

学 位 論 文 題 名

Source and utilization of organic matter
by the clams (*Ruditapes philippinarum*) and
the oyster (*Crassostrea gigas*) in the Akkeshi-ko estuary

(厚岸湖におけるアサリ・カキによる粒状有機物の利用とその起源)

学位論文内容の要旨

北海道東部の汽水域である厚岸湖の20定点において、アサリ・カキによる有機物の利用とその起源について研究した。POC濃度とPON濃度の季節変動は、厚岸湖においてはほとんど同じであった。一方、POC濃度とPON濃度は一般に厚岸湖の内側で春から夏にかけて高く、その濃度は秋には厚岸湖の外側の定点で高くなった。クロロフィルa濃度は春から初夏に増加した。

厚岸湖から128種の珪藻類が同定されたが、そのうち103種が海底の堆積物表層から、102種が海水中から見いだされた。*Chaetoceros* sp., *Thalassiosira* sp., *Navicula* sp., *Cocconeis scutellum*, *Skeletonema costatum*, *Paralia sulcata* らが、海水中ではもっとも優占していた。一方、*C. scutellum*, *Navicula* sp., *P. sulcata* や *Rhoicosphenia curvata* が堆積物表層で優占していた。海水中でも堆積物表層でも、底生の珪藻類がもっとも優占していた。年間を通じた調査から、底生の珪藻類は表層堆積物ではほとんど100%、海水中でも90%を占めていた。アマモの葉上の付着藻類の種組成は、海水中や堆積物表層に見られる底生珪藻群集に、部分的にはあるが、よく似ていた。アマモの葉上の付着珪藻類は、海水中の珪藻の増加の大きい原因であると思われる。*Navicula* sp. *S. ulna*, *Rhopalodia* sp., *N. sigma* や *C. scutellum* などの数種は、アマモの葉上でもっとも優占していたが、それらは海水中でも堆積物中でも高い密度で見られた。堆積物表層における珪藻群集の底生種/浮遊種の比率は、海水中の珪藻群集よりも高い値を示した。

底生珪藻類は風によって引き起こされる攪乱によって海水中に再懸濁した。海水中のクロロフィルa濃度の増加は、海水中の底生珪藻の濃度の上昇によって引き起こされている。底生珪藻と付着珪藻は、風や潮流による攪乱によって着生基盤から引きはがされ懸濁したと思われる。海水中のクロロフィルa濃度は、明らかに風が引き起こした攪乱によって濃度が増加した。

アンモニア、硝酸+亜硝酸、リン酸などの栄養塩の濃度と海水中のクロロフィルa濃度(植物プランクトンの豊富さ)には有意な関係は見られなかった。植物プランクトンの豊富度は別寒辺牛川から栄養塩が多量に流入する初春に増加した。夏の間は、植物プランクトンの量は豊富であったが、栄養塩濃度は植物プランクトンの取り込みによって低く抑えられていた。底生珪藻類と付着藻類は、風によって起こされる攪乱で基質から引き剥がされ、水中に再懸濁することができる。海水中におけるクロロフィルa濃度の上昇は、したがって、底生珪藻類が水中に高い濃度で懸濁することによる。それゆえ、風や潮流で引き起こされる攪乱が海水中のクロロフィルaの濃度に大きい影響を与えており、それゆえに、プランクトン現存量と栄養塩の相関は低くなる。珪藻類の炭素の割合は、春期、夏期、秋

期にそれぞれ全POC濃度の $22 \pm 0.25\%$, $26 \pm 0.51\%$ と $18 \pm 0.1\%$ であった。

カキ・アサリの $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ の安定同位体比は、陸上起源の粒状有機物 (TPOM) より、汽水域の粒状有機物 (EPOM) や海産粒状有機物 (MPOM) により近い。カキの消化管の中から見いだされた餌の中では、底生珪藻類が優占しており、細胞数で2003年の結果では全体の70%、2004年では67%を占めた。その次に、浮遊性の珪藻類、渦鞭毛藻類が続く。アサリの消化管では、底生珪藻類が78%と87%をそれぞれ占めた。浮遊性珪藻と渦鞭毛藻類が同じように続く。

Amphora sp., *C. scutellum*, *Nitzschia* sp., *P. sulcata*, *Rhicosphenia curvata*, *Gramatophora marina*, *Rhopalodia* sp. や *Thalassiosira* sp. などの数種の底生珪藻類と渦鞭毛藻類の選択指数は、カキでもアサリでも高い。底生珪藻類や付着藻類などのように、厚岸湖の生きているPOMは、攪乱によって再懸濁することで、養殖のカキやアサリの餌として有意に貢献している。

The research on source of organic matter and its utilization by oyster (*Crassostrea gigas*) and clam (*Ruditapes philippinarum*) was conducted at 20 stations in the Akkeshi-ko estuary, which is located at the eastern part of Hokkaido, northern Japan. Seasonal fluctuation of POC and PON concentration was generally similar in the Akkeshi-ko estuary. POC and PON concentration were generally higher in inner part of estuary during spring and summer and their concentrations seem high at outside part during autumn. Chlorophyll *a* concentration increased during spring to early summer.

From total 128 species of diatoms identified in the Akkeshi-ko estuary, 103 and 102 species occurred on the surface sediments and in water column, respectively. *Chaetoceros* sp., *Thalassiosira* sp., *Navicula* sp. and *Cocconeis scutellum*, *Skeletonema costatum*, *Paralia sulcata* were most common in the water column and, *C. scutellum*, *Navicula* sp., *P. sulcata* and *Rhicosphenia curvata* on the surface sediment. Benthic diatoms were most dominant in both, surface sediment and water column. During one year measurement, the composition of benthic species was almost 100% and 90% on the surface sediment and water column, respectively to the total of diatom assemblages in the Akkeshi-ko estuary. The species composition of epiphytes was, in part, similar to benthic diatom assemblage of the water column and also to that of the surface sediment. Epiphytic diatoms on seagrass leaves were responsible for increase of diatoms in the water column. Several species such as *Navicula* sp., *S. ulna*, *Rhopalodia* sp., *N. sigma* and *C. scutellum* which were most abundant on the seagrass leaves were also high densities in water column and sediment. The benthic/pelagic species ratio in the diatom assemblage on surface sediments was higher than that the water column diatom assemblage.

Benthic diatoms were able to resuspend into water column by turbulence stimulated by wind. The increasing of chlorophyll *a* concentration in water column is strongly addressed to the high concentration of benthic diatom in water column. Benthic and epiphytic diatoms were able to suspend into water column from their substrate by disturbance caused by wind and/or tidal currents. Chlorophyll *a* concentration in water column increased during the enhancement of wind speed.

There are no significant relationships between ammonia, nitrate + nitrite and phosphate with the abundance of phytoplankton in the water column. The abundance of phytoplankton increased during early spring while the input of nutrients from Bekanbeushi River was high. During summer, while the abundance of phytoplankton was high, the concentrations of nutrients decreased caused by uptake of nutrients by phytoplankton. Benthic and epiphytic diatoms were able to resuspend into water column from their substrate by turbulence stimulated by wind and tidal currents. The increase of chlorophyll *a* concentration in water column is strongly addressed to the high concentration of benthic diatoms in water column. Chlorophyll *a* concentration in water column so

increased by disturbance that there is no relationship between plankton abundance and nutrients by masking phenomenon. Contribution of diatoms carbon were 22 ± 0.25 %, 26 ± 0.51 % and 18 ± 0.1 % to the total POC during spring, summer and autumn season, respectively.

The $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ ratio of the oyster and the clam were closed to the value for estuarine particulate organic matter (EPOM) and marine particulate organic matter (MPOM) than terrestrial particulate organic matter (TPOM). Benthic diatoms occurred in the oyster's guts were more dominant and contribute 70 % and 67 % of total cell number in 2003 and 2004 respectively, followed by pelagic diatoms and dinoflagellates. In gut of clams, benthic diatoms represented 78 % and 87 % of total cell number in 2003 and 2004 respectively, also followed by pelagic diatoms and dinoflagellates.

The electivity indices of dinoflagellates and several species of benthic diatoms such as were high in both oyster and clam guts. The availability of living POM such as benthic and epiphytic diatoms from the estuary contribute significantly to food resources to clam and oyster mariculture due to resuspension by disturbance in the Akkeshi-ko estuary.

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 向 井 宏
副 査 教 授 山 本 興太郎
副 査 教 授 五 嶋 聖 治 (水産科学院)
副 査 教 授 門 谷 茂 (環境科学院)

学位論文題名

Source and utilization of organic matter by the clams (*Ruditapes philippinarum*) and the oyster (*Crassostrea gigas*) in the Akkeshi-ko estuary

(厚岸湖におけるアサリ・カキによる粒状有機物の利用とその起源)

本論文は、北海道東部の汽水域である厚岸湖において、アサリ・カキによる有機物の利用とその起源について研究したものである。調査は、毎月20定点において、水中、堆積物中の珪藻類、渦鞭毛藻類、バクテリアについて行われた。珪藻類についてはできるかぎり種まで同定し、細胞数を数えた。

その結果、厚岸湖から128種の珪藻類が同定され、そのうち103種が海底の堆積物表層から、102種が海水中から見いだされた。海水中でも堆積物表層でも、底生の珪藻類がもっとも優占していた。底生の珪藻には、アマモの葉上付着藻類も多く含まれていることを明らかにした。一方、バクテリアや渦鞭毛藻類は、かならずしも優占せず、炭素を基礎にした貢献度からいっても、わずか数%であることも明らかにした。

植物プランクトンの豊富度は別寒辺牛川から栄養塩が多量に流入する初春に増加した。夏の間は、植物プランクトンの量は豊富であったが、栄養塩濃度は植物プランクトンの取り込みによって低く抑えられていた。底生珪藻類と付着藻類は、風によって起こされる攪乱で基質から引き剥がされ、水中に再懸濁することができる。海水中におけるクロロフィルa濃度の上昇は、したがって、底生珪藻類が水中に高い濃度で懸濁することによる。それゆえ、風や潮流で引き起こされる攪乱が海水中のクロロフィルaの濃度に大きい影響を与えており、それゆえに、プランクトン現存量と栄養塩の相関は低くなる。珪藻類の炭素の割合は、春期、夏期、秋期にそれぞれ全POC濃度の $22\pm 0.25\%$ 、 $26\pm 0.51\%$ と $18\pm 0.1\%$ であった。

底生珪藻類は風によって引き起こされる攪乱によって海水中に再懸濁した。海水中のクロロフィルa濃度の増加は、海水中の底生珪藻の濃度の上昇によって引き起こされている。底生珪藻と付着珪藻は、風や潮流による攪乱によって着生基盤から引きはがされ懸濁したと思われる。海水中のクロロフィルa濃度は、明らかに風が引き起こした攪乱によって濃度が増加した。

また、アサリ・カキの消化管内容の分析から、これらの底生珪藻類がもっとも二枚貝の餌として重要な生きた粒子にあたることを解明した。カキの消化管の中から見いだされた餌の中では、底生珪藻類が優占しており、細胞数で2003年の結果では全体の70%、

2004年では67%を占めた。その次に、浮遊性の珪藻類、渦鞭毛藻類が続く。アサリの消化管では、底生珪藻類が78%と87%をそれぞれ占めた。浮遊性珪藻と渦鞭毛藻類が同じように続く。カキ・アサリの $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ の安定同位体比は、当然ながら汽水域の粒状有機物（EPOM）に近い値をとったが、その値は陸上起源の粒状有機物と海産粒状有機物の中間の値をとっており、底生珪藻類と陸上起源の無生物粒状有機物をいっしょに摂っていることが推測された。水中に底生珪藻類が多く存在する矛盾は、1週間以上にわたる連続観測によって解決された。底生珪藻類は風によって引き起こされる攪乱によって海水中に再懸濁するのである。

底生珪藻類や付着藻類などのように、厚岸湖の生きている粒状有機物は、攪乱によって再懸濁することで、養殖のカキやアサリの餌として有意に貢献していることを豊富なデータを用いて明らかにした点で、本研究は沿岸の生物生産と環境の保全を考える上に重要な貢献をしたと認定できる。そのために、本論文は理学博士の学位を授与するに十分なものと認めた。