

# 汽水湖沼における塩分増加要因の解析と水質改善に向けた取り組み

(株)建設技術研究所 ○鶴田 泰士、金山 拓広

## 1. はじめに

A湖は最大水深 20m 以上を有する汽水湖である。近年著しく湖内塩分量が増加（図-1 ○記号）し、浅くなった塩淡水界面から豊富な栄養塩が回帰することで水質が悪化している。本報では、同湖で塩分量が増加した要因について分析するとともに、塩水遡上抑制による水質改善の取り組みの現状を紹介する。

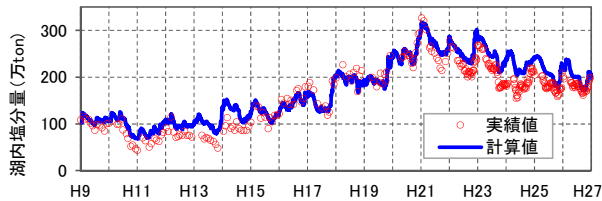


図-1 水質の経年変化

## 2. A湖における塩水遡上メカニズム

A湖は河道延長 6km 余りのB川を通し、外海と繋がっている。図-2 に示すように、潮位が湖水位を上回るとB川を塩水が遡上し、この状態が長く続いた場合、まとまった塩水が湖内に侵入する。一度侵入した塩水は水深 20m 以上の湖盆に溜まり、容易には流出しない。

B川の流量は、湖水位と潮位の差によって起動される。従って、塩水の遡上量や頻度は、これら水位を支配する潮位（天文潮位+気象潮位）や気象・水文条件（降雨や流入河川流況）に影響を受ける。また、水位条件が同じでも河道状況によっては塩水遡上状況は異なると考えられる。そこで、これらの要因に注目し、A湖における湖内塩分量増加に及ぼす影響を分析した。

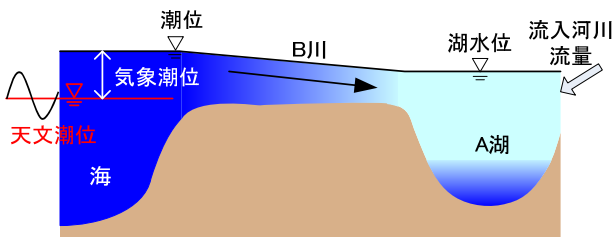


図-2 A湖における塩水遡上メカニズム(イメージ)

## 3. 要因分析

### (1) 分析ツールの構築

まずA湖における湖内塩分量の変化を再現できる数値シミュレーションモデルを構築した。

A湖内の塩分成層の変化は鉛直一次元モデルで取り扱った。B川の流量(Q)は ADCP に基づく流速観測により時々刻々把握されており、湖水位と潮位の差( $\Delta h$ )と図-3 に示すような関係がある。この関係は湖の水位レベルや河道状況によって特性が変化することから、それぞれの影響をパラメータとして考慮

した定式化を行った。河道状況の影響は、 $\Delta h$ -Q 式にかかる係数（図-3 中の $\alpha$ ）として表現している。

B川の塩分濃度は、既往研究と同様にB川の逆流量の積分によって求められる河道内塩水量の関数で算定した。本関数によるB川のCL濃度の計算結果は図-4 に示す通りであり、実績のCL濃度変化を良好に再現することができる。

以上を組み合わせたモデルにより、湖内塩分量の再現計算を行った結果を図-1 に実線で示す。細かな変化には課題があるが、平成 14~21 年の増加、それ以降の減少傾向など、特徴は概ね再現できている。

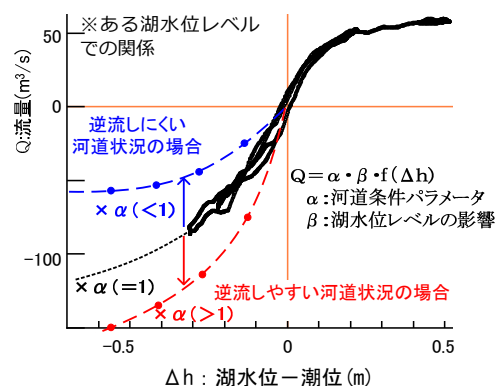


図-3 B川における水位-流量関係

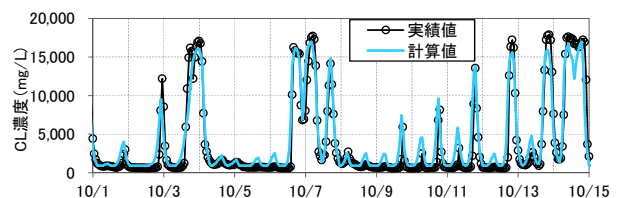


図-4 B川におけるCL濃度変化

### (2) 河道状況の影響度分析

図-5 に示すのは、B川流量の定式化の過程で得られた河道状況に係るパラメータ ( $\alpha$ ) の経年変化である。A湖で湖内塩分量が増加し始める以前（平成 9 年）の河道状況を基準( $=1.0$ )とした比率で、逆流しやすさを表している。例えば、平成 18 年には大規模出水が生じ、河道が拡幅した可能性があるが、 $\alpha$  は当該出水後 2 年程度 1.2 程度と大きな値となっている。このように  $\Delta h$ -Q 式から数値的な処理で求めた  $\alpha$  の値は、実現象との対応が見られた。

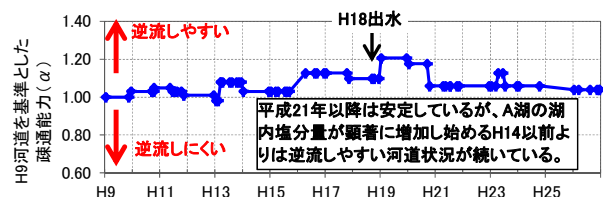


図-5 B川河道状況を示すパラメータの変化

構築したモデルにより、図-5における河道状況を表すパラメータが、常に 1.0 としてB川の流量を設定し、河道状況の変化がなかった場合のA湖の湖内塩分量変化を予測した。結果は図-6 に示す通りであり、河道状況の変化の有無による湖内塩分量の差は最大 80 万トンであった。

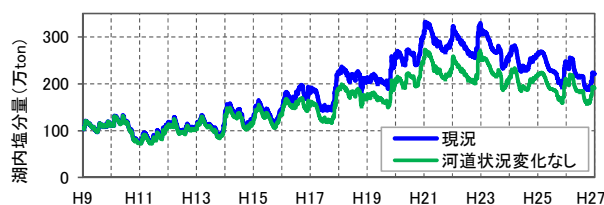


図-6 河道状況変化が湖内塩分量に及ぼす影響

### (3) 天文潮位の影響度分析

天文潮位は 20 年程度の長周期成分を有している。A湖付近の検潮所における朔望満潮位を抽出すると、図-7 に示すように、天文潮位の長周期成分の上昇期は、湖内塩分量の上昇期とよく対応している。

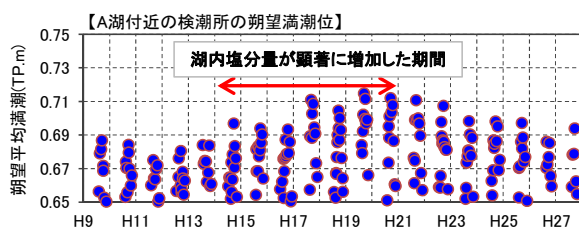


図-7 朔望満潮位（予測値）の変化

構築したモデルにより、気象潮位や流入河川流量は同じ年の条件を繰り返し、天文潮位のみ予測値を設定した条件で、30 年間の湖内塩分変化計算を行った。河道状況は平成 9 年河道で一定とした。

平成 9～24 各年の条件に対する計算結果を図-8 に示す。湖内塩分量は各年の気象・流況条件に応じたレベルに近づいていくが、いずれの条件でも 20 年程度の長周期で変動する様子が伺える。この計算では、湖内塩分量が周期的に変化する要因は天文潮位のみであるため、この変動幅が天文潮位による湖内塩分量への影響だと考えられる。この変動幅は 70 万トン程度であった。

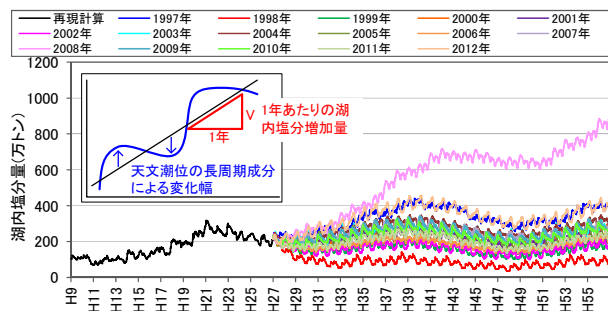


図-8 湖内塩分量の長期計算結果

### (4) 気象潮位および流入河川流量の影響分析

気象潮位、流入河川流量は、いずれも低気圧の通過による降雨や海面上昇により変化するため、それぞれ独立した要因ではない。従って、これらの影響

度はまとめて検討することとした。

図-8 に示す結果では、年ごとの気象潮位や流入河川流量の条件によって、計算開始後の湖内塩分量の変化特性が異なっている。そこで、計算開始後 10 年の湖内塩分量の変化から、年ごとの気象潮位や流入河川流量に応じた、平均的な湖内塩分増加速度（1 年あたりの湖内塩分増加量）を求めた。

これを湖内塩分量が顕著に増加した平成 14～21 年について累加した値が、天文潮位や河道状況によらない、気象・流況による湖内塩分量増加への影響度になると考えられ、約 60 万トンとなる。

### (5) まとめ

図-9 に(2)～(4)で検討した各要因の影響度を、実績の湖内塩分量増加と比較して示す。平成 14～21 年におけるA湖の湖内塩分量増加はおよそ 200 万トンである。また、検討した 3 要因の湖内塩分量への影響度の和は約 210 万トンである。両者はほぼ同オーダーであることから、A湖における湖内塩分量の増加は、今回注目した 3 要因で概ね説明できるのではないかと考えられる。

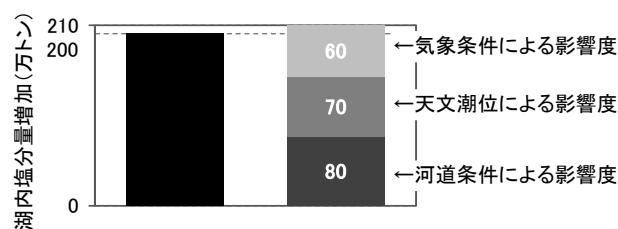


図-9 各要因が湖内塩分量増加に及ぼす影響度

## 4. 塩水遡上抑制の取り組み状況

3. の検討で示したように、A湖の塩分量の増加は主に自然現象による影響が大きいと考えられる。しかし、塩分量の増加に伴う水質悪化により、地元の水産業への影響も懸念されることから、A湖では平成 22 年度から塩水遡上抑制による水質改善に取り組んでいる。

具体的には、B川の河道内に水制を設置し、河道の流水抵抗を増やすことにより、湖内に侵入する塩分量の抑制を試みている。他河川で見られるように強制的に塩水遡上を防止していない点が特徴である。なお、年々の流況・気象条件により、塩水遡上イベントの規模や頻度は異なり、それに応じて塩水遡上抑制効果が変動する点が課題である。

平成 24 年度からは、塩水遡上が生じやすい冬季のみ、現地での試験施工を実施している。これにより、年間の塩水遡上量を 10%強低減することを期待しているが、試験施工時のモニタリング結果に基づく効果検証では、概ね想定通りの効果があることが確認できている。今後も試験施工を実施しながら、施設の更なる改善を図っていく予定である。