



BOJ *Reports & Research Papers*

日本銀行大分支店 特別調査レポート

大分県内における再生可能エネルギーの利用拡大に向けた動き —地熱・温泉熱エネルギーを中心に—

2021年3月31日
日本銀行大分支店

本稿は、小山珠里が作成しました。

内容に関する照会は、日本銀行大分支店総務課（TEL：097-533-9106 FAX：097-538-7085）までお寄せください。

本稿はインターネット（<https://www3.boj.or.jp/oita/>）からもご覧いただけます。

本稿の内容について、商用目的で転載・複製を行う場合は、予め日本銀行大分支店までご相談ください。

転載・複製を行う場合は、出所を明記してください。

はじめに

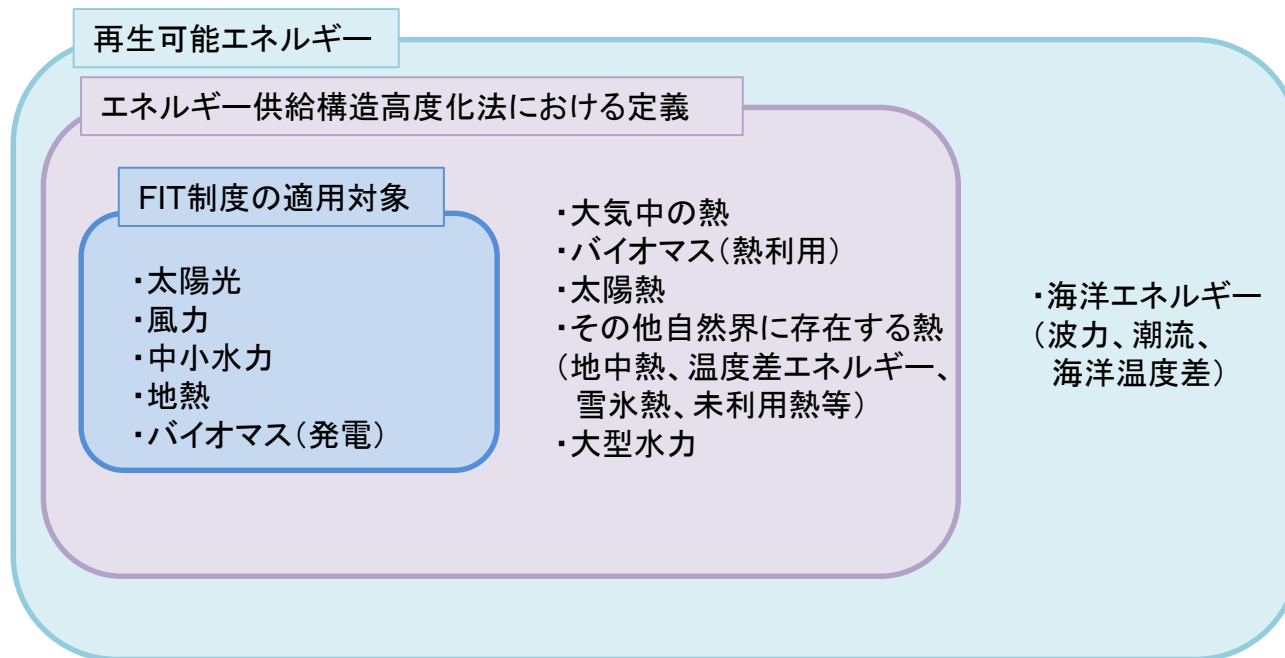
世界中でカーボンニュートラルを目指す動きが拡大している。日本でも「2050年カーボンニュートラル」を打ち出し、グリーン成長戦略が策定された。この中では、2050年までに再生可能エネルギーの導入を最大限に進めることとしている。

そこで本稿では、大分県における再生可能エネルギー（とりわけ当県が豊富な資源を有する地熱・温泉熱エネルギー）の利用推進に向けた取組等について整理した。

再生可能エネルギーの定義

- 再生可能エネルギーとは、永続的に利用することができる太陽光、風力、地熱などの非化石エネルギーのこと。

(図表1)再生可能エネルギーの定義



(資料)環境省「平成26年度2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討委託業務報告書」

1. 大分県における再生可能エネルギーの現状

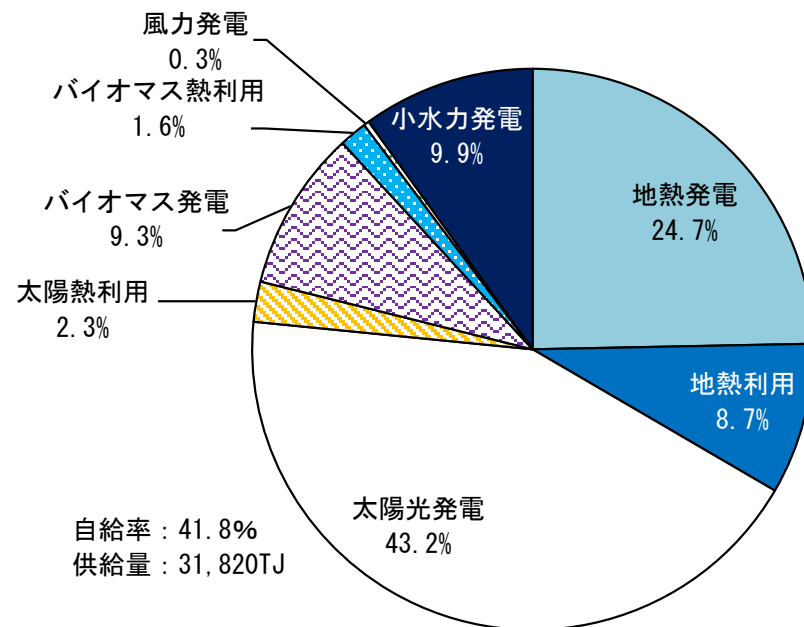
大分県の再生可能エネルギー供給状況

- 大分県は再生可能エネルギーの自給率が全国第1位。
- 当県の特徴は、地熱関連(地熱発電・地熱利用)の供給量が全国トップで、県全体の再生可能エネルギー供給量の約1/3を占めること。

(図表2)大分県の再生可能エネルギー供給状況

	年間供給量 (TJ)	順位
地熱発電	7,855	1
地熱利用	2,774	1
太陽光発電	13,736	21
太陽熱利用	737	21
バイオマス発電	2,948	15
バイオマス熱利用	509	39
風力発電	101	32
小水力発電	3,161	15
合計(供給量、TJ)	31,820	14
自給率(%)	41.8	1

(図表3)大分県の再生可能エネルギー構成比



(注)2019年3月末時点

自給率=供給量/需要量

供給量算出方法:再生可能エネルギーの発電施設の年間発電量や、熱供給量を官公庁等の公表資料を参照し、熱量に換算。

需要量算出方法:資源エネルギー庁「都道府県別エネルギー消費統計」から民生部門(家庭用・業務用)と農林水産部門の年間消費量を参照し、熱量に換算。

(資料)千葉大学倉阪研究室、認定NPO法人環境エネルギー政策研究所「持続地帯2019年度版報告書」

日本における地熱発電の中心地、大分県

- 大分県は日本における地熱発電発祥の地。当県における地熱発電は、オイルショック以降、地熱が石油の代替エネルギーの1つとして注目されたことをきっかけに、大きく発展した。

(図表4) 大分県における地熱開発の歴史

西暦	大分県	その他地域等の際立った動き
1904		ラルデレロ（伊）にて、世界初の地熱発電に成功
1919	海軍中将山内万寿治氏が別府にて噴気孔の掘削に成功	
1925	山内氏の事業を引き継いだ東京電燈（現：東京電力）の太刀川氏が日本初の地熱発電に成功	
1949	九州配電（現：九州電力）が大分県下で地熱地帯の調査・研究に着手	
1951	工業技術院（現：経済産業省の外局）が別府にて30kWの試験発電を実施（後の杉乃井地熱発電所）	
1953	九州電力が大岳地区で開発調査を開始	
1958		ニュージーランドにて世界初の熱水卓越型地熱発電に成功（6,500kW）
1966		10月、日本初の商業用地熱発電所である松川地熱発電所（岩手県）が運転開始
1967	8月、国内初の熱水卓越型地熱発電方式を採用した大岳発電所（12,500kW）が運転開始	
1973		第一次オイルショック 自然公園法、自然環境保全法の一部改正
1974		サンシャイン計画がスタート
1977	6月、八丁原発電所1号機（55,000kW）が運転開始	
1980	杉乃井地熱発電所（3,000kW）が運転開始	
1990	6月、八丁原発電所2号機（55,000kW）が運転開始	
1996	11月、滝上発電所（25,000kW）が運転開始	国内地熱発電設備50万kWを達成
2006	4月、国内初の地熱バイナリー発電所である八丁原バイナリー発電所（2,000kW）が運転開始 杉乃井地熱発電所設備更新、出力縮小（3,000kW→1,900kW）	
2010	6月、滝上発電所の定格出力増加（25,000kW→27,500kW）	
2017	3月、出光興産が滝上発電所の熱水を利用したバイナリー発電所を運転開始	
2020	10月、大岳発電所更新工事が完了（14,500kW）し、運転開始	

(図表5) 杉乃井地熱発電所



県内の主な地熱発電所

➤ 大分県の地熱発電による電力供給量が全国トップである背景は、日本最大の地熱発電所である九州電力八丁原発電所をはじめ、複数の大規模発電所が立地していること。

—— ただ、大規模地熱発電所については、①調査開始から発電開始まで15～20年にわたる長期間のリードタイムを要する(初期コストが高い)ほか、②発電に適した地域のほとんどが国立・国定公園内に位置しているため、今後、短期間で供給量を増やすことが難しい。

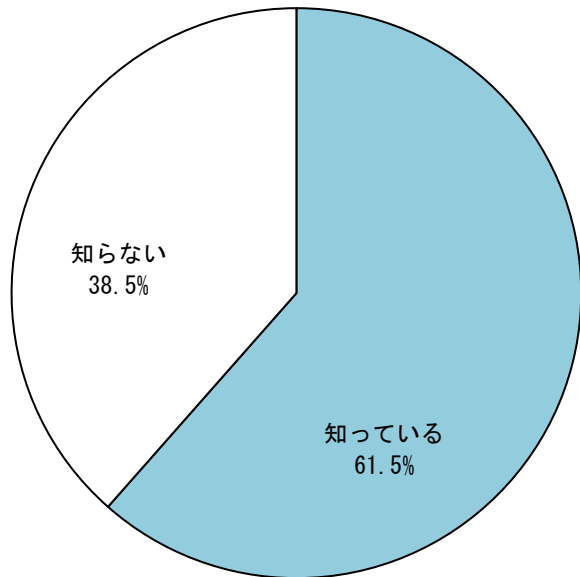
(図表6) 県内の主な地熱発電所(設備容量1,000kW以上)

発電所名	所在地	事業者名	設備容量 (kW)
八丁原発電所	九重町	九州電力(株)	112,000
滝上発電所	九重町	九州電力(株)・ 出光大分地熱(株)	27,500
大岳発電所	九重町	九州電力(株)	12,500
滝上バイナリー発電所	九重町	出光大分地熱(株)	5,050
菅原バイナリー発電所	九重町	九電みらいエナジー(株)・ 九重町	5,000
杉乃井地熱発電所	別府市	(株)杉乃井ホテル	1,900

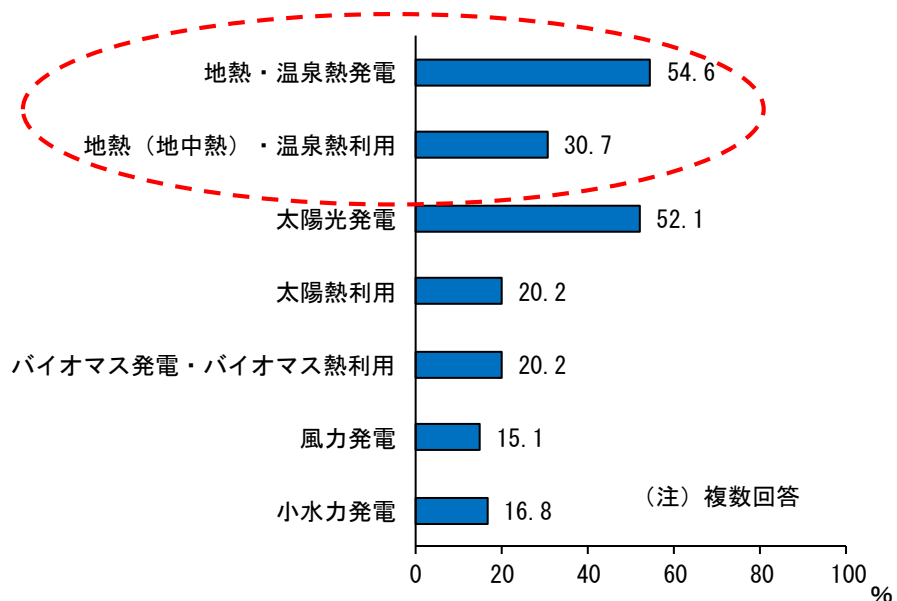
地熱・温泉熱エネルギーに対する大分県民の期待

- 大分県が実施したアンケート調査では、県民の再生可能エネルギーへの関心の高さや、身近なエネルギーである地熱・温泉熱への期待が明らかになった。

(図表7) 大分県の再生可能エネルギー自給率が全国第1位であることの認知状況



(図表8) 今後普及させていくべき再生可能エネルギー



(資料) 大分県「大分県新エネルギービジョン」(平成28年3月)

大分県の地熱・温泉熱エネルギー導入方針

- 大分県では「大分県新エネルギービジョン」を平成14年に策定し、平成15年4月には「大分県エコエネルギー導入促進条例」を施行。県が中心となって、再生可能エネルギーの導入を推進している。
- 平成28年に改定された同ビジョンの中では令和6年度までの9年間で、地熱・温泉熱エネルギーのうち、温泉熱発電を大きく増やす計画を掲げている。

(図表9)大分県の地熱・温泉熱エネルギー導入目標

項目	26年度 (基準年)		30年度 (実績)		令和6年度 (目標)		26年度対比 の増加率 (熱量換 算、%)
	設備容量等	熱量換算	設備容量等	熱量換算	設備容量等	熱量換算	
地熱・温泉熱発電 合計	155,390kW	11,026	168,153kW	11,933	177,890kW	12,623	15
温泉熱発電	425kW	30	4,533kW	321	8,270kW	586	1,853
地熱・温泉熱利用	4,105TJ	4,105	4,084TJ	4,084	4,305TJ	4,305	5

(図表10)地熱・温泉熱利用推進に向けた大分県の取組み

前提	環境や景観への配慮、地域との共生及び合意形成、安全の確保が徹底されていること
県の取組み	既存の温泉熱などを活用した温泉熱発電の導入を推進すること
	地熱・温泉熱発電の導入に必要な国や電力事業者への各種要望を継続すること
	国や地元自治体などと連携しながら、温泉事業者を含む地域住民との合意形成が図られた、優良事例の形成を図ること
	地熱・温泉熱利用に関するモデルケースを示しながら、農業分野等における地熱・温泉熱利用を促進すること
	地熱・温泉熱がない地域で利用可能な地中熱についても導入を後押しすること

大分県の地熱・温泉熱エネルギー導入ポテンシャル

- 大分県はFIT制度開始以降の地熱発電導入量が全国1位である。一方で、導入実績は導入ポテンシャルに対して0.81%に留まっており、更なる導入の余地がある。
- また、県が導入を進める温泉熱発電および温泉熱利用についても、当県は温泉の源泉総数・総湧出量とも全国1位であることから、伸び代は大きいと考えられる。

(図表11) 大分県の地熱発電導入実績とポテンシャル

順位	都道府県	導入実績 (万kW)	導入ポテンシャル (万kW)	導入実績/ 導入ポテンシャル (%)
1	大分県	0.711	88.1	0.81
2	熊本県	0.204	17.1	1.19
3	鹿児島県	0.141	48.4	0.29
4	福島県	0.044	24.5	0.18
5	長崎県	0.012	8.9	0.13

(注) 導入実績が既存発電所の容量より小さいのは、本調査がFIT制度開始以降の導入実績を対象にしているため。

(図表12) 都道府県別の源泉総数・総湧出量

順位	源泉総数	順位	総湧出量 (L/分)
1	大分県 4,445	1	大分県 279,253
2	鹿児島県 2,755	2	北海道 198,022
3	静岡県 2,252	3	鹿児島県 160,132
4	北海道 2,173	4	青森県 147,259
5	熊本県 1,352	5	熊本県 133,158
6	青森県 1,081	6	静岡県 116,004
7	長野県 953	7	長野県 113,400
8	福島県 798	8	岩手県 113,077
9	宮城県 743	9	秋田県 86,229
10	栃木県 629	10	福島県 82,572

(資料) 環境省「平成29年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務報告書」、同「平成30年度温泉利用状況」

2. 地熱・温泉熱エネルギーの導入効果と利用事例

大分県内の地熱・温泉熱エネルギー利用事例

- ▶ 大分県内には、電力会社が手掛ける大規模地熱発電所のみならず、宿泊業者や農業法人などが手掛ける発電設備もある。こうした先では、発電した電力を売電することで収入を得ているほか、余剰熱や温泉を事業に利用している。

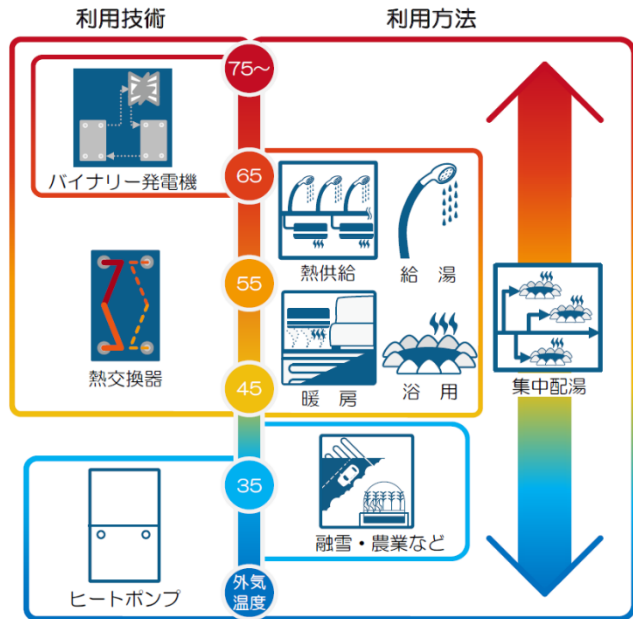
(図表13)大分県内における主な地熱・温泉熱エネルギー利用事例

事業者	地熱・温泉熱の利用
電力会社 A	大規模な地熱発電を行うとともに、その過程で生じた余剰蒸気で温泉を造成し、地域に供給。温泉は、浴用や暖房などに使われ、エネルギーの有効利用と地域との共生を両立している。また、社会科見学の受入れを現地・オンラインにて行っている。
宿泊事業者 B	発電した電力をホテルで利用。また、発電時に使用されなかった蒸気は、熱交換器を通して館内の冷暖房や食器洗浄・乾燥等に利用。採掘した温泉は館内温浴施設のほか、地域にも供給している。
農業法人 C、 同親会社	発電した電力は売電している。また、発電に使わない温泉を熱交換して農業ハウスの加温に利用することで、重油にかかるコストを削減している。
宿泊事業者 D	既存の泉源を用いて発電した電力を売電している。また、発電に使わない高温の温泉を熱交換して室内の冷暖房に利用し、適温まで冷ました温泉を施設内で使用している。国内外からの視察客や学生向けの見学に対応することを検討中。
企業 E、 企業 F 等	地熱エネルギーを利用して、次世代エネルギーとして期待される高純度水素を製造する技術を実証中。

温泉熱利用で期待される効果

- 温泉熱は、新たに泉源を掘削することなく、既存の泉源をエネルギーとして利用することで、自然環境等との調和を図ることができる点が大きなメリット。
- 温泉熱は、温度帯によって幅広い利用方法がある。75℃程度の温泉は発電に利用できるほか、それ以外の温度帯でも熱交換器やヒートポンプを用いることで、シャワーや浴用、暖房や融雪、農業等に利用できる。
- 温泉熱を有効利用することで、①CO₂削減など環境面での効果、②光熱費の削減や知名度の向上といった経済的効果、③幅広い産業（農業など）の活性化や環境教育への利用などの効果が期待される。

(図表14) 温泉熱の利用方法



(図表15) 温泉熱の利用によって期待される効果

効果	導入効果の例
環境面	<ul style="list-style-type: none"> ・化石燃料の使用量削減による省エネ・省CO₂などの環境負荷低減 ・温泉資源の有効利用
経済面	<ul style="list-style-type: none"> ・化石燃料の使用量削減による光熱費の低減 ・温泉熱利用PRによる集客数増加および知名度向上
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・温泉熱を利用した幅広い産業（農業など）の活性化、雇用創出 ・環境教育への利用

日本国内でみられる温泉熱利用の先進事例

- 環境省の温泉熱利用事例集をみると、CO₂削減に大きな効果があったとする事例や、短期間で投資コストを回収した事例もみられる。

(図表16)環境面の効果が大きい(CO₂削減効果が大きい)事例

都道府県	事例名	温泉温度(°C)	利用方法	総事業費(百万円)	CO ₂ 削減効果(t-CO ₂ /年相当)	エネルギーコスト削減率(%)
群馬県	草津温泉	95	熱供給、集中配湯	n. a.	9,381	89
福島県	土湯温泉	130	発電(売電)、集中配湯、エビ養殖、融雪	630	1,847	90
北海道	川湯の森病院	63	発電(自家消費)、温水供給、空調	275	1,476	n. a. (39百万円/年)
山形県	湯野浜温泉	65	熱供給、集中配湯	1,150	1,345	n. a. (35百万円/年)
栃木県	那須温泉	60	集中配湯	264	1,195	46

(図表17)経済面の効果が大きい(投資回収年数が短い)事例

都道府県	事例名	温泉温度(°C)	利用方法	総事業費(百万円)	投資回収年数(年)	エネルギーコスト削減率(%)
長崎県	雲仙地獄	51	温水供給、空調	5	1	70 (ランニングコスト)
福井県	セントピアあわら	42	温水供給、温泉昇温	80	2	16
静岡県	熱川バナナワニ園	98	熱供給(ワニ池保温、植物園温室)	5	3	67
北海道	あかん遊久の里鶴雅	67	温水供給、空調	188	3	79
神奈川県	B&Bパシオン箱根	76	温泉昇温	38	3	39

(資料)環境省「温泉熱利用事例集」

温泉熱エネルギーの幅広い産業への利用事例

- 温泉熱エネルギーを幅広い産業で利用している例として、県内では地獄蒸しや農業などが挙げられるが、県外では製塩や木材乾燥等にも利用している。

(図表18) 県外で見られる幅広い産業での利用事例

都道府県	事例名	温泉温度 (°C)	利用方法
北海道	洞爺湖温泉	135	温泉卵
青森県	マルシチ津軽味噌醤油(株)	69	みそ醸造
福島県	土湯温泉	130	エビ養殖
栃木県	ホテルサンバレー	86	ビニールハウス
長崎県	雲仙市雲仙エコロ塩(株)	100	製塩
熊本県	小国町森林組合	110	木材乾燥

(資料) 環境省「温泉熱利用事例集」

結びにかえて

大分県では地熱・温泉熱エネルギーの有効利用に取り組む動きがみられているが、現時点ではさほど多くはない。この背景として、事前の準備や調整に時間を要することや、予期せぬ設備トラブルによる追加のコスト発生など、見えないリスクを懸念する声が聞かれている。今後、資源の保護や自然環境等との調和を図りつつ、地熱・温泉熱エネルギーを有効利用するために、国や自治体、各企業、金融機関等がさらなる一体感を持って取り組むことが期待される。

足許、世界的にカーボンニュートラルの機運が高まっている。日本有数の温泉地である大分県が地熱・温泉熱の有効利用に取り組み、エコな温泉地や環境先進県としての地位を確立することができれば、世界各地から観光客等が増加し、経済の活性化に繋がる可能性もある。

当店としては、県内における再生可能エネルギーの動向について、引き続き注視していきたい。

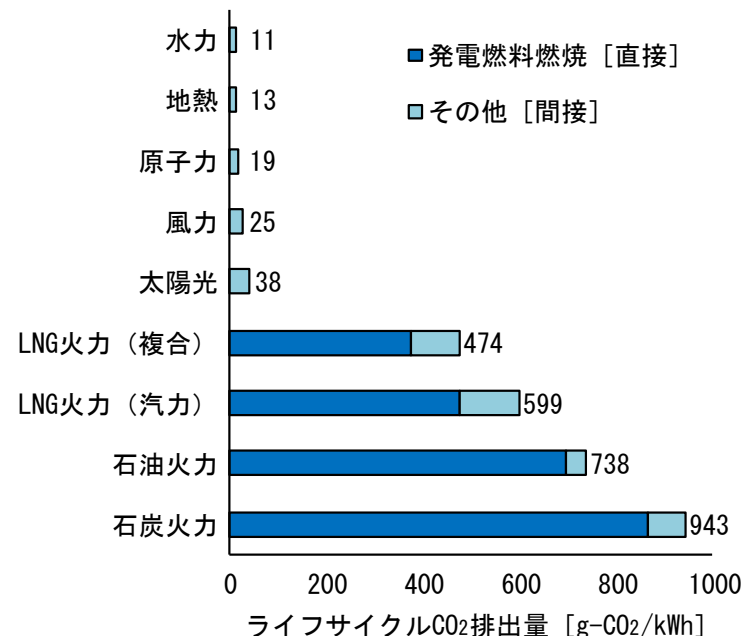
(参考①)他のエネルギーと比較した地熱発電の優位性

- 他のエネルギーと比較した地熱発電の主な優位性は、①国内に豊富な資源が存在すること(日本の地熱資源量は世界第3位)、②CO₂排出量が極めて低いこと、③時間や天候を問わず発電量が安定していること、④発電コストが低いこと、⑤発電後の熱水利用(暖房や農林水産業)など、エネルギーの多段階利用が可能なことの5点。

(図表19)各国の地熱資源量・地熱発電設備容量

	(万kW)	
	地熱資源量	地熱発電設備容量
アメリカ	3,000	256
インドネシア	2,779	213
日本	2,347	53
ケニア	700	82
フィリピン	600	193
メキシコ	600	94
アイスランド	580	75
ニュージーランド	365	97
イタリア	327	80
トルコ	—	152

(図表20)発電方法別ライフサイクルCO₂排出量の比較



(注1) 図中のライフサイクルCO₂排出量は、技術カテゴリ毎に算出した生涯発電電力量あたりのライフサイクルCO₂排出量を、各技術カテゴリに属するプラントの2008年度末の総設備容量で加重平均した「電源別平均ライフサイクルCO₂排出量」。

(注2) 原子力は、使用済燃料再処理、プルスーマル利用、高レベル放射性廃棄物処分等を含めて算出。

(資料) 資源エネルギー庁「令和元年度エネルギーに関する年次報告」

BP「Statistical Review of World Energy 2020, 69th edition」

一般財団法人電力中央研究所「日本における発電技術のライフサイクルCO₂排出量総合評価」

(参考②)他のエネルギーと比較した地熱発電の優位性

- 地熱発電は、発電量が時間や天候等に左右されず、安定していることや、発電コストが他の再生可能エネルギーに比べて安価であることから、ベースロード電源とされている。
- 発電量が安定していることは設備利用率から読み取ることができる。

(図表21)発電方法別設備利用率、発電コスト

	設備利用率 (%)	発電コスト 円/kWh
石油火力	30、10	30.6~43.4
LNG火力	70	13.7
石炭火力	70	12.3
一般水力	45	11.0
原子力	70	10.1~
再生可能エネルギー	バイオマス (専焼)	87 29.7
	太陽光 (住宅)	12 29.4
	小水力	60 23.3、27.1
	風力	20 21.6
	地熱	83 16.9

(図表22)ベースロード電源としての地熱発電

背景	設備利用率の高さ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 24時間365日発電可能 — 天候や時間帯に左右されず、発電量が安定している ・ 火を用いないため、地震等の災害発生時にも発電を継続可能
	発電コストの低さ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料費がかからない



(注)発電コストは2013年度実質値を用いて算出。
 算出方法: OECD等でも採用されているモデルプラントの考え方に社会的費用 (事故リスク対応費・政策経費・環境対策費)を追加して算出。

$$\text{円/kWh} = (\text{資本費} + \text{運転維持費} + \text{燃料費} + \text{社会的費用}) / \text{発電電力量}$$

(資料)資源エネルギー庁「長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告」

<当店のホームページのご案内>

(当店ホームページのトップページ)

<https://www3.boj.or.jp/oita/index.html>

(大分県内の景気動向)

<https://www3.boj.or.jp/oita/kohyo/geppou.html>

(短観)

<https://www3.boj.or.jp/oita/kohyo/tankan.html>

(特別調査レポートのご案内)

https://www3.boj.or.jp/oita/kohyo/tokubetu_repo.html

(支店見学のご案内)

https://www3.boj.or.jp/oita/tennai_kengaku/kenngaku_annai.html

<当店の特別調査レポートのご案内>

<WEB上でご覧になっている方は、下記レポートのタイトルをクリックするとそのレポートを閲覧することができます>

- [大分県内における再生可能エネルギーの利用拡大に向けた動き ―地熱・温泉熱エネルギーを中心に―](#) (21年3月31日公表)
- [感染症拡大下でも底堅さを示す大分県の製造業](#) (20年11月18日公表)
- [大分県における観光業復活に向けた取り組み](#) (20年10月23日公表)
- [新型コロナウイルスの感染拡大を受けた大分県民の消費行動の変化](#) (20年9月11日公表)
- [県内企業における人材の確保・育成に向けた取り組み](#) (20年2月20日公表)
- [大分県の輸出構造と最近の動き](#) (19年11月1日公表)
- [大分県の企業立地](#) (19年10月25日公表)
- [大分県のインバウンド動向 ―世界的スポーツイベントの開催を前に―](#) (19年7月31日公表)
- [大分県の地価動向](#) (19年6月21日公表)
- [大分県のインターネット消費](#) (19年4月1日公表)
- [大分県の人口減少の緩和に向けて](#) (18年11月28日公表)
- [大分県内のキャッシュレス決済に関する現状整理](#) (18年10月25日公表)
- [観光消費の促進に向けた着眼点](#) (18年10月11日公表)
- [成長力強化が期待される大分県の農業](#) (18年6月19日公表)
- [イノベーションを捉え始めた県内製造業](#) (18年4月2日公表)
- [民泊の本格解禁に向けた県内の動き](#) (18年2月21日公表)