

主論文審査の要旨

本論文では、浅海成炭酸塩岩中の炭素・酸素同位体組成に基づき、浅海成炭酸塩シーケンスの堆積期間中におけるわずかな海水準変動に伴って形成される地表露出面を認定し、それを基に高解像度の海水準変動を明らかにすることを目的としている。

第四紀を特徴づける氷期～間氷期サイクルは、約10万年周期を持ち、この気候変動に伴い、100mオーダーでの海水準の変動があったことが知られている。これまで海水準変動の復元は、隆起サンゴ礁や堆積物などにより復元され、特に最終間氷期以降の浅海成炭酸塩岩による海水準変動の復元では、造礁サンゴの生息水深とそれらの放射性同位体年代とを合わせて、詳細な海水準変動が復元されてきた。しかし、氷床コアにおける酸素同位体曲線の中には、数千年～数万年程度のさらに短周期の気候変動があったことが示されており、このような短周期の気候変動に伴う海水準変動を復元するには、小規模な海水準低下に伴って形成される地表露出面を認定することが重要であると考えられる。しかし、これまでの堆積学的・岩石学的研究では、堆積水深が20mよりも浅い連続した炭酸塩シーケンスでは、小規模な海水準変動に対応する地表露出面を認定することはきわめて困難であった。そこで論文提出者は、堆積直後から始まる続成作用に着目し、中でも、海水準変動に伴う地表露出に関連した同位体組成の初生値からの変化について着目した。この同位体組成値の変化は、肉眼では識別しにくい地表露出面を認定するのに有効であることから、どの程度の時間・空間スケールの海水準変動まで、本手法が適用可能であるかについて検討を行ない、それを踏まえて高解像度の海水準変動の復元を試みた。

まず第2章では、鹿児島県喜界島の上部更新統琉球層群から得られた2本のボーリングコア (STb-1・STb-2) を用いて、岩相、続成組織、炭酸塩鉱物組成ならびに炭素・酸素同位体組成を用いて地表露出面の認定を行い、それに基づく詳細な海水準変動の復元を試みた。その結果、STb-1・STb-2 両コアの岩相は3つに大別され、下位からサンゴrudstone ないし floatstone, サンゴ bindstone, ならびにサンゴ bufflestone からなることが明らかになった。また堆積環境は、それぞれの構成生物種から、水深0～5mの礁池、水深0～5mの外側礁原～礁斜面上部、水深0～20mの礁嶺～礁斜面上部であることが明らかになった。

これらサンゴ礁性堆積物の炭素同位体組成は $1.3 \sim -5.4\% \delta^{13}C_{PDB}$ の値を、酸素同位体組成は $-0.5 \sim -4.2\% \delta^{18}O_{PDB}$ の値を示し、炭素同位体組成は STb-1 コアで3層準、STb-2 コアで2層準の負方向へのシフトが認められ、それに伴い、酸素同位体組成も負方向へのシフトが認められた。これらの特徴は、Allan and Mathews (1982) の地表露出面認定のための特徴と合致しており、これらの層準では地表露出したと推定される。これらと両コアの岩相および堆積環境の対比から、STb-1・STb-2 コアは、地表露出面によって区分される4つの堆積時期の異なるユニットI～IVからなることが明らかにされた。さらに、これらのユニットは、隣接する地点の堆積年代から、50～65kaの中に存在する IS-14～IS-17 の4つの亜間氷期に対応して堆積したことが指摘された。以上の結果から、論文提出者は、同位体組成に基づく地表露出面の認定により、従来の研究結果よりも短周期の

数千年オーダーの海水準変動の復元が可能であることを示した。これらの結果は、現在、査読付学術誌に投稿中である。

第2章の結果を受けて、第3章では沖縄県宮古島の中部更新統琉球層群（約60～100万年前）から得られた6本のボーリングコアを用いて、従来明らかにされている堆積時の海水準変動よりも、より高解像度の海水準変動を復元することを試みた。各コアは、主としてサンゴ石灰岩と石灰藻球石灰岩の繰り返しからなり、堆積相、造礁サンゴ化石群集、ならびにそれらの堆積・生息水深に基づき6つのユニットに区分され、約10万年周期の酸素同位体ステージ(MIS)に相当する海水準変動に伴って堆積したことが明らかにされている。

これら6本のコアの炭素同位体組成は、 $-0.9\sim-8.3\text{‰}\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ の変動幅を示し、酸素同位体組成は $-4\sim-6\text{‰}\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ 前後の値を示す。また炭素同位体組成は、各ユニット境界やユニット内部で複数回の負方向へのシフトを示す。炭素・酸素同位体組成、コア観察、薄片観察から、ユニット1～3ならびにユニット5で4層準、ユニット4で2層準において、海水準低下に伴う地表露出が指摘された。このことから、約10万年周期の海水準変動で堆積した各ユニット内部で認められる地表露出面は、従来明らかにされてきたよりも短周期の海水準変動に伴うものと考えられ、2～3万年程度の海水準変動を復元していることが指摘された。これらの結果の一部は、既に査読付学術誌に公表済である。

さらに第4章では、これらの結果を踏まえ、本手法による海水準変動復元における規制要因について議論し、岩相・テクトニクス・堆積物の機械的削剥や再堆積・続成作用のオーバープリントなどが、その主たる要因であることを指摘し、それによって海水準変動復元の可能性や復元される海水準変動のオーダーなどが規定されるとしている。

以上の結果に基づき、最後に本論文では、炭素・酸素同位体組成を用いた地表露出面の認定は、条件によりオーダーは異なるものの、従来の堆積相、造礁サンゴ化石群集、ならびにそれらの堆積・生息水深に基づき復元される海水準変動よりも、高解像の数千年～数万年オーダーの海水準変動を復元することが可能であり、広く世界に分布する浅海成炭酸塩シーケンスに適用可能であると結論づけている。

審査委員	理学専攻	地球環境科学講座	教授	氏名	松田 博貴
審査委員	理学専攻	地球環境科学講座	教授	氏名	長谷川 四郎
審査委員	複合新領域科学専攻	複合新領域科学講座	教授	氏名	島田 純
審査委員	理学専攻	化学講座	准教授	氏名	中田 晴彦