

第9章 推計結果の検証

9.1 地熱発電所出力と仮想設備容量の比較検証

(1) 比較検証の方法

既設発電所の出力と仮想設備容量を比較することで検証を行った。地熱発電所の出力については H24 年度に検討した以下に示す発電所区分の考え方に従い、「地熱発電の現状と動向（一社）火力原子力発電技術協会（2012 年）」の最新データ（平成 23 年度）を用いて検討した。なお、発電所地点の仮想設備容量は発電所ポイントデータから半径 1.5 km の円内を想定し集計して算出した。

A：最大電力が漸増しながら設備容量に近づくパターン（6 箇所）

（八丁原、鬼首、九重、大岳、滝上、大霧）⇒H23 認可容量を採用

A'：最大電力が漸減しながら設備容量より下回った一定値に近づくパターン（3 箇所）

（上の岱、澄川、山川）⇒H23 認可容量を採用

B：運転開始後一定期間（数年程度）、出力が一定であるが、その後、一貫して最大電力が低下するパターン（8 箇所）⇒H23 最大電力を採用

（葛根田、八丈島、柳津西山、大沼、松川、杉の井、森、霧島）

(2) 比較検証の結果

既設発電所の出力と仮想設備容量を比較した結果を表 9.1-1 に示す。H22 年度調査では多くの既設発電所における仮想設備容量が既設発電所の出力よりも小さくなった。本調査では、NEDO の地熱開発促進調査等の詳細データを追加すること等によって、森、松川、杉乃井、大岳、八丁原、大霧、霧島国際ホテル、九重の各発電所の仮想設備容量が既設発電所の出力よりも大きく算出された。なお、八丈島については重力基盤標高、AIST 3D モデル等の範囲外であり、NEDO 地熱開発促進調査でも先新第三系が確認できなかったため基盤標高データが設定できず、本調査の算出手法では資源密度が算出できなかったことから八丈島地域の地熱貯留層下底深度を海拔-3000m として推計した。

本調査では、蒸気フラッシュ発電の温度区分を 150℃以上だけでなく、180℃以上、200℃以上で区分している。各温度区分において仮想設備容量が既設発電所の出力を下回った発電所を以下に示す。

150℃以上：杉乃井、山川

180℃以上：森、杉乃井（表出せず）、山川

200℃以上：森、杉乃井（表出せず）、山川

既設発電所の出力と仮想設備容量の違いの原因を以下に考察する。

森地域は、小型じょうご型カルデラという平面的に非常に限定された地質構造をもち、かつ確認されている地熱貯留層が先新第三系中のフラクチャ中に存在するとされている。そのため「地熱貯留層は新第三系かより新しい地層中に存在する」という容積法のモデルが当てはまらない。先新第三系の分布深度が他の有望・開発地域に比較して浅いために、本調査の算出方法では貯留層温度と貯留層体積が共に小さく算出され、差が生じたものと考えられる。

杉乃井地域を含む別府南部地域は、断裂帯に規制されて北西側の鶴見岳火山から南東方に流動する熱水系モデルが考えられており、高温の温泉や地下温度データが得られている範囲が狭小である。そのため、資源量が小さく見積もられた可能性がある。

山川地域における既存発電所の出力とのかい離は貯留層下底深度の設定が影響している可能性がある。本検討では、貯留層下底深度（先第三系基盤岩深度）を、AIST 3D モデルを用いて約-600m と設定したが、山川地域の坑井（最大掘削深度 3,505m）では、おそらく先新第三系基盤岩は出現していない。そのため本地域での貯留層体積を過小評価している可能性がある。また、山川発電所から半径 1.5km 以内には海域も含まれるが、本調査では海域部分は資源量計算の対象外としていることも影響していると考えられる。

また、八丈島地域では、前述のとおり先新第三系の深度情報が無いため、地熱貯留層深度を海拔-3000m として資源量を算出した。海拔-3000m は NEDO（2002）の地熱開発促進調査地域での資源量評価で用いられた値である。他地域での貯留層下底深度と比較してみると大きな値となっており、八丈島地域の資源量が大きく算出された要因になっていると考えられる。

表 9.1-1 発電所の発電状況の推移を考慮した発電所出力と仮想設備容量見直し結果の比較

NO	発電所名	H22仮想設備容量 (kW)			H23現在の設備容量 (kW)	H23現在の認可出力 (kW)	H23平均発電量 (kW)	H23最大電力 (kW)	発電所区分	比較する発電所出力 (kW)	H25仮想設備容量 (kW)						
		53~120℃	120~150℃	150℃以上							53~120℃	80~120℃	120~150℃	120~180℃	150℃以上	180℃以上	200℃以上
1	森	2	-	-	50,000	50,000	11,992	14,000	B	14,000	560	542	1,152	2,784	15,244	3,101	1,007
2	大沼	185	4,035	131,728	10,000	9,500	6,603	6,900	B	6,900	171	177	948	4,302	97,964	73,874	54,480
3	澄川	733	3,316	145,659	50,000	50,000	34,402	43,700	A'	50,000	146	149	770	2,776	101,918	87,765	72,725
4	松川	712	-	-	23,500	23,500	8,434	13,800	B	13,800	428	410	1,110	3,936	89,853	69,642	51,532
5	葛根田	139	762	27,815	80,000	80,000	35,142	40,400	B	40,400	100	100	486	2,193	146,309	135,093	119,762
6	上の岱	15	5,266	42,619	28,800	28,800	27,385	28,800	A'	28,800	139	144	573	2,294	88,822	76,830	63,980
7	鬼首	204	2,377	12,678	25,000	15,000	4,374	6,000	A	15,000	101	108	559	2,605	47,402	32,873	20,718
8	柳津西山	593	2,964	67,940	65,000	65,000	28,773	36,900	B	36,900	254	270	977	3,063	65,771	50,785	37,481
9	ハ丈島	-	-	-	3,300	3,300	2,044	2,502	B	2,502	171	176	707	2,871	271,512	257,804	243,205
10	杉乃井	1,488	154	-	1,900	1,900	889	950	B	950	748	767	1,255	1,351	834	0	0
11	滝上	596	1,762	27,261	27,500	27,500	26,755	27,300	A	27,500	430	459	1,608	5,561	98,962	69,632	43,394
12	大岳	1,139	-	-	12,500	12,500	8,434	10,060	A	15,000	284	285	1,301	5,348	125,472	96,515	68,832
13	八丁原	1,362	231	-	110,000	110,000	81,400	100,800	A	110,000	162	165	844	3,789	172,470	151,702	126,776
14	大霧	1,250	46	-	30,000	30,000	27,456	29,600	A	30,000	431	418	1,157	4,194	78,017	56,296	38,104
15	霧島国際ホテル	207	444	-	100	100	28	95	B	95	693	664	1,419	3,897	48,830	30,143	17,822
16	山川	560	9,512	213,851	30,000	30,000	17,309	20,400	A'	30,000	182	199	763	1,902	15,803	7,365	3,242
17	九重	1,635	94	-	2,000	990	790	990	A	990	458	461	1,542	5,511	106,666	77,754	50,691
18	岳の湯	327	1,643	29,951	-	-	-	-	H14に廃止	-	310	327	1,293	4,839	157,534	132,004	110,068

※葛根田、八丁原は2つの発電所の合計値を掲載した。

※大岳発電所は、平成25年から認可出力を15,000kWに変更予定。

※青字は、150℃以上、180℃以上、200℃以上の仮説設備容量が比較する発電所出力よりも低く見積られた値。

9.2 学識者・開発者ヒアリング結果

地熱資源に関する有識者 5 名に対しヒアリングを実施し、資源量推計手法やパラメータ設定方法、また地熱資源密度分布図等の成果物の内容の妥当性や有益性についての意見聴取を行った。

本調査の成果物である地熱資源密度分布図については、過年度の資源密度分布図に比較して、資源分布の妥当性が向上しているという評価が得られた。また、資源密度分布図や地下温度構造可視化ツールが、特に新規参入を考えている事業者にとって有用な情報になるとの評価が得られた。

表 9.2-1 ヒアリング実施結果

ヒアリング対象者	ヒアリング結果
A 氏（学識者） （ヒアリング実施 時期：平成 26 年 2 月）	<p><温泉水を用いた温泉発電可能量の計算法について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・大里・村岡（2008）のカーリーナ・サイクルにおける温度と電力変換効率の関係を示した図において、空冷の場合は 6 点を使用して近似式を導出した。水冷の場合の関係はデータが 1 点しかないので、空冷で得られた関係式と同勾配の直線がその点を通るとして、関係を導出した。 ・温泉発電可能量は、全て水冷の条件下で計算した。 ・計算温度における電力変換効率の値は、上述の図から得られた関係式に計算温度そのものを代入して得られる数値ではなく、計算温度と 53.284℃との中間の温度値を代入して得られる変換効率値（すなわち計算温度代入の場合の 1/2 の値）を採用した。 <p><その他></p> <ul style="list-style-type: none"> ・蒸気井における温泉発電可能量の計算については、火力原子力発電技術協会発行の「地熱発電の現状と動向」にある、蒸気発電の蒸気量と発電量の関係を用いればよいのではないかと。
B 氏（学識者） （ヒアリング実施 時期：平成 26 年 3 月）	<p><資源量評価手法、及びヒアリング時点での暫定版資源密度分布図について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・豊羽・定山溪、森、栗駒、蔵王、伊豆諸島、阿蘇の地域で計算された資源量が少ないように思える。 ・九州は阿蘇を除けばそれなりに評価ができていると思われる。 <p><広域～全国の地熱資源評価法について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・現在の容積法計算では地下温度構造は捉えられていると思うので、広域の資源量評価をさらに進めようと思うと、地下水流量を考慮した動的なフローの量の評価できるとよい。それには、地域を区切って、深層まで達している地下水の流量を把握することが必要になる。
C 氏（開発者等） （ヒアリング実施 時期：平成 26 年 3 月）	<p><資源量評価手法、及びヒアリング時点での暫定版資源密度分布図について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・豊羽・定山溪、森、湯沢～皆瀬～小安地域、那須、日光の各地域で計算された資源量が少ないように思われる。 ・那須、日光等は、地熱掘削調査が行われておらず、深いボーリングデータが無いことが資源量が計算されていない原因となっているのではないかと。 ・発電所地域の地下データの資料として以下の 2 資料が有用である。(1) 新版 わが国の地熱発電所設備要覧（日本地熱調査会、2000）、(2) 地熱エネルギーハンドブック（日本地熱学会 地熱エネルギーハンドブック刊行委員会編、2014）。 <p><温泉水を用いた温泉発電可能量の計算法について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・大里・村岡（2008）のカーリーナ・サイクルにおける温度と電力変換効率の関係を示した図から導出された関係式は村岡氏の考案によるもの。 ・村岡氏が計算温度と 53.284℃との中間の温度値を代入して得られる変換効率値を用いたのは妥当と思われる。

ヒアリング対象者	ヒアリング結果
	<p><大里による方法で用いられた温泉水を用いた温泉発電可能量の計算法について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・両者の計算方法は同一である。示されている発電可能量は送電端の値である。 ・温泉発電では季節（夏季と冬季）によって発電（電力変換）効率がかなり変わることに留意すべきである。 ・不活性ガス媒体の場合の発電効率は、カーリーサイクルやランキンサイクルに比べかなり低いことが明らかになっている。 ・温泉発電実績の最低熱源温度は約 74℃であるが、これはアラスカでの事例で冷却水温度が 4℃という、やや特殊な条件である。 <p><その他></p> <ul style="list-style-type: none"> ・本事業で設定した温泉発電が可能な温泉の条件（1.湧出温度 80℃以上、2.湧出量 100L/分以上）は、発電事例から見て妥当と考えられる。湧出量は 50L/分でよいかもしれない。 ・村松浜温泉については、過去に行ったヒアリングによると、湧出量が金原（2005）の記載値より大幅に小さい可能性がある。 ・蒸気を用いた温泉発電可能量の計算では、蒸気量を等しいエンタルピーの熱水量に置き換えて発電可能量を計算することが適当だろう。
<p>D 氏（開発者等） （ヒアリング実施 時期：平成 26 年 6 月）</p>	<p><資源密度分布図の作成手法及びそれに表現された地熱資源分布等の妥当性について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・道南地域が低いように見える。例えば森地域の資源量が小さい。 ・低温バイナリーの温度範囲を 53℃から 80℃にするのは妥当だろう。 ・既設発電所地域では、発電所の運転実績と容積法評価の比較などができるかもしれない。ただし、多くの場合発電に使用している貯留層温度は 200℃程度以上なので、容積法評価と比較するのは「150℃以上」ではなく「200℃以上」の資源量が妥当だと思われる。その考えで捉えると容積法評価では過小評価されているように見える。 ・公表されるのであれば、できるだけ詳細なデータが公表されるのが望ましい。新規参入者にとっては役立つデータになると思う。データを見る人（企業）のレベルによって、データの価値や影響度が違ってくるだろう。 ・円形に近い資源分布域が見られるが、実際にはもっと断裂系に規制された資源分布になると考えられる。 ・資源分布もおおよそ妥当と思われ、有用なマップだと思う。ただし、地熱は地下資源開発としての難しさが、太陽光や風力の資源マップと横並びで評価されることには気を付けるべき。
<p>E 氏（開発者等） （ヒアリング実施 時期：平成 26 年 6 月）</p>	<p><資源密度分布図の作成手法及びそれに表現された地熱資源分布等の妥当性について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・特に既設発電所地域での発電所の実績との比較によって資源マップとしての妥当性が評価・判断されることになると思われる。その意味では日本を代表する大岳・八丁原で容積法評価が小さく計算されているのが気になる。 ・発電所地域の坑井データは「わが国の地熱発電所設備要覧」（地熱調査会、2000）に掘削深度と最高温度が掲載されているので、それを参照すると良い。 ・個別に確認すると過大・過小評価されているといった差異があるが、資源の分布傾向については H22 年度のマップに比べてかなり妥当なものになったと思う。 ・資源マップや地下温度構造可視化ツールは、一般的な評価として有用だと思う。特に新規参入する事業者にとって有用だろう。