

高解像度元素マッピングを用いたセノマニアン/チュロニアン境界黒色頁岩の古海洋学的研究

Paleoceanographic study of black shale at the Cenomanian/Turonian boundary by high-resolution geochemical mapping

黒田 潤一郎[1], 大河内 直彦[2], 山根 雅之[3], 石井 輝秋[4], 佐藤 暢[5], 徳山 英一[6], 平 朝彦[6]

Junichirou Kuroda[1], Naohiko Ohkouchi[2], Masayuki Yamane[3], Teruaki Ishii[4], Hiroshi Sato[4], Hidekazu Tokuyama[5], Asahiko Taira[6]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 固体地球フロンティア, [3] 東大・海洋研・海洋底科学部門, [4] 東大・海洋研・大洋底構造地質, [5] 東大・海洋研・海洋底テクトニクス, [6] 東大・海洋研

[1] Earth and Planetary Sci. U-Tokyo, [2] IFREE, [3] ORI, Univ. of Tokyo, [4] Ocean Floor Geotec., Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo, [5] ORI, Univ. Tokyo, [6] Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo

白亜紀中期は顕生代で最も温暖かつ高海水準な時代で、海洋無酸素イベント(OAE)が繰り返し起こったといわれている。とりわけCenomanian/Turonian境界(C/T境界)におけるイベントは有機炭素に富む黒色頁岩が汎世界的に堆積したOAEの代表的存在とされており、近年盛んに研究が行われてきた。C/T境界のOAEを総合的に理解するには黒色頁岩堆積時の環境変化をより詳細に解明することが必要である。しかし黒色頁岩堆積期間中の環境変化は詳細に復元されていない。そこで本研究ではC/T境界黒色頁岩を構成する堆積物の消長をmmレベルで追跡することで黒色頁岩堆積時の環境変化を詳細に解明した。黒色頁岩の構成堆積物は電子プローブマイクロアナライザー(EPMA)による元素マッピングをもとに識別した。元素マッピングは産状を鏡下で確認しながら元素分析を行うことが可能であり、また分解能が高く黒色頁岩のような細粒堆積物の分析に適しているという特徴をもつ。

対象とした地層はイタリア Apennine 地域に分布し、C/T境界黒色頁岩の模式的存在である Bonarelli 層である。Bonarelli 層は遠洋性石灰岩中に厚さ約 1m で挟在する。Bonarelli 層は生物擾乱が欠如し明色層と暗色層が繰り返し出現する。岩相の特徴から Bonarelli 層は下部から Unit A (明暗色層の互層) Unit B (厚い暗色層) Unit C (明暗色層の互層) に細分される。鏡下の観察によると Bonarelli 層は放散虫、イクチオリス、コッコリス、黄鉄鉱、重晶石、粘土鉱物、有機物からなる。

Bonarelli 層の連続薄片試料を作成し、50 μm 解像度で元素マッピングした。鏡下の観察と元素マップの比較から各堆積物を特徴づける元素を選出した。放散虫は Si の元素マップ、イクチオリスは P の元素マップをもとにモード組成(占有面積比)を厚さ 1.5mm 間隔で算出した。一方粘土鉱物は Al、黄鉄鉱は Fe、コッコリスは Ca、重晶石は Ba の元素マップをもとに各画素における元素濃度を層理面方向に平均してプロファイルを作成した。また TOC は厚さ 1.5mm 間隔で測定した。

このように作成した各堆積物の変動を示すプロファイルから様々な特徴が判明したが、本研究ではその中で有機物と放散虫(ともに Bonarelli 層の主要構成堆積物)の変動が同調しないという結果に注目した。TOC と放散虫の相関図から Bonarelli 層には有機物が多く放散虫の少ない層準と放散虫が多く有機物の少ない層準が存在することが判明し、前者を organic facies、後者を radiolarian facies とそれぞれ命名した。岩相層序ユニットの Unit A では radiolarian facies が卓越し、間欠的に organic facies が出現する。Unit B から Unit C 中部にかけては organic facies が卓越し、Unit C 上部では再び radiolarian facies が卓越するという変化が認められた。

Organic facies は豊富な有機物で特徴づけられる。黒色頁岩の軽い窒素同位体組成および Ohkouchi et al. (1997) の結果との比較から窒素固定を行う藍藻類が有機物の起源生物である可能性が高い。Bonarelli 層全般に生物擾乱が欠如することから Bonarelli 層堆積期を通して底層が嫌氣的で有機物分解の影響は小さく、したがって有機物の変動は藍藻類の生産の変化を示していると解釈できる。窒素固定を行う藍藻類は紅海のような貧栄養環境で繁茂することから、organic facies の海洋環境として貧栄養環境が示唆される。貧栄養環境は海洋循環の停滞によって生じる。一方放散虫のような珪質化石に富む堆積物は湧昇域のような高基礎生産域の堆積物の特徴となっている(Diester-Haass and Schrader, 1979 など)。つまり Radiolarian facies の海洋環境として高基礎生産環境が示唆される。

上記の解釈をもとに Bonarelli 層堆積時の海洋環境の変遷を考察した。Bonarelli 層の Unit A 堆積期には高基礎生産環境が卓越し、間欠的に貧栄養環境が発生する。つまり活発な海洋循環の状態が卓越し、間欠的に海洋の停滞が生じた。Bonarelli 層 Unit B~Unit C 中部の堆積期には貧栄養環境が卓越し、長期的な海洋の停滞が生じた。Bonarelli 層 Unit C 上部の堆積期には再び海洋循環の活発な環境となった。このように Bonarelli 層の堆積期には「循環 停滞 循環」という大きな環境の変化が認められた。