

II-138 汽水湖における塩水侵入の解析

京都大学大学院 学生員○西澤賢太郎
日 建 設 計 正 員 佐竹 康孝
京都大学工学部 正 員 井上 和也

1.はじめに：青森県のむつ小川原湖は、汽水湖であり、海と湖を結ぶ高瀬川を通して塩水が湖に浸入する。本研究では、対象領域を、海域部、湖沼部および河川部（高瀬川）の3つに分け、海域および湖沼部では3次元数値解析を、河川部においては、断面幅変化を考慮した鉛直2次元解析を行って、塩水侵入の水理学的特性を考察し、さらにその将来予測を試みる。

2.計算条件：小川原湖の塩分挙動には、潮位変動、河川流入流量、日射、風、その他さまざまな自然条件が影響していると考えられる。本研究では、条件を単純化し、日射、風などの気象条件を考えずに、潮位変動と流量のみを外的条件として考え、したがって水温は一律とし水の密度は塩分濃度のみの関数とする。このような条件のもとで、以下の3つの場合について、1989年5月1日午前0時から4カ月間の潮位および流量を用いて、計算を行った。

(1)CASE1：現況再現を目的としたもので、初期条件としては、塩素イオン濃度として、海域部には海の基準濃度(16000mg/lとした)を与え、湖および河川部には、現地観測結果による5月の塩素イオン濃度(500mg/l)を与えた。水位は、全領域にわたって、計算開始時刻の観測潮位で静止した状態を考えた。

(2)CASE2,3：CASE1での計算が妥当であることが示されたことをもとに、高瀬川に河口堰が建設されたときに湖内の塩分濃度がどう変わるかを予測するため、計算上河口堰を設置した解析を行う。CASE2では、湖水位が河口水位よりも高いときは堰を全開にし、低いときは堰を閉めて、海からの塩分浸入を完全に阻止する場合を想定した。またCASE3では、ある程度塩分の浸入を許すような堰操作を想定した。つまり、最初の2週間は堰を全開にし、次の2週間はCASE2と同じ操作法をとることにし、さらにこの操作を2週間ごとに交互に変えて繰り返すことにした。

3.計算結果：

(1)CASE1：図1に示す塩分濃度の縦断分布をみると、高瀬川から小川原湖に流入した塩分濃度の高い水が、湖の深い部分に滞留していくようすがわかる。現地調査¹⁾によってもこのような傾向がみられるので、この点は計算によって再現されていることがわかる。また、その他湖水位や高瀬橋地点（湖沼部と河道部の接続部付近）の流速などについても、現地調査と近い値が得られ、このケースの計算によって、小川原湖の塩分挙動がある程度再現できたといえる。ただ、湖の底層付近においてははっきりとした密度成層が発達していないことが現実と少し異なるが、これは計算上の

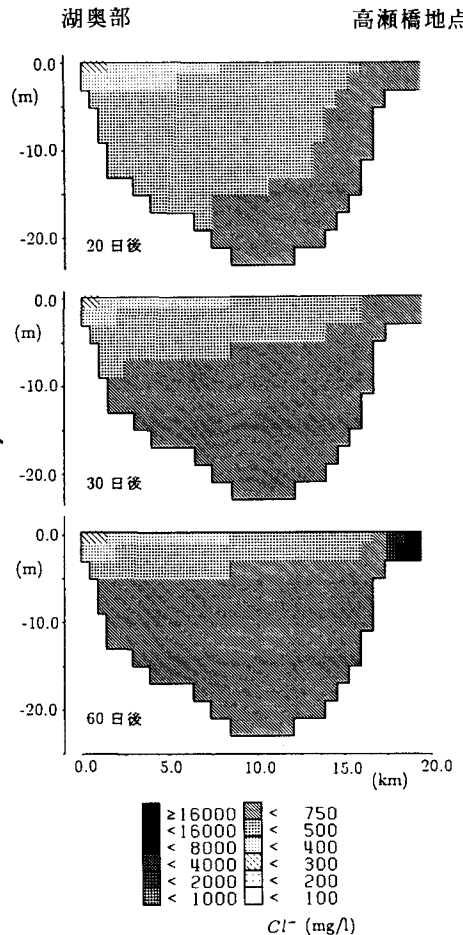


図1 塩分濃度の縦断分布

操作に起因すると思われる。すなわち本計算では、計算中に上層の密度が下層のそれより重くなり静的に不安定になったときに密度をそれらの層の間で平均化する瞬時対流という操作を行うことにしている。²⁾ このため、高瀬川から浸入した塩分濃度の高い重い水は、それより深い層との間で瞬時対流を起こし、水深に応じて密度が順次平均化され、湖底斜面をほうような流れは計算上表現できていないため、湖の底層付近で密度成層がそれほど発達しないものと考えられる。

(2)CASE2：時間の経過とともに、湖内の塩分濃度が、湖奥部からだんだん低くなり淡水化が進んでいる。これは、流入河川が湖奥部に集中しているため、それらからの淡水の流入による塩分の希釈によるものである。また、表層付近では淡水化が進むが、底層部では塩分濃度はほとんど低下していない。これは、上層の塩分濃度の低い水と下層の塩分濃度の高い水との間で成層が生じ、鉛直混合がおこなわないためと考えられる。気象条件および水温を考慮に入れた長期計算を行えば、循環期には水温の逆転による鉛直混合が発生すると考えられ、それに従って塩分の混合も促進され下層の塩分濃度は低下し、淡水化を実施したときの湖の状況をより現実的に予測できると考えられる。

(3)CASE3：CASE2と同様に、湖奥部から塩分濃度が低くなる傾向があるが、その進行の度合いは遅く、CASE2ほどは淡水化が進まない。これは、塩分浸入をある程度許したためと思われる。このケースの堰操作をさらに検討していけば、湖の一部淡水化の可能性が示されるであろう。図2に計算開始後60日目の3つのケースの塩分濃度の平面分布（表層）を示す。これをみればCASE1, 2, 3のちがいがよく分かる。

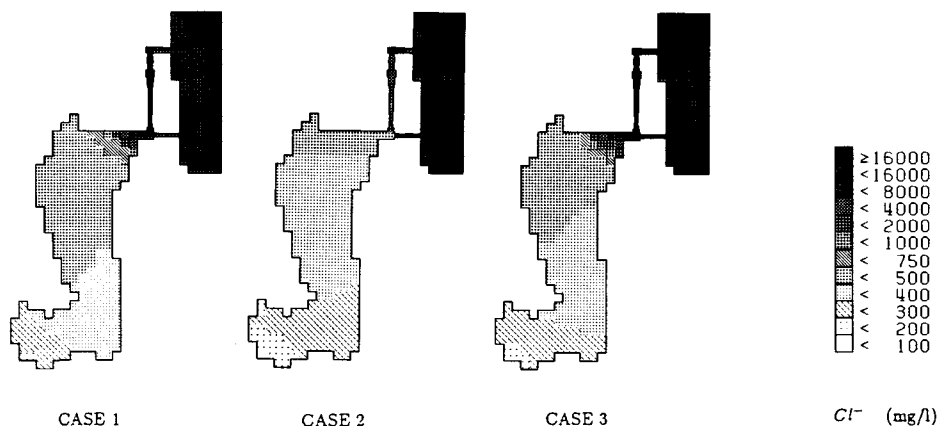


図2 塩分濃度の平面分布（表層）

4. おわりに：以上の結果から、潮位変動による塩分の遡上やフラッシングおよび高瀬川の流出入によって湖に塩分濃度成層が形成される様子がほぼ再現できた。また、仮想的に堰を設けて計算より湖内塩分濃度の制御に対する可能性が示された。堰操作については、ここでのケースの他にさらに実際に即したシミュレーションを増やせば、堰の適切な運用方法の示唆が得られると期待される。今後の課題として、湖の底層部付近に塩分濃度の高い水が滞留することをよりよく再現するために、上述した瞬時対流について検討する必要がある。このことは、湖面冷却による鉛直混合にも関わってくると思われる。また、年間を通して計算を行うためには、気象条件を取り入れ水温の変化を考慮に入れるとともに、秋以降の湖面冷却による塩分濃度成層の破壊を含めた計算を行うことが必要となるであろう。

<参考文献> 1)建設省東北地方建設局高瀬川総合開発工事事務所、ダム水源地環境整備センター；小川原湖淡水化（水質）解析業務報告書、1991 2)佐竹康孝；河口汽水湖における塩分浸入とその制御に関する数値解析的研究、京都大学大学院修士論文、1992