



湯沼ーアトサヌプリ地域 地熱資源開発調査業務 調査結果報告

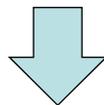
平成29年3月14日
弟子屈町役場 会議室

地熱エンジニアリング株式会社



目的

- ・ 地熱構造（熱構造、貯留構造、断裂構造）を明らかにし、構造試錐井のターゲット・仕様等を検討する。



平たく言うと

- ・ どこを掘れば地熱発電ができるかについて井戸を掘る前に検討する。



平成28年度 弟子屈町地熱理解促進協議会 スケジュール

開催回	開催日	議題
第1回	平成28年8月8日	1. 平成27年度 調査結果(経産局補助事業:地熱理解促進事業) ・弟子屈町の地熱ポテンシャル ・調査候補地の抽出結果 2. 平成28年度 調査計画概要(JOGMEC助成事業:地熱資源開発調査) ・調査計画 ・調査内容・工程
第2回	平成28年12月16日	平成28年度JOGMEC助成事業 湯沼～アトサヌプリ地域 地熱資源開発調査業務 進捗状況報告 ・調査内容毎の説明 ・調査実施状況、解析中間報告
第3回	平成29年3月14日	平成28年度JOGMEC助成事業 湯沼～アトサヌプリ地域 地熱資源開発調査業務 調査結果報告(中間報告) ・調査実施状況及び今後の予定 ・開発候補地域の資源量評価 ・開発による懸念事項と対処法(モニタリング井の検討)

平成29年度以降

第4回	平成29年7月末 (予定)	平成28年度JOGMEC助成事業 湯沼～アトサヌプリ地域 地熱資源開発調査業務 調査結果報告(最終報告) ・地熱構造モデルの確定(開発候補地・資源量評価の再解析) ・今後の地熱開発計画立案
-----	------------------	--

2



平成28年度 弟子屈町 湯沼～アトサヌプリ地域 地熱資源開発調査 予実

調査内容	目的	計画	実績
地質調査	地質構造・貯留構造・断裂構造の把握	地質・変質帯・断裂調査、地形解析調査 ルート長: 35km X線回折分析(20個)、薄片観察(10個)	計画どおり
地化学調査	流体性状に基づく貯留構造の把握	分析箇所(分析種類): 噴気4, 温泉8, 湖沼2, 河川1 湯沼(噴気ガス、噴気凝縮水、温泉、沼水)、アトサヌプリ・ホンボン山(噴気ガス、噴気凝縮水)、周辺温泉(温泉水)、屈斜路湖、湯川 分析項目: 噴気ガス14, 噴気凝縮水10, 温泉水22, 湖・河川水13	計画どおり
電磁探査	地質構造・貯留構造・断裂構造の把握	MT法探査: 測点数 41点 3次元比抵抗解析(比抵抗断面図・平面図)	特別保護地区・第1種特別地域の3測点を平成29年5月に測定し、解析予定。
重力探査	地質構造・貯留構造・断裂構造の把握	重力探査: 測点数 90点 ブーゲー異常図、残差重力図 フィルタ図(重力水平勾配、鉛直一次微分図等)	計画どおり
総合解析	地質構造・貯留構造・断裂構造の把握	地質調査、地化学調査、電磁探査、重力探査、既存資料の知見について、総合的に解析を行い、本地域の地質構造、貯留構造、断裂構造を解析する。また、次年度の構造試錐井の仕様を決定する	中間報告(地域中深部は概ね解析終了。資源量評価) *最終的に、電磁探査終了後に再解析
温泉モニタリング調査	現況の温泉変動を把握	地熱開発による周辺温泉に対する影響を評価するために、化学分析(温泉3ヶ所)を行い、現況の自然変動データを把握する	計画どおり

3



平成28年度 弟子屈町

湯沼～アトサヌプリ地域 地熱資源開発調査 工程表

－【計画(上段)】と【実績及び今後の予定(下段)】－

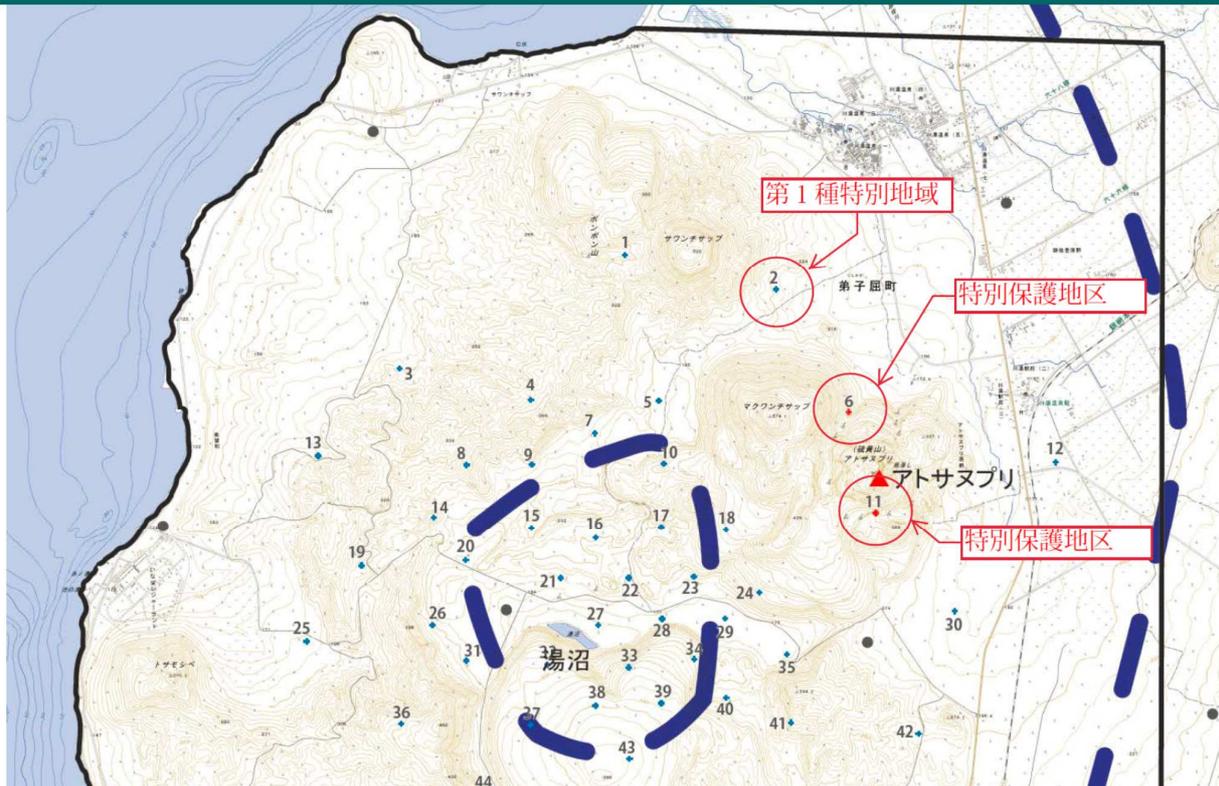
項目	平成28年				平成29年							
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
許認可・契約			▼契約(10/27)					▼特別保護地区及び第1種特別地域内での工作物の新築許可(電磁探査:3測点)				
地質調査			■	■	■	■	■					
地化学調査			■	■	■	■	■					
重力調査			■	■	■	■	■					
電磁探査			■	■	■	■	■			■	■	■
総合解析						■	■	■	■	■	■	■
温泉モニタリング			■	■	■	■	■	■				
協議会	△				△		△	△	△	(中間報告)		最終報告 △
備考	電磁探査:アトサヌプリ地域の特別保護地区(2測点)と第1種特別地域(1測点)の調査が2/28に許可されたので、H29年5月に現地調査を実施する。											

■ 許認可等・室内解析 ■ 現地調査 △ 協議会等

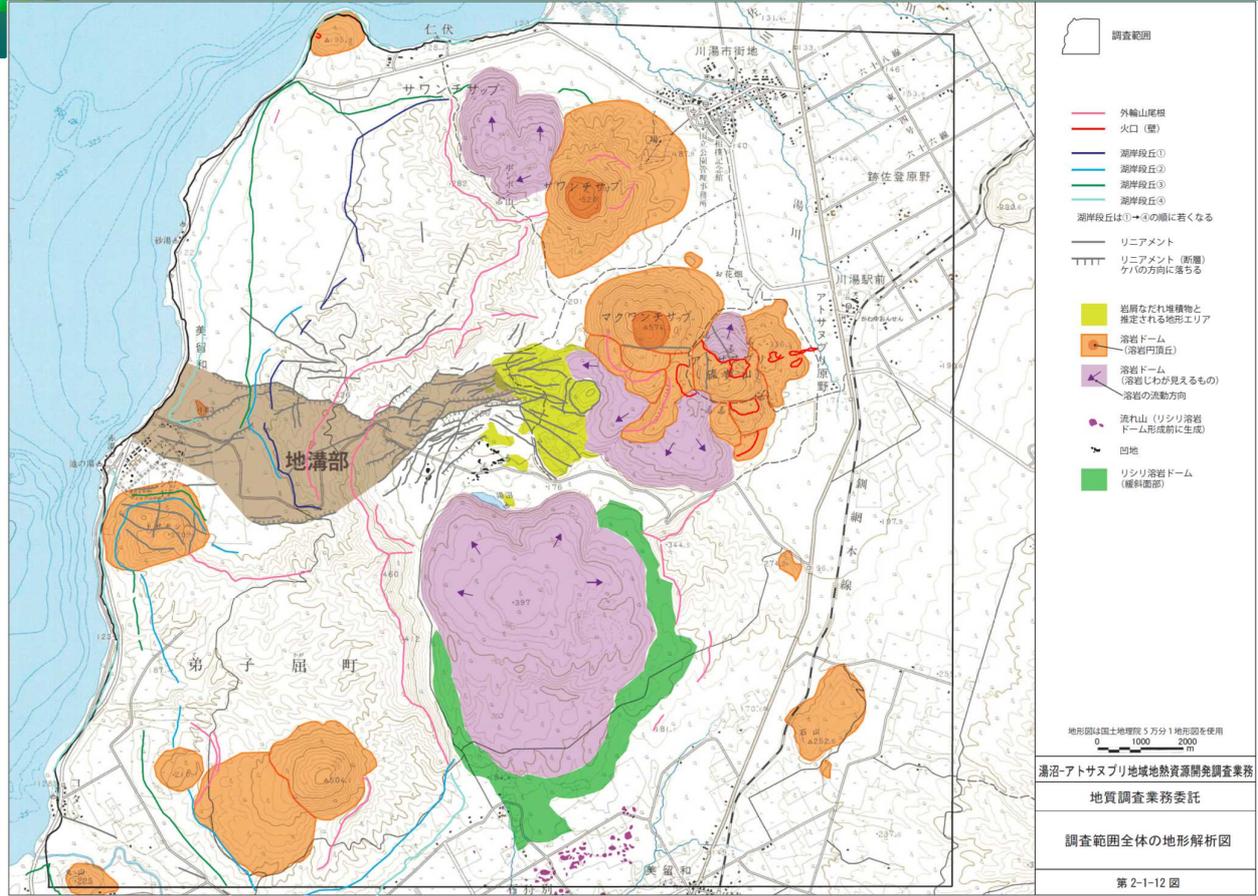
積雪期は安全上作業不可



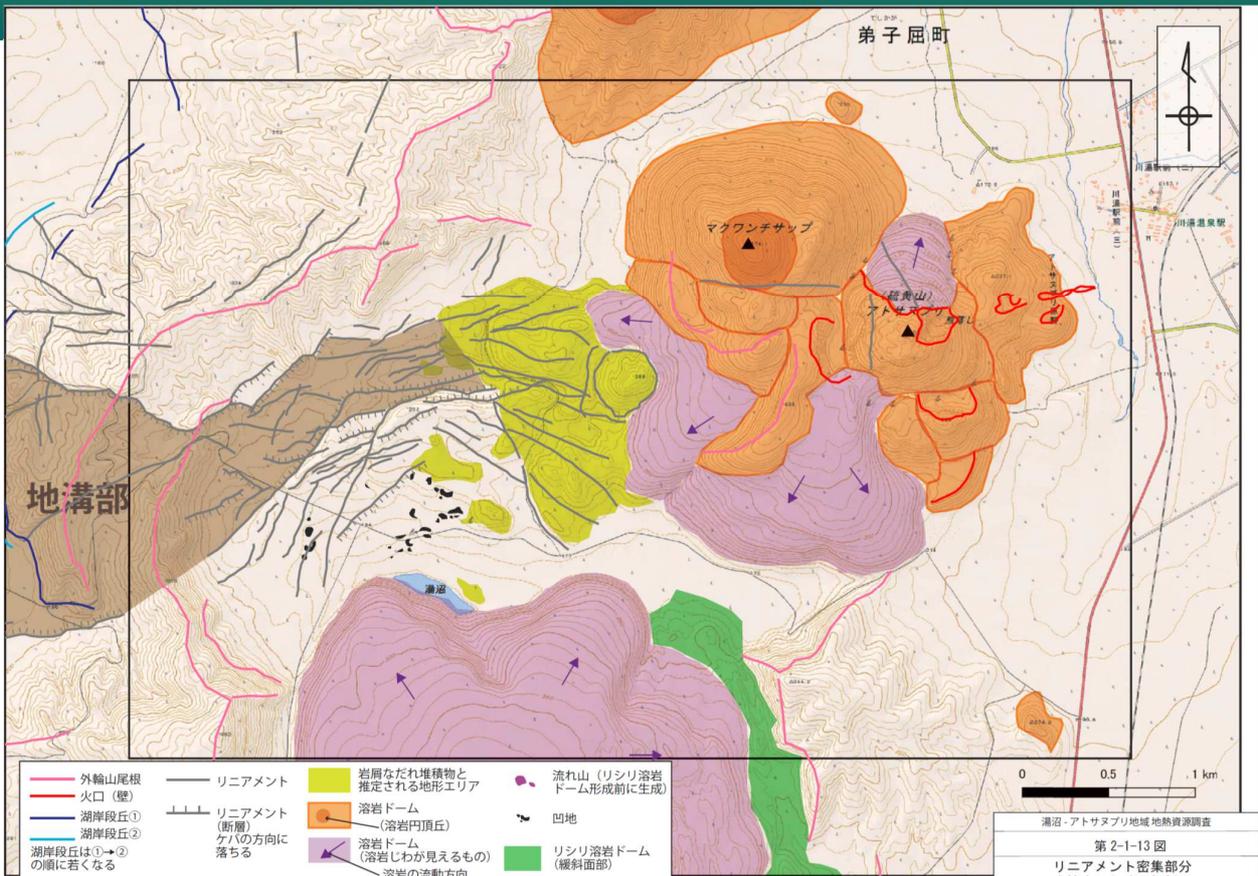
電磁探査測点位置図(○:未測定)



調査範囲全体の地形解析図



リニアメント密集部分の地形解析図

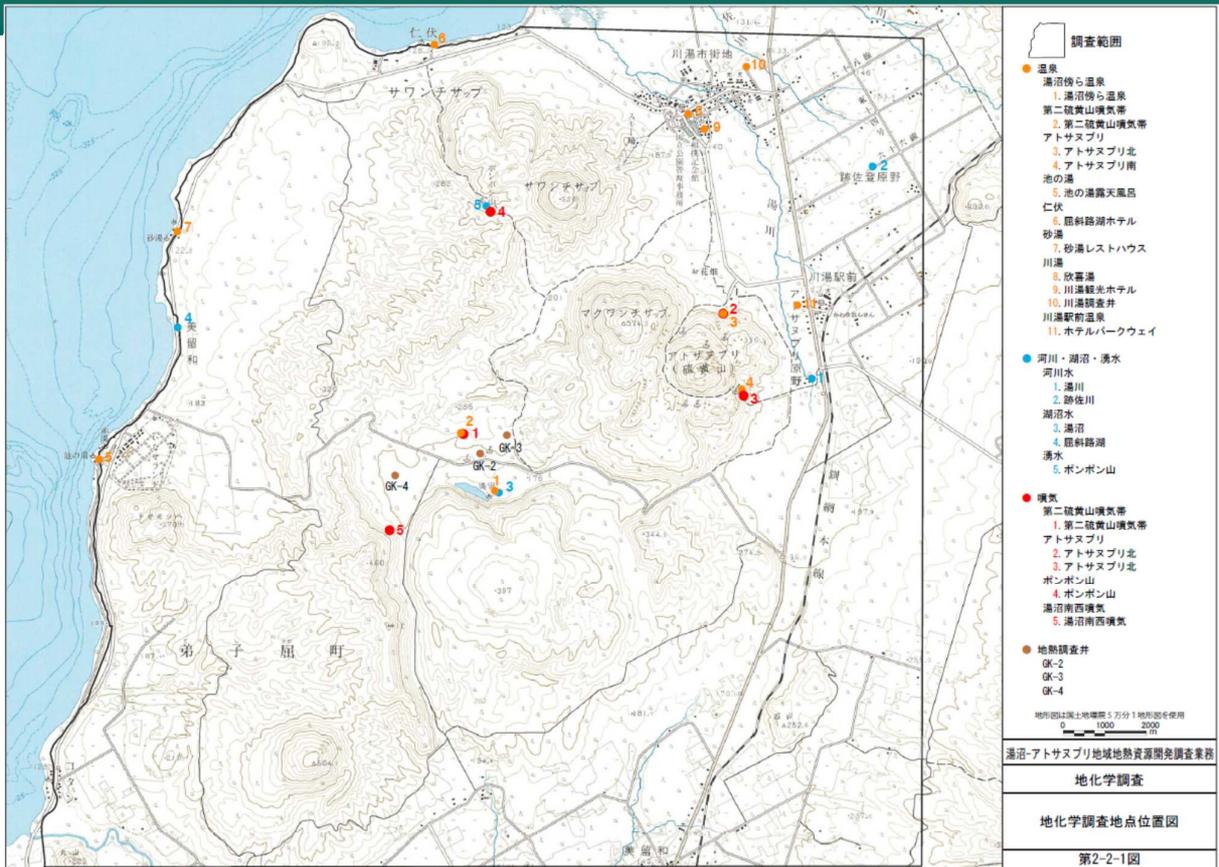




湯沼南西噴気(左)と第二硫黄山とアトサヌプリの間の噴気(右) いずれも硫黄臭なし(熱交換により浅い地下水が沸騰)



地化学調査地点位置図





アトサヌプリ北



第二硫黄山

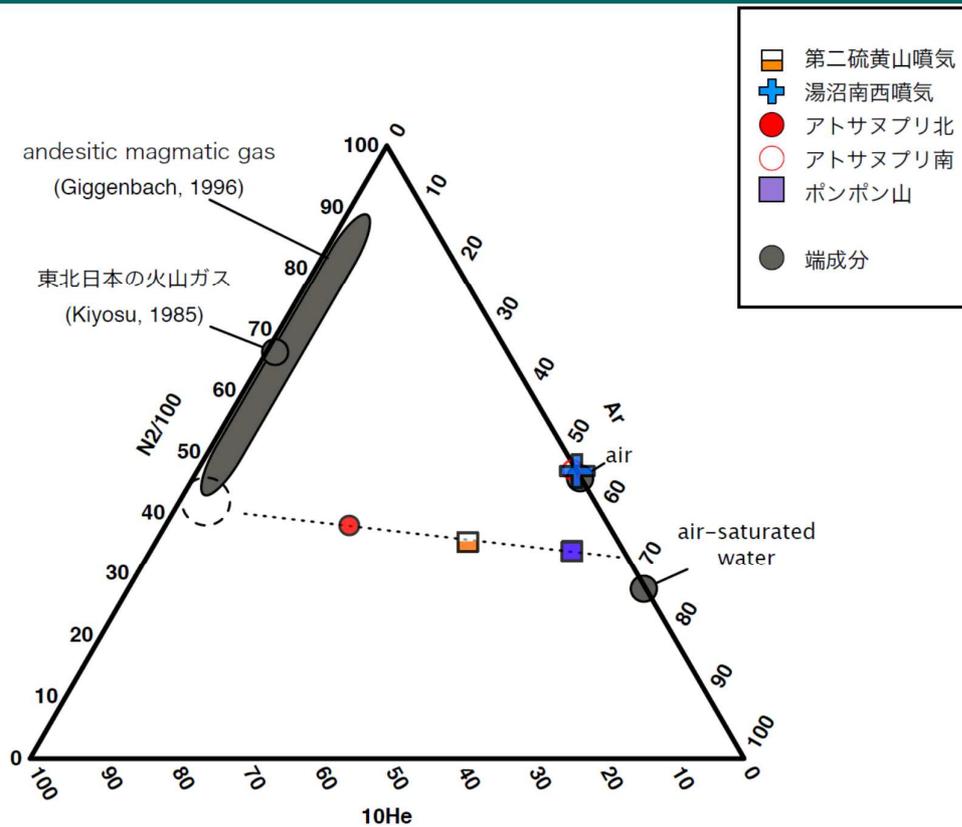


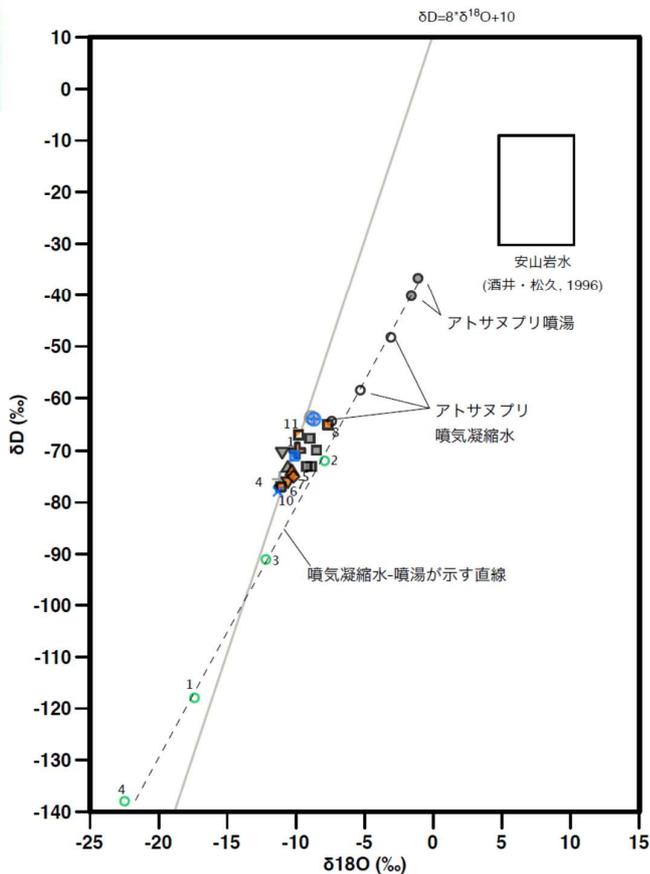


湯沼南西噴気



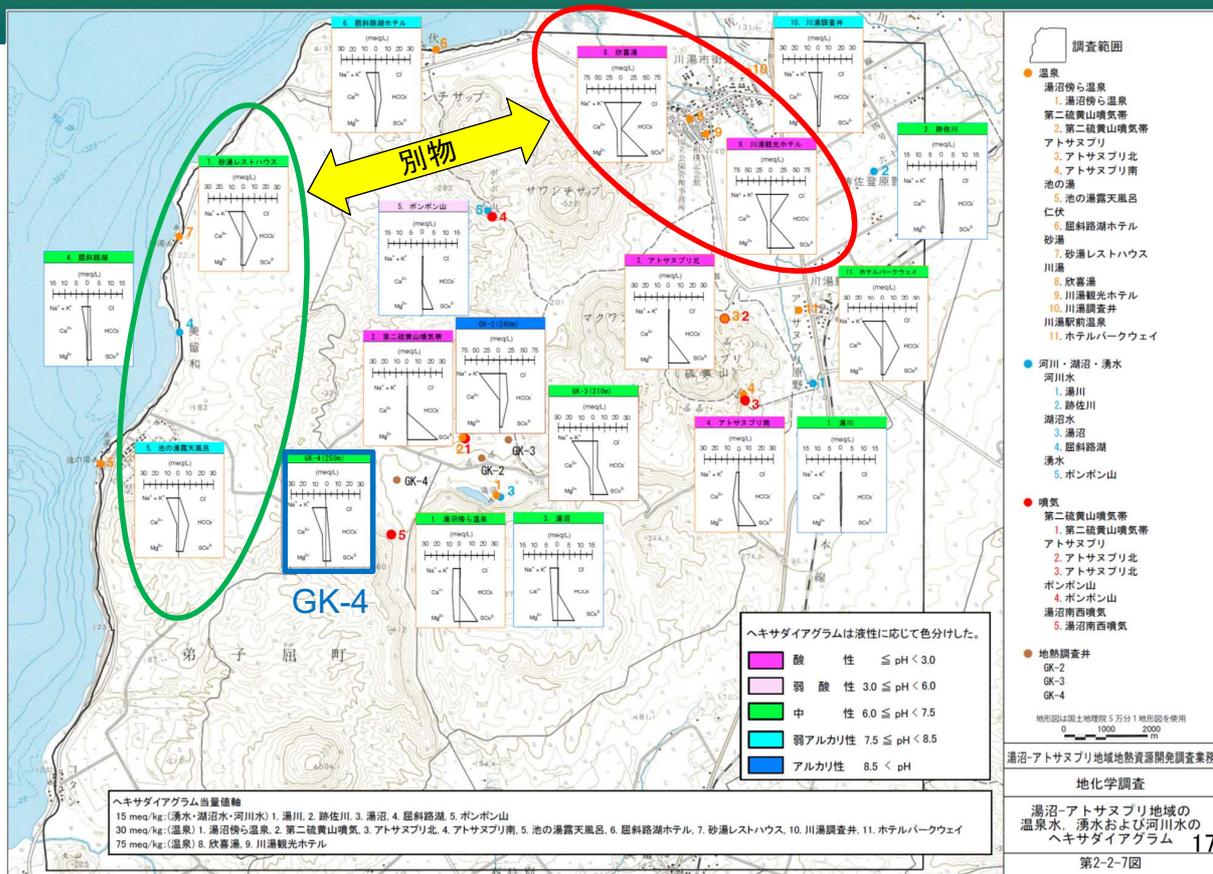
噴気ガスのHe-Ar-N₂三成分系





- [温泉]
- 湯沼
- 1. 湯沼傍ら温泉
- アトサヌプリ
- 4. アトサヌプリ南
- ▲ 池の湯
- 5. 池の湯露天風呂
- ▼ 仁伏
- 6. 屈斜路湖ホテル
- ◆ 砂湯
- 7. 砂湯レストハウス
- 川湯
- 8. 欣喜湯
- 10. 川湯調査井
- ⊕ 川湯駅前温泉
- 11. ホテルパークウェイ
- 噴気凝縮水
- 1. 第二硫黄山噴気帯
- 2. アトサヌプリ北
- 3. アトサヌプリ南
- 4. ポンポン山
- [河川水・湖沼水]
- × 湯川
- 田 湯沼
- ⊕ 屈斜路湖
- [松葉谷ほか, 1978]
- アトサヌプリ噴湯
- アトサヌプリ噴気凝縮水
- 川湯温泉
- ▲ 池の湯
- ▼ 仁伏
- ⊕ アメマス川
- ⊕ 屈斜路湖

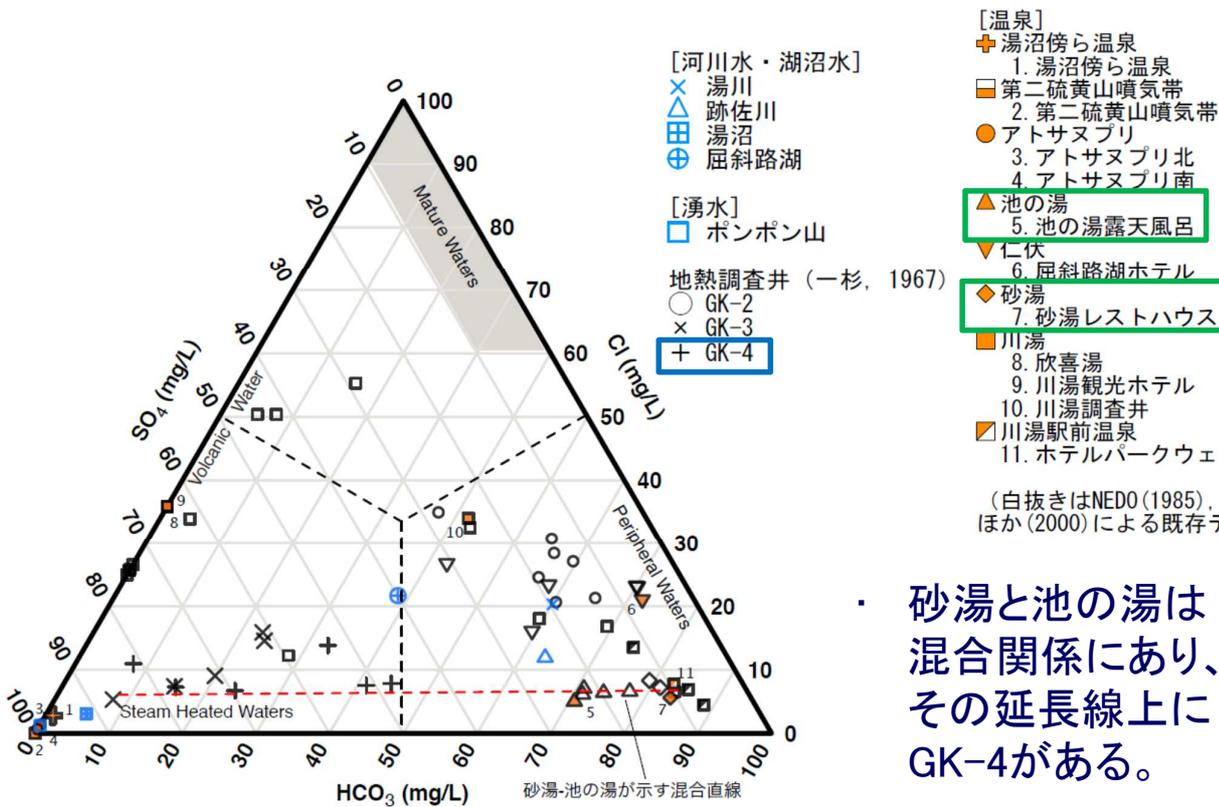
温泉水, 湧水および河川水のヘキサダイアグラム



ヘキサダイアグラム当量値軸
 15 meq/kg: (湧水・湖沼水・河川水) 1. 湯川, 2. 跡佐川, 3. 湯沼, 4. 屈斜路湖, 5. ポンポン山
 30 meq/kg: (温泉) 1. 湯沼傍ら温泉, 2. 第二硫黄山噴気, 3. アトサヌプリ北, 4. アトサヌプリ南, 5. 池の湯露天風呂, 6. 屈斜路湖ホテル, 7. 砂湯レストハウス, 10. 川湯調査井, 11. ホテルパークウェイ
 75 meq/kg: (温泉) 8. 欣喜湯, 9. 川湯観光ホテル



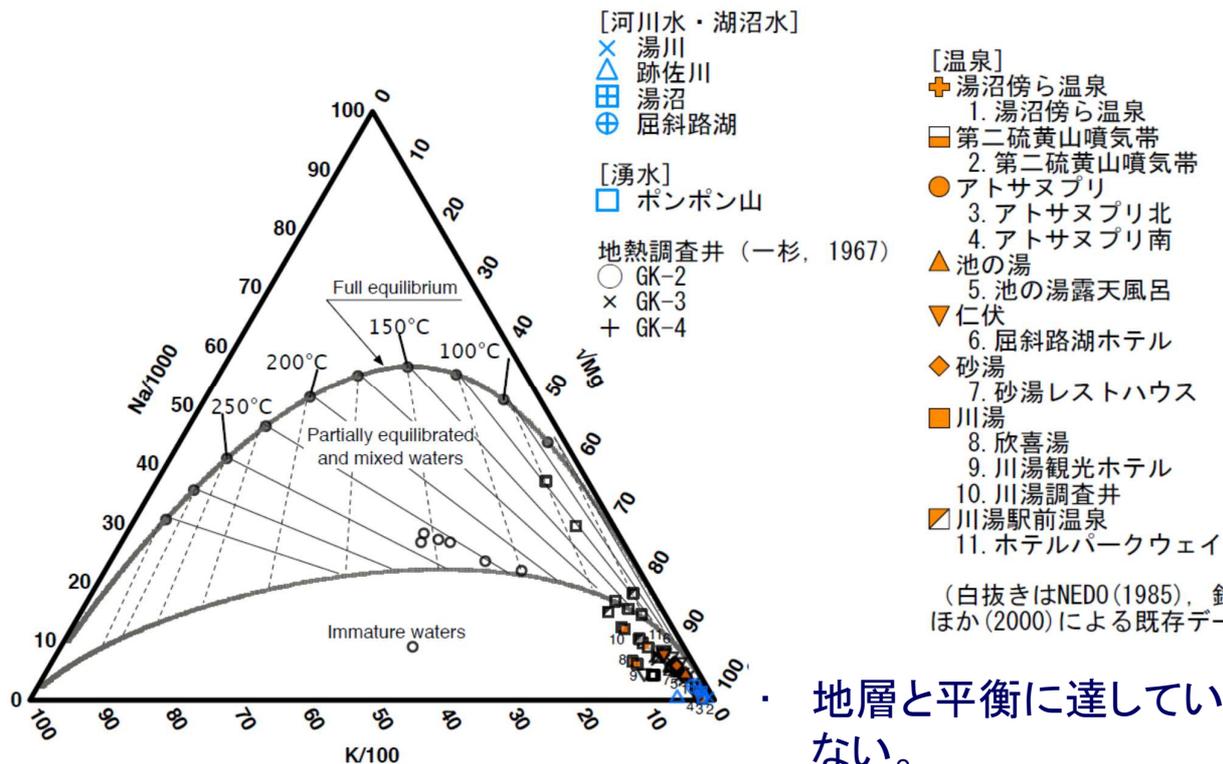
温泉，湧水および河川水のCl-SO₄-HCO₃ 三成分系図



・ 砂湯と池の湯は混合関係にあり、その延長線上にGK-4がある。



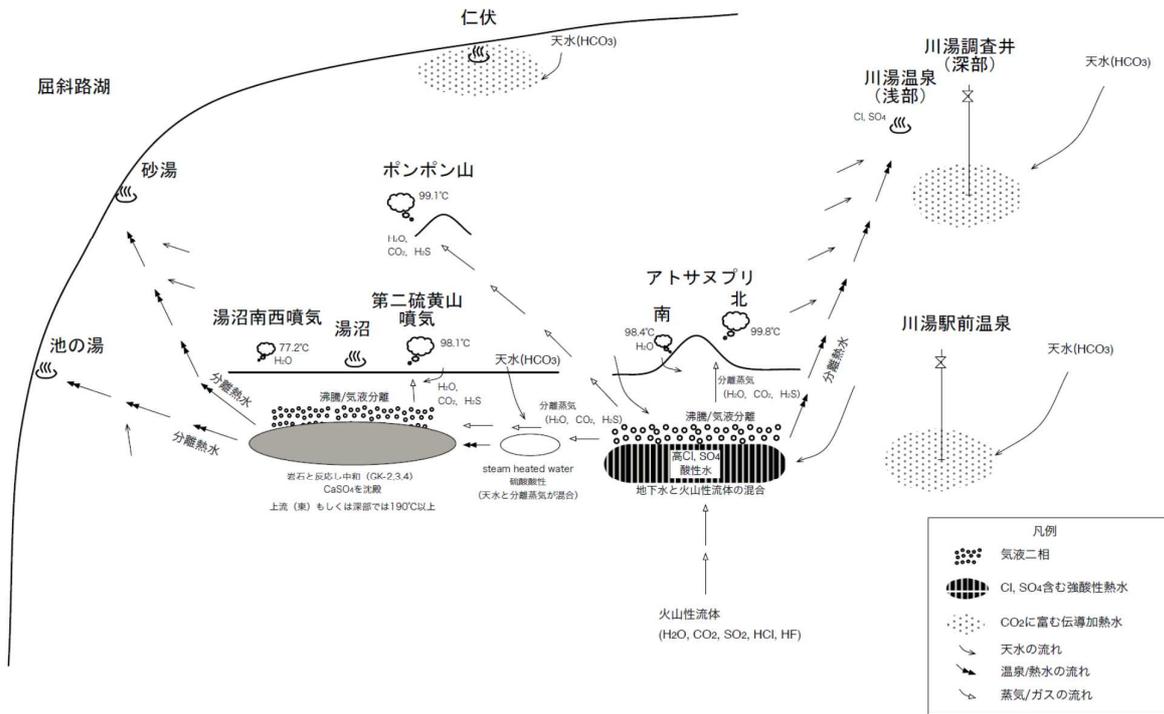
温泉水，湧水および河川水のNa-K-Mg三成分系図



・ 地層と平衡に達していない。



湯沼-アトサヌプリ地域の流体地化学モデル



20



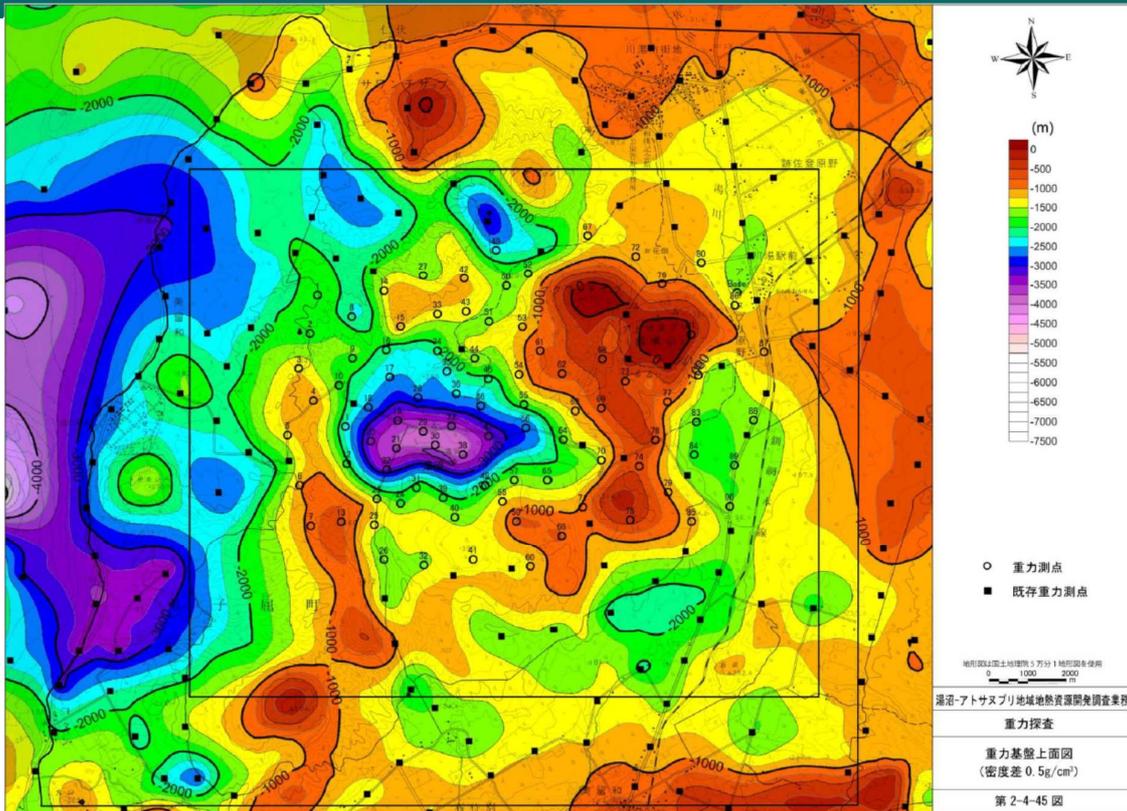
温泉モニタリング

- ・ モニタリング対象
 - 欣喜湯
 - 川湯観光ホテル
 - ホテルパークウェイ
- ・ モニタリング期間
 - 2016年11月～2017年2月
- ・ 分析項目
 - pH・電気伝導度・Cl・SO₄・Na・Ca
- ・ 結果
 - 自然状態では安定していることを確認した。

21



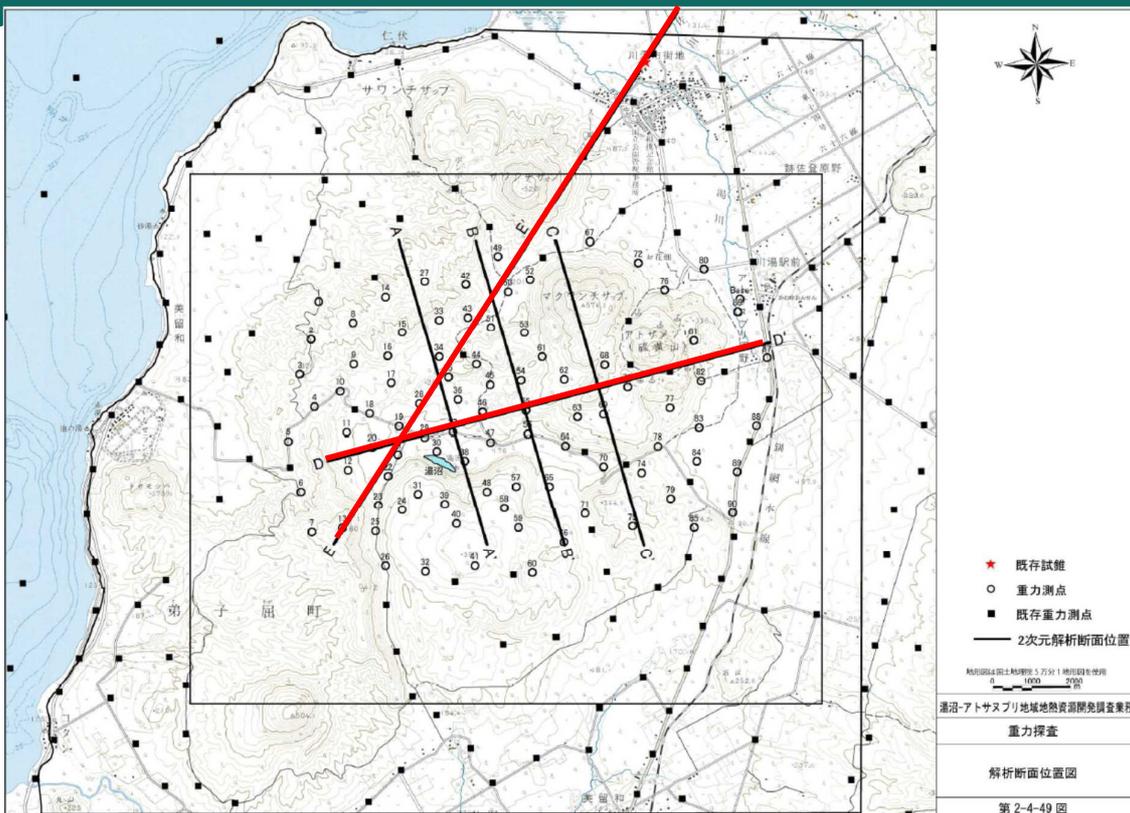
重力探査結果 重力基盤上面図



22



断面位置図

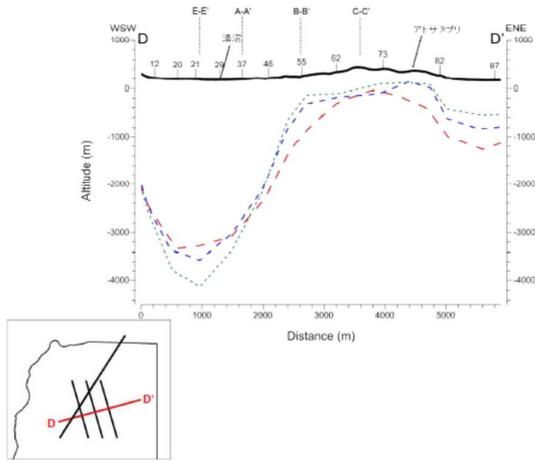
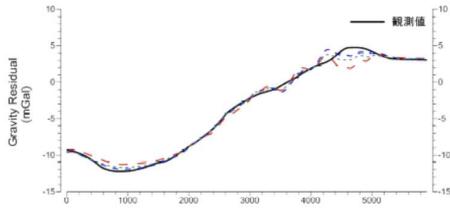


23

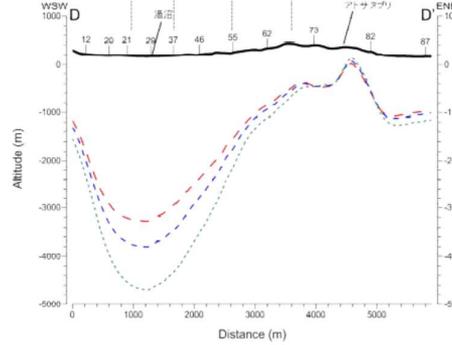
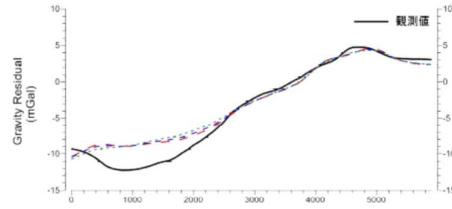


D-D' 断面

2次元解析結果



3次元2層構造解析結果

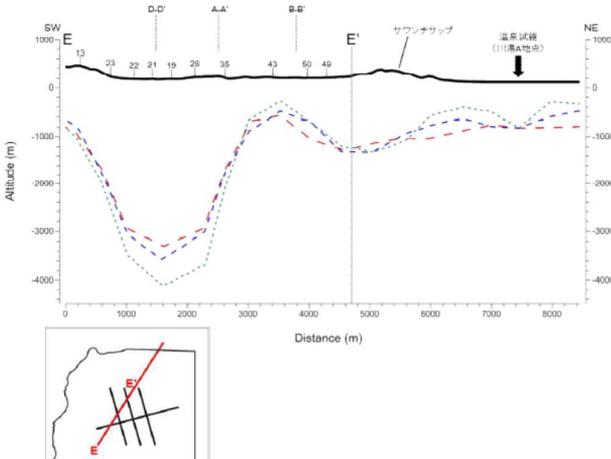
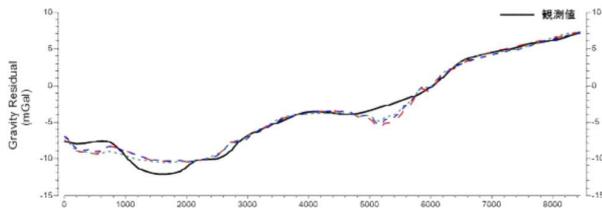


- 密度差0.4g/cm³
- 密度差0.5g/cm³
- 密度差0.6g/cm³

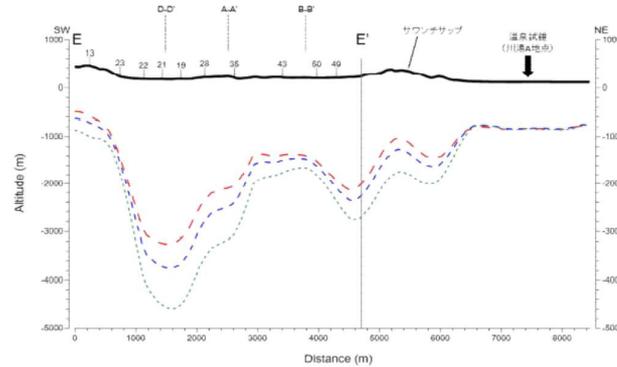
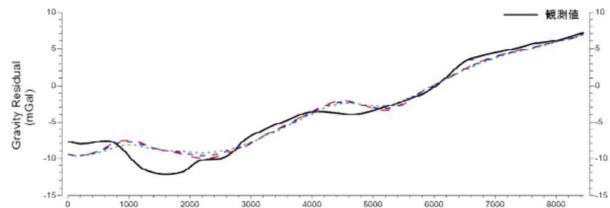


E-E' 断面

2次元解析結果



3次元2層構造解析結果

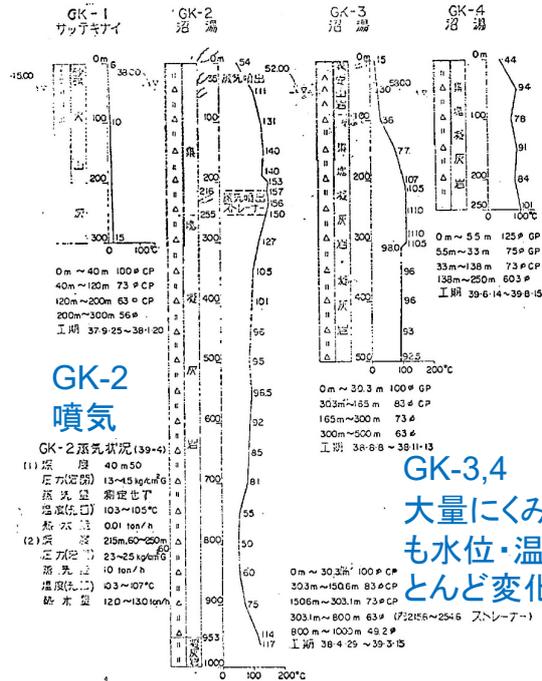


- 密度差0.4g/cm³
- 密度差0.5g/cm³
- 密度差0.6g/cm³



カルデラ内の井戸と屈斜路湖の関係

GK-2~4: アトサヌプリカルデラ内の井戸



GK-1~4のボーリング柱状図(一杉, 1967)

カルデラ内

- 流出河川はなく、カルデラを満たすような湖もない。

GK-2~4

- 深度250 m付近は100°C以上。
 - 透水性がよく大量の地下水(100°C以上)が帯水。

- GK-2~4の水位は湯沼より低い。

- 湯沼との水位差: 17~24 m

- 屈斜路湖との水位差: 9~16 m



カルデラ内の地下水は高透水層で屈斜路湖へつながっている可能性が高い。

アトサヌプリカルデラの集水域と試算結果



・ 6.097 km²に降った雨は地下に浸透する。

・ 100°Cまで加熱される。

・ 屈斜路湖へ流出する。



・ 弟子屈の雨量: 1,068.4 mm/y (気象庁ウェブサイト: 統計期間1981~2010年)

・ 必要な熱量

- 熱量: 74.7 MW

- 4 MPaA乾き飽和蒸気換算: 113 t/h



地熱流体の供給ルートをうまく捉えることができれば、アトサヌプリカルデラ内で**10 MW級の発電が可能**な100 t/h程度の蒸気を定常的に生産できることを意味する。



ターゲット①の生産井1本で生産可能な蒸気流量計算方法

- ・ 計算条件(ターゲット①で供給ルートを完全に捉えた場合を想定)
 - 透水性: 噴気実績があるGK-2と同じ。
 - 貯留層圧力
 - ・ 深度250 mを想定した場合: 噴気実績があるGK-2と同じ。
 - ・ 深度500 mを想定した場合: 深度250~500 m間の地層内には飽和熱水が滞留している。
 - 噴気流体
 - ・ GK-2噴気流体(非常に湿った飽和蒸気)とアトサヌプリ噴気流体(乾いた飽和蒸気)を位置関係で比例配分
- ・ 計算方法
 - 坑井内流動計算(気液二相流の圧損計算)
 - 地層内流動(気液二相流の水平放射状定常流)
- ・ 注意点
 - GK-2坑井内圧力の実測値がないため、計算の誤差が蓄積されている可能性がある。
 - 高温域では透水性が下がる場合がある。

32



懸念事項

- ・ 蒸気生産にともなう貯留層圧力低下により、屈斜路湖への地下水流動が逆流する恐れがある。

- ・ 地下水の逆流が引き起こす現象
 - 湖水の流入による生産域の温度低下
 - 砂湯・池の湯の温泉枯渇

- ・ 開発後の影響把握と対策には開発前の現状把握が重要
 - 深度300 m程度のモニタリング井を掘削
 - 地下水位季節変動・地下水流速・流動方向把握
 - 複数本(3本程度)掘削すれば、詳細な流動方向や開発後の影響範囲も推定可能

33



モニタリング井掘削候補地



34



まとめ

- ・ 地熱モデルを構築し、ターゲットを提案した。
- ・ 有望なターゲットは候補は2箇所、特定は難しいが少なくともどちらかは存在する。
- ・ 地熱流体の供給ルートをうまく捉えることができれば、アトサヌプリカルデラ内で**10 MW級の発電が可能**な100 t/h程度の蒸気を定常的に生産できる。
- ・ GK-2の実績に基づく試算により、**生産井1本で4 MW級の発電が可能**な40 t/hの蒸気を得られる可能性がある。
- ・ 蒸気生産にともなう貯留層圧力低下により、屈斜路湖への地下水流動が逆流する恐れがある。
- ・ 開発前のモニタリング井掘削および継続的なモニタリングにより、地下水逆流を発生させない運転管理が可能となる。

35