

早稲田大学大学院 創造理工学研究科

博士論文概要

論文題目

和泉山脈地域における領家—和泉帯の
熱テクトニクス

Thermal tectonics of the Ryoke–Izumi belt
in the Izumi Mountains, Southwest Japan

申請者

清家 一馬

Kazuma SEIKE

地球・環境資源理工学専攻 古生物学研究

2013年12月

第 1 章 はじめに

白亜紀のアジア大陸東縁部には、クラーク太平洋プレートの斜め沈み込みに関連した横ずれ堆積盆が数多く発達した。その中でも、本邦上部白亜系の和泉層群は、単一の堆積盆に堆積した地層として東アジア最大規模の積算層厚を有する。和泉層群が堆積した狭長な堆積盆は和泉堆積盆と呼ばれ、中央構造線（MTL）に沿って分布しており、MTLの横ずれ運動に伴い形成された横ずれ堆積盆とされる。和泉堆積盆の形成機構は、後期白亜紀の MTL の運動像を明らかにする上でも重要と考えられており、多様な議論が行われてきた（例えば、Miyata, 1990；山北・伊藤, 1999；Noda and Toshimitsu, 2009）。

堆積盆の形成発達史は、基盤岩および埋積した堆積物の埋没史・被熱史に反映される。すなわち和泉層群の埋没と上昇の過程を推定する方法として、和泉層群および基盤岩の熱年代学的な冷却史の推定が有効であろう。また、堆積盆の被熱状態は、地層の傾動、断層運動、堆積盆の沈降と堆積物充填による熱的效果など、堆積盆の形成過程を大きく反映することが、標準的に用いられる古地温指標であるビトリナイト反射率や数値モデル計算により明らかとなっている（例えば、Yamaji and Takahashi, 1988；Petrunin and Sobolev, 2008）。和泉堆積盆のようなテクトニック堆積盆では、地層の傾動、断層の発達やそれによる基盤岩の部分的な沈降・上昇の影響が熱年代や古地温に反映することが期待され、和泉堆積盆の埋没と東進の機構を議論できる可能性がある。これまで、和泉層群の被熱状態の詳細な解析や和泉堆積盆と基盤岩の浅所での沈降・上昇に関する時間的・空間的關係、それらと堆積盆形成過程と関連性を具体的に検討した例はない。

そこで本研究では、ビトリナイト反射率を用いた和泉層群の被熱状態の解析、主にフィッシュ・トラック年代（以下 FT 年代）を用いた熱年代学的な手法による基盤岩の沈降・上昇を含めた和泉層群の被熱史の検討、被熱の数値モデリングの検討を加えて、和泉堆積盆の形成発達過程を総合的に考察した。

第 2 章 地質概略および岩相層序

和泉山脈地域の和泉層群は、領家帯の泉南流紋岩類および領家花崗岩類滝尻アダメロ岩を基盤岩としており、これら 3 つの地質単元は、北から滝尻アダメロ岩、泉南流紋岩類、和泉層群の順で MTL に沿って概ね東西方向の帯状に配列している。和泉層群は、礫岩・砂岩および泥岩を主体とする北縁相と南部相、砂岩泥岩互層および砂岩礫岩互層を主体とする主部相に区分され、この 3 相が東西の帯状に分布している。堆積年代は白亜紀マーストリヒチアン期とされる。

第 3 章 ビトリナイト反射率を用いた被熱状態の解析

和泉山脈地域の和泉層群において、泥岩、砂質泥岩、極細粒砂岩、含礫泥岩を計 50 試料採取し、フッ化水素酸を用いた化学的泥化の手法により、堆積岩中に

含まれるケロジェンを取り出した．これらをプラスチック樹脂に埋め込み，鏡面研磨した．反射率測定には石油資源開発株式会社技術研究所所有のカールツァイス社製の正立型顕微鏡 Axio Imager. M1m，反射率測定装置は J&M 社製の MSP200new を使用した．測定の結果，0.65–2.64% Rm の値が得られた．和泉山脈西部・中部では北縁部で 1.6–1.8% Rm，南縁部で 0.7–0.8% Rm であり，同熟成面は同時面と斜交していた．南北方向の位置と反射率の関係は，普通目盛の反射率を縦軸，南北位置を横軸にとると直線的に減少した．この南北方向に顕著な有機物熟成変化は従来の研究では認められておらず，本研究で初めて明らかとなった．南縁部の試料では，花粉・孢子化石が多数認められた．

このビトリナイト反射率の変化をもたらした温度構造の成因として，以下の 3 つの被熱モデルが考えられる：(1) 地層傾動による南北での埋没深度の違い，すなわち主な被熱影響を受けた後に地層の傾動により北側は南側より埋没深度の深い堆積物が露出している，(2) 北方に大規模熱源が存在した場合であり和泉層群堆積後にその北縁に広くマグマの貫入等があった，(3) 堆積盆の急速埋没に伴う特異な温度構造であり，高い埋積速度の場所ほど地域的な熱流量（すなわち地温勾配）が減少することによる．また，和泉山脈東部では反射率が相対的に中部より高く，北縁部において 2.0–2.6% Rm の反射率を示した．この原因として和泉山脈東部の相対的な上昇による可能性を提示し，その場合に想定される上昇量・堆積盆形の変化と計算される熟成勾配や古地温勾配の関係の妥当性を検証した．

第 4 章 FT 年代を用いた領家－和泉帯の熱史の検討

FT 年代測定のために，泉南流紋岩類，滝尻アダメロ岩，和泉層群から計 7 試料を採取した．本研究は（株）京都フィッション・トラックとの共同研究で，年代測定とトラック長計測は同社の岩野英樹氏が行った．全 7 試料についてジルコン FT 年代を，泉南流紋岩類 FTa8，滝尻アダメロ岩 FTa10 についてアパタイト FT 年代を測定した．熱中性子照射は日本原子力研究開発機構東海研究開発センターの JRR3 号炉の気送管で行った．年代測定はすべての測定で結晶内部面を利用し，年代値にはゼータ較正法を適用した．また，ジルコンのコンファインド・トラック長計測を和泉層群 FTs1, FTs3，泉南流紋岩類 FTt1 の計 3 試料で行った．

測定の結果，熱史の復元に重要ないくつかの年代が得られた．特に 2 試料のアパタイト FT 年代（泉南流紋岩類 FTa8: 80.0 ± 11.2 Ma; 滝尻アダメロ岩 FTa10; 50.0 ± 6.6 Ma）は，従来の熱史に疑問を呈するものであった．このアパタイト FT 両年代は 2σ の誤差範囲で区別されるため，和泉層群およびその基盤岩の埋没・上昇史を 3 つのブロックに区分した．これにより本地域の多数の放射年代を合理的に解釈できることが判明した．第 3 章のビトリナイト反射率の結果を加味してこの年代を検討すると，和泉堆積盆沈降の際に大部分の泉南流紋岩類は沈降していないと判断された．従って和泉層群は，北縁でも断層群を境として堆積したと

解釈した。これは和泉堆積盆のどの既存の形成モデルとも大きく異なる点である。境界断層群の特徴より、和泉堆積盆は広域応力場とは異なる局所的な横ずれ引張場で発達したと考えられた。また、第3章の結果と既報年代を用いた和泉山脈東部の熱年代学的解釈から、和泉山脈東部の MTL の屈曲部は、和泉層群堆積後の東部の相対的上昇による傾動により形成したと結論された。そのため和泉層群の埋没から上昇への変遷は数 Ma の短期間で生じたことが示唆された。これは和泉堆積盆において急速な沈降と上昇が生じた可能性を示唆するものであり、市川ほか(1981)が和泉堆積盆の東進過程として提唱した堆積盆中心の東への移動と旧堆積盆中心の上昇を繰り返す仮説を熱年代学的に肯定するものであった。

第5章 数値モデリングと和泉堆積盆形成の統合的検討

堆積盆の温度構造を形成する要因をさらに検討するため、埋没モデルシミュレーションを行った。本研究では、Hutchison (1985)、Wang and Davis (1992)らが指摘している堆積盆の沈降と埋積がもたらす地殻熱流量への影響を評価できるモデルの構築を試みた。Hutchison (1985) および Wang and Davis (1992) は従来、堆積盆の一方的埋没かつ全充填のみに対応しているため、それを堆積盆上昇に対応するように条件を拡張し、さらに基盤の沈降速度と堆積速度を分離した条件式を定義して被熱モデルを作成した。この1次元熱拡散方程式の境界条件にノイマン条件またはディリクレ条件を設定し、クランク-ニコルソン法のアルゴリズムを用いて数値解を導いた。各温度パスからのビトリナイト反射率の計算には Simple-Ro (Suzuki et al., 1993) を使用した。

モデル計算では、下限境界での高い熱流量、急速沈降と短期間の埋没期間、南縁から北縁へ堆積速度が小さくなる、という条件において、同じ深度まで埋没したとしても南北に大きな熟成度の違いを実現できた。熟成勾配を大きくするためには、急速埋没後に速やかに急速な上昇に転換することが必要不可欠であったが、熱年代学的な検討からはそのような埋没過程はある程度可能であったと判断される。(1)の仮説である比較的緩やかな埋没・上昇による被熱と上昇過程での地層傾動をシミュレーションした場合も南北の熟成度の違いは再現される。しかし、傾動角度が MTL 側ほど減少する場合および一様な傾動では南北方向の距離と反射率の関係は線形ではなく下に凸となることが示唆され、直線的になるのは回転角度が MTL 側ほど増加する場合だけであった。地震波断面からは、和泉層群において上に凸の断面形状の示唆されていない。(2)については、第4章の検討で和泉層群堆積後の本地域に大規模熱源の存在は示唆されなかったため、可能性は低いと判断された。すなわち、この温度構造の主要因となった可能性が高いのは(3)のような地域的な埋積速度の違いではないかと結論された。和泉堆積盆は、横ずれ引張場の元で断層 (MTL) および断層群を境界として南北で非対称に沈降したトランステンショナルプルアパート堆積盆の一種と結論する。

早稲田大学 博士（理学） 学位申請 研究業績書

氏名 清家 一馬 印

(2013年 11月 現在)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
論文	<p>○清家一馬・岩野英樹・檀原 徹・平野弘道, 2013, 熱年代学データに基づく和泉山脈地域の領家-和泉帯のテクトニクス. 地質学雑誌, 119, 印刷中.</p> <p>○清家一馬・平野弘道, 2013, 和泉山脈地域における和泉層群の有機物熟成と堆積盆の埋没モデル, 地質学雑誌, 119, 397-409.</p>
総説	<p>浦本豪一郎・清家一馬, 2013, ストラウブ法によるシート状タービダイト層累重過程の定量検出: 房総半島三浦層群清澄層の例. 地質学雑誌, 119, 693-698.</p> <p>浦本豪一郎・清家一馬, 2012, ストラウブ法: チャンネル堆積層における補償累重の定量的検出. 地質学雑誌, 118, 582-587.</p>
講演	<p>清家一馬, 2012, 和泉堆積盆の熱テクトニクス. 日本地質学会第 119 年学術大会, 大阪.</p> <p>清家一馬・岩野英樹・檀原 徹・平野弘道, 2011, 熱拡散モデルによる和泉山脈地域の上部白亜系和泉層群の被熱史の復元. 日本地質学会第 118 年学術大会・日本鉱物科学会 2011 年年会合同学術大会, 水戸.</p> <p>清家一馬・岩野英樹・檀原 徹・平野弘道, 2011, 和泉山脈地域の和泉層群の熱史から解釈した滝尻アダメロ岩の FT 年代. 第 35 回日本フィッショントラック研究会, 京都.</p> <p>清家一馬・檀原 徹・岩野英樹・平野弘道, 2010, 和泉山脈地域の和泉層群と牛滝川流紋岩溶岩のフィッショントラック年代. 日本地質学会第 117 年学術大会, 富山.</p> <p>清家一馬, 2008, 和泉層群中の Wildfire 堆積物及び溶結凝灰岩層がもたらす和泉堆積盆の形成発達像. 日本地質学会第 115 年学術大会, 秋田.</p> <p>清家一馬・平野弘道, 2008, 中新統三浦層群三崎層・熊野層群下里層より産出するメニスカス構造と中心の管状構造からなる生痕化石の形態的特徴と古環境学的意義. 日本古生物学会第 157 回例会, 宇都宮.</p> <p>清家一馬・平野弘道, 2007, 和泉堆積盆の堆積モデルと形成発達過程-和泉山脈地域和泉層群北縁相の堆積環境変遷からの考察-. 日本地質学会第 114 年学術大会, 札幌.</p> <p>清家一馬・平野弘道, 2007, 和泉堆積盆の形成発達過程の復元-和泉山脈の和泉層群北縁相における堆積環境変遷からの考察-. 日本地質学会関東支部第一回研究発表会「関東地方の地質」講演資料集, 49-50.</p> <p>清家一馬・平野弘道, 2007, 中新統一更新統三浦層群三崎層から産出する生痕化石. 日本地質学会関東支部第一回研究発表会「関東地方の地質」講演資料集, 47-48.</p>

早稲田大学 博士（理学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
その他	<p>○清家一馬, 2013, 「清家一馬・平野弘道, 和泉山脈地域における和泉層群の有機物熟成と堆積盆の埋没モデル」への討論に対する回答. 地質学雑誌, 119, 印刷中.</p> <p>清家一馬・岩野英樹・檀原 徹・平野弘道, 2011, 和泉山脈地域の和泉層群の熱史から解釈した滝尻アダメロ岩の FT 年代. フィッション・トラックニュースレター, no. 24, 63-65.</p> <p>高橋昭紀・清家一馬, 2011, 北海道蝦夷層群における後期白亜紀セノマニアン/チューロニアン期境界前後の生痕相の変化. 平成 22 年度深田研究助成研究報告, 21-30.</p> <p>日野直之・清家一馬・平野弘道, 2010, 四国讃岐山脈に分布する上部白亜系和泉層群における花粉孢子化石層序の可能性—産出状況および有機物の熱熟成度—. 三笠市立博物館紀要, no. 14, 15-37.</p>