HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Paleoenvironmental and sedimentary systems within the land-ocean interface reconstructed by biomarker analysis of Miocene sediments from Brunei and Hokkaido, Japan [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Ismail, Muhammad Adam Bin
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第16090号
Issue Date	2024-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/93602
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Muhammad_Adam_Bin_Ismail_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（理　学）　　氏　名　Muhammad Adam bin ISMAIL

審査担当者
主査　教　授　沢田　健
副査　教　授　山田　敏弘
副査　助　教　中村　英人

学 位 論 文 題 名

Paleoenvironmental and sedimentary systems within the land-ocean interface reconstructed by biomarker analysis of Miocene sediments from Brunei and Hokkaido, Japan
（ブルネイおよび北海道の中新統堆積岩のバイオマーカー分析による陸-海インターフェイスにおける古環境および堆積システムの復元）

博士学位論文審査等の結果について（報告）

生物指標分子（バイオマーカー）は特定の海洋・陸上生物によってつくられ、乾燥度や降水量、塩分濃度、温度などの環境変化に対応するため、環境・気候の復元および堆積学システムの解析に有用である。この博士論文では、ブルネイ（ボルネオ島北部）および北海道の新第三系の沿岸～半深海堆積層のバイオマーカー分析を行い、陸-海インターフェイスにおける古環境および堆積システムを復元した。さらに、深海への陸源物質の直接的な輸送によってタービダイト砂岩中に炭素吸収源が形成される過程、地球寒冷化と東アジアモンスーンの進化に伴う陸域と海域の炭素生産の変化などを復元した。本研究の結果から、おもに次のような新しい知見が得られた。

１．有機堆積システムの研究：陸域-深海間の堆積システムによるタービダイト砂岩中の陸源有機物の保存に及ぼす影響について検討した。クレバススプレー（氾濫原）やハイパーピクナイトなどの洪水によって堆積した地層は、北海道夕張地域に分布する川端層においては陸上植物片が濃集した堆積物として見出される。一方、潮汐による再堆積した有機物に富む砂岩は、ブルネイのメラガンビーチに露出する Belait 層から見出された。バイオマーカー指標である C27 ステラン比（陸域/海洋起源有機物比）を用いて、供給源から吸収源への陸源および海洋有機物の投入と変質を解析した。その結果、初期段階の洪水には大量の陸源有機物が存在するが、海洋起源有機物はほとんど存在しないことがわかった。しかし、洪水による淡水が海に流入すると、海水に比べて低密度の淡水（陸源物質が高濃度の混濁流）から一部の陸源有機物が流出して失われることが起こる。また、海底堆積物が浸食されて砂質流に取り込まれると、海洋有機物が混濁砂質流に取り込まれる。ハイパーピクナル流の分析でも、高密度の堆積物では陸源、特に木材質有機物が多く、低密度の堆積物では葉や草本質有機物が多いことが示されており、有機物の分布が有機物と流れの密度差によるものであることを明示していると考えた。一方、潮汐により再堆積物では、2 つの有機物に富む相―波状の層理（マッドドレープの一種）を持つリップル状砂岩、およびトラフ斜交層理を持つトラフ状砂岩を判別できた。リップル状砂岩は、有機物に乏しい砂岩と比較して、全有機炭素(TOC)%、葉ワックス由来のバイオマーカーである n-アルカン、珪藻由来バイオマーカーの高分岐鎖イソプレノイド（HBI）アルカンを多く含む。潮の流れに伴ってリップルが形成されるが、潮の満ち引きが逆転する際に、有機物がリップルの上に泥とともに堆積するのに十分なほど穏やかな弛緩・淀む状態になり、有機物を豊富に含む層が形成されると考えられる。一方、強い水流によって形成されたトラフ状砂岩では、有機物は地層の水流方向に高濃度になる傾向が見られた。これは、水流のリーサイドの手前で形成された小さな渦が、そのリーサイドに有機物を捕捉したと考察した。リップル状砂岩とは異なり、これらの堆積物は双方向流の影響を

強く受けていないため、海洋有機物はほとんど含まれなかった。これらの研究は、泥岩だけでなく、砂岩もそれぞれの堆積過程によっては大規模かつ重要な炭素吸収源になりうることを示唆している。

２．ブルネイの新第三系堆積層における古環境復元の研究：ブルネイの新第三系堆積層の分析から、テクトニクスによる隆起と低地環境の拡大が安定気候期の植生パターンに及ぼす影響について検討した。ブルネイにおいて浅海相の Belait 層露頭（約 12 Ma）と、Batong に露出する深海相の Miri 層露頭（約 10 Ma）から採取した。これらは、南シナ海の $\delta^{18}O$ などの古水温復元から、安定した気候のもとで、継続的なテクトニクスによる隆起と低地の拡大があった時期に堆積したものである。フタバガキ科などの被子植物によく見られるバイオマーカーであるカダレンは、より年代が若く沖合環境の試料でより多く含まれることがわかった。このことは、低地の後背域がより拡大した時代に堆積したものであることから、より多くのカダレンに富むフタバガキ科植物の生育を可能にしたと考えられる．針葉樹に含まれるジテルペノイドも、年代の若い露頭でより多く含まれている。12〜10Ma の間は気温が安定していたため、冷涼な気候が拡大したとは考えられない。しかし、現在のボルネオ島の植生パターンに見られるように、針葉樹は標高の高い山に多い。したがって、針葉樹の拡大は、ボルネオ後背地の継続的な隆起によって形成された、より高い山岳地域に関係していると解釈される。

３．北海道の新第三系堆積層における古環境復元の研究：中期中新世（15〜9Ma）における地球寒冷化と、東アジアモンスーンの強化による日本列島・日本海の北部域の環境・気候への影響について検討した。夕張に分布する川端層において、陸上植物ワックスの n-アルカンは年代に伴ってわずかに減少し、裸子植物由来のジテルペノイドは増加した。これらはそれぞれ、河川流量の減少と寒冷化による植生の変化を示唆している。これは、亜極前線が南下するにつれて、冷え込みがまず北日本に影響を与えた可能性が高い。平均鎖長(ACL)などの植物ワックスが示す植生指標はほとんど変動を示さず、乾燥化が起こっていなかったことが推察される。C27 ステラン比と珪藻由来 HBI アルカンの濃度の増加も、より新しい年代で増加を示している。このような海洋基礎生産の変化は、中新世における北太平洋深層水において石灰質からシリカ質に富む状態へ移行したためと考えられるが、栄養塩に富む酸素極小帯（OMZ）水の周期的な湧昇によるものとも考えられる。

これらを要するに、著者は、陸-海インターフェイスにおける環境・気候と堆積システム関連性について、砂岩などのより粗粒な堆積システムが海洋環境における陸源有機物の保存に影響を与え、より細粒な泥岩よりも多くの有機炭素を保存することが多く、従来とは異なる新たな炭素吸収源となるという新知見を得たものであり、堆積地質学、有機地球化学、古気候学に対して貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。