

日本地熱協会とは？

What is the Japan Geothermal Association?



日本地熱協会は、地熱発電の健全な普及推進とさまざまな課題の解決を目的とし、地熱に関わりのある企業に広く参加を呼びかけ、2012年に設立した団体です。

2012年には、再生可能エネルギーによる発電比率を高める目的で固定価格買取制度（FIT）が導入されました。その後、国による支援制度が次々導入されるとともに、規制緩和も進み、地熱発電の推進にとって望まれる環境が整備されつつあります。

一方、地熱発電事業が地域や環境に与える影響に対する不安の声が聞かれることも多く、環境影響に対する監視、環境との調和、地域との共生は、業界を挙げて取り組むべき重要課題となっています。

日本地熱協会は、日本の地熱開発業界を名実ともに代表し、強力かつ清新な団体として、その責務を果たして参ります。



2017現地見学会（山葵沢地熱発電所）



2017現地見学会（上の岱地熱発電所）



2017現地見学会（小安地域調査現場）



エコプロ2017（東京ビッグサイト）

協会の活動状況

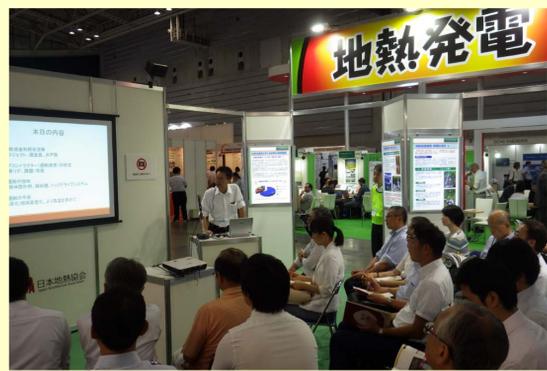
地熱エネルギー開発促進のための政策要望
(平成30年度)

2018年6月
発電を中核とする地熱エネルギーの活用が、我が国の安全で安定したエネルギー供給に貢献し、地球温暖化対策や地域経済の発展に寄与するよう、以下の施策が実施されることを要望致します。

- 日本地熱協会
1. 地熱発電の導入促進に向けた「固定価格買取制度」の運用
 2. 系統制約の克服に向けた制度検討
 3. JOGMEC及びNEDOによる地熱資源開発に対する支援策の継続と拡充
 4. 地熱開発に対する理解促進に向けた事業の継続と、地域と共生した適切な地熱開発に向けた制度検討
 5. 国立・国定公園内での円滑な地熱開発に向けた自然公園法の適切な運用
 6. 「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）」の作成趣旨に則った運用
 7. 環境影響評価手続きの効率化
 8. 国有林野の貸付等に関する手続きの弾力的かつ迅速な運用



特別授業「地熱発電とまちづくり」熊本県小国町（小国中）



第12回再生可能エネルギー世界展示会（パシフィコ横浜）



平成30年賀詞交歓会（霞山会館）



情報連絡会（フォーラムミサエコ）



平成30年度定期総会（TKP神田駅前BC）



JOGMEC-NEDO-JGAアイスランド訪問団（ブルーラグーン）

会員の紹介①

Introduction of members ①

日本地熱協会

Japan Geothermal Association (JGA)

正会員(64社)



株式会社
明間ボーリング



出光興産株式会社



伊藤忠丸紅鉄鋼株式会社



エスケイエンジニアリング株式会社



Tenaris



OKUAIZU GEOTHERMAL CO., LTD.



奥会津地熱株式会社



オリックス株式会社



株式会社 極東製作所



株式会社
建設環境研究所
Civil Engineering & Eco-Technology Consultants



COSMOS SHOJI CO., LTD.



JFE エンジニアリング 株式会社



清水建設

Schlumberger



住友金属鉱山株式会社



石油資源開発株式会社



第一実業
DAIICHI JITSUGYO



(株)地球科学総合研究所



青木あすなろ建設



E&E Solutions Inc.
イー・アンド・イー ソリューションズ株式会社



伊藤忠商事株式会社

WITMA

SB Energy

OYO



大林組

OBAYASHI



奥村組

OKUMURA CORPORATION



川崎重工業株式会社

Kinden きんでん

国際石油開発帝石株式会社

INPEX CORPORATION

JX JX金属



JFE スチール 株式会社



JAPAN RENEWABLE ENERGY
ジャパン・リニューアブル・エナジー株式会社
JAPAN RENEWABLE ENERGY CORPORATION



新日鉄住金エンジニアリング



住友商事



双日株式会社



第一熱処理工業株式会社

DAI-ICHI HEAT TREATMENT INDUSTRY CO.,LTD.

Geo-E

JMC GEOTHERMAL ENGINEERING CO.,LTD.

会員の紹介②

Introduction of members ②

日本地熱協会

Japan Geothermal Association (JGA)

GERD

地熱技術開発株式会社
Geothermal Energy Research & Development Co., Ltd.

TEISEKI DRILLING CO., LTD

TDC 帝石削井工業株式会社

POWER 電源開発



自然由来電力

東北自然エネルギー株式会社

Tohoku Sustainable & Renewable Energy Co. Inc.



日鉄鉱業株式会社

JOE 日本オイルエンジニアリング株式会社
JAPAN OIL ENGINEERING CO., LTD.

FE 富士電機

MIZUHO みずほ銀行



三井住友建設

MOECO 三井石油開発株式会社



都市に豊かさと潤いを

三井不動産

三菱商事

三菱マテリアル

RENOVA



株式会社 テイクスTSK



株式会社テルナイト

TOSHIBA

Leading Innovation >>>

JGC

日揮株式会社
JGC CORPORATION



日鉄鉱コンサルタント 株式会社
Nittetsu Mining Consultants Co., Ltd.

UMC

日本重化学工業株式会社



株式会社物理計測コンサルタント
Geophysical Surveying Co., Ltd.



三井住友銀行

SMBC SUMITOMO MITSUI BANKING CORPORATION

SMFL

三井住友ファイナンス&リース



三井物産



三菱ガス化学



三菱日立パワーシステムズ



三菱マテリアルテクノ株式会社

特別会員(7団体)



一般社団法人

火力原子力発電技術協会



独立行政法人 国際協力機構

一般財団法人 電力中央研究所

Central Research Institute of Electric Power Industry

ENAA

一般財団法人

エンジニアリング協会

Engineering Advancement Association of Japan

isep

Institute for Sustainable Energy Policy

特定非営利活動法人

環境エネルギー政策研究所

NEF

NEW ENERGY FOUNDATION

一般財団法人 新エネルギー財団

JMIA 日本鉱業協会

Japan Mining Industry Association

地熱発電は「再生可能エネルギー」なのか？

Is geothermal power generation “renewable energy”?

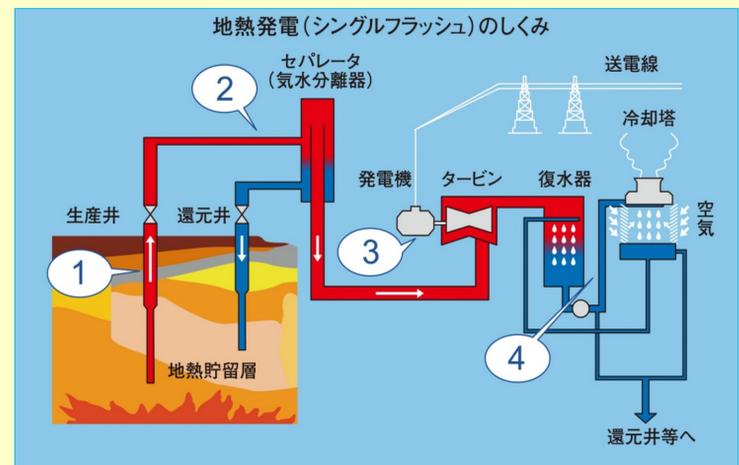
地熱発電は、マグマの熱で高温となっている地中深く（地下1,000～3,000m程度）の地熱貯留層より地熱流体を取り出し、タービンを回転させて電気を起こしています。

発電方式は複数ありますが、ここでは一般的なフラッシュ発電と、最近日本国内でも増えているバイナリー発電を紹介します。

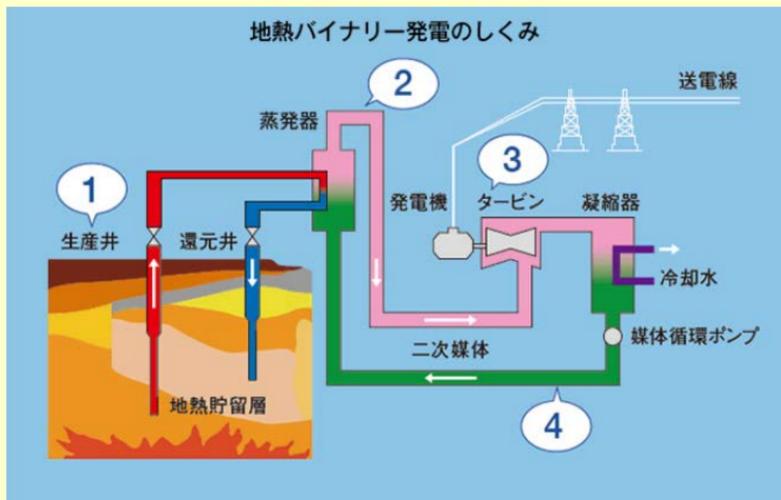
フラッシュ発電

フラッシュ発電は、主に200℃以上（地下での温度）の高温地熱流体での発電に適しており、地熱流体中の蒸気で直接タービンを回します。最も一般的なシングルフラッシュ式は次のように発電を行います。

- ① 地熱貯留層に生産井を掘り、地熱流体を取り出します。
- ② セパレータ（気水分離器）で地熱流体を蒸気と熱水に分け、熱水は還元井から地下に戻します。
- ③ 蒸気でタービンを回転させ、発電します。
- ④ 発電し終わった蒸気は復水器で温水にし、さらに冷却塔で冷ました後、復水器に循環して蒸気の冷却に使用します。



バイナリー発電



- ① 生産井から地熱流体を取り出します。
- ② 地熱流体で二次媒体を温め、蒸気化させます。二次媒体を温めた後の地熱流体は、還元井から地下に戻します。
- ③ 二次媒体の蒸気でタービンを回転させ、発電します。
- ④ 発電し終わった二次媒体は、凝縮器で液体に戻し、循環ポンプで再度蒸発器に送ります。

バイナリー発電の特徴は、

- ◆ 地下から取り出された地熱流体は、二次媒体を蒸気化するために利用します。
- ◆ 地熱流体、二次媒体とも密閉した中で運転・循環使用を行うため、大気放出を行いません。
- ◆ 二次媒体には、水より沸点の低い炭化水素・新フロン・アンモニア等を使用するため、約80℃以上の地熱流体で発電ができます。

質問

温泉源にしても地熱源にしても無限ではなく、汲み上げれば減るので、地熱発電は再生可能エネルギーとは言えないのではないか。

回答

地熱発電は、地熱貯留層から地熱流体を地上に取り出し、それを使って発電します。

地熱流体を取り出すと、地熱貯留層では、減った分を補うように自然と地熱流体の流れが生じます。また、熱水は地下に戻しますが、これも地熱貯留層で再び温められて地熱流体になります。

このように、熱水や地熱流体は循環します。このサイクルに見合うように発電を行うことで、地熱エネルギーは持続的な利用が可能です。



蒸気・熱水の元となる水は状態を変えながら大気と地下を循環しています

地熱開発で周辺温泉へ影響はないのか？

Is there no impact on the surrounding hot springs due to geothermal development?

■ えびの高原（宮崎県 えびの市）

質問

大霧地熱発電所が運転を始めた1996年頃から、えびの高原の温泉が自噴しなくなり、硫黄山周辺のあちこちから上がっていた湯煙も消えた。

この硫黄山の火山活動衰退や、温泉枯渇は地熱発電所の影響ではないのか。



2012年2月のえびの高原硫黄山



出典：霧島温泉を守る会ホームページ

2018年5月のえびの高原硫黄山



出典：日鉄鉱業（2018.5.24撮影）

回答

当時の環境庁の調査（1987）によると、えびの高原の噴気活動は1942年頃から一時的に活発でしたが、1975年には硫黄山付近の噴気を除いて、噴気活動はほとんど収束し、硫黄山の噴気活動についても、2003年に終息していました（気象庁）。

その後、硫黄山では再び2013年末から火山性地震が多い状態が続き、2015年12月からは地表で噴気が発生し、2016年2月28日に気象庁により火口周辺警報が発表されました。そして、今年に入り4月19日に硫黄山の南側で噴火が発生し、4月20日には硫黄山の西側約500m付近で新たに噴気が上がり、4月26日に火山灰を伴う噴火が発生しました。その後、噴火は発生していませんが、現在も活発な噴気活動が継続しています。

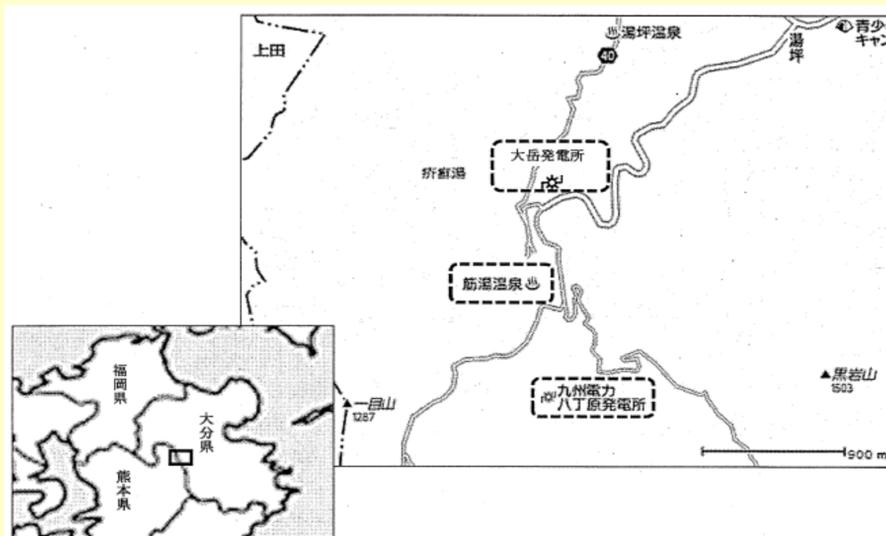
従って、えびの高原硫黄山の火山活動や周辺の温泉の盛衰は、**大霧発電所の運転とは関係のない自然現象**です。

■ 筋湯温泉（大分県 九重町）

質問

筋湯温泉の枯渇、小松地獄の噴気衰退は1967年に運転開始した大岳地熱発電所と、1977年に運転開始した八丁原地熱発電所の影響ではないか。

筋湯温泉の自噴湧出量は、1978年と2002年とを比較すると、15,336ℓ/分から1,043ℓ/分に激減している。



回答

筋湯温泉の自噴湧出量の基礎データは、大分県温泉調査研究会報告にあり、1978年分には温泉だけでなく地熱発電所の蒸気・熱水量も含まれており、2002年のものには含まれていません。地熱発電所分の自噴量を除くと、筋湯温泉の**自噴湧出量はほとんど変化しておらず**（1,074ℓ/分⇒1,043ℓ/分）、一方で動力による温泉は増えています（88ℓ/分⇒999ℓ/分）。

八丁原地熱発電所では、発電所の運転開始前から現在まで、小松地獄の自然噴気の状態確認を行い、環境省へ報告していますが、運転開始後、小松地獄の噴気に**特に変化は見られません**。



出典：九重町ホームページ

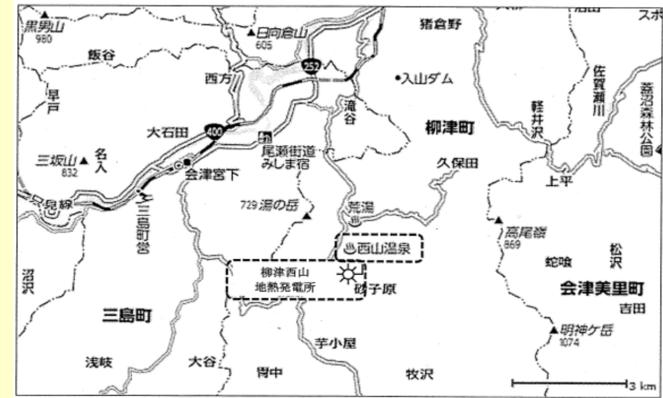
地熱発電や熱水還元により地震は発生しないのか？

Do not earthquakes occur due to reinjection of geothermal hot water?

■ 柳津西山地熱発電所（福島県 柳津町）

質問

2009年10月12日に福島県会津地方を震源とする、マグニチュード4.9の地震が発生し、柳津町では震度4を観測した。柳津西山地熱発電所における地熱開発や熱水の地下還元が、この地震を誘発したということはないか。



回答

柳津町西山地区は、元々内陸型地震が発生する場所のため、町の要請に応じて、奥会津地熱(株)（柳津西山地熱発電所に蒸気を供給）が**微小地震連続観測**をしており、有感地震発生時には直ちに震源とマグニチュードを町に報告する体制ができています。

2009年の直下型地震発生に際し、奥会津地熱(株)は観測結果と蒸気生産・熱水還元活動との関係について解析、相関性がないことを明らかにし、その旨を地元住民に説明しました。また、町は独自に福島地方気象台による住民説明会を開催するとともに、東北大学にも解析を依頼しました。東北大学の解析結果も、**地熱発電所の運転と地震との間に因果関係は認められない**とするもので、これも住民に説明されました。

■ 浦項EGSによる地熱発電商用化技術開発（韓国 浦項（ポハン）市）

質問

2017年11月15日に発生したマグニチュード5.4の浦項地震については、EGS(Enhanced Geothermal System：高度地熱システム)地熱発電商用化技術開発での高圧地下注水が原因であるという論文がサイエンス誌に掲載されたが、どのように考えているのか。



回答

今回発生した地震は、浦項市北区を震源とする韓国観測史上2番目に大きなもので、本震発生の9時間～6分前にかけて6回の前震も起こっています。地熱発電検証調査実施地点は浦項地震の震央から600mの距離にあり、4,000m以上の坑井が掘削されています。

高麗（コリヨ）大学地球環境科学科のイ・ジンハン教授チームは、韓国国内で一般的に発生する地震の震源深さは10～20kmであるのに対し、今回の地震の震源深さは前震が4～6km、本震が4.5kmと坑井深度とほぼ一致すること、1978年以降2015年までこの地域でマグニチュード2.0以上の地震がなかったことから「浦項地震が地熱発電（地熱発電検証調査）によりもたらされたと科学的に証明された。」とサイエンス誌掲載論文で指摘しています。

一方、実験が注水と同時に他坑井から熱水を取り出す循環システムであったこと、最後の注水作業から地震発生までに2か月経っていること、注水量がこれまでの地震発生事例に比べ少ないこと、等から検証調査と浦項地震との関連性を決めつけることはできない、という意見もあります。

現在、韓国内の学界は、この論文内容について見解を保留する立場を取っており、2018年4月からソウル大学地球環境科学部のイ・ガングン副教授（大韓地質学会学会長）を総責任者とする地震・構造地質などの国内専門家からなる研究団と日本を含む海外調査委員会を組織し、この地震と地下注水との関係を約1年掛けて解明することとなっています。

EGS（高温岩体発電を含む）のように、地下深部の高温岩体に亀裂を作る目的で、大量の水を高圧で地下に浸透させた場合、有感地震が発生する例や、自然地震を誘発する例が海外で複数知られています。同様な現象は大規模ダムでも発生するとされ、人工物と自然とのバランスをどう取るかが重要な課題となっています。こうした中で近年、誘発地震の発生を抑制した上で亀裂の透水性を改善する技術開発に成功したという報告もなされています。また、米国エネルギー省がEGS研究者向けに作成した誘発地震への対応の手引書では**モニタリングと地域住民への情報開示の重要性が指摘されています**。

火山や地熱地帯では地下の熱水の自然流動によって**群発性の微小地震が観測される例が知られていますが**、日本の地熱発電所の熱水還元は殆どが圧入を必要としない自然流下ですので、**被害をもたらすような地震の発生は知られていません**。

還元熱水への硫酸添加は地下汚染ではないか？

Is addition of sulfuric acid to reinjected hot water not underground pollution?

質問

還元熱水にスケール防止対策として硫酸を混ぜている地熱発電所があるようだが、濃硫酸は劇毒物であり、これを地中に入れることは環境汚染ではないか。環境への影響が心配だ。

熱水輸送管の内部に付着したシリカスケール



出典：九州大学総合研究博物館ホームページ

回答

熱水からシリカ（ SiO_2 ）が沈殿して配管や還元井内が目詰まりするところでは、これを防ぐ目的でpHを5～6にするために、**50ppm程度の硫酸を熱水に添加**しています。

硫酸は、食料品、薬品、衣料品、生活用品など工業用に広く使われる無機化学薬品です。硫酸イオン（ SO_4^{2-} ）は自然の熱水や温泉水にも含まれており、**国内の温泉水における平均硫酸イオン濃度は約400ppm、海水のそれは2,700ppm**です。

地熱発電所で発生した熱水は地下深くに還元され、周囲の地熱流体と混合すると同時に地層・岩石と反応して**自然状態の平衡**に達します。

ヒ素等の有毒物を流出していないか？

Is there any leakage of harmful substances such as arsenic?

- 葛根田地熱発電所（岩手県 雫石町）
- 大岳・八丁原地熱発電所（大分県 九重町）

質問

地熱発電所から、地熱熱水中に含まれるヒ素を流出しているということはないのか。

回答

我が国の地熱発電所（温泉発電の一部を除く）は、現在、**熱水をすべて地下還元**しており、河川等へ直接排出することはありません。

葛根田地熱発電所では、「滝ノ上地域環境保全協定」に基づいて、河川および排出水の水質モニタリングを行っており、これまで**異常データが確認されたことはありません**。

大岳地熱発電所が運転を始めた1967年当時は、熱水中のヒ素は問題視されておらず、また熱水の排出規制もなく河川に放流していました。その後、熱水中のヒ素が問題視されたことから、大分県の指導や水質汚濁防止法（1971年施行）等の関連法規を踏まえ、1973年以降は還元井により熱水を地下に戻しています。

1977年に運転開始した八丁原地熱発電所も含めて河川の水質調査を定期的に行っていますが、問題となる**異常データは確認されていません**。

地熱資源調査・開発の流れ ①

Flow of geothermal resource survey and development ①

地熱資源の調査・開発の課題の一つとして、「発電開始までのリードタイムが長い」ということが挙げられます。なぜリードタイムが長いのか、地熱資源の調査・開発の流れを見ながら考えていきます。

調査をはじめる前に・・・

まず既存の各種データを収集し、解析することから始めます。解析結果や現地視察等により、開発の可能性とその規模について感触を得ます。

並行して、地域の方々（地元自治体、地域住民、温泉関係者、関係機関等）と地熱調査実施（調査結果が良ければ開発実施）について協議し、了解を得てから現地での調査を開始します。また、必要に応じ各種許認可手続きも行います。

1. 地表調査（1～3年）

地熱開発で最初に行うのが地表調査です。一般的な地表調査の項目は、地質調査、地化学調査、物理探査です。

これらの結果を総合的に解析し、地下の様子を推定して、次に実施する坑井掘削調査の掘削ターゲットを決定します。

①地質調査

地質調査は、地表における岩石の分布、地質構造や岩石の変質状況を地図上に表現するものです。そのため岩石分析も行います。

②地化学調査

温泉の化学成分を分析し、温泉の成因や地熱貯留層の温度を推定します。その際、温泉の湧出・利用状況等についても確認します。河川・湖沼についての地化学調査が有効なときもあります。

③物理探査

地下の岩石密度分布を推定する重力探査や地下の比抵抗分布を調べる電磁探査（MT法が一般的）を行います。他に弾性波探査等を実施する場合があります。



地熱資源調査・開発の流れ ②

Flow of geothermal resource survey and development ②

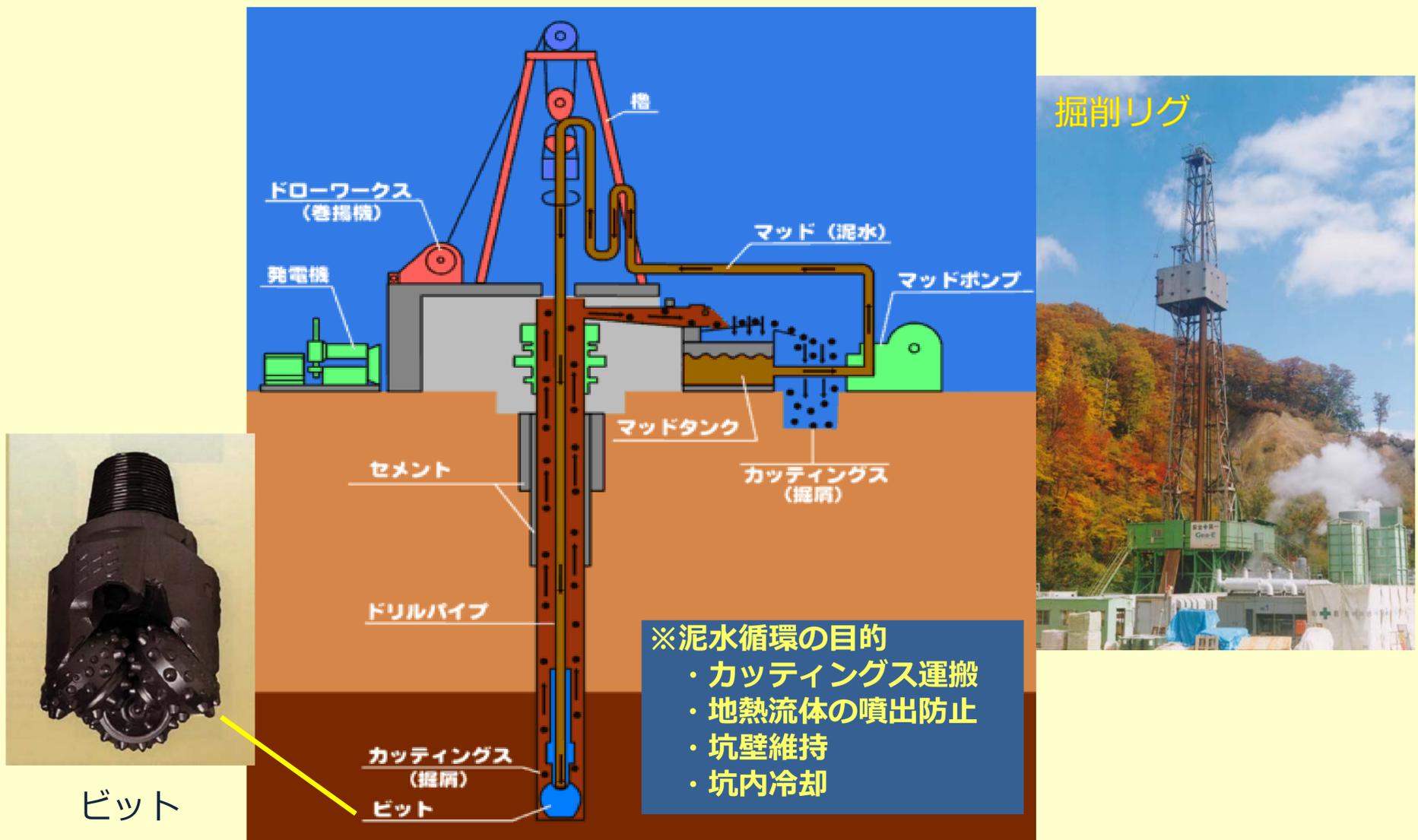
2. 坑井掘削調査 (2～3年)

坑井掘削を行うには、リグとよばれる櫓（やぐら）を建てます。

下図のように、リグの下にドリルパイプを吊るし、ドリルパイプの先端に取り付けたビットを回転させて坑井を掘り進めていきます。この時に欠かせないのが泥水循環（※）です。

まず、径の大きなビットで掘削を始め、所定の深度に達したら、坑内にケーシングと呼ばれる鋼管をセットし、ケーシングと岩盤との間にセメントを充填します。その後、ケーシングの内側を径の小さなビットで更に掘り進めていきます。

これを繰り返して、目標深度に達することができます。



掘削には、地上に上がってくるカッタイングス（岩屑）の調査や、坑壁を構成する岩石の各種物性値や坑内温度等を計測する検層を行うことで地下の状況を把握します。

坑井掘削調査段階で30MW級の発電規模に対し約半量の蒸気量を確認するには、4～5本の坑井が必要となります。1地域で年間に掘削する坑井数は多くて2本ですので、2～3年掛かることとなります。年間坑井掘削数が1本であったり、調査坑井数が増えたりすると、更に年月が掛かります。

地熱資源調査・開発の流れ ③

Flow of geothermal resource survey and development ③

3. 環境アセスメント（4年程度）

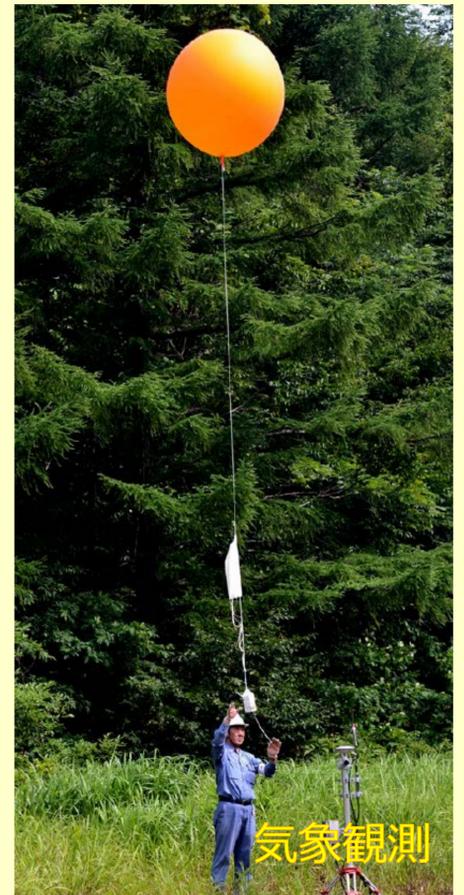
地熱発電所を建設する場合、法律により出力10MW以上のものについては必ず、7.5～10MWのものについては必要かどうか判断の上、環境アセスメントの手続きを行うこととなっています（より厳しい基準となっている地方自治体もあります）。

地熱発電所の一般的な環境影響評価項目は、次のとおりです。

- | | |
|----------|------------|
| ①大気環境 | ⑤動物・植物、生態系 |
| ②騒音・振動 | ⑥景観 |
| ③水環境 | ⑦触れ合いの活動の場 |
| ④温泉・地盤変動 | ⑧廃棄物 等 |



魚類調査



気象観測

現状では、環境アセスメントに4年程度掛かっています。これに対して国では、調査の前倒し、風洞実験のコンピュータシミュレーション化、関係各機関における意見集約期間の短縮化などにより、2年程度に短縮できる目処が立ってきました。

日本地熱協会としては、環境アセスメント審査の実質的な迅速化実現を政策要望の一つに挙げています。

4. 環境モニタリング

地熱開発において温泉モニタリングは重要です。目的は調査・開発から地熱発電所の運転期間中を通して、周辺温泉へ影響を与えていないか監視することです。そのためには、温泉に影響を与える可能性がある坑井掘削開始の1年以上前からモニタリングを行う必要があります。モニタリング項目は、温度、流量、電気伝導度、水位、化学成分等のうち実施可能なものとなります。

その他の環境モニタリングとしては、河川水モニタリング、希少動物モニタリング、掘削坑井敷地造成前の敷地周辺を含む植物調査、微小地震観測等が挙げられます。調査地域の実情に合わせたモニタリングを行います。

どのようなモニタリングをどのように行うかは、地元の自治体や地域の方々との協議により決めることが一般的です。

地熱資源調査・開発の流れ ④

Flow of geothermal resource survey and development ④

5. 発電・送電施設建設 (3～5年)

環境アセスメントの手続きが終了すると、いよいよ地熱発電所建設です。

発電設備、送電設備、蒸気・熱水分離、移送設備等の建設と並行して、計画出力に応じた蒸気量確保のための生産井、熱水・復水等を地下に戻すための還元井の掘削を行います。

この工事に2～3年程度掛かります。

現在、地熱発電所の建設を行っている山葵沢地熱発電所（秋田県 出力42MW 湯沢地熱(株)：電源開発(株)・三菱マテリアル(株)・三菱ガス化学(株)）は、2015年5月に工事を開始し、2019年5月の運転開始を目指しています。



地熱資源の調査・開発の流れを見てきましたが、規模の大きな、例えば30MW級の地熱発電所の場合、調査から運転開始までは短くても10年、長い時は15年あるいはそれ以上掛かることが分かります。

リードタイムが長い地熱発電ですが、発電が始まると、昼夜・天候にかかわらず安定的な発電ができます。CO₂排出量が少ないことも大きな特長です。

2016年10月8日には国内で最も古い松川地熱発電所（岩手県）が運転開始から50年を迎え、長く運転できるということが実証されました。

日本国内に豊富に存在する、純国産エネルギーである地熱資源を有効に利用することは、この国のエネルギー対策として重要なことではないでしょうか。