

## 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査

環境省は、2009年度事業として、株式会社エックス都市研究所、伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、パシフィックコンサルタンツ株式会社及びアジア航測株式会社に委託し、「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」(以下「ポテンシャル調査」という。)を実施した。ここではそのポイントを紹介する。

なお、ポテンシャル調査では、理論的に推計することができるエネルギー資源量であって、種々の制約要因(土地用途、利用技術など)を考慮しないものを「賦存量」と定義し、エネルギーの採取・利用に関して種々の制約要因を考慮したものであって、制約要因についてシナリオ(仮定)を設定した上で推計した利用可能なエネルギー資源量を「導入ポテンシャル」と定義した。いわゆる目標値は導入ポテンシャルの範囲内で設定されることとなるが、導入ポテンシャルは、経済性等の制約要因が変わりうることから適宜見直しが必要となる。

### 1. 太陽光発電

太陽光発電の賦存量は、建築物や低・未利用地などに物理的に設置可能な潜在量を合計したものであり、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構が2009年6月にとりまとめた「太陽光発電ロードマップ(PV2030+)」(以下「PV2030+」という。)においては、合計79.8億kW(うち72.9億kWは未利用地)と推計している(PV2030+では「物理的導入可能規模」と称している)。<sup>1)</sup> 太陽光発電の場合、地域的な偏在要因が小さいことから、施設ごとに原単位(例えば4kW/戸)を設定し、施設数・面積との積の総和をもって賦存量とすることが多く、PV2030+もそのように推計している。

しかし、非住宅系建築物では、屋根や屋上の形状が複雑で日照条件も大きく異なり、また、空調室外機等の機器が設置されていることが少なくない。このため、ポテンシャル調査では、非住宅系建築物について、サンプル図面に基づき原単位の検証作業を行った。この検証作業では、

- 設置面積として150m<sup>2</sup>/箇所以上、20m<sup>2</sup>/箇所以上、10m<sup>2</sup>/箇所以上の面積が確保されない場合
- 各設備や構造物がある範囲
- 日射時間を短く発電が期待できない範囲
- 屋根がない場所

等には太陽電池を設置しないなどのシナリオを設定して、太陽電池の設置可能面積を推計し、単位面積当たりの出力を0.067kW/m<sup>2</sup>として導入ポテンシャルを推計した。その結果は表1に示すとおり、2,400～5,600万kWとなった。

表1 非住宅系建築物への太陽光発電設置ポテンシャル

区分	施設カテゴリー	導入ポテンシャル(万 kW)
公共	庁舎	30 ~ 150
	学校	740 ~ 1,100
	文化施設(公会堂等)	100 ~ 390
	医療・福祉施設	10 ~ 110
	道の駅	10 ~ 260
	上下水道施設	60 ~ 80
	小計	950 ~ 2,100
産業	工場	1,500 ~ 3,400
	発電所等	1 ~ 5
	小計	1,500 ~ 3,400
合計		2,400 ~ 5,600

今回得られた導入ポテンシャルは、住宅以外の建築物への太陽光発電導入ポテンシャルを 888 ~ 9,156 万 kW と推計した PV2030+の導入ポテンシャルの範囲に入っており、また、工場・事業場や学校の割合が高い傾向となる点でも一致した結果となり、こうした施設に太陽光発電の設置を進める施策の重要性が示唆された。

また、今回のポテンシャル調査の中では、各地で建設、計画が進展中のメガワットソーラーの適地である低・未利用地も調査した。その結果は表 2 に示すとおり、7,600 ~ 9,400 万 kW と推計された。非住宅系建築物と低・未利用地のポテンシャルを合計すると 1.0 億 kW ~ 1.5 億 kW と推計される。

表2 低・未利用地における太陽電池設置ポテンシャル

用地種別	導入ポテンシャル(万 kW)
耕作放棄地*	6,700
工業団地(分譲中)* <sup>2</sup>	160 ~ 370
最終処分場	310
その他* <sup>3</sup>	390 ~ 2,000
合計	7,600 ~ 9,400

\* 森林化・原野化している等、農地に復元して利用することが不可能な土地(農地に復元するための物理的な条件整備が著しく困難な場合等)のうち、農用地区域外の土地、及び農用地区域内の土地のうちの非農地と判断された土地への太陽光発電施設の設置を想定した。

\*<sup>2</sup> 分譲後、一定の面積に太陽光発電施設を設置することを想定した。

\*<sup>3</sup> 電力中央研究所「太陽光発電利用システム・周辺技術の研究開発 多種設置工法の研究開発」(1995)から作成した。

また、今回のポテンシャル調査では、都道府県、政令市、中核市、特例市及び特別区(計 170 自治体)に対して、公共施設への導入目標の設定状況等についてアンケート調査を実

施した。この結果、15自治体において公共施設への導入に関する数値目標が設定されており、3市において、2020年度以降の導入目標を策定していることが明らかとなった。ただし、これら導入目標は前述の公共施設の導入ポテンシャルの2割未満にとどまっており、更なる導入促進が必要と考えられる。

## 2. 風力発電

### 陸上風力発電

陸上風力発電の賦存量については、風況が良い地点に所定の密度で風車を設置することを想定して推計することが多い。今回のポテンシャル調査では、伊藤忠テクノソリューションズ株式会社による風況マップ WinPAS をもとに、地上 80m の位置で年間平均風速 5.5m/s 以上の地点に、1 万 kW/km<sup>2</sup> の割合で風車を設置することを想定して推計した。その結果、陸上風力発電の賦存量は 14 億 kW と推計された。なお、国立・国定公園内の陸上風力発電の賦存量は 1.7 億 kW であり、全体の 12%にとどまっている。

陸上風力発電の導入ポテンシャルは、上記賦存量マップに対して、

- 年間平均風速 7.5 m/s 以上、6.5m/s 以上、5.5 m/s 以上
  - 標高 1,000m 未満
  - 最大傾斜角 20 度未満
  - 幅員 3m 以上の道路からの距離が 10km 未満
  - 居住地からの距離 500m 以上
  - 保安林区域、国立・国定公園の特別保護地区及び第 1 種特別地域、原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、国指定鳥獣保護区、世界自然遺産地域では開発できない
  - 田、建物用地、幹線交用地、河川地及び湖沼、ゴルフ場等では開発できない
- などのシナリオを設定して、GIS 上で重ね合わせて設置可能な面積を推計し、導入ポテンシャルを推計した。その結果は表 3、図 1 に示すとおりであり、陸上風力の導入ポテンシャルは 0.7 億 kW ~ 3.0 億 kW と推計された。

このうち年間平均風速は、設備利用率や発電コストと相関関係が高く、例えば、年間平均風速 7.0m/s は設備利用率 27%に相当する<sup>2)</sup>。今回のポテンシャル調査の結果から、発電コストに応じた導入ポテンシャルを推定することも可能となる。

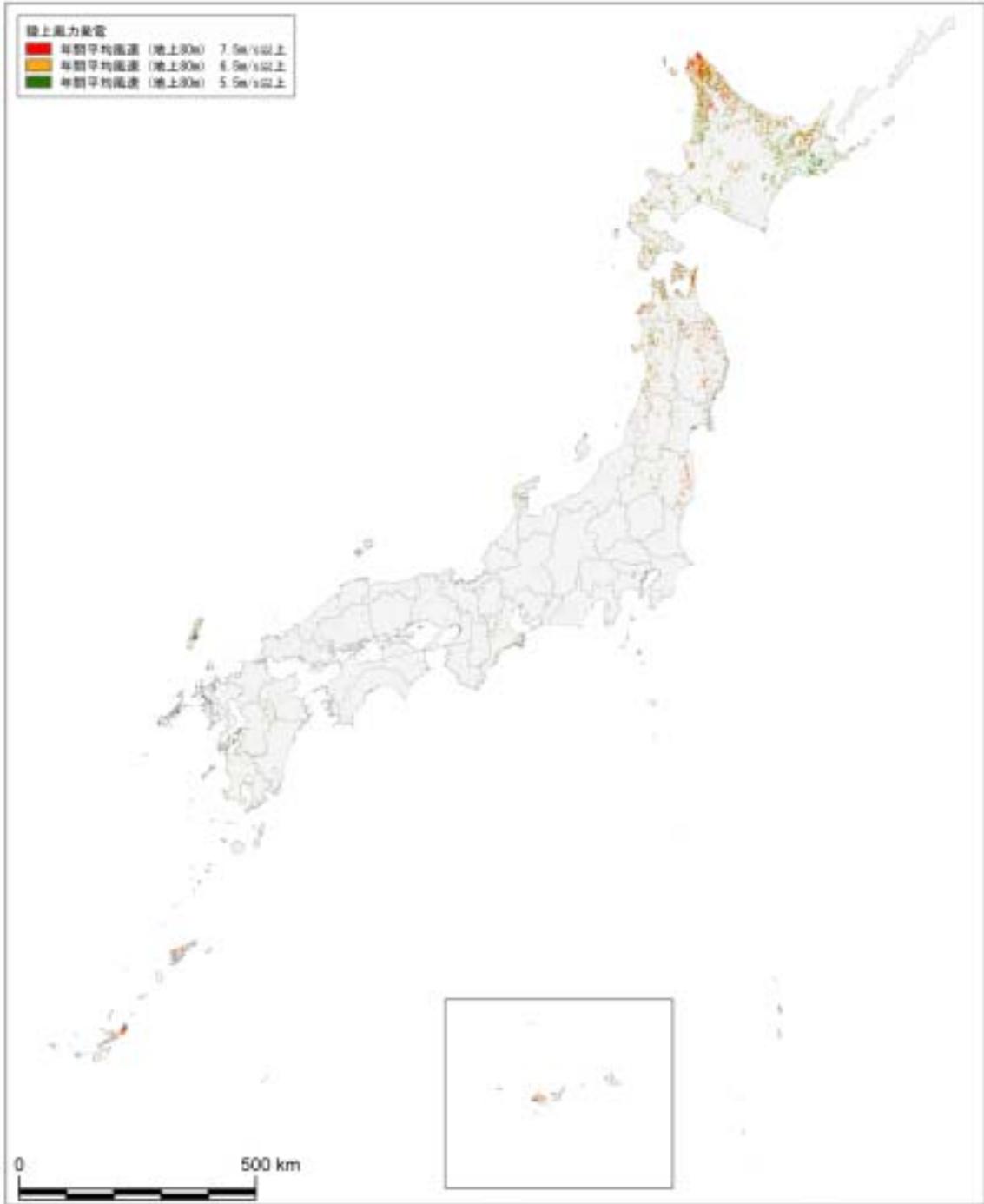


図1 陸上風力発電の導入ポテンシャル分布

## 洋上風力発電

洋上風力発電の賦存量についても WinPAS をもとに、海面上 80m の位置で風速 6.5m/s 以上の地点に 1 万 kW/km<sup>2</sup> の割合で風車を設定することを想定して推計した。その結果、洋上風力発電の賦存量は、77 億 kW となった。

洋上風力の導入ポテンシャルは、上記賦存量マップに対して、

- 年間平均風速 8.5m/s 以上、7.5 m/s 以上、6.5m/s 以上
- 陸地からの距離 30km 以内
- 水深 200m 未満(水深 50m 未満は着床式、水深 50m 以上 200m 未満は浮体式)
- 国立・国定公園の海中公園地区などでは開発できない

などのシナリオを設定して、GIS 上で重ね合わせて設置可能な面積を推計し、導入ポテンシャルを推計した。その結果は表 3、図 2～3 に示すとおりであり、洋上風力の導入ポテンシャルは着床式が 510 万 kW～3.1 億 kW、浮体式が 5,600 万 kW～13 億 kW と推計された。

なお、洋上風力発電については、その前提として実用化のための技術開発を並行して進めることが重要となる。特に浮体式については世界的にも研究開発段階であり、我が国においては台風などの気象条件に対応できる風車の開発が必要となる。

風力発電の導入ポテンシャルにおいて最も特徴的なことは、地域偏在性が極めて強いことであり、北海道、東北、沖縄各電力会社の各供給エリアでは、風力発電の単純ポテンシャルが各電力会社の発電設備容量を上回ると推計された。しかし、風力発電の発電電力量は気象による変動がある程度避けられないこと、さらに電力会社間の連系線容量に限度があることなどが制約要因となり、風力発電が分担できる容量は、地域別電力需要量の一部とならざるを得ない。また、全ての地域に 1 万 kW/km<sup>2</sup> の割合で風車を設置することも困難であり、現実的なポテンシャルは、表 3 のポテンシャルを下回ることとなる。一般社団法人日本風力発電協会は、電力会社間である程度の連系を行うこと、風車の設置は 1,500～1,650kW/km<sup>2</sup> 程度となることを仮定し、全国の電力需要量の 10% を風力発電で供給するというシナリオのもと長期導入目標を設定し、導入ロードマップを策定している<sup>2)</sup>。

なお、今回のロードマップ調査の結果、風力発電の導入ポテンシャルの分布が GIS 情報で得られたが、事業地の設定にあたっては更に GIS レベルで把握できない現地情報の把握が必要となることは言うまでもない。



図 2 洋上風力発電(着床式)の導入ポテンシャル分布

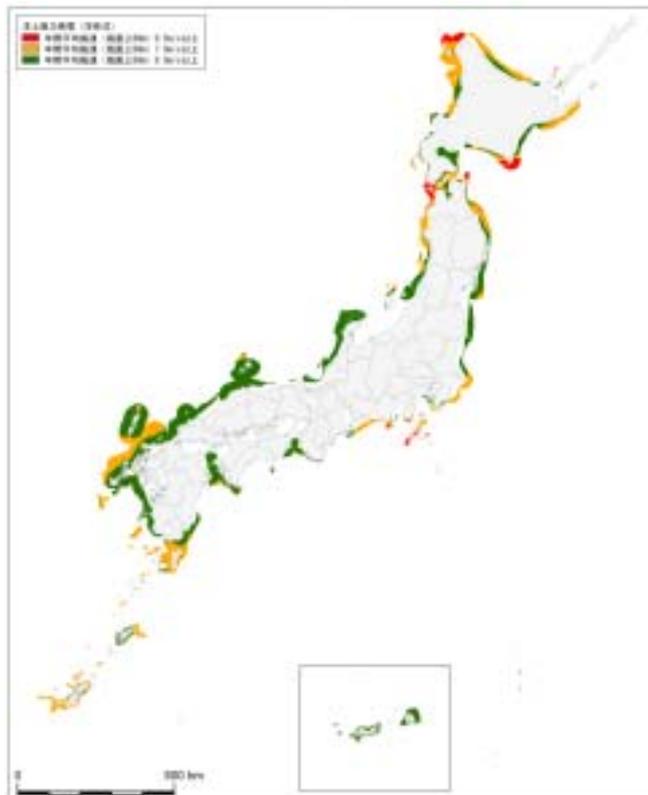


図 3 洋上風力発電(浮体式)の導入ポテンシャル分布

### 3. 中小水力発電

中小水力発電という用語は厳密には定義されていないが、ここでは、経済産業省による中小水力発電開発費補助事業の対象事業を踏まえ、出力 3 万 kW 以下の水力発電を中小水力発電と呼称することとする。

未開発の水力発電ポテンシャルに関する調査としては、資源エネルギー庁による未利用落差発電包蔵水力調査があるが、小規模なものについてはアンケート調査という手法の特性上、回答者の関心の程度による下ぶれリスクがあると考えられた。このため、今回のポテンシャル調査では、国土地理院による水路線形データ(標高データを含む)、国土交通省及び都道府県による集水路流量データ及び分配水路取水量データについて、全国を 319 の流域ブロックに分割し、ブロックごとに維持水量及び取水流量を考慮して使用可能水量を、また、ブロック内集水路の河川合流点等(計 18 万ヶ所)に水力発電所を設置することを仮想し、使用可能水量を設定した。年間発電量 P(kWh)は、発電効率を 72% とし、

$P(\text{kWh}) = 9.8 \times 0.72 \times \text{仮想発電所の年間使用可能水量} / 3600 \times \text{仮想発電所の有効落差}$ により推計した。

この年間発電量と水平導水距離、落差から各仮想発電所の建設費を推計することができる。賦存量については、建設単価が 260 万円/kW(設備容量)未満となる地点に水力発電施設を設置することを想定し、賦存量を推計した。

また、導入ポテンシャルは、上記賦存量マップに対して、

- 建設単価 50 万円/kW 未満、100 万円/kW 未満、150 万円/kW 未満、260 万円/kW 未満
- 幅員 3m 以上の道路からの距離が 1km 未満
- 最大傾斜角 20 度未満
- 国立・国定公園の特別保護地区及び第 1 種特別地域、原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、国指定鳥獣保護区、世界自然遺産地域では開発できない

などのシナリオを設定して、GIS 上で重ね合わせて設置可能な地点を抽出し、導入ポテンシャルを推計した。その結果は表 3、図 4 に示すとおりであり、中小水力発電の導入ポテンシャルは 80 ~ 1,500 万 kW となった。

中小水力発電の建設単価は、事業化のために必要となる売電価格と相関関係が高く、今回のポテンシャル調査の結果から、売電価格に応じた導入ポテンシャルを推定することも可能となる。

中小水力発電の導入ポテンシャルにおいても地域偏在性が極めて強く、北陸、東京、中部及び東北電力の各供給エリアにポテンシャルが集中していると推計された。

なお、今回のロードマップ調査の結果、中小水力発電の導入ポテンシャルの分布が GIS 情報で得られたが、内水面漁業権等、把握できていない重要情報があることに留意する必要がある。また、導入ポテンシャルがあるとされた地点には、すでに水力発電の開発がなされている場合もある。一方、流量観測所上流で発電利用により取水されている場合には、流量を過少評価している場合もある。また、10km を超えるような長大な水路区間でも本調査では仮想発電所は 1 箇所としているが、これを分割することによってポテンシャルが増加する可能性がある。さらには、農業用水路は計算対象に含んでお

らず、また、標準的な工事費を閾値として賦存量算定の前提条件としているが、実際にはそれ以上でも事業化している地点もあることなどもあり、これらについては引き続き詳細な検討が必要である。

また、今回のポテンシャル調査では、上下水道及び工業用水についても賦存量及び導入ポテンシャルを調査しており、賦存量は18万kW程度、導入ポテンシャルは14～16万kWと推計された。

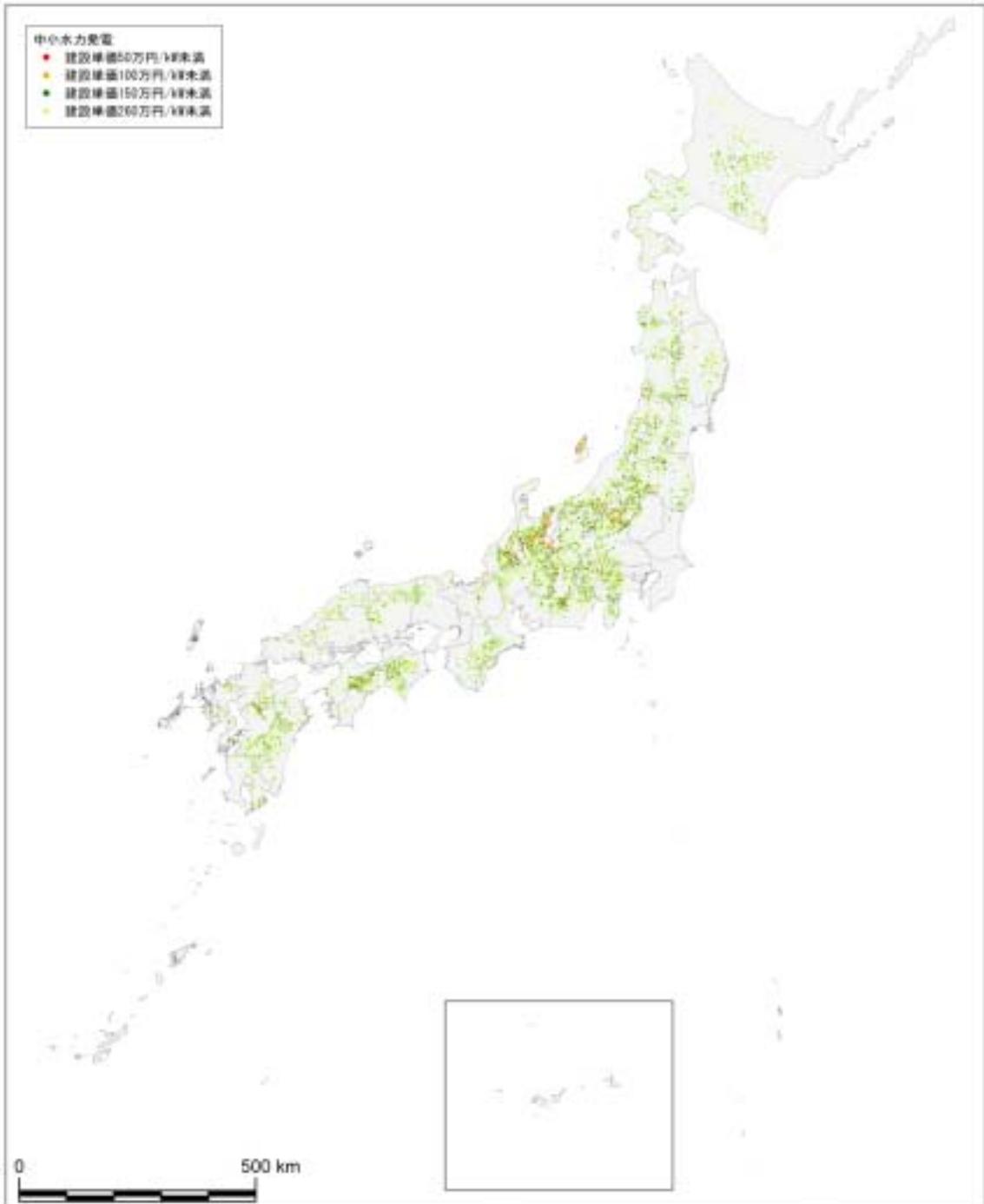


図4 中小水力発電の導入ポテンシャル分布

#### 4. 地熱発電

今回のポテンシャル調査では、(独)産業技術総合研究所 村岡らが2008年に作成した地熱資源量密度分布図(蒸気フラッシュ発電が適用可能な150以上、カーリーナサイクル発電が適用可能な53~120)をもとにし、また、ランキンサイクル発電が適用可能な120~150については地熱資源密度分布図を新たに作成し、一定レベル以上の資源量密度(例:150以上については10kW/km<sup>2</sup>以上など)を有する地点に地熱発電施設を設置することを想定し、賦存量を推計した。その結果、賦存量は150以上では2,400万kW、120~150では110万kW、53~120では850万kWと推計された。なお、150以上に関する国立・国定公園内の賦存量は1,900万kWであり、全体の83%に及んでいる。

150以上および120~150の導入ポテンシャルは、上記賦存量マップに対して、

- 居住地からの距離100m以上
- 国立・国定公園の特別保護地区及び特別地域(第1種、第2種、第3種)、原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、国指定鳥獣保護区、世界自然遺産地域では開発できない
- 幹線交通用地、その他用地、河川地および湖沼、海水域では開発できない

53~120の導入ポテンシャルについては、

- 国立・国定公園の特別保護地区及び第1種特別地域、原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、国指定鳥獣保護区、世界自然遺産地域では開発できない
- 幹線交通用地、その他用地、河川地および湖沼、海水域では開発できない

を前提とし、資源量密度をパラメータとしたシナリオを設定して、GIS上で重ね合わせて設置可能な面積を推計し、導入ポテンシャルを推計した。その結果は表3、図5~7に示すとおりであり、地熱発電の導入ポテンシャルは150以上では110~220万kW、120~150は0.8~21万kW、53~120は740万kW以下となった。

資源量密度は発電コストと相関関係が高く、今回のポテンシャル調査の結果から、発電コストに応じた導入ポテンシャルの推定も可能となる。

150以上の地熱発電の導入ポテンシャルについては、地域偏在性が極めて強く、ポテンシャルの1/3が北海道にある一方、関西、中国、四国及び沖縄電力の各供給エリアでは、地熱発電のポテンシャルはほとんどないと推計された。但し、風力発電のように、電力会社の発電設備容量を上回ると推計された地域はない。一方、53~120の領域については地域偏在性が緩和されることが認められた。

上記と別に、既に開発された温泉および自然に湧出している温泉を対象とした温泉発電の導入が考えられる。特に既存の温泉を利用して発電を行う温泉発電は開発リスクがなく、注目に値するところであり、そのポテンシャルは30kW/箇所以上のものとして、72万kWと推計されている<sup>3)</sup>。これらは発電コスト36円/kW程度未満に全て包含されると考えられるが、蒸気フラッシュ発電等と比べて経済性の面では課題があり、低コスト化のための技術開発を進めることが重要となる。

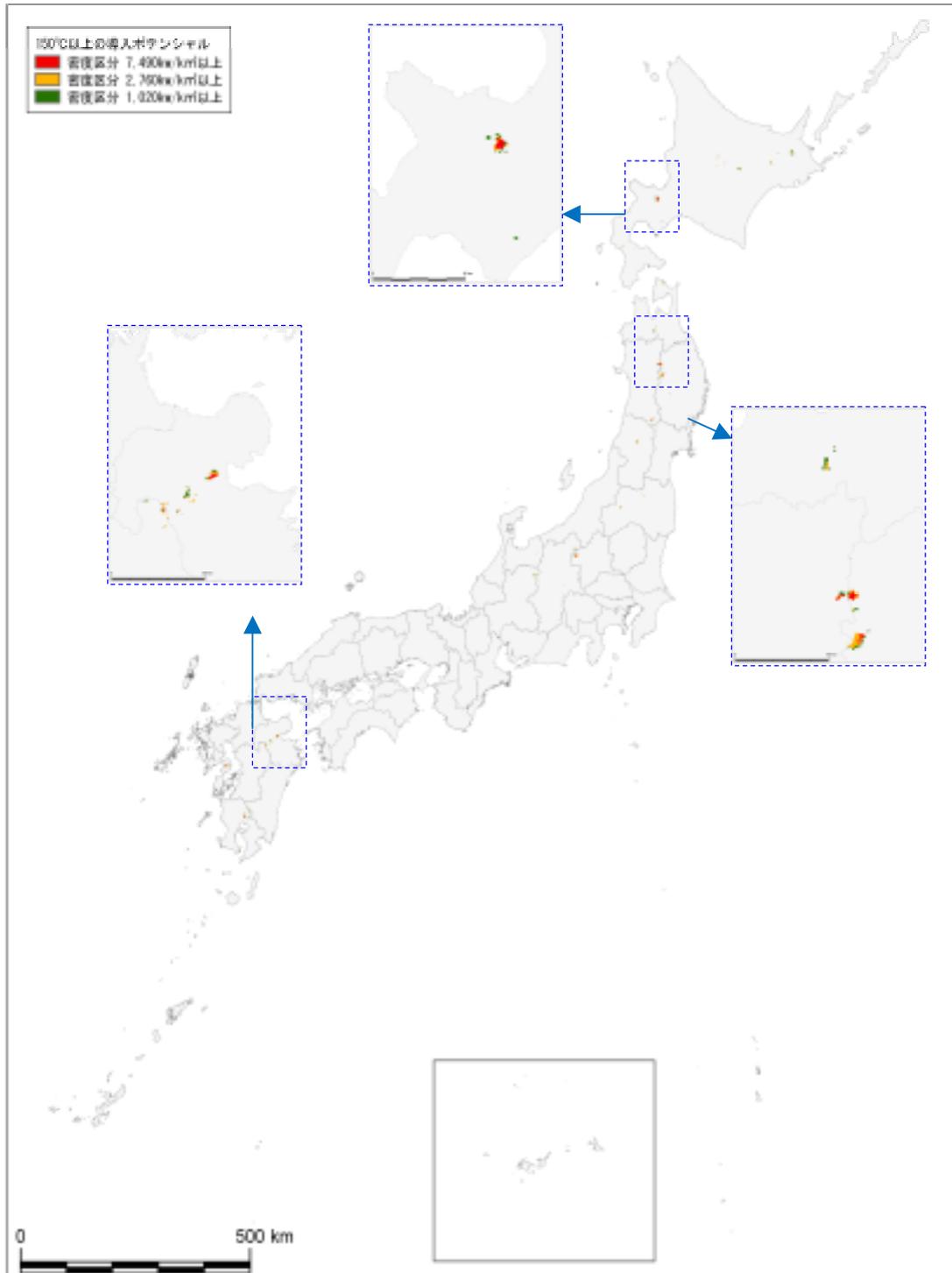


図5 地熱発電の導入ポテンシャル分布(150 以上)

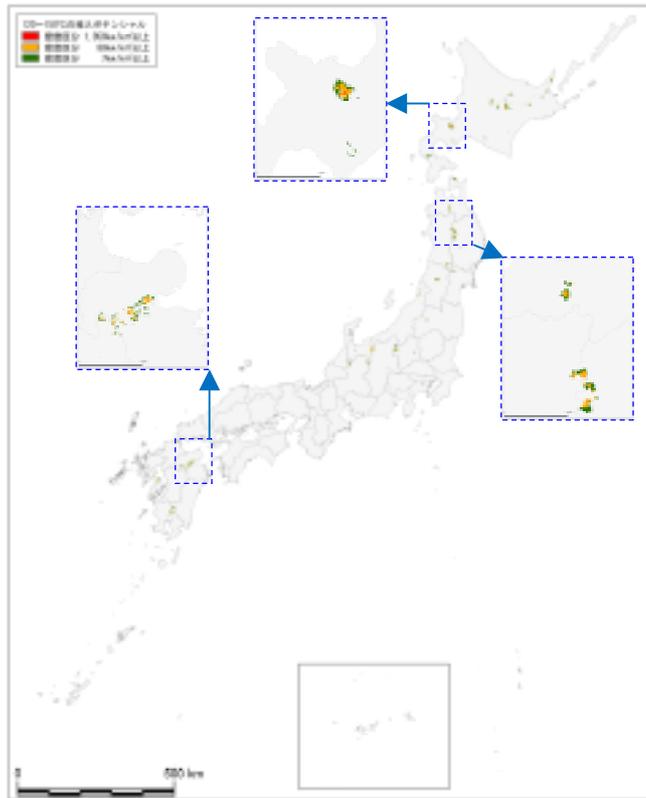


図 6 地熱発電の導入ポテンシャル分布(120 ~ 150 )



図 7 地熱発電の導入ポテンシャル分布(53 ~ 120 )

## 謝辞

この調査の実施にあたっては、一部を日本大学生産工学部長井研究室、独立行政法人産業技術総合研究所、イー・アンド・イーソリューションズ株式会社、エヌ・ティ・ティジーピー・エコ株式会社に再委託して実施した。また、検討にあたって、以下の有識者から外部アドバイザーとして助言・指導を戴いた。この場をお借りして感謝申上げたい。

岡林義一 一般社団法人太陽光発電協会事務局長  
斉藤哲夫 一般社団法人日本風力発電協会企画室長  
中島 大 全国小水力利用推進協議会事務局長  
本藤祐樹 横浜国立大学大学院環境情報研究院准教授

## 出典

- 1) (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構, 太陽光発電ロードマップ(PV2030+), 2009.6, p115 (<http://www.nedo.go.jp/library/pv2030/pv2030+.pdf>)
- 2) 一般社団法人日本風力発電協会, 風力発電長期導入目標とロードマップ V1.1, 2010.1, p13 (<http://log.jwpa.jp/content/0000288882.html>)
- 3) 江原幸雄・村岡洋文ら, 2050年自然エネルギービジョンにおける地熱エネルギーの貢献, 日本地熱学会誌, 30(3), 2008

表3 各種再生可能エネルギーの賦存量及び導入ポテンシャル

単位：万 kW

		風力発電			中小水力 発電*	地熱発電*2			(参考)電力会社発 電設備容量(2008 年度)
		陸上	洋上 (着床式)	洋上 (浮体式)		150 以上	120~150	53~120	
賦存量		140,000	770,000		1,800	2,400	110	850	20,218
導入ポテ ンシャル (電力供給 エリア別)	シナリオ 別集計値	7,000~30,000	510~31,000	5,600~130,000	80~1,500	110~220	0.8~21	0~740	
	北海道	3,000~15,000	470~12,000	3,800~28,000	2~130	39~71	0.6~7	0~246	
	東北	2,100~7,400	7~4,400	1,000~18,000	14~410	38~76	0~5	0~194	
	東京	100~450	32~2,800	640~5,200	15~220	10~18	0~1	0~112	
	北陸	44~520	0~420	0~5,900	19~190	0~0.3	0.1~3	0~26	
	中部	250~870	0~1,900	110~1,900	16~270	1.2~5.5	0~1	0~88	
	関西	330~1,300	0~160	0~2,400	2~38	0~0.2	0	0~8	
	中国	190~1,000	0~460	0~15,000	4~64	0	0	0~15	
	四国	110~530	0~390	0~3,800	3~73	0	0	0~4	
	九州	630~2,200	2~5,400	48~40,000	3~100	25~49	0.1~3	0~52	
沖縄	280~560	1~2,800	1~6,300	0~0.2	0	0	0	192	

\*：設備容量3万kW以下。上下水道・工業用水道(賦存量18万kW程度)は含んでいない。

\*2：既に開発された温泉及び自然に湧出している温泉を対象とした温泉発電は含んでいない。