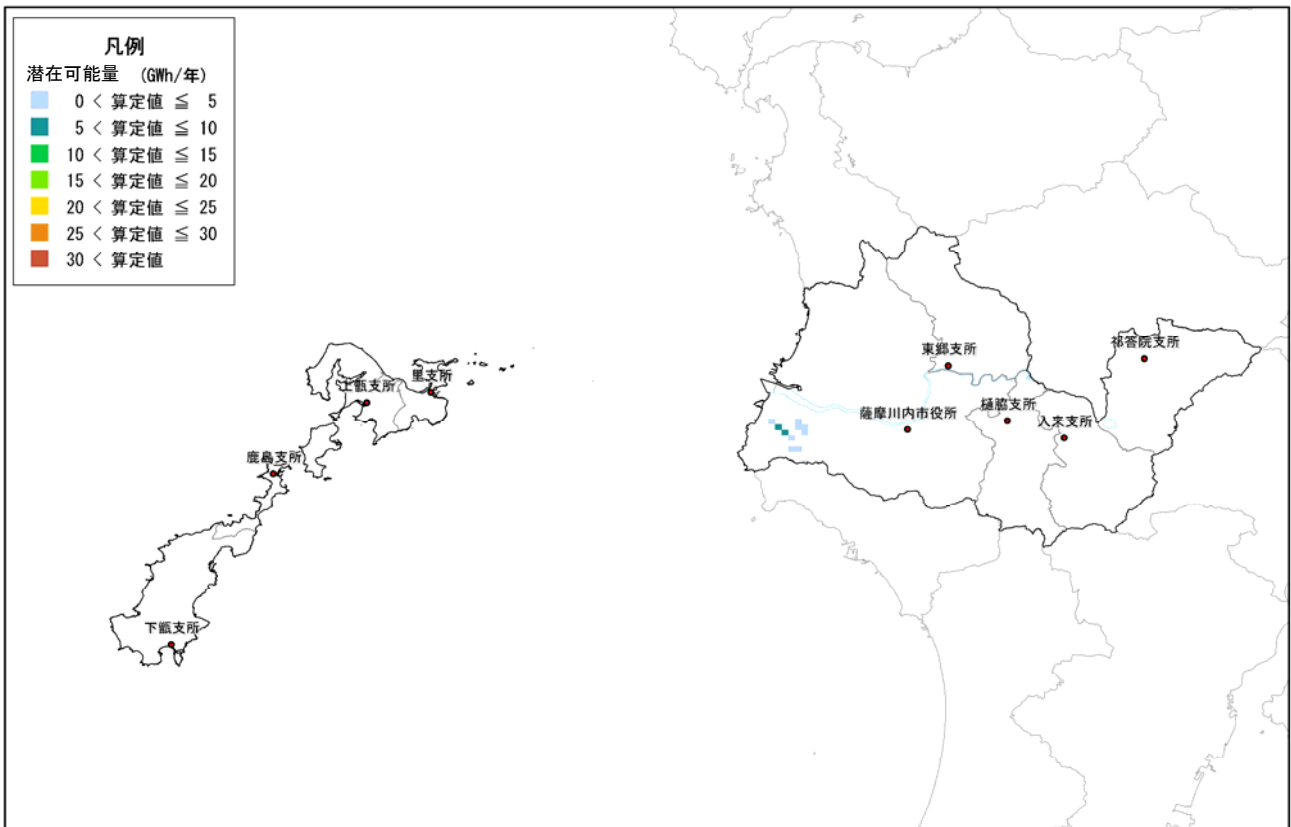


図5-3-7(2) 風力発電潜在可能量 (H=70m : 陸上域)

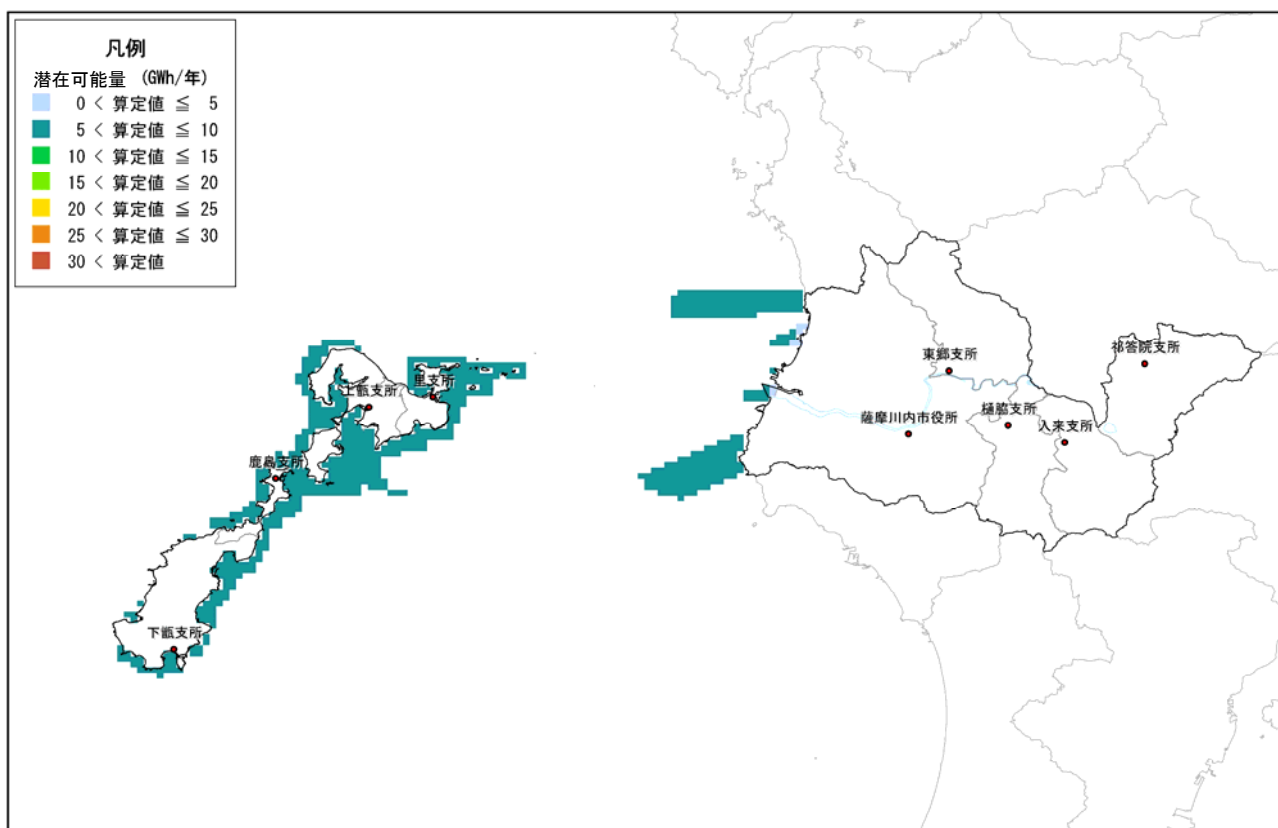


図5-3-7(3) 風力発電潜在可能量 (H=70m : 洋上域)

(3) 設置可能場所

陸上部における風力発電装置設置可能場所は図5-3-8(1)～(2)に示すとおりである。ほとんどの場所が山の稜線に近い場所にある。出力1,000kW以上の風力発電を行う場合は、「鹿児島県風力発電施設の建設等に関する景観形成ガイドライン」の適用を受け、同基準を達成することは非常に難しい。

同ガイドラインでは、出力1,000kW以上の風力発電を行う場合は、「稜線を乱さないこと、ブレードを含めた高さに対し垂直視角（見込角）が1度未満であること」と規定している。出力1,000kW級では1度未満となるためには約4,600m離れる必要がある。図5-3-9をみると、不特定多数の人が集まる視点場の分布状況を見ると、風力発電装置設置適地のほとんどの場所において垂直視角（見込角）が1度を超えている。発電出力が1,000kW以上となる計画の場合、同基準を達成できないことが判る。そこで、陸上部については同基準の適用を受けない出力250kW級の設置可能数を求めた。

なお、2,000kW級の12基については、既に認可された案件であるため算定に入れてある。

表5-3-5 風力発電装置設置可能基数

区域	卓越風向	ハブ高	出力	設置可能基数 (基)
本土	無	30m	250kW 級	198
		70m	2,000kW 級	12
甌島	有	30m	250kW 級	760
陸上計	—	30m	250kW 級	970
洋上	有	70m	2,000kW 級	540

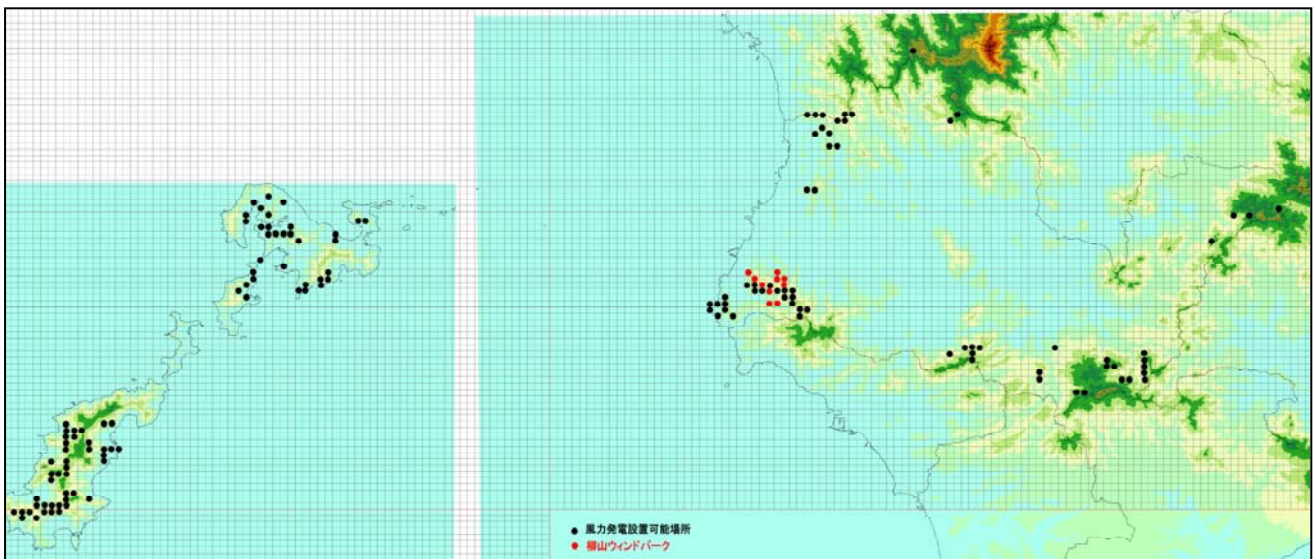


図 5-3-8(1) 風力発電装置設置可能場所（陸上部）

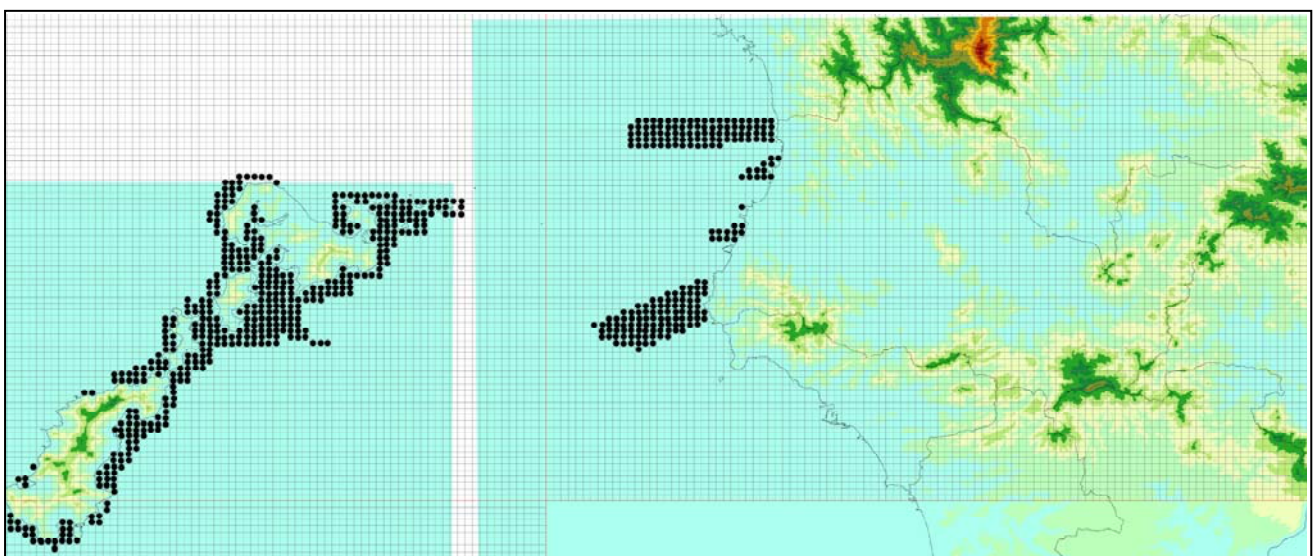


図 5-3-8(2) 風力発電装置設置可能場所（洋上部）

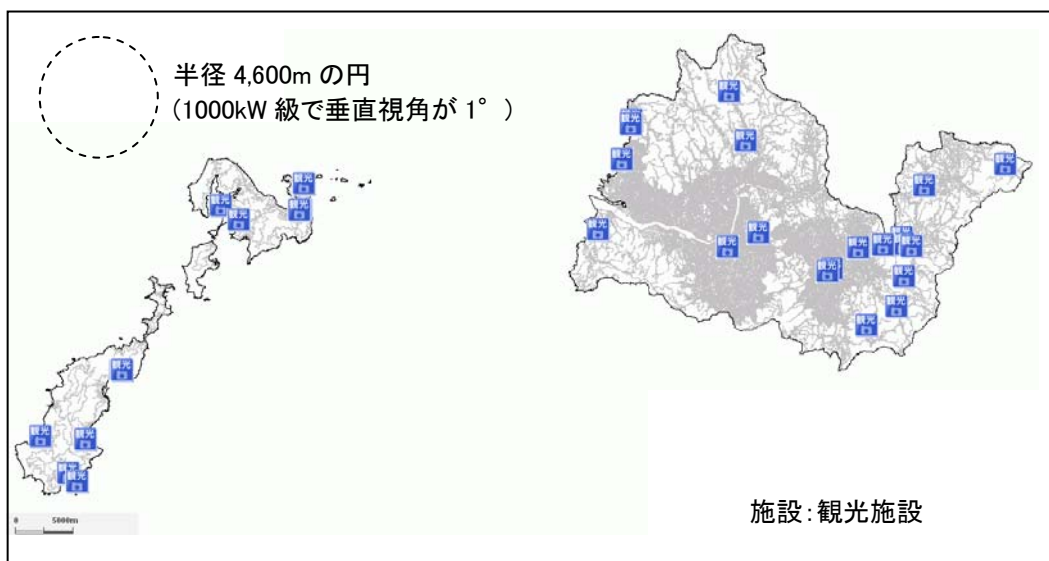
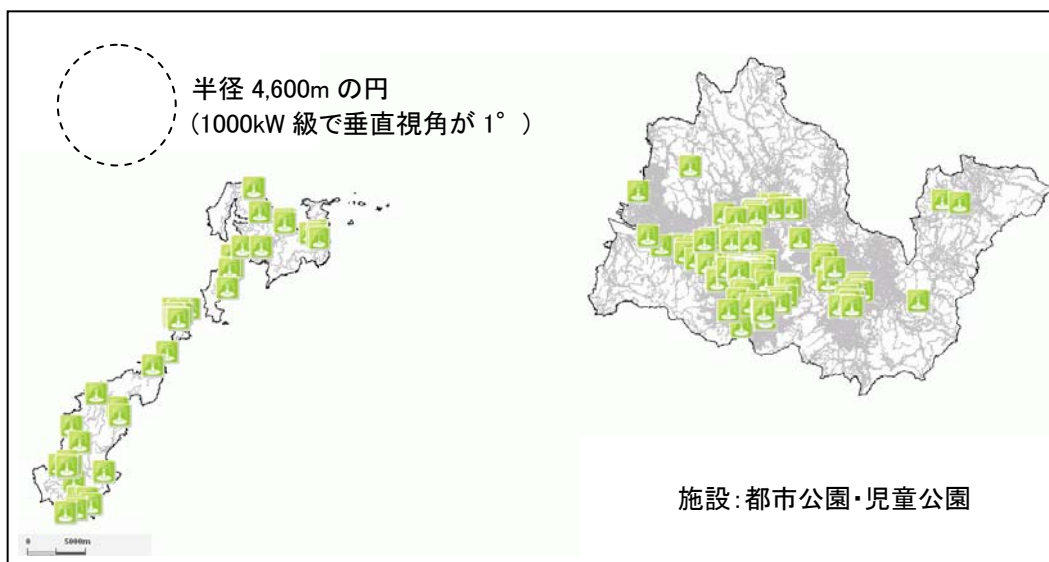
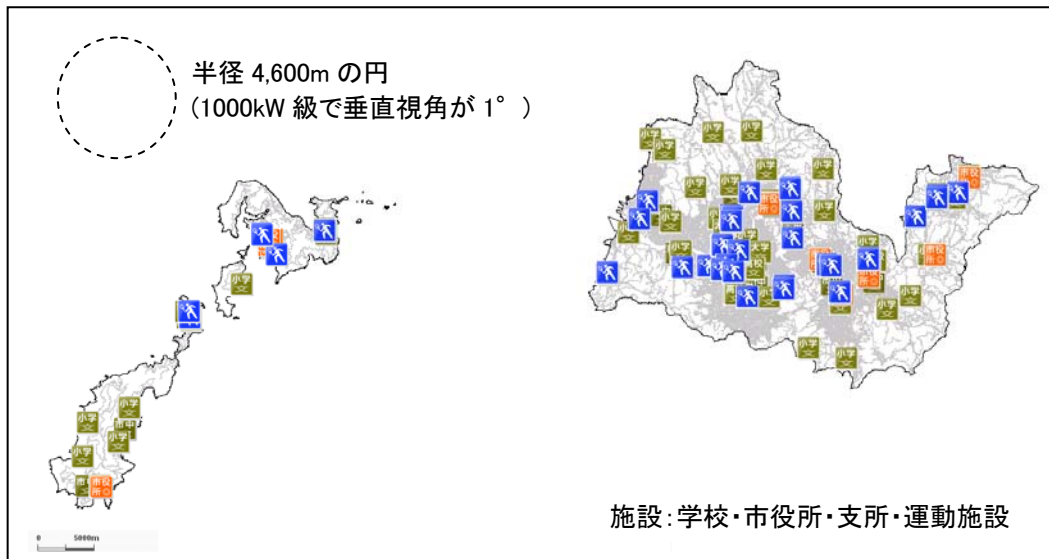


図5-3-9 不特定多数の人が利用する施設位置

(4) 小型風力発電

鹿児島県においては、2011（平成23）年3月末現在で129基の風力発電施設が稼働しており（NEDO資料）、設置基数は全国で第3位、九州全体の45%が集中している。鹿児島県は平成20年4月に鹿児島県景観条例を施行し、併せて、出力の大きい風力発電に対して、景観上の影響を未然に防止するために、「鹿児島県風力発電施設の建設等に関する景観形成ガイドライン（平成22年3月）」を制定している。

一方、「鹿児島県新エネルギー導入ビジョン（平成23年3月）」では、今後、建設適合場所が限られてくることを踏まえ、県内においても製造する企業がある「ハイブリッド街路灯」等の小型の風力発電施設の導入促進を推奨している。



図5-3-10 小型風力発電（ハイブリッド型）

薩摩川内市における小型風力発電の適地を把握するため、小型風力発電に風車高さに対応した地上5mの風速分布を求めた（図5-3-11参照）。本土区域の年平均風速は2.9～4.6m/s（平均3.5m/s）、甕島区域の年平均風速は4.1～5.1m/s（平均4.6m/s）であり、小型風力発電には適した風速が確保できる。

風のエネルギーは風速の3乗に比例する。甕島区域の風力発電のエネルギー効率は、本土区域に比べ約2.3倍程度高くなっており、有利な条件下にある。

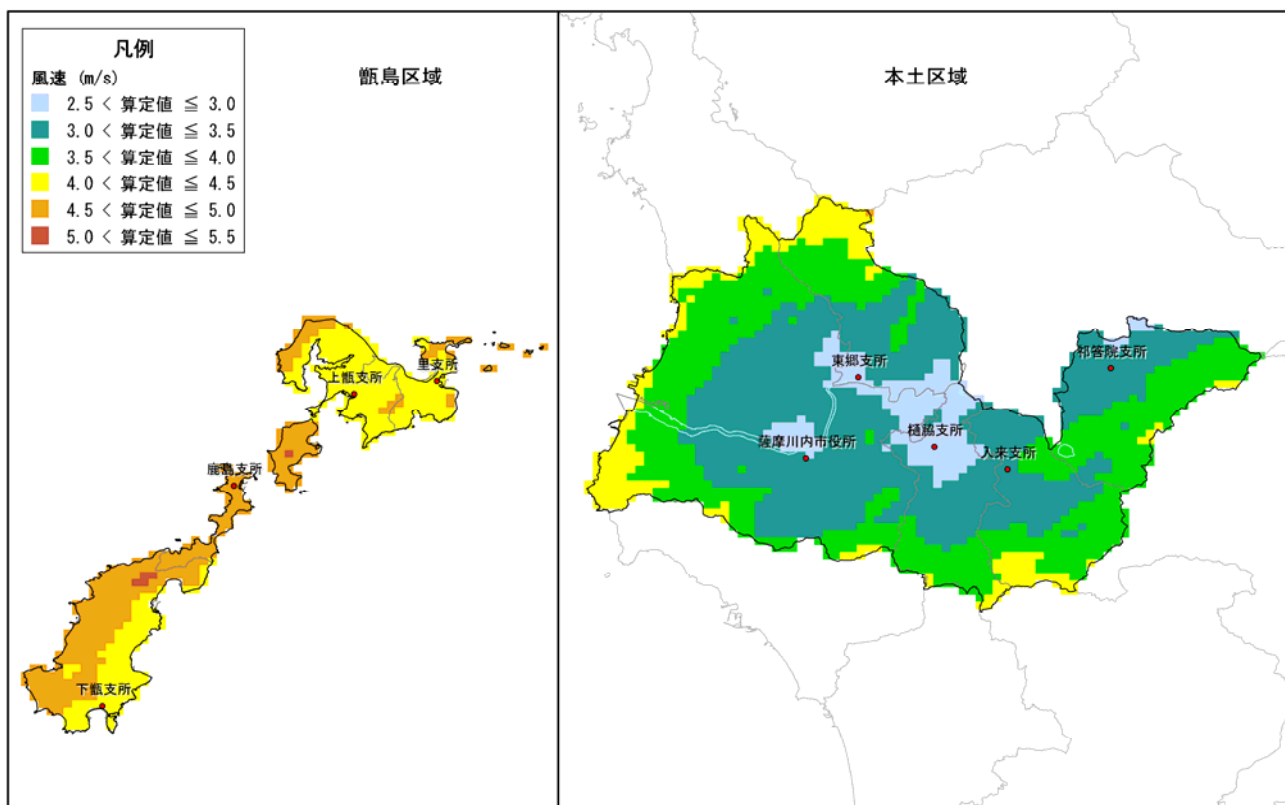


図5-3-11 地上高5m地点の平均風速（陸上域）