

早稲田大学大学院 創造理工学研究科

博士論文審査報告書

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

2014 年 2 月

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、和泉堆積盆はその一つと考えられている。和泉堆積盆に堆積した上部白亜系和泉層群は単一の堆積盆の堆積物として積算層厚が東アジア最大規模であり、南北幅約 10 km に対して東西幅が 300 km に達する狭長な分布と大規模な向斜構造の発達が知られている。地層の上位層準が東側に順次露出することから、堆積盆が東に順次拡大したことが示唆され、和泉堆積盆の東進と表現されてきた。

和泉堆積盆は MTL の横ずれ運動に伴って発達したとされ、和泉堆積盆の東進に着目した形成過程のモデルが多数示された。しかし、これらのアプローチは主に堆積学的または構造地質学的な観点からの検討であり、堆積盆の東部への拡大に伴う堆積盆中心の東部への移動によって、旧堆積盆中心がどのような過程を経たのかについては、直接的な根拠とともに十分検討されたことはなかった。

そこで申請者は、和泉層群の埋没および上昇過程を検討する方法として、熱史に注目した。熱史による堆積盆の発達史の解明は近年では多数試みられている。これまで直接的な地質証拠として露頭に保存されにくいことから推定が難しかった上昇プロセスに関連した情報を得るには、低温領域の熱年代学的な手法が有効であることが示されている。すなわち、和泉層群の有機物熟成を検討すると共に和泉層群・基盤岩の熱年代学的な冷却史を復元することで、和泉堆積盆の東進の機構、特に堆積盆中心の移動後の地史を議論できる可能性があると考えた。

本論文では研究を進めるにあたり、最初に和泉山脈地域の和泉層群を対象とした、基本的な地質調査を行った。本地域の 57 地点から採集した試料を用いてビトリナイト反射率を測定することで被熱状態の傾向を検討し、熱史モデルを提示した。次に、本地域の和泉層群およびその基盤岩である泉南流紋岩類・滝尻アダメロ岩から採集した 7 試料を用いて、熱年代学的な検討を行い、基盤岩の沈降・上昇を含めた和泉層群の熱史を有機物熟成状態も加味することで詳細に復元した。さらに、数値モデルによる熱史の検討を加えて、和泉堆積盆の形成過程を総合的に考察した。

本論文は全 6 章で構成される。

第 1 章は序論であり、和泉層群の地質学的な価値を述べると共に、堆積盆の形成発達過程が温度構造・有機物熟成などで示唆される堆積盆の熱履歴に大きく反映されることを示唆した研究例を紹介した。本研究は、和泉堆積盆の形成発達過程が熱史に反映されている可能性があることを踏まえて、和泉層群においてこれまで検討されたことのない熱史の解析および堆積盆形成過程の考察を目的としていることを示した。

第 2 章は地質概略および岩相層序である。和泉山脈地域の和泉層群の地質

概略および各層の岩相層序と，和泉層群の基盤岩であり和泉層群と併せて熱史を検討した泉南流紋岩類および領家花崗岩類の滝尻アダメロ岩についての地質概略が示され，本研究で行った現地での地質踏査による岩相図・柱状図等の基礎的データも含まれている．これらの情報はビトリナイト反射率や年代測定試料の採集地点の選択において重要な役割を担い，第3章以降の議論においても重要な論拠となっている．さらに，和泉堆積盆における堆積盆形成発達史の研究史について，堆積盆中心の移動という東進モデルの提唱を皮切りにして検討された数々の和泉堆積盆の形成プロセスの概要を総括した．

第3章は，和泉山脈地域の和泉層群において主にビトリナイト反射率を用いた，和泉堆積盆の被熱状態の復元と被熱モデルの検討である．最初に，本地域においてビトリナイト反射率を測定し，既存の研究で示唆されていた続成指標の一つである沸石続成帯の特徴とよく一致することを示した．本地域の和泉層群の温度構造は，地質構造に関係なく，北縁部ほど高い熱熟成・続成段階を示すという特異な温度構造を示すことが両指標で示されたことになる．次に，ビトリナイト反射率の特徴を数値化してグラフで示し，さらに重回帰分析を用いて鉛直方向のビトリナイト反射率の勾配を統計学的に推定することで，三次元的な等熟成面の特徴を明らかとすることに成功した．この温度構造の特徴を説明できる3つの被熱モデル，南北方向の地層の傾動，北縁部北方の大規模熱源の存在，南北での沈降速度・堆積速度の違いが温度構造に反映した可能性（埋没効果の地域的な違い）を示し，それぞれのモデルで想定される事象や実際に観察できるデータを比較した．

第4章は，和泉堆積盆の埋没史の熱年代学的な検討である．対象は和泉層群の基盤岩が含まれる領家一和泉帯の範囲である．新たに得られた9つのジルコンおよびアパタイトのフィッション・トラック（FT）年代とともに，既存の研究で得られている放射年代を用いた．ジルコン FT年代は閉鎖温度が約240℃であり，花崗岩の貫入などの高温での被熱イベントの年代決定に，アパタイト FT年代は閉鎖温度が約100℃と低温のため，一般的な堆積岩の熱史の検討にそれぞれ有効である．新たに得られた FT年代と既存の年代から本地域の熱史を検討すると，従来考えられていたような単一の埋没・被熱・上昇史では説明できないことが示唆され，本地域を冷却史の異なる3ブロックに区分できることが示唆された．さらに，和泉層群の基盤岩と考えられてきた泉南流紋岩類の大部分と和泉層群が，断層群で画されると解釈できることを突き止めた．その境界断層の特徴から，和泉堆積盆の沈降が横ずれ引張場で生じたと示唆されることを明らかにした．また，和泉層群から新たに得られたジルコン FT年代を用いて，和泉堆積盆の東進速度を計算した．計算された約35 km/m.y.は，従来の研究で示されていた東進速度25 km/m.y., 21 km/m.y.より大きく，白亜紀火成活動の東進速度に近いものであった．すなわち，白亜紀火成活動と和泉堆積盆の東進のより強い関係性が疑われる

結果となった。

第5章は、数値モデルによる温度構造・有機物熟成の検証と和泉山脈地域和泉層群の温度構造の総合的な検討である。最初に、ビトリナイト反射率のカイネティックモデル (SIMPLE-Ro) を用いて、反射率と熱年代データから和泉山脈東部の温度パスを推定した。その結果、急速な昇温と冷却が生じたことが示唆され、堆積盆の沈降に伴う温度上昇とその後の隆起・削剥による冷却を示す重要な証拠であると考えた。次に、急速な埋没と上昇による熱流量及び地下温度構造の変化を数値モデルで検討するために、堆積盆の沈降に対応した従来の熱移動モデルを堆積盆の上昇に対応するよう拡張させ、さらに沈降速度と堆積速度を分離した新たなモデルを作成した。これを和泉層群の埋没被熱モデルに適用した結果、第3章で示した3つの仮説のうち、地層の傾動による温度構造と埋没効果による温度構造を比較すると、両方で南北方向の変化傾向が異なり、和泉層群で観察される南北傾向は地層の傾動では再現されないと判断された。大規模熱源に関しては、第4章の検討において存在が示唆されなかった。すなわち、和泉山脈地域和泉層群の特徴的な温度構造の主要因は、急速な沈降後の急速な隆起という和泉層群の特異的な地史がもたらした埋没効果とその速度の南北での違いから生じる地域的な温度構造の差異であるというのが、本論文の結論である。

第6章はまとめであり、第3～5章における主な示唆を列挙した。

以上の主な成果を要約すると、①和泉層群の熱史を基盤岩の冷却史と絡めて復元することで、西南日本白亜紀後期の横ずれ引張場の証拠を初めて示唆した。②過去の大規模沈降・上昇場の近傍に存在した非沈降・上昇場の存在を熱年代学的に見出した。③埋没による地殻熱流量の減少の効果は短期間しか持続されないため、上昇過程を経た堆積体の有機物熟成に広く反映されるのかは不明であったが、沈降後にすぐに上昇するような地史を経た場合には、大きな影響を及ぼしうるということがモデル計算により示唆され、和泉層群がその一例である可能性を本論文が初めて示した。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文に値すると判断される。

2014年2月

審査員

(主査)	早稲田大学准教授	太田 亨	博士（理学）（早稲田大学）
(副査)	神戸大学名誉教授	宮田隆夫	理学博士（大阪市立大学）
	（株）地球科学総合研究所	加藤 進	理学博士（名古屋大学）
	早稲田大学教授	高木秀雄	理学博士（名古屋大学）