



# HOKKAIDO UNIVERSITY

|                     |                                                                                                                                                                       |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title               | Organic biogeochemical study on marine ecosystems in the mid-Cretaceous oceanic anoxic events in SE France and Hokkaido, Japan. [an abstract of entire text]          |
| Author(s)           | 安藤, 卓人                                                                                                                                                                |
| Description         | この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。<br><a href="https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/">https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/</a> |
| Degree Grantor      | 北海道大学                                                                                                                                                                 |
| Degree Name         | 博士(理学)                                                                                                                                                                |
| Dissertation Number | 甲第12425号                                                                                                                                                              |
| Issue Date          | 2016-09-26                                                                                                                                                            |
| Doc URL             | <a href="https://hdl.handle.net/2115/63263">https://hdl.handle.net/2115/63263</a>                                                                                     |
| Type                | doctoral thesis                                                                                                                                                       |
| File Information    | Takuto_Ando_summary.pdf                                                                                                                                               |



## 学 位 論 文 の 要 約

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 安藤 卓人

## 学 位 論 文 題 名

Organic biogeochemical study on marine ecosystems

in the mid-Cretaceous oceanic anoxic events in SE France and Hokkaido, Japan.

(南東フランスおよび北海道における白亜紀海洋無酸素事変期の海洋生態系の生物地球化学的研究)

約 1 億年前の中期白亜紀は「超温室期 (Hot-greenhouse)」とも称される特に温暖な時代であったと考えられている。中期白亜紀の地層中には葉理が発達し有機物に富む黒色頁岩が広く確認されており、海洋の無酸素化の証拠とされている。この大規模な無酸素化（海洋無酸素事変；OAEs）の際には有機炭素の大量埋積が起きたため、大気中の二酸化炭素（温室効果ガス）が減少したと推測される。そのため、過去の温暖化を抑制した海洋基礎生産者が何であり、急激な環境変動に応答してどのように遷移・進化したかを理解することは重要である。本研究は、比較的研究が多くなされている南東フランス・ボコンティアン堆積盆と研究例に乏しい北海道・蝦夷層群の OAEs 層準堆積岩試料について、詳細な有機地球化学分析（バイオマーカー・ケロジェン分析）を行なうことで OAE 期の海洋生態系の理解することを目的とした。

シアノバクテリアに由来する 2-メチルホパンを用いたシアノバクテリア指標 (2-MHI) は南東フランス・Goguel (OAE1a) 層準試料において、5-25%と特に高い値を示し、他の OAE 層準において 2-MHI 値は 5%以下であった。南東フランスでは OAE1a 期においてシアノバクテリアが繁茂していたことが示唆される。2-メチルホパノイドは主要な現生種では *Synechococcus* からのみ検出が報告されている。また、先行研究と合わせることで、*Synechococcus* のようなシアノバクテリアの高生産域の範囲は、OAE1a 期では全球的であるのに対し、OAE2 期には古大西洋域に限定されることを明示した。白亜紀の主要な海洋基礎生産者と考えられている渦鞭毛藻の基礎生産への寄与を復元するために、三芳香環ステロイドを用いた指標である TADS（渦鞭毛藻指標）を新たに提案した。OAE1b 極相期の Paquier 層準と Thomel (OAE2) 層準では、TADS が特に高い値を示した。現生の渦鞭毛藻は、鉛直移動をして成層化した海洋でも中～深層水の有機物や栄養塩を獲得し、大量増殖できる。温暖湿潤化が促進された OAE1b と OAE2 の極相期においては、富栄養で成層化した海洋が広がり、渦鞭毛藻が主要な海洋基礎生産者となった可能性がある。

加えて、OAE1b 層準堆積岩からは、C<sub>21</sub> や長鎖 (C<sub>28</sub>-C<sub>33</sub>) のアリルイソプレノイドが主要化合物として検出され、Paquier 層準からのみ C<sub>40</sub> アリルイソプレノイドが検出された。ドイツ・メッセル頁岩試料との比較から、この C<sub>40</sub> アリルイソプレノイドは、緑藻類が多く持つリコペン骨格からなる巨大分子を前駆物質とすることが分かった。C<sub>21</sub> アリルイソプレノイドや他の長鎖アリルイソプレノイドもその続成生成物であると考えられる。メタン生成アーキア由来の有機分子の検出から、Kuypers et al. (2002) では、Paquier 層準の有機物の主成分はアーキア起源の巨大分子であると主張されている。しかし、これらの有機分子はリコペン骨格からなる巨大分子の切断でも生成する可能性がある。本研究から、OAE1b 期に堆積した有機分子は

アーキアではなく海生の緑藻類に由来する可能性を新たに示唆した。

OAE1a 層準堆積岩中のケロジェンは、プラシノ藻が形成するファイコーマ（不動細胞）*Lophosphaeridium* が他層準に比べて多く産出した。*Lophosphaeridium* は上記の 2-MHI が低い黒色頁岩層で多産したことから、OAE1a 期のプラシノ藻とシアノバクテリアの競争関係が示唆される。特にプラシノ藻は  $\text{NH}_4^+$  を直接利用ができたことで繁茂ができたと考えられる。Paquier 層準と Breistroffer (OAE1d) 層準からはそれぞれ *Baltisphaeridium* や *Leiofusa* といった特殊なアクリタークが観察された。一方で、OAE2 試料においては、上記の TADS の値が高い試料で渦鞭毛藻シストに類似したアクリターク *Micrhystridium* が高い割合を占め、逆に TADS 値が低い OAE2 期間中の乾燥・寒冷化イベント (Plenus Cooling Event) に相当層準で *Lophosphaeridium* が多産した。OAE2 期においては、温暖湿潤な時期に渦鞭毛藻のうち微小なシストを形成する小型の種が卓越し、一時的な寒冷乾燥期にはプラシノ藻が繁茂できた可能性が示唆された。

苫前地域の朱鞠内沢、大曲沢川セクションの蝦夷層群佐久層 Cenomanian-Turonian 境界 (CTB; OAE2 相当) 層準堆積岩からは、長鎖 *n*-alkane や芳香族ジテルペノイド・トリテルペノイドといった陸上植物由来の有機分子が多量に検出された。また、同堆積岩から得られたケロジェンは主に植物片とそれらが分解もしくは物理的に粉砕された FA や NFA が主要であった。よって、同堆積岩は陸源有機物の寄与が非常に大きいと考えられる。酸化還元環境を示す指標である Pr/Ph の値は底生有孔虫のデータと同様に、朱鞠内沢試料において還元的環境を示した。朱鞠内沢の佐久層にはチャネル堆積物やタービダイト性の砂岩が大曲セクションに比べて多く挟在する。したがって、苫前地域では、地域による陸源物質運搬の違いがあると考えられ、陸源有機物の分解による酸素消費が多い朱鞠内沢セクションで底層環境がやや無酸素的であったと推測される。また、より高感度に酸化還元環境を示すと考えられる Homohopene 指標 (HHenI) は、両試料ともに OAE2 相当層準では、むしろ酸化的な値を示した。一方で、HHenI は朱鞠内沢試料で OAE2 相当層準の直前でより還元的な値をしめした。以上の結果から、北海道周辺での無酸素化のタイミングはテチス海や古大西洋とは一致していないと考えられる。

渦鞭毛藻指標 (TADS) は朱鞠内沢・大曲沢川堆積岩では南東フランスの同層準より全体的に高い値を示した。それに対してより遠洋性の堆積岩である大夕張地域の同一層準試料の TADS は南東フランスより低い値であった。CTB 期の北海道ではより沿岸に近い苫前地域の海洋表層において、同時期の南東フランスやより遠洋側の大夕張地域と比較しても、定常的に渦鞭毛藻の生産性が高かったことが指摘できる。また、TADS 値は特に大曲沢川試料において、全球的な温暖化が進み海洋が成層化した時期である 1st-build up 期初期と Trough 期から 2nd-build up 期にかけて増加した。さらに、TADS が特に高い試料で *Micrhystridium* が多産する点で、南東フランスとの共通点がみられた。南東フランスと北海道の離れた 2 地域で *Micrhystridium* を形成するような小型の渦鞭毛藻に優位な海洋環境が OAE2 期の温暖・湿潤化に伴って、同時期に広がった可能性が指摘できた。