

## X線分析顕微鏡による堆積岩の高解像度・迅速・定量分析法開発と中新世珪質岩堆積機構解明への応用

### Interpretation of sedimentation mechanism of Miocene siliceous rocks by high-resolution analytical method using X-ray microscope

# 越川 敏忠[1], 木戸 芳樹[2], 多田 隆治[3]  
# Toshitada Koshikawa[1], Yoshiki Kido[2], Ryuji Tada[3]

[1] 東大・院・理・地球惑星, [2] 東大・理・地球惑星, [3] 東大・理・地惑

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ, [2] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ, [3] DEPS, Univ. Tokyo

<http://www.geoph.s.u-tokyo.ac.jp/jp/index.html>

近未来の気候変動を正確に予測する必要性から、堆積記録を用いて数百～数千年規模の古環境変動を復元し、地球環境変動のダイナミクスを明らかにする事は重要である。そのためには埋没フラックスの変動を高時間解像度で復元し、物質循環のメカニズムを定量的に明らかにする事が不可欠である。堆積岩から埋没フラックスを推定する場合、生物源物質や碎屑物等の含有量、堆積岩の乾燥かさ密度、および平均堆積速度の定量が必要である。また生物源物質含有量および碎屑物含有量は元素組成から推定可能であることが知られている。従って数百～数千年規模の古環境復元の為には堆積岩の元素組成および乾燥かさ密度を高解像度で定量分析する必要がある。しかし従来のように、粉末試料を用いた蛍光X線分析法(以下 XRF 分析)によって元素組成を分析したり、水銀ピクノメーターを用いて乾燥かさ密度を測定したりする事は多大な時間を要する。そこで本研究では、まずX線分析顕微鏡を用いた堆積岩の元素組成および乾燥かさ密度の高解像度・迅速・定量分析法の開発を行い、次に開発した手法を用いて、女川層明暗色互層の堆積機構の解明を行った。

Horiba XGT-2700 は試料を非破壊・迅速・高解像度で分析可能のエネルギー分散型蛍光X線分析顕微鏡である。従来本装置は定性元素マッピングにのみ使用されており、その定量化は未だ実現されていない。しかし本研究では、本装置が試料の微小正方形領域を約 100 秒の走査測定により、積算蛍光X線スペクトルと透過X線画像を同時に取得できる点に着目し、堆積岩微小領域の元素組成および乾燥かさ密度を同時に定量できるのではないかと考えた。

まず元素分析に関しては、Na を除く各主要元素に対して、XGT-2700(以下 XGT)の測定によって得られる蛍光X線強度(cps・keV)と、従来の粉末試料を用いたXRF法による元素組成とは高い正の相関を示した。従って回帰直線を検量線として用いることで、Na を除く各主要元素組成は、 $\pm 0.015 \sim 4.5\text{wt}\%$ ( $\pm$  : 絶対誤差)の精度で定量可能である事が分かった。

次に密度分析に関しては、XGTによる透過X線画像を数値化して得られる透過X線強度と、水銀ピクノメーターを用いて測定した試料の乾燥かさ密度とは、指数関数で回帰される負の相関を示した。従って回帰曲線を検量線として用いることで透過X線強度から試料の乾燥かさ密度を、 $\pm 0.070(\text{g}/\text{cm}^3)$ ( $\pm$  : 絶対誤差)の精度で定量できることが分かった。

以上から XGT-2700 を用いて堆積岩の元素組成および乾燥かさ密度を同時に、高解像度かつ迅速に定量する手法を開発できた。この手法は従来の分析法の10倍以上の効率に当たる。

女川層は新第三紀中期中新世(約 15～10Ma)に堆積したとされる珪藻起源の珪質頁岩で、cmスケールの明暗色互層で特徴付けられる。また秋田県五城目地域の女川層は、年縞と考えられている厚さ数百 $\mu\text{m}$ の平行葉理を保存していることから、高時間解像度で埋没フラックスの変動を推定することが可能である。Tada(1991)では、五城目地域女川層の明暗色互層が、数千年スケールの海洋表層の生物生産性変化を反映している可能性を指摘したが、当時の分析技術では分析の解像度に限界があったため、可能性を指摘するに留まっている。そこで五城目地域の女川層において採取した約 2.5mの連続柱状試料に対し、本研究で開発した手法を用いて高解像度・連続・定量分析を行い、女川層の堆積メカニズムを高時間解像度で明らかにし、明暗色互層と古海洋学的変動との対応を調べた。

採取した試料を XGT によって 5mm の解像度で連続的に元素分析した結果、女川層は主に生物源シリカ、碎屑物、ドロマイトの 3 成分からなることが明らかになった。特に明色層では生物源シリカ含有量が高く、暗色層では碎屑物含有量が高い値を示した。これらに加え、XGT 分析による乾燥かさ密度と、平行葉理の枚数と厚さから推定した平均堆積速度を合わせることで、女川層における生物源シリカフラックスおよび碎屑物フラックスの変動を連続的に推定した。これによると、2.5m の間で碎屑物フラックスは滑らかに変動する一方、生物源シリカフラックスは数 cm 周期(数百年周期)で絶えず激しく変動し、明色層で高く、暗色層で低い値を示した。また平行葉理の保存度から底層水の酸化還元度の変動を推定した結果、生物源シリカフラックスが増加した時期に底層水が還元になる時期が数多く見られた。これは生物源シリカフラックスの変動が、海洋表層の生物生産性の変動を反映している事を示すものと考えられる。以上から女川層の cm スケールの明暗色互層は、数百年周期の海洋

表層の生物生産性変化を反映している事が明らかになった。