

2009. 6

特集号



(題字：相良祐輔学長)

国立大学法人 高知大学学報

高知大学学位授与記録第三十二号

総務課広報室発行

本学は、次の者に博士（理学）の学位を授与したので、高知大学学位規則第15条に基づき、その論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

 *
 *
 *
 *
 *
 *
 *

高知大学学報

本学は、次の者に博士（理学）の学位を授与したので、学位規則（昭和28年文部省令第9号）第8条の規定に基づき、その論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

目 次

学位記番号	氏 名	学 位 論 文 の 題 目	ページ
甲理博第28号	藤田 勝代	Control Factors of Lamination Sheeting in Granites (花崗岩のラミネーションシーティングの発生を規制している因子)	1
甲理博第29号	三田 薫	カタユウレイボヤ胚の神経管形成における Nodal の役割	3

学位記番号	氏 名	学 位 論 文 の 題 目	ページ
乙総科博第2号	木田 明美	原生動物の環境シグナルの受容と応答機構に関する研究	5
乙総科博第3号	坂口 真澄	Petrology of low-grade metamorphic rocks in the Sanbagawa belt, central Shikoku, SW Japan (西南日本四国中央部三波川変成帯における低変成度岩類の岩石学的研究)	7

ふりがな 氏名(本籍) 学位の種類 学位記番号 学位授与の要件 学位授与年月日 学位論文題目 発表誌名	ふじた まさよ 藤田 勝代 (東京) 博士(理学) 甲理博第28号 学位規則第4条第1項該当 平成21年3月23日 Control Factors of Lamination Sheeting in Granites (花崗岩のラミネーションシーティングの発生を規制している因子) (1) 地すべり, vol. 39, no.1, pp. 30~39. 審査委員 主査 教授 横山 俊治 副査 教授 石塚 英男 副査 教授 東 正治
--	---

論文の内容の要旨

花崗岩は等方的均質な塊状岩盤をつくると一般には理解されているが、顕著な深度方向の異方性をもっていることが分かってきた(藤田・横山, 2006)。この異方性の原因となっているのがスケールの異なる低角度フラクチャー群の存在である。低角度フラクチャー群とは、低角度節理であるシーティング、ミリメートルオーダー間隔のフラクチャー群からなるラミネーションシーティング(藤田, 2003)、鉱物スケールのマイクロクラックである。これら低角度フラクチャー群のほかに花崗岩には高角度節理群が発達している。研究のテーマは、低角度フラクチャー群と高角度節理群からなる花崗岩のフラクチャーシステムの実体とその形成機構を解明することである。そのうち、ラミネーションシーティングの実体解明が学位論文の目的である。

花崗岩地域では豪雨時にも地震時にも斜面災害が多発する。豪雨時には強風化したマサの領域で表層崩壊が発生し(藤田・横山, 2005)、地震時には地震動によって未風化核岩が飛び出し落石となる(水口ほか, 2001; 横山ほか, 2002; 横山, 2003)。このような斜面災害の原因が花崗岩特有の風化帯構造と深く関わっていることはよく知られているところである。しかし、風化帯構造がラミネーションシーティングと密接に関係しているという事実は斜面防災技術者に十分理解されているとはいえない。そればかりか、ラミネーションシーティングの存在すら知らない花崗岩研究者も少なくない。本論文でラミネーションシーティングと呼んでいるものと類似の低角度フラクチャー群の存在は1970年代以降、海外のみならず日本でも、一部の研究者や技術者によって、様々な名称で記載されてきた

(Twidale, 1973; 橋川, 1985; Folk and Patton, 1982; Chigira, 2001 ほか)。しかし、これまで露頭観察に基づいて定義され、異なる用語で命名されてきたそのために、互いに観察しているものが同一かどうかの確証が得られない。

そこで本研究では、ラミネーションシーティングの議論が共通の土俵の上でできるようにすることを目的として、露頭観察だけでなく、偏光顕微鏡観察によって、露頭スケールから鉱物スケールのフラクトファブリックの特徴を記載し、それに基づいてラミネーションシーティングの定義を明確にした。さらに、ラミネーションシーティングの3次元的な分布構造と、それと風化帯構造との関係を明らかにすることを目的とし、マップスケールでの広がりのほか、深度750mのボーリングコアを用いて鉛直方向の分布変化を検討した。これらの成果に基づいて、ラミネーションシーティングの発生を規制している因子とその成因について考察を行った。結論として、ラミネーションシーティングは剝削による上載荷重の除去により生じた応力解放によって地表付近で発生した引張りクラックであること、その発生や分布は、地表面形態による地形コントロール、シーティングや高角度節理に規制された構造コントロール、鉱物組成・粒度・岩石組織など岩相に規制された岩石コントロール、鉱物種およびマイクロクラックに規制された鉱物コントロールによって規制されていることを明らかにした。

論文審査の結果の要旨

本研究は、大陸地殻の主要な岩石である花崗岩が削剥によって地表に到達するまでの間に生じた節理と呼ばれる引張り割れ目を研究対象にしている。特にミリメートルオーダーの割れ目群に着目し、それをラミネーションシーティングと命名した。現地調査は瀬戸内海地域を中心に、イタリアや韓国でも実施している。深度方向の解析は、深度 750m のボーリングコアを使っている。学位論文では、露頭・岩石・鉱物スケールの観察事実を帰納して、ラミネーションシーティングの発生を規制している因子を明らかにした。すなわち、ラミネーションシーティングの姿勢と地形との関係を論じた地形コントロール、ほかの節理（低角度のシーティング節理、互いに直交する高角度の造構節理）との関係を論じた構造コントロール、岩石の構成鉱物やそれらの粒径、岩石組織など岩相との関係を論じた岩石コントロール、鉱物種や鉱物粒内のマイクロクラックとの関係を論じた鉱物コントロールについて議論されている。

ラミネーションシーティングは、引張り割れ目にもかかわらず、鉱物粒界を横切って成長している。侵食以前の地形（準平原面）にほぼ平行に発達する。低角度のシーティング節理に沿って発達し、高角度の造構節理面のところでは、破断を停止している。ただし、準平原形成時の谷沿いでは造構節理に対しても平行なラミネーションシーティングが発達し、結果としてラミネーションシーティングに取り巻かれた未風化核岩が形成される。ラミネーションシーティングと共に未風化核岩の存在は花崗岩の風化帯構造を特徴づける要素である。深度方向にラミネーションシーティングの分布を見ると、地表付近の 10~20m は岩盤の全体に発達しているが、深部に向かって発達する領域が段階的に減少し、750m ボーリングでは、最深 506m まで確認されている。一方、シーティング節理も深部に向かって段階的に減少し、そのパターンはラミネーションシーティングと類似しているが、最深出現震度はもっと深い。このことからシーティング節理がラミネーションシーティングに先行することが分かる。同じ削剥レベルにあっても、岩相によってラミネーションシーティングの発達する岩石としない岩石があり、粗粒で石英に富む岩相—粗粒のアダメロ岩や花崗閃緑岩—で発達が顕著である。鉱物粒内マイクロクラック群の一部が連結してラミネーションシーティングは成長している。また花崗岩の構成鉱物としては 10% に満たない黒雲母をラミネーションシーティングは高い頻度で連結しているが、黒雲母自体は塑性変形し、破断しているものは少ない。石英の含有量のほか、こういった鉱物規制も受けていることを明らかにした。以上、様々なコントロールの実態や深度方向への分布変化から、ラミネーションシーティングは上載荷重の除去による応力解放によって地表付近に形成される構造であることが確実になった。本研究の成果は、防災分野や放射性廃棄物の地中処分などの地盤問題にも貢献するものである。

よって、学位申請者藤田勝代は、博士（理学）の学位を得る資格があるものと認める。

ふりがな 氏名(本籍)	みた かおる 三田 薫 (静岡)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	甲理博第29号
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位授与年月日	平成21年3月23日
学位論文題目	カタユレイボヤ胚の神経管形成における Nodal の役割
発表誌名	(1) Dev. Genes Evol. 217: 593-601.
	審査委員 主査 教授 藤原 滋樹 副査 教授 川村 和夫 副査 教授 松岡 達臣

論文の内容の要旨

Nodal は細胞外分泌型のシグナル因子である。尾索動物であるカタユレイボヤの胚発生において、Nodal は、神経板の背腹軸に沿ったパターン形成や、一部の中胚葉組織の誘導に働いていることが明らかになっている。しかし、Nodal が形態形成運動の制御に関わっているかどうかは、ホヤでも、また Nodal の機能解析が進んでいる脊椎動物においても、ほとんど解明されていない。本研究では、まずカタユレイボヤ胚における Nodal シグナルの阻害を行った。Nodal 阻害胚では神経管が閉じず、Nodal が神経管の形態形成運動に関与している可能性が示された。次に、Nodal シグナルが原腸胚期の A 系統神経細胞における *Ci-Zic1* と *Ci-cdx* の発現を活性化していることを明らかにした。*Ci-Zic1* の機能阻害胚では *Ci-cdx* の発現が抑制されることが知られているため、Nodal は *Ci-Zic1* を介して *Ci-cdx* の発現をコントロールしていると考えられた。*Ci-Cdx* 機能阻害実験では、神経板の細胞が正中線上に収束せず、神経管が閉じない胚が生じた。この結果から、*Ci-Cdx* は神経管形成の際の細胞運動に重要であることが示された。また、この形態異常は Nodal 阻害胚で見られたものと似通っていた。したがって、Nodal シグナル阻害による神経管形成異常は、*Ci-cdx* の発現抑制を介したものである可能性が考えられた。以上の結果からは、カタユレイボヤ胚の神経管形成には、Nodal, *Ci-Zic1*, *Ci-Cdx* を含む遺伝子発現調節カスケードが重要な働きをしていることが考えられる。さらに大規模に Nodal 下流遺伝子を同定するため、マイクロアレイ解析を行った。その結果、形態形成に関与していると考えられるいくつかの遺伝子が、Nodal シグナルによって発現調節を受けていることが示唆された。たとえば、*prickle* や *Laminin- α -5* の転写は、Nodal によって活性化されていることが明らかになった。正常胚において *prickle* は側方神経板(側方神経索系統)、脊索、一部の表皮で発現しており、*Laminin- α -5* は脊索と尾部の表皮で発現していた。Nodal を過剰発現させた胚では、上記の発現領域に加え、神経索系統の細胞全体や、体幹部の表皮における発現が見られるようになっていた。一方、 *δ -protocadherin-2* は正常胚においては神経索で発現する遺伝子であるが、Nodal 過剰発現により神経索における発現は抑制されていた。これらの結果から、ホヤ胚において Nodal シグナルは、神経管形成時に細胞運動を行っていると考えられる神経管領域や表皮において、さまざまな形態形成関連遺伝子の転写をコントロールしていることが示された。

論文審査の結果の要旨

本研究において、学位申請者 三田 薫 は、カタコウレイボヤの胚発生における細胞増殖因子 **Nodal** の機能解析を行った。三田は、**Nodal** をコードする遺伝子 (*Ci-nodal*) を過剰発現させた胚において、神経管が閉じないことを見出した。**Nodal** の拮抗因子である **Lefty** タンパクをコードする遺伝子 (*Ci-lefty*) を発現させた場合や、**Nodal** 受容体の阻害剤 SB431542 で処理した胚においても、神経管が閉じないという結果が得られた。*Ci-nodal* 遺伝子は分泌型のタンパクをコードしており、64 細胞期の左右両端の 2 個ずつの細胞で発現することが知られている。したがって、**Nodal** の局所的な作用が正常な神経管の形成に必要であることが示唆された。つまり、作用が阻害された場合のみでなく、過剰発現によって作用が遠くの細胞に及んだ場合においても形態形成に悪影響が出ると考えられた。

三田は、*Zic1* と *cdx* という二つの遺伝子 (いずれも転写調節因子をコードする) の発現が、**Nodal** によって活性化されることを見出した。*Zic1* と *cdx* は、いずれも *Ci-nodal* を発現する細胞に隣接する細胞で発現している。そして、*Zic1* や *cdx* の発現は、**Nodal** の作用を阻害すると抑制され、*Ci-nodal* を過剰発現させると正常胚よりたくさんの細胞で活性化された。次に、三田はドミナントネガティブ型 *cdx* 遺伝子を作製した。この遺伝子は、正常な **Cdx** タンパク (転写活性化因子と予想される) の C 末端側に転写抑制因子 **Engrailed** の “抑制ドメイン” の連結した融合タンパクをコードする。この遺伝子を胚に導入して発現させると、**Nodal** の作用を阻害した胚と同様に神経管が閉じないという結果になった。この結果から、**Cdx**こそが、**Nodal** の下流で神経管形成を制御する転写因子であることが示唆された。

さらに、三田はマイクロアレイ解析によって **Nodal** によって発現制御を受ける多数の遺伝子を同定した。それらの中には、細胞の極性や形態変化、細胞運動、細胞接着などに関わるタンパクや、細胞外マトリックス成分をコードする遺伝子が多数含まれていた。これらの遺伝子の多くは神経管で発現しており、**Nodal** の機能阻害や過剰発現によって発現する領域が影響を受けることもわかった。これらの遺伝子が神経管の形態形成を直接制御する因子と考えられた。

本研究は、ホヤ胚における細胞増殖因子 **Nodal** について、その機能を研究したものであり、**Nodal** による標的遺伝子の発現制御について重要な知見を得たものと認める。よって、学位申請者 三田 薫 は、博士 (理学) の学位を得る資格があると認める。

ふりがな 氏名(本籍)	きだ あけみ 木田 明美 (大分)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	乙総科博第2号
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位授与年月日	平成21年3月6日
学位論文題目	原生動物の環境シグナルの受容と応答機構に関する研究
発表誌名	(1) <i>ISJ</i> . 3: 77-83, 2006.
	審査委員 主査 教授 松岡 達臣 副査 教授 小槻日吉三 副査 教授 鈴木 知彦

論文の内容の要旨

原生動物は単細胞レベルで高度な進化を遂げた生物群である。それゆえに、運動、防御、摂食などの様式や環境応答システムは極めて多様かつ巧妙であり、多細胞生物とは異なる未知の生命機構を備えていることが期待される。本論文では、繊毛虫ブレファリスマにおいて発見された新規光受容分子「ブレファリスミン光センサー複合体」の構造機能解析、およびクリプトビオシス(無代謝休眠)誘導の細胞・分子機構に関する研究について述べる。

第1章 繊毛虫ブレファリスマ(*Blepharisma japonicum*)におけるキノン光センサーの構造と機能に関する研究

繊毛虫ブレファリスマの細胞膜直下には、通称ブレファリスミン(BL)とよばれるピンク色のキノン系色素を含む無数の色素小胞が並ぶ。BLは細胞外に放出され、他の競合微生物の排除および防御に関わる機能分子(毒性はイオノフォア活性に起因)として働き、その毒性は光照射によって増強される(光増感による活性酸素種の生成に起因)。ブレファリスマ自身、このような光ダイナミック傷害に対する自己耐性能は完全なものではないため、光から回避する行動を示す。BLはこの光回避行動に関わる光センサーであると考えられている。本研究では、光照射されたBLが*in vivo*においても*in vitro*条件下でもオキシブレファリスミン(OxyBL)またはステントリン(ST)に光変換され、この過程は酸素を必要とするプロセスであること(OxyBLの生成過程ではOHラジカルが生成)、およびOxyBLは光照射によってさらなる構造変化を起こさないことを明らかにした。OxyBLも光センサーとして機能することから、BLの光依存的構造変化は光シグナル伝達過程とは無関係であると結論した。さらに、活性酸素消去剤を用いて検討した結果、この反応プロセスで生成する活性酸素種が光シグナル伝達に関与する可能性はほとんどないことがわかった。一方、OxyBLが200 kDタンパク質と複合体をなすと蛍光のクエンチングがおきる事から、光励起BL(OxyBL)からタンパク質アミノ酸側鎖へ電子が移動することによってタンパク質部分の活性化が起きることが示唆された。

第2章 繊毛虫コルポーダ(*Colpoda cucullus*)のクリプトビオシスに関する研究

陸上環境に適応した繊毛虫コルポーダは、外部環境に反応してクリプトビオシス(無代謝休眠)の細胞形態である休眠シストになり、このような状態になると耐乾性、耐熱性および凍結耐性を有する。本研究では、電子顕微鏡によるシスト形成過程における細胞再構築プロセス、シスト化誘導の細胞外および細胞内シグナル伝達系の解明を目的とした。シスト形成過程では細胞外部形態の変化に先立ち、一部ミトコンドリアの断片化と粘着性物質の合成・細胞外分泌が始まり、細胞の球形化に伴って繊毛の吸収と多数の小胞の細胞外へ開口および最外層シスト壁前駆物質の分泌が観察された。さらに、最外層シスト壁とその内側に連続的に形成される第2層以降のシスト壁の微細構造および形成様式が全く異なることも判明した。完成したシストは何層ものシスト壁に囲まれ、細胞質スペースの中心部は貯蔵栄養顆粒が占め、表層部にはミトコンドリアが凝集した。シスト形成誘導の初期経路では、細胞内に拡散したCa²⁺がアデニレートシクラーゼの活性化を介してcAMP濃度の上昇をもたらすことがわかった。

論文審査の結果の要旨

本論文は、原生動物における環境シグナルの受容と応答の細胞・分子機構に関する研究成果であり、新規光センサー分子であるブレファリスミンの光シグナル伝達系に関する研究(第1章)およびクリプトビオシス(無代謝休眠)誘導の細胞機構の研究(第2章)よりなる。[第1章] 繊毛虫ブレファリスマ (*Blepharisma japonicum*)におけるキノン光センサーの構造と機能に関する研究:ブレファリスマ細胞膜直下には、通称ブレファリスミン(BL)とよばれるピンク色のキノン分子を含む多数の色素小胞が並ぶ。BLは細胞外に放出され、標的微生物細胞膜に組み込まれてイオノフォアとして働くことにより、抗微生物活性を示し、その毒性は光照射によって増強される(光増感による活性酸素種の生成に起因)。この繊毛虫では、このような光ダイナミック傷害に対する自己耐性能は完全なものではないため、光から回避する行動を示し、BLはこの光行動に関わる光センサーであると考えられている。本論文では、光照射されたBLが *in vivo* においても *in vitro* 条件下でも、オキシブレファリスミン(OxyBL)またはステントリン(ST)に光変換され、この過程は酸素を必要とするプロセスであること[このプロセスではOHラジカルが生成]、およびOxyBLは光照射によってさらなる構造変化を起こさないことを明らかにした。OxyBLも光回避反応の光センサーとして機能しているので、BLの光依存的構造変化は光シグナル伝達過程とは無関係であると結論した。さらに、活性酸素消去剤を用いた解析により、この反応プロセスで生成する活性酸素種が光シグナル伝達に関与する可能性はほとんどないことを示した。一方、OxyBLが200 kDタンパク質と複合体をなすとクエンチングがおきる事から、光励起BL(またはOxyBL)からタンパク質アミノ酸側鎖へ電子が移動することによってタンパク質部分の活性化が起きることが示唆された。特に、BLからOxyBLおよびSTへの光依存的構造変化プロセスを他に先駆けて解明したことは、キノン光生物化学領域における大きな貢献といえる。この結果は、キノン初期光シグナル変換プロセスを考える上での論理的基盤となった。また、キノンの光増感による活性酸素種が光シグナル変換には関与しないことを実験的かつ論理的に示し、イタリアの光物理学研究チームが提唱した電子移動による光受容複合体活性化説を生化学的および分光学的手法により裏付けたことも当該領域における大きな貢献といえる。

[第2章] 繊毛虫コルポータ (*Colpoda cucullus*) のクリプトビオシスに関する研究:ある種の動物は代謝を停止した状態で休眠する。これをクリプトビオシスとよび、この状態になると乾燥、高温、超低温、真空、高圧といった極限環境にも耐える。本論文は、土壌性繊毛虫コルポータをクリプトビオシス研究の細胞レベルのモデル系として位置づけ、クリプトビオシス状態である休眠シスト形成の細胞分子機構に関する研究成果について記述している。本研究テーマは一世紀も前から始まったにも関わらず、その分子機構の一端すら解明されていないばかりか、細胞構造再編過程に関する知見においても諸説が混沌とした状態にあった。本論文では、電子顕微鏡を用いてシスト形成過程を詳細に観察し、その細胞再構築の全容を解明・記述しており、これはおそらく当該微形態学的研究分野においてシスト化過程の全容を明らかにした唯一の論文といえる。特に、2タイプのシスト壁(最外層シスト壁とその内側に連続的に形成される第2層以降のシスト壁)の微細構造および形成様式は全く異なることを電子顕微鏡像として明確に示したことは非常に意味がある。なぜならば、このことが過去半世紀の微形態学的研究論文の論争の中心であったからである。第2章では、微形態学的研究に加えて、クリプトビオシスを誘導する細胞内シグナル伝達系についても記述されている。すなわち、外液のCa²⁺の濃縮がシスト形成を誘導する最も有効な環境シグナルであり、Ca²⁺はチャネルを通過して細胞内に拡散し、おそらくカルモジュリンの活性化を介してアデニレートシクラーゼの活性化をもたらし、これによって細胞内cAMP濃度が上昇することを示唆した。これは、クリプトビオシスを誘導する環境シグナルおよび細胞内シグナル伝達経路の一端を解明したものであり、この成果は細胞再構築と極限環境耐性の分子機構の全容を明らかにするための突破口を切り開いたものといえる。以上の結果により、学位申請者木田明美は博士(理学)の学位を得る資格があると認める。

<p>ふりがな 氏名(本籍) 学位の種類 学位記番号 学位授与の要件 学位授与年月日 学位論文題目</p> <p>発表誌名</p>	<p>さかくち ますみ 坂口 真澄 (鳥取) 博士(理学) 乙総科博第3号 学位規則第4条第2項該当 平成21年3月6日 Petrology of low-grade metamorphic rocks in the Sanbagawa belt, central Shikoku, SW Japan .(西南日本四国中央部三波川変成帯における低変成度岩類の岩石学的研究)</p> <p>(1) Island Arc, Volume 17 Issue 3, 305-321, September 2008.</p> <p style="text-align: right;">審査委員 主査 教授 藤原 滋樹 副査 教授 川村 和夫 副査 教授 松岡 達臣</p>
---	--

論文の内容の要旨

The low-grade metabasites of the Sanbagawa belt in central Shikoku SW Japan commonly contain the pumpellyite-actinolite facies mineral assemblages such as pumpellyite + actinolite + epidote + chlorite and amphibole (actinolite, winchite and magnesioriebeckite) + epidote + hematite + chlorite. However, the detailed study on this facies is done only in the two areas. Therefore, the areal extent and consequent thermal structure of the Sanbagawa low-grade metamorphic region are not completely understood. The present study newly examined eight areas of the Sanbagawa pumpellyite-actinolite facies in central Shikoku, and analyzed the mineral compositions in order to evaluate more rigorously the areal extent of the Sanbagawa pumpellyite-actinolite facies. More specifically, I have sought to establish the thermal structure of the Sanbagawa low-grade metamorphic region.

The mineral assemblages of the pumpellyite-actinolite facies such as pumpellyite + actinolite + epidote + chlorite or actinolite + epidote + hematite + chlorite occur in the Sanbagawa low-grade metamorphic region. In the buffered assemblage of pumpellyite + actinolite + epidote + chlorite, the $Fe^{3+} / (Fe^{3+} + Al)$ values of epidote decrease slightly with decreasing the $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ values of chlorite. The changes in these values show a general correlation with temperature. The presence of this relationship implies that the $Fe^{3+} / (Fe^{3+} + Al)$ values of epidote can be used to divide the Sanbagawa low-grade metamorphic region into low-, medium- and high-grade subzones. The areal distribution of these subzones indicates that (1) the temperature seems to decrease in the same sense as envisaged by the zonal mapping of the higher-grade pelitic schists, and (2) there is no significant gap of metamorphic conditions through the boundary between the two structural units (Besshi and Oboke units). It follows that the Sanbagawa low-grade metamorphic region decreases in temperature going up structural section, and tectonic discontinuities have not affected the thermal structure.

論文審査の結果の要旨

三波川変成帯は、西南日本外帯に東西性の走向で関東山地から九州佐賀関半島まで約 800km に渡って分布する地質帯である。特に、四国地域においては、非常に詳しい研究がなされており、その内容は世界の変成帯の中で最も進んだものとなっている。しかし、これらの詳細な研究は主として中一高変成度地域を対象として実施されたもので、低変成度地域については、変成温度が低いことから鉱物組合せの変化に乏しく、また、再結晶度も悪いため、研究が遅れていた。そのため、変成帯全体の成因論が本格的に議論される状況になかった。本論文は、これらの事柄を背景として、四国地域の三波川変成帯の低変成度岩類を対象として、鉱物の化学組成から変成温度の違いを広域的に検出し、そのことから変成帯の温度構造を明らかにし、成因論を展開することを目的としている。

調査地域は四国中央部の東西約 50 km、南北約 30 km の範囲である。この地域に分布する塩基性変成岩は鉱物組合せに変化がなく、従来から同じような変成温度の地域として扱われてきた。そこで、本論文では、構成鉱物の化学組成が変成温度に応じて変化することを利用して、変成温度の違いの検出を試みた。具体的には、パンペリー石+アクチノ閃石+緑簾石+緑泥石の鉱物組合せを有する試料を用いて、パンペリー石と緑簾石の Al と Fe³⁺ の組成を利用した。その際、これらの値が岩石の化学組成に影響されることを検討し、その影響は温度の違いよりも低く見積もられることを明らかにし、結果として、これらの値の温度依存性を実証した。更に、上記の鉱物以外でも、アルカリ角閃石の組成累帯構造と石英と共存するアルカリ輝石の組成から、変成圧力と変成履歴の一部も検討した。これらのことから、調査地域では、鉱物組合せが変化しなくても、変成温度が系統的に異なることを明かし、調査地域を低温、中温、及び高温の 3 つの亜帯に区分した。その区分は従来の泥質変成岩によってなされた結果を再確認しただけでなく、西南日本の白亜紀における広域的な構造運動と変成作用との関連の見直しを迫る結果ともなった。なお、本論文の主要部分は、国際誌「*Island Arc*, 17, 305-321, 2008」に掲載された

以上より、本研究は、四国三波川変成帯について、その低変成度地域の温度構造を研究したものであり、そのテクトニクスについて重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。よって、学位申請者坂口真澄は博士（理学）の学位を得る資格があると認める。