

- (4) Kerogen
- (5) Summary for organic matter
- (6) Clay minerals

Part 2 : Burial metamorphism in the shimanto Belt

- 1. Introduction
- 2. Geological setting
- 3. Sampling and measurement method of vitrinite reflectance
- 4. Results
- 5. Discussion
 - (1) Estimation of paleotemperature
 - (2) Geological structure and vitrinite reflectance
 - (3) Association with accretional prism model

Conclusion

References

論文内容要旨

序論

堆積有機物は、埋没に伴う熟作用により、続成作用、カタジェネシス、メタジェネシス、変成作用の各ステージを経て、最終的には石墨状に変化すると考えられている。これまでの多くの石油地球化学的研究は、地下での石油炭化水素の形成時期を重要視する余り、主として続成作用～カタジェネシス・ステージにおける変化を対象に行われている。そのため、熟成の更に進んだメタジェネシス～変成作用のステージにおける堆積有機物の挙動については、未解明部分が多く残されている。

しかしながら、近年深部ガスの存在に関する関心が高まってきたこと、並びに、有機物の熟成パラメーターが、無機的変成相解明にとっても、一つの有力な研究手段となることが知られてきたことなどから、従来あまり関心が向けられていなかった過熟成領域、すなわちメタジェネシスと変成作用領域に関する研究が重要となるものと考えられる。

この観点から、本研究では、まず第一部において、火成岩貫入による新第三系泥質岩の接触変質を対象に、過熟成領域での堆積有機物の変化を種々の角度から検討した。次に第二部では、これらの結果を踏まえ、埋没により低度変成作用を受けていると考えられている四万十帯の白亜系～古第三系堆積岩を対象に、有機物を変成作用解明の手段として用いることの有効性を検証した。

第一部：第三系泥質岩の接触変質

1. 試料と分析方法

山形県新庄盆地北方において、新第三系中新統女川層相当層である草薙層中には、厚さ約30mの粗粒玄武岩の貫入が見られる。試料は、接触変質を受けている草薙層泥質岩から採取された。岩石試料は、250メッシュ以下に粉碎後、有機溶媒で抽出を行い、抽出性有機物（EOM）を得た。抽出残渣は、塩酸・弗化水素酸処理を行い、ケロジェン（有機溶媒不溶有機物）を分離した。

岩石粉末試料は、全有機炭素（TOC）の定量およびX線回折分析に供した。EOMは、カラムクロマトグラフィーにより、飽和炭化水素、多環芳香族炭化水素、金属ポリフィリンを分離し、GC、GC-MS、可視吸光スペクトル分析を行なった。ケロジェンについては、元素分析、赤外分光分析、熱分解、ESR、X線回折、ビトリナイト反射率測定 of 各分析を行なった。

2. 結果と討論

有機物の主な変化について図1に示した。ビトリナイト反射率から、草薙層泥質岩は接触変質により、カタジェネシスからメタジェネシスを経て変成作用のステージに達していると判断される。

EOM/TOC比およびHC/TOC比から判断して、いわゆる石油形成帯は、カタジェネシスステージで形成されていることが認められるが、カタジェネシス末期では、これらの比は減少を示し、メタジェネシスを越えたステージでは、これらの比にそれ以上の変化は認められなかった。

ケロジェンの H/C 原子比および揮発性炭素量は、カタジェネシス末期までは連続的に減少傾向を示すが、メタジェネシスを越えると、この傾向は衰え、以後の値には変化が認められない。

これらの結果は、赤外吸収スペクトルに表われた脂肪族 C-H 吸収の減少および ESR のスピンの濃度の変化傾向からも裏付けされるように、ケロジェンの分解による低分子成分の生成は、カタジェネシス・ステージで、ほぼ完了してしまうことを示している。酸素、窒素、硫黄などのヘテロ原子により影響を受ける ESR の g -値が、カタジェネシス末期にかけて減少していることも、このステージで、これらの原子がケロジェンから離脱していったことを示唆している。

メタジェネシスを越えたステージでは、 g -値や線巾の増加およびビトリナイト反射率の増加により、炭素の再配列すなわち縮合作用が卓越しているものと推定される。

上述の変化以外に、 n -アルカン、ステラン、トリテルパンの低分子化、多環芳香族炭化水素の減少、金属ポルフィリンの消失など、明らかに貫入岩の熱的影響を反映した変化が認められた。

一方、粘土鉱物は、接触面に近づくに従い、モンモリロナイトが、混合層鉱物を経て、イライト、緑泥石に変化していることが明瞭認められ、熱的影響は無機鉱物にも反映されていることが確認された。

第二部：四万十帯の低度変成作用

1. 序論

四万十帯が低度変成作用を被っていることは、従来から指摘されてはいたが、詳しい変成分帯等については、岩石学的手法の限界のため、ほとんど解明されていなかった。四万十帯はプレート沈み込みに伴って形成された付加プリズムがあるという仮説に対し、近年実証的研究が活発に行われているが、変成作用の特徴を明らかにすることは、形成プロセスを考えるうえで重要な意味を持つと考えられる。

ところで、第一部でも取り上げたビトリナイト反射率は、温度と時間因子のみにより変化し、他の物理化学的諸因子に影響されることが少ない。また、過熟成領域においても、良く熱履歴を反映することは、第一部の研究で確認された。そこで、これらの結果を踏まえて、ビトリナイト反射率法を四万十帯に適用し、有効性を検証すると共に、変成作用の特徴の解明を試みた。

2 試料と方法

四国東部に分布する秩父帯南帯（三宝山帯）、四万十北帯、四万十南帯から、砂岩・頁岩を採取し、第一部におけるケロジェン分離と同様の処理を行い、炭質物を分離濃集後、顕微分光光度計により反射率を測定した。

ところで、堆積岩中の分散型ビトリナイト反射率の測定に際しては、マセラルの判定、反射異方性、風化および岩質による影響など種々の問題点がある。そのため、これらについて、あらかじめ検討を行なった結果、無組織岩化植物片を無差別的に測定した場合でも、結果をヒストグラムで表わすことにより、各試料の反射率の適正値を得ることが可能であるとの結論を得た。

3. 結果と討論

結果の一部を図2に示したが、四万十北帯、南帯それぞれにおいて、ビトリナイト反射率の南方増加パターンが、比較的大規模な断層の位置で不連続性を示しながら、少なくとも2回ずつ繰り返していることが明らかとなった。

また、四万十帯の形成時代を考慮すると、反射率が4～5%を示した地点では、過去に少なくとも200℃程度の古地温を経験したことが推定される。

プレートの沈み込みが起こっている島弧海溝系では、海洋側ほど隆起量が大きいという現象が共通して見られ、海洋側に分布する地層ほど、埋没により相対的に高い温度を経験した後、現在地表に隆起しているものと考えられる。ビトリナイト反射率の南方増加傾向が、四万十北帯、南帯に共通して認められたという結果は、現在の島弧海溝系という基本的システムは、少なくとも白亜紀まで溯ることができ、四万十帯がプレートの沈み込みに伴って形成された付加プリズムであるという仮説に対する一つの傍証になるものと考えられる。

この研究は、また、有機熟成パラメーターの一つであるビトリナイト反射率による、低度変成帯の解析の可能性を示したものと言える。

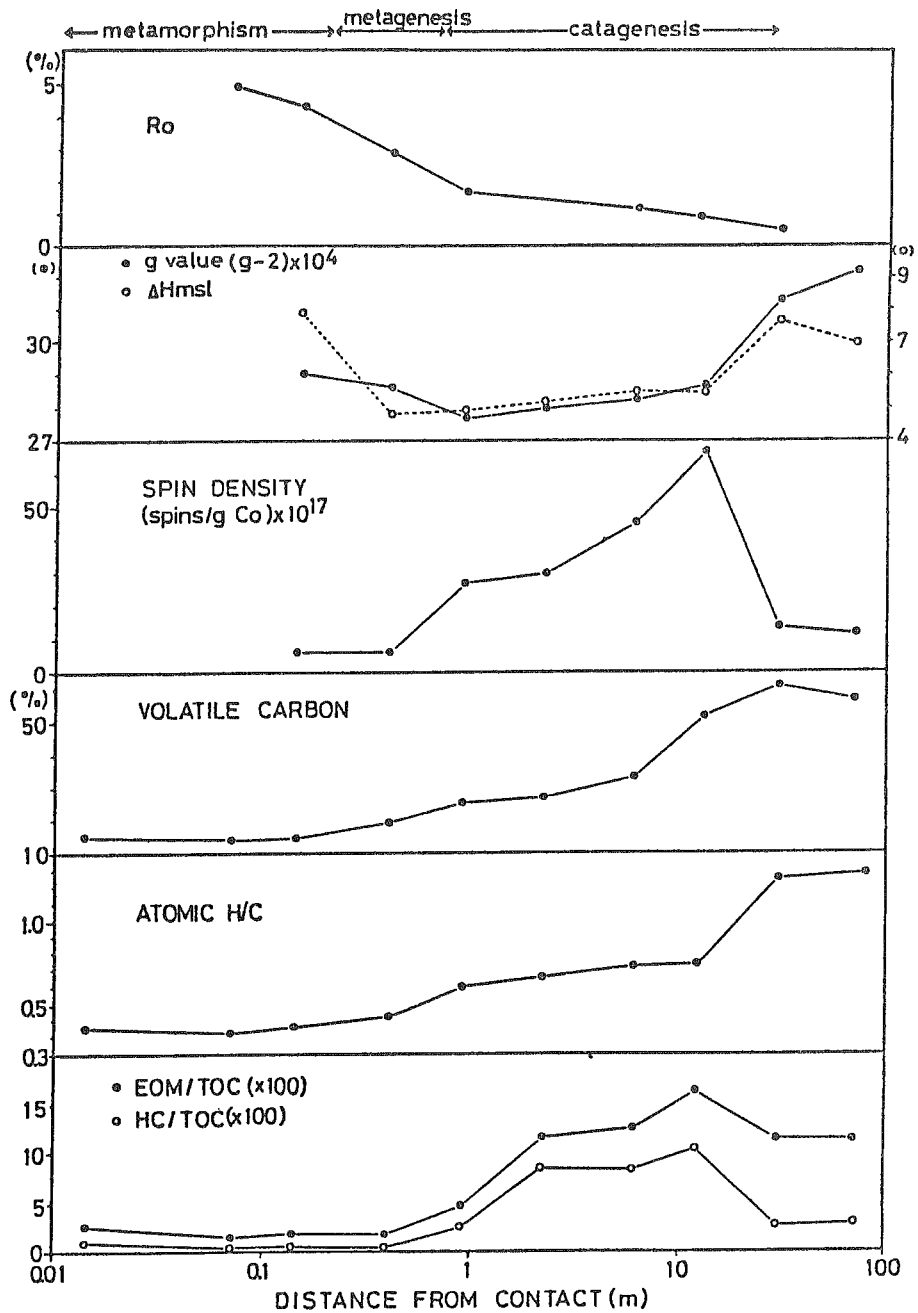


Figure 1. Major changes of organic matter observed for contact alteration.

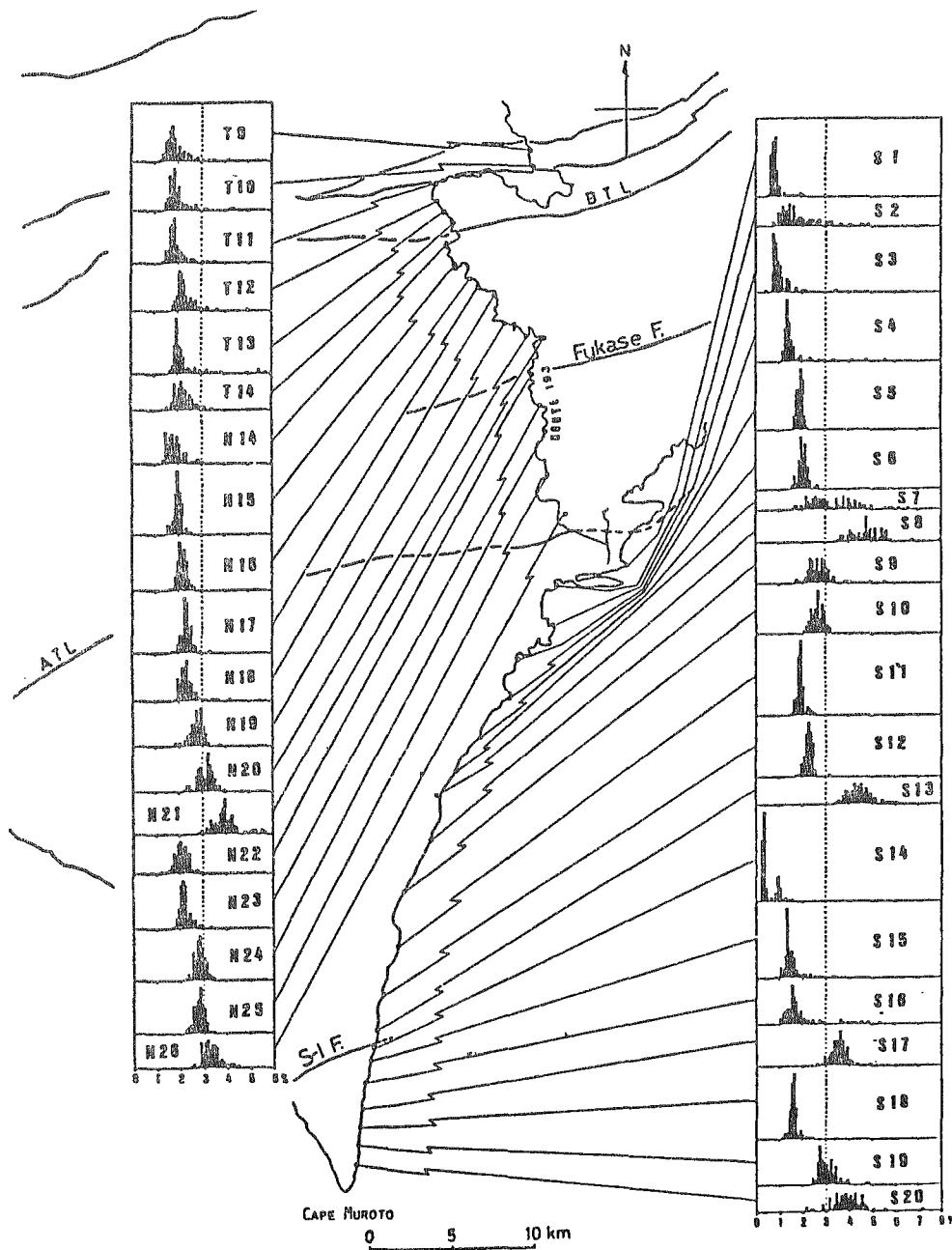


Figure 2. Vitrinite reflectance histograms along National Highway No.193 and the east coast of Muroto Peninsula.

論文審査の結果の要旨

森一司提出の論文は、堆積岩中の有機物熟成に関する研究の中で、いわゆる“石油発生帯”よりも熟成・変質の進んだ領域、すなわち堆積学上、カタジェネシス、メタジェネシス、変成作用と呼ばれる変質領域の有機物、粘土鉱物の変質作用を明らかにしたものである。

一般に、石油発生帯より以深のボーリングコア試料は、経済的理由から掘削があまり行われず、従って、それら試料の入手が困難であるため、森は第1に、粗粒玄武岩の貫入により変質した新第三紀泥質岩の野外試料に注目し、これを用いて上記領域の変質作用を明らかにすると同時に、第2に上記研究により明らかとなった、広範囲変質領域に有効な変質パラメータ、ビトリナイト反射率を用いて、低度変成を受けている四万十帯の白亜紀-古第三紀堆積岩の変質作用を明らかにしている。

接触変質に関する研究では、岩石中に含まれる全有機炭素量、抽出性有機物量、全炭化水素量、n-アルカン、ステラン、トリテルパン、ケロジェン等について、元素分析、赤外分光分析、熱分解、ESR、X線回折、ビトリナイト反射率測定等の手段を用い、接触変質に対応する泥質岩の有機物の変化を明らかにし、あわせて粘土鉱物の変化についても言及している。研究結果として、カタジェネシス・ステージでは、ケロジェンの分解による低分子（炭化水素）成分の生成が卓越し、メタジェネシス・ステージではケロジェンの縮合が支配的となることを明らかにしている。粘土鉱物は接触面に近づくに従い、モンモリロナイトが混合層鉱物を経て、イライト、緑泥石に変化していることを明らかにしている。

四万十帯は、これまで漠然と低度変成作用を受けていると考えられるのみで、低度変成作用に対する岩石鉱物学的手法には限界が存在するため種々の論議が多かった。森は、本研究により、四万十帯の変成度が南に向かって不連続的に上昇しているという特徴を始めて明らかにした。この研究結果は、有機物の変質指標を変成作用解明の研究手段として用いることの有効性を実証すると同時に、四万十帯がプレートの沈み込み伴って形成された付加プリズムであるという仮説に対して有力な傍証を与えたものと言える。

以上の結果は、申請者森一司が自立して、研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示すものであり、よって審査員一同は、森一司提出の論文は、理学博士の学位論文として合格と認める。