

主力電源としての 地熱発電導入の展望

日本地熱協会

2020年10月30日

地熱発電の導入状況 (FIT導入後、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
- 2030年度エネルギーミックスには程遠い
 - 導入目標：1,400-1,550MW →FIT導入後の新規積増し目標は、+約1,000MW

区分	FIT後導入量		調査・開発中	
	地点数	出力	地点数	出力
大規模 (10M超)	1	46MW	24 (6)	— (99MW)
中規模 (1-10MW)	6	26MW	30 (7)	— (20MW)
小規模 (1MW未満)	62	8 MW	29 (2)	— (0.46MW)
合計	69	80MW	83 (15)	— (119MW)

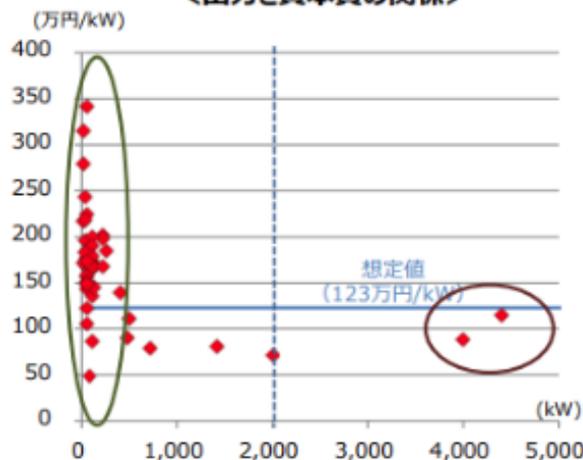
※調査・開発中地点の () 内は規模を公表している地点数とその出力合計

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、大規模で4地点、中規模で2地点ある →失敗リスク低減策が必要

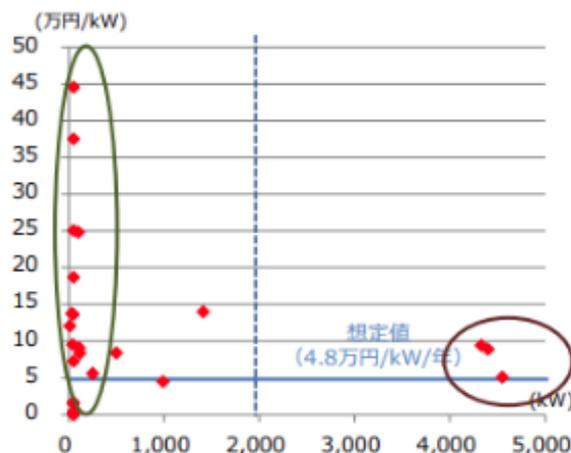
導入状況とコスト分析（日本地熱協会調べ）

- 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
- 1,000kW以上の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、松尾八幡平（7,499kW, 2019年1月運開）のデータが待たれる。大規模は、山葵沢（46,199kW, 2019年5月運開）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

＜出力と資本費の関係＞



＜出力と運転維持費の関係＞



＜地熱発電のコスト動向＞

機械的・簡易的に計算したLCOE	-100	100 - 1000	1000 - 7500	7500 - 15000	15000 -
0円/kWh～20円/kWh	0件	0件	4件	0件	0件
20円/kWh～25円/kWh	2件	0件	0件	0件	0件
25円/kWh～30円/kWh	1件	1件	0件	0件	0件
30円/kWh～35円/kWh	2件	0件	0件	0件	0件
35円/kWh～40円/kWh	4件	0件	0件	0件	0件
40円/kWh以上	9件	15件	0件	0件	0件
合計	18件	16件	4件	0件	0件

出所：調達価格等算定委員会（2020年9月28日）

地熱発電の特徴

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粹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
- ②50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

地熱業界としての努力

信頼される電源として、より早く・安く・安全に：

- 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
- 環境配慮・安全確保講習の実施

地熱発電の導入ポテンシャル

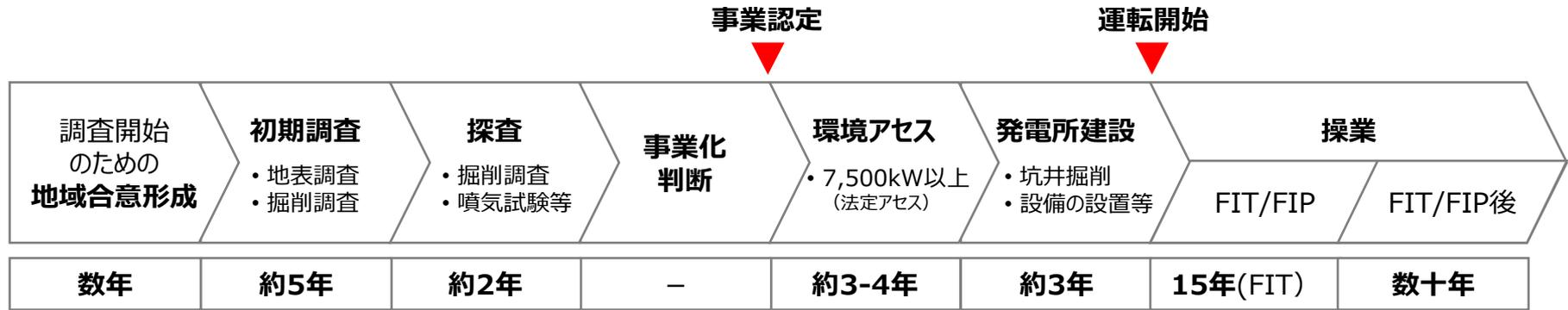
- 2030年度エネルギーミックスでは**140～155万kW**
- 環境省調査※では、**648万kW**との地熱導入ポテンシャルも推計されており、さらなる将来（例えば2050年）に向けては、2030年度エネルギーミックスを超える水準にも挑みたいところ

※「我が国の再生可能エネルギーの導入ポテンシャル」（2018年3月、環境省地球温暖化対策課調査）
（推計条件）

- ✓ 蒸気フラッシュ発電（200℃以上）
- ✓ 国立公園：第2種・第3種特別地域内での開発あり
- ✓ 国立公園：第1種特別地域内での傾斜掘削なし

導入促進～自立化に向けて

標準的な地熱開発プロセスと要する期間



- FIT創設以降、業界各社が開発を継続中
- 特に苦戦しているのは、地熱特有の3課題への対応

➤ ①系統、②資源探査、③規制

👉 3課題に関し、現場で起こっていること、その解決案について、以下論ずる

- 2022年4月以降
 - 競争電源 (FIP制度)
 - 地域活用電源 (FITの基本的枠組み)の導入が検討されている

👉 地熱の電源特性をふまえた制度案について、以下論ずる

① 系統についての課題

開発現場で起きていること

- 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、他電源と系統枠を争う制度においては、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

解決案／要望

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）
- 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
 - 接続契約申込み時から、噴気試験等を経て確定した段階での出力増減も認める

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（事業化判断がなされた時点で）。運転開始後、地熱発電事業者が国に対し分割返済

② 資源探査についての課題

開発現場で起きていること

- 地熱は常に掘削失敗リスク（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で、運転開始まで辿りつけた案件（2,000kW以上）の成功のカギ
→ 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

解決案／要望

- 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）
- 開発成果を強く意識した調査
➢ 調査のための調査ではなく
 - 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
 - 開発を見据えた掘削
➢ 先導調査において掘削した坑井は埋坑せず、その後の事業開発で活用できるように
➢ 掘削基地をまとめ、大口徑・傾斜掘り（＝国立公園内で改変範囲を最小化できる）できるように

③規制についての課題

開発現場で起こっていること

- 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、温泉法、自然公園法など
- **地熱開発を念頭に置いていない保護規制**が、**地方自治における現場判断で運用**されており、**開発上の大きな障壁**になっている

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ケース**も
- 温泉部会に**地熱専門家不在**（=環境省ガイドラインで定められているが、都道府県自治において**徹底されていない**）
 - 結果、地熱開発において**非合理的な内規**が都道府県レベルで定められるケースも
 - ✓ 地熱生産井は1施設2本まで
 - ✓ 同一事業者においても、新規掘削は、既存井との坑口間距離を数百m離す必要
- 複数の公的機関から**同じような書類**の提出を求められる（環境アセスと林野手続き）

解決案／要望

足元においては

- 行政手続きの工夫を
 - 同種の書類は公的組織間で**融通**
 - 所管省庁で決まった指針は現場で**徹底**
 - 非合理的な運用は所管省庁から**指導**

将来的には

- 地熱開発を促進する法的手当を
 - 森林法、温泉法、自然公園法などは、各対象を**保護する法的根拠**がある
 - 一方で、地熱開発を**促進する法的根拠はなく**、開発は**一方的に制限**されがち
 - せめて**地熱ポテンシャルに優れたゾーン**については、**特区**的にでも、地熱開発を促進する法的手当があると望ましい

競争電源（FIP制度）についての要望

対象案

取扱い

- 2,000kW以上（高圧／特高圧の境界値）
- FIP制度
- FIP：基準価格
 - 2,000kW以上、15,000kW未満：40円/kWh
 - 15,000kW以上：26円/kWh

FIP移行（2022年4月以降）後も、現行FIT価格を当面維持

- **現行FIT価格の変更を検討するために十分な実績データが揃っていない**
 - FIT以降、運転開始に至った2,000kW以上の案件は7件のみ（かつこの7件は特殊事情も含み、今後の案件のコスト構造として単純に適用できない点に留意が必要：前述の通り）
- **十分な運開実績がない／未だ多数が開発途上にある現状での価格切下げは、民間の投資マインドを大きく冷やすリスクがある**
 - 地熱開発において、事業認定前に企業が負担する先行投資額は、例えば2,000kW級でも数億円、30,000kW級では数十億円に及ぶ
※JOGMEC助成分を控除した、純粋な企業負担分
 - FIT/FIPは常に価格変更（切下げ）可能性を伴う制度であるものの、リードタイムが長い地熱開発において、業界全体として十分な運開件数に辿り着けていない現状での価格切下げは、民間企業の経営判断において深刻なネガティブ情報となる

制度案

地域活用電源についての要望

対象案

- 2,000kW未満（高圧／特高圧の境界値）

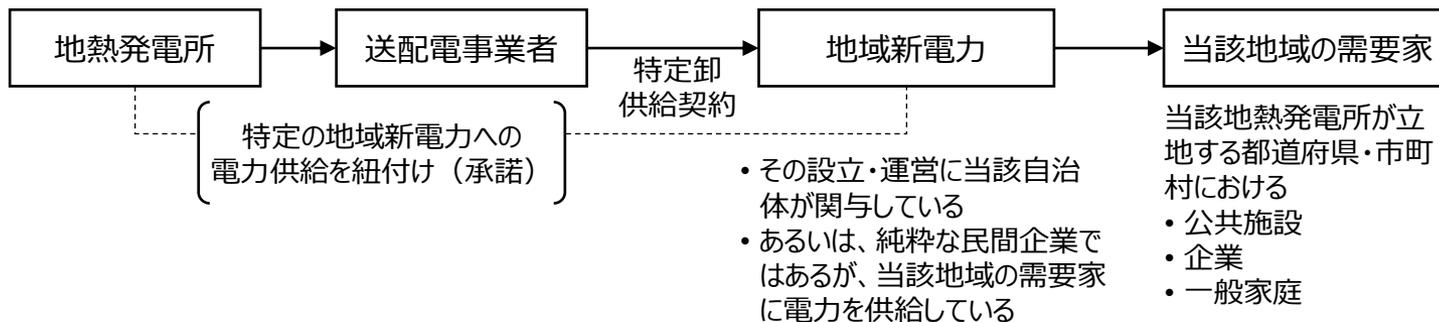
取扱い

- 現行FIT制度の基本的な枠組み

以下のいずれかに該当する事例

- **蒸気・熱水を地域で有効活用している**（次頁に参考事例）
 - 地熱発電所に付随する施設で電力を自家消費している
 - 近隣で営まれている熱を利用したい事業に熱を供給している（例：温室ハウス栽培、養殖、温泉等）

- **電気を地域新電力に特定卸供給し、当該地域の需要家にて活用されている**



地域活用要件案

- **地方自治体（都道府県・市町村）が、地域活性化等を目的とする公的な計画において、当該地熱発電所に明確な役割を与えている**

- 例：地域エネルギービジョンにおいて地熱開発促進が謳われ、当該発電所の開発成功が期待されている

(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。

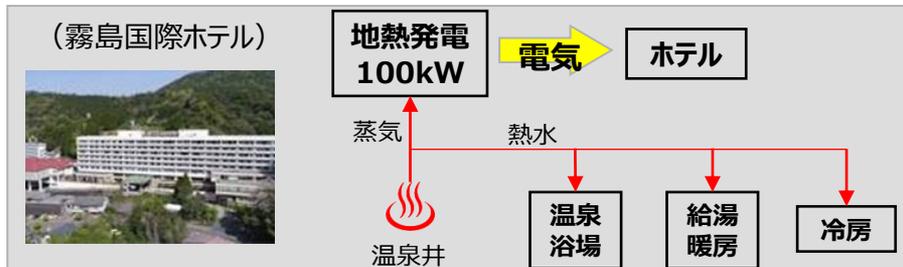
<自家消費の事例①>

- ✓ 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。



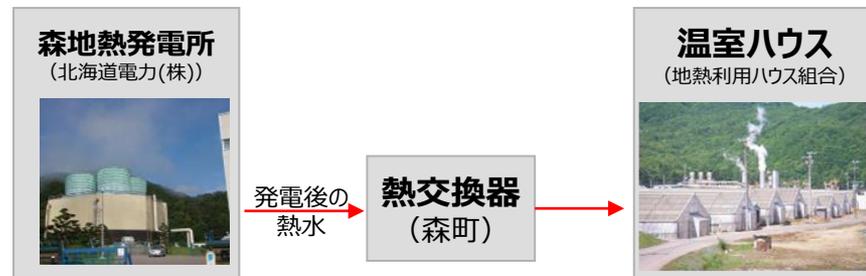
<自家消費の事例②>

- ✓ 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。



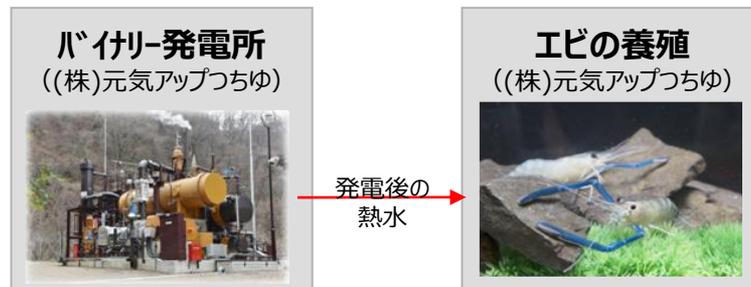
<蒸気・熱水の有効利用の事例①>

- ✓ 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。



最後に) 地熱発電所は長寿命

- FIT制度施行「前」に営業運転を開始した1,000kW以上の発電所は15か所
- うち以下の5か所で発電設備の更新を実施または予定
- 更新時の一時的廃止を除き、廃止した1,000kW以上の地熱発電所はない

発電所	設備容量 (kW)		既往設備		現状
	既往	更新後	運転開始	運転期間	
松川	23,500	14,000	1966/10月	約54年	2025年：運転再開予定
大岳	12,500	14,500	1967/8月	約53年	2020年10月：運転再開
鬼首	15,000	14,900	1975/3月	約43年	2023年4月：運転再開予定
八丈島	3,000	4,444	1999/3月	約21年	2022年度：運転再開予定
杉乃井	3,000	1,900	1981/3月	約26年	2006年4月：運転再開