

学 位 論 文 要 旨 (Summary of the Doctoral Dissertation)	
学位論文題目 (Dissertation Title)	Formation and geotectonic implications for Low-pressure/High-temperature type metamorphic rocks in southwest Japan: Constraints on the Seto Inland Sea, Yamaguchi Prefecture (低圧高温型変成岩の形成と地質構造区分の意義: 山口県瀬戸内地域からの制約)
氏 名(Name)	LU ZEJIN
<p>The Suo Belt, High-pressure/Low-temperature (high-P/T) type, and the Ryoke plutono-metamorphic complex (Ryoke Belt), Low-pressure/High-temperature (low-P/T) type, are closely distributed in the Inner Zone of Southwest Japan, although their metamorphic ages are different. The metamorphic rocks of the Suo Belt were deposited in the Late Permian, and underwent the high-P/T type metamorphism in the early Triassic. In contrast, the metamorphic rocks of the Ryoke belt were deposited in the Jurassic, and underwent the low-P/T type metamorphism in the Cretaceous.</p> <p>In this manner, the traditional recognition of the zonal arrangement of SW Japan has classified every region into only one of the belts, based on the implicit assumption that each belt formed in different settings at different ages. Recently, based on zircon U–Pb dating, some Suo Belt, in northern Kyushu, underwent low-P/T type metamorphism during the Cretaceous. Thus, it has been considered that the geographic trend of the Cretaceous low-P/T type metamorphic field was oblique to the accretionary terranes in the Inner Zone of Southwest Japan. However, they have a rhetorical difficulty in defining Ryoke metamorphism because the Suo and Ryoke Belts are separated from each other in northern Kyushu, although the metamorphic rocks from the Suo Belt underwent low-P/T metamorphism during the Cretaceous.</p> <p>In Yamaguchi Prefecture, the protoliths of the Tsuno Group (Suo Belt) are considered to belong to the Permian Nishiki Group (Akiyoshi Belt). In contrast, the protolith of the Ryoke metamorphic rocks is considered to be of the Kuga Group, a Jurassic to Early Cretaceous accretionary complex belonging to the Mino-Tamba Belt. In the southern part of Yamaguchi Prefecture, the Suo and Ryoke Belts are closely distributed, particularly on the islets of the Seto Inland Sea. This indicates that the boundary between the Suo and Ryoke Belts is closely located within this area.</p> <p>In this study, the metamorphism and deformational processes from these areas were discussed. In addition, detrital zircon U-Pb dating was conducted to constrain the depositional ages of the protoliths. Compared with the other Suo Belt in Kyushu, it is crucial to emphasize that it belongs to the Ryoke Belt, not only based on P-T conditions but also due to its spatial proximity. Furthermore, it could contribute to the understanding of the Mesozoic geological evolution of SW Japan.</p> <p>The detrital zircon U-Pb dating revealed an age of 250 Ma in Ozujima Island, which is equivalent to the Late Permian Suo Belt. However, the Nojima Island and Oshima Peninsula (Sukumojima and</p>	

Oshima) exhibit a detrital zircon U-Pb age of 200–180 Ma, which likely corresponds to the Jurassic Kuga Group.

The metamorphic zonation and the estimated P - T conditions of the study area are described as follows. Ozujima Island can be divided into Bt, And, and Sil zones, where the peak metamorphic conditions of the And and Sil zones would be 530 °C and 60 MPa and 600–720 °C, 330–400 MPa, respectively. Nojima Island can be classified into Bt and the Grt-Kfs zone, where the estimated peak metamorphic conditions of the Bt zone and the Grt-Kfs zone are 430 °C, 260 MPa and 520 °C, 330 MPa. Oshima Peninsula has the following metamorphic zones. Bt, and And-Crd zones. The peak metamorphic conditions of the Crd zones would be 520–600 °C and 120–300 MPa. Based on the P - T estimations, the inferred geothermal gradients are exceptionally high from the surface to the middle crustal level, meaning advective heat flow up to the shallower crustal level, probably caused by igneous activities. In addition, the biotite K-Ar age is 92.1 ± 2.1 Ma in Nojima Island and 90.1 ± 2.1 Ma in Sukumojima. The study area underwent low- P / T type metamorphism, and its metamorphic ages are comparable to the Cretaceous Ryoke Belt.

The P - T conditions of the low- P / T metamorphic rocks from the western Chugoku and Kyushu areas are arranged in a single trend on the P - T diagram and plotted on the geothermal gradient of the Iwakuni-Yanai area, probably being produced by regional contact metamorphism similar to the Ryoke metamorphism.

Although the low- P / T type metamorphic rocks of western Chugoku and Kyushu are distributed within different accretionary terranes, they would have been affected by Cretaceous low- P / T metamorphism. To achieve this, these rocks should have gathered within a region affected by thermal events until the Cretaceous period. Consequently, the Suo and Mino-Tamba belts were juxtaposed with each other until the Cretaceous beneath the Cretaceous volcanic front.

学位論文審査の結果及び最終試験の結果報告書

山口大学大学院創成科学研究科

氏 名	LU ZEJIN
審 査 委 員	主 査：大和田正明
	副 査：志村俊昭
	副 査：坂口有人
	副 査：永瀧真理子
	副 査：岩谷北斗
	副 査：
論 文 題 目	Formation and geotectonic implications for Low-pressure/High-temperature type metamorphic rocks in southwest Japan: Constraints on the Seto Inland Sea, Yamaguchi Prefecture (低圧高温型変成岩の形成と地質構造区分の意義：山口県瀬戸内地域からの制約)

【論文審査の結果及び最終試験の結果】

日本列島の地質構造区分では、原岩や変成年代、そして変成作用の圧力型が変成帯毎に異なると理解されてきた。近年、九州大牟田地域に分布する白亜紀低圧型変成岩から、ペルム紀から三畳紀にかけて原岩形成と高圧型変成作用を受けた変成岩が再度変成作用を受けた複変成岩が見出された。しかし、こうした複変成作用を受けた白亜紀の変成岩類は局所的に形成されたのか、あるいは広域的なものなのかといった課題が残った。この課題を解決するには、より広範囲にわたり原岩の形成年代と変成作用を検討し、原岩と低圧型変成作用の時空分布を明らかにすることが必要不可欠である。

中国地方の瀬戸内海沿岸域には、三畳紀の高圧型周防変成岩と白亜紀の低圧型領家変成岩が近接して分布する。本研究では、山口県中南部、瀬戸内地域の沿岸部や島嶼部に分布する変成岩類の帰属と変成作用について検討した。調査地域は、これまでの研究で 2 つの異なる変成岩帯に属する岩石が隣接して分布するとされていた。すなわち、ペルム紀に形成された付加体を原岩とし、三畳紀の高圧低温型変成作用を受けた周防帯変成岩類、そしてジュラ紀付加体を原岩とする白亜紀低圧高温型の領家帯変成岩類である。また、領家帯変成岩類の熱源は同時期に貫入したマグマとされている。調査地域の一つである瀬戸内海に面した大島半島には、高圧型の周防帯を基盤とし、その上位に白亜紀火山碎屑岩が不整合関係で累重する。そのため、基盤岩の変成岩類については、鉱物組み合わせの詳細な検討がなされないまま、周防帯と考えられてきた。また、変成鉱物組み合わせと各鉱物の化学組成に基づいた変成作用やその温度圧力条件などの解析は、調査地域の東に隣接する笠戸島からの研究例があるに過ぎない。

本研究は、地質構造区分をより具体的かつ正確に定義するため、徳山湾周辺の変成岩類を対象に、鉱物組み合わせから変成作用の圧力型と温度圧力条件を推定し、砂質変成岩中の碎屑性ジルコン U-Pb 年代から原岩の形成年代を明らかにした。本論文は 7 章の本文と引用文献そして付録のデータ集から構成される。第 1 章では、既往研究のレビューと課題の抽出、そして課題に基づいた研究目的とそれを達成するための手法が記されている。第 2-5 章は、各調査地域（具体的には各島）の地質、岩石記載、鉱物化学組成、温度圧力計の計算結果そして碎屑性ジルコンの U-Pb 年代と変成年代の推定に使った黒雲母 K-Ar 年代データが提示されている。そして第 6 章では、同じ低圧型の変成岩であっても原岩形成年代は異なり、九州で提唱された複変成岩が広域に分布することを明らかにした。その上で、中国～九州地方の高圧型と低圧型の変成岩の形成年代をレビューして新たな地質構造区分を提唱した。さらに、この地域に共通する低圧型変成岩の 80 °C/km を超える地温勾配の特徴は、広域的なマグマの貫入によってのみ形成可能であることを示し、低圧型変成岩の成因について「広域的に貫入したマグマの接触変成作用によって形成した」とするモデルを提案した。また、大島半島の変成岩は、白亜紀の火山碎屑岩に不整合で覆われることから、白亜紀の変成作用を受けた直後に急上昇して地表へ露出したと考えられる。こうした地殻の動きと上述した高い地温勾配は、沈み込み帯における定常状態のテクトニクスでは説明が難しい。すなわち本研究は、白亜紀のアジア大陸東縁におけるテクトニクスの理解を深める貴重なデータとなりうる。

公聴会における主な質問内容は、主に新たな地質構造区分を提唱しているのもので、それらの根拠となる重要な構造データや変成条件について十分に説明すること、そして提案したモデルが従来のそれとどういった点が異なるのかをはっきりさせること、などの意見や質問が出された。いずれの意見・質問に対しても発表者からの的確な回答がなされた。

以上から、本研究は新規性、独創性、信頼性そして有効性に優れ、博士（理学）の論文に十分値するものと判断した。

論文内容及び公聴会での質問に対する応答などから、最終試験は合格とした。

なお、主要な関連論文の発表状況は下記のとおりである。（関連論文 計 1 編）

1) ZEJIN LU and Masaaki Owada, Low-pressure and high-temperature type metamorphism on the Suo Belt from Ozushima Island, Seto Inland Sea area, Yamaguchi Prefecture, southwest Japan: Evidence from detrital zircon U-Pb dating and mineral paragenesis. *Island Arc*, 2025; 34: e70024. <https://doi.org/10.1111/iar.70024>