

主力電源としての地熱発電導入の展望

2019年10月29日 日本地熱協会

標準的な中規模7,499kW
松尾八幡平地熱発電所 2019年1月29日運開



山葵沢地熱発電所の営業運転開始について

～国内で 23 年ぶりとなる新規の大規模地熱発電所の運転開始～

待望の大規模

46,199kW

山葵沢地熱発電所運開

本日、営業運転を開始しました。

所在地	秋田県湯沢市
出力	46,199kW ¹
着工	平成27年5月25日

湯沢地熱株式会社
電源開発株式会社
三菱マテリアル株式会社
三菱ガス化学株式会社



地熱発電の導入状況（日本地熱協会調べ）

本格的な資源調査が不要でリードタイムの短い小・中規模案件が先行しているが、大規模案件は未だ調査・開発途上にあり、且つ、公表出力11万4千kWは**エネルギーミックス2030年目標約100万kW増に程遠い**。

区分	導入量		調査・開発中	
	地点数	出力 (MW)	地点数	出力 (MW)
大規模 (数万kW級)	1	46	27 (6)	— (99)
中規模 (数千kW級)	6	26	28 (7)	— (15)
小規模 (数10～100kW 級)	34	2.6	25 (1)	— (0.09)
合計	41	74.6	80 (14)	— (114)

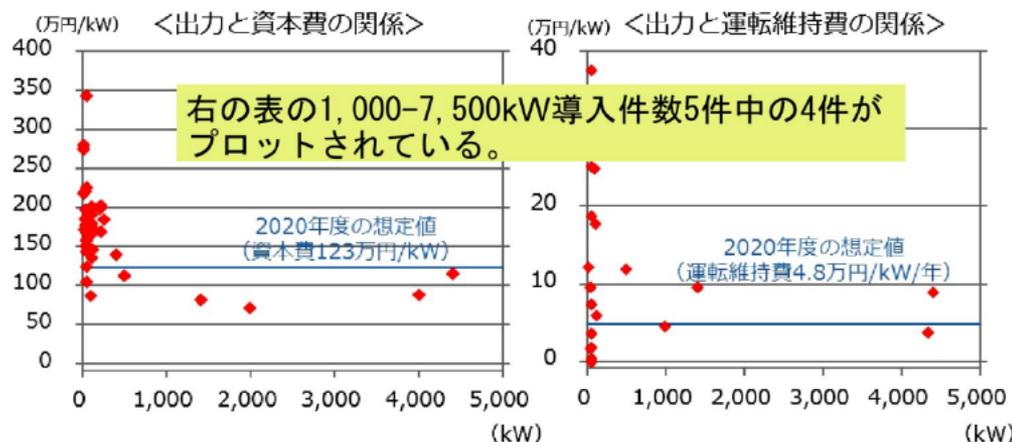
※調査・開発中地点の（ ）内は規模を公表している地点数とその出力合計。

調査の結果、資源量が十分でなく、**断念せざるを得なかった案件が、既に大規模で3地点、中規模で1地点ある。失敗リスク低減策が必要**。

地熱発電の導入状況（日本地熱協会調べに基づくコスト分析）

- ◇ 小規模は温泉発電なのでFITのコスト想定対象外であり、資本費、運転維持費共にバラツキが極めて大きく、個別特殊要因の影響が甚だ大きい事に留意が必要。
- ◇ 中規模4件は**資本費**がFIT想定値を下回るが、何れも探査・掘削リスクフリーの既知案件。**運転維持費**が想定値を上回る2件の内の1件には町所有井の（熱）使用料が含まれている特殊事情がある。他の2件は既設発電所に付帯しているため、運転維持費が安い。**従って、中規模はデータが不十分で経験豊富企業による標準的なケースの松尾八幡平のデータが期待される。更に、大規模の山葵沢が今年5月に運開したのでそのデータが待たれる。**
- ◇ 主要な減価償却が終了する15年まではFIT等によって投資回収の確実性が担保されることが、投資判断の上で重要であるが、その後は数十年にわたり格段に運転維持費が安く（FIT前既設地熱発電所の発電コストは、7～8.2円/kWh程度と推定される）自立可能と考えられるので、こうした**電源特性を踏まえたFIT価格の検証**が必要。
- ◇ 国民負担最小化を目指す時、発電コストだけでなく、調整力コストも含めた全体コストと便益を比較すべきであろう。

【参考 50】地熱発電（15,000kW 未満）の資本費と運転維持費



平成 31 年 1 月 9 日（水）調達価格等算定委員会

【参考 51】地熱発電の規模別のコスト動向

	-100kW	100-1,000kW	1,000-7,500kW	7,500-15,000kW
認定件数	31件	38件	8件	1件
導入件数	24件	22件	5件	0件
資本費 平均値 (万円/kW)	190	164	88	—
運転維持費 平均値 (万円/kW/年)	10.7	13.0	7.4	—
設備利用率 平均値 (%)	48.2	54.9	81.1	—

主力電源たる地熱発電の在るべき姿

国民負担の海外流出を抑制できる

地熱発電の特長は、

- ① 世界最高水準技術を有する**純粋国産**の**クリーン**な**高利用率安定**電源であり、**山間地**を有する**地方自治体**に**貢献**し、**災害に強い分散型**電源
- ② 50年を超える**長期の設備寿命**で、**長期的に考えれば安価**な電力を供給可能

しかしながら、時間を掛けて**地元の理解**を得ながら、**見えない地下**を調査する過程で**徐々に発電出力の見通し**が得られるものであるため、**事業継続の予見性**が**自明でない**という課題も・・・。

そのため、開発に至る**リスク**を**最小限**にする**事業者の更なる研鑽**が求められ、それを**援助する国の施策**が望まれる。

主力電源たる地熱発電の在るべき姿

エネルギーミックスの2030年目標は約**100万kW**の新規増設による発電電力量シェア**1.0～1.1%化（3倍化）**である。

平成25年度環境省机上調査報告書では、200℃以上の地下条件による蒸気フラッシュ発電の導入ポテンシャルは第2種・第3種特別地域内開発有り、第1種特別地域内傾斜掘削なしの条件下で試算され、導入ポテンシャルが**648万kW**とされたので、2050年に向けて、この数値に近づける仕組みが必要。

表-2 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル集計結果

発電方式	対象温度区分	推計条件	導入ポテンシャル (万kW)	(参考) 過年度調査における推計結果
蒸気フラッシュ発電	150℃以上	基本（国立公園なし、傾斜掘削なし）	785	233(※1)
		条件1（国立公園なし、傾斜掘削あり）	1,267	534(※1)
		条件2（国立公園あり、傾斜掘削なし）	1,407	848(※1)
	180℃以上	基本（国立公園なし、傾斜掘削なし）	446	推計していない
		条件1（国立公園なし、傾斜掘削あり）	787	〃
		条件2（国立公園あり、傾斜掘削なし）	887	〃
	200℃以上	基本（国立公園なし、傾斜掘削なし）	313	〃
		条件1（国立公園なし、傾斜掘削あり）	574	〃
		条件2（国立公園あり、傾斜掘削なし）	648	〃
バイナリー発電	120～150℃	基本（国立公園なし、傾斜掘削なし）	49	33(※2)
	120～180℃	条件2（国立公園あり、傾斜掘削なし）	68	推計していない
		基本（国立公園なし、傾斜掘削なし）	93	〃
		条件2（国立公園あり、傾斜掘削なし）	136	〃
低温バイナリー発電	53～120℃	基本（国立公園なし、傾斜掘削なし）	171	751(※2)
	80～120℃	基本（国立公園なし、傾斜掘削なし）	121	推計していない

主力電源たる地熱発電の在るべき姿

事業者の更なる研鑽

⇒コスト削減に向けた業界努力が既になされているが、更なる努力が必要

<これまでの業界の取組>

- タービン排気の軸流化による小型化・コスト削減
- 属人知の組織知化⇒地熱協会技術部会に於けるノウ・ハウ共有
- 失敗事例の共有化によるトラブルコスト低減
- JOGMECおよびNEDOと共同歩調で開発中の最新技術の適用
- 人材採用・育成による技術の内在化
- 余剰資機材棚卸リストによる業界内資機材融通
- 掘削管理技術力獲得による、一括請負から日割り発注への転換
- 地域受容性の向上に資する協議会での説明内容の工夫
- 開発に係る法的担保が無い状況下での経営層・株主説得

健全なる導入促進～自立化に向けて

全体像（次ページから詳述）

2021年度

現行FIT価格：40円/kW（15,000kW未満）、26円/kW（15,000kW以上）

2022年度以降の方針

導入促進～自立化
に資する

地熱特有のリスクを
低減する抜本策①②③
が実現するのであれば
新制度への移行可能

地熱特有のリスクを
低減する抜本策の実績

新制度

① 系統リスクへの対応

② 資源探査リスクへの対応

③ 規制リスクへの対応

新制度

(A) 競争電源

- 区分：2,000kW以上
※ 高圧／特高圧の境界値
- 取扱い：地熱版FIP

(B) 地域活用電源

- 区分：2,000kW未満
※ 高圧／特高圧の境界値
※ 地産地消、熱利用、レジリエンス、地域活性化等に資する
- 取扱い：現行FIT制度の基本的な枠組み

(C) 新制度への移行に伴う経過措置

一定期限までに掘削着手している案件は
現行FIT価格（40円/kW（15,000kW未満）、26円/kW（15,000kW以上））を適用

地熱特有のリスクを低減する抜本策（1/4）

■ 考え方

- 地熱発電の一番のネックは、調査・開発上のリスク
- 調査・開発上流におけるこれらのリスクは、**現行の政策メニューで十分にカバーできているとは言えず、結果として、他電源に比して高いFIT価格が設定されているものの、それを享受できる所まで辿りつけた案件は少ない**

（2,000kW以上：計5件、2019年9月末時点、日本地熱協会調べ）

- 導入促進を妨げている「**地熱特有のリスク**」（**ボトルネック**）は

- ①**系統**リスク
- ②**資源探査**リスク
- ③**規制**リスク

⇒これらのリスクを「**低減する抜本策**」が講じられれば、健全なる導入促進～FITからの自立化も期待できる（次ページより①②③詳述）

① 系統リスクへの対応

起きている問題

- 地熱発電は、調査・開発後期にならないと設備容量を確定できない（＝系統連系を申請できない）
※確定できるのは、掘削成功→噴気成功→貯留層シミュレーション後
- にも拘わらず、先着主義で他電源と系統枠を争う現行制度においては、系統を押さえられない／想定外の系統費用負担を余儀なくされた案件が続出
※資源があっても事業化できない
- 系統確保の見通しが立たない状況下では、今後の地熱開発に対する民間の投資マインドは大きく後退
※ただでさえハイリスクの地熱開発に経営も一層躊躇

解決策

系統枠

- 地熱ポテンシャルをふまえた「**プッシュ型**」整備（特に、北海道・東北・九州）
 - 地熱分として確保（+100万kW分）
- 基準を満たす案件は、設備容量が確定しない**初期段階でも系統申請（仮押さえ）**を認める
 - 例えば、JOGMEC助成時に認められた目標出力で申請。開発進捗に応じて調整

費用

- **公的負担**または**公的ファイナンス**（注）
 - 地熱は、資源所在の特性上、アクセス線の費用負担が他電源より大きくなりがち
 - 注）例えば、国が一般送配電事業者に系統増強費を立替え払い。運転開始後、地熱発電事業者が国に対し分割返済

最大+100万kW分の限定的措置
でもよいのでご検討いただきたい
（2030エネルギーミックス）

② 資源探査リスクへの対応

起こっている問題

- 地熱は常に掘削失敗のリスク（資源がない／資源に当たらない）を伴う
- 掘削失敗が重なると、資源はあっても事業化できないケースも
※民間企業は各社の投資基準をもとに開発投資を行っている
- 現行FITにおいて、運転開始まで辿りつけた案件（2,000kW以上）の成功のカギは、既往調査（NEDO促進調査等）が当たった井戸を一部譲り受ける等、資源探査リスク低減を享受できたこと
※山葵沢（46,199kW）、松尾八幡平（7,499kW）、菅原（5,000kW）等

解決策

- 開発初期のリスクを低減する
公的な先導調査（JOGMEC先導調査）
- 調査のための調査ではなく、開発成果につなげることを強く意識した調査
 - 国立公園（第1～3種特別地域）も調査対象
 - 日本の地熱ポテンシャルの8割は国立・国定公園内に存在
 - かつてのNEDO促進調査では国立公園は調査対象外だった
 - 開発を見据えた掘削（+それを可能にする政策）
 - 温泉部会を通し、仮噴気試験まで行う
 - 掘削基地をまとめ、大口径・傾斜掘り（=国立公園内で改変範囲を最小化できる）

最大 + 100万kW分の限定的措置
でもよいのでご検討いただきたい
（2030エネルギーミックス）

③規制リスクへの対応

起こっている問題

- 地熱開発は、各種**保護規制**のハードルを越える必要がある
 - 森林法、国有林野管理経営法、温泉法、自然公園法など
- 中央からの指針が示されても、地方自治の枠組み及び現場の特殊事情から、必ずしも合理的とは言い難い**現場独自の運用**がなされている
例)
 - 保安林内作業期間の制限・林道整備等に関する許認可基準が厳しく、そもそも地熱開発できない
 - 温泉部会に地熱専門家不在。わからないので過剰に保守的な判断になりがち
 - 掘削に関し、本質的とは言い難い形式的基準が「内規」として存在（例：「坑口」距離を[数百]m離して掘削、1発電所2生産井まで等）

解決策

下記を満たすような**法整備**

- 地熱開発**促進**の**法的根拠**
- ポテンシャルが見込まれるエリアを**促進区域**に指定
- 促進区域においては、「**特区**」的に地熱開発を**促進する優遇策**を講ずる
- 促進区域における事業化に当っては、**公募**で優先事業者を選定する
- 優先事業者は、一定期間において**排他的な開発権**を得る
 - 乱開発の防止や、地熱資源の有効活用（ムリもせず・ムダもない）にも寄与

最大 + 100万kW分の限定的措置
でもよいのでご検討いただきたい
(2030エネルギーミックス)

新制度（A）：競争電源

■ 定義

- 設備容量：2,000 kW以上（高圧／特高圧の境界値）

■ 取扱い

- 地熱版FIT
 - 地熱発電／ベースロード再エネという電源特性に応じた制度設計
 - 今後の主力化小委にて示される事務局案もふまえ、詳細検討したい

■ 考え方

- 地熱開発は資源開発
- すなわち、その本質は「当該エリアの資源量に合わせて、持続可能な出力を設定することにある」
- にも拘わらず、15,000kWを境に40円・26円の2階段になっている現状では、15,000kWを超える資源がある場合でも、15,000kW未満の開発を行うことが合理的（地熱開発は保守的に進められてしまう）
- 地下資源量を最大限活用するインセンティブが働くような地熱版FITとすべき
- 過去、FIT価格の議論の際には、日本地熱開発企業協議会からはフォーミュラー方式を提案

新制度（B）：地域活用電源

■ 定義

- 設備容量：2,000 kW未満（高圧／特高圧の境界値）

■ 考え方

- 低圧～高圧クラスの地熱発電所は、例えば地域新電力にとっても扱いやすいサイズであり、地域のために活用する電源と位置付けられるのでは
- 要件例：地産地消、熱利用（足湯等）、レジリエンス、地域活性化等に資する（次ページに参考事例）
- ただし、隣接する大規模地熱発電を阻害しないものとする必要あり

■ 取扱い

- 現行FIT制度の基本的な取組み

(参考) 地域に便益をもたらす事例 (地熱発電)

再生可能エネルギー主力電源化
制度改革小委員会 (第1回)
資料4より

- 地熱発電については、
 - 発電事業者が電気の売電を行わず自家消費している事例
 - 発電後の蒸気・熱水を地域で有効活用している事例
 など、地域活用を図っている事例が見られる。
- 地熱発電は、水力発電同様、安定した発電が可能なベースロード電源である一方、導入量が少ないため、地域活用を促進することは、エネルギーの有効利用の観点からも重要である。

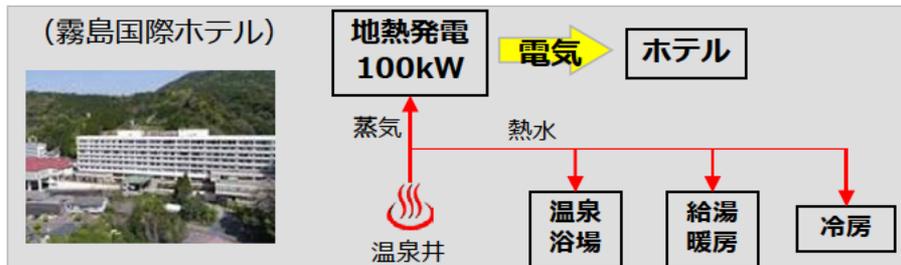
<自家消費の事例①>

- ✓ 杉乃井ホテルの地熱発電所 (大分県別府市：出力1,900kW) により発電された電気は、同ホテル内で**自家消費**され、ピーク時の使用電力の40%超が賄われている。



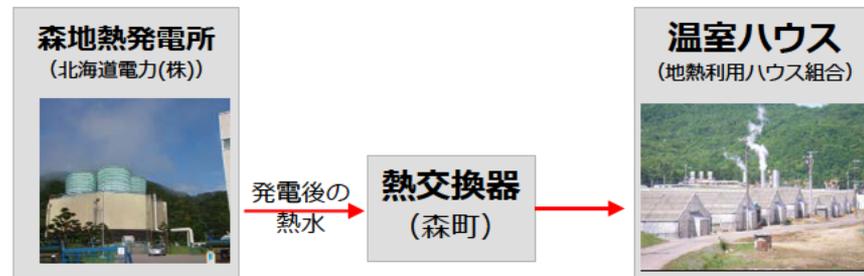
<自家消費の事例②>

- ✓ 霧島国際ホテルの地熱発電 (鹿児島県霧島市：出力100kW) は、温泉の余剰蒸気を活用した発電所であり、発電された電気はホテル内で**自家消費**されている。
- ✓ 温泉の熱水は、浴用だけでなく暖房等へ利用されている。



<蒸気・熱水の有効利用の事例①>

- ✓ 北海道電力(株)の森地熱発電所 (北海道森町：出力25,000kW) では、還元熱水の一部が熱交換され、トマト・キュウリ等を栽培する温室ハウスで活用されている。



<蒸気・熱水の有効利用の事例②>

- ✓ 土湯温泉バイナリー発電所 (福島県福島市：出力440kW) では、発電後の熱水が、エビの養殖に活用されている。



新制度（C）：移行に伴う経過措置

■ 新制度への移行に際しては、経過措置を設ける

— 経過措置の例

- 地熱特有のリスクを低減する抜本策の実現が確認できれば新制度へ移行
- 一定期限までに掘削調査に着手している案件は、現行FIT価格を適用
- アセス対象／非対象で年限を分ける

— 経過措置を設けるべき理由

- 地熱は長期開発であり、かつ特有のリスクがある
- 現行FIT価格を前提に、地表調査を経て、掘削調査に進んでいる案件（＝累積で相応のリスクマネーを投入済み）に対し、ハシゴを外すかのような急速な価格切り下げは、今後の投資インセンティブを過剰に冷やす
- 「経過措置なしでも、2021年度認定に間に合わせればよい」との見方もあるかもしれないが、地熱が「設備容量」を確定できる（＝認定申請できる）には、掘削成功→噴気成功→貯留層シミュレーション等のステップが必要。現在掘削中の案件でも、2021年度中の認定申請には相応の難度を伴うものであり、十分な配慮が必要

50年以上稼働し続ける日本の地熱発電所

**松川23.5MW
1966年運開**



**大岳12.5MW
1967年運開**



写真出典：日本地熱調査会（2000）

次なる目標は、100年持続を実証しているイタリアのラルデレロ地熱発電所