

厚岸湖の栄養塩循環におけるベントスの役割の 数値モデルによる研究

学位論文内容の要旨

近年、河川水中の栄養塩濃度が河川の集水域の形態（畑、山林、湿地、市街地等）によって大きく変動し、それによって沿岸域に及ぼす陸域の影響の大きさも異なってくることが着目されている。北海道沿岸においては森林を伐採するとカキ・アサリ・昆布の出来が悪くなるといわれ、漁業者や市民の植林運動があちこちで行われているが、その因果関係はいくつもあげられてはいてもどれも実証されていない。それを実証し、森林伐採だけではなくダム建設、大規模農地の開発、ゴルフ場の建設、大規模林道や高速道路の建設などが沿岸生態系に影響をあたえているプロセスを明らかにすることを目的として、複数の研究者によって現在厚岸周辺域で観測及び研究が行われている。本研究では、厚岸湖が沿岸域として陸と海とをつないでいる役割を評価するために必要なモデルを作成した。生態系モデルの構成要素には、厚岸湖に多く分布し水中と底泥中の両方から栄養塩を摂取しているアマモならびに、植物プランクトンと水中の栄養塩摂取において競合していると考えられるアマモの葉上付着藻類、高次捕食者として生物量が多いカキとアサリを従来の浮遊生態系の構成要素に加えた。

まず河川水における栄養塩濃度の観測データを検証した結果、硝酸塩においては大別川が他の 2 河川よりも高い濃度であることが示された。これは大別川の流域のうち農地が半分以上を占めることが原因であると考えられる。また、流域面積のほぼ 100%が湿地・森林であるオッポロ川においてケイ酸塩濃度が低いのは、表土の流出が他の 2 河川に比べて少ないからであると考えられる。このように河川の流域における土地利用形態の相違によって河川水中の栄養塩濃度が異なることが示され、降雨時の河川の栄養塩増加が厚岸湖・湾内の生態系においてカキ、アサリ、アマモおよび付着藻類に大きな影響を及ぼしていると考えられる。しかしながら、北海道においては亜熱帯域の河川のような大雨による増水は頻繁に起こるわけではなく、また、融雪時は雪が徐々に融けることが多い。従って、平均的な河川負荷状態でのアサリと付着藻類の役割の解明の研究を行うこととした。

厚岸湖は顕著に高硝酸塩濃度を示す河口域、湖と湾とを結ぶ水路を出た湾内での海洋域、その他の汽水域の 3 領域に分割することが出来、本研究では物質循環を把握する湖内を「汽水 Box」として設定した。「汽水 Box」内での 1 日の物質循環をみると、移流・拡散による窒素・リンの移動量は生物過程によ

る各構成要素間の移動量に対して小さいことがわかった。また、カキよりもアサリの摂取する窒素・リン量が多く、8~9倍となった。アサリが存在することにより懸濁態有機物を摂取するだけでなく、植物プランクトンに大きな摂食圧をかけている。さらに付着藻類が植物プランクトンの約2倍の栄養塩を摂取していると見積もられた。各構成要素の湖内における濃度分布を見ると、植物プランクトン濃度はアサリおよびカキの分布が重なる付近が低く、アンモニウム塩濃度、硝酸・亜硝酸塩濃度はアマモと付着藻類の分布域において低い。リン酸塩濃度はアマモと付着藻類の影響は窒素ほどは見えず、湖奥（東端）が濃い分布となっている。これはリンは水中から植物プランクトンやアマモ・付着藻類に摂取される量に比べ、懸濁態有機物や溶存態有機物の分解によって水中に栄養塩として供給される割合が窒素よりも大きいからである。

次に、アサリと付着藻類が湖内の窒素・リンの循環に果たしている役割の大きさを考察するために、アサリや付着藻類が存在しない場合の計算を行い、存在する場合の計算結果と比較した。また、現在のモデルでは底からの栄養塩の溶出が栄養塩濃度に大きな影響を与えているが、それは栄養塩の溶出量が懸濁態有機物の沈降量に等しいという仮定を与えてきたからではないかと考えた。しかし、最近の観測において、底からの溶出量は懸濁態有機物の沈降量の約1%程度であるとの知見が得られているので、アサリと付着藻類に加え、底からの栄養塩の溶出についても検討を行った。その結果、アサリを含まないケースにおいてはアサリによる摂食圧がなくなるため、植物プランクトンが増え、それによってアマモや付着藻類の栄養塩摂取量が減っていることがわかる。カキは摂食において競合するアサリがないため、取り込む餌量が倍以上に増えている。また、付着藻類を含まないケースにおいては、付着藻類と栄養塩摂取において競合する植物プランクトン、アマモの栄養塩摂取量は増えているが、付着藻類の枯死による懸濁態有機物の増加がないため、カキ・アサリを取り込む窒素・リン量は減少した。

底からの栄養塩の溶出量が懸濁態有機物沈降量の1%と仮定した結果、アンモニウム塩およびリン酸塩の濃度が大きく減少し、湖全域で行われた栄養塩濃度の観測値と比較して従来の仮定よりも観測値に近い結果が得られた。これがより現実に近いとすれば、厚岸湖での栄養塩の再生産は従来考えられていたほど大きくはなく、アンモニウム塩についても硝酸塩と同様河川からの補給が主な供給源である考えることが出来る。リン酸塩についても底からの栄養塩の溶出量が懸濁態有機物の沈降量の1%と仮定したケースの計算値が観測値に近かった。しかし濃度分布をみると、河口域ではなく湖奥（東端）の濃度が一番高い結果となり、リン酸塩については河川からの負荷量が極めて少なく、再生産が栄養塩の主な供給源であるという結論は変わらない。このとき、水中の栄養塩濃度が低くなることによって当然植物プランクトン濃度は減少するが、カキやアサリを取り込む窒素・リンの量は従来のモデルの約8割とその影響はかなり小さい。これはカキやアサリの餌となる植物プランクトンが減少しても、懸濁態有機物がアマモや付着藻類から供給されているため、餌料環境が大きな影響を受けていないためである。

以上のように本研究では、厚岸湖においてカキと同様にデトリタス摂食者として影響が大きいと考え

られていたアサリについて、現場で測定されたアサリの生物量と生物過程をモデルに導入し、その影響がカキよりもさらに大きいということを見積もることが出来、アサリが存在することによって栄養塩、植物プランクトン、懸濁態有機物の分布や物質循環に大きな影響を与えていることが分かった。さらに、アマモの葉上付着藻類が植物プランクトンと競合している状況も見積もることが出来た。また、従来は底からの栄養塩溶出量と堆積量は長期的にみて釣り合っていると考えて仮定してきたが、実際の現場観測において見積もられた値をシミュレーションで検証することにより、厚岸湖では栄養塩の再生産は従来考えられていたほど大きくはなく、アンモニウム塩については河川からの栄養塩の補給の役割も大きいこと、カキやアサリの餌料供給源としてはアマモ場が大きな役割を果たしており、アマモ場が厚岸湖内に存在する限り栄養塩の再生産の大小にかかわらず、カキ・アサリの餌供給に大差は生じないことがわかった。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 岸 道 郎

副 査 教 授 門 谷 茂

副 査 教 授 向 井 宏 (厚岸臨海実験所)

副 査 助教授 五 嶋 聖 治

学 位 論 文 題 名

厚岸湖の栄養塩循環におけるベントスの役割の 数値モデルによる研究

森林伐採だけではなくダムの建設、大規模農地の開発、ゴルフ場の建設、大規模林道や高速道路の建設などが沿岸生態系に影響をあたえていることは周知の事実である。そこで、北大では厚岸湖、厚岸湾において、上記のプロセスを明らかにすることを目的として、複数の研究者によって観測及び研究が行われてきている。

本研究は、厚岸湖、厚岸湾において、論文申請者が初めて作成した本格的な生態系モデルを駆使して、厚岸湖が沿岸域として陸と海とをつないでいる役割を評価している。生態系モデルの構成要素には、厚岸湖に多く分布し水中と底泥中の両方から栄養塩を摂取しているアマモならびに、植物プランクトンと水中の栄養塩摂取において競合していると考えられるアマモの葉上付着藻類、高次捕食者として生物量が多いカキとアサリを従来の浮遊生態系の構成要素に加えた。

厚岸湖は顕著に高硝酸塩濃度を示す河口域、湖と湾とを結ぶ水路を出た湾内での海洋域、その他の汽水域の 3 領域に分割することが出来、本研究では物質循環を把握する湖内を「汽水 Box」として設定した。「汽水 Box」内での 1 日の物質循環をみると、移流・拡散による窒素・リンの移動量は生物過程による各構成要素間の移動量に対して小さいことがわかった。また、カキよりもアサリの摂取する窒素・リン量が多く、8~9 倍となった。アサリが存在することにより懸濁態有機物を摂取するだけでなく、植物プランクトンに大きな摂食圧をかけている。さらに付着藻類が植物プランクトンの約 2 倍の栄養塩を摂取していると見積もられた。各構成要素の

湖内における濃度分布を見ると、植物プランクトン濃度はアサリおよびカキの分布が重なる付近が低く、アンモニウム塩濃度、硝酸・亜硝酸塩濃度はアマモと付着藻類の分布域において低い。リン酸塩濃度はアマモと付着藻類の影響は窒素ほどは見えず、湖奥（東端）が濃い分布となっている。これはリンが水中から植物プランクトンやアマモ・付着藻類に摂取される量に比べ、懸濁態有機物や溶存態有機物の分解によって水中に栄養塩として供給される割合が窒素よりも大きいからである。

次に、アサリと付着藻類が湖内の窒素・リンの循環に果たしている役割の大きさを考察するために、アサリや付着藻類が存在しない場合の計算を行い、存在する場合の計算結果と比較した。また、現在のモデルでは底からの栄養塩の溶出が栄養塩濃度に大きな影響を与えているが、それは栄養塩の溶出量が懸濁態有機物の沈降量に等しいという仮定を与えてきたからではないかと考えた。しかし、最近の観測において、底からの溶出量は懸濁態有機物の沈降量の約 1%程度であるとの知見が得られているので、アサリと付着藻類に加え、底からの栄養塩の溶出についても検討を行った。その結果、アサリを含まないケースにおいてはアサリによる摂食圧がなくなるため、植物プランクトンが増え、それによってアマモや付着藻類の栄養塩摂取量が減っていることがわかる。また、付着藻類を含まないケースにおいては、付着藻類と栄養塩摂取において競合する植物プランクトン、アマモの栄養塩摂取量は増えているが、付着藻類の枯死による懸濁態有機物の増加がないため、カキ・アサリの取り込む窒素・リン量は減少した。底からの栄養塩の溶出量が懸濁態有機物沈降量の 1%と仮定した結果では、アンモニウム塩およびリン酸塩の濃度が大きく減少し、湖全域で行われた栄養塩濃度の観測値と比較して従来の仮定よりも観測値に近い結果が得られた。厚岸湖での栄養塩の再生産は従来考えられていたほど大きくはなく、アンモニウム塩についても硝酸塩と同様河川からの補給が主な供給源である考えることが出来る。一方リン酸塩については河川からの負荷量が極めて少なく、再生産が栄養塩の主な供給源であるという結論は変わらない。

以上のように本研究では、厚岸湖においてカキと同様にデトリタス摂食者として影響が大きいと考えられていたアサリについて、その影響がカキよりもさらに大きいということを見積もることが出来、アサリが存在することによって栄養塩、植物プランクトン、懸濁態有機物の分布や物質循環に大きな影響を与えていることが分

かった。さらに、アマモの葉上付着藻類が植物プランクトンと競合している状況も見積もることが出来た。また、厚岸湖では栄養塩の再生産は従来考えられていたほど大きくはなく、アンモニウム塩については河川からの栄養塩の補給の役割も大きいこと、カキやアサリの餌料供給源としてはアマモ場が大きな役割を果たしており、アマモ場が厚岸湖内に存在する限り栄養塩の再生産の大小にかかわらず、カキ・アサリの餌供給に大差は生じないことがわかった。

以上の結果は、厚岸湖のみならず、亜寒帯の汽水域での物質循環に対して有益な知見を与えたものであり、高く評価できる。よって審査員一同は本論文が博士（水産科学）の学位を授与される資格のあるものと判定した。