

環境省国立公園課 地熱開発に係る検討会 第1回資料

# 地熱開発の現状と政策要望

2015年3月20日  
日本地熱協会

# 内容

1. 全国の地熱開発の現状
2. 地熱資源は何処に存在するか
3. 地熱開発のプロセス
4. 環境への配慮の既往取り組み事例
5. 政策要望

# 内容

1. 全国の地熱開発の現状
2. 地熱資源は何処に存在するか
3. 地熱開発のプロセス
4. 環境への配慮の既往取り組み事例
5. 政策要望

# 日本地熱協会 地熱発電産業界の取り組みが活発化！

◆ 日本地熱協会は、地熱開発事業者、タービンメーカー、コンサルタント会社、掘削関連会社、エンジニアリング会社、商社、金融会社など、54社・3団体が参加する幅広い産業分野の組織です。

## 正会員(54社)

(2015年3月18日現在)

青木あすなろ建設(株)

出光興産(株)

エスケイエンジニアリング(株)

(株)エネット

オリックス(株)

(株)きんでん

JX日鉱日石金属(株)

新日鉄住金エンジニアリング(株)

第一実業(株)

(株)地球科学総合研究所

(株)ティクスTSK

電源開発(株)

日鉄鉱業(株)

日本重化学工業(株)

(株)三井住友銀行

三井石油開発(株)

三菱商事(株)

三菱マテリアルテクノ(株)

(株)明間ボーリング

伊藤忠商事(株)

SBエナジー(株)

(株)大林組

川崎重工業(株)

国際石油開発帝石(株)

清水建設(株)

住友商事(株)

第一熱処理工業(株)

地熱技術開発(株)

帝石削井工業(株)

(株)東芝

日鉄鉱コンサルタント(株)

富士電機(株)

三井住友建設(株)

三井物産(株)

三菱日立パワーシステムズ(株)

三菱UFJリース(株)

イー・アンド・イーソリューションズ(株)

伊藤忠丸紅テクノスチール(株)

エヌケーケーシームレス鋼管(株)

奥会津地熱(株)

極東製作所(株)

JFEエンジニアリング(株)

(株)神鋼エンジニアリング&メンテナンス

石油資源開発(株)

大同特殊鋼(株)

中央電力(株)

(株)テルナイト

日揮(株)

日本海洋掘削(株)

(株)物理計測コンサルタント

三井住友ファイナンス&リース(株)

三菱ガス化学(株)

三菱マテリアル(株)

(株)レノバ

## 特別会員(3団体)

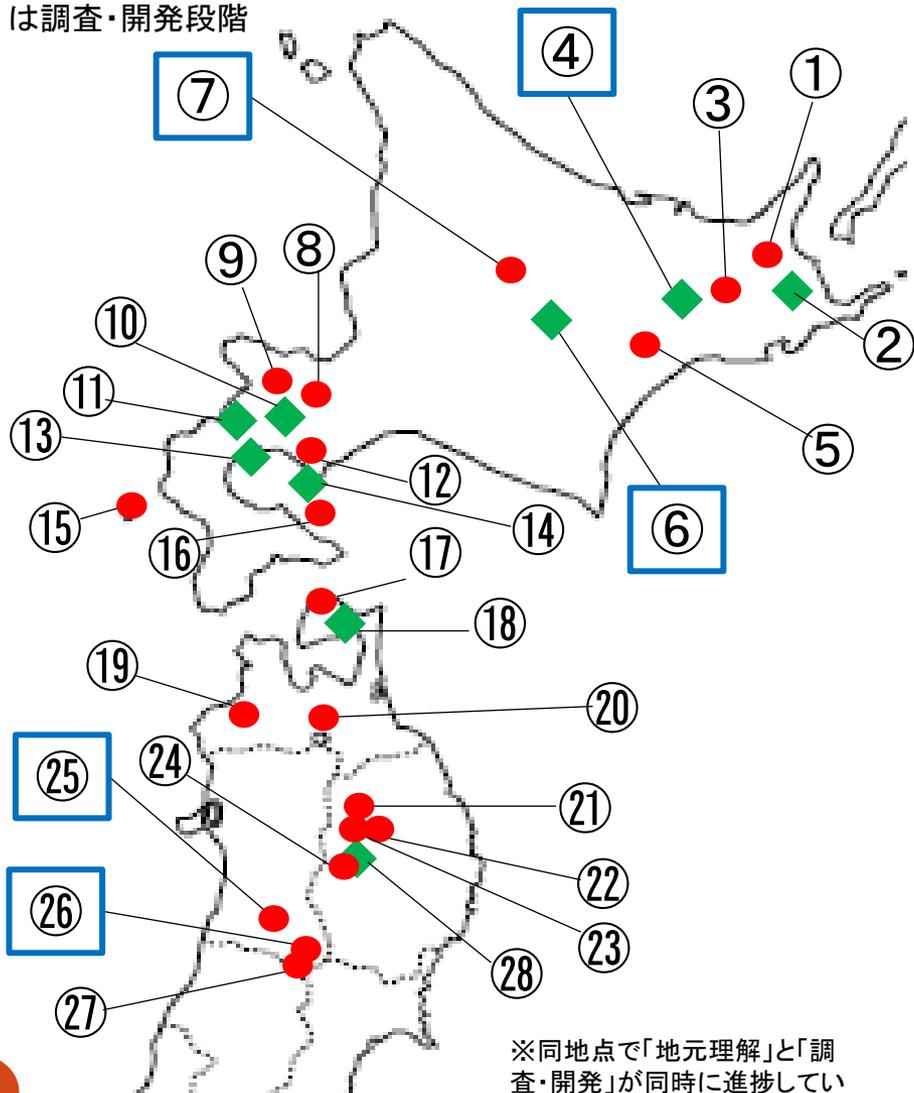
一般社団法人火力原子力発電技術協会

特定非営利活動法人環境エネルギー政策研究所

日本鉱業協会

# 1. 全国の地熱開発取り組み状況 ① (地元理解段階・検討段階の地点も含む、68地点)

- 7 は規制緩和後国立・国定公園案件
- ◆ は地元理解・検討段階
- は調査・開発段階



※同地点で「地元理解」と「調査・開発」が同時に進捗している場合、「調査・開発」として記載している。

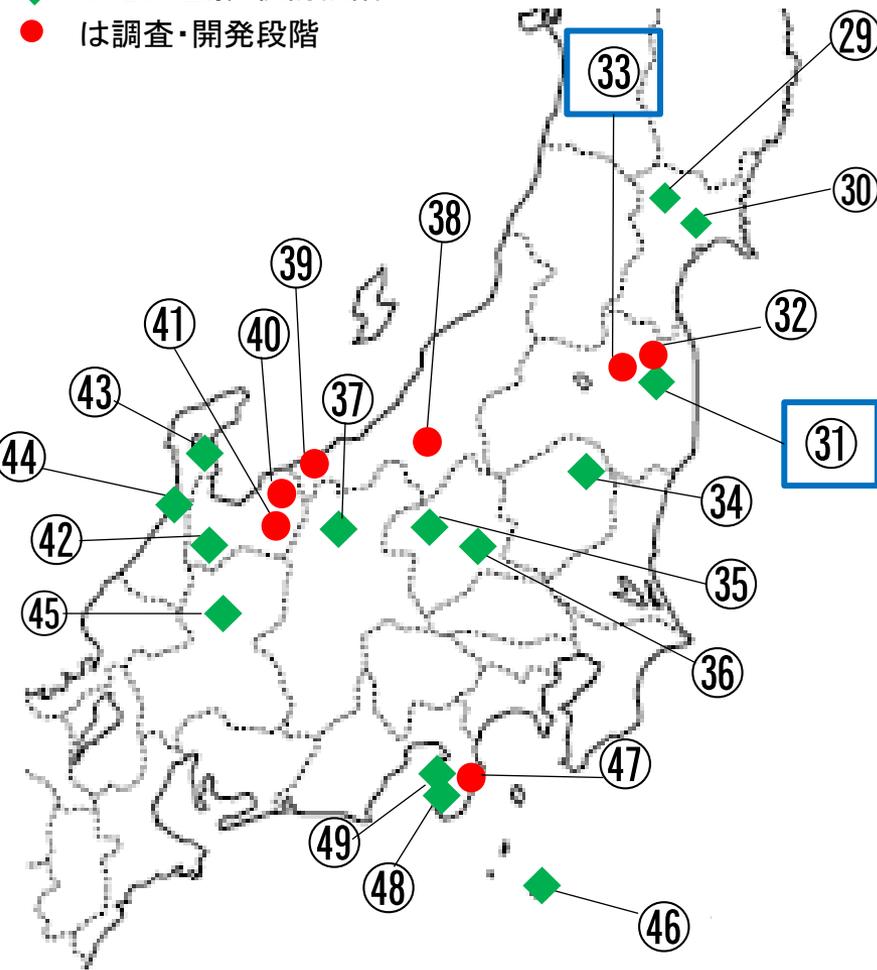
No	所在自治体・地点名
1	北海道標津(しべつ)町 武佐岳(むさだけ)地域
2	北海道中標津町
3	北海道弟子屈町
4	北海道釧路市 フレベツ岳南地域
5	北海道足寄町
6	北海道新得(しんとく)町 トムラウシ周辺地域
7	北海道上川(かみかわ)町 白水沢(しらみずさわ)地域
8	北海道札幌市 豊羽(とよは)地域
9	北海道札幌市及び赤井川(あかいがわ)村 阿女鱒岳(あめますだけ)地域
10	北海道真狩村
11	北海道ニセコ町・蘭越町
12	北海道洞爺湖町
13	北海道八雲町
14	北海道鹿部町
15	北海道奥尻町
16	北海道函館市 南茅部地域
17	青森県風間浦村 下風呂(しもふろ)地域
18	青森県むつ市
19	青森県弘前市 岩木山(いわきさん)地域
20	青森県青森市八甲田(はっこうだ)地域
21	岩手県八幡平市 安比(あっぴ)地域
22	岩手県八幡平(はちまんたい)市
23	岩手県盛岡市 つなぎ温泉地域
24	岩手県栗石(しずくいし)町 網張(あみはり)地域
25	秋田県湯沢(ゆざわ)市 木地山(きじやま)・下の岱(したのたい)地域
26	秋田県湯沢市 小安(おやす)地域
27	秋田県湯沢市 山葵沢(わさびざわ)・秋ノ宮(あきのみや)地域
28	岩手県西和賀町

# 1. 全国の地熱開発取り組み状況 ② (地元理解段階・検討段階の地点も含む、68地点)

□ は規制緩和後国立・国定公園案件

◆ は地元理解・検討段階

● は調査・開発段階



No	所在自治体・地点名
29	宮城県栗駒山南麓地域
30	宮城県大崎市
31	福島県福島市、二本松市、大玉(おおたま)村、郡山市、猪苗代町 吾妻-安達太良(あづまーあだたら)地域
32	福島県福島市 土湯温泉地域
33	福島県磐梯町、猪苗代町(磐梯山周辺)、北塩原村 磐梯(ばんだい)地域
34	栃木県日光市・那須塩原市・那須町 日光湯元・塩原・那須大丸(なすおおまる)地域
35	群馬県嬬恋村 鹿沢地域
36	群馬県前橋市
37	長野県大町市
38	新潟県十日町市
39	新潟県糸魚川市
40	富山県黒部市宇奈月町 宇奈月(うなづき)温泉地域
41	富山県富山市 立山山麓地域
42	富山県南砺市
43	石川県七尾市
44	石川県白山市
45	岐阜県高山市
46	東京都八丈町
47	静岡県東伊豆町 熱川(あたがわ)温泉地域
48	静岡県南伊豆町
49	静岡県松崎町

※同地点で「地元理解」と「調査・開発」が同時に進捗している場合、「調査・開発」として記載している。

# 1. 全国の地熱開発取り組み状況 ③ (地元理解段階・検討段階の地点も含む、68地点)

- は規制緩和後国立・国定公園案件
- ◆ は地元理解・検討段階
- は調査・開発段階



No	所在自治体・地点名
50	和歌山県田辺市 本宮(ほんぐう)地域
51	和歌山県白浜町
52	島根県江津市有福温泉町地域
53	大分県別府市
54	大分県由布市
55	大分県九重町(ここのえまち) 小平谷(おひらだに)地域
56	大分県九重町 野矢(のや)地域
57	大分県日田市
58	大分県九重町 宝泉寺(ほうせんじ)地域
59	大分県九重町 菅原(すがわら)地域
60	大分県由布市、竹田市及び九重町 平治岳(ひいじだけ)北部地域
61	熊本県小国町
62	熊本県小国町 豊礼(ほうれい)の湯
63	熊本県小国町 石松農園
64	熊本県南阿蘇村
65	長崎県雲仙市 小浜地域
66	宮崎県えびの市
67	鹿児島県霧島市 白水越(しらみずごえ)地域
68	鹿児島県霧島市 霧島烏帽子岳(えぼしだけ)地域

※同地点で「地元理解」と「調査・開発」が同時に進捗している場合、「調査・開発」として記載している。

# 内容

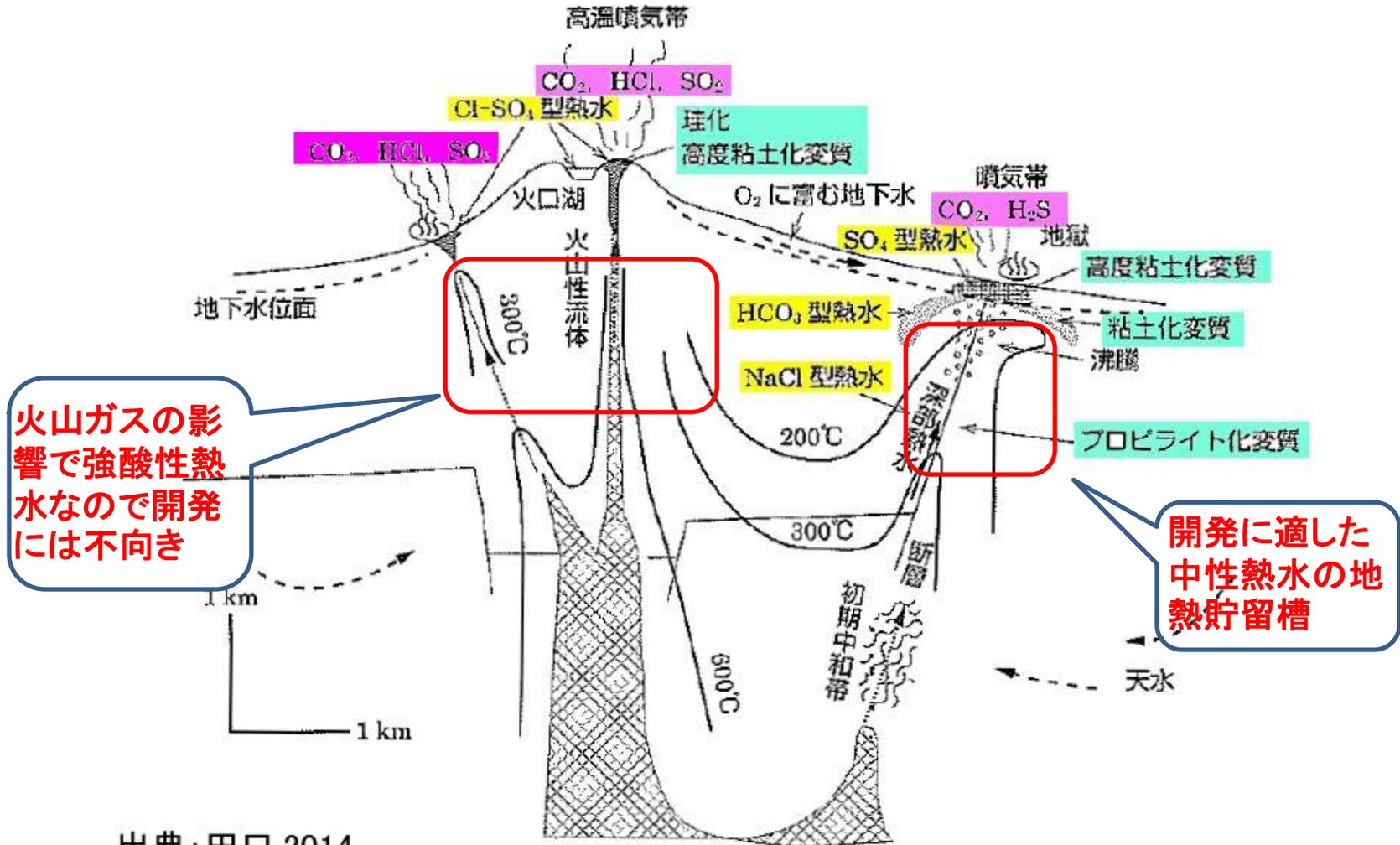
1. 全国の地熱開発の現状
2. 地熱資源は何処に存在するか
3. 地熱開発のプロセス
4. 環境への配慮の既往取り組み事例
5. 政策要望

熱、水、貯留構造を地熱の三要素と呼ぶ。

熱源：  
一般に第四紀火山マグマ

水：  
殆どが天水

貯留構造：  
深部に達する断裂など



出典：田口, 2014

図 2.1.2 高起伏地形を呈する安山岩質火山地域に発達する地熱系モデルと代表的な熱水タイプおよび変質鉱物の分布 ([Henley, 1984] および [Hedenquist, 1996] をもとに作成)

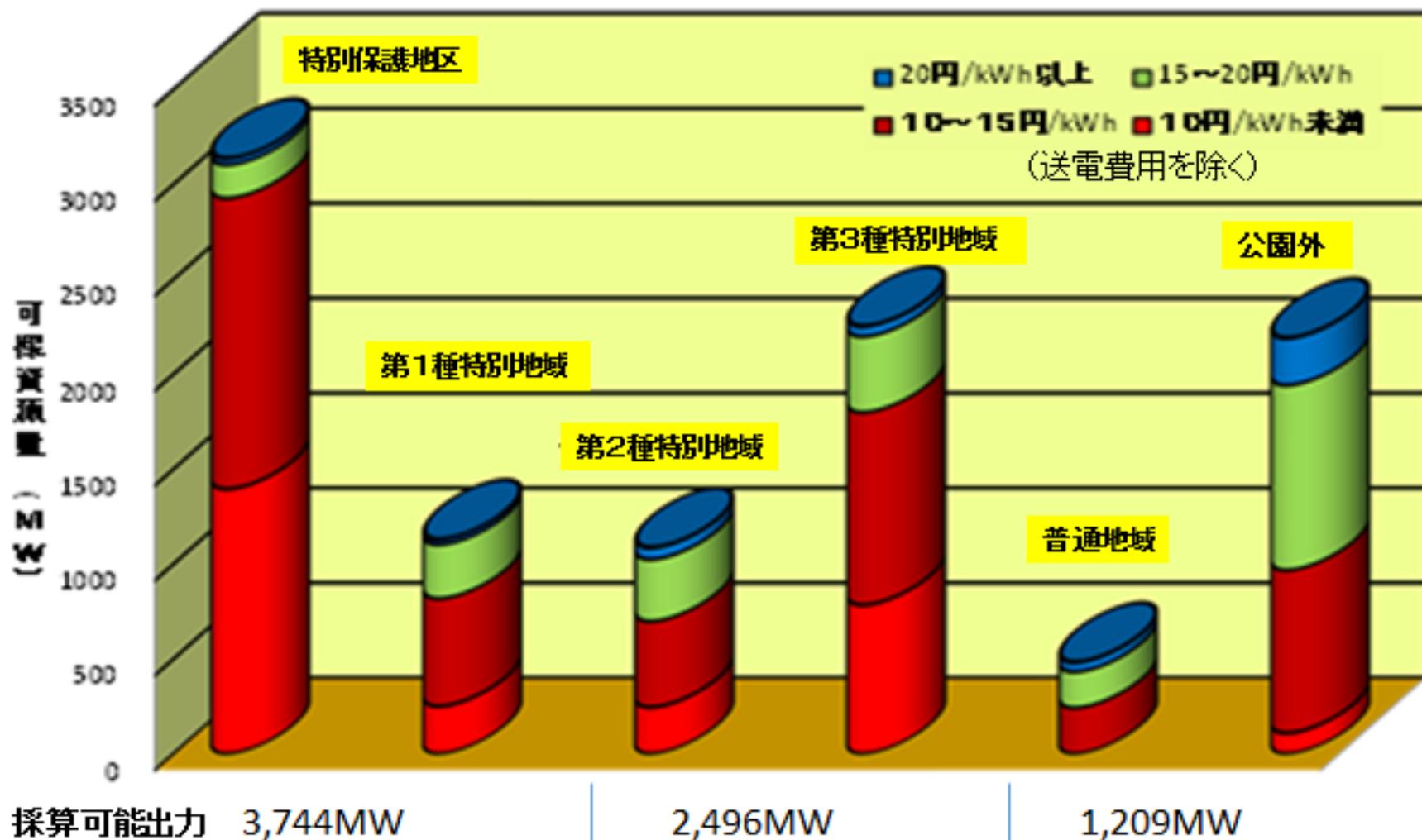
## 日本の地熱資源量(推定)

単位: 万kW

地域		賦存量	公園内外別		現行規制 開発可能別	
特別保護地区		700	1,840	79%	960	41%
特別地域	第1種	260				
	第2種	250				
	第3種	520				
普通地域		110	500	21%	1,380	59%
自然公園外		500				
合計		2,340				

出典: 産業技術総合研究所(2011)

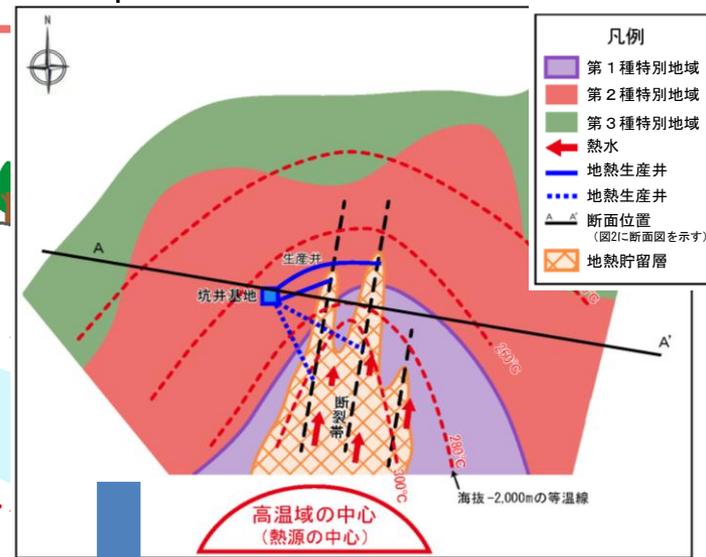
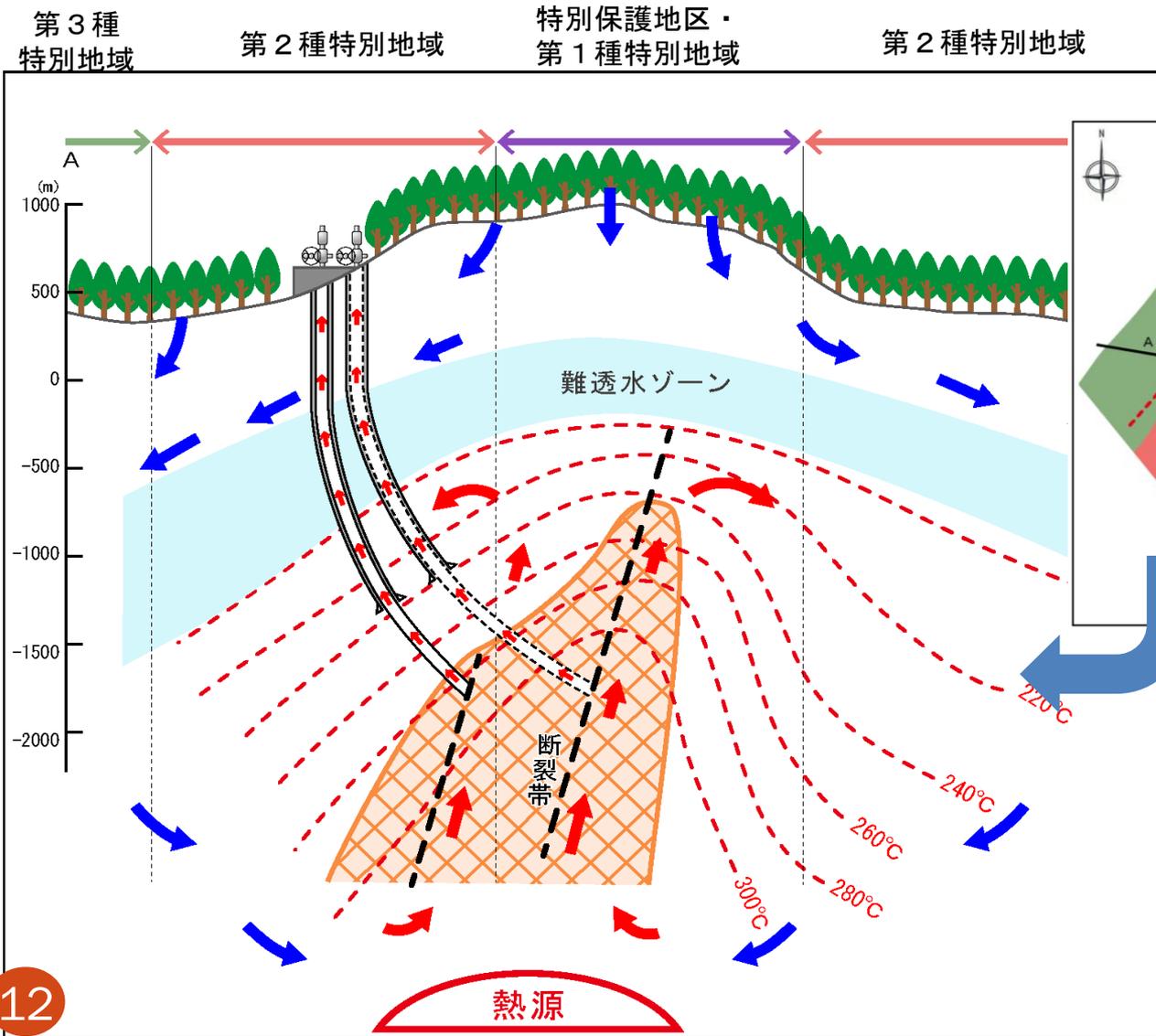
# 公園地種区分別の可採資源量と発電コストの関係



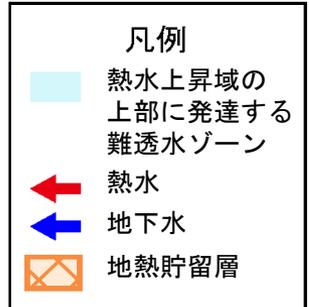
野田(2012)は、特別保護地区と第1種特別地域を合わせて374万kWの可採資源量があると試算している。

# 高温域中心が第1種特別地域内に位置する場合の例

■ 熱源が第1種地域などに偏在している場合などには、第1種地域外からの傾斜掘削を活用するなど、資源を最大限活用する方策の検討をお願いしたい。



自然公園内の地下に有望地熱資源が眠る模式図（平面）



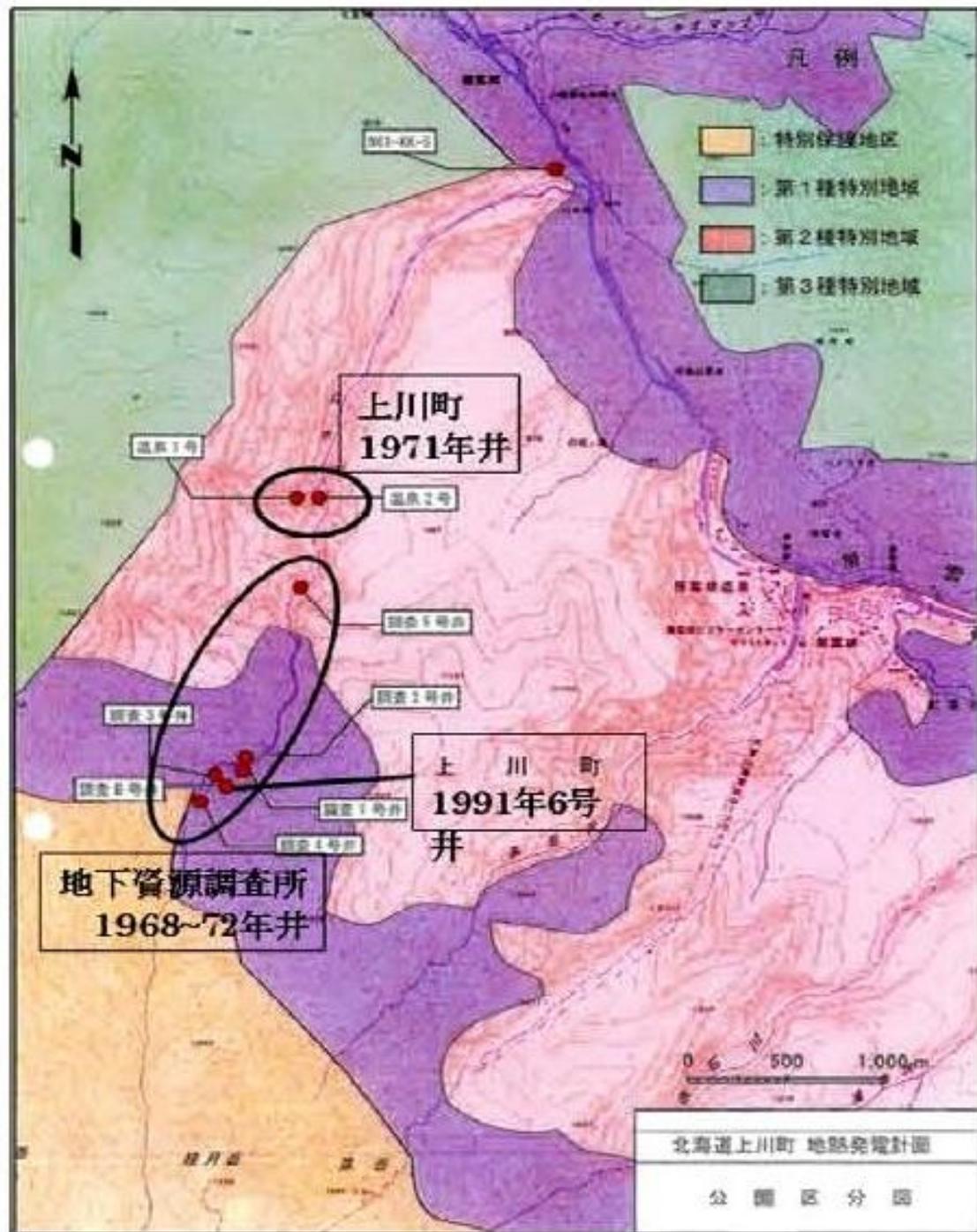
自然公園内の地下に有望地熱資源が眠る模式図（断面）

上川町が第1種特別地域内で掘削して噴気試験を行った1991年6号井付近が地熱発電可能な地点であるという調査結果が得られている。

この地点の地下へ第2種特別地域からコントロール掘削で地上への影響を回避しつつ地熱流体を採取できると、当該地域の地熱開発が可能となると見込まれている。

池田隆司(北大, NPO 法人北海道自然エネルギー研究会)  
温泉・地熱資源の利活用：大雪山層雲峡地域の取り組み

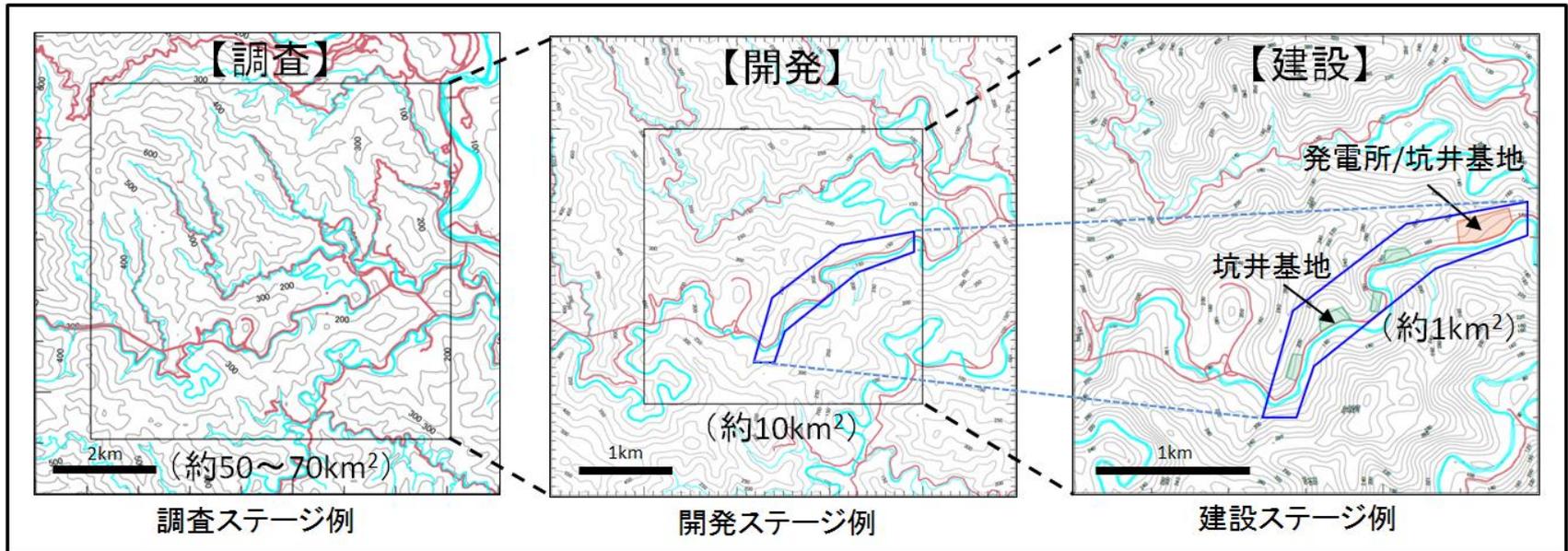
一番温度の高い6号井(上川町掘削)では、坑底474.4mで温度200℃、蒸気30~40t/h、温度125~129℃であった。これらのデータを基に、出力期待値が次のような仮定の基に算出されている。地熱水賦存範囲：地表兆候地の面積の数倍(約1.5km×2.1km)、深度500~2000m；熱水温度：150~250℃；発電出力：岩石と間隙水が有する熱量；エネルギー採取率：0.5、100年間発電可能。その結果、18.6万kWと算出され、深度を1500mまでとしても12.4万kW、その1/3としても4万kWは十分に期待できるとしている(北海道、1978)。



# 内容

1. 全国の地熱開発の現状
2. 地熱資源は何処に存在するか
- 3. 地熱開発のプロセス**
4. 環境への配慮の既往取り組み事例
5. 政策要望

出力規模、掘削基地、発電所設置位置が確定するのは環境アセスが終了した時点で有る。(尚、環境アセス4年は2年程度に短縮される予定)



地熱発電30MWモデルケース工程・コスト表

単位:百万円

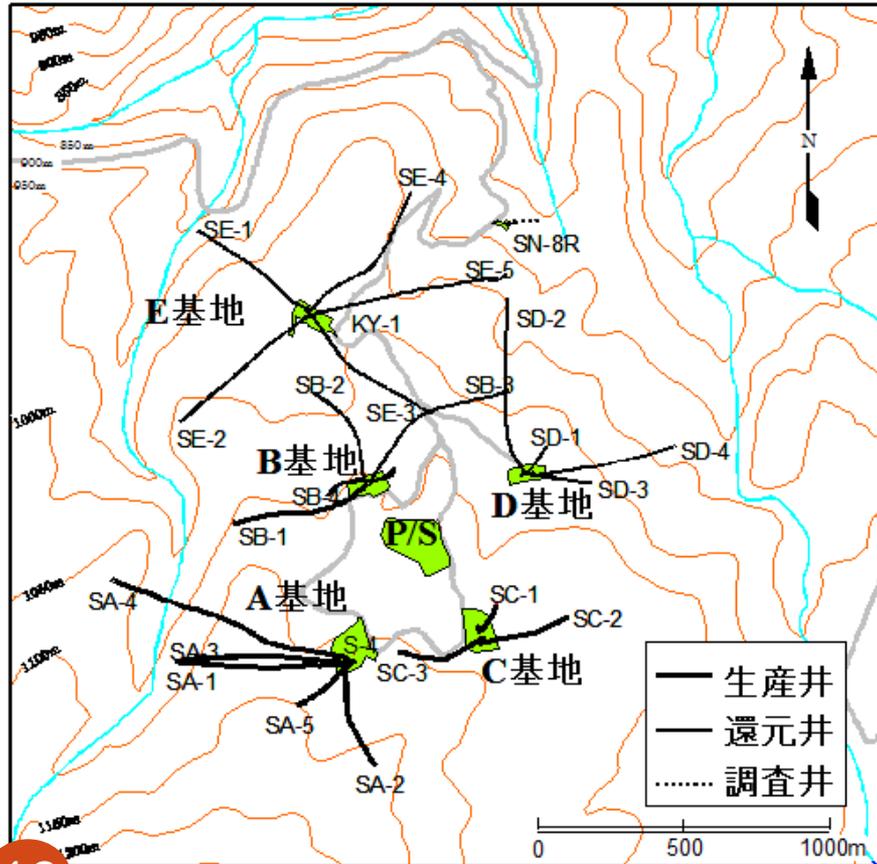
項目	調査		開発			環境影響評価				建設		
	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目	12年目
1. 地表調査	■	■										
2. 坑井調査		■	■	■	■							
3. 噴気試験				■	■	■						
4. 総合解析					■	■						
5. 環境影響評価						■	■	■	■	■		
6. 建設・試運転										■	■	■
単年度費用	160	1,060	2,729	1,689	170	75	75	75	75	10,646	4,575	4,575
累計	160	1,220	3,949	5,638	5,808	5,883	5,958	6,033	6,108	16,754	21,329	25,904

出典:「2012年3月19日 第3回 調達価格等算定委員会資料 日本地熱開発企業協議会」に加筆

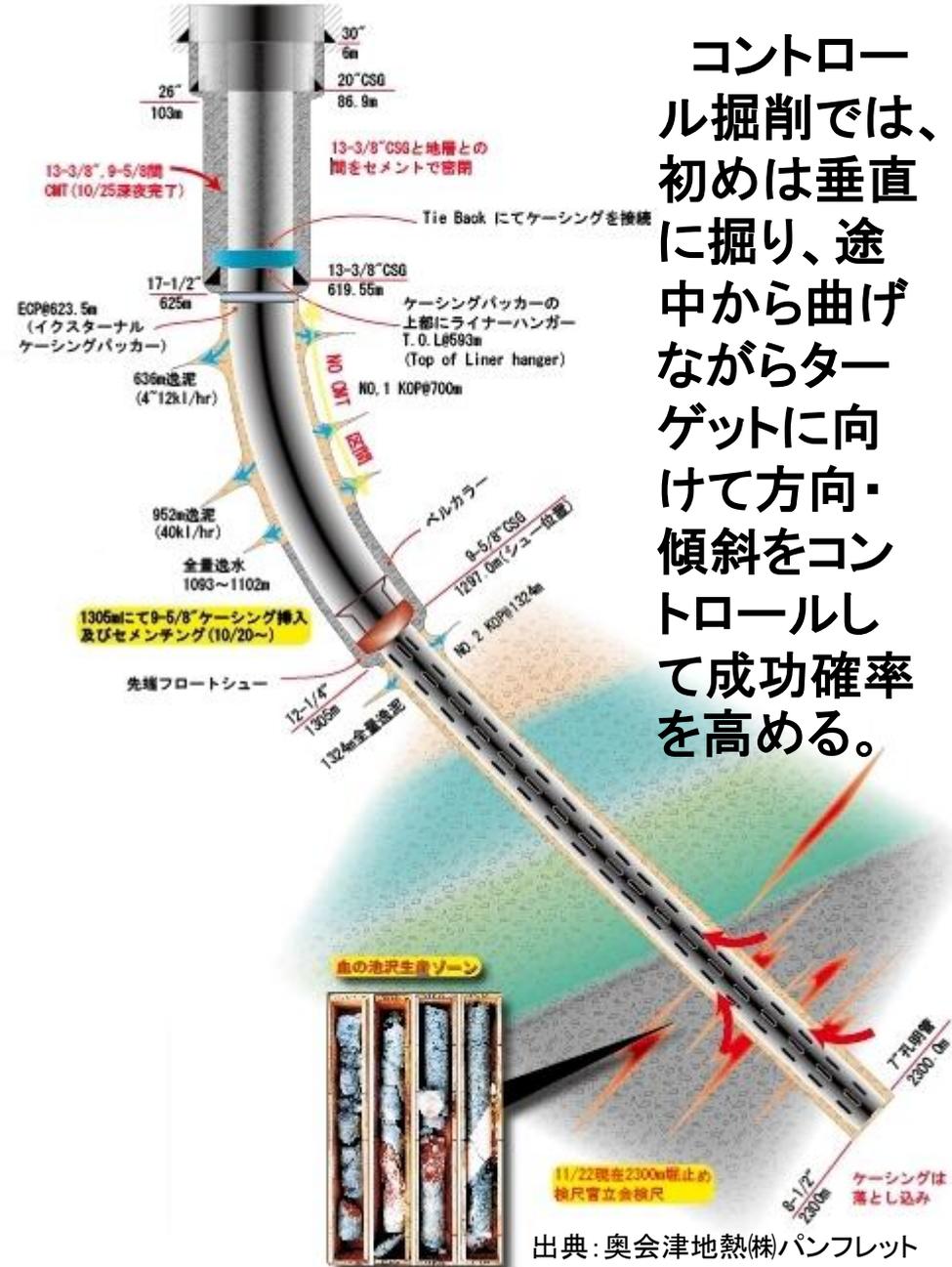
# ケーシング実績図 (01N-33P) : イメージ

既存地熱発電所の生産井・還元井は殆ど総てコントロール掘削であり、坑跡直上部の地表に全く影響を及ぼしていない。

コントロール掘削では、初めは垂直に掘り、途中から曲げながらターゲットに向けて方向・傾斜をコントロールして成功確率を高める。



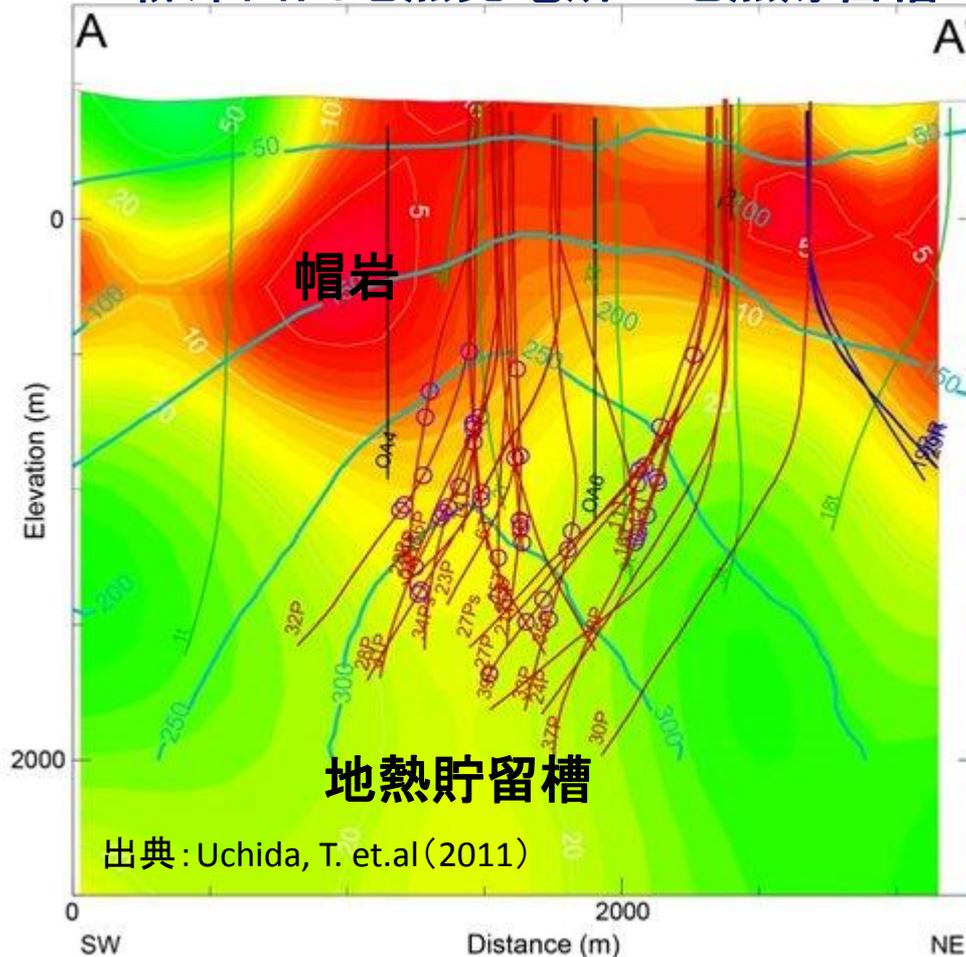
澄川地熱発電所坑井配置図



出典: 奥会津地熱(株)パンフレット

コントロール掘削の効果は、地上の掘削基地を集約する事で環境へのインパクトを軽減するのみならず、急傾斜の細脈である地熱貯留槽の割れ目を当てる確率を高める事。

### 柳津西山地熱発電所の地熱貯留槽



右のボーリングコア写真は、1.2km地下に在る幅1cmの鉱脈を推定して掘り当てたもの。

# 内容

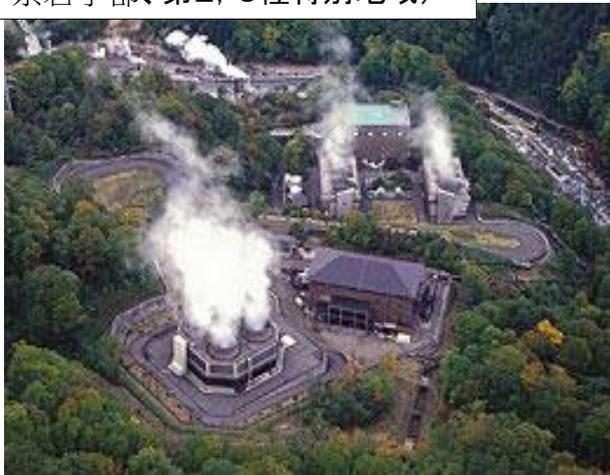
1. 全国の地熱開発の現状
2. 地熱資源は何処に存在するか
3. 地熱開発のプロセス
4. 環境への配慮の既往取り組み事例
5. 政策要望

## 景観への配慮

## 景観に配慮した建物の概観の事例

○建物、工作物に目立たない色彩(山小屋風)や自然に調和した色彩を使用するとともに、構内の緑化により景観への影響を和らげることを実現。

葛根田地熱発電所  
(岩手県岩手郡、第2, 3種特別地域)



上の岱地熱発電所  
(秋田県湯沢市、国立・国定公園外)



澄川地熱発電所  
(秋田県鹿角市、国立・国定公園外)



## 景観への配慮

### 景観に配慮した建物の概観の事例



道路の高さ

#### ○上の岱地熱発電所

- ・配管を道路の高さに合わせ、景観を損ねないように配慮。



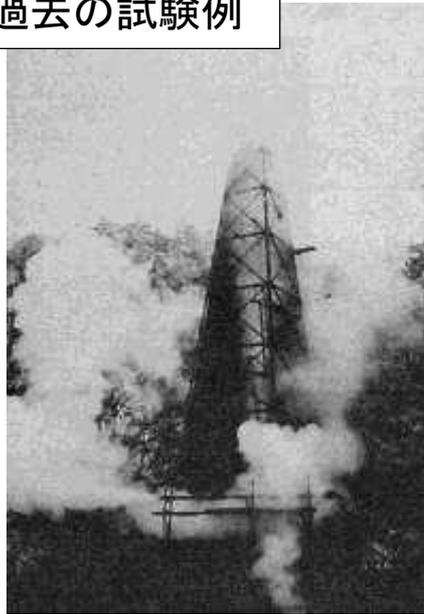
#### ○八丁原発電所2号機 坑井基地

- ①サイレンサー(消音器)を坑井基地より一段低い位置に設置し、景観を損ねないように配慮。
- ②蒸気配管を谷に沿って設置し、周囲の木々により隠れるように配慮。

## 技術の進歩

## 蒸気噴気試験における技術の進歩

過去の試験例



写真の出典:「地上環境に配慮した開発技術等について」  
2009.1.30 第2 回地熱発電に関する研究会資料5  
地熱技術開発(株)中田晴弥氏



影響を受けた樹木を伐採後、カラマツを植栽(大沼地熱発電所)  
写真の出典:日本自然保護協会第42号「十和田八幡平国立公園  
後生掛地区地熱発電所計画に伴う学術調査報告」1972年3月

○坑井の主弁から熱水混じりの蒸気を噴出させる「直上噴気」が行われていたため、流体性状によっては騒音、周辺植生域への熱水飛散、樹木への着氷被害などが発生。

現在の試験例

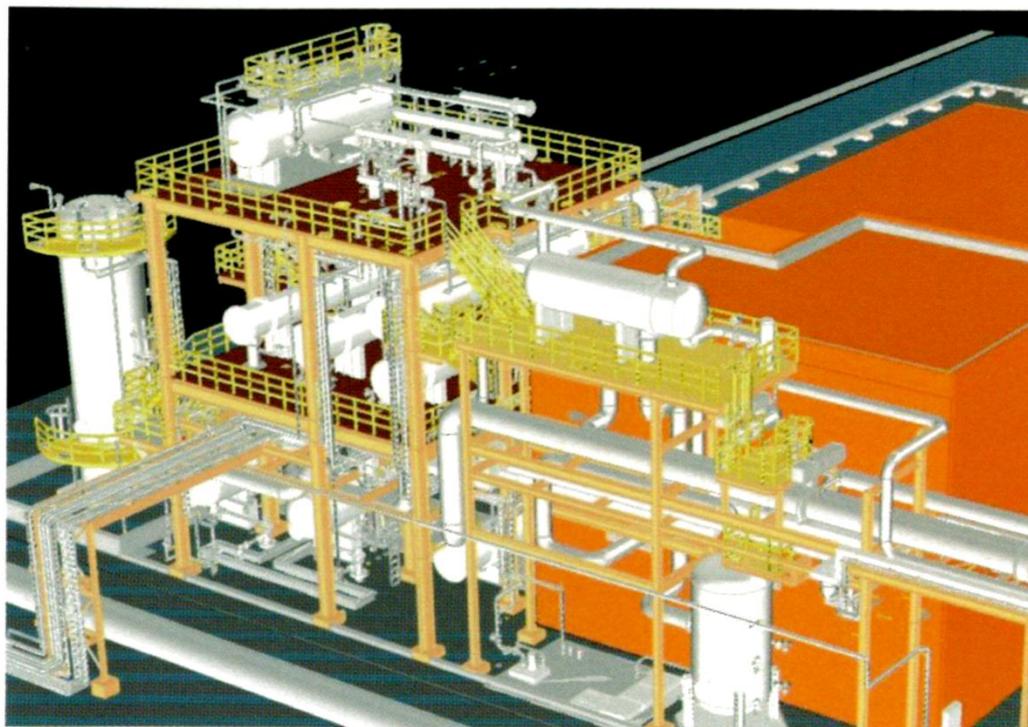


○最近では、気水分離器(セパレータ)を通して乾いた蒸気のみ大気開放されるため、騒音および熱水飛散は軽減。このため、樹木への着氷被害もない。  
(試験実施者:湯沢市)

# 既存地熱発電所の環境への配慮の事例（硫化水素対策）

## ●特徴

- ① 蒸気中に含まれる硫化水素ガス濃度が高く、かつ風が弱く拡散しないため、硫化水素除去装置を設置して異臭防止に努めています。



硫化水素除去装置 Hydrogen sulfide abatement system

既存の地熱発電所では環境影響調査が行われ、環境排出基準が順守されているが、蒸気に含まれる硫化水素ガスの濃度は地点によって異なり、他の地熱発電所と比べて濃度が高く、且、特殊な気象条件にある柳津西山地熱発電所には硫化水素除去装置が設置され、硫黄が回収されて資源として活用されている（タイヤの増粘剤や花火の原料など）。

# 現在、建設中の山葵沢地熱発電所の風致・景観への配慮の事例



## 環境影響評価結果の概要

### ◆ 景観

「見えない事」でなく、「どう見せるか」に工夫が凝らされている。

#### 環境保全措置と影響の予測評価

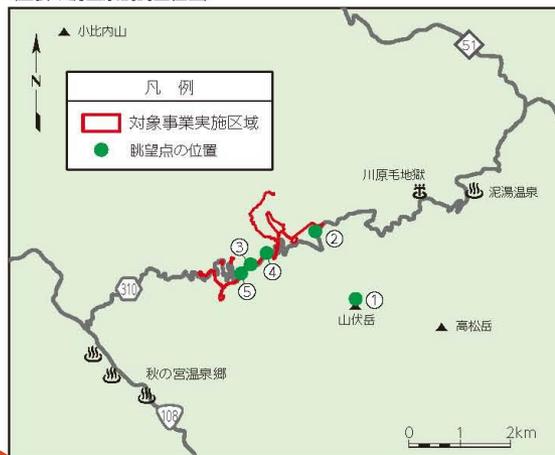
##### ● 主な環境保全措置

- ・ 地形改変及び樹木の伐採範囲を必要最小限にとどめ、地形改変部等には適切な緑化を行います。
- ・ 発電所本館や冷却塔の大きさを可能な限り小さくしつつ、かつ高さを抑える計画とします。
- ・ 発電所建屋の色彩については、アースカラーから選定したベージュ系及びブラウン系を採用し、周辺の自然環境との調和を図ります。
- ・ 還元熱水輸送管は可能な限り道路沿いに低く設置し景観に配慮するとともに、色彩については、アースカラーから選定したブラウン系を採用し、周辺の自然環境との調和を図ります。

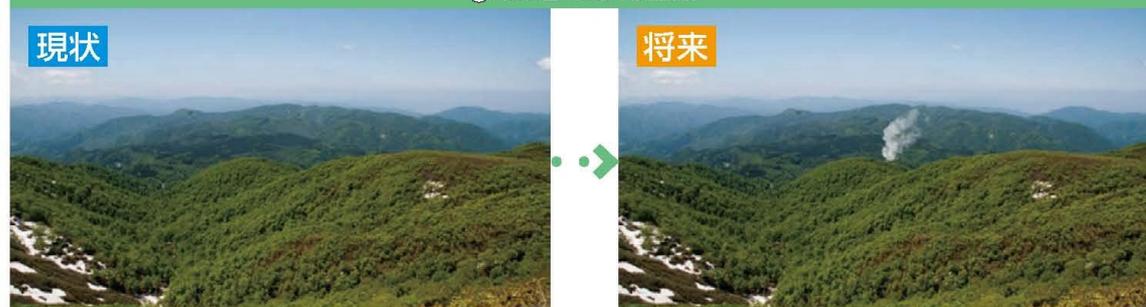
##### ● 予測評価

環境保全措置を講じることにより、施設の存在に伴う主要な眺望景観の視覚的变化は小さく、地形改変及び施設の存在に伴う景観への影響は少ないものと考えられます。

#### 〈主要な眺望景観調査位置〉



① 〈山伏岳（山頂下展望点）〉



② 〈秋ノ宮小安温泉線（県道310号）〉



④ 〈秋ノ宮小安温泉線（県道310号）〉



# 地熱発電所建設時に自然環境、風致景観に配慮する

- 地熱開発には、環境保全や風景地保護の観点から、自然環境、風致景観への配慮が必要不可欠である。地熱発電の導入促進のためには、その地域特性などを考慮しつつ、自然環境等に配慮した事例を作っていくことが重要である。
- 自然環境等への影響を小さくするため、例えばエコロジカル・ランドスケープの手法を活用するなど、優良事例形成のための取組を進める。

## 例 自然環境要素と人工的要素をバランス良く保つ

### 一般的な設計

工場緑化としての造園的植栽



### エコロジカル・ランドスケープを活用

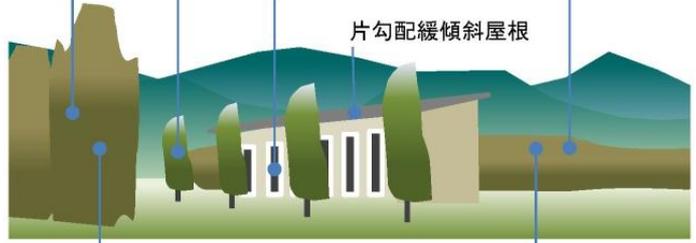
二次林を残す(切盛境など)

幾何学的配置に合わせた列状植栽

背景の既存二次林

建屋に縦ラインを強調

片勾配緩傾斜屋根



地域の二次林で施設を挟む



# 現在、建設中の山葵沢地熱発電所の自然環境保全への取り組みの事例



## 環境影響評価結果の概要

### ◆ 動物・植物、生態系

#### 1. 環境の現況

##### ● 動物

対象事業実施区域及び周辺の動物について現地調査を行った結果は次のとおりです。

(動物の現地調査における確認種)

区分	対象事業実施区域及びその周辺における確認種数	対象事業実施区域における重要な種の確認種
哺乳類	6目 11科 17種	ヒナコウモリ科、モモンガ、ムササビ、ヤチネズミ、カモシカ
鳥類	14目 37科 102種	マガク、アオバト、ヨダカ、ヤマシギ、ハチクマ、ツミ、ハイタカ、オオタカ、サシバ、クマタカ、コノハズク、アカショウビン、オオアカゲラ、キバシリ、マミジロ、コルリ、コサメビタキ、イカル
爬虫類	1目 4科 8種	—
両生類	2目 6科 11種	トウホクサンショウウオ、クロサンショウウオ、ハコネサンショウウオ、アカハライモリ、モリアオガエル
昆虫類	18目 204科 1,239種	ガロアムシ科 sp.、スジグロチャバネセセリ、ウラギンスジビョウモン、キジマツトグロナミシャク、スカシカシハ、アトジロシラホシヨトウ、ベニエグリコヤガ、ペニトガリアツバ
魚類	0目 0科 0種	—
底生動物及び水生昆虫類	16目 53科 116種	—

現地調査により確認された動物は、上表のとおり哺乳類 17 種、鳥類 102 種、爬虫類 8 種、両生類 11 種、昆虫類 1,239 種、底生動物及び水生昆虫類 116 種であり、このうち対象事業実施区域では、重要な種として哺乳類 5 種、鳥類 18 種、両生類 5 種、昆虫類 8 種が確認されました。

##### ● 植物

対象事業実施区域及びその周辺において、現地調査により確認された植物は、124 科 708 種であり、このうち対象事業実施区域では、重要な種としてアリドオシラン、オオバツツジ、オニノヤガラ、カニコウモリ、ジガバチソウ及びナガエスゲの 6 種が確認されました。



小型哺乳類捕獲調査



植物調査

##### ● 生態系

地域の生態系の特徴を表す上位性の注目種としてクマタカを選定し、植生概要調査、行動圏調査及び餌量調査を実施しました。また、典型性の注目種としてヒメネズミを選定し、生息状況調査、生息環境調査及び餌量調査を実施しました。



生態系調査（餌量調査）

#### 2. 環境保全措置と影響の予測評価

##### ● 主な環境保全措置

- ・配管敷設ルートの変更や既設設備の流用により重要な動植物の生息・生育環境への影響を可能な限り回避します。
- ・地形改変及び樹木伐採の範囲を必要最小限とし、動物および植物の生息・生育環境への影響を可能な限り回避又は低減します。
- ・地形改変範囲内に生育している重要な植物については、専門家の助言を受け、事業の実施による影響を受けない適地に移植を実施し、適切に維持管理します。
- ・工事区域外への工事関係者の不要な立ち入りを防止します。また、動物の捕獲、威嚇、生息域の攪乱及び植物の採取を禁じるよう、動植物保護の指導を徹底します。
- ・発電所計画地等の造成による法面は、工事により発生する残土（表層土）の有効利用及び計画地周辺の植生に合わせた植栽により、すみやかに緑化することにより、動植物の生息・生育環境の回復を図ります。

##### ● 予測評価

環境保全措置を講じることにより、重要な動物の生息環境、重要な植物の生育環境並びに生態系へ及ぼす影響は少ないものと考えられます。



クマタカ成鳥

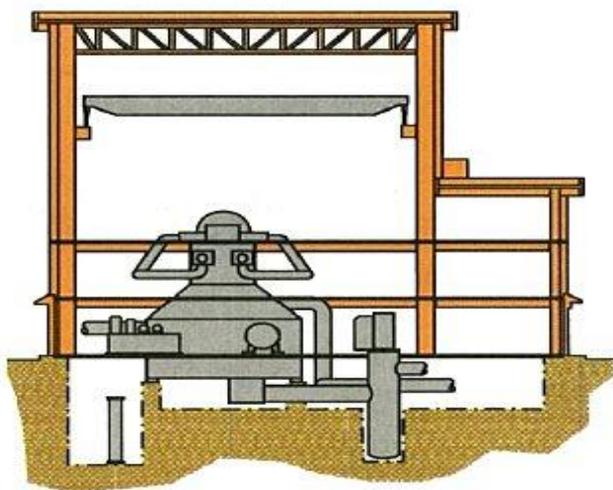


アリドオシラン

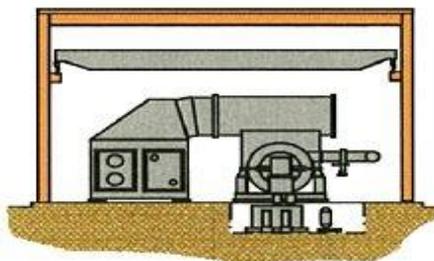
# 技術革新 ⇒ 小型化

■ 蒸気タービンの排気方式を下向きから、上向き、軸流へと変更する事によって、小型化による環境への配慮とコストの削減を同時にもたらし技術革新を実現。

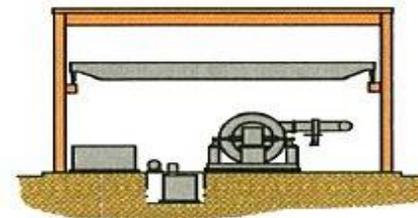
下向き排気



上向き排気

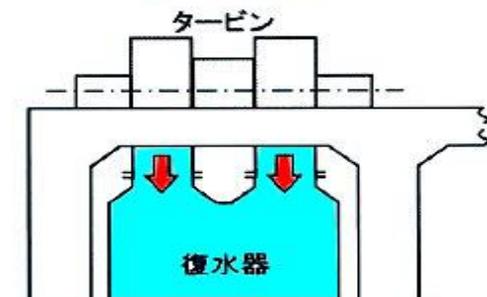


軸流排気



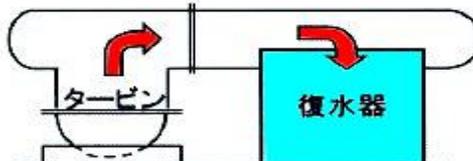
資料提供：(株)東芝

下向き排気

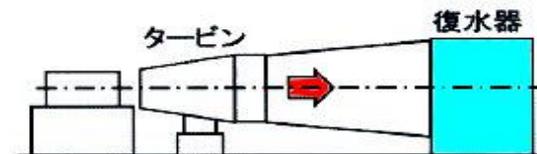


資料提供：三菱重工業（株）

上向き排気



軸流排気



■この技術革新により、15MW以下は本館の高さを13m以下に出来る可能性が生まれた。

### 発電規模別本館高さ

発電規模	単位	15MW	30MW	30MW	60MW
排気方式		軸流	軸流	軸流	上方
屋根タイプ		普通傾斜	普通傾斜	低傾斜	普通傾斜
クレーン		25t	50t	50t	50t
屋根高さ	m	0.3	3.1	0.3	2.9
梁据え高さ	m	0.8	0.5	0.8	0.5
軌上空間	m	2.7	3.8	3.8	3.8
フック上がり	m	0.9	1.0	1.0	1.0
フック高さ	m	7.6	9.5	9.5	13.0
床面高さ	m	0.3	0.3	0.3	0.3
本館高さ	m	12.6	18.2	15.7	21.5

既存地熱発電所の本館(タービン建屋)の高さ

発電規模	名称	認可出力(MW)	排気方式	本館高さ(m)		
				実績	平均	先進技術採用後
50MW級	柳津西山	65	下方	32.3	26.0	18.0~21.5 (上方排気)
	八丁原1号	55	下方	22.0		
	八丁原2号	55	下方	22.0		
	森	50 ⇒ 25	下方	21.3		
	澄川	50	上方	30.3		
	葛根田1号	50	下方	27.9		
30MW級	葛根田2号	30	上方	24.0	21.4	15.7~18.0 (軸流排気)
	大霧	30	上方	19.5		
	山川	30	上方	19.5		
	上の岱	27.5 ⇒ 28.8	上方	21.5		
	滝上	25 ⇒ 27.5	上方	19.5		
	松川	23.5	下方	24.1		
15MW級	大岳	12.5	下方	13.8	15.3	12.6 (軸流排気)
	鬼首	12.5 ⇒ 15	下方	16.8		
	大沼	9.5	上方	9.5		
	八丈島	3.3	上方	3.5		

# 内容

1. 全国の地熱開発の現状
2. 地熱資源は何処に存在するか
3. 地熱開発のプロセス
4. 環境への配慮の既往取り組み事例
5. 政策要望

## 5. 政策要望

1. 自然公園内建築物の高さの制限13mの弾力的運用をお願いしたい。
2. 空中物理探査について、稀少猛禽類などへの影響に配慮しつつ、円滑に実施される様をお願いしたい。
3. 地表に影響を及ぼさないコントロール掘削を活用した第1種地域などの深部に賦存する地熱資源の有効活用をお願いしたい。