

磐梯山周辺地域  
広域資源調査について

- 2次調査中間報告と3次調査計画について -



福島地熱プロジェクトチーム



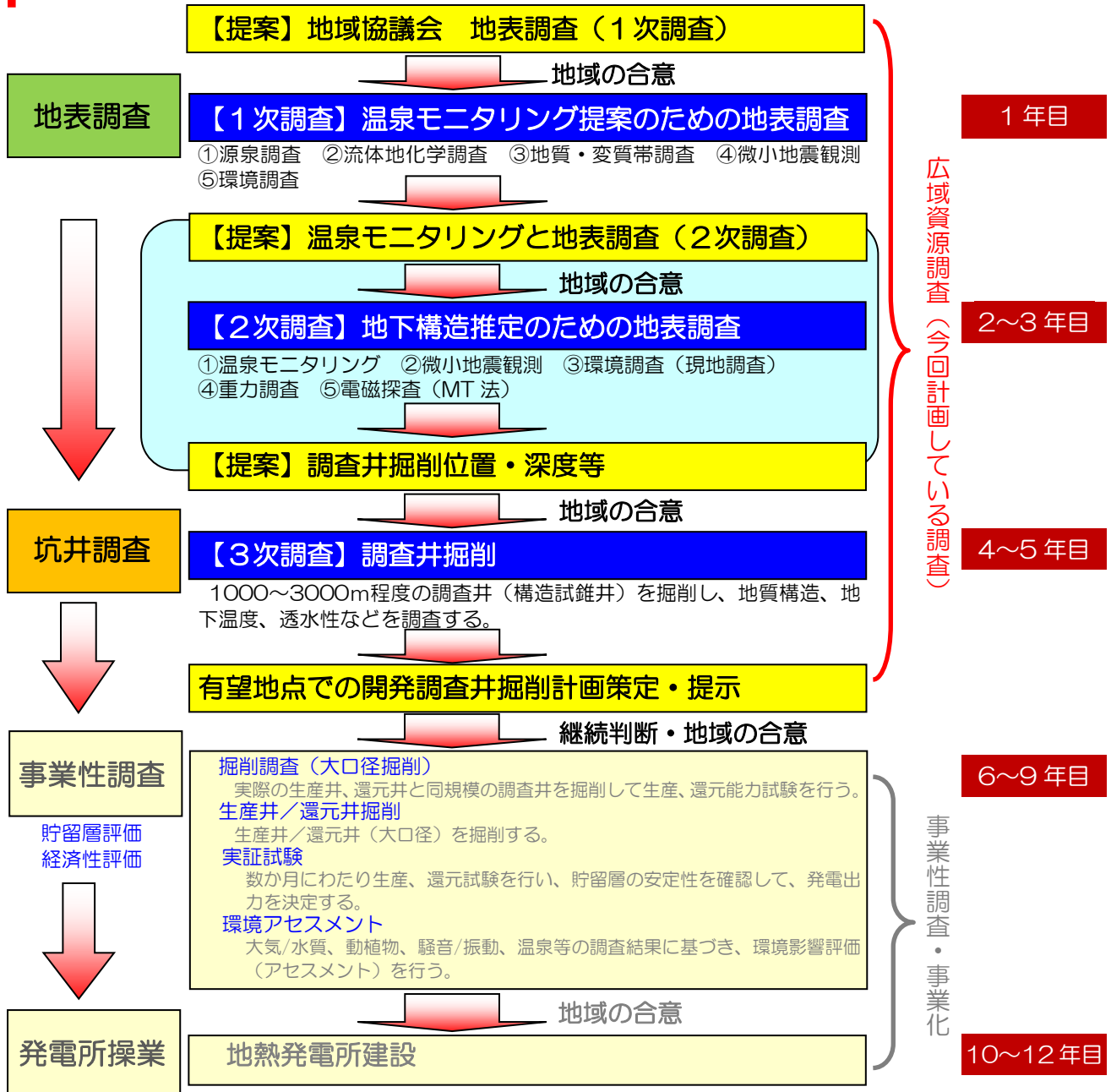
### 3. 大前提

地域の合意（地域の皆様のご理解が必要）を大前提とします。

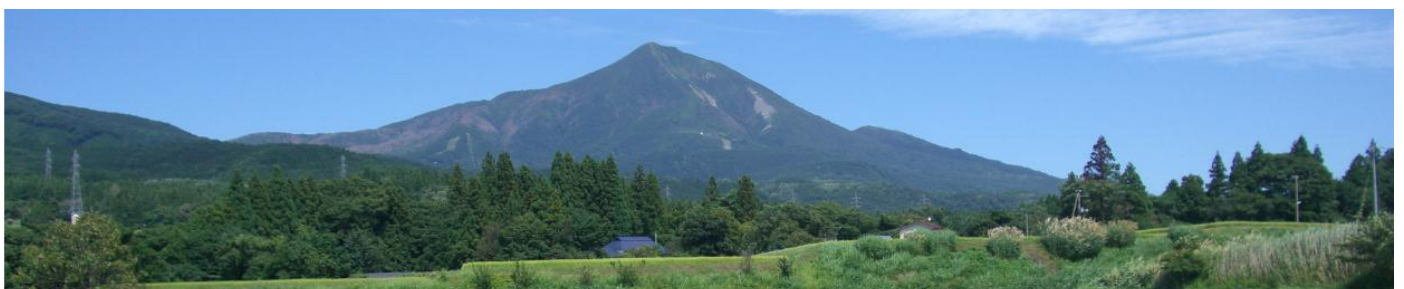
### 4. 調査の流れ

調査を次の段階に分け、地域協議会等で地域の合意を得て次の調査に進みます。

#### 広域資源調査の進め方（一例）



※ 調査の進め方の一例として示しますが、調査結果や地域協議会の状況等によって変更・中止となる可能性があります。



## 5. 3次調査（掘削調査）について

これまで3年間にわたり、磐梯山周辺地域を4つのエリアに分け、地表調査を実施して来ました。

### (1) これまでの経緯と3次調査（掘削調査）の概要について

昨年度までの調査結果に基づき、掘削候補地として磐梯東部を選定しました。

調査名	磐梯東部
源泉・流体地化学調査	付近に温泉が自然湧出していることから <b>水</b> の存在が示唆されます。源泉の成分から推定される貯留層温度は <b>190~210℃</b> です。
地質変質帯調査	カルデラ、貫入岩 <small>かんにゅうがん</small> に沿って <b>貯留層・断裂</b> の存在が示唆されます。
重力探査	低重力異常と高重力異常の境界と、重力構造線が集中しているため、 <b>貯留層・断裂</b> の存在が示唆されます。
電磁探査（MT法）	磐梯東部低比抵抗域が分布し、 <b>貯留層・断裂</b> の存在が示唆されます。
環境調査	温泉跡地周辺は周囲から見えにくく、旧土湯沢温泉跡地では、跡地活用が考えられます。

さらに今年度は、磐梯東部に絞り込み、重力探査と、電磁探査（MT法）の精査と総合解析を行い3次調査（掘削調査）の可能性、及び、掘削場所と掘削ターゲットの選定、調査計画の策定を行いました。

地熱の3要素である、熱源（マグマだまり）、水、貯留層・断裂に分けると次のようになりました。

地熱3要素	磐梯東部
熱源（マグマだまり）	<ul style="list-style-type: none"> <li>磐梯山直下の標高約-5,000m以深において、直径5,000m程度の規模の<b>熱源（マグマだまり）</b>が存在すると考えられています。</li> <li>磐梯山山頂およびその北側の深部で<b>低比抵抗域</b>が分布します。これは<b>過去の噴火に関連</b>していると思われ、<b>高温域の中心部</b>と思われれます。</li> </ul>
貯留層・断裂	<ul style="list-style-type: none"> <li>磐梯山山頂北東側では北西-南東方向の<b>比抵抗不連続線</b>が分布し、重力の急傾斜部とも重なっています。</li> <li>本地域の火口列の方向や変質帯分布、広域の応力や断裂方向などを考えると、北西-南東方向で開口性の<b>断層が発達されると期待</b>され、この断層は熱源に近い事から<b>熱水の上昇域</b>と推定できます。</li> </ul>
水	<ul style="list-style-type: none"> <li>断層上方の浅部では低比抵抗域が分布し、<b>熱水活動に伴う変質帯の存在</b>が考えられます。</li> </ul>

このため、2016年度（来年度）より、温泉跡地に掘削基地を造成し、そこから次の2坑の地熱調査井を掘削することにより、事業性調査への移行を見極めることとします。

### 掘削調査概要

No.	掘削基地	方位	傾斜掘削計画	
BD-1	温泉跡地	南方向西に約 20°	最終坑径	8.5 インチ (21.59 cm)
			掘削長	2,300m
BD-2	温泉跡地	南方向西に約 70°	垂直深度	1,900m
			偏距（口元からの水平距離）	1150m

熱水流動を規制すると期待される北西-南東方向の断裂系を横切り、熱水上昇域の上部に発達すると期待される浅部低比抵抗域の下方をターゲットとする掘削計画となっています。

詳細は、本資料の「8. これまでの地熱資源調査結果」で説明します。

掘削調査を計画している温泉跡地の概要は次の通りです。

項目	内容
所在地	福島県耶麻郡猪苗代町字土湯沢原
地目	山林
所有者	福島県耶麻郡猪苗代町 猪苗代地区財産区
現況等	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 以前は温泉旅館があった場所ですが、取り壊され現在は空地になっています。</li> <li>• 猪苗代財産区で管理され、入り口は進入禁止になっています。</li> <li>• 掘削調査期間中、現地の見学会などを実施しますが、通常は安全確保のため一般の方は立ち入ることはできません。</li> <li>• 磐梯朝日国立公園 第3種特別地域に指定されています。</li> </ul>



スケジュール（例）

	月数（参考）												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
掘削準備	■												
敷地造成		■	■	■									
機材搬入・設置					■								
掘削工事						■	■	■	■	■			
資材撤去・搬出										■			
データまとめ・次期計画											■	■	
温泉モニタリング調査	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

現時点でのスケジュールのため、変更になる可能性があります。

(2) 工事の概要、考えられるリスク、対策、評価について

項目	工事の概要		考えられるリスク	対策									
	2015年2月の説明会	温泉跡地											
敷地の造成 道路の建設 (2~3ヶ月程度)	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘削基地として1箇所あたり一辺50m程度の敷地を造成します。</li> <li>周辺道路までのアクセス道路を建設します。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘削基地として50m×100m(2箇所の場合)程度の敷地を造成します。</li> <li>国道459号線まで約500mの既存アクセス道路を整備します。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>樹林の伐採や地形の改変を伴う造成を行うため、風致景観や生物多様性への影響、公園利用に対する支障が発生する場合があります。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>温泉跡地を活用し、土地の改変を最小限に抑えます。</li> <li>事前に環境調査を実施し、来年度の掘削調査に関しては、環境に対して特段の対応が必要でない場所で実施します。</li> </ul>									
リグ(やぐら)の建設 (1~2ヶ月程度)	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘削敷地内に、高さ30~50mのリグ(やぐら)を設置します。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘削調査期間中、掘削敷地内に、高さ50mのリグ(やぐら)を設置します。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>リグ(やぐら)が設置されるため、風致景観への影響があります。</li> <li>土木、建設工事に伴う事故や、工事車両による交通事故のリスクがあります。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>温泉跡地は、景観シミュレーションの結果、観光スポット、登山等からは殆ど見えない場所です。</li> <li>リグ(やぐら)は、掘削終了後撤去し、坑口を塞ぐためのバルブを設置します。</li> <li>工事監理を徹底します。</li> </ul>									
掘削作業 (4~6ヶ月程度)	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下1,000~3,000mの調査井を掘削します。</li> <li>掘削時に河川水を使用します。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下2,300mの調査井を掘削します。</li> <li>掘削時に土湯沢の沢水(水利権なし)を使用します。</li> <li>正確な評価を行うため、最終口径は、地熱発電所で使われているものと同じ(8.5インチ)です。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘削期間中は騒音・振動が発生します。夜間も工事を実施します。</li> <li>掘削排水が発生します。</li> <li>地質条件によっては期間が伸びる場合があります。</li> <li>温泉や地下水が噴出する可能性があります。</li> <li>全量逸泥※になり泥水※が地中に混入する可能性があります。</li> <li>温泉や地下水への影響の懸念があります。</li> <li>工事車両による交通事故のリスクがあります。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>騒音、振動の対策を講じます。(集落からは1km以上離れています。)</li> <li>掘削排水は産業廃棄物として専門業者に処理を委託します。</li> <li>温泉や地下水を湧出させる調査ではありませんが、温泉モニタリングを周辺15箇所で実施し影響が出た場合の対応について取り決めた、協定書を締結します。</li> <li>全量逸泥になった場合は、泥水を真水に切り替えます。</li> <li>工事監理を徹底します。</li> </ul>									
調査井評価	<p>調査井を掘削して、以下の坑井地質調査と物理検層の評価を行うことにより、地質構造や、地熱構造を推定します。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>調査名</th> <th>実施すること</th> <th>わかること</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>坑井地質調査</td> <td>掘削工事中に採取した岩石試料の観察や分析を行います。</td> <td>調査地域の地下の地質・地熱構造が把握できます。</td> </tr> <tr> <td>物理検層</td> <td>坑内に測定器を降下させ物理性状を調べます。</td> <td>調査井の温度、圧力、比抵抗等の地下情報を取得します。</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>調査井の温度が200℃以上で、透水性を持つ地層や地熱貯留層を見つけることが目標です。</li> <li>調査井は、評価後、事業用に転用する場合と、埋め戻して原状復旧する場合とがあります。</li> </ul>				調査名	実施すること	わかること	坑井地質調査	掘削工事中に採取した岩石試料の観察や分析を行います。	調査地域の地下の地質・地熱構造が把握できます。	物理検層	坑内に測定器を降下させ物理性状を調べます。	調査井の温度、圧力、比抵抗等の地下情報を取得します。
調査名	実施すること	わかること											
坑井地質調査	掘削工事中に採取した岩石試料の観察や分析を行います。	調査地域の地下の地質・地熱構造が把握できます。											
物理検層	坑内に測定器を降下させ物理性状を調べます。	調査井の温度、圧力、比抵抗等の地下情報を取得します。											

※逸泥：掘削ビットの先端が断裂系に到達し、泥水が回収できなくなる現象を言います。

※泥水：掘り屑の除去、掘削器具の潤滑性向上、噴出防止などのために、調査井掘削の際、水とベントナイト(粘土)懸濁液を主体としたものに、調泥剤を加えた液体で坑井内を循環させます。

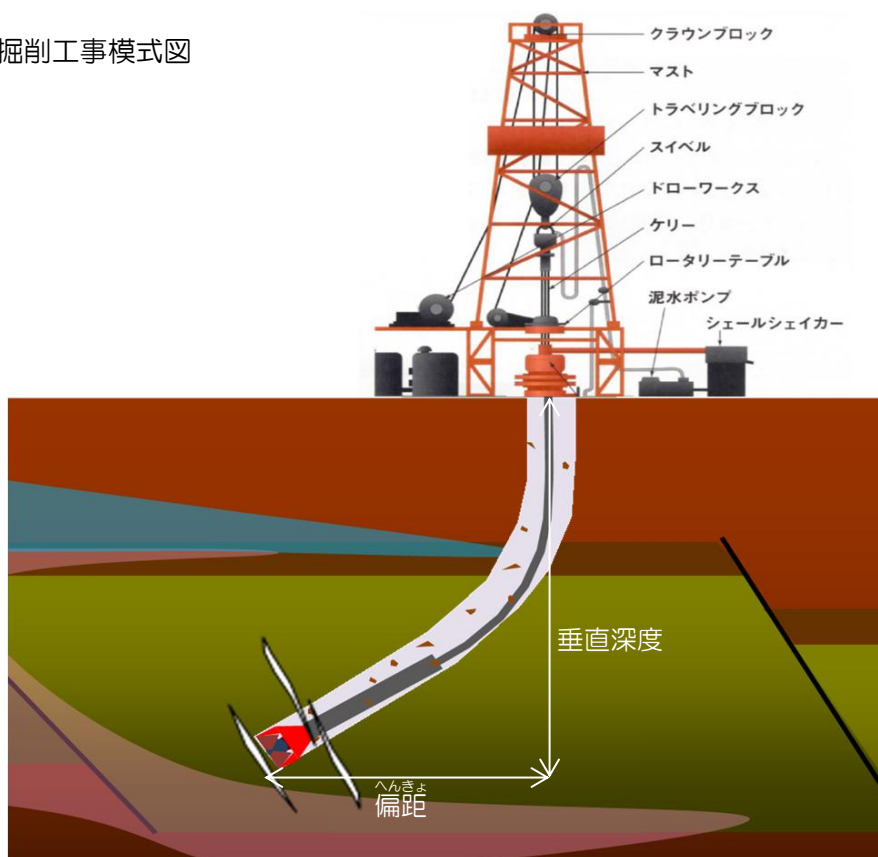


リグ（櫓）（掘削工事中）



坑口装置（掘削工事終了後）

掘削工事模式図



### (3) 法規制等

温泉跡地で掘削調査をする場合、必要な許認可は次の通りです。

法規制等	備考
自然公園法 特別地域における ・土地の形状変更 ・仮設工作物の新築 ・土石の採取	掘削計画地は、磐梯朝日国立公園第3種特別地域に該当するため、原則として地熱開発は認められていません。ただし、地域合意や情報の公開等、優良事例としてふさわしいものであると判断される場合のみ掘削調査や地熱開発が可能です。
温泉法（温泉掘削申請）	温泉井戸と同様に温泉法が適用されます。地熱流体を噴出させる目的で坑井を掘削する場合、温泉法による坑井掘削許可が必要となります。許可を得ます。
猪苗代町条例 （猪苗代財産区財産使用許可）	該当しません。
国有林野法（国有林）、森林法（保安林）、農地法、河川法、砂防法等	該当しません。

掘削調査開始までに、掘削用地の確保と合意、許認可の取得等の準備を行うとともに、地域協定書の締結などを行います。また、掘削調査は温泉を湧出させることが目的ではありませんが、引き続き調査地域周辺で温泉モニタリングを実施します。

## 6. 地熱調査・開発を実施するにあたり

地熱資源は、温泉の保護を図りつつ適正に利用していかなくてはなりません。地熱事業者は、温泉関係者をはじめとする地域の方々が、地熱開発により不利益を被ることなく、長期に亘って、共存共栄の関係となる事業を作り上げることを目標とします。

### ①地域の合意

- 調査・開発にあたり、情報開示を行い、ステップ毎に地域の合意を得ながら進めます。

### ②自然環境や景観の保護

- 改変面積の最小化や周辺地域の環境保全に努めます。
- 森林（里山）景観との調和に努めます。

### ③温泉や観光資源の保護

- 温泉モニタリングを実施し、地熱調査・開発による温泉への影響を監視します。
- 温泉利用に支障が出た場合には、第三者専門家、温泉関係者、自治体、地熱事業者で検討し、対応策を実施します。

### ④地域経済の活性化

- 地域貢献策として、行政、地域の方々と意見交換をしながら検討します。

日本温泉協会は、地熱発電問題で声明文「無秩序な開発反対」を発表し、声明文の中に、無秩序な地熱開発を回避するための5項目を提案されています。

## 日本温泉協会 5項目の提案

1. 地元（行政や温泉事業者）の合意
2. 客観性が担保された相互の情報公開と第三者機関の創設
3. 過剰採取防止の規制
4. 断続的かつ広範囲にわたる環境モニタリングの徹底
5. 被害を受けた温泉と温泉地の回復作業の明文化

## 協定書について

3次調査（掘削調査）に入るまでに、協定書を締結することとしています。

項目	内容
締結当事者	・磐梯3町村（猪苗代町、磐梯町、北塩原村）との間で締結します。 行政と使用収益権者の間は、同じ内容の覚書を締結していただきます。
損害賠償項目	・下記文言に準拠します。
その他項目	・本調査の実施、協議会等の設置、環境の保全、温泉モニタリング、苦情等の処理、損害賠償、相互協力、参画会社の合意、有効期間 等について記載します。

### 【参考】「磐梯山周辺地域 地熱資源調査 3段階（掘削調査）における協定書の補償文言について

これまでの説明を踏襲し、次の文言に準拠したものにします。

#### ①民法の規定

万が一、本地域での地熱調査が原因で、温泉に影響が出た場合、被害を受けた温泉の補償については、まず民法上の損害賠償である、債務不履行に基づく損害賠償（415条以下）と不法行為に基づく損害賠償（709条以下）にかかる規定を遵守し、誠意をもって対応いたします。

#### ②モニタリングによる対応

本地熱調査においては、モニタリングの結果、地熱調査の原因により、温泉の変化（温度、圧力、成分、湯量等）や、その他の項目に変化があった場合は、原状を回復する努力を行い、それが不可能な場合には、調査計画の見直しや、損失補填も含めた代替措置を講じます。

#### ③開発に移行した場合の対応

福島地熱プロジェクトチームでは、地熱資源調査までを対象としていますが、調査段階以降、地熱開発段階に進展した場合の、具体的な対応については、温泉や温泉地毎に異なった事情を考慮するため、調査段階や事業性調査の結果等を踏まえ、地域の合意形成の過程において補償等も含め議論させていただきます。



さらに、これまでの住民説明会等では、温泉事業者、自然保護団体、一般市民の方より様々な懸念点が出されています。

地熱資源調査（地表調査、掘削調査）と、地熱開発・事業開発の各段階で対応しておくべき項目、対応方法等は次の通りです。

段 階	項 目	対 応 方 法 等
全期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域合意、情報公開</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全期間を通じて大前提とします。</li> </ul>
地表調査 (2013～ 2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>協議会、住民説明会の実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>行政に次の会を設置していただいています。</li> <li>磐梯山周辺地熱発電事業検討連絡協議会（磐梯3町村）</li> <li>福島県における地熱資源開発に関する情報連絡会（福島県）</li> </ul>
掘削調査 (2016～)	<ul style="list-style-type: none"> <li>第三者機関の創設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>福島県における地熱資源開発に関する情報連絡会専門家部会に評価をお願いしています。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>温泉への影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地熱資源調査段階では、温泉を湧出させることが目的ではありませんが、万一来るに備え、周辺で温泉モニタリングを実施します。</li> <li>温泉地からは離れた場所で実施します。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水、飲料水への影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘削排水を始めとする掘削により生じる廃棄物は専門業者により産廃処理し、周辺の土地や河川には廃棄しません。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>景観、環境への影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘削用のリグ（やぐら）が建つのは掘削工事中だけで、工事後はバルブを設置します。さらに、景観や環境への影響が最小限になる場所を選定します。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>補償問題、協定書の締結</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>補償内容について定め協定書を締結します。</li> </ul>
開発・事業化 (時期未定)	<ul style="list-style-type: none"> <li>過剰採取による温泉枯渇</li> <li>地熱発電所からの騒音、悪臭</li> <li>還元水による崖崩れ、地震誘発</li> <li>景観、環境破壊</li> <li>湖沼、地下水、飲料水汚染</li> <li>噴気の消失</li> <li>火山噴火誘発</li> <li>震災、原発事故に伴う県民の不安感情</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地表調査、掘削調査の結果によっては、計画の変更・中止になる可能性があります。</li> <li>開発、事業化を実施するまでにプロジェクト内で検討し、対策を実施する必要があるものについては、対応し住民説明会等で説明します。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>補償問題、協定書の締結</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発・事業化のための協定書を締結します。</li> </ul>

### 有望地点とは？

地熱資源、自然環境、社会環境の面で有望な地点があり、かつ、地域合意を得られる見通しがある場合、その場所を「有望地点」として選定します。

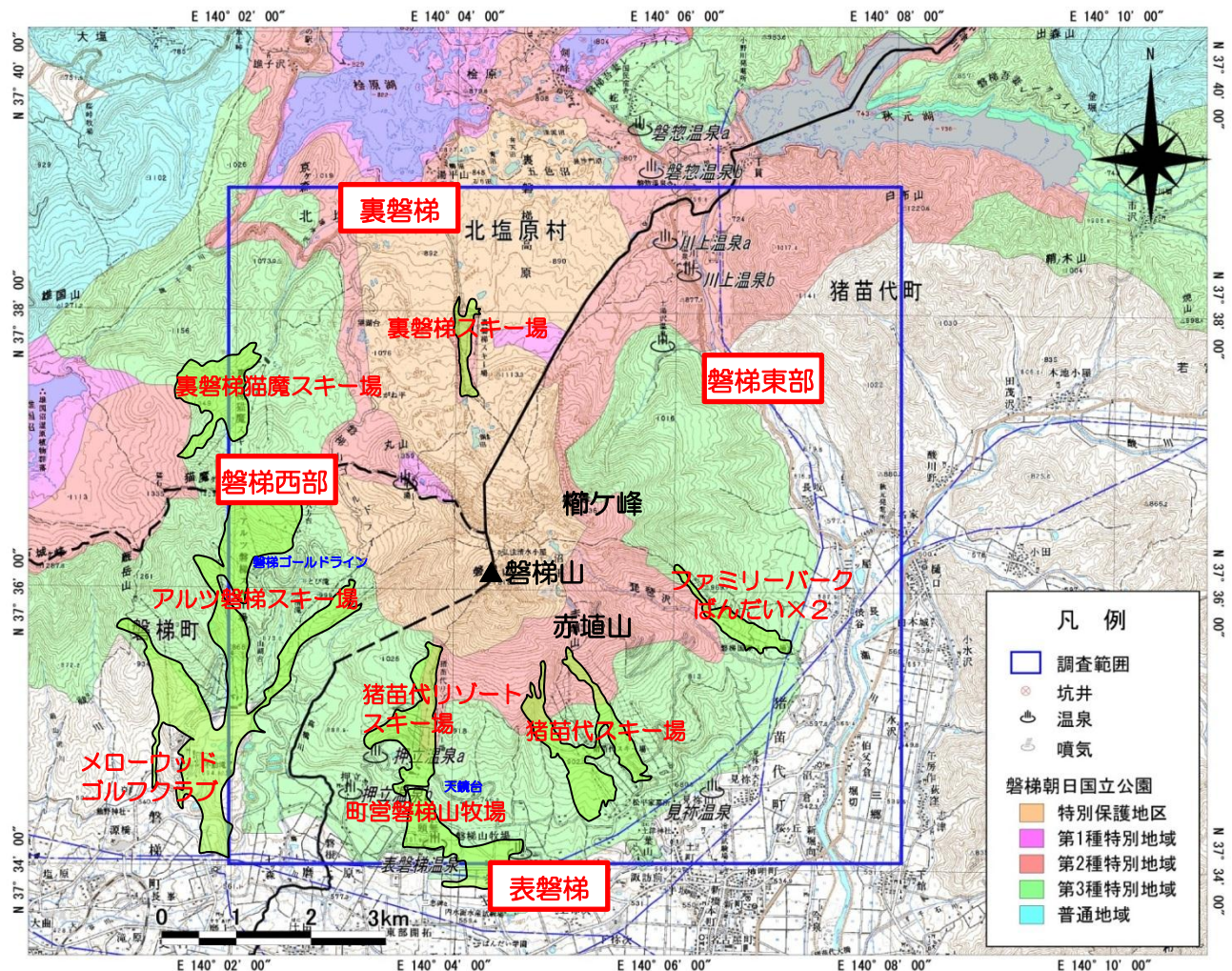
## 7. 環境モニタリング

環境に影響の殆どない地表調査段階から、定常時の状況や変動幅を把握しておくことを目的として次の環境モニタリングを実施しました。調査の項目と内容は次の通りです。

区分	項目	内容
①社会環境調査	土地の利用状況	・調査範囲周辺において、土地の利用状況を調査しました。
	法規制等	・掘削計画地における国立公園・国有林・公有林・私有林等の区分図や、保安林・文化財位置図・鳥獣保護区位置図を作成しました。
②自然環境調査	動植物の概況	・これまで春季、夏季、秋季、冬季の環境モニタリングを実施しました。 ・今年度は春季に掘削計画地周辺の精査を実施しました。
	景観の概況	・掘削計画地での景観資源の視認状況を把握しました。
③温泉モニタリング	—	・今年度より周辺の15源泉で、1回/月のモニタリング調査を実施しています。
④微小地震観測	—	・今年度の調査として気象庁データを収集しています。

### (1) 社会環境調査 調査範囲の土地の利用状況

磐梯山山頂から、裏磐梯にかけては、掘削調査や地熱開発が認められていない特別保護地区に指定されています。また、磐梯東部以外の地域では、スキー場など土地の利用が進んでいます。



(2) 環境モニタリング調査結果のまとめ

春季に調査範囲を絞り込み三次調査（掘削調査）の掘削計画地周辺で調査を実施しました。

■希少猛禽類

- 掘削計画地周辺に生息する猛禽類を把握しました。

種名	対応等
クマタカ	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘削計画地から、2.3 km離れた長瀬川対岸の1ペアの営巣地を特定しています。このペアの2013年ないし2014年産まれと推定される幼鳥を確認しました。しかし、2015年には繁殖を示唆する行動は確認されませんでした。</li> <li>昨年の調査では1度だけですが、掘削計画地上空をクマタカの雄が飛翔しているのが確認されています。</li> <li>掘削計画地から、4.5 km離れた琵琶沢周辺に以前使用していた可能性がある巣がありますが、今年度の調査では、クマタカのペアそのものが確認されませんでした。</li> </ul>



長瀬川ペア成鳥雄  
(2015.6.4 撮影)



長瀬川ペアから産まれたと推定される幼鳥  
(2015.6.1 撮影)

■動物

掘削計画地周辺で、これまでの調査から確認された重要な動物は次の通りです。

種名	確認形態	対応等
ニホンザル	糞	掘削計画地は、広い遊動域のごく一部であり、直接的な影響は想定されません。
ツキノワグマ	糞、爪跡	掘削計画地は、広い行動圏のごく一部であり、直接的な影響は想定されません。
ハチクマ	目視	これまでの調査を通して、繁殖に係る行動が一切確認されていないことから、直接的な影響は想定されません。
ノジコ	鳴声	これまでの調査において、測量範囲近辺から長瀬川上流部にかけて広い範囲で確認されていることから、今回の改変規模では直接的な影響は想定されません。

## ■植物

掘削計画地周辺で、これまでの調査から確認された重要な植物は次の通りです。

種名	対応等
エンコウソウ	掘削計画地の水路跡で1株確認されました。植栽されたものと考えられます。周辺の湿性地の改変を行わない限り、直接的な影響は想定されません。
サワオグルマ	掘削計画地周辺の湿性地で101株確認されています。今回計画している掘削調査では、湿性地の改変を行わないことから、直接的な影響は想定されません。



エンコウソウ  
2015.5.14 撮影



サワオグルマ  
2015.5.28 撮影

掘削計画地では、直接的な影響が及ぶ、重要な動物、重要な植物および指定植物は確認されませんでした。このため、今回の掘削調査に際して、特別な環境保全措置を実施する必要はないと考えられます。

### (3) 今後の課題について

来年度掘削調査を計画している温泉跡地は、上記状況ですが、温泉跡地周辺には、重要な動物、植物、指定植物などが生息します。このため、今後掘削調査範囲を広げたり、開発・事業化へ進めたりする場合には、状況に応じて次の調査を実施する可能性があります。

#### ①クマタカについて

状況に応じて『猛禽類保護の進め方 改訂版（2012年、環境省）』に準じ、周年の行動圏調査等と行動圏内部構造解析を行う可能性があります。

#### ②動物・植物について

##### ・動物

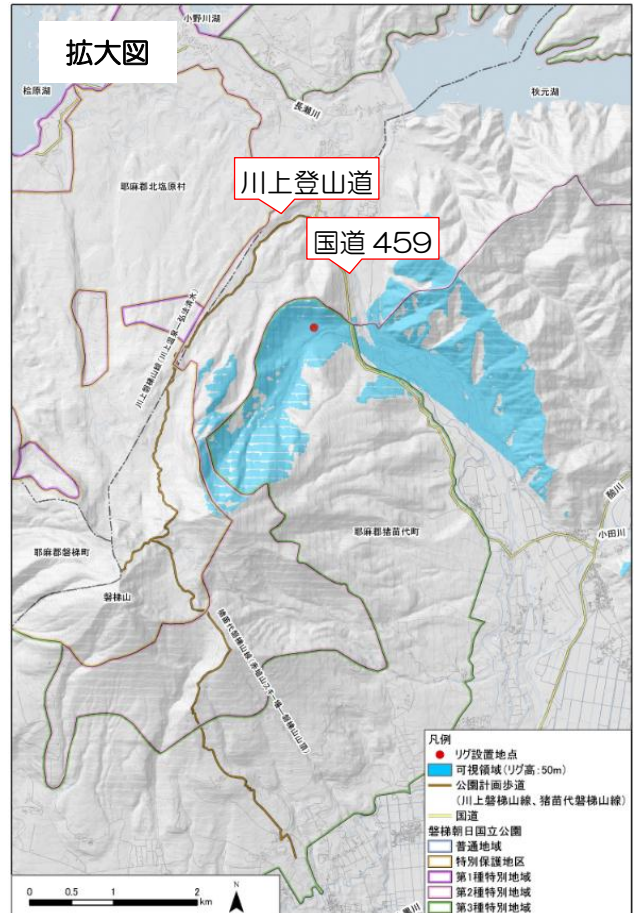
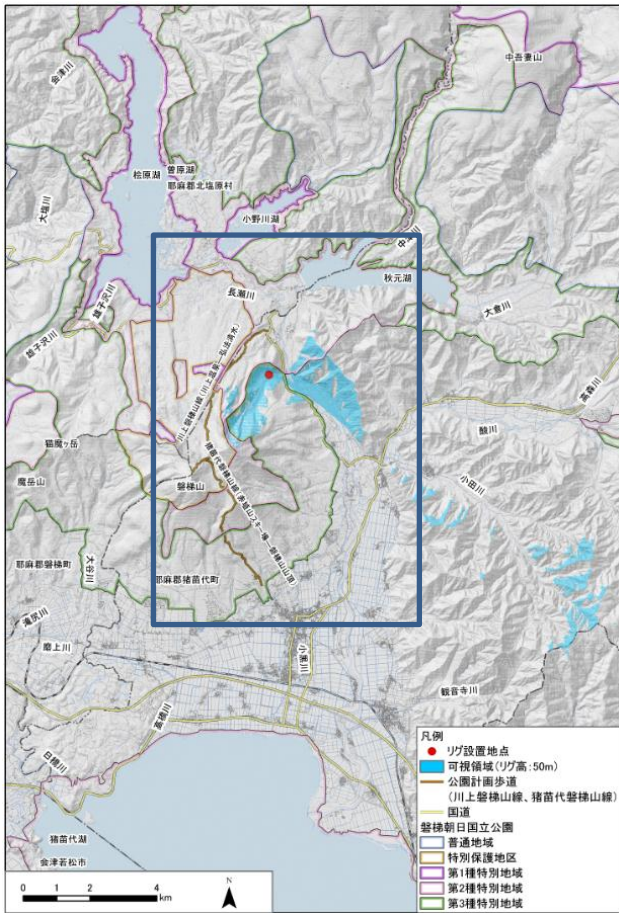
掘削調査範囲を広げたり、開発・事業化へ進めたりする場合には、重要な種が多く含まれるコウモリ類・夜行性鳥類・ガ類（チョウ目）等の生息状況を把握するため、夜間調査やトラップ調査が必要です。また、小型哺乳類、湿性地特有のオサムシ類など徘徊性昆虫についての生息状況の調査を実施して保全措置を実施します。

##### ・植物

掘削基地周辺には湿性地が存在します。このため、今後敷地造成範囲を広げる場合には、湿性地における必要な植物の調査と対策を実施します。

#### (4) 視認性調査

リグ（やぐら）は掘削工事中に設置し工事後は撤去するものですが、50mの掘削リグ（やぐら）を温泉跡地に設置した場合の視認範囲について、景観シミュレーションを実施しました。



登山道や主要な観光地など通常人の行く場所からは見えない場所であることが判明しました。なお、国道 459 号線上は視認範囲になっていますが、木が生えており実際には見えません。



調査地域は、自然性豊かで多様な環境を有する、山間地の生態系を呈する地域です。このため、動植物、生態系、自然景観、公園利用等に対しては十分な配慮を行います。



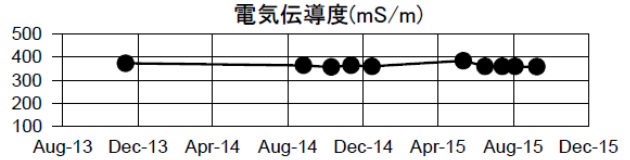
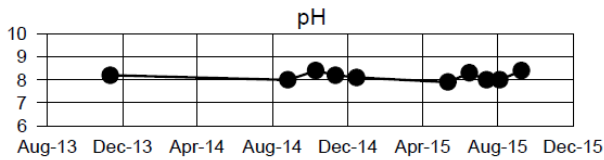
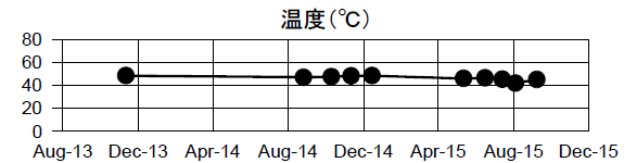
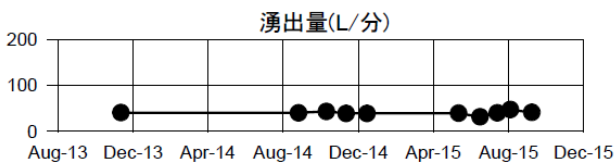
(5) 温泉モニタリング（2013～2015 年度調査結果）

2015 年度より環境省の「温泉保護に関するガイドライン」に準拠した「温泉モニタリング」を実施しています。

この温泉モニタリングは、調査範囲全域の15箇所で、2015年5月より月1度実施しています。

項目	内容
目的	3次調査（掘削調査）を実施する前に、定常時の状況や変動幅を把握しておくことを目的として実施しています。
測定項目・頻度	環境省の「温泉保護のガイドライン」に準拠して、温泉水位（地上部から温泉水面までの距離）、湧出量、孔口圧力（源泉孔口の圧力）、温度、pH、電気伝導度のうち、測定可能な項目のモニタリングを月1回実施しています。
条件等	<ul style="list-style-type: none"> <li>源泉所有者、温泉事業者、管理者等と合意の上実施しています。</li> <li>地域で実績のある温泉コンサルタント事業者に依頼して実施します。</li> <li>データの提出先は、源泉所有者（管理者）と、行政関係、第三者機関とします。</li> </ul>
モニタリング源泉名	①湯平山      ②裏磐梯弥六沼      ③剣ヶ峯      ④五色温泉      ⑤磐梯大府平 ⑥磐梯高原休暇村      ⑦磐梯高原裏磐梯      ⑧湯沼第一      ⑨磐梯温泉      ⑩猪苗代四季の湯 ⑪猪苗代・葉山2号      ⑫磐梯山麓温泉      ⑬表磐梯2号      ⑭住吉館      ⑮磐梯山清水平

【温泉モニタリングデータの一例】



例) Aug-13 ⇒ 2013年8月



【写真はイメージで、モニタリングデータとの直接的な関係はありません。】

## 8. これまでの地熱資源調査結果

(1) 調査実績と3次調査（掘削調査）実施可能性のある場所と掘削ターゲットの選定

### ①調査実績

#### 2013年度（1次調査）

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
体源 地泉 調査 化・ 学流	源泉調査								■				
	流体地化学調査								■				
	取りまとめ報告書作成										■	■	
地質 帯調 査変 質	現地調査								■				
	分析								■	■	■		
	解析・報告書作成										■	■	
微小 振動 観測	観測点選定・観測装置の設置							■					
	観測データ回収								■	■			
	データ整理・報告書作成										■	■	
環境 調査	社会環境調査	聞き取り調査							■				
		文献調査								■			
	自然環境調査	文献調査								■			
		現地調査（動植物）								■			
		眺望地点からの写真撮影								■			
	報告書作成										■	■	

#### 2014年度（2次調査 1年目）

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
物理 探査	重力探査	調査準備	■	■	■	■	■						
		現地調査						■	■	■			
		解析・報告書作成								■	■	■	■
	電磁探査 （MT法）	調査準備	■	■	■	■	■						
		現地調査						■	■	■			
		解析・報告書作成								■	■	■	■
モ環 二境 タリ ング	温泉モニタリング						■		■	■	■		
	環境調査 （動植物調査）	現地調査（動植物）						■	■	■	■		
		データ整理									■	■	
	微小振動観測	■	■	■	■	■	■	■	■				

#### 2015年度（2次調査 2年目）

		実績							予定				
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
物理 探査	重力探査 （精査）	調査準備	■	■									
		現地調査			■								
		解析・報告書作成				■	■	■	■				
	電磁探査（MT 法）（精査）	調査準備	■	■									
		現地調査		■	■	■							
		解析・報告書作成				■	■	■	■				
モ環 二境 タリ ング	温泉モニタリング		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	環境調査 （動植物調査）	現地調査（動植物）	■	■	■								
		データ整理			■	■	■	■	■				
	微小地震観測								■	■	■	■	■
その他	3次調査準備							■				■	
	許認可・説明会											■	

(2) 調査結果のまとめと3次調査（掘削調査）場所の選定

これまでの地表調査の解析結果より現時点での3次調査（掘削調査）の可能性について検討しました。

地熱資源が存在するためには、**地熱の3要素**と言われる

- ①熱源（マグマだまり）
- ②水
- ③貯留層（熱水や蒸気が貯まっているところ）・断裂（岩石の隙間）



の存在が必要です。やかんでお湯を沸かし、その蒸気を利用することと比較すると、**熱源**（マグマだまり）はコンロ、**水**はやかんの水、**貯留層・断裂**はやかんに相当します。

**熱源**（マグマだまり）は、磐梯山の地下深部に存在すると考えられます。

このような熱源が地下深部に存在する地域では、地表水起源の地下水が地下数千mまで浸透すると、その地下水が熱せられて**貯留層**を形成することがあります。**貯留層**の形成には、**断裂**が必要です。

昨年度までの調査では、磐梯山周辺を4地域に分けそれぞれの調査結果をまとめました。

調査名	磐梯東部	磐梯西部	表磐梯	裏磐梯
源泉・流体地化学調査	温泉が自然湧出していることから <b>水</b> の存在が示唆されました。貯留層温度の推定値は <b>190~210℃</b> でした。	温泉が湧出していますが、貯留層温度の推定値は <b>170~180℃</b> でした。	温泉が湧出していますが、貯留層温度の推定値は <b>170~180℃</b> でした。	温泉が湧出していますが、貯留層温度の推定値は <b>70~120℃</b> でした。
地質変質帯調査	カルデラ、貫入岩に沿って <b>貯留層・断裂</b> の存在が示唆されました。	噴気活動が確認されるため <b>貯留層・断裂</b> の存在が示唆されました。	地熱資源の兆候は見できませんでした。	地熱資源の兆候は見できませんでした。
重力探査	低重力異常と高重力異常の境界と、重力構造線が集中しているため、 <b>貯留層・断裂</b> の存在が示唆されました。	高重力異常や、重力構造線は見られますが、地熱活動との関係は不明でした。	重力構造線は見られますが、地熱活動との関係は不明でした。	裏磐梯スキー場東側に低重力異常が存在し、 <b>貯留層・断裂</b> の存在が示唆されました。
電磁探査（MT法）	磐梯東部低比抵抗域が分布し、 <b>貯留層・断裂</b> の存在が示唆されました。	裏磐梯低比抵抗域の西側に低比抵抗域が分布しますが、地熱活動との関係は不明です。	表磐梯低比抵抗域が分布し、 <b>貯留層・断裂</b> の存在が示唆されました。	裏磐梯低比抵抗域が分布しますが、地熱活動との関係は不明です。
社会環境調査	温泉跡地周辺は周囲から見えにくく、土地活用が考えられます。国道459号線沿は景観保護地域に指定されています。	磐梯山頂周辺は国立公園の特別保護地区に指定されています。また、スキー場、ゴルフ場など <b>土地の利用が進んでいます</b> 。	スキー場、温泉、別荘地など <b>土地の利用が進んでいます</b> 。観光地からの重点眺望箇所となっており、 <b>掘削調査は制限されます</b> 。	大部分が国立公園の特別保護地区と、第一種特別地域に該当するため、 <b>掘削調査は認められません</b> 。

昨年度までの地表調査の結果、磐梯東部がすべての項目で可能性が高いことが判明したため、磐梯東部を掘削候補地として設定しました。

このため、今年度は磐梯東部での精査を実施し、地熱資源が賦存する可能性が高いことがわかりました。ただし、これはこれまでの調査結果から得られた推定です。地熱資源とは関係のない、単なる地熱とは無関係の地下構造を表している場合もあります。このため、来年度は、磐梯東部において、地熱調査井を掘削することにより、事業性調査への移行を見極めることとします。



### (3) 源泉・流体地化学調査（2013 年度調査結果）

源泉調査では、現地のご協力をいただき調査を実施しました。調査は、源泉の位置、湧出状況および利用状況の現地調査・聞き取りを行いました。

流体地化学調査では、調査地域の温泉水・噴気の性状を知り、その起源や流動形態等について解析するために、温泉水と湧水・河川水などの地表水の採取・分析を実施しました。

分析結果をもとに、溶存化学成分による温泉水の分類、温泉水・溶存化学成分の起源、地化学温度、温泉の生成機構等について考察を行いました。また、滞留時間はトリチウム濃度により推定しました。磐梯山周辺地域を4つのエリアと、源泉の成分により6つのタイプに分けて概要をまとめました。また、貯留層温度は、温泉成分から計算した地化学温度により推定しました。

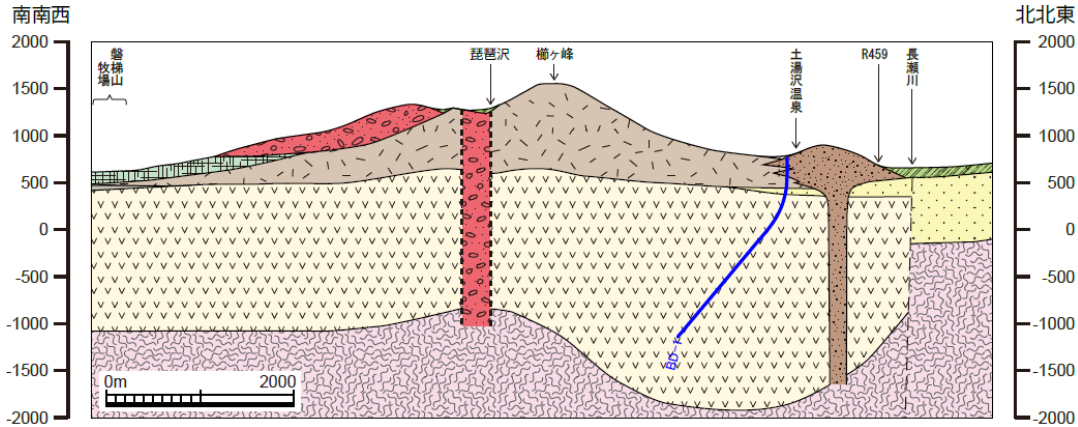
表 源泉流体地化学調査結果

エリア	項目	結果	起源と成因の推定
磐梯東部	泉温	25.1~35.0 °C	<b>概要</b> ；標高およそ 690~770m の斜面から自然湧出する温泉です。 <b>温泉水</b> ；無色・透明無臭で遊離ガスは伴いません。 <b>成因</b> ；天水（降水）起源の浅部地下水を主とし、そこに貯留層から断裂などを通して浅部まで上昇した熱水が混合して生成しています。
	pH	5.9~7.4 中性泉	
	湧出状況	自然湧出・掘削自噴	
	滞留時間	短い	
	貯留層温度(推定値)	190~210°C	
磐梯西部	泉温	33.7~74.0 °C	<b>概要</b> ；標高およそ 1300m の噴気を伴う変質帯から数力所で自然湧出しています。 <b>温泉水</b> ；灰白色の濁り、強い硫化水素臭があり、湯だまり下からガスが湧出しています。 <b>成因</b> ；地表水または浅部地下水に火山ガスが吹き込み生成しています。
	pH	2.2~2.8 酸性泉	
	湧出状況	自然湧出	
	I 滞留時間推定	短い	<b>成因</b> ；天水起源の地下水が、地下深部において熱伝導によって加熱され生成しています。
	貯留層温度(推定値)	-	
	II 湧出状況	掘削動力揚湯	
	II 滞留時間	長い	
貯留層温度(推定値)	170~180°C		
表磐梯	泉温	38.0~57.8 °C	<b>概要</b> ；標高およそ 550~700m に位置し、掘削井から湧出しています。 <b>温泉水</b> ；無色透明で弱い硫化水素臭又は金気臭を持つ所、淡褐色で金気臭がある所がありました。 <b>成因</b> ；天水起源の地下水が地下深部で熱伝導によって加熱され生成された熱水が伝導冷却しながら上昇し、その間に滞留時間の長い地下水と混合して生成しています。
	pH	6.1~7.6 大半が中性泉	
	I 湧出状況	掘削動力揚湯	
	I 滞留時間	長い	
	貯留層温度(推定値)	170~180°C	
	II 湧出状況	自然湧出・掘削自噴・掘削動力揚湯	
	II 滞留時間推定	長い	
貯留層温度(推定値)	180°C程度		
裏磐梯	泉温	48.0~68.6 °C	<b>概要</b> ；標高およそ 770~830m に位置する掘削井から湧出する温泉です。 <b>温泉水</b> ；湧出直後はいずれも無色透明で弱い金気臭や硫化水素臭があります。 <b>成因</b> ；滞留時間の長い天水起源の地下水が地下深部での熱伝導によって加熱され生成しています。
	pH	8.2~9.0 弱アルカリ性~アルカリ性泉	
	湧出状況	掘削動力揚湯	
	滞留時間	長い	
	貯留層温度(推定値)	70~120°C	

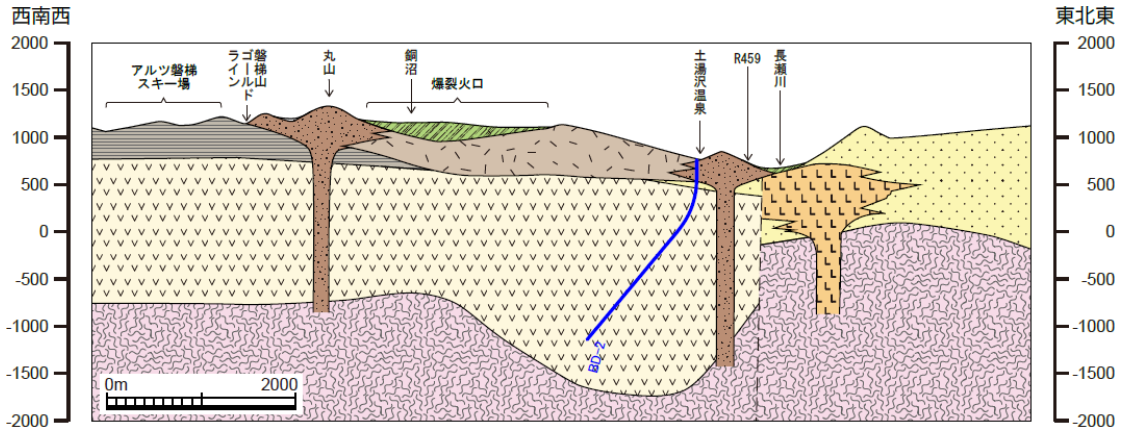
(4) 地質・変質帯調査 (2013 年度調査、2015 年度修正結果)

地熱流体の貯留や流動などを規制すると考えられる地質層序・地質構造・<sup>だんれつ</sup>断<sup>へんしつたい</sup>裂系及び変質帯 (熱水により岩石が劣化したもの) を明らかにして地熱構造を把握しました。

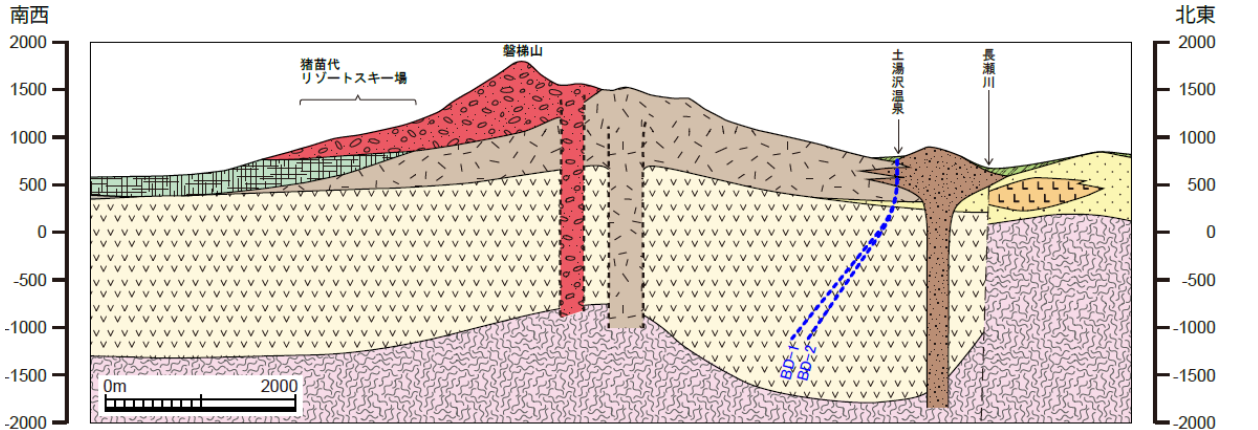
★地質断面図 (BD-1 断面)



★地質断面図 (BD-2 断面)



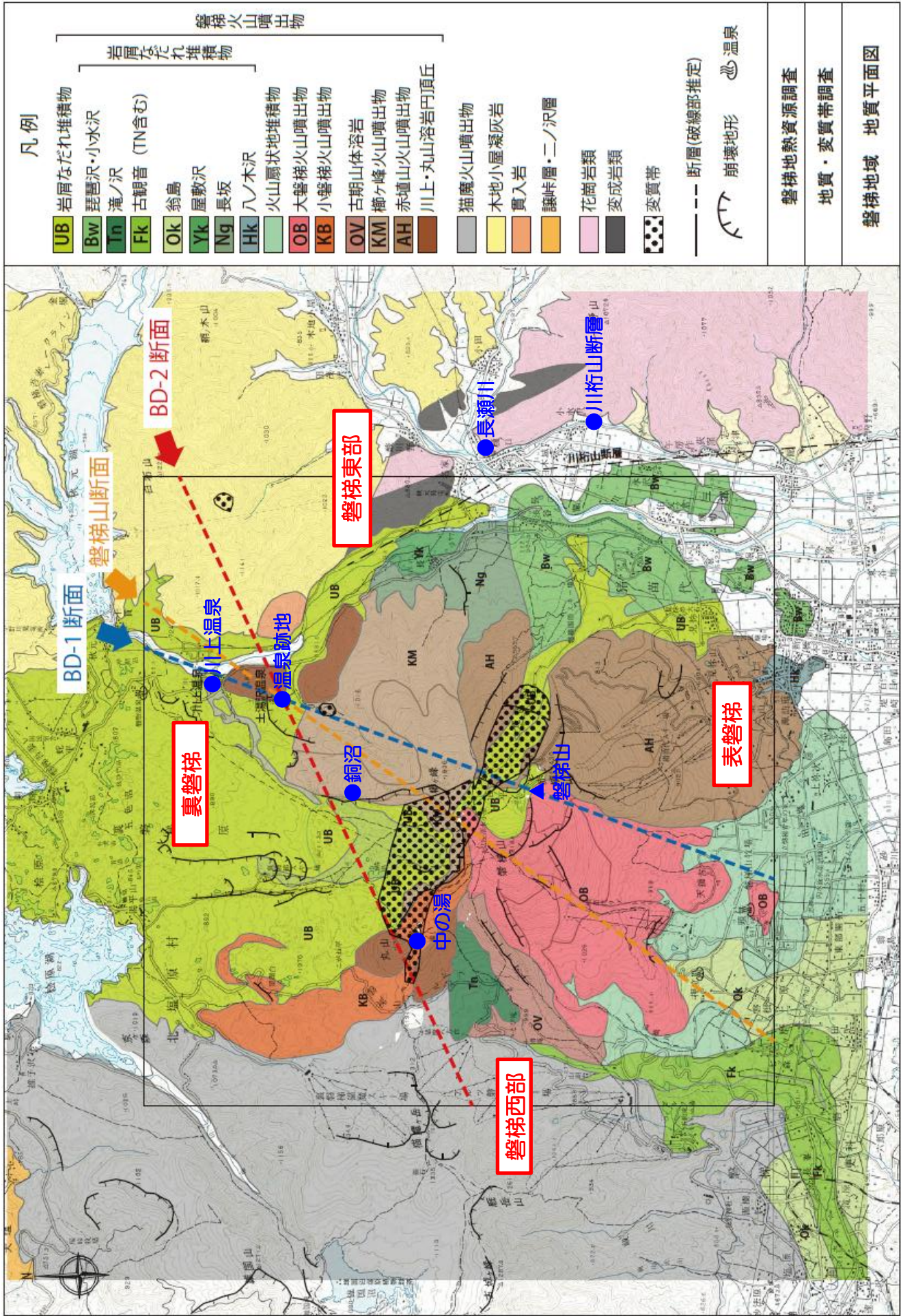
★地質断面図 (磐梯山断面)



- 【凡例】
- |            |          |           |           |      |
|------------|----------|-----------|-----------|------|
| 岩層なだれ堆積物   | 火山扇状地堆積物 | 新期磐梯火山噴出物 | 古期磐梯火山噴出物 | 坑跡   |
| 川上・丸山溶岩円頂丘 | 猫魔火山噴出物  | 木地小屋層     | 後期中新世貫入岩  | (投影) |
| 新第三系       | 基盤岩類     |           |           |      |

地質断<sup>れつ</sup>裂系調査ならびに今年度の重力探査結果を参考に、掘削予定の坑井に沿った断面の BD-1 断面、BD-2 断面、および温泉跡地と磐梯山山頂を切る磐梯山断面の 3 つの地質断面図を修正しました。

温泉跡地の周辺では、地下において新第三紀堆積盆地 (構造運動でできた凹地) や貫入岩にそって断<sup>れつ</sup>裂が比較的多く分布し、地下深部より地熱流体の上昇経路となっている可能性があるため、地下には地熱資源が存在する可能性があります。



(5) 重力探査 (2014・2015 年度調査結果)

実施したこと	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査地域内に定めた観測点で重力計を用い、重力測定を行いました。</li> <li>重力測定点の位置や標高は、GPS 測量により求めました。</li> <li>測定機器を地上に置くだけで測定できます。</li> </ul>
何がわかり 何に利用するか	<ul style="list-style-type: none"> <li>各測定点での重力測定結果から重力異常図を作成しました。</li> <li>重力異常図の解析から、地下の密度構造、基盤構造や断裂構造を推定しました。</li> </ul>



重力探査

調査範囲内で許認可を取得し、65 測点で測定を行い、昨年度の測定結果 (79 点) と合わせて重力構造図を作成しました。

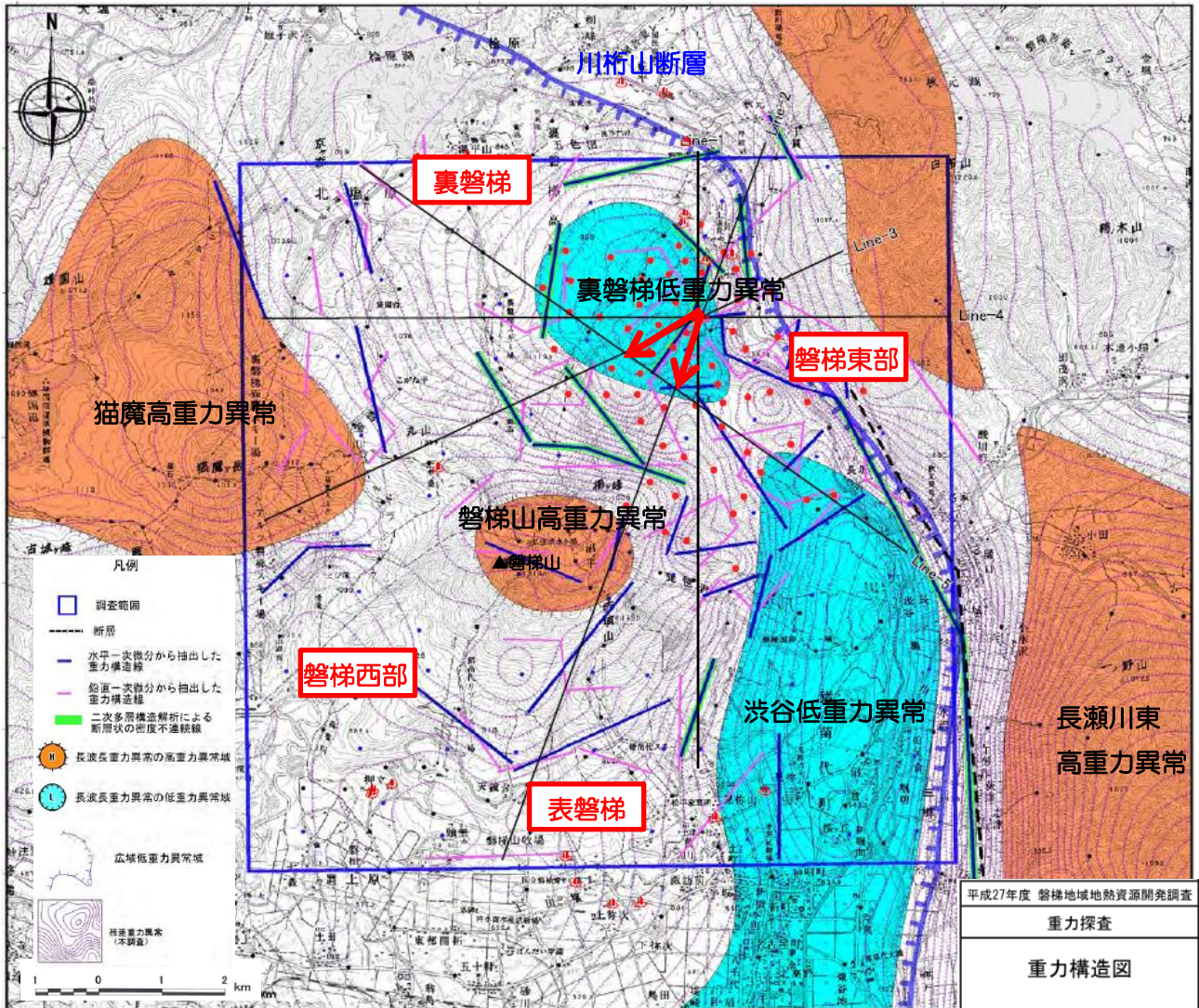
重力構造図で示した残差重力異常とは、各種補正をして得られた重力異常図から、更に広域成分とノイズ成分を除去し、深度約 2,000m より浅い範囲の重力異常のみを等高線図にして表現したものです。

重力構造	性質	存在を示唆するもの
高重力異常	周囲より重力値が高い	<ul style="list-style-type: none"> <li>高密度の岩石の分布が推定されます。磐梯地域では、高密度の岩石として、<small>きばんがん</small> 基盤岩である花崗岩及び<small>へんせいがん</small> 変成岩類、または、<small>かんにゅうがん</small> 貫入岩 (マグマが周囲の地層中に貫入して固結してできた岩石) などが推定されます。</li> </ul>
低重力異常	周囲より重力値が低い	<ul style="list-style-type: none"> <li>低密度の岩石の分布が推定されます。地層の落ち込みによって盆地が形成され、その中に堆積する堆積物は、低密度を示す傾向があります。</li> <li>盆地の周辺部には断裂が分布するものと思われ、断裂に沿って地下からの高温地熱流体が上昇し、貯留層を形成している可能性があります。</li> </ul>
重力構造線	高重力異常と低重力異常の境界部	<ul style="list-style-type: none"> <li>地熱流体の経路となる断裂の発達が推定されます。</li> </ul>
重力基盤	ある地層に対する基盤をなす地層	<p>地質学では、ある地層に対する基盤をなす地層という意味で基盤という言葉を使用します。</p> <p>一般的に深部に古い時代に形成された地層があり、その上に新しい時代に形成された地層が分布します。</p> <p>古い時代の花崗岩類や変成岩類などの基盤岩とそれより新しい時代の地層の密度差を仮定し、重力異常から解析された基盤深度が推定できます。</p>

昨年度の調査では下記のことになりました。

- 磐梯山周辺と、猫魔ヶ岳周辺、長瀬川の東側には、それぞれ磐梯山高重力異常、猫魔高重力異常、長瀬川東高重力異常が存在します。また、裏磐梯と、渋谷の南側には、それぞれ裏磐梯低重力異常、しぶたに 渋谷低重力異常が存在します。

- 低重力異常と高重力異常の境界部で、密な等高線として現れる重力構造線は、その多くが磐梯東部に存在します。
- <sup>しづたに</sup> 渋谷低重力異常、裏磐梯低重力異常と、<sup>かわげだやま</sup> 長瀬川東高重力異常の境界部には、川桁山断層があり、調査結果と良く合っています。青い線で示した広域低重力異常域は、猪苗代盆地から会津盆地まで広がる大きな構造であり、この地域の構造的特徴をよく表しています。



本年度調査では、磐梯東部を中心に調査実施した結果、下記の点が新たにわかりました。

- 裏磐梯低重力異常を取り囲むような重力構造線が分布し、これらは、断層状の密度不連続構造を成していると推定されました。
- 裏磐梯低重力異常の東部や南西側は、重力傾度が高く（重力異常の等位線の間隔が詰まっているところに位置）、特に南西側は二重の重力構造線が位置し、このような重力構造線は、断層状の密度不連続が存在することを示唆しています。
- これらのことから、裏磐梯低重力異常の分布域は落ち込んだ構造をしており、周辺部には断層や断裂が推定され、特に南西側には比較的規模の大きな断裂構造が存在する可能性があります。

断層やその周辺には断裂が発達しているものと推定され、地熱貯留層を形成する断裂系が発達している可能性があります。

【参考】

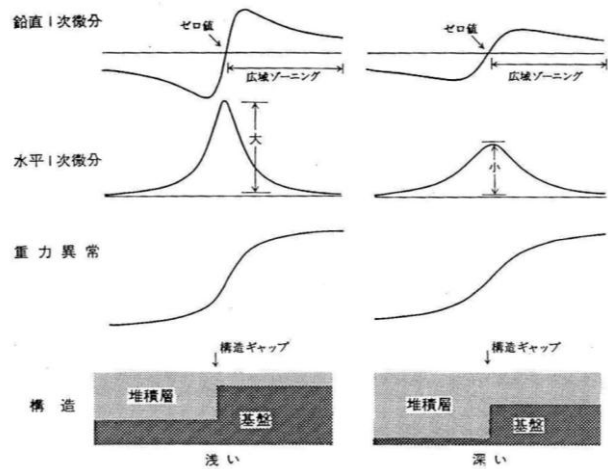
重力構造線と密度不連続線について

＜水平一次微分から推定される重力構造線＞

地下に構造ギャップが存在される場合、重力異常の水平一次微分値を計算すると、構造ギャップ上で最大値を示し、構造が浅いほど最大値が大きくなります。図に示される青の線は直線的に延びる最大値を重力構造線として抽出しています。

＜鉛直一次微分から推定される重力構造線＞

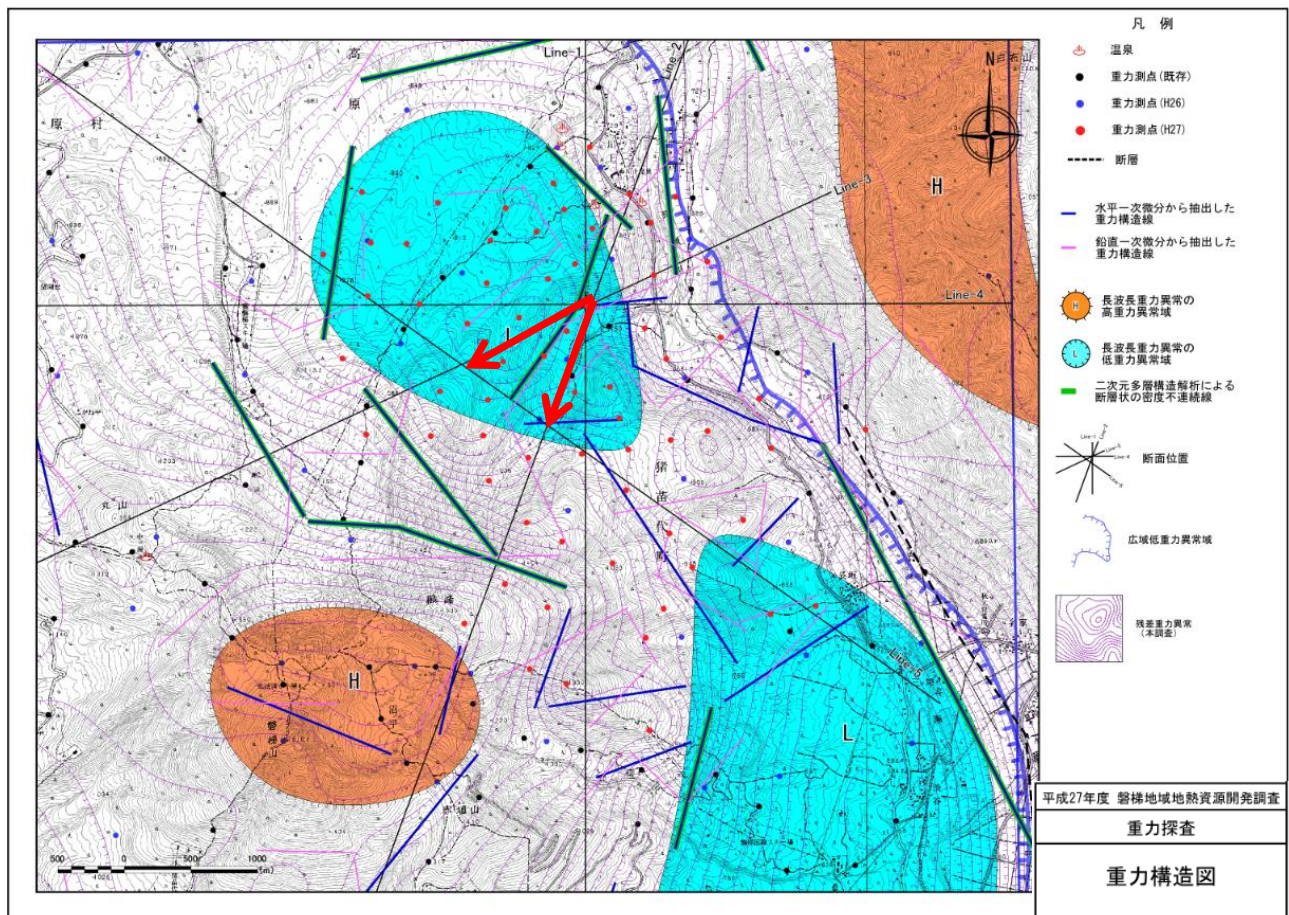
地下に構造ギャップが存在される場合、重力異常の鉛直一次微分値を計算すると、ゼロ値が重力異常の変曲点を示し、深度に関係なく構造ギャップ上でゼロ値を示します。図に示されるピンクの線は直線的なゼロ値を重力構造線として抽出しています。水平一次微分で見逃しがちな深部の構造も抽出できます。



＜密度不連続線＞

これらの重力構造線のうち密度モデルによる計算値（二次元多層構造解析）からも、構造ギャップが再現されたものを、より確度の高い断層状の密度不連続線として抽出しています。

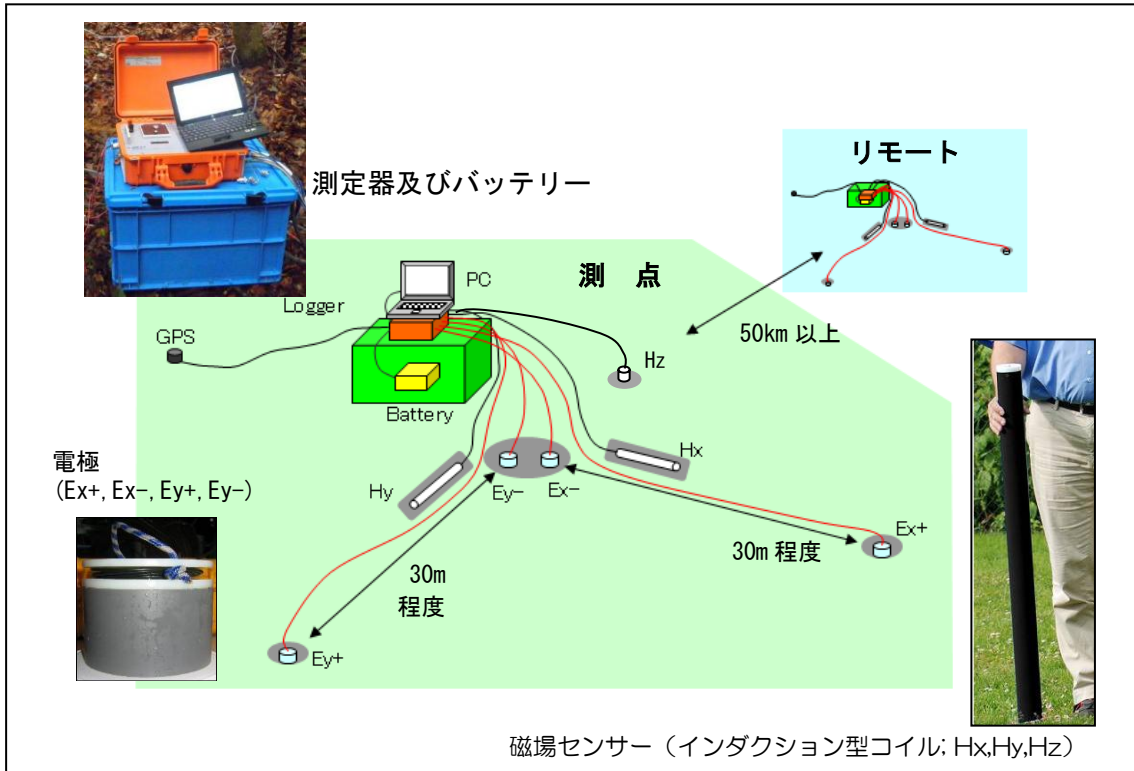
（物理探査ハンドブックより）



(6) 電磁探査 (MT 法) (2014・2015 年度調査結果)

実施したこと	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査地域内に定めた観測点（地表）で、自然由来の磁場と電場を測定することによって地下の構造を推定しました。</li> <li>電極と磁場センサーを地中に埋め、測定器につなげて測定しました。</li> </ul>
何がわかり 何に利用するか	<ul style="list-style-type: none"> <li>各測定点での比抵抗から、地域全体の地下比抵抗構造を求め、地下の岩石・変質帯分布、基盤構造や貯留構造を推定しました。</li> </ul>

電磁探査 (MT 法) におけるセンサー設置方法



調査範囲内で許認可を取得し、105 測点 (2014、2015 年度) で測定を行いました。

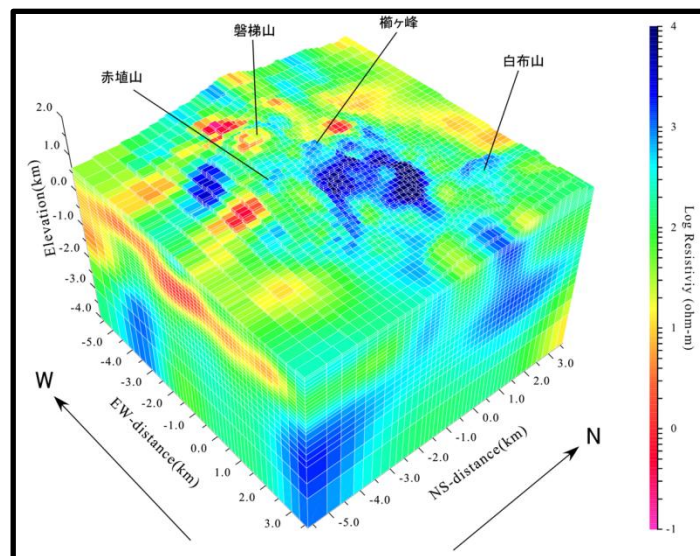
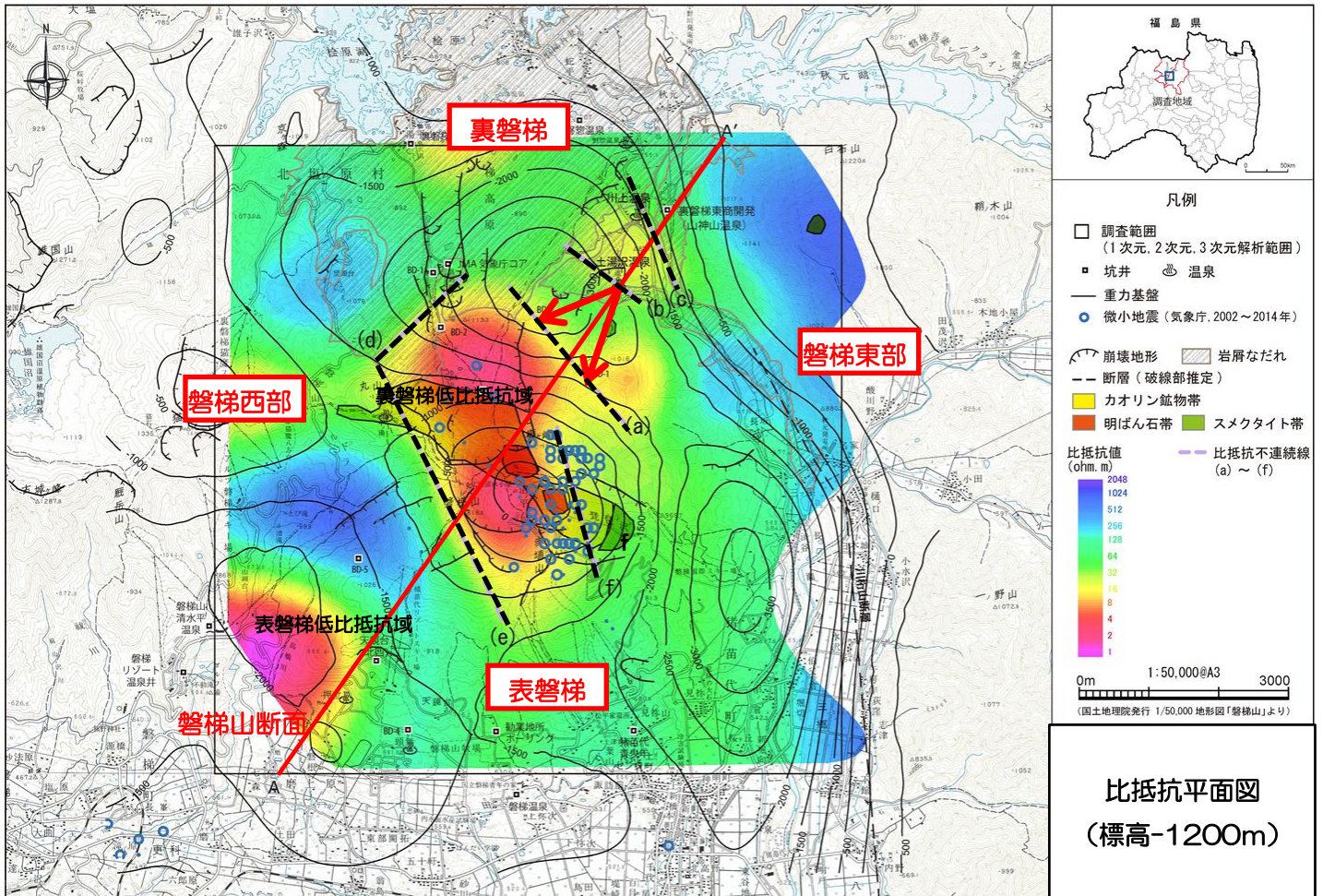
比抵抗構造	性質	存在を示唆するもの
高比抵抗	電気が流れ難い	<ul style="list-style-type: none"> <li>緻密な岩石、未変質の火山岩層</li> </ul>
低比抵抗	電気が流れ易い	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱源、貯留層</li> <li>溶存イオン量の多い水</li> <li>地熱活動とは関係のない粘土、シルト、頁岩</li> </ul>
比抵抗不連続線	比抵抗の境界部	<ul style="list-style-type: none"> <li>地熱資源に関係のある断裂の存在が推定されます。</li> <li>地質の変質部と非変質部の境界である可能性があります。</li> </ul>

次ページの比抵抗平面図は、掘削計画での井戸の先端が来る、標高 -1,200m での比抵抗値分布 (電気の流れやすさ) を表しています。

磐梯山の北側、北東側と南西側には、それぞれ裏磐梯低比抵抗域、表磐梯低比抵抗域が分布しています。

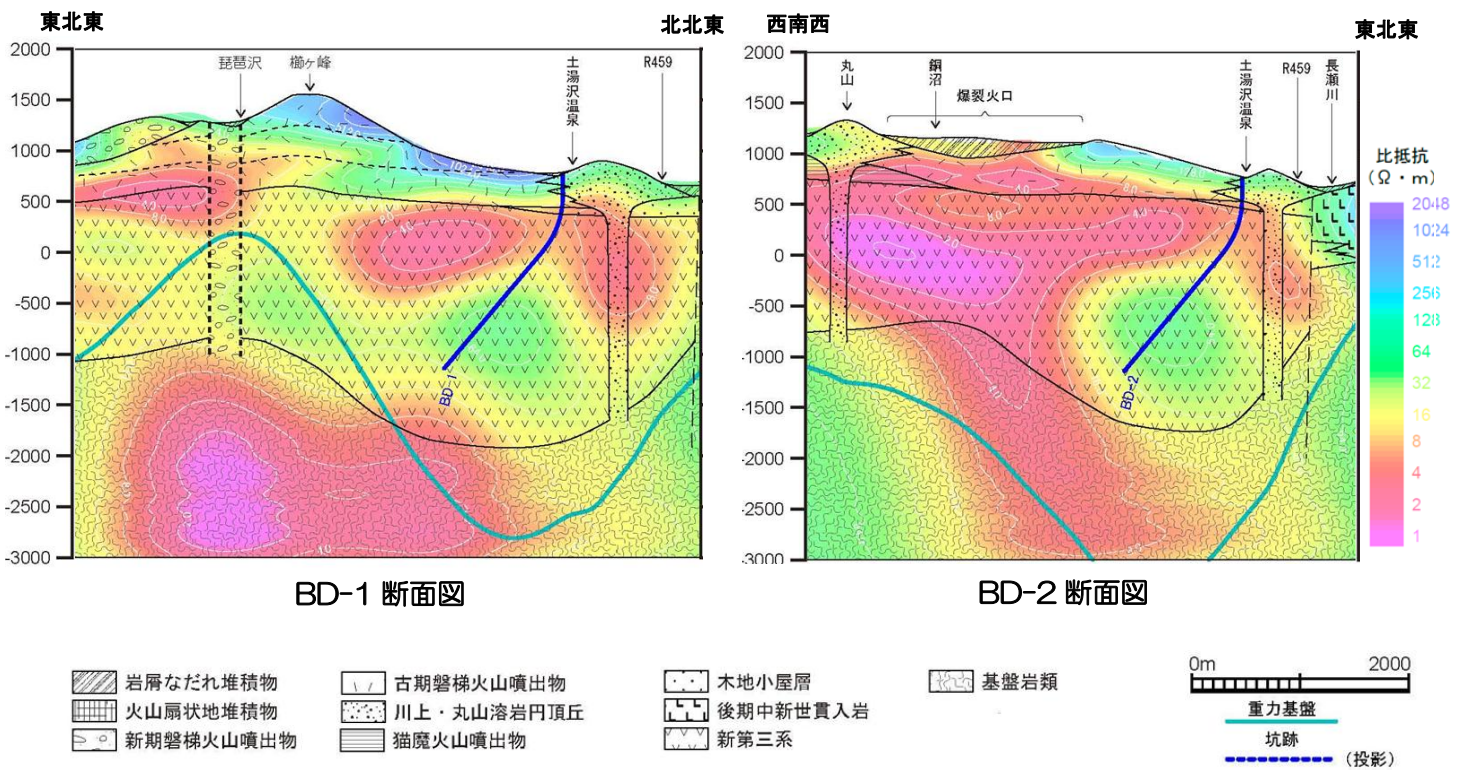
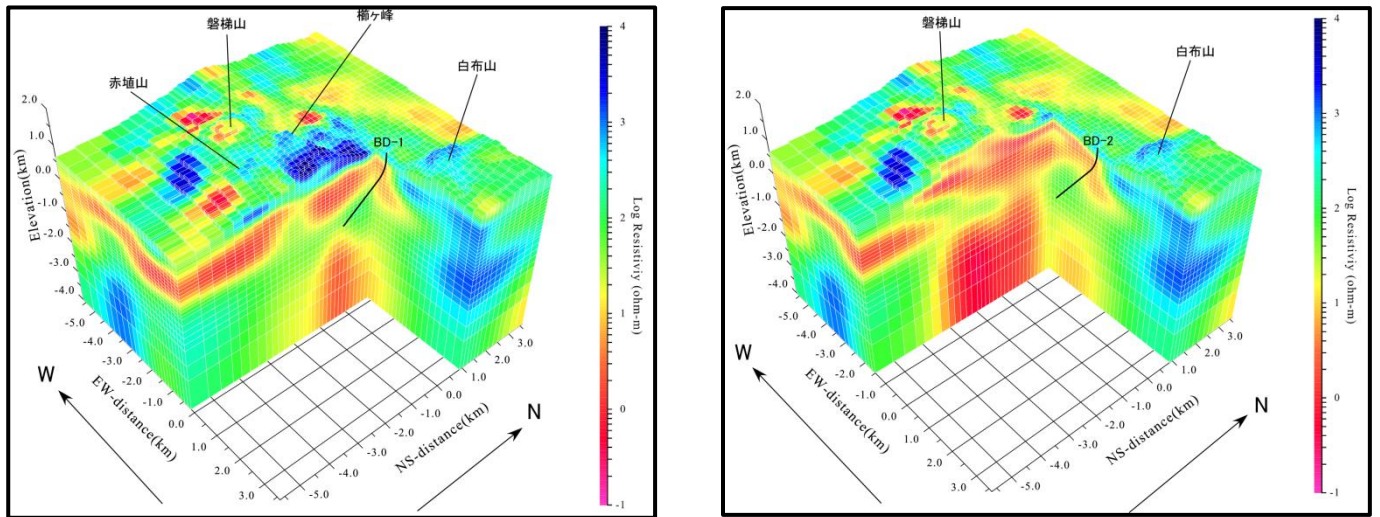
比抵抗の高・低域の境界部には、<sup>ひていこうらんぞくせん</sup>比抵抗不連続線を抽出することができます。高・低比抵抗域の境界部に、比抵抗不連続線((a)～(f))を想定しました。これらは、地質構造の境界部としての断裂の発達部、または地質の変質部と非変質部の境を示していると考えられます。

裏磐梯低比抵抗域は、800m程度の厚さで比較的広く裏磐梯一帯に分布することから、そこに新第三系の堆積物が分布するか、熱水活動による粘土化帯が広がっていることを示しているものと考えられます。





電磁探査（MT 法）解析結果断面図と地質断面図の比較



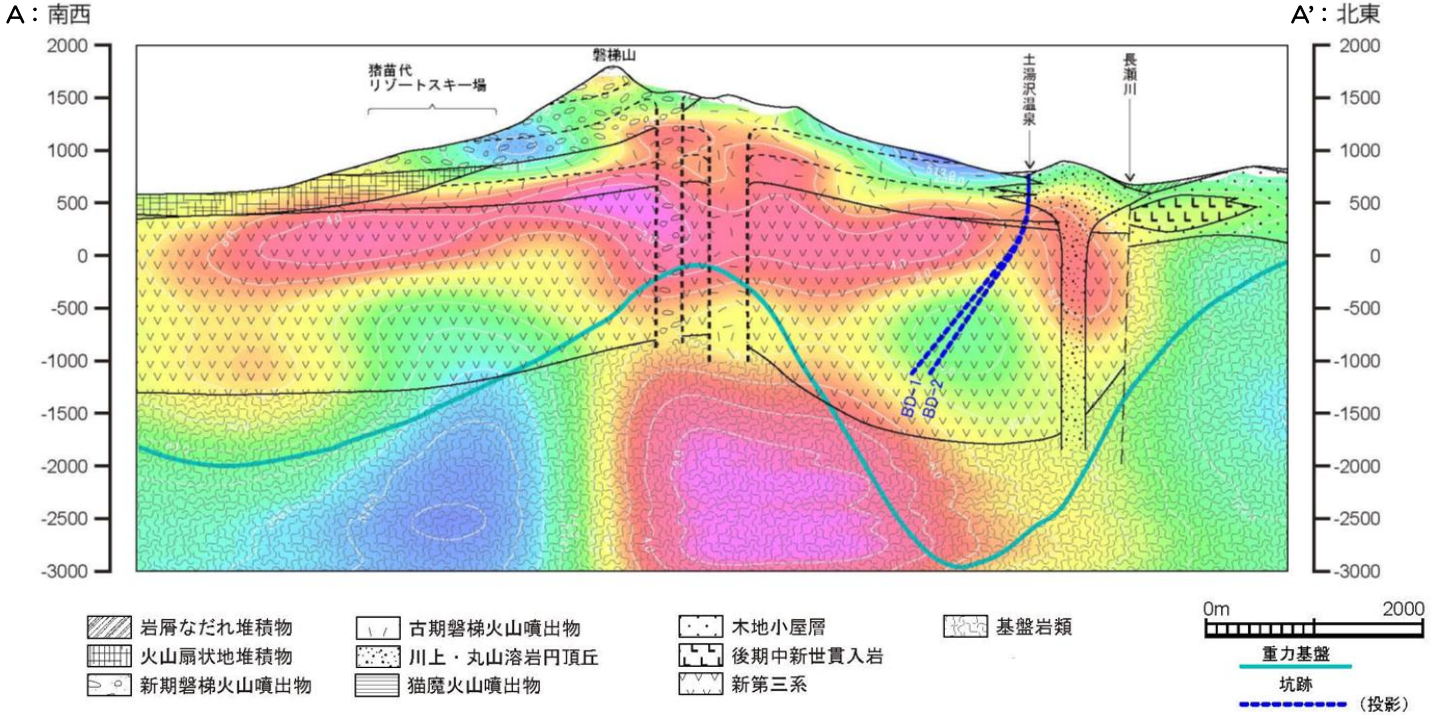
BD-1 および BD-2 に沿った断面の比抵抗分布と、同断面の地質断面を比較しました。

BD-1 断面図では、櫛ヶ峰北方に重力の急傾斜部より推定した断層系を示しましたが、その上部に浅部低比抵抗域が広がります。深部の低比抵抗域の下方には、過去の噴火に関するマグマだまりが存在すると思われる、これが本地域の熱源と考えられます。

同熱源で温められた熱水が断層系に沿って上昇する事が考えられます。この断層系の上部で浅部低比抵抗域が見られますが、これは熱水上昇域の上部に発達する変質帯である可能性が考えられます。

BD-1、BD-2 は、ともにこの浅部低比抵抗域を貫き、かつ、本地域で卓越すると考えられる北西-南東方向の断層系と直交する方向に計画されています。

(7) 全体モデルイメージ (A-A'; 磐梯山断面)



磐梯山断面 (BD-1 および BD-2 の坑口付近と磐梯山山頂を結ぶ断面) について、本地域の火口列の方向や変質帯分布、広域の応力や断裂方向などを考えると、北西-南東方向で開口性の断層が発達されると期待され、これに直交する北東-南西断面図としました。

本地域では、磐梯山直下の標高約-5,000m 以深において、直径 5,000m 程度の規模の熔融部 (マグマ) が存在すると考えられており、熱源となっていると思われます。

磐梯山山頂およびその北側の深部で低比抵抗域が分布しますが、これは過去の噴火に関連していると思われ、高温域の中心と思われます。

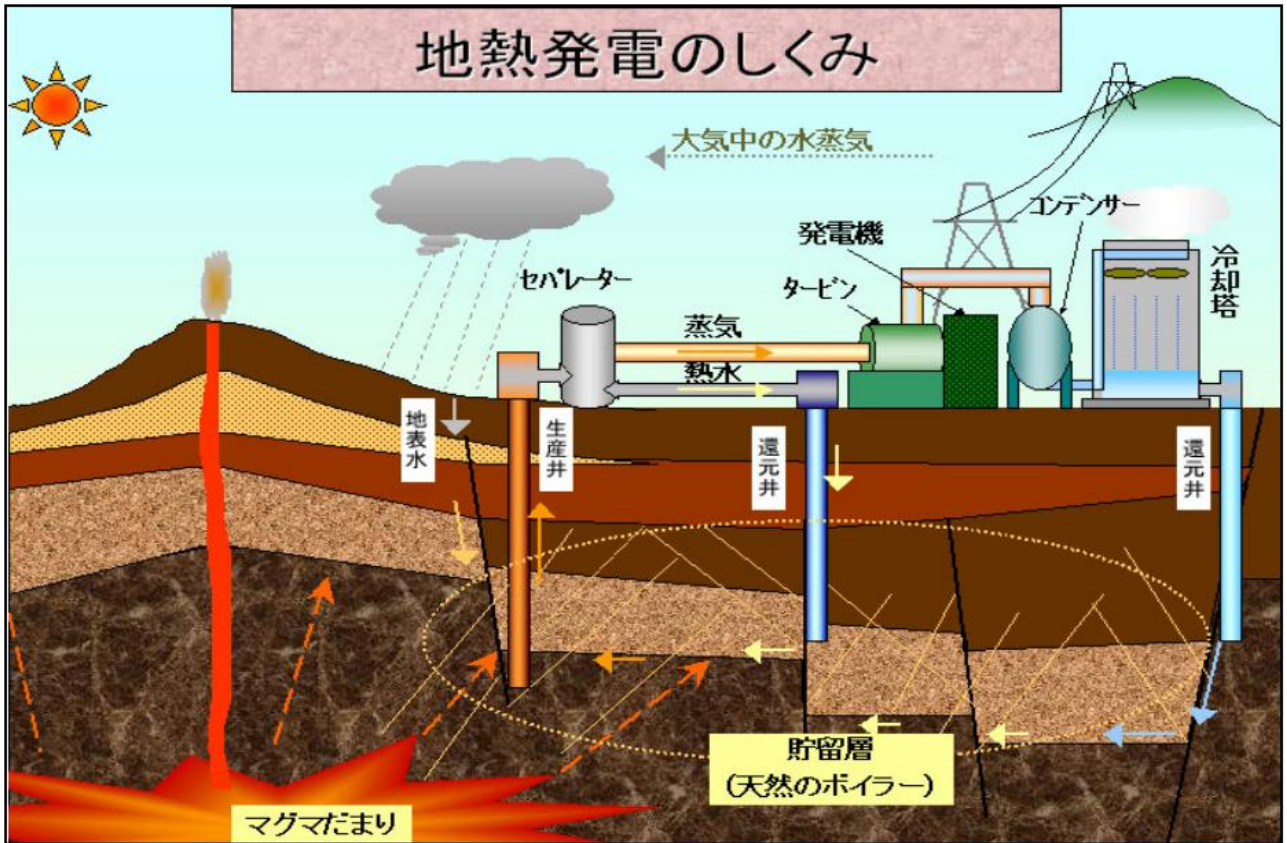
磐梯山山頂北東側では北西-南東方向の比抵抗不連続線 (a) が分布しており、重力の急傾斜部とも重なっています。

ここで示した断層は熱源の中心に近いことから熱水の上昇域として期待できます。また、同断層上方の浅部では低比抵抗域が分布し、熱水活動との関連が考えられます。

BD-1 および BD-2 は、熱水上昇域の上部に発達すると期待される浅部低比抵抗域 (粘土化帯: キャップロック) を通過し熱水流動を規制すると期待される北西-南東方向の断裂系をターゲットとする掘削計画となっています。

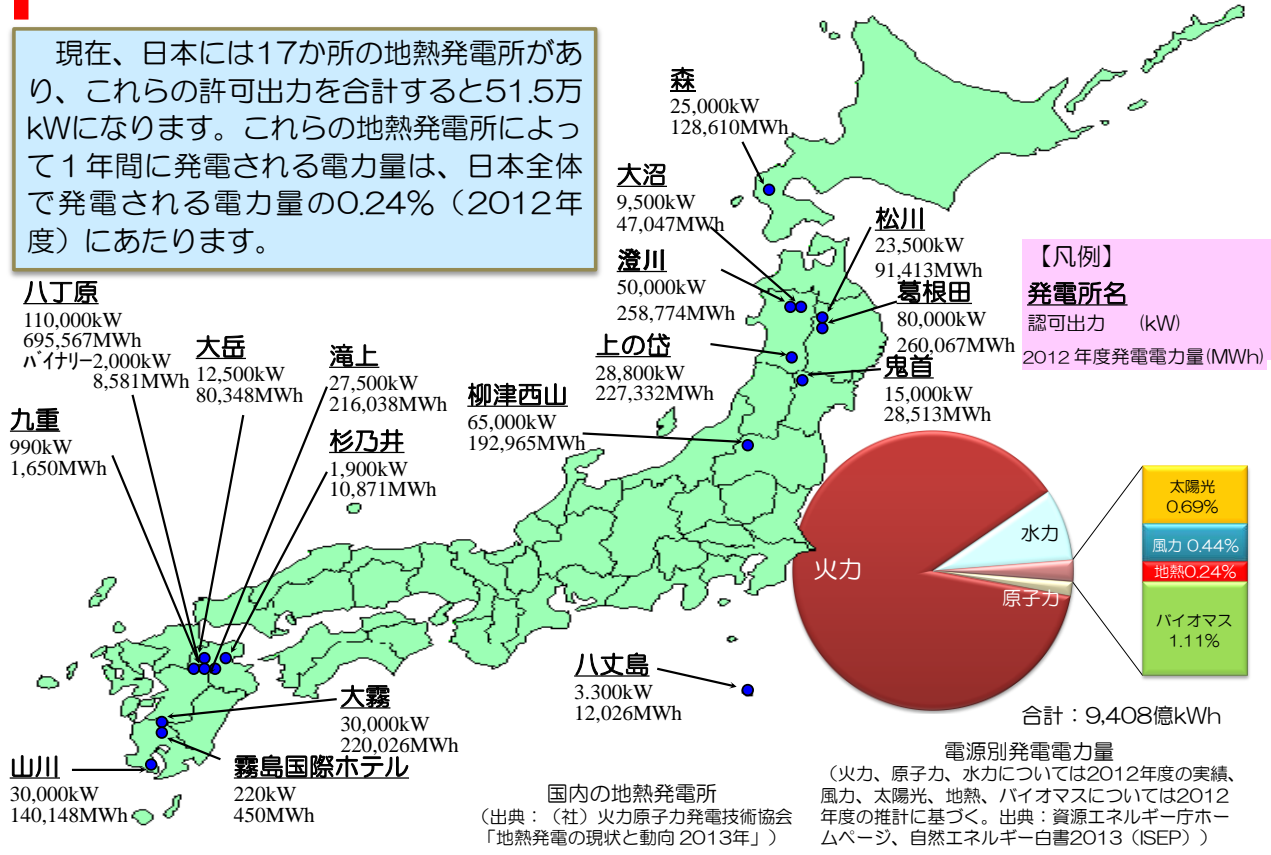
【参考資料】地熱発電概要

地下から取り出した蒸気と熱水をセパレーターで分離し、蒸気を直接タービンに送って発電します。熱水と蒸気凝縮水は、還元井から地下に戻します。



国内の地熱発電所

現在、日本には17か所の地熱発電所があり、これらの許可出力を合計すると51.5万kWになります。これらの地熱発電所によって1年間に発電される電力量は、日本全体で発電される電力量の0.24%（2012年度）にあたります。



本資料は、情報提供を目的として作成されたものであり、内容については変更の可能性があります。  
また、本資料は、信頼に足りかつ正確であると判断した情報に基づき作成し、かつ福島地熱PJに参加する各社の確認を得ておりますが、各社はその正確性、確実性を保証するものではありません。  
ご質問、ご不明な点等ございましたら、下記までお問い合わせいただきますようお願い申し上げます。  
出光興産株式会社 資源部 地熱課 担当：大濱 英郎（おおはま ひでお）

e-mail ; hideo.ohama@idemitsu.com

〒100-8321 東京都千代田丸の内3-1-1 電話 03-6895-4051

本資料の地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図50000（地図画像）を複製したものである。  
（承認番号 平27情複、第533号）