

学 位 論 文 題 名

Effects of physical environment on material cycle in
Akkeshi Lake
—focused on the role of eelgrass and the Manila clam—
(厚岸湖の物質循環に及ぼす物理環境の研究—アマモとアサリの役割—)

学位論文内容の要旨

Akkeshi Lake is a typical subarctic estuary located in Hokkaido, Japan; it is covered with eelgrass, specifically *Zostera marina*. The Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, is cultured in sandy sediments at the shallow and intertidal flat near the mouth of the lake.

To estimate the particulate organic carbon (POC) flux of various sources, including eelgrass, flowing out from Akkeshi Lake to Akkeshi Bay and to evaluate the role of eelgrass in carbon transport, a three dimensional ecosystem model was developed by coupling a physical model with a biochemical model. The physical model used a three dimensional numerical ocean model, the Princeton Ocean Model, adding atmospheric, riverine and tidal forcing. The biochemical model included phytoplankton, zooplankton, dissolved inorganic matter (DIM), dissolved organic matter (DOM), particulate organic matter (POM), eelgrass, epiphytic algae, oysters and the Manila clam, and POM was separated into eight classes according to its sources. Eelgrass and epiphytic algae are the most important sources of POC in Akkeshi Lake, especially in the litterfall season. The total POC inflow/outflow quantities to/from Akkeshi Lake during nine months from April to December is -4648 tons; according to its sources, -4414 tons (outflow) are from eelgrass and epiphytic algae; -551 tons (outflow) are associated with from oysters and the Manila clam; 145 tons (inflow) are from phytoplankton and zooplankton; 383 tons (inflow) come from outside (i.e., open sea); and -211 tons (outflow) are from river. The outflow quantity of POC derived from eelgrass and epiphytic algae is 32 % of primary production of eelgrass and epiphytic algae. The total POC production in the lake is approximately 75546 tons; 89 % is from eelgrass and epiphytic algae; 7 % is from oysters and the Manila clam; 3 % is from phytoplankton and zooplankton; and 1 % is from river. This indicates that

the main source of the POC produced in the lake is eelgrass and epiphytic algae. Of the POC produced in Akkeshi Lake, 6 % (4648 tons) flows out to Akkeshi Bay. Furthermore, 35 % (26578 tons) of the POC produced in the lake decomposes into dissolved carbon, and 27 % (20326 tons) settles to the bottom.

To evaluate quantitatively effects of environmental facts such as water temperature and food availability on the growth of the Manila clam in the lake, a bioenergetics model for the Manila clam was coupled with the three-dimensional ecosystem model. The growth of the Manila clam is limited by water temperature and food availability. The Manila clam grows up to 1.33 g dry weight ind.⁻¹ at the lake mouth (station A) for five years, whereas it grows up to 1.00 g dry weight ind.⁻¹ at the lake center (station B). The difference in the biomass of the Manila clam between two stations is due to the difference in food availability. To estimate the responses of the Manila clam growth and its food sources to global warming in the lake, the model was run under the global warming condition. For the global warming condition, the water temperature was increased by 2 °C at the open boundary for all computational period. Under the global warming condition, the limitation of water temperature to the Manila clam is relaxed with water temperature increase. The Manila clam grows up to 1.55 g dry weight ind.⁻¹ at station A and 1.10 g dry weight ind.⁻¹ at station B. While the growth of the Manila clam is improved in the lake under the global warming condition, its food sources, especially phytoplankton, decreases because of the increases of ingestion by grazer such as zooplankton and the Manila clam.

学位論文審査の要旨

主 査	教 授	岸	道 郎
副 査	教 授	門 谷	茂
	教 授	仲 岡	雅 裕
	助 教	上 野	洋 路

学 位 論 文 題 名

Effects of physical environment on material cycle in Akkeshi Lake

—focused on the role of eelgrass and the Manila clam—

(厚岸湖の物質循環に及ぼす物理環境の研究－アマモとアサリの役割－)

アマモとアサリは汽水湖に生息する代表的な海草と底生生物であり、特に北海道厚岸湖においては、アサリはカキとならんで養殖業を支えている。厚岸湖は北緯 $43^{\circ} 2'$ 、東経 $144^{\circ} 52'$ に位置し、約500m幅の湖口によって太平洋岸の厚岸湾に続いている。面積は約 35km^2 、水深は約2m以内で、アサリ礁として利用されている干潟の砂地を除く全域にアマモが分布して藻場を形成している。アマモとその付着藻類は、厚岸湖に卓越する潮汐流によって輸送される。枯死したアマモは潮汐残差流により湖内から湖外へ流出する。底生微細藻類は潮汐によって巻き上がりアサリの餌としてその成長に重要な影響を与える。本研究は、アサリの生産を支えている生物に焦点をあて、特にアマモによる湖外への炭素フラックス、底生珪藻のアサリへの取り込みについて、数値モデルを用いて推定した。また、アマモの湾外への流出については目視観測も行った。

まず、植物プランクトン、動物プランクトン、硝酸塩、アンモニウム、リン酸塩、溶存有機物質、粒状態有機物質、アマモ、付着藻類、底生珪藻、カキ、アサリを含む三次元生態系モデルを開発した。これを用いて、4月から12月までの9か月間に厚岸湖で生産された粒状態有機炭素が約75000トンであることを見積もった。そして、その由来として、アマモと付着藻類由来が89%、カキとアサリ由来が7%、植物プランクトンと動物プランクトン由来が3%、川からの流入が1%であり、アマモと付着藻類が粒状態有機炭素の主要な生成源であることを示した。また、厚岸湖で生産された粒状態有機炭素の6% (約4600トン) が厚岸湖から厚岸湾に流出し、流出した粒状態有機炭素の95%がアマモ由来であることを数値的に示した。これは目視観測の結果ともよく符合している。

次に、アサリの成長に果たす底生珪藻の役割をモデルによって考察した。モデルの中でアサリの成長は水温と餌の供給量によって制限される。アサリは厚岸湖口の近くで成長がよく、

湖中央付近の1.3倍の成長を示した。これは、観測値ともよく一定している。この成長の差は餌の供給に差があるためであることを数値的に示し、特に底生珪藻がアサリの成長に果たす役割が大きいことを証明した。底生珪藻が存在しない場合のモデル計算を行い、底生珪藻が存在しない場合、アサリは5年間で現在の3分の1程度までしか成長が出来なかった。したがって、本研究では、底生珪藻が餌としてアサリの成長にきわめて重要な影響を与えることが分かった。

このように精密に作られた数値モデルを用いることにより、汽水湖の物質循環を解析でき、特にプランクトン以外の植物の役割をさらに解明することができると期待される。

審査委員一同は、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、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士（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。