

地質環境の長期安定性に関する研究 平成19年度成果

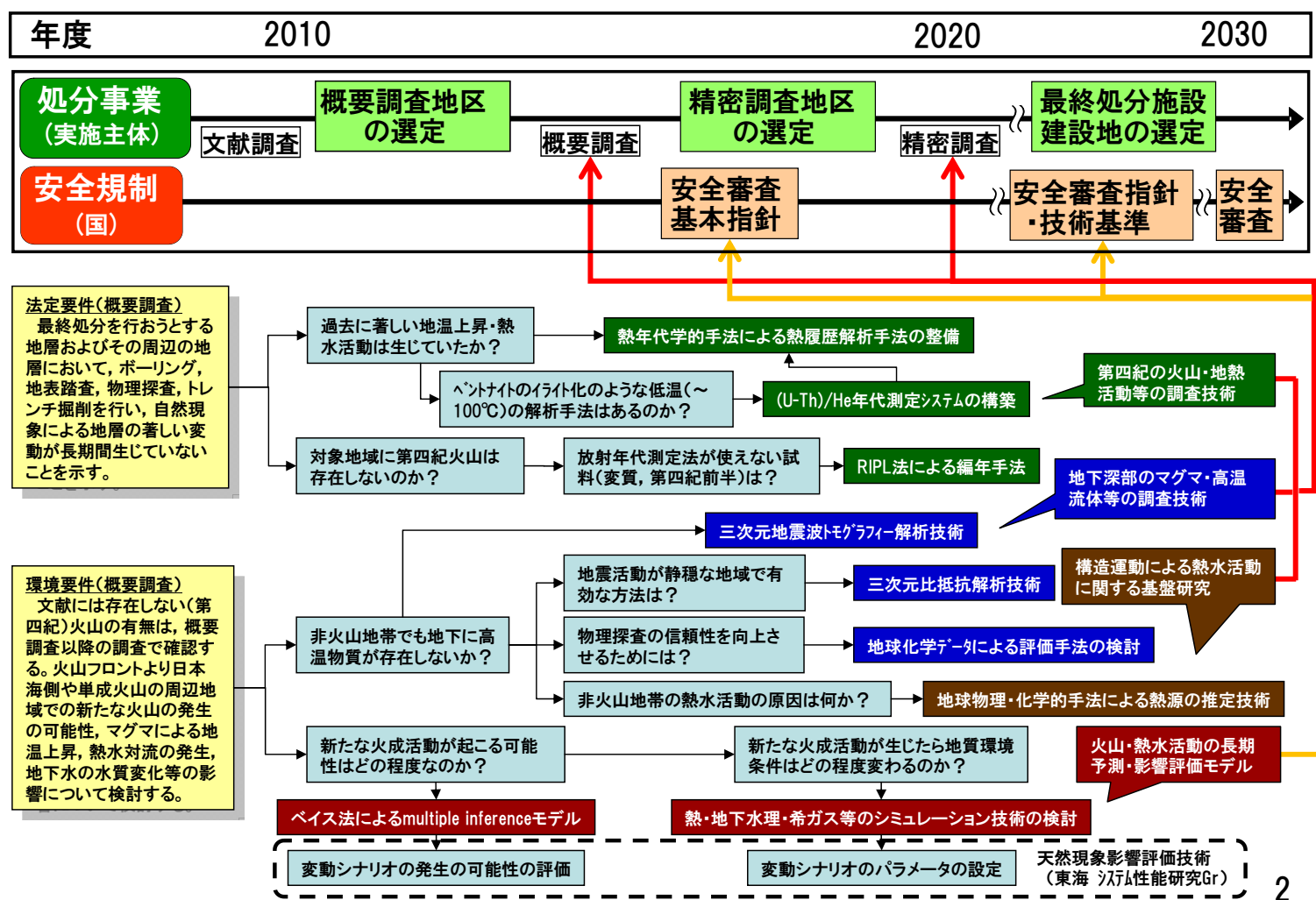
－ 火山・地熱活動に関する研究 －

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門

地質環境の長期安定性研究検討委員会

第5回(2008年8月29日)

1



2

火山・地熱活動に関する研究の実施項目(H19)

1) 地下深部のマグマ・高温岩体等の調査技術

- ・沿岸域における比抵抗解析手法の検討

2) 第四紀の火山・地熱活動等の調査技術

- ・非火山性熱水鉱床を利用した熱履歴解析手法等の整備
- ・(U-Th)/He年代測定システムの構築

3) 火山・熱水活動の長期予測・影響評価モデルの開発

- ・magma2002による熱・地下水理のシミュレーションの妥当性の検討

4) 構造運動による熱水活動(非火山性熱水活動)に関する基盤研究

- ・能登半島の非火山性温泉の熱源の検討

地下深部のマグマ・高温岩体等の調査技術

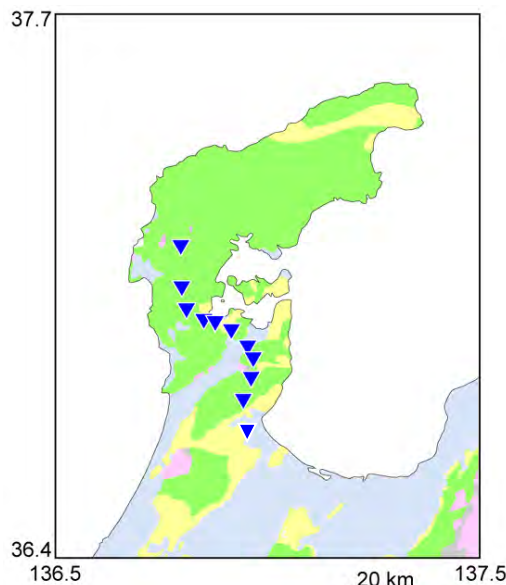
研究目的: 沿岸域における比抵抗解析手法の検討

これまで、鳴子火山、飯豊山地等の内陸部において、地磁気・地電流法(MT法)による二次元比抵抗解析技術の適用性を確認してきた。一方、沿岸域などでは、比抵抗の低い海水の存在によって、解析結果に影響を及ぼす可能性が指摘されている。このため、H19では沿岸域(能登半島)を事例に、MT法の適用性を検討する。

実施内容

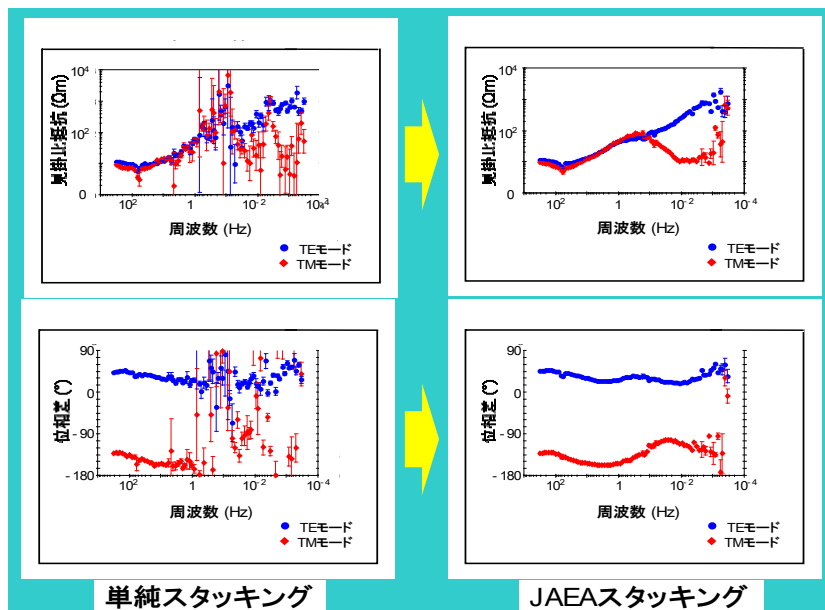
- ・能登半島における地磁気・地電流観測
- ・二次元比抵抗解析コードを用いた深部比抵抗構造の推定
- ・フォワードモデルによる海が二次元比抵抗構造に及ぼす影響の検討
- ・三次元比抵抗解析コードを用いた深部比抵抗構造の推定

能登半島における地磁気・地電流観測



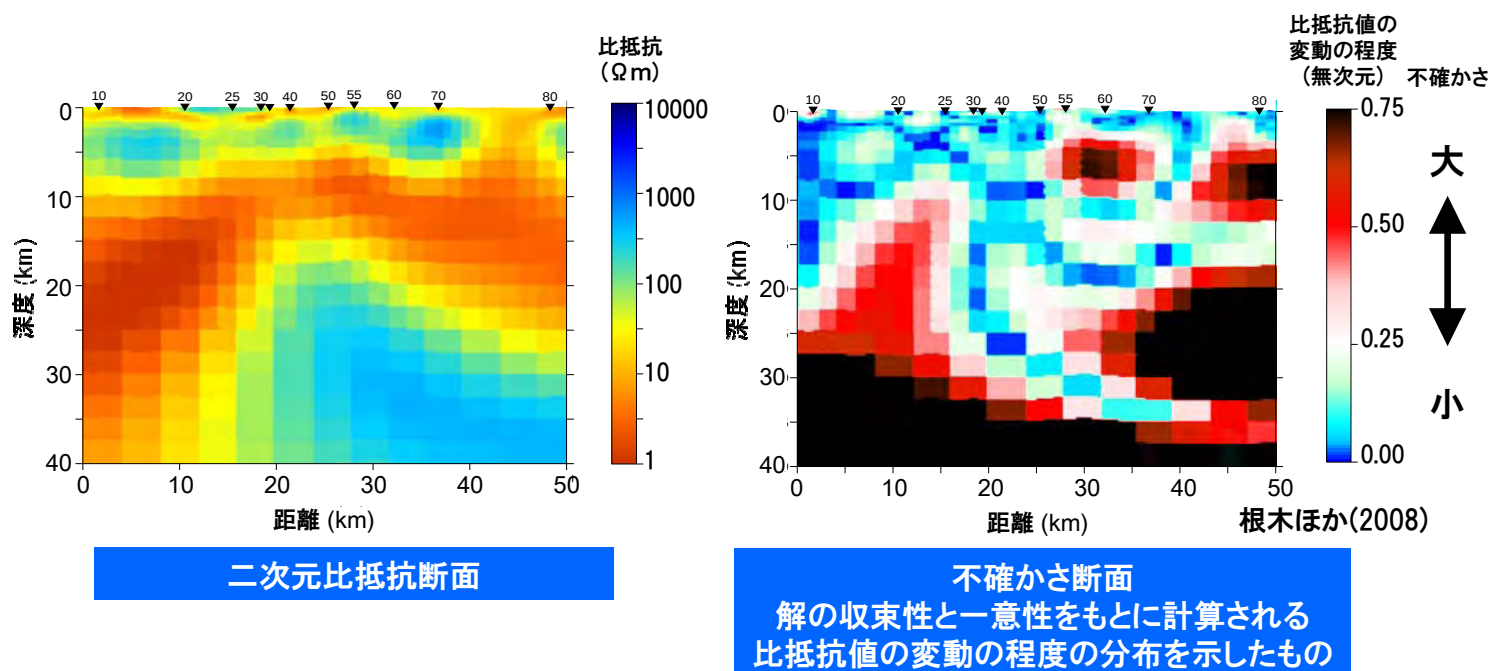
- 測線長 約50km
- 測点数 11点(左図中の▼)
- 測定周波数 320Hz～0.00055Hzまでの80周波数
- 測定時間 17時～翌朝8時までの15時間
- 測定日数 2日～最大6日

- 堆積岩類(第四紀)
- 堆積岩類(中期中新世後期～鮮新世)
- 火成岩類・堆積岩類(前期中新世～中期中新世前期)
- 花崗岩類(中生代)
- 変成岩類(古生代～中生代)



JAEAスタッキング(特許出願中)により処理したデータの例

二次元比抵抗解析コードを用いた深部比抵抗構造の推定



比抵抗値の変動の程度
(無次元) 不確かさ

大
↑
↓
小

根本ほか(2008)

二次元比抵抗断面

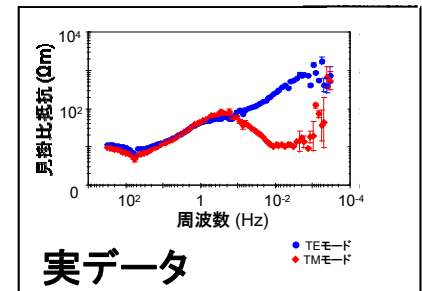
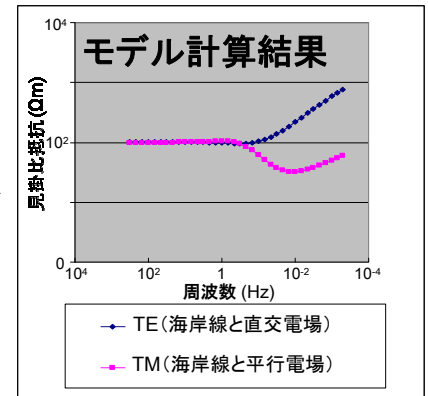
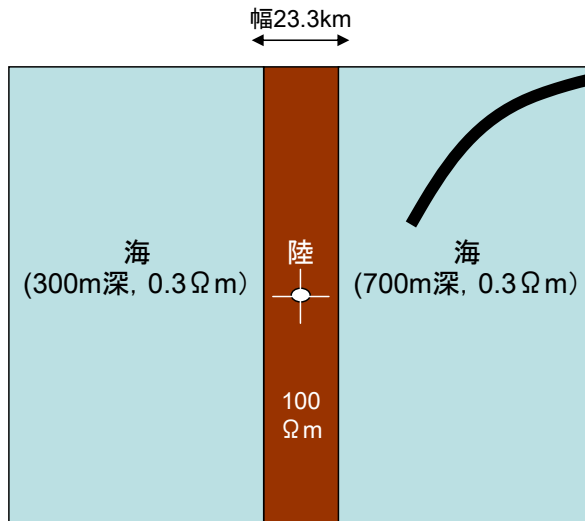
不確かさ断面

解の収束性と一意性をもとに計算される
比抵抗値の変動の程度の分布を示したもの

個々のデータの品質は高品質であるにもかかわらず、二次元性の仮定に誤りがあるために
解析結果の不確かさが大きい → 三次元での解析を実施

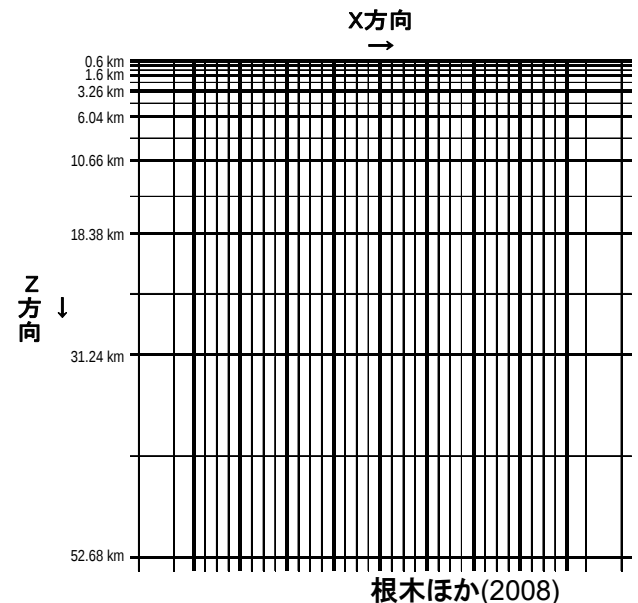
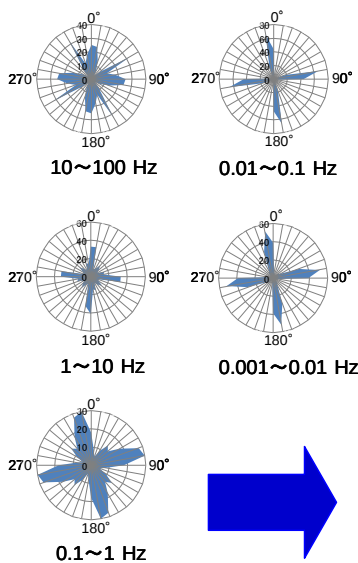
フォワードモデルによる 海が二次元比抵抗構造に及ぼす影響の検討

海の影響をモデル計算すると・・・



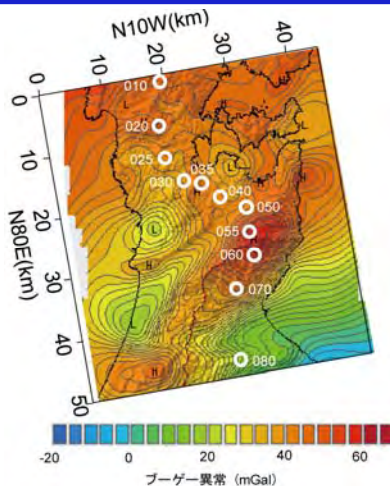
測線と平行に位置する海岸線の影響を受けている可能性。

三次元比抵抗解析コードを用いた深部比抵抗構造の推定



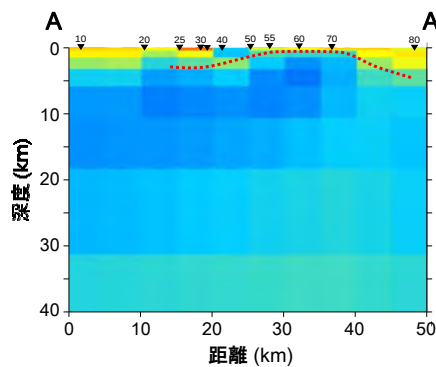
ローテーション: Groom and Bailey (1989) によるテンソル分解によりN80° E方向に回転
 モデル: 810ブロック <XおよびY方向1.25 km, Z方向(0.6~10.5 km)> 54×42×32メッシュ
 解析に用いた周波数帯: 20~0.001 Hzの20周波数
 インバージョン: 対角項の見掛け比抵抗および位相差データによりSasaki (2004) のアルゴリズムを用いて解析
 初期モデル: 35 Ωm均質媒質(平均見掛け比抵抗値)

三次元比抵抗構造解析の結果

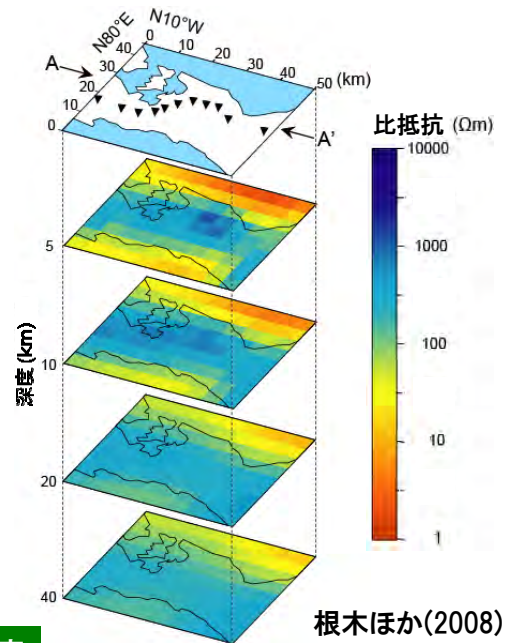


重力異常図
<2.30g/cm³のブーゲー異常>

地質調査総合センター(編)(2004) 日本重力 CD-ROM 第2版,
数値地質図 P-2, 地質調査総合センター



二次元断面(A-A')



三次元比抵抗断面
Sasaki (2004)の三次元
インバージョンコードを使用

- 地下2~3kmまでは100Ωm以下の低比抵抗層が、それ以深は1000Ωm以上の高い比抵抗層が分布。
- 中央部の高比抵抗層(地表付近まで分布)は基盤花崗岩の分布と整合。
- 地下深部にはマグマや高温流体を示すような低比抵抗体の存在は認められない。

構造運動による熱水活動 (非火山性熱水活動)に関する基盤研究

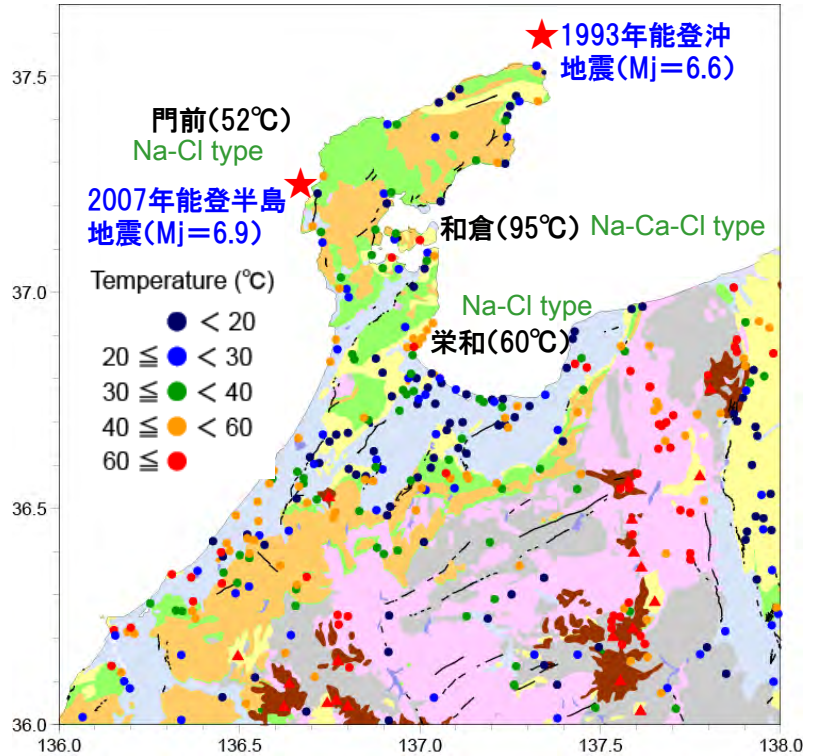
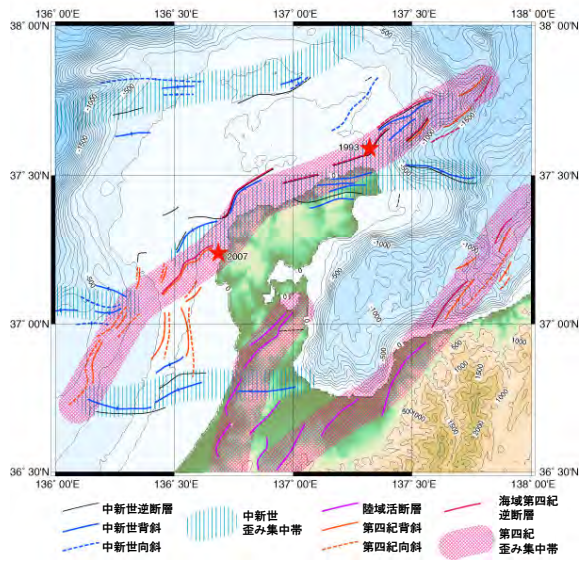
研究目的: 能登半島の非火山性温泉の熱源の推定

これまで、紀伊半島、飯豊・朝日山地等の非火山性の高温泉の熱源を地球物理および地球化学データから検討してきた。能登半島にも、非火山性の高温泉(和倉温泉<95℃>等)が湧出する。H19では、これらの高温泉の熱源を比抵抗解析の結果に加え、地球化学データおよび地殻熱流量のモデル計算等から検討する。

実施内容

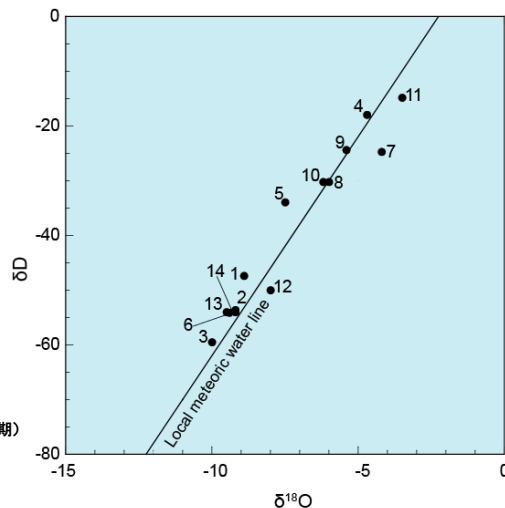
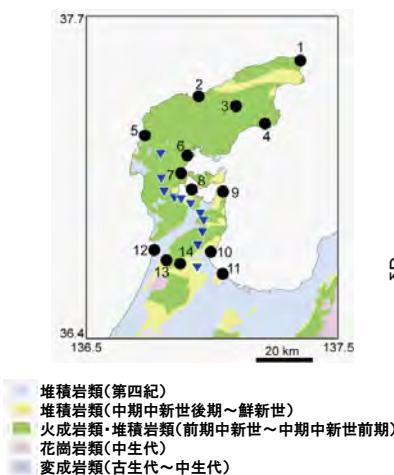
- ・地球化学データに基づく評価手法の検討(温泉水の水素・酸素同位体測定, 温泉ガスの主成分組成, He, Ne同位体測定)
- ・地殻熱流量モデルによる熱源の推定
- ・新潟県中越・中越沖地震震源域のヘリウム同位体比(³He/⁴He比)の特徴

能登半島の地質と温泉

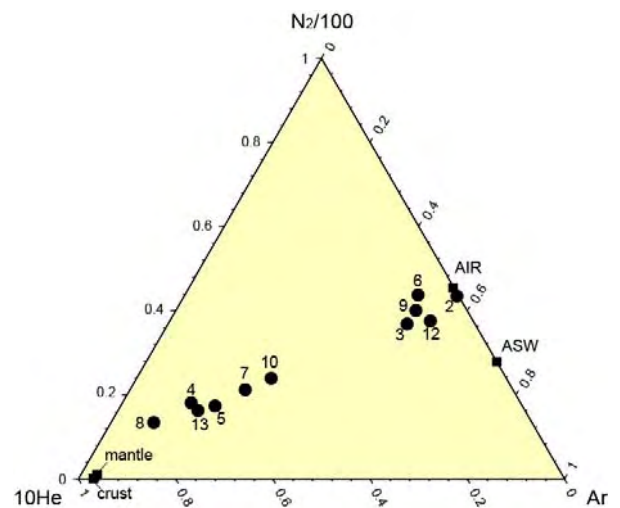


能登半島周辺の地質図(地質調査所, 1995)と温泉分布(金原, 1992)

地球化学データに基づく評価手法の検討



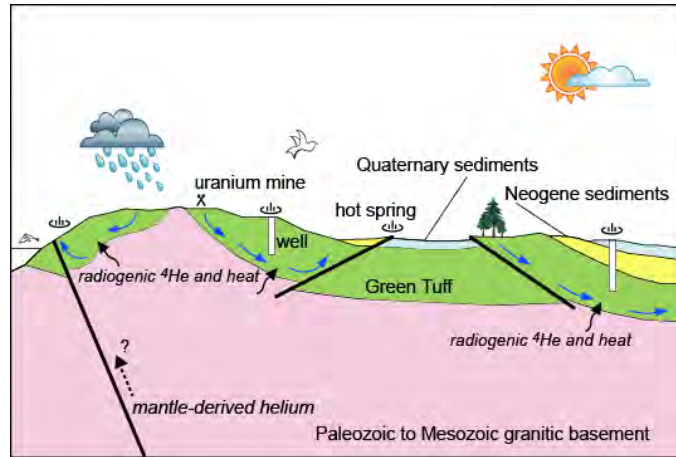
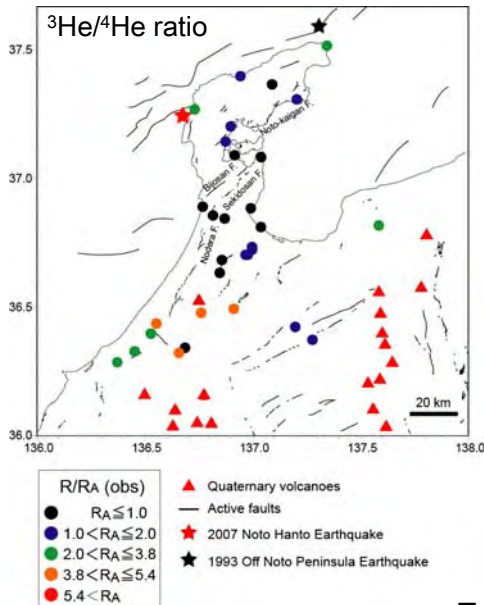
温泉水の δD — $\delta^{18}O$ の関係



遊離ガスの N_2 —He—Arの関係

- 水素・酸素同位体比がLMWL付近に分布することから、温泉水の起源は、天水と考えられる。
- 温泉ガスの窒素とアルゴンは、大気起源。
- 温泉ガスには高濃度のヘリウム(～0.4%)が含まれる(全国で2番目の濃度)。
- ヘリウムの起源は、マントルあるいは地殻に由来すると考えられる。

地殻熱流量モデルによる熱源の推定



地球物理データによるとマグマ等の熱源は存在しない



花崗岩の放射壊変に伴う熱が温泉の熱源か？

○ $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比は $1.0R_A$ 以下であり、地殻起源のHeの寄与が大きい。

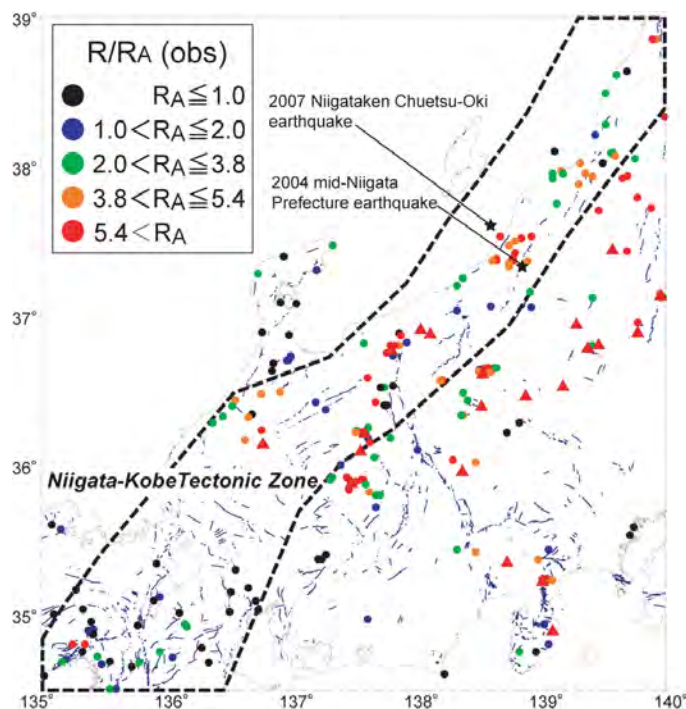
船津花崗岩(高U・Th・K花崗岩)
U: ~6ppm, Th ~30ppm, K_2O : ~6.0%
→ → → 発熱量: $4.0 \mu\text{W}/\text{m}^3$

モデル計算 ▶ $Q = 4.0 \times 20 + 1.0 \times 15 + 1.0 + 30 = 120$
 $\mu\text{W}/\text{m}^3$ km $\mu\text{W}/\text{m}^3$ km mW/m^2 mW/m^2 mW/m^2

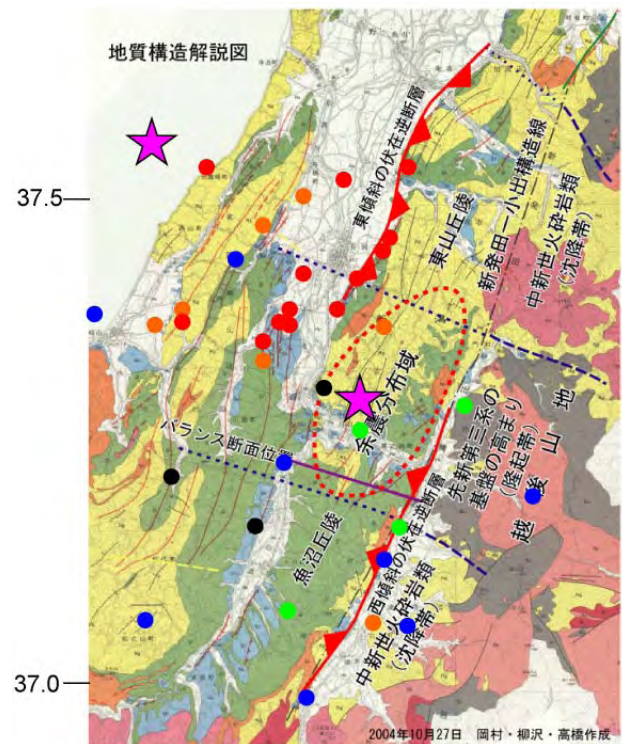
観測値 ▶ $Q = 51 \sim 186$ (average 95.0)
 mW/m^2 mW/m^2

Caracausi et al. (2005) による地殻熱量モデルによる計算値と
Kono and Kobayashi (1971) による観測値の比較

新潟県中越・中越沖地震震源域のヘリウム同位体比($^3\text{He}/^4\text{He}$ 比)の特徴



Umeda et al. (2008) The Lithosphere by NOVA publishes



2004年10月27日 岡村・柳沢・高橋作成

まとめ

- 沿岸域でのMT法による二次元比抵抗解析では、海域の影響が著しい。また、海域の影響を低減する手法として、三次元比抵抗解析(Sasaki, 2004)が有効である可能性がある。
- 能登半島の非火山性温泉は、地下にマグマや高温流体の存在が認められないことから、高いU, Th, Kを含む花崗岩の放射壊変による熱によって温められた天水起源の地下水が、活構造帯等に規制され地表付近まで上昇しているものと考えられる。
- 能登半島地震、新潟県中越地震、新潟県中越沖地震等の震源域に分布する温泉では、その周辺に比べて著しく高いヘリウム同位体比が認められる。これらの結果は、断層運動(岩盤の破断)に伴って地下深部のマントルヘリウムが上昇した可能性を示唆する。また、主な活断層周辺で高いヘリウム同位体比が観測されること等から、伏在活断層等の調査手法の一つとして、ヘリウム同位体を用いた地球化学的手法の適用の可能性が考えられる。