

3. 日本の再生可能エネルギー導入ポテンシャル

～環境省委託調査結果の概要報告～

永井 大介^{1*}・山崎 智雄¹・水谷 義昭²・

広永 茂雄²・徳田 庸³・高木 哲郎⁴

¹株式会社エックス都市研究所（〒171-0033 東京都豊島区高田2-17-22）

²アジア航測株式会社（〒215-0004 川崎市麻生区万福寺1-2-2）

³パシフィックコンサルタンツ株式会社（〒206-8550 東京都多摩市関戸1-7-5）

⁴伊藤忠テクノソリューションズ株式会社（〒100-6080 東京都千代田区霞が関3-2-5）

* E-mail: nagai@exri.co.jp

再生可能エネルギーの導入は、地球温暖化対策のみならず、エネルギーセキュリティの確保、新規産業・雇用創出等の観点からも重要である。

著者らは、再生可能エネルギーの導入可能性等に対する理解と利便性向上を目的とし、環境省委託業務として平成21年度より、各種再生可能エネルギーの導入ポテンシャルに関する調査を実施してきた。

具体的には、種々の制約要因（法規制や土地利用等）を考慮せず、設置可能面積、平均風速、河川流量等から理論的に推計することができるエネルギー資源量を「賦存量」、エネルギーの採取・利用に関する種々の制約要因による設置の可否を考慮したエネルギー資源量を「導入ポテンシャル」、エネルギーの採取・利用に関する特定の制約条件や年次等を考慮した上で、事業採算性に関する特定の条件を設定した場合に具現化することが期待されるエネルギー資源量を「シナリオ別導入可能量」と定義した上で、公共系等太陽光発電、住宅用等太陽光発電、陸上風力発電、洋上風力発電、中小水力発電、地熱発電、太陽熱利用、地中熱利用を対象として推計した。

Key Words : Renewable Energies, Abundance, Introduction Potential, GIS, Zoning

1. はじめに

東日本大震災を契機に、全国各地で再生可能エネルギー導入の検討が行われている。平成24年7月に施行された「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」、いわゆる再生可能エネルギーの固定価格買取制度（以下、FIT と称す）をきっかけとして民間事業者等による事業化に向けた取組が加速している。

再生可能エネルギーの導入・事業化の検討にあたっては、地域の社会特性や自然特性を把握するだけでなく、利用できる再生可能エネルギーがどこにどれくらいあるかを知る必要がある。また、国として再生可能エネルギーの大規模導入の可能性及び推進方策を検討するにあたっては、一律の考え方や調査方法によって整備された再生可能エネルギーの情報基盤が求められる。

このような背景から環境省では、国民、地方公共団体、事業者の再生可能エネルギーの利用・導入可能性等に対する理解と利便性を図ることを目的に、再生可能エネルギー導入普及方策の検討のための基礎資料とすべく、平

成21年度及び平成22年度に「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」¹⁾²⁾、平成23年度及び平成24年度に「ゾーニング基礎情報整備」³⁾⁴⁾を実施し、再生可能エネルギーの導入ポテンシャルを推計した。推計には地理情報システム（GIS: Geographic Information System）を用いた。

本稿では、調査対象とした再生可能エネルギーのうち、公共系等太陽光発電、住宅用等太陽光発電、陸上風力発電、洋上風力発電、中小水力発電（河川部）、地熱発電（熱水資源温度150℃以上）の導入ポテンシャルの推計方法及び推計結果の概要を報告する。なお、中小水力発電（農業用水路、上下水道・工業用水道）、地熱発電（熱水資源温度53～120℃、120～150℃）、温泉発電、太陽熱利用、地中熱利用は、報告書¹⁾²⁾³⁾⁴⁾を御参照頂きたい。

なお、本稿の基となる環境省委託調査は、(株)エックス都市研究所、アジア航測(株)、パシフィックコンサルタンツ(株)、伊藤忠テクノソリューションズ(株)（H21～22）を共同実施者とし、エヌ・ティ・ティ・ジーピー・エコ株式会社（H21～22）、(独)産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門（H21）、日本大学生産工学部長井研究室（H21～22）を再委託者として実施されたものである。

2. 用語の定義

(1) 賦存量

設置可能面積、平均風速、河川流量等から理論的に算出することができるエネルギー資源量。現在の技術水準では利用することが困難なもの（例：風速5.5m/s未満の風力エネルギーなど）を除き、種々の制約要因（土地の傾斜、法規制、土地利用、居住地からの距離等）を考慮しないもの。ここでは、「現在の技術水準では利用することが困難なもの」をエネルギー別に定義し、賦存量の推計条件としている。

(2) 導入ポテンシャル

エネルギーの採取・利用に関する種々の制約要因による設置の可否を考慮したエネルギー資源量。「種々の制約要因に関する仮定条件」を設定した上で推計される。賦存量の内数となる。また、最も一般的ではないが、ある条件を設定した場合に推計される導入ポテンシャルを「条件付き導入ポテンシャル」としている。

なお、賦存量、導入ポテンシャル、シナリオ別導入可能量を一体的に表現する場合に、広義の意味で「導入ポテンシャル」を使用することがある。

(3) シナリオ別導入可能量

エネルギーの採取・利用に関する特定の制約条件や年次等を考慮した上で、事業採算性に関する特定の条件を設定した場合に具現化することが期待されるエネルギー資源量。導入ポテンシャルの内数。事業採算性については、対象エネルギーごとに建設単価等を設定した上で事業収支シミュレーションを行い、税引前のプロジェクト内部収益率（PIRR等）が一定値以上となるものを集計したものである。

3. 導入ポテンシャルの推計方法と推計結果

(1) 公共系等太陽光発電の導入ポテンシャル

太陽光発電に関する賦存量は、日本全国にパネルを敷き詰めることを想定すれば推計可能であるが、あまり意味が無いため推計していない。

太陽光パネルの設置可能面積の算定条件として、3段階のレベルを設定した（表-1）。

表-1 設置可能面積算定条件（レベル）の基本的な考え方	
レベル	基本的な考え方
レベル1	・屋根 150㎡以上に設置 ・設置しやすいところに設置するのみ
レベル2	・屋根 20㎡以上に設置 ・南壁面・窓 20㎡以上に設置 ・多少の架台設置は可(駐車場屋根への設置も想定)
レベル3	・切妻屋根北側・東西壁面・窓 10㎡以上に設置 ・敷地内空地なども積極的に活用

なお、公共系等のカテゴリーは、公共系建築物、発電所・工場・物流施設、低・未利用地、耕作放棄地とした。

1) 推計方法

公共系等太陽光発電の導入ポテンシャルは（1a）式により推計した。

設備容量（kW）＝ 設置可能面積（㎡）

× 単位面積当たりの設備容量（kW/㎡）

(1a)

設置可能面積は、各施設のサンプル図面（図-1）を入手し、表-1に示すレベルごとに設置係数を設定し、統計情報から得られた各施設の全国面積を乗じることで推計した。単位面積当たりの設備容量は、専門家へのヒアリング調査を踏まえ0.0667kW/㎡（1kW/15㎡）とした。

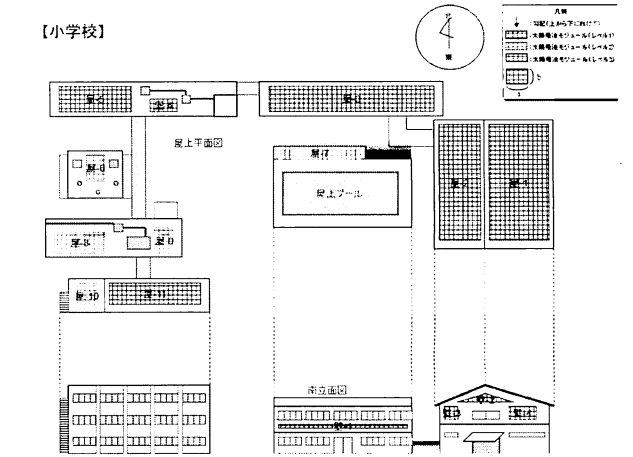


図-1 サンプル図面（学校の一例）

耕作放棄地以外のカテゴリーのシナリオ別導入可能量は、まずFIT単価(30, 35, 40円/kWh)×買取期間(20年間)の3つのシナリオを設定した。加えて、各カテゴリーに対して設置規模や設置しやすさをもとにレベルを設定しているが、同一レベルであってもカテゴリーによっては基礎工事や架台の設置等の空間整備費が必要となることから、カテゴリーを3区分して9つの事業性試算ケースを設定した（表-2）。その上で事業性試算条件を設定し（表-3）、それに基づくケース別・空間整備費別の開発可能条件（税引前PIRR≧4%を満たす地域別発電量係数）を設定し、設置可能面積を推計した。耕作放棄地は、サンプル自治体における分布データを入手し、「道路からの距離」、「送電線からの距離」を考慮した上で事業収支シミュレーションによりシナリオ別の導入可能率を設定して推計した。

表-2 設置可能面積算定条件（レベル）の基本的な考え方

ケース	区分		レベル	空間整備費
1-1	区分 1	電気事業法における事業を行うにあたって年間の支出が殆ど必要とされない（支出をゼロとする）	1	ゼロ
1-2			2	5 千円/㎡
1-3			3	10 千円/㎡
2-1	区分 2	事業として行う場合に支出がある程度必要となる	1	ゼロ
2-2			2	5 千円/㎡
2-3			3	10 千円/㎡
3-1	区分 3	区分 2 に加えて、事業実施する際に、太陽光パネル以外にも別途空間整備費が必要となる	1	5 千円/㎡
3-2			2	10 千円/㎡
3-3			3	15 千円/㎡

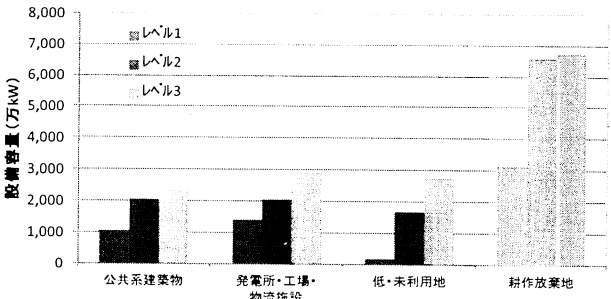


図-3 公共系等太陽光発電の導入ポテンシャルの分布状況

表-3 公共系等太陽光発電の事業性試算条件^{③,④}

設定項目	適用	設定値	設定根拠等
主要事業要素	設備容量	共通	2,000kW（1MW）民間事業者によるメガソーラー導入実績5件の平均値
	設置面積	共通	30,000㎡15㎡/kW×2,000kW
	年間発電電力量	共通	都道府県別の地域別発電量による
初期投資額	設備費	共通	25,000万円/kW
	空間整備費	ケース1-1、ケース2-1	ゼロ
		ケース1-2、ケース2-2	150,000千円
		ケース1-3、ケース2-3、ケース3-1	300,000千円
		ケース3-2	450,000千円
除去費用	間接費	共通	3,000千円
	撤去費用	共通	建設費×5%、プロジェクト期間終了時
収入計画	買取価格	シナリオ1	30円/kWh
		シナリオ2	35円/kWh
		シナリオ3	40円/kWh
支出計画	運転維持費	ケース1-1～1-3	ゼロ
		ケース2-1～2-3	17,714千円
		ケース3-1～3-3	空間使用料：150円/㎡×設備面積 修繕費・経費：建設費×1.6% 一般管理費：（修繕費・経費）×14% 人件費：300万円
資金計画	自己資本比率	共通	25%
	借入金比率	共通	75%
減価償却計画	太陽光電池	共通	17年
	付随機器	共通	7年
	設置工事	共通	7年
	空間整備費	共通	30年
	間接費	共通	5年
その他の条件	固定資産税率	共通	1.4%
	法人税率	共通	30%
	法人住民税	共通	17.3%
	事業税	共通	1.267%

※上表は、耕作放棄地以外のカテゴリーの事業性試算条件である。耕作放棄地の事業性試算条件については参考文献^④を御参照頂きたい。

2) 推計結果

公共系等太陽光発電の導入ポテンシャルは14,688万kW、シナリオ別導入可能量は1,131～10,553万kWと推計された。導入ポテンシャルをカテゴリー別に見ると、耕作放棄地が最も多く全体の46%を占め、その他のカテゴリーは各20%程度となっている（図-2～3、表-4）。

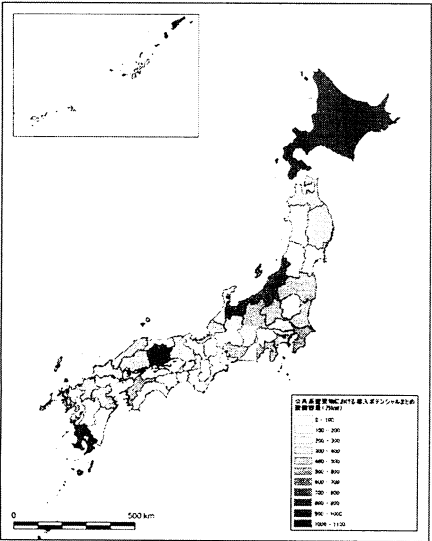


図-2 公共系等太陽光発電の導入ポテンシャルの分布図

表-4 公共系等太陽光発電のシナリオ別導入可能量の集計結果

カテゴリー	設備容量(万kW)		
	シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3
公共系建築物	411	1,263	2,032
発電所・工場・物流施設	660	1,580	2,071
低・未利用地	60	385	1,332
耕作放棄地	0	3,405	5,118
合計	1,131	6,633	10,553

(2) 住宅用等太陽光発電の導入ポテンシャル

住宅用等のカテゴリーは、商業系建築物、住宅系建築物とした。商業系建築物には、小規模商業施設、中規模商業施設、大規模商業施設、宿泊施設が含まれる。住宅系建築物には、戸建住宅用等、大規模共同住宅・オフィスビル、中規模共同住宅が含まれる。

1) 推計方法

住宅用等太陽光発電の導入ポテンシャルは、前述の公共系等太陽光発電と同様の式（1）に基づき推計した。

設置可能面積は、住宅地図データ（㈱ゼンリン製 ArcGISデータコレクション プレミアムシリーズ 詳細地図）を基に、各施設ごとの建築面積及び延床面積データが含まれる500mメッシュ単位のデータセットを作成し、各施設に対応した設置係数を乗じることにより推計した。また、単位面積当たりの設備容量は、戸建住宅は1kW/10㎡、戸建住宅以外は1kW/15㎡とした。

シナリオ別導入可能量は、戸建住宅用等と戸建住宅用等以外の2つのカテゴリーに対して3つのシナリオ（表-5）及び事業性試算条件を設定し（表-6）、それに基づくカテゴリー別・空間整備費別の開発可能条件（戸建住宅用等は税引前PIRR≧0%、戸建住宅用等以外は税引前PIRR≧4%を満たす地域別発電量係数）を設定し、カテゴリー別・地域別に開発可能なメッシュを抽出し、設置可能面積を集計して推計した。

表-5 設定した導入シナリオ

カテゴリー	設置規模	シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3
戸建住宅用等	10kW未満	30円/kWh 10年間	35円/kWh 10年間	40円/kWh 10年間
戸建住宅用等以外	10kW以上	30円/kWh 20年間	35円/kWh 20年間	40円/kWh 20年間

※戸建住宅用等以外は、中・大規模商業施設、宿泊施設、大規模共同住宅・オフィスビル、中規模共同住宅とした。

表-6 住宅用等太陽光発電の事業性試算条件⁹⁾⁶⁾

設定項目	適用	設定値	設定根拠等
主要事業			
設備容量	共通	3kW	一般の家庭で導入する設備規模
設置面積	共通	50㎡	10㎡/kW×3kW
年間発電電力量	共通	各都道府県の地域別発電量係数による	設備容量×地域別発電量係数
初期投資額			
設備費	共通	12.7万円/kW	H25.1調達価格等算定委員会
空間整備費	レベル別に設定	レベル1: 0円/㎡ レベル2: 5,000円/㎡ レベル3: 10,000円/㎡	H25.1調査と同様
開業費	共通	—	考慮しない
撤去費用	共通	建設費×5%	プロジェクト期間終了時
収入計画			
買取価格	シナリオ別に設定	30円/kWh 35円/kWh 40円/kWh	買取期間中は全額分を31.1円/kWh、使用分を21.34円/kWhで、買取期間終了後から10年間は全額分を16円/kWh、使用分を21.34円/kWhでの売却を想定する。
支出計画			
運転維持費	共通	建設費の1%	稼働費と諸費に該当
資金計画			
自己資本比率	共通	25%	
借入金比率	共通	75%	金利率、固定金利15年 元利均等返済
減価償却計画			
設備費	共通	17年	定額法、残存10%
付随機器	共通	7年	※
設置工事	共通	7年	※
空間整備費	共通	30年	※
開業費	共通	5年	※
その他	現金	—	考慮しない

※上表は戸建住宅用等についての事業性試算条件であり、戸建住宅用等以外の事業性試算条件は、表-3 を基として空間整備費を上表と同様、運転維持費を共通で17,714千円とした。

2) 推計結果

住宅用等太陽光発電の導入ポテンシャルは18,518万kW、シナリオ別導入可能量は616～3,896万kWと推計された。導入ポテンシャルについてカテゴリー別に見ると、戸建住宅用等が最も多く、中規模共同住宅が続いている。一方、シナリオ別導入可能量は、中規模共同住宅が最も多い結果となった（図-4～5、表-7）。

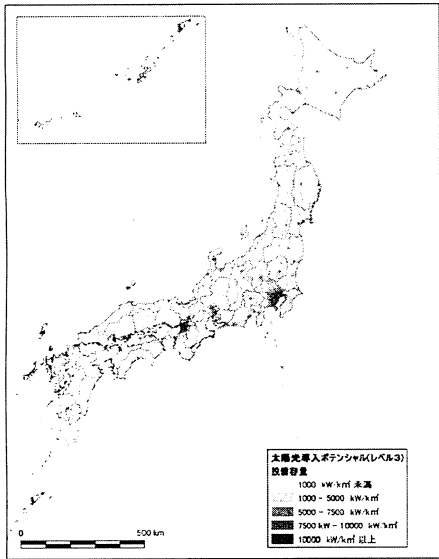


図-4 住宅用等太陽光発電の導入ポテンシャルの分布図

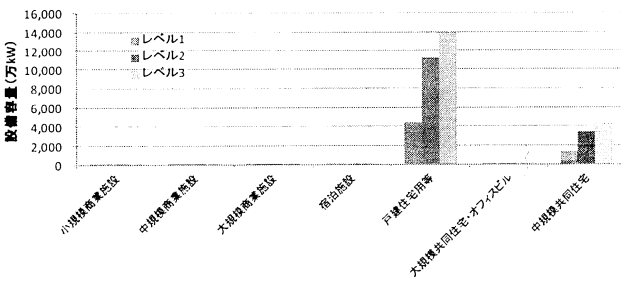


図-5 住宅用等太陽光発電の導入ポテンシャルの分布状況

表-7 住宅用等太陽光発電のシナリオ別導入可能量の集計結果

カテゴリー区分			設備容量 (万 kW)		
			シナリオ 1	シナリオ 2	シナリオ 3
商業系建築物	商業	小規模商業施設	0	0	0
		中規模商業施設	5	15	28
		大規模商業施設	19	65	121
	宿泊	宿泊施設	6	21	40
	住宅系建築物	住宅	戸建住宅用等	0	0
大規模共同住宅・オフィスビル			8	25	44
中規模共同住宅			578	1,861	3,379
合計			617	1,987	3,896

(3) 陸上風力発電の導入ポテンシャル

1) 推計方法

陸上風力発電の賦存量は、500mメッシュの風況マップ（WinPAS、伊藤忠テクノソリューションズ㈱が開発）の高度80mの風速データを基に、風速5.5m/s以上のメッシュを抽出し、それらを合計することにより設置可能面積を算定した。単位面積当たりの設備容量は、NEDOの設置推奨値（10D×3D、D=ローター直径）⁷⁾を採用し主要風車の出力とローター径の調査結果及び既設ウィンドファームの実績を参考に1万kW/1km²とした。

導入ポテンシャルは、賦存量マップに対して、各種の制約条件（表-8）を重ね合わせて推計した。

表-8 陸上風力発電の導入ポテンシャルの推計条件

区分	項目	開発不可条件
自然条件	風速区分	5.5m/s未満
	標高	1,200m以上
	最大傾斜角	20度以上
	地上開度	75度未満
社会条件：法制度等	法規制区分	1) 国立・国定公園（特別保護地区、第1種特別地域）、2) 都道府県立自然公園（第1種特別地域）、3) 原生自然環境保全地域、4) 自然環境保全地域、5) 鳥獣保護区のうち特別保護地区（国指定、都道府県指定）、6) 世界自然遺産地域、7) 保安林
社会条件：都市計画区分	都市計画区分	市街化区域
社会条件：土地利用等	土地利用区分	田、建物用地、幹線交通用地、その他の用地、河川地及び湖沼、海水域、ゴルフ場
	居住地からの距離	500m未満

シナリオ別導入可能量は、FIT単価（15、20、22、25円/kWh）×買取期間（20年間）の4つのシナリオ及び事業性試算条件を設定し（表-9）、それに基づきシナリオごとに風速区分別の開発可能条件（税引前PIRR≥8%を満たす「風車以外の事業費（道路整備費と送電線敷設費の合計）」を設定し、開発可能なメッシュを抽出することにより推計した。

表-9 陸上風力発電の事業性試算条件⁷⁾

区分	設定項目	適用区分	設定値もしくは設定式	設定根拠等
土電事業 諸元	機軸	共通	当該地点における風速	5.5m/s以上で導入可能性あり
	設備容量	共通	20,000kW (2,000kW×10基)	ウインドファームを想定
	設置面積	共通	2.0km ²	1万5000/km ²
	理論設備利用率	共通	5.0m/s～14.4%～	東北地方については0.1m/s間隔で設定した。
	出力補正係数	共通	0.95	「理論設備利用率」と「利用可能率」、「出力補正係数」を乗じたものを一般には「設備利用率」と称している。
初期投資 額	設備費 (単基本体)	共通	25万円/基	有益なものを元に設定
	道路整備費	共通	平地：25万円/1km 山岳地：85万円/1km	原則として山地の値を使用する。なお、道路整備は迂回を考慮して「道路からの距離」×2とする。 密接線道路幅は5.5m以上とする。
	送電線敷設費	共通	平地：35万円/1km 山岳地：55万円/1km	・66kV送電線を想定する ・原則として山地の値とする。
	開発費	共通	・0円/600千円	・調査費、基礎設計、保険、初期投資における一般管理費他、予備費等 ・JFE、資材および専門家へのヒアリングより
	撤去費用	共通	(初期投資－開発費)×5%	プロジェクト期間終了時
収入計画	売電収入	シナリオ1	15円/kWh×20年間	平成25年度のFIT単価
		シナリオ2	20円/kWh×20年間	
		シナリオ3	22円/kWh×20年間	
		シナリオ4	25円/kWh×20年間	
支出計画	バリエーション別 自己資本比率	共通	5,000円/3%	有価証券のPIRRをもとに設定
資金計画	自己資本比率	共通	25%	令和3年、固定金利15年 元利均等返済 定額法、残存0%
	借入金比率	共通	75%	
	減価償却計画	共通	17年	
	道路整備費	共通	36年	
	送電線敷設費	共通	36年	
その他の 条件	開発費	共通	5年	定額法、残存0%
	固定資産税率	共通	1.4%	減価償却による評価額の減価を考慮
	法人税率	共通	30%	
	法人住民税	共通	17.3%	郡通町庄5%,市町村12.3%
	事業税	共通	1.26%	収入税

2) 推計結果

陸上風力発電の賦存量は134,310万kW、導入ポテンシャルは26,756万kW、シナリオ別導入可能量は4,781～20,342万kWと推計された。導入ポテンシャルを電力供給エリア別に見ると、北海道エリアと東北エリアで全体の約75%を占める。シナリオ別導入可能量は、FIT単価15円/kWhでは約4,800万kW、FIT単価22円/kWhでは導入ポテンシャルの約62%の約16,600万kWとなった(図-6～7、表-10)。

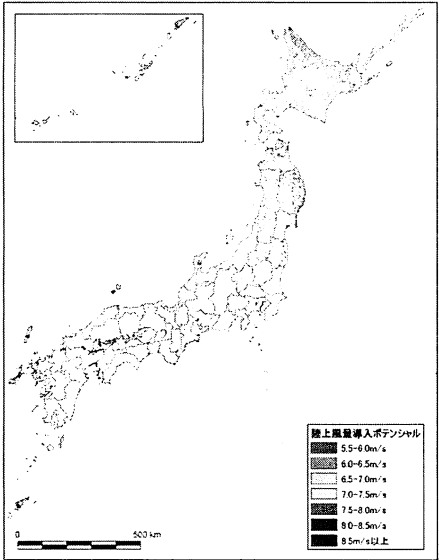


図-6 陸上風力発電の導入ポテンシャルの分布図

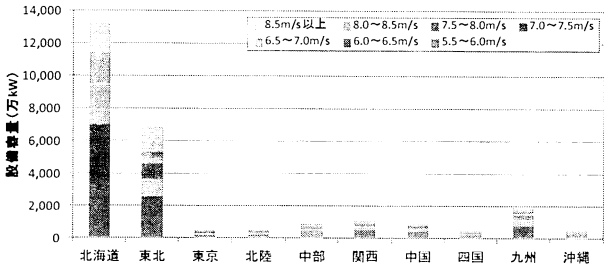


図-7 陸上風力発電の導入ポテンシャルの分布状況

表-10 陸上風力発電のシナリオ別導入可能量の集計結果

シナリオ	FIT単価×買取期間	設備容量(万kW)
1	15.0円/kWh×20年間	4,781
2	20.0円/kWh×20年間	13,592
3	22.0円/kWh×20年間	16,582
4	25.0円/kWh×20年間	20,342
参考：導入ポテンシャル		26,756

(4) 洋上風力発電の導入ポテンシャル

1) 推計方法

洋上風力発電の賦存量は、風況データが日本近海に限られているため推計していない。

導入ポテンシャルは、日本近海の風況マップに対して、各種制約条件(表-11)を重ね合わせ、以下に示す3種類の導入ポテンシャルに対して、設置可能面積を算定することにより推計した。単位面積当たりの設備容量は、海外事例を参考に1万kW/1km²とした。

- 基本となる導入ポテンシャル：
風速6.5m/s以上、島嶼部控除なし
- 条件付き導入ポテンシャル1：
風速6.5m/s以上、島嶼部控除あり
- 条件付き導入ポテンシャル2：
風速6.0m/s以上、島嶼部控除あり

※ここでいう島嶼部控除とは、系統連系のない島嶼部を控除することを指す。

表-11 洋上風力発電の導入ポテンシャルの推計条件

区分	項目	開発不可条件
自然条件	風速区分	6.5m/s未満
	離岸距離	陸地から30km以上
	水深	200m以上
社会条件: 法制度等	法規制区分	1)国立・国定公園(海域公園)

シナリオ別導入可能量は、条件付き導入ポテンシャル1(風速6.5m/s以上、島嶼部控除あり)に対してのみ推計した。FIT単価(22,25,30,35円/kWh)×買取期間(20年間)の4つのシナリオ及び事業性試算条件を設定し(表-12)、それに基づきシナリオごとに風速区分別の開発可能条件(税引前PIRR≥8%を満たす水深)を設定し、開発可能なメッシュを抽出することにより推計した。

表-12 洋上風力発電の事業性試算条件⁷⁹⁾

区分	設定項目	適用区分	設定値もしくは設定式	設定根拠等
主要事業諸元	風速	共通	15.0, 000k ⁸⁰ (5,000k ⁸⁰ ×30基)	海外の洋上ウインドファームを参考に設定
	設備容量	共通	25k ⁸⁰	6,000k ⁸⁰ /k ⁸⁰
	設置面積	共通	25k ⁸⁰	6,000k ⁸⁰ /k ⁸⁰
	設備設備利用率	共通	23.1~50.3%	
	利用可能率	共通	0.35	
	出力修正係数	共通	0.30	
	想定基礎形式	水深0~50m 水深50m~	箱式 浮体式	フルウェーブスライディング式、NEO再生可能エネルギー技術白書を参考
初期投資額	事業費	浮体式の事業費が60万円/k ⁸⁰ の場合	・水深0~50m 0.42 × 水深(m) + 3×.0 (万円/k ⁸⁰) ・水深50m以上 60 (万円/k ⁸⁰)	基礎・浮体設備費、送電設備費、間接費等を含む
	撤去費用	共通	(初期投資額) × 5%	プロジェクト期間終了時
収入計画	定価単価	シナリオ1~4	22.25, 30.35 円/k ⁸⁰ × 20年間	
	支出計画	メンテナンス費	共通	12,000 円/k ⁸⁰ ・年
資金計画	自己資本比率	共通	25%	
	借入金比率	共通	75%	金利4%, 固定金利15年 元利均等返済
設備償却計画	風力発電機本体	共通	17年	・定額法・残存0% ・地上風力と同様25万円・間接費を対象とする
	道路整備費	共通	36年	定額法・残存0%
	送電設備費	共通	36年	定額法・残存0%
	間接費	共通	5年	定額法・残存0%
	その他の条件	固定資産税率	共通	減価償却による評価額の減額を考慮
その他の条件	法人税率	共通	30%	
	法人住民税	共通	17.3%	都道府県5%, 市町村12.3%
	事業税	共通	1.26%	収入課税

2) 推計結果

洋上風力発電の基本となる導入ポテンシャルは138,265万kW、シナリオ別導入可能量は1,492~79,196万kWと推計された。導入ポテンシャルを電力供給エリア別に見ると、北海道エリアと九州エリアが最も大きく、全体の54%を占めている(図-8~9,表-13)。

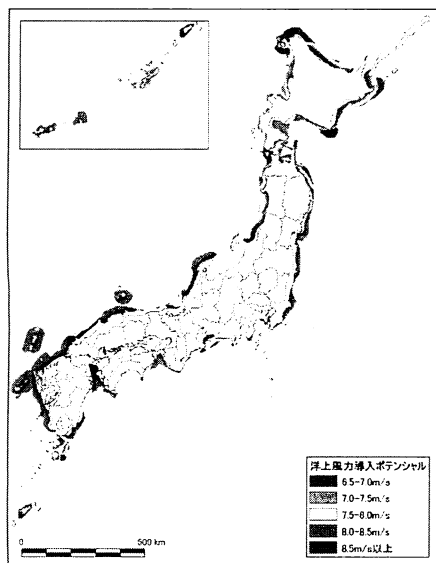


図-8 洋上風力発電の「基本となる導入ポテンシャル」の分布図

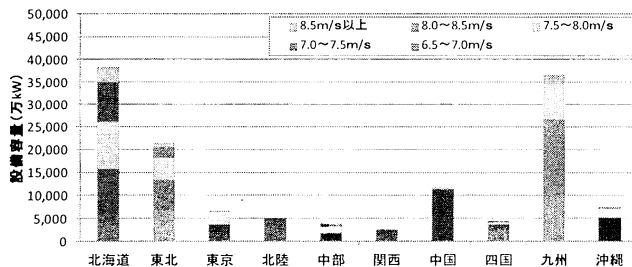


図-9 洋上風力発電の電力供給エリア別の「基本となる導入ポテンシャル」の分布状況

表-13 洋上風力発電のシナリオ別導入可能量の集計結果

シナリオ	FIT 単価×買取期間	着床式 (万kW)	浮体式 (万kW)	合計 (万kW)
1	22.0 円/kWh×20 年間	1,383	109	1,492
2	25.0 円/kWh×20 年間	5,182	4,252	9,434
3	30.0 円/kWh×20 年間	15,049	30,051	45,100
4	35.0 円/kWh×20 年間	23,477	55,719	79,196
参考：基本となる導入ポテンシャル				138,265

(5) 中小水力発電(河川部)の導入ポテンシャル

1) 推計方法

中小水力発電(河川部)の賦存量は、地形データ(数値地図50mメッシュ標高, 国土地理院及び(財)日本地図センター)、水系データ(数値地図25000空間データ基盤, 国土地理院及び(財)日本地図センター)、流量データ(流量観測所の実測値データ, 国土交通省・都道府県)、取水量データ(土地改良区における取水実績値, 土地改良区等)を基に、全国の水路網を対象として、水路網上に設定した仮想発電所(図-10)単位での設備容量を推計した。なお発電単価(工事費/年間発電電力量)500 円/(kWh/年)(設備利用率60%の場合は、建設単価にして約260万円/kW)を閾値として経済的な賦存量を絞り込むとともに、既設発電所を控除して推計している。

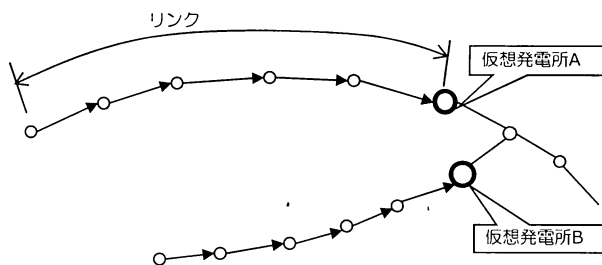


図-10 仮想発電所の概念図

導入ポテンシャルは、賦存量マップに対して、各種制約条件(表-14)を重ね合わせ、中小水力発電所を設置可能な場所にある仮想発電所の設備容量を推計した。

表-14 中小水力発電(河川部)の導入ポテンシャルの推計条件

区分	項目	開発不可条件
自然条件	最大傾斜角	20度以上
社会条件 ：法制度等	法規制区分	1) 国立・国定公園(特別保護地区、第1種特別地域)、2) 都道府県立自然公園(第1種特別地域)、3) 原生自然環境保全地域、4) 自然環境保全地域、5) 鳥獣保護区のうち特別保護地区(国指定、都道府県指定)、6) 世界自然遺産地域
社会条件 ：事業性等	幅員3m以上の道路からの距離	特に制限しない

シナリオ別導入可能量は、FIT単価(15~30円/kWh, 2.5 円/kWh刻み)×買取期間(15, 20年間)の14のシナリオ及び

事業性試算条件を設定し（表-15）、それに基づき開発可能条件（税引前PIRR≧8%を満たす事業単価）を設定し、開発可能な仮想発電所の設備容量を合計した。

表-15 中小水力発電（河川部）の事業性試算条件⁹⁾

区分	設定項目	設定値 or 設定式	設定根拠等
主要事業諸元	設備容量	1,000kW	設定値
	設備利用率	65%	
	年間発電量	5,604,000kWh	1,000kW×24hr/day×365day×65%
	発電所建設費	仮想発電所毎に設定	・仮想発電所の建設費であり、賦存量推計時に個別に算定している
	道路整備費	50百万円/km	・当該仮想発電所の「道路からの距離」×2（迂回距離考慮）を道路整備延長とする。
初期投資額	送電線敷設費	5百万円/km	・低圧送電を想定 ・当該仮想発電所の「送電線からの距離」に応じて設定
	開業費	発電所建設費の10%	
	撤去費用	(初期投資額－開業費)×5%	プロジェクト期間終了時に発生するものとする。
収入計画	売電単価	15～30円/kWh	2.5円/kWhピンチで推計
支出計画	人件費	発電所建設費の0.68%	ハイドロパワー開発計画ガイドブックに基づく
	修繕費	発電所建設費の0.50%	〃（11年目の修繕費を一律計上）
	その他	発電所建設費の0.31%	〃
	一般管理費	(人件費＋修繕費＋その他)の12%	〃
資金計画	自己資本比率	25%	
	借入金比率	75%	金利4%、固定金利15年元利均等返済
減価償却計画	発電所建設費、道路整備費、送電線敷設費、開業費	20年	定額法、残存0% ※計算上の制約から費目別に区分せずすべて共通とした。
その他の条件	固定資産税率	1.4%	減価償却による評価額の減減を考慮
	法人税率	30%	
	法人住民税	17.5%	都道府県5%、市町村12.5%
	事業税	1.267%	収入課税
	既開発発電所の取扱	既開発発電所の取水口から放水口の区間については控除する	

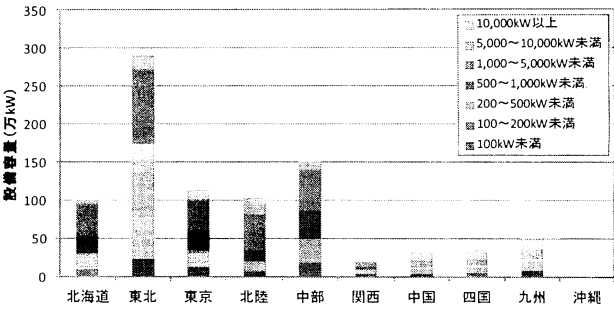


図-12 中小水力発電（河川部）の電力供給エリア別の導入ポテンシャル分布状況

表-16 中小水力発電（河川部）のシナリオ別導入可能量の集計結果

シナリオ	FIT 単価×買取期間	設備容量（万 kW）	仮想発電所の地点数
1	15.0 円/kWh×15 年間	39	83
2	22.5 円/kWh×15 年間	130	503
3	30.0 円/kWh×15 年間	230	1,389
4	15.0 円/kWh×20 年間	59	153
5	22.5 円/kWh×20 年間	167	776
6	30.0 円/kWh×20 年間	289	2,074
参考：導入ポテンシャル		898	19,686

2) 推計結果

中小水力発電（河川部）の賦存量は1,087万kW、導入ポテンシャルは898万kW、シナリオ別導入可能量は39～289万kWと推計された。導入ポテンシャルを電力供給エリア別に見ると、東北エリアが最も大きく、全体の32%を占めている（図-11～12、表-16）。

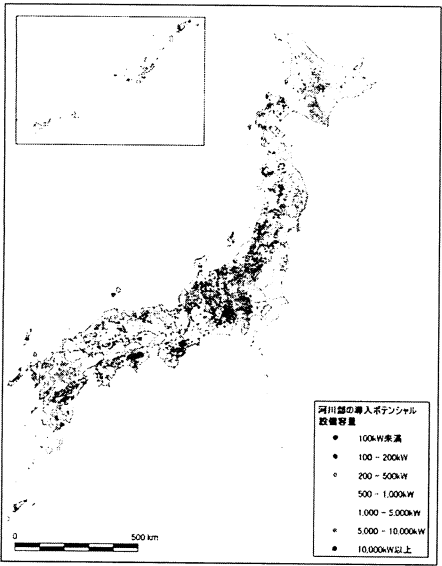


図-11 中小水力発電（河川部）の導入ポテンシャルの分布図

(6) 地熱発電（150℃以上）の導入ポテンシャル

1) 推計方法

地熱発電（150℃以上）の賦存量は、地熱資源量密度分布図（（独）産業技術総合研究所が作成）から技術的に利用可能であると考えられる密度を持つメッシュを抽出し、資源量密度を集計することにより推計した。

導入ポテンシャルは、環境省「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて」（H24.3.27）において、第2種および第3種特別地域の開発可能性が示されたこと、傾斜掘削についてはそれほど技術開発等が進んでいないことを鑑みて、以下の3ケースについて推計した。

- ・基本となる導入ポテンシャル：
国立・国定公園なし、傾斜掘削なし
- ・条件付き導入ポテンシャル1：
国立・国定公園なし、傾斜掘削あり
- ・条件付き導入ポテンシャル2：
国立・国定公園あり、傾斜掘削なし

※ここでの傾斜掘削とは、国立・国定公園の外側から国立・国定公園の地下の熱水資源に向けて地熱井を斜めに掘ることを指す。

各導入ポテンシャルは、賦存量マップに対して、各種制約条件（表-17）を重ね合わせ、地熱発電施設が設置可能なメッシュを抽出し、資源量密度を集計した。

表-17 地熱発電（150℃以上）の導入ポテンシャルの推計条件

区分	項目	開発不可条件
社会条件 (法規制等)	法規制区分 (※)	1)国立・国定公園（特別保護地区、第1種特別地域、第2種特別地域、第3種特別地域）、2)都道府県立自然公園（第1種特別地域、第2種特別地域、第3種特別地域）、3)原生自然環境保全地域、4)自然環境保全地域、5)鳥獣保護区のうち特別保護地区（国指定、都道府県指定）、6)世界自然遺産地域
社会条件 (土地利用等)	土地利用区分	7.建物用地、9.幹線交通用地、A.その他の用地、B.河川地及び湖沼、F.海水域
	居住地からの距離	100m未満
	都市計画区分	市街化区域

※条件付き導入ポテンシャル1は、開発不可条件で示された区域の外縁部から1.5km以上離れた内側地域が開発不可区域となる。条件付き導入ポテンシャル2は、国立・国定公園及び都道府県立自然公園の第2種・第3種特別地域が開発不可条件から除外される。

シナリオ別導入可能量は、条件付き導入ポテンシャル1（国立・国定公園なし、傾斜掘削あり）に対してのみ推計した。地熱発電（150℃以上）のシナリオ別導入可能量推計においては、多様なパラメーターが事業性に影響する。そのため賦存量が存在する約6,000の1kmメッシュに対して、GISデータから資源量密度、道路からの距離、送電線からの距離、必要偏距、重力基盤深度のデータを抽出し、メッシュ単位で、FIT単価（15～30円/kWh、2.5円/kWh刻み）×買取期間（15、20、40年間）の21のシナリオ及び事業性試算条件（表-18～19）を基に事業収支シミュレーションを行い、シナリオ別のPIRRを算定し、税引前PIRR≥8%を満たすメッシュを抽出し、資源量密度を集計した。

表-18 地熱発電（150℃以上）の事業性試算条件¹⁰⁾

区分	設定項目	設定値 or 設定式	設定根拠等
主要事業諸元	設備容量	当該地点の資源密度 × 1.5km × 1.5km × π	半径1.5km以内の地熱資源を対象とする。
収入計画	売電単価	15～30円/kWh	2.5円/kWh刻み
支出計画	人件費	1,200万円/人	NEDO「H13地熱開発促進調査」
	修繕費	建設費 × (0.23 × 年次 + 1.63)%	※（本調査では5年次の値を一律とする。）
	諸経費	建設費 × 0.29%	NEDO調査より
	一般管理費	（人件費 + 修繕費 + 諸経費） × 21.6%	NEDO調査より
	その他経費	1,000万円（一律）	NEDO調査より
資金計画	自己資本比率	25%	
	借入金比率	75%	金利4%、固定金利15年元利均等返済
減価償却計画	地熱資源調査費	5年	定額法、残存0%
	掘削費	10年	定額法、残存0%
	基礎費	30年	定額法、残存0%
	基地間道路、道路敷設費、送電線敷設費	36年	定額法、残存0%
	輸送管設置費	8年	定額法、残存0%
	発電施設費	17年	定額法、残存0%
その他の条件	固定資産税率	1.4%	減価償却による評価額の減減を考慮
	法人税率	30%	
	法人住民税	17.3%	都道府県5%、市町村12.3%
	事業税	1.26%	収入課税

※建設費は用地取得・造成費、掘削費（小口径）、掘削費（生産・還元井）、送電線敷設費、基礎設置費、基地間道路整備費、輸送管設置費、発電施設設置費の合計。

表-19 地熱発電（150℃以上）の事業性試算における

関連費用の設定諸言¹⁰⁾

区分	小口径	設定項目	設定方法
地熱資源調査	小口径	単価 × 掘削長さ	一律10万円/m × (資源深度 ÷ 200m) とする
		掘削本数	調査掘削本数（小口径用）
	生産・還元井	単価 × 掘削長さ	一律20万円/m × (資源深度 ÷ 2) × (偏距 ÷ 2) とする
		掘削本数	調査掘削本数（生産・還元井）
		単価 × 掘削長さ	一律20万円/m × (資源深度 ÷ 2/3) とする
		掘削本数	調査掘削本数
掘削費（初期投資）	生産・還元井	単価 × 掘削長さ	一律20万円/m × (資源深度 ÷ 2) × (偏距 ÷ 2) とする
		掘削本数	生産井総本数 × 0.50、調査掘削本数（生産・還元井） × 50%
		掘削本数	一律20万円/m × 資源深度 × 2/3 とする
		掘削本数	生産井総本数 × 0.50、調査掘削本数（還元井用） × 50%
掘削費（追加投資）	生産・還元井	単価 × 掘削長さ	偏距がない場合は、20万円/m × 資源深度とする 偏距がある場合は、掘削長さが長くなるとともに、トロール掘削が必要となるため、 30万円/m × (資源深度 ÷ 偏距 ÷ 2) とする
		掘削本数	生産井総本数 × 0.50
		単価 × 掘削長さ	一律20万円/m × (資源深度 ÷ 2/3) とする
		掘削本数	生産井総本数 × 0.50
用地費	用地取得費	用地費単価	一律1,000円/m ² とする
		用地取得面積	20m/半径 × 資源深度（半径） とする
	用地造成費	造成費単価	一律10,000円/m ² とする
		用地造成面積	用地取得面積 × 3%
基礎費	基礎費	基礎費	3,000円/立方メートル × 設備容量（立方メートル） とする
	生産基礎	掘削単価 × 延長	一律28万円/m × 一律750m とする
		ルート本数	生産井総本数と同一とする
	還元基礎	掘削単価 × 延長	一律28万円/m × 一律500m とする
		ルート本数	還元井総本数と同一とする
輸送管敷設費（初期投資）	生産・還元井	敷設単価 × 延長	敷設単価 × 延長
		本数	生産井総本数 × 0.50 とする
		敷設単価 × 延長	一律17万円/m × 生産井輸送管距離 とする
		本数	還元井総本数 × 0.50 とする
輸送管敷設費（追加投資）	生産・還元井	敷設単価 × 延長	敷設単価 × 延長
		本数	生産井総本数 × 0.50 とする
		敷設単価 × 延長	一律21万円/m × 一律200m とする
		本数	還元井総本数 × 0.50 とする
発電施設費	発電施設費	発電施設費	150℃以上：20万円/立方メートル × 発電所設備容量（立方メートル） とする 120～150℃：10万円/立方メートル × 発電所設備容量（立方メートル） とする ※150℃以上は蒸気フラッシュ発電、120～150℃はバイナリー発電を想定
その他の土木工事費	道路整備費	整備単価	8,500万円/立方メートル とする（傾力と同様）
		道路延長	GIS上で算定された「道路からの距離」（直線距離） × 2倍（曲線等を考慮） 半径500mを超え5.0m以上とする
	送電線敷設費	敷設単価	5,500万円/立方メートル とする（傾力と同様）
		敷設延長	GIS上で算定された「送電線からの距離」
撤去費用	撤去費用	撤去費用	初期投資額の8%とする（評価期間終了時）

2) 推計結果

地熱発電（150℃以上）の賦存量は2,357万kW、基本となる導入ポテンシャル（国立・国定公園なし、傾斜掘削なし）は233万kW、シナリオ別導入可能量は38～601kWと推計された。基本となる導入ポテンシャルを電力供給エリア別に見ると、北海道エリアと東北エリア、九州エリアが全体の92%を占める（図-13～14、表-20）。

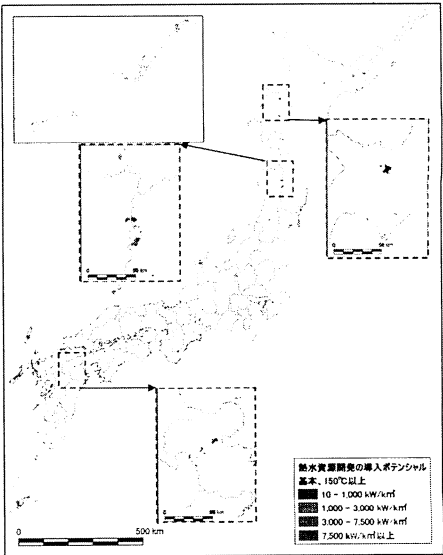


図-13 地熱発電（150℃以上）の

「基本となる導入ポテンシャル」の分布図

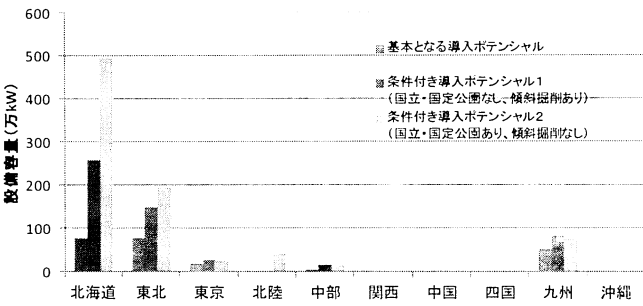


図-14 地熱発電（150℃以上）の導入ポテンシャルの分布状況

表-20 地熱発電（150℃以上）のシナリオ別導入可能量の集計結果

シナリオ	FIT単価×買取期間	設備容量（万kW）
1	15円/kWh×15年間	38
2	30円/kWh×15年間	595
3	15円/kWh×20年間	209
4	30円/kWh×20年間	603
5	15円/kWh×40年間	307
6	30円/kWh×40年間	601
参考：条件付き導入ポテンシャル1		534

※シナリオ別導入可能量は、最新の公園データを反映する以前の導入ポテンシャルをベースに推計しているため、導入ポテンシャルより大きく推計されたものがある。

4. 結果のまとめと考察

導入ポテンシャルの推計結果のまとめを表-21に示す。各エネルギーの調査結果と考察を以下に示す。

①公共系等太陽光発電

導入ポテンシャルは14,688万kW、シナリオ別導入可能量は1,131～10,553万kWと推計された。導入ポテンシャルの46%を耕作放棄地が占める。低未利用地のシナ

リオ別導入可能量が、他小区分よりも導入ポテンシャルと比べて相対的に大きく減少しているのは、造成や架台の設置等の空間整備費が必要となる区分3（表-2参照）に属する施設（河川、鉄道など）が多く含まれるためである。

②住宅用等太陽光発電

導入ポテンシャルは18,518万kW、シナリオ別導入可能量は616～3,896万kWと推計された。戸建住宅用等が導入ポテンシャルの75%を占めるが、シナリオ別導入可能量では全体の10%未満であった。これは戸建住宅用等の事業性試算条件のFIT単価を、前半10年間はFIT単価（30,35,40円/kWh）、後半10年間は回避可能原価を想定した10円/kWhに設定したことにより、開発可能条件である税引前PIRR≥0%を満たせなかったことによるものと考えられる。一方で、共同住宅は、導入ポテンシャルで全体の24%だが、シナリオ別導入可能量では最大で88%であった。これは小規模共同住宅以外の施設に対して、FIT単価（30,35,40円/kWh）、買取期間を20年間に設定したことにより、戸建住宅用等より高い事業化基準（税引前PIRR≥4%）を満たすことができたためと考えられる。

③陸上風力発電

賦存量は134,310万kW、導入ポテンシャルは26,756万kW、シナリオ別導入可能量は4,781～20,342万kWと推計された。導入ポテンシャルが賦存量の約2割にとどまったのは、賦存量が存在するエリアでは、標高や国立公園、土地利用区分等の開発不可条件によって控除される開発不適地が多いことを示す。

④洋上風力発電

基本となる導入ポテンシャル（風速6.5m/s以上、島嶼部控除なし）は138,265万kW、条件付き導入ポテンシャル1（風速6.5m/s以上、島嶼部控除あり）をベース

表-21 導入ポテンシャル推計結果のまとめ

エネルギー種別	中区分	小区分	賦存量 (万 kW)	導入ポテンシャル		シナリオ別 導入可能量(万 kW)
				前提条件	設備容量 (万 kW)	
太陽光	公共系等	公共系建築物	—	基本	2,318	411～2,032
		発電所・工場・ 物流施設	—	〃	2,897	660～2,071
		低・未利用地	—	〃	2,736	60～1,332
		耕作放棄地	—	〃	6,737	0～5,118
		小計	—	—	14,688	1,131～10,553
	住宅用等 太陽光	商業施設	—	基本	249	30～189
		戸建住宅用等	—	〃	13,898	0～284
		共同住宅等	—	〃	4,371	586～3,423
		小計	—	—	18,518	616～3,896
	合計		—	—	33,206	11,169～14,449
風力	陸上	134,310	基本	26,756	4,781～20,342	
	洋上	—	基本	138,265	—	
		—	条件付き 1	106,289	1,492～79,196	
		—	条件付き 2	130,333	—	
	合計	—	—	165,021	6,273～99,538	
中小水力	河川	1,087	基本	898	39～289	
地熱	熱水資源温度 150℃以上	2,357	基本	233	—	
			条件付き 1	534	38～601	
			条件付き 2	848	—	

に推計したシナリオ別導入可能量は1,492～79,196万kWと推計された。条件付き導入ポテンシャル1が106,289万kWであったことから、系統連系のないと考えられる島嶼部周辺に約32,000万kWの導入ポテンシャルがあることがわかる。

⑤中小水力発電（河川部）

賦存量は1,087万kW、導入ポテンシャルは898万kW（地点数19,686）、シナリオ別導入可能量は39～289万kW（地点数83～2,074）と推計された。設備容量で見ると、シナリオ別導入可能量は導入ポテンシャルに対して最大で32%となったが、地点数では11%と少ない。これは規模が大きく経済性が良い地点が事業化基準を満たしているためと考えられる。

⑥地熱発電（150℃以上）

賦存量は2,357万kW、基本となる導入ポテンシャル（国立・国定公園なし、傾斜掘削なし）は233万kW、条件付き導入ポテンシャル1（国立・国定公園なし、傾斜掘削あり）をベースとして推計したシナリオ別導入可能量は38～601万kWと推計された。条件付き導入ポテンシャル2（国立・国定公園あり、傾斜掘削なし）が848万kWと推計されたことから、国立・国定公園内に熱水資源（150℃以上）が多く賦存していることがわかる。

5. おわりに

本調査結果は、環境省ホームページにて公開されて、自治体や事業者等に導入計画の策定や事業適地の選定等に利用して頂いている。また、多くの方から本調査結果に関する問合せを頂いていることから、本調査に対する興味・関心の高さが伺え、本調査が目的とした再生可能エネルギーの導入可能性等に対する理解と利便性の向上については、その一端を担えたのではないかと考えている。

本稿は環境省委託調査の成果の一部を報告したものであるが、あくまでも筆者らの責任で取りまとめたものである。なお、本稿が基としている環境省委託調査報告書は、関連するマップとともに環境省ホームページ

(<http://www.env.go.jp/>)に掲載されているので、併せて御参照頂きたい。

謝辞：環境省委託調査（H21～24,各年度調査）の実施にあたっては、作業の進捗管理や調査の方向性や調査方法に関して関係者から意見及びアドバイスを頂くことを目的とした全体会議を開催した。全体会議には、アドバイザーとして一般社団法人太陽光発電協会、茨城大学農学部 地域環境科学科、一般社団法人日本風力発電協会、全国小水力利用推進協議会、独立行政法人産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門、横浜国立大学大学院 環境情報研究院、弘前大学北日本新エネルギー研究センターに所属するエネルギーの専門家に参加頂いた。全体会議ではアドバイザーから本調査遂行のために惜しみないご支援とご協力を頂いた。また、エネルギー別に設置したワーキングでは、アドバイザーと多くの事業者の方々に参加頂き、有用なアドバイスを賜った。この場を借りて感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 環境省：平成 21 年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書，2009.
- 2) (株)エックス都市研究所, アジア航測(株), パシフィックコンサルタンツ(株), 伊藤忠テクノソリューションズ(株)：平成 22 年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書，2010.
- 3) 環境省：平成 23 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，2011.
- 4) 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，2012.
- 5) 一般社団法人太陽光発電協会：「太陽光発電システム手引書」基礎編，2010.
- 6) 経済産業省：調達価格等算定委員会資料（第8回），2013.
- 7) (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構：風力発電導入ガイドブック，2008.
- 8) (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構：再生可能エネルギー技術白書，2010.
- 9) 経済産業省 資源エネルギー庁：ハイドロパレー計画ガイドブック，2005.
- 10) (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構：「地熱開発促進調査開発可能性調査（戦略的調査全国調査）」，2001.