

長期地質変動予測手法の開発（その2） 東北地方における適用事例

佐藤工業 正会員 中村英孝、伊東守、児玉敏雄
 住友金属鉱山株式会社 水落 幸広
 (財)原子力環境整備センター 田代 寿春

1. はじめに

放射性廃棄物地層処分場周辺の長期にわたる地質安定性を確認するため、ここでは東北地方を対象とした解析事例について報告する。当地域の特徴として、地温勾配が大きく、地下深部にはマグマ溜まりが想定されており、このような条件下で岩盤は粘性的な性質を示すものと考えられる。したがって、高温部を含む地殻のモデル化を行う場合、その熱特性を明らかにした上で、材料変形の時間依存性を考慮した粘弾性解析を行う必要がある。そこで本報では、まず熱伝導解析により地殻の熱特性を推定し、この結果を反映させた地質モデルを作成した。次に、このモデルに対して粘弾性解析を実施し、長期にわたる地殻の応力・変形挙動について検討した。

2. 地殻の熱特性

熱伝導解析では、当地域の地質構造が南北性の構造方向を示すことから、東西方向に対して図-1に示す鉛直断面を抽出し解析モデルを作成した。村岡ら¹⁾は単一火山のマグマ溜まりに着目し、定置深度や初期温度等のパラメータから地殻の温度分布を推定している。本検討においてもこの考え方に基いて解析条件を設定することとした。村岡らの結果を本検討に対応付けると、秋田駒ヶ岳深度5kmでのマグマ温度は約350~950となる。そこで、解析領域底面に熱源を仮定し、マグマ溜まりの初期温度の違いにより、300（ケース1）と600（ケース2）のケースに対して温度分布の時間推移について調べた。熱物性は表-1に示す値を用い8万年間の非定常計算を行った。温度分布の結果を図-2に示す。ケース2の場合、8万年後の温度分布はNEDOの分布²⁾と整合的である。そこで、ケース2の温度分布に基づいてFEM粘弾性解析に用いる地質構造モデルを作成することとした。

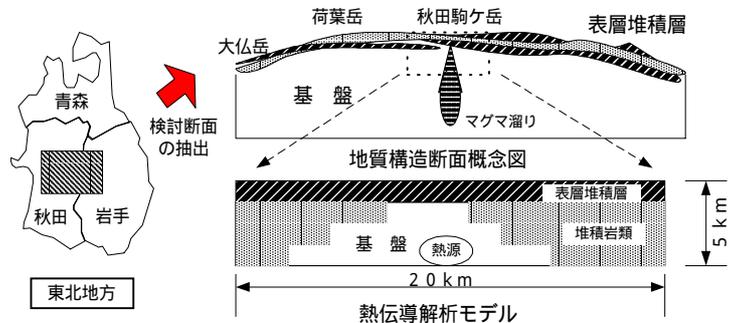


図-1 地質構造概念と熱伝導解析モデル

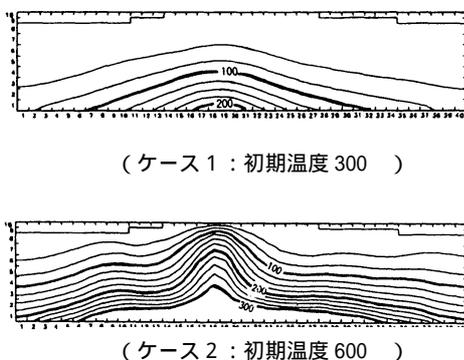


図-2 温度分布

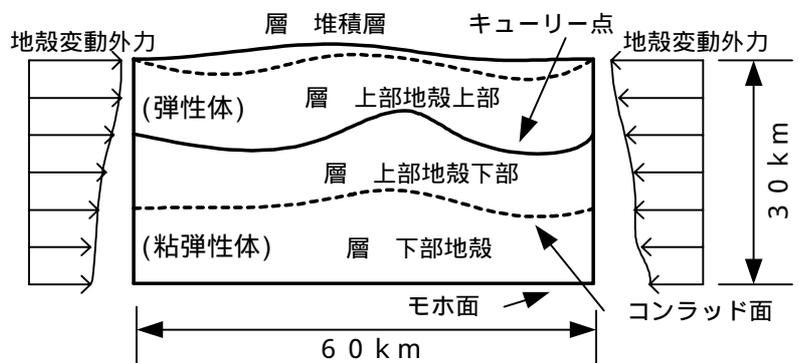


図-3 粘弾性解析に用いる地質構造モデル

キーワード：放射性廃棄物、地層処分、熱伝導解析、粘弾性解析

連絡先：〒103-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-20 佐藤工業(株)Tel(03)-5823-2352 Fax(03)-5823-2358

表 - 1 熱伝導解析物性値

ケース	熱伝導率 (W/mK)	比熱 (J/kgK)	密度 (kN/m ³)	初期温 度()	底面熱流束 (W/m ²)
1	2.21	829	24.33	300	0.05 ~ 0.15
2				600	
備考：マグマ上面温度の時間変化 ケース1：300 (初期値) 250 (500Step) 225 (650Step) ケース2：600 (初期値) 500 (500Step) 400 (650Step)					

表 - 2 粘弾性解析物性値

地層 番号	単位体積重量 (kN/m ³)	弾性係数 (MPa)	ポアソン 比	粘性係数 (MPa*sec)
	23.0	2000	0.30	-
	27.0	8000	0.23	-
	30.0	5000	0.35	4.7 × 10 ¹⁴
	30.0	3000	0.40	4.7 × 10 ¹⁴

3. 長期地質変動予測解析

粘弾性モデルは図 - 3 に示すように、深度方向へは地殻の温度分布と速度構造に基づき 4 層に分割した。熱伝導解析で得られた地温 500 ~ 600 のラインをキューリー点と仮定し、これ以深を 3 要素 Maxwell モデル(ばね剛性 E0 と E1、ダッシュポット で構成)で、これ以浅を弾性体として扱った。解析期間は 1 万年としてこの期間内に周期 1,000 年の断層運動を仮定した。地殻変動外力は、地殻に蓄積されるひずみ³⁾を強制変位に換算し、断層運動の周期毎に側面境界に分配し与えた。地殻物性値は、種々のケーススタディ⁴⁾および既往の研究結果⁵⁾より表 - 2 に示す値を用いて検討することとした。解析結果の一例として、1 万年後の変形図及び最大せん断応力図を図 - 4 (a), (b)に示す。変形図に着目すると、解析モデル中央部が隆起していることに特徴があり、実際に秋田駒ヶ岳近傍の脊梁山地で生じる変形挙動と調和する。年間ひずみ量は 3×10^{-7} であり、三角点測量の年換算値とほぼ一致する。最大せん断応力は、粘弾性体上部の凸形状の部分時間が経過と共に成長することによって、層目の上部地殻上部の境界部分に集中している。その方向は、層目の中央底面部を中心として西側斜め上方に集中域が分布しており、これは層と層の境界面の凹凸が西側ほど変化に富むためと考えられる。また、図 - 4 (c)に反射法による地震探査結果を示す。図(b)に示す解析で得られた最大せん断応力集中域を地質学的な判断でつないで得られた領域と、探査結果による断層帯が概ね一致していることが分かる。実際の断層が地下深部において低角度で発生し、地表に向かうにしたがって徐々に立ち上がりながら連続的に進展することを考え合わせると、本検討で得られた解析結果は現実に近い応力分布を表現しているものと考えられる。

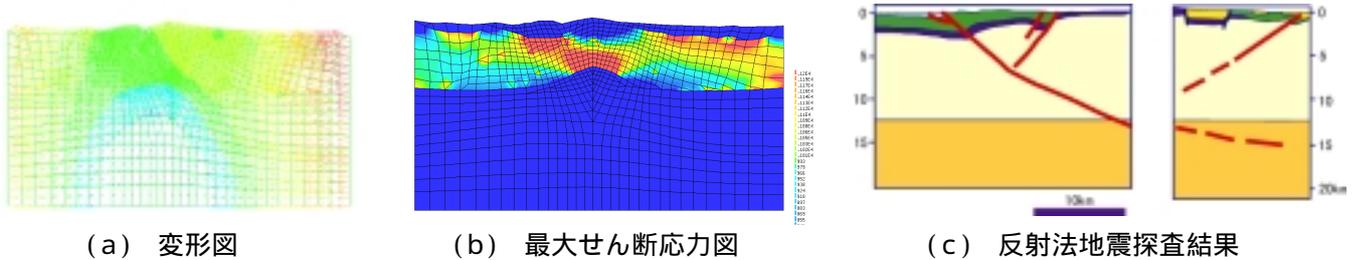


図 - 4 粘弾性解析の結果

4. まとめ

本検討では、地熱地帯における熱特性と地下深部の粘性効果による地殻の応力及び変形挙動を定性的に示した。これより、応力やひずみの集中域から断層帯の位置や幅を把握し、地層処分場として比較的安定な基盤ブロックを評価することが可能であるものと考えられる。今後予測精度を向上するために、温度と岩盤に関するデータを蓄積し、断層発生部の地殻の安定性について地質学的な見地と照らし合わせながら検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 村岡、松林：接触変成帯の厚さによるマグマ規模の推定、地質学論集 43、pp.73-86、1994.
- 2) NEDO：広域熱水流動系調査秋田駒ヶ岳地域報告書、p194、1990.
- 3) 佐藤比呂志：出羽丘陵の隆起モデルについて、構造地質研究会誌 27、pp.109-122、1982.
- 4) 中村、伊東、児玉、水落、河野：東北地方における地殻の粘弾性解析、土木学会第 52 回年講、Vol.3A、pp.424-425、1997.
- 5) 動力炉・核燃料開発事業団：高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書 - 平成 3 年度 -、1992.