博 士（理 学） 岡 野 和 貴

学位論文題名

Organic biogeochemical study on mid-Cretaceous Oceanic Anoxic Event la and lb in Vocontian Basin, SE France

（南東フランス・ボコンチアン堆積盆における
中期白亜紀海洋無酸素事変 la および lb の生物地球化学的研究）

学位論文内容の要旨

近年急速な地球温暖化が進み、地球環境や生物生態系に大きな影響をおよぼすことが懸念されている。その主たる原因のひとつと考えられているのが二酸化炭素であり、地球上における炭素循環には海洋生物、あるいは陸上植物などの生態系が大きく関与していることが知られている。つまり地球温暖化が将来もたらすであろう地球環境の変動を予見するにあたり、過去の温室期にあたる地球環境を生物地球化学プロセスの観点から復元することは重要であると考えられる。白亜紀は地球史におけるもっとも温暖化が進んだ時代のひとつであり、大気二酸化炭素濃度は現在の 3~12 倍であったと推定されている。白亜紀の地層中には有機物に富み、ラミナ構造が発達した黒色頁岩層が幾層も挟まれ、その堆積が全世界的に同時に起こっていることが知られており、その時期には全地球的に海洋が無酸素化する事変が起こっていたことが推察され、海洋無酸素事変 (Oceanic Anoxic Event; 以下 OAE)と呼ばれるようになった。OAE は大量の生物絶滅とも関連しいていることから、これまでに古生物学あるいは有機地球化学的研究が多く発表されてきた。しかしそれらの多くは、白亜紀の OAE の中でももっとも規模が大きかったといわれる OAE2 に関するものがほとんどであった。とくに有機地球化学的研究に関しては、近年 OAE1a の Goguel 層準や OAE1b の Paquier 層準での研究報告が数例あるのみである。そこで本研究では、南東フランス・ボコンチアン堆積盆における OAE1a の Goguel 層準と OAE1b の Jacob、Kilian、Paquier、Leenhardt 層準を対象にバイオマーカー分析を用いたラミナレベルでの高分解能での古環境・生物地球科学的プロセスの復元を行うことを目的とした。

OAE1a の Goguel 層準においてはシアノバクテリア由来の 2-メチルホパンが検出され、その濃度変化から Goguel 層準内において上位に向かってシアノバクテリアの群集が優位になっていったことが示唆された。また、シアノバクテリアの増加は海洋表層の貧栄養化や水温上昇、海洋中層の無酸素化が上位に向かって促進されていたことを示唆する。海洋表層での生物生産に関する定量的なデータはこれまで行われていないが、本研究ではステラン濃度を用いてその復元を試み、Goguel 層準での海洋では一様に貧栄養環境が広がってい

たことが示唆された。一方で、一時的に生物生産が増加した時期があることがステラン濃度からみられる。シアノバクテリアは熱帯域など貧栄養環境で優位に存在していることが知られているが、同層準ではシアノバクテリアの群集も現象する傾向が見られという調和的な結果が得られた。

OAE1b は先行研究によって陸源物質の大量供給があったことが推察されておるが、本研究においても陸源バイオマーカーが高濃度に含まれていた。また、それらはとくに Kilian や Paquier 層準でとくに高濃度であった。また、ステラン濃度の結果から Kilian 層準と Paquier 層準においては生物生産が高かったことが示唆された。陸源バイオマーカーの濃度変化がステランの濃度変化とよく一致していることから、高生物生産が陸域からの栄養塩の大量供給によってもたらされたものと推察した。海洋表層の高生物生産は海洋中の酸素極小層の拡大をもたらすことから、OAE1b の発生メカニズムは陸域からの物質輸送の増減と大きく関連していると推察した。また、Kilian 層準と Paquier 層準からはアーキア由来のバイオマーカーである TMI と PMI が検出され、その炭素同位体比から水塊中や堆積物中に生息するメタン菌が起源であると推察した。これらのバイオマーカーはは塊状泥灰岩層中ではではほとんど検出されず、黒色頁岩層で急激に増加した。メタン菌群集の拡大のひとつの要因として無酸素環境の拡大考えられる。海洋表層の高生物生産によって無酸素環境が強化されたと考えられる Kilian および Paquier 層準でメタン菌が増加したことから、陸上からの大量物質供給－海洋表層の高生物生産－海洋中でのメタン菌群集の拡大が Kilian および Paquier 層準での一連の OAE 発生メカニズムであると推察した。一方で、Jacob および Leenhardt 層準ではバイオマーカー組成から、陸源の供給量や生物生産が低かったことが示唆され、海洋中にメタン菌群集が拡大するほど無酸素環境が強化されなかったために TMI や PMI が検出されなかったのではないかと推察した。

学位論文審査の要旨

主 査	教 授	鈴 木 徳 行
副 査	講 師	沢 田 健
副 査	准教授	西 弘 嗣
副 査	教 授	竹 下 徹

学位論文題名

Organic biogeochemical study on mid-Cretaceous Oceanic Anoxic Event la and lb in Vocontian Basin, SE France

(南東フランス・ボコンチアン堆積盆における
中期白亜紀海洋無酸素事変 la および lb の生物地球化学的研究)

地球史の研究において，急激かつ極端な環境擾乱が起こった時代の地球環境・気候・生態系の挙動やシステムについての研究が盛んに行われている。その中でも，白亜紀中期に海洋水塊の無酸素化が地球規模で進行したと考えられている海洋無酸素事変（以下，OAE）について，1990年代頃から注目されて多くの研究報告がなされている。白亜紀は地球史を通じてもっとも大気中の二酸化炭素濃度が高く，それによる温室効果によって極端に温暖な環境が継続した時代の一つであると考えられている。したがって，近年の人類活動に起因する大気中の二酸化炭素濃度の上昇にともなう急速な地球温暖化が進行し続けた場合の地球環境の変化を予見する目的でも，白亜紀の古環境・古気候を復元するのは重要な研究であると考えられている。その白亜紀の中期において数回，断続的におこったOAEは大量の生物絶滅とも関連していることから，これまでに古生物学，地質学または地球化学の研究が多く発表されてきた。しかしそれらは，白亜紀OAEの中でももっとも大規模だといわれるOAE2に関するものがほとんどであった。そこで本論文において，白亜紀OAEのはじめの2回にあたるOAE1aとOAE1bの2つのイベントの時代に着目し，その無酸素海洋の形成メカニズムと無酸素水塊下での生態系の様相，生物地球化学的な物質循環像の解明を目指し，OAE当時に埋積した堆積物中の生体由来の生物指標有機分子（バイオマーカー）の分析から研究を行った。具体的な研究調査の対象として，南東フランス・ボコンチアン堆積盆におけるOAE1aのGoguel層準と，OAE1bのJacob、Kilian、Paquier、Leenhardt層準で，現地の地質調査，堆積岩の採集，有機地球化学的分析を行った。その結果，おもに次のような新しい知見が得られた。

1. OAE1aのGoguel層準において，シアノバクテリアに由来するバイオマーカーが検出され，その化合物の濃度分布等からOAE1a時における無酸素海洋でのシアノバクテリアが卓越する特殊な海洋生態系が形成されていたことを明らかにした。このシアノバクテリアの卓越

はイベント時の堆積層において年代が進むにつれて顕著になる傾向があり，これは特殊な生態系を生む海洋表層の貧栄養化や水温上昇、海洋中層の無酸素化が促進されていたことを示唆すると推察した。

2. OAE1b の層準において，陸上植物に由来するバイオマーカーの分析から，当時の海洋への陸源物質の大量供給があったことを示す明らかな証拠を得た。また，陸源物質の輸送はKilian，Paquier の両層準でとくに効率的に行われたことが推察され，かつ，それに連動した海洋藻類由来のバイオマーカー濃度の上昇が示す海洋生物生産の増大があったことがわかった。海洋表層の高生物生産は海洋の酸素極小層の拡大をもたらすことから，OAE1b の無酸素水塊の発生メカニズムは陸域からの物質輸送の増減と大きく関連しているという結論を得た。

3. OAE1b の Kilian 層準と Paquier 層準から，メタン生成タイプの古細菌（アーキア）由来のバイオマーカーが高濃度で検出された。その炭素同位体分析の結果とあわせて，当時の水塊中や堆積物中で，メタン生成アーキアが卓越する特異的な生態系が拡大したことを提示した。これは OAE1b 時の無酸素水塊と密接に関連した結果であり，かつ，OAE1b の無酸素水塊の拡大をさらに進行させる生物地球化学的メカニズムのひとつであったという結論を得た。

本論文は，以上のように白亜紀 OAE における無酸素水塊の拡大について，生物地球化学的循環という視点を加えて，より詳細で本質的なメカニズムに関する議論を得ることができた。また，OAE 時における，現海洋とは大きく異なる特殊な海洋生態系の拡大の生物地球化学的な証拠を提示した。これを要するに，著者は，白亜紀 OAE に限らず地球史の急激かつ極限的な環境事変の研究における，生物地球化学的視点を加えた新しい知見を示したものであり，地球史研究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。