

学 位 論 文 題 名

Studies on the biological production and organic matter sinking processes in the ocean: Applications of ^{13}C tracer method and fatty acids biomarkers

（海洋における生物生産と有機物沈降過程に関する研究
- ^{13}C トレーサーと脂肪酸バイオマーカーの応用 -）

学位論文内容の要旨

This study has provided several new findings for marine biological production and organic matter sinking processes. These findings demonstrate some new possibilities associated with the applications of ^{13}C tracer method and utilities of fatty acids biomarkers on primary production processes including phytoplankton physiology and the export processes of organic matter in the ocean.

The effect of nutrients on photosynthetic products (newly synthesized fatty acids) and particulate matter (seston) was discussed in Chapter II. A critical change in the composition of newly synthesized C16 fatty acids was induced by nitrogen limitation in the surface 10m water, and the highest polyunsaturated index of C16 fatty acids in seston at 100m water depth may be caused by settling planktonic aggregates or diatom resting spore. The two compositional ratios of fatty acid known to be biomarkers for diatoms ($16:1(n-7)/16:0$ and $\Sigma \text{C16} / \Sigma \text{C18}$) were strikingly high in new cells compared with seston on 17 April, coinciding with the dominance of diatoms (fucoxanthin). These dynamical change of polyunsaturated fatty acids (PUFA) of C16 in the newly biosynthesized phytoplankton cells and seston during diatoms blooming suggests PUFA index of C16 should be an indicator of the diatom blooming stage and physiology of natural phytoplankton population.

The production processes of fatty acids in the euphotic layer were also compared with the export processes in Chapter III. The export ratios of fatty acids show significant variability due to the relative lability and alteration as biogeochemical

markers of fatty acids. In addition, the ratios of polyunsaturated fatty acids (phytoplankton source) were significantly high in the blooming period, but those of the branched fatty acids of C15 and C17 and 18: 1 (n-9) (heterotrophic organisms) was comparatively high in the postbloom period in the subarctic ocean. This may suggest that a seasonal change of ecosystem structure affect the quality and quantity of organic matter flux in the subarctic ocean. However, exports ratios of fatty acids have no relation with the turnover rates of those in the euphotic layer, indicating a time lag to form settling particles.

In the present study, major biogenic constituents such as biogenic opal and calcium carbonate and organic carbon and even fatty acids as biomarkers in settling particles were discussed comprehensively to understand biogeochemical cycles of carbon in the deeper water at the northern Japan Trench (Chapter IV). The down ward flux of polyunsaturated fatty acids (PUFA) increase strikingly in spring bloom, and the index of PUFA (%) may be used as an indicator for primary productivity, new production. The e-ratios were low in the high POC production periods, suggesting the carbon recycling through microbial loop should expand exponentially with the increase of primary production. On the other hand, a significant proportion of organic carbon on the shelf area was transported laterally to the deep water in the northern Japan Trench with little change of its composition. These findings have an implication to our update understanding on the biogeochemical processes of carbon in the subarctic ocean.

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 角 皆 静 男

副 査 教 授 乗 木 新一郎

副 査 助教授 田 中 教 幸

副 査 助教授 渡 邊 修 一

副 査 助教授 濱 健 夫 (筑波大学生物化学系)

学 位 論 文 題 名

Studies on the biological production and organic matter sinking processes in the ocean: Applications of ^{13}C tracer method and fatty acids biomarkers

(海洋における生物生産と有機物沈降過程に関する研究

- ^{13}C トレーサーと脂肪酸バイオマーカーの応用 -)

海洋における炭素循環の大きさ、機構を明らかにすることは、現在変化しつつある地球の環境や将来の気候を予測する上できわめて重要である。そのため、海洋においてこれに関係する諸パラメーターの研究が活発に行われている。ここでは、有機物、特に脂肪酸を化合物レベルでとりあげ、また、 C-13 をトレーサーにするなどして、海洋における炭素の生物地球化学的循環の状況を把握することとした。

そこで、本研究では、時系列セジメントトラップによって得た沈降粒子や懸濁粒子の主成分化学組成や脂肪酸組成を明らかにすること、また、 C-13 をトレーサーとして疑似現場培養法によって海洋表層での生物生産量や粒子態脂肪酸の生産速度を測定することを行った。

得られた成果をまとめると、まず、石狩湾沖で春のブルームの推移を追跡して、新しく生産された細胞では、ケイ藻のブルーム期には炭素数 16 の脂肪酸の多不飽和度が大きかったが、海水中の硝酸が枯渇と著しく小さくなること、また、ブルームの後半では、飽和および一不飽和脂肪酸が多くなることを見つけた。脂肪酸の多不飽和度は、細胞膜（細胞の数）の指標となることから、これより、窒素が枯渇すると、細胞の数は増えないで、生産された有機物が細胞に貯蔵されることを明らかにした。一方、海水中懸濁粒子では、そのような変動を示さないことも見つけた。また、培養法による脂肪酸の生産速度と水深 220 m における脂肪酸の沈降速度との比（輸送比、e-ratio : 沈降量/生産量）が大きく変動することを見つけた。夏に比べて春は、多不飽和脂肪酸の輸送比が大きく、

バクテリア起源の脂肪酸の輸送比は小さかったが、脂肪酸の輸送比と有光層内の脂肪酸の turnover 速度との間に関係がなかった。これより、有機物が生産されて沈降するまでには時間を要することを明らかにした。

次に、北部日本海溝において、水深 1000m での全脂肪酸沈降束に対する多不飽和脂肪酸の寄与度 (PUFA index) は、Chl.a および硝酸と亜硝酸の合計量の表層 50 m までの積算量とよい相関関係にあることを見つけ、PUFA index が有光層での新生産の指標として使えることを証明した。水深 1000m における粒子態有機炭素の e-ratio は、オパールと炭酸カルシウムの粒子束から求めた表層での粒子態有機炭素の生産量が大きいほど、小さかった。これより、有機物の生産が多くなるほど、それを利用する微生物の活動が活発になり、却って沈降する割合は減ると結論した。また、日本海溝北部では、有機炭素の水平輸送量は大きいが、鉛直的な脂肪酸の組成変化は大きくないことも明らかにした。

以上の研究成果は、粒子中の脂肪酸組成が表層における生物活動の変動と鉛直移動のメカニズムを解析する有力な研究手段となることを示している。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ申請者が博士(地球環境科学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。