

別紙 1-1

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 森 宏

論 文 題 目 **Origin of the thermal structure recorded in metamorphic rocks of SW Japan: shear heating along the MTL and large-scale folding in the Sanbagawa belt** (西南日本に分布する変成岩に記録された温度構造の成因: 中央構造線の剪断熱と三波川帯の大規模褶曲)

### 論文審査担当者

- 主 査 名古屋大学大学院環境学研究科  
ウォリス・サイモン 教授
- 委員 名古屋大学年代測定総合研究センター  
榎並 正樹 教授
- 委員 名古屋大学大学院環境学研究科  
竹内 誠 教授
- 委員 早稲田大学 教育・総合科学学術院理学科  
高木 秀雄 教授

# 論文審査の結果の要旨

別紙1-2

本論文は2部で構成される。第1部は、沈み込み帯で形成され、その後地表まで上昇した地域の地質構造の解明についてである。第2部は大きな断層の運動による剪断熱の定量的な評価についてである。

**第1部【沈み込み帯深部の延性変形】** 西南日本に分布する三波川帯は、白亜紀に形成された沈み込み型変成帯である。四国中央部には、沈み込み帯深部において形成された高压変成岩類が広く分布し、変成ピーク時の詳細な見積りがなされている。しかし、これらは変成ピーク後に延性変形の影響を受けている。四国中央部の汗見川は、各温度構造境界を横切って流れ、地質構造と温度構造との関係究明に適することから、長年注目されてきた。ただし、同地域では構造的な中位に最高変成度域が位置し、変成度の分布が繰り返して現れる。この説明として、横臥褶曲構造説と断層によって境されたパイルナップ構造説という対照的なモデルが提唱されているが、統一見解は得られていない。そこで、汗見川・最高変成度域での、詳細な地質構造解析による大規模褶曲の有無の検証を行った。

調査地域では主に、上昇時の主要変形・ $D_s$  変形による東西方向の鉱物線構造を伴う主要面構造が発達する。褶曲構造は、東西方向に褶曲軸をもつ  $D_s$  および  $post-D_s$  変形 ( $D_t, D_u$ ) 褶曲が観察される。大規模褶曲の検証には、**basic-quartz schist** の層序関係による上下判定と、 $m$  スケールの  $D_s$  褶曲非対称性(フェルゲンツ)を用いた。層序関係と褶曲フェルゲンツはともに、調査地域の中位に分布する厚い **basic schist** 相を境に逆転する。これらの結果は、 $D_s$  変形時に形成され、北に閉じた大規模褶曲の存在を示す。また、この褶曲軸は変成度の逆転軸に一致し、褶曲の形成とともに初生的な温度構造も逆転したことを示す。

**第2部【大断層の剪断熱】** 断層運動時のエネルギーの大部分は剪断熱として放出され、断層周囲の熱イベントの認識は断層強度(摩擦係数  $\mu$ )を知る手掛かりとなり得る。これまでにサンアンドレアス断層では、詳細な地表熱流量測定による剪断熱の検出が試みられてきたが、断層周辺での明瞭な剪断熱発生の証拠は確認されず、推定される  $\mu$  は、変形実験結果よりも低い値を示す。この観測と実験結果の不一致は未解決であり、大断層強度を解明する上で重要な研究課題である。そこで本研究では、近年開発された炭質物ラマン温度計を用いて中央構造線(MTL)近傍・三波川帯における最高到達温度構造を明らかにし、剪断熱による熱異常発生の有無を検証した。また今回得られた三波川帯・熱構造データと、MTL 北・領家帯のアパタイト・フィッシュトラック(Ap-FT)年代を用いた熱モデリングを行い、 $\mu$  の制約を試みた。

**剪断熱検出** 本研究では、MTL を貫通するボーリングコアの解析と周辺の野外調査を併用して、詳細な記載・サンプリングを行った。炭質物ラマン温度計より見積られた温度は、MTL から離れた地点では約  $340\text{ }^{\circ}\text{C}$  のほぼ一定の値(低温)であるのに対し、MTL 付近の  $150\text{ m}$  以内では、MTL にかけて約  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  の温度上昇(高温)を示す。このことは MTL 近傍での大きな熱の発生を意味し、この高温領域と MTL の空間的關係は、検出された熱異常が剪断熱によって発生したことを強く支持するとともに、MTL が相対的に強い大断層であることを示す。

**熱モデリング** 三波川帯・熱構造を使って best-fit カーブを求めることにより得られた結果は、熱異常の説明に、約  $80\text{ mm/year}$  以上の断層運動速度( $V$ )が必要であり、現実的な  $V$  での説明が困難であることを示す。このことは一つの可能性として、剪断熱発生後の伸長変形(正断層運動)により、形成された熱異常の一部が欠落したと考えられる。そこで、断層面での  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  の温度上昇のみを考慮した再計算を行った。その結果は  $\mu$  が約  $0.4$  以上を示す。一方、領家帯の Ap-FT 解析では、MTL から離れた地点では一定の約  $54\text{ Ma}$  (old 年代)であるのに対し、MTL に近い地点では約  $17\text{ Ma}$  (young 年代)の値が得られている。そこで、old 年代地点では Ap の焼き鈍し温度(約  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ )以下、young 年代地点では焼き鈍し温度以上となり得る熱モデルを検証した。得られた結果は、総変位量  $100\text{ km}$  を超える横ずれ断層運動時のみ、Ap-FT 年代の熱構造を説明可能であり、また  $\mu$  は約  $0.22$  以上を示す。この結果は、三波川帯の結果と整合的であり、また、剪断熱が総変位量数  $100\text{ km}$  の横ずれ断層運動時に発生し、その後の正断層運動によって MTL を挟んで非対称な熱異常分布が形成されたことを示す。

以上のように、本研究は沈み込み型変成岩類の地質構造及び大断層における剪断熱の定量的な評価とモデリング研究に有意義な貢献した。よって、本論文の提出者森宏さんは博士(理学)の学位を授与される資格があるものと判定した。