

学 位 論 文 題 名

Paleoenvironmental changes in late Neogene to
early Quaternary in southwestern Hokkaido, Japan
— A stratigraphical-micropaleontological elucidation —

（西南北海道における新第三紀後期から第四紀初頭に
おける古環境変遷－層位学的・微古生物学的解明－）

学位論文内容の要旨

西南北海道の渡島半島地域には、日本海形成に関係する一連の活動により堆積した新第三系・第四系が広く分布する。これらは長尾・佐々(1933)により、下位から福山層・吉岡層・訓縫層・八雲層・黒松内層・瀬棚層と命名され、今日まで標準層序としてその名称が使用されている。これらの地層を形成した堆積盆は、鮮新世後期（約300万年前）頃から起こった差別的な構造運動によって分断・縮小し、最終的に中期更新世（約80万年前）以降には完全に陸化して消滅した。したがって、この地域の地形形成の過程や環境変遷を考える上では、現地地形形成開始の直前に堆積した鮮新世後期から更新世にかけての地層が特に重要な研究対象の一つといえる。

本地域の鮮新－更新統は上記のうちの黒松内層と瀬棚層であるが、これまで両層の層位学的関係は整合か不整合かが曖昧で、堆積年代も特定されておらず、存在が予想される汎世界的氷河性海水準変動に関する報告もなされていなかった。すなわち、鮮新世以降（約500万年前から）については、水深や水温あるいは堆積場の変化などの古環境変遷について具体的な情報が不足していた。

北海道周辺海域は、現在のような間氷期であってもなお冷涼な気候下にあり、海域における暖流系生物の数は非常に少ない。しかし、これまで報告されている化石記録には断片的に暖流系生物化石が報告されている。そこで、その産出状況を時間軸に添って確認できれば、暖流系化石の産出を環境変動のシグナルとして認識できる可能性が高いと考えられる。このシグナルを検知する上で、暖流系種の生息がまれな北海道周辺地域は最適のフィールドといえる。

そこで本研究では、このような問題意識から、特に黒松内層と瀬棚層について詳細な層位学的調査を行い、火山岩類の放射年代測定や珪藻および石灰質ナノ化石による生層序学的検討により堆積年代を特定し、さらに有孔虫化石を主とする微古生物学的検討により古環境変遷を示すとともに、瀬棚層を特徴づける貝殻集積層の形成機構を検討して以下の結論を得た。

1. 西南北海道に広く分布する黒松内層は、下位の八雲層とは整合漸移関係にあり、上位の瀬棚層とは傾斜不整合関係にある。本層が典型的に露出する今金―上八雲地域においては、下部から住吉シルト岩部層・サックルベツ火砕岩部層・奥沢砂岩部層に3分される。奥沢砂岩部層は岩相的に類似するため瀬棚層に含められていたが、本研究で、瀬棚層が奥沢砂岩部層を明瞭な傾斜不整合で覆うことを確認したため、奥沢砂岩部層は黒松内層に含めるべきであることが明白となった。その結果、黒松内層と瀬棚層はどの地域でも傾斜不整合関係にあると結論された。このことは、黒松内層と瀬棚層の堆積盆が異なるものであり、両層の堆積時期の間には大きなギャップが存在することを示す。また、黒松内層の堆積期間は鮮新世初頭（約500万年前）から前期更新世（約140万年前）までであり、その時の古水深は中部漸深海帯（約700m以深）であった。
2. 北海道の第四紀における最大海進期である瀬棚期は、2つの海進ステージに区分される。第1ステージは約120万年前に開始した内部浅海帯(0-45m)程度の浅海で、現在のオホーツク海やベーリング海に棲むような軟体動物や海牛類などの寒流系動物群集で特徴付けられる。第2ステージは100万年前頃に始まり、海は急速に拡大・深化し時に水深150mを超えたが、60-40万年前には陸化してこの海進は終了し、西南北海道周辺はそれ以後はほぼ現地形と同様の海陸分布となった。
3. 第2ステージの95-85万年前頃の堆積物を7つのユニットに分けて検討し、それらが氷河性海水準変動に起因する海進・海退サイクルであったことを見出した。そして、この時の水深が50から百数十m前後の間で変化したことや、“古対馬”暖流の影響を受けていたことなどを明らかにした。この時期のサイクルは、海域での研究から氷河性海水準変動によるとされており、国内からは未報告のものであったが、生層序学的に酸素同位体ステージ21に対比された。
4. 上述のサイクル中の貝殻密集層において、有孔虫の群集解析を軟体動物の群集解析と組み合わせることで、Kidwell (1991) が示した4つの貝殻密集層タイプのうち、event-concentration, condensed concentration, lag-concentrationの3種類の貝殻密集層があることを識別し、本サイクル中に海進に伴う急速な深化による2回のコンデンセーション（堆積速度の著しい低下現象）があったことを示した。この有孔虫化石と軟体動物化石とを組み合わせた解析手法は、他の貝殻密集層の成因の特定についても非常に有用な手法となり得る。
5. 貝殻密集層中の有孔虫による古水深の見積り（150m前後）と軟体動物による見積り（潮下帯―30m前後）に見られる食い違いは、有孔虫の方が軟体動物に比べて解析解像度が高いことに起因し、それらの検討から、古水深の急激な変化に伴ってそれぞれ異なる水深で堆積した有孔虫と軟体動物が混在する貝殻密集層があることを新たに示した。このことから、このようなタイプの貝殻密集層中には異なる生物種間でのタイムアベレージング（複数の時期の化石の混在）があること、有孔虫化石の解析によりそれを時間軸に添って展開・復元できることがわかった。

西南北海道周辺の鮮新―更新世の古環境変遷に関する以上の結論は、これまで日本では報告されていなかった時期の氷河性海水準変動の様子を1万年以下のオーダーで示すとともに、現在のこの地域の海陸分布の形成につながる基本的な地質学的情報を提供したもの

である。また、本研究に用いられた微古生物学的な手法は、今後他の地層への応用が広く期待されるものであり、今後こうした研究手法により100万年前以前の過去の古環境変遷についてもより詳細な検討が可能となると考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 場 忠 道

副 査 教 授 南 川 雅 男

副 査 助 教 授 長 谷 川 四 郎

副 査 教 授 山 口 義 寛 (北海道教育大学岩見沢校)

学 位 論 文 題 名

Paleoenvironmental changes in late Neogene to early Quaternary in southwestern Hokkaido, Japan — A stratigraphical-micropaleontological elucidation —

(西南北海道における新第三紀後期から第四紀初頭に
おける古環境変遷－層位学的・微古生物学的解明－)

西南北海道の渡島半島地域には、日本海形成に関係する一連の活動により堆積した新第三系－第四系が広く分布する。これらは長尾・佐々(1933)により、下位から福山層・吉岡層・訓縫層・八雲層・黒松内層・瀬棚層と命名され、今日まで標準層序としてその名称が使用され続けている。これらの地層の堆積盆は、鮮新世後期(約300万年前)頃から起こった差別的な構造運動によって分断・縮小し、最終的に中期更新世(約80万年前)以降には完全に陸化して消滅した。したがって、この地域の地形形成の過程や環境変遷を考える上では、現地形形成の直前に堆積した鮮新世後期から更新世にかけての地層が特に重要な研究対象の一つといえる。

本地域の鮮新－更新統は上記のうちの黒松内層と瀬棚層であるが、これまで両層の層位学的関係は整合か不整合かが曖昧で、堆積年代も特定されておらず、存在が予想される汎世界的氷河性海水準変動に関する報告もなされていなかった。したがって、鮮新世以降(約500万年前から)については、水深や水温あるいは堆積場の変化などの古環境変遷について具体的な情報が不足していた。

北海道周辺海域は、現在のような間氷期であってもなお冷涼な気候下にあり、海域における暖流系生物の数は非常に少ない。しかし、これまで報告されている化石記録には断片的に暖流系生物化石が報告されているため、その産出状況を時間軸に添って確認できれば暖流系化石の産出を環境変動のシグナルとして認識できる可能性が高い。このシグナルを検知するには、暖流系種の生息がまれである地域が望ましいため、北海道周辺はこれに最適のフィールドといえる。

申請者は、このような問題意識から、特に黒松内層と瀬棚層について詳細な層位学的な調査を行い、火山岩類の放射年代値や珪藻化石や石灰質ナンノ化石の生層序学的検討により堆積年代を特定し、有孔虫化石を主とする微古生物学的な検討や酸素同位体比などの検討により古環

環境変遷を示すとともに、瀬棚層を特徴づける貝殻集積層の形成機構を検討して以下の結論を得た。

1. 西南北海道に広く分布する黒松内層は、下位の八雲層とは整合漸移関係にあり、典型的に露出する今金―上八雲地域においては、下部から住吉シルト岩部層・サックルベツ火砕岩部層・奥沢砂岩部層に3分され、上位の瀬棚層とは傾斜不整合関係にある。岩相的に類似するため奥沢砂岩部層が瀬棚層と認識されていた地域では、両層の関係が整合関係であるとされていたが、本研究でその奥沢砂岩部層の上を傾斜不整合関係で瀬棚層が覆っていることを確認したため、奥沢砂岩部層は黒松内層に含めるべきであることが明白となった。したがって、黒松内層と瀬棚層はどの地域でも傾斜不整合関係にあるといえる。このことは、黒松内層と瀬棚層の堆積盆が異なるものであり、両層の堆積期間には大きなギャップが存在することを示す。また、黒松内層の堆積期間は鮮新世初頭（約500万年前）から前期更新世（約140万年前）までであり、その時の古水深は中部漸深海帯（約700m以深）であった。

2. 北海道の第四紀における最大の海進期である瀬棚期は、2つの海進ステージに区分される。第1ステージは約120万年前に開始した内部浅海帯(0-45m)程度の浅海で、現在のオホーツク海やベーリング海に棲むような軟体動物や海牛類などの寒流系動物群集で特徴付けられる。第2ステージは100万年前頃に始まり、海は急速に拡大・深化し時に水深150mを超えたが、60-40万年前には陸化してこの海進は終了し、西南北海道周辺はそれ以後はほぼ現地形と同様の海陸分布となった。

3. 第2ステージの95-85万年前頃の堆積物を7つのユニットに分けて検討し、氷河性海水準変動に起因する海進・海退サイクルがあったことを見出した。そして、この時水深が50から百数十m前後の間で変化したことや、表層水温が約15-20℃、海底水温が5-8℃前後で変動したことを酸素同位体比の変動などから復元し、浮遊性有孔虫の産出状況などをも考慮して“古対馬”暖流の影響を受けていたことを明らかにした。このサイクルは、これまで日本では氷河性海水準変動が未報告の時代であり、生層序学的に決定された年代に基づいて酸素同位体ステージ21に対比された。

4. 上述のサイクル中の貝殻密集層において、有孔虫の群集解析を軟体動物の群集解析と組み合わせることで、Kidwell (1991) が示した4つの貝殻密集層タイプのうち、event-concentration, condensed concentration, lag-concentrationの3種類の貝殻密集層があることを識別し、本サイクル中に海進に伴う急速な深化による2回のコンデンセーション（堆積速度の著しい低下現象）があったことを示した。この有孔虫化石と軟体動物化石とを組み合わせた解析手法は、他の貝殻密集層の成因の特定についても非常に有用な手法となり得る。

5. 貝殻密集層中の有孔虫による古水深の見積り（150m前後）と軟体動物による見積り（潮下帯-30m前後）に見られる食い違いは、有孔虫の方が軟体動物に比べて解析解像度が高いことに起因し、それらの検討から、古水深の急激な変化に伴ってそれぞれ異なる水深で堆積した有孔虫と軟体動物が混在する貝殻密集層があることを新たに示した。このことから、このようなタイプの貝殻密集層中には異なる生物種間でのタイムアベレージング（複数の時期の化石の混在）があること、有孔虫化石の解析によりそれを時間軸に添って展開・復元できることがわかった。

以上のように示された西南北海道周辺の鮮新―更新世の古環境変遷は、これまで日本では報告されていなかった時期の氷河性海水準変動の様子を1万年以下のオーダーで示すとともに、現在のこの地域の海陸分布の形成につながる基本的な地質学的情報を提供したものである。ま

た、申請者が提示した微古生物学的な手法は、他の地層への応用が広く期待されるものであり、今後こうした研究手法により100万年前以上の過去の古環境変遷についてもより詳細な検討が可能となることが示された。

申請者が本論文をまとめるにあたっておこなった精力的かつ広範囲にわたる野外調査や、それにより得られた多くのデータの解析および古生物学的な研究手法の開発などは高く評価できるものである。また、得られたデータの公表にも積極的であり、これまでも多くの学会発表や論文の執筆に取り組んでおり、独立した研究者として今後も高い能力を発揮することが期待されている。審査員一同は、これらの成果とその研究姿勢を高く評価し、大学院課程における研鑽や取得単位等ともあわせ、申請者が博士（地球環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判断した。