

補充流入水による河口淡水湖化 過程に関する分析

ANALYSIS ON THE FRESHENING PROCESS OF FRESHENING RESERVOIR BY DESALT FRESH WATER

崔 文秀¹・星 仰²
Moonsoo CHOI and Takashi HOSHI

¹学生会員 工修 茨城大学大学院 理工学研究科 (〒316-8511茨城県日立市中成沢町四丁目12-1)

²正会員 工博 茨城大学教授 工学部情報工学科 (〒316-8511茨城県日立市中成沢町四丁目12-1)

This paper is associated with the computer simulation and the field observations of salinity to analyze the freshening process in the Yongam lake, which is a standard freshening reservoir. The freshening process was predicted by salinity equivalent model based on three kinds of hydraulic mechanisms comprising the convection, the vertical diffusion and the mixing of salinity. The model was applied to the conditions of two different times, which were decided by the introducing time of desalt fresh water and the operation of desalinization facilities. As the results, the observed salinity was greatly reduced with the lapse of time and varied according to the season, river discharge, and tidal phenomena. The spring layer of salinity related to hydraulic stability was found 15~16meters below the water surface. In the desalinization process, the computed salinity was 1,000~1,700ppm and 2,000~4,000ppm separately, in case of the introduction and without of desalt fresh water.

Key Words : *freshening reservoir, desalt fresh water, salinity equivalent model, salinity observations, freshening process*

1. 結論

淡水化湖は干拓地及び背後農地、他種用水(工業用水、生活用水など)に利用するための水資源確保と河口での洪水調節などの目的で、河口に通じた内湾を閉め切って造成する用水源である。干拓事業による淡水化湖の建設はオランダ、日本、韓国、ドイツなどの諸国でなされ、初めは高潮や洪水からの土地保全のための小規模から出発したが、今では海湾や湖沼の大規模な干拓事業が地域開発事業として発達してきている。

その代表的な例として、オランダのZuiderzee干拓のIjsselmeer湖は世界で一番大規模な淡水化湖であり、その次に沖積層帯の保護のために建設されたDelta湖などがある。日本では干拓農地の造成と有効貯水量の増大の目的で、1956年に児島湖を完工して以来、八郎潟、河北潟、中海、洋角湾などが干拓事業に伴い、淡水化湖が造成された例である^{1),2)}。最近、1998年から建設が始まった諫早湾干拓は干潟の生態系破壊という環境問題と関連し一大反響を引き起こしたこともある。韓国の大規模干

拓事業は1970年代初めから干拓農地と農業用水の確保のために造成された南陽湖と牙山湖をはじめとして、挿橋湖、榮山湖、大湖、錦江河口湖、靈岩湖など数多くの事例がある。特に、現在開発中のSaemankeum湖は世界最長の防潮堤(33km)と開発面積40, 100ha、有効貯水量3億5千万m³の規模を持っている。

このような淡水化湖はその位置が海と接続するので海水の影響を受けている地域であり、淡水湖化には多くの時間と努力がかかり、厳格な維持管理が必要である。したがって、淡水湖化の過程の正確な把握は今後の淡水化湖の管理に重要なことである。

淡水湖化に関する研究は湖の対流的現象に重点を置いたJensen, 奥田などの研究^{3),4)}があるが、南ら^{5),6),7),8)}は湖内の塩分成層に着目し、現象をもっと的確に説明する塩分収支理論式を提示している。この理論式では標準型淡水化湖のモデルとして、二層流淡水化湖機構を提案し、淡水化湖の重要な水理学的特徴を対流的淡水化機構、下層部から上層部への鉛直塩分混合機構、そして湖底土からの鉛直混入機構で区分している⁵⁾。このモデルは湖に比べて流域面積が小さく、水深が深く内部境界面を形成

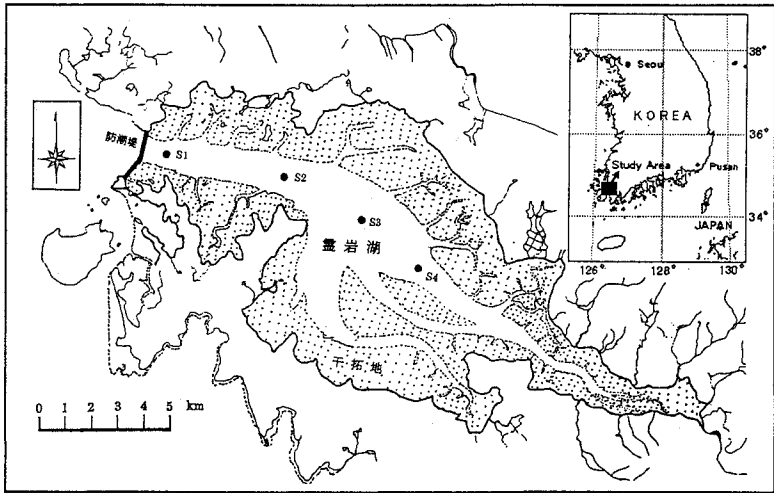


図-1 研究対象地域の霊岩湖付近の略図

している標準型淡水化湖に最も適合している。最近造成されている標準型淡水化湖では河川流入水と排水門の操作による除塩のみならず除塩暗渠、除塩ポンプなどを考慮・設置し、淡水化湖の水質を管理することが一般的である。

本研究ではそれぞれ異なる時期に開発された榮山江地区の淡水化湖群(榮山湖、霊岩湖、錦湖湖)の中で、標準淡水化湖の一般的な特徴を持っており、現在淡水化が進行している霊岩湖を研究対象地域として選定した。この淡水化湖に対し、塩分収支理論式に基づいてコンピュータシミュレーションを行い、かつ多年間実測したデータと比較・検討する。また、淡水化過程に絶対的な影響を及ぼす近接の淡水化湖からの補充流入水の導入効果についての研究がほとんど公表されていないことから、その効果について分析する。その過程で、淡水化湖の分析時期については除塩施設の稼動が堤防の閉め切り後、38ヶ月目から始まったので、分析時期を除塩施設の稼動前・後で分けて計算を行う。その結果として、1段階では流出入量比に従う塩分濃度の計算値と実測値の比較、2段階では補充流入水の導入効果及び補充流入水の塩分濃度に従う湖の塩分濃度の変化について考察する。

2. 研究対象淡水化湖の概要及び地形特性

分析に用いる淡水化湖は、韓国の西南河岸に位置した霊岩湖である。霊岩湖(図-1)は榮山江流域(Ⅲ-1)の農業総合開発事業の一環として、1988年6月から1993年12月にかけて施工された淡水化湖である。この事業は用水源を確保し、背後農地と開発された干拓地などに農業用水及び生活・工業用水を供給するという目的で施行された。しかし、霊岩湖は標準型淡水化湖で流域面積が小さく大河川がないので、湖の有効貯水量に比べて河川流入量が少ないという地形条件を持っている。霊岩湖の水深は中

表-1 榮山江Ⅲ-1地区の霊岩湖の諸元

区 分	規 模
流域面積	35,500 ha
開発面積	12,200 ha
(干拓地)	6,730 ha
(背後地)	5,470 ha
満水面積	4,286 ha
総貯水量	$244.6 \times 10^6 \text{ m}^3$
有効貯水量	$138.85 \times 10^6 \text{ m}^3$
防潮堤	2.2 km
排水閘門	10×10.5×8連
除水門	10×7.2×3連
除塩暗渠	φ2,200mm×4連
満水位	-1.45 m

流部で6~9m程度の緩慢な傾斜であるが、下流部では水深が21~23mとなり、急傾斜になっている⁹⁾。

そこで、深層部で形成された内部境界層を基準として、水理学的安定度の大きい塩水が抑留され二層流現象が発生する。このような地形条件下で淡水化するための解決方法として、深層部の高濃度の塩水を外海の潮位乗降に従って排出されるように除塩暗渠を設置している。また、近接の榮山湖からの連絡水路を通じて除塩用水を導入して淡水化を推進し、1996年から農業用水に利用している状況である。なお、霊岩湖の諸元は表-1に示す。

3. 研究方法

(1) 淡水化の理論的背景

a) モデル化のための諸要素

淡水化に影響を与える諸要素には地形的、水理・水文学的、そして気象学的な自然的諸要素と干拓地、工場、隣接の都市からの汚水など人間活動と関連する要素がある。しかし、ここでは淡水化過程を解析するために、モデル化に必要な事項のみを究明した。その必要事項を以下に示す^{5), 8)}。

- ・標準淡水化湖の地形的特徴
- ・淡・塩水の内部境界面
- ・淡水容量； V_1
- ・内部境界面の面積； A_1
- ・淡水と接続する湖底土面積； A_2
- ・流入河川
- ・内部境界面を通して混入する塩分量
- ・湖底土から混入する塩分量
- ・排水ゲートからの除塩量

b) 淡水化過程の推定式

淡水化湖の水質変化を予測するために対流的混合機構を重点的に考慮する場合があるが、南のモデル^{2, 5)}では

淡水化湖内の躍層境界面を基準として深層に水理学的安定度の高い高濃度の塩水が存在し、対流・拡散・鉛直混入により塩分が輸送される密度流論的な立場で解析を行った。この理論に基づいて本研究では、下層部の除塩施設と連絡水路からの補充流入水を導入する標準型淡水化湖のモデルを用いて分析を行う。そこで、初期段階で除塩施設による流出量比 f を考慮することで除塩段階前・後の淡水湖化過程を予測することとし、その関係式を示す。このモデル式は塩分収支を表示する式(1)の微分式で書き表わすことができる。

$$\begin{aligned} \frac{dC_1}{dt} V_1 = & Q_i C_i + A_1 (C_2 - C_1) V_k \\ & + A_1 (C_2 - C_1) V_{kw} + C_2 Q_{gb} E_{gb} \\ & + A_2 (C_2 - C_1) V_s + C_2 Q_p E_p \\ & + C_2 Q_b E_b - Q_o C_o f - C_g Q_g \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、
 C_1, C_2 : 上・下層部の塩分濃度、
 Q_i : 河川、農地、都市排水の流入量 (m³/s)、
 C_i : Q_i の塩分濃度、
 V_k : 内部境界面からの塩分鉛直混入速度 (m/s)、
 V_{kw} : 風的作用による塩分鉛直混入速度 (m/s)、
 V_s : 湖底土からの塩分混入速度 (m/s)、
 Q_{gb} : 排水門の逆流流量 (m³/s)、
 E_{gb} : Q_{gb} の拡散率、
 Q_p : 地下水の流入量 (m³/s)、
 E_p : Q_p の拡散率、
 Q_b : 堤防浸透量 (m³/s)、
 E_b : Q_b の拡散率、
 Q_o : 農業・生活・工業用水の取水量 (m³/s)、
 C_o : Q_o の塩分濃度、
 f : 流出量比 (≤ 1)、
 Q_g : 排水ゲートの排除量 (m³/s)、
 C_g : 排水ゲートの排除量中の塩分濃度である。式(1)の左辺の分子は単位時間内の淡水層の塩分濃度の変化量であり、右辺の1項は河川と流域からの流入水に伴って流入する単位時間の塩分量、2項は内部境界面を通して鉛直混入する単位時間の塩分量、5項は湖底土から浸入する塩分量、そして9項は排水ゲートから排除する塩分量など塩分濃度に影響を与える要素である。そして、 $C_i, C_o, C_g \doteq C_1$ 、 $Q_g \doteq Q_i$ と仮定すると、式(1)は式(2)のように簡素化される。

$$\frac{dC_1}{dt} + C_1 D = E \quad (2)$$

ここで、注目の流出量比 f は D に含まれ、 $D = [A_1 (V_k + V_{kw}) + A_2 V_s + Q_o f + Q_g] / V_1$ 、 $E = [Q_i C_i + A_1 (V_k + V_{kw}) C_2 + C_2 Q_i E_1 + A_2 V_s C_2 + C_2 Q_p E_p + C_2 Q_b E_b] / V_1$ である。また、淡水湖化方程式は式(2)を初期条件 $t=0$ 、 $C_1=C_2$ で

積分すれば式(3)が得られる。

$$C_1 = \frac{E}{D} + (C_2 - \frac{E}{D}) e^{-Dt} \quad (3)$$

ここで、長期シミュレーションのための一般式は式(4)のように書き表わされる。

$$C_1(I) = \frac{E(I)}{D(I)} + \left[C_2(I-1) + \frac{E(I)}{D(I)} \right] e^{-D(I)t} \quad (4)$$

ここに、 I : 演算期間に伴う定数、 t : 淡水湖化操作後の経過時間である。

(2) 塩分濃度予測シミュレーション

淡水湖化過程を分析するためのシミュレーションの計算期間は霊岩湖防潮堤の閉め切りが1991年4月8日に完了されたので、それ以降の1991~1997年間の7年間とする。既存の淡水湖化過程の予測計算は淡水化湖の除塩施設の条件が定常の場合を仮定して行われたが、この研究では連絡水路の除水門と排水門、除塩暗渠を利用した除塩施設の稼働前の非定常的な場合と定常的な場合とを分けて計算を行う。除塩施設が定常稼働の場合を非定常の条件に適用すれば、現状より淡水湖化過程がもっと早く進行し、不合理となる。そこで、まず1段階計算として、淡水湖化に絶対的な影響を及ぼす補充流入水と排水門の操作など本格的な除塩施設を稼働する前の1994年6月までシミュレートして、次に2段階計算として除塩施設による除塩が定常の場合をシミュレートする。また、実測値との比較によって定常流入の条件に対する非定常時の流出量比を推定する。

計算に適用する主要な入力パラメータは実測を通じて正確な値を入力することが必要であるが、各種流入量と

表-2 シミュレーションに適用された入力パラメータ

種 類	記 号	単 位	値
流域面積	CATCH	km ²	355
暗渠数	N _c	-	4
暗渠粗度係数	R _n	-	0.014
排水門逆流流量 *	Q _{gb}	m ³ /s	0.01
堤防浸透量 *	Q _b	m ³ /s	0.355
地下水流入量 *	Q _p	m ³ /s	0.0
初期塩分濃度	C ₁	ppm	30,000
流域流入塩分濃度	C _i	ppm	100
目的塩分濃度	C _m	ppm	500
補充水塩分濃度	C _{su}	ppm	1,000~1,500
Q _{gb} の拡散率 *	E _{gb}	-	0.1
Q _b の拡散率 *	E _b	-	0.1
Q _p の拡散率 *	E _p	-	0.1
排水門除塩効率 *	E _g	-	0.1
除塩暗渠効率 *	E _c	-	0.8
除塩ポンプ効率 *	E _{np}	-	0.8

*は既存データを参考にして適用したもの

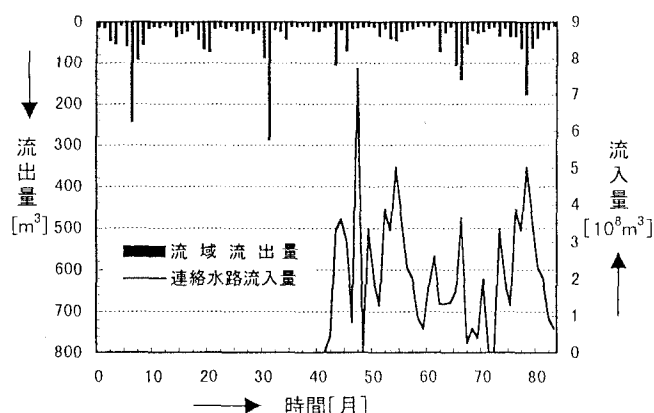


図-2 1991~1997年までの月別流入量

拡散率、効率などを全部計測することは非常に難しいことである。そこで、本研究ではこれらの値の妥当性を維持するために、韓国の淡水化湖の地理的条件に適用され、ある程度検証された値を用いる⁹⁾。特に、淡水化湖の塩分濃度は閉め切った直後の塩分濃度を海水とほぼ同じ 30,000ppm、流域流入水に含まれて流入する塩分濃度を 100ppm、そして補充流入水の塩分濃度を 1,000~1,500ppm で入力した。それ以外のパラメータを表-2に示す。

また、用いる気象データは霊岩湖に近接した木浦気象観測所の観測データである。湖内の水面蒸発量は木浦気象観測所の計器蒸発量に対し、一般の貯水池においても通用する 0.7 を乗算する。また、排水ゲートと除塩ポンプからの排除量を計算するための潮位は韓国農漁村振興公社の霊岩湖管理事務所が 1994 年 5 月に測定した潮汐記録を利用する¹⁰⁾。また、榮山湖の連絡水路からの補充流入水は 1994 年 7 月~1996 年のデータを用いたが、1997 年のデータは入手できなかったため、1995 年のデータを代用して計算する。他の気象データは表-3に示している。流域流出量は河川流出量公式を用いて¹¹⁾それぞれの年度に

表-3 シミュレーションに用いる気象データ

区 分	木 浦 観 測 所
降 雨 量	1990 ~ 1996 年 (7 年)
蒸 発 量	1990 ~ 1996 年 (7 年)
潮 汐	1994. 5 (1 ヶ月)
風 速	1996 年 (1 年)
補 充 水	1994. 7 ~ 1997 年 (3 年 6 ヶ月)

対して旬別流出量を計算し、それを入力データとして利用し、流域流出量と連絡水路からの 7 年間の月別流入量を図-2に示す。

4. 結果及び考察

(1) 霊岩湖の塩分濃度調査

霊岩湖の水質調査は韓国農漁村振興公社の榮山湖事業団で 1991 年から定期的に年 2 回ずつ行われている。特に、塩分濃度の調査は図-1に見られるように、霊岩湖の湖の中心線を基準として排水ゲート付近の下流部(S1)、連絡水路流出口付近の中流部(S2)、そして湖中央の中上流部(S3)、上流部(S4)の 4 地点で水深別に観測している。そのデータを図-3に示している。図-3で、1996 年 11 月以後には水深 15m 以下の深層部を除外した 4 地点の全水深にて塩分濃度は 2,000ppm 以下で維持されている。

一方、1998 年 5 月には 1,200~1,400ppm 以下で観測されており、多雨期には 1,000ppm 以下と下がる。霊岩湖の実測値では内部境界層が流入量の増減に影響を受けているので季節による変動はあるが、水深 15m~16m で形成されていることが確認できる。現在、霊岩湖の用水は農業用水として利用されており、工業用水に対しては上流の淡水と混合して用いている状況である。

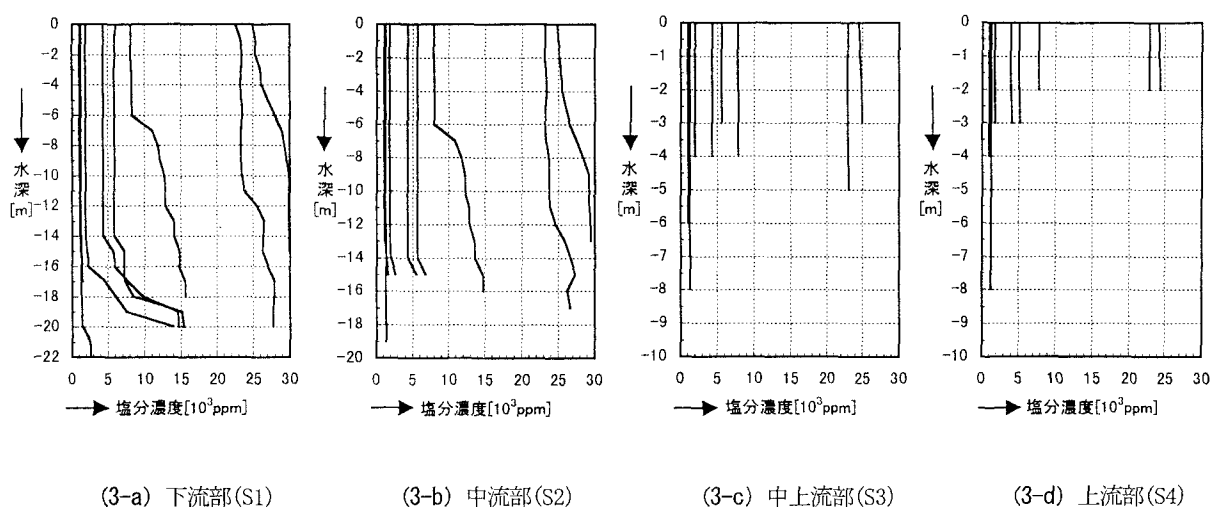


図-3 霊岩湖の年度別塩分濃度の変化。各図の実線は右から '91. 9. 1, '92. 10. 20, '93. 10. 5, '94. 10. 24, '95. 3. 20, '96. 11. 14, '97. 10. 22, '98. 5. 20 の実測値である。

(2) シミュレーションによる計算値

塩分濃度の変化を予測するシミュレーションでは淡水化湖の色々なメカニズムに基づいて、淡水化に大きな影響を与える補充流入水とそれに含まれている塩分濃度の変化に焦点を合わせて、除塩施設の稼動前・後の各段階に対して淡水化過程の分析を行った。

特に、補充流入水を導入する前の1991年から1994年6月までの塩分濃度変化のシミュレーション計算値と実測値を図-4に示した。堤防の最終閉め切り後から淡水化湖除塩施設が定常的に作動する場合を仮定した計算では淡水化過程の初期年度で実測値と大きな差があった。そして、塩分濃度は除塩1~3年次に急激に減少したが、実測値は徐々に減少している。これは実際、霊岩湖の防潮堤を閉め切った後、本格的な水門操作及び除塩施設を利用した管理は1994年5月3日に管理所の開所と共に始まったことと関係があると判断される。すなわち、排水門、除水門での排出と連絡水路からの淡水が導入される前には満潮時に、防潮堤や排水門を通じた海水浸入、干潟と湖底土からの溶出塩水の流入、深層塩水の不排除などによる影響を受けていることを証明する。

したがって、除塩施設を用いた定常流出入に対して排

水門、除塩暗渠、除塩ポンプによる流出量(式(1)の Q_1 に相当)を定常時の30%、20%、15%~10%の流出量(Q_2)として計算した。この結果、図-4のように定常流出入時に対して12~13%の流出入量を考慮した場合に実測値ともっとも近似した値が得られた。

次に、除塩施設を稼動して補充流入水を導入し始めた1994年7月からの塩分濃度の計算値と実測値を図-5に表している。計算は連絡水路の除水門からの補充流入水の有無に区分して行った。また、近接の榮山湖の塩分濃度が1,000~1,500ppm以下で維持されているので^{15), 16), 17)}、補充流入水の塩分濃度を1,000ppm(補充水ありⅠ)と1,500ppm(補充水ありⅡ)で区分して計算した。図-5では霊岩湖の補充流入水の導入が始まった1994年7月、すなわち防潮堤を閉め切った後の38ヶ月目から塩分濃度が急激に低下することが解る。補充流入水の導入がある場合は1,000~1,700 ppm程度で維持されているが、補充流入水のない場合を仮定した計算結果は塩分濃度が一時的に低下することがあるが、全体的には2,000~4,000 ppm程度の高い値を示している。これは各年度の降雨量による流域流出量に関係があると判断される。

(3) 計算値と実測値の比較

コンピュータによる計算値と諸変数を含んでいる現場の実測値の直接的な比較は無理な点もあるが、一つの基準値として検証する必要があると考えた。図-6では1991年~1997年間の塩分濃度の計算値と霊岩湖の4地点での実測値の近似値を算出し表示した。この図で、計算値と実測値の全体的な変化はよく近似されている。また、補充流入水の導入が始まった1994年7月から計算値と実測値の差が多少大きくなっているけれども、最終的には補充流入水のある場合の値に近づいている。

5. 結論

標準型淡水化湖の地形的条件を持っている霊岩湖の淡

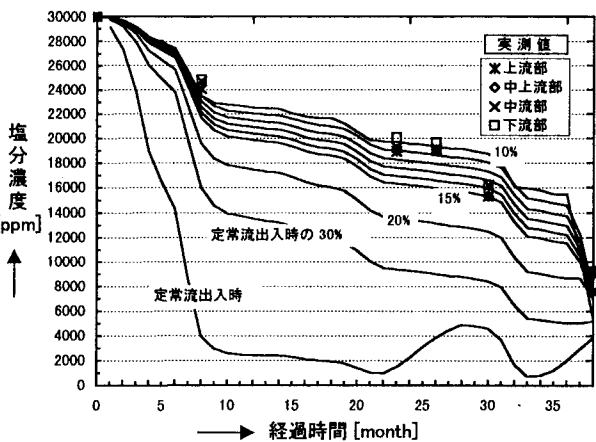


図-4 霊岩湖の除塩施設による除塩前の塩分濃度計算値

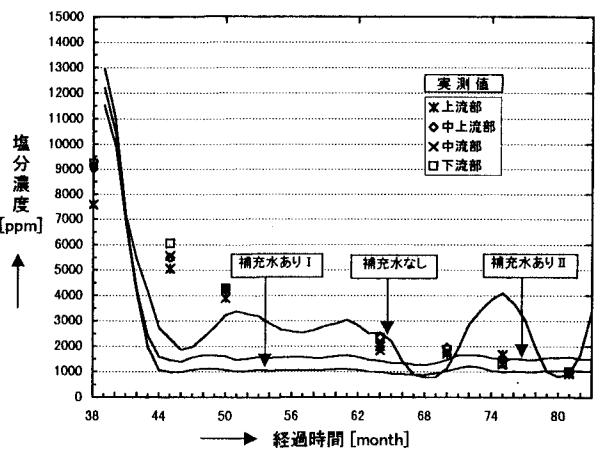


図-5 霊岩湖の除塩施設による除塩後の塩分濃度計算値

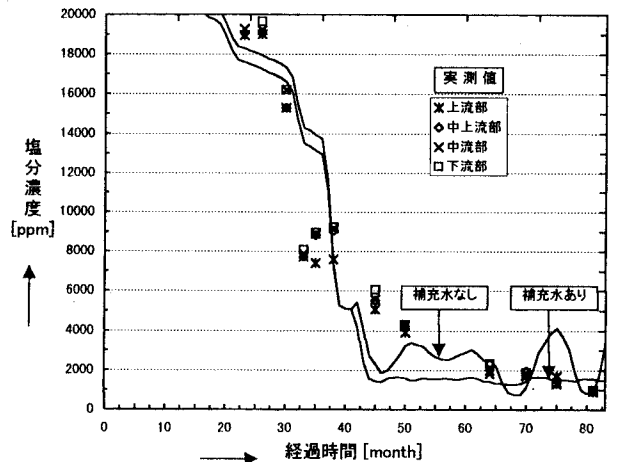


図-6 霊岩湖の塩分濃度の計算値と実測値の比較

水湖化過程を分析するために、塩分収支理論式に基づいてコンピュータシミュレーションを行った。その際、除塩施設の稼働前・後の2時期で分けて淡水化過程の分析を試み、各段階の計算値を定期的な実測値と比較・検討し、次のような結論を得た。

(1) 霊岩湖の塩分濃度調査では現在、淡水湖化が進んで季節的差異はあるが、1,200~1,400ppm以下で維持されている。そして、水深15m~16m以下では内部境界層が形成されていて高濃度の塩分濃度が確認できた。

(2) 除塩施設の稼働前の塩分濃度変化については除塩施設を用いた場合に対して排水門、除塩暗渠、除塩ポンプによる流出量を定常時の30%、20%、15%~10%の流出量として計算した。その結果、定常流出時に対して12~13%の流出量の場合に実測値ともっとも近似した塩分濃度値が計算された。

(3) 除塩施設の稼働後の塩分濃度変化計算は補充流入水の有無、補充流入水の塩分濃度を1,000ppm(補充水ありⅠ)と1,500ppm(補充水ありⅡ)で区分して計算した結果、防潮堤を閉め切った後の38ヶ月目から塩分濃度が実測値よりさらに低下することもあるが、全体的な変化は非常に良く近似されている。

(4) 除塩施設の稼働前・後の段階で区分した結果からみると、初期段階では満潮時、防潮堤や排水門を通じた海水浸入、干潟と湖底土からの溶出塩水の流入、深層塩水の混入などの密度流の影響が大きく、除塩施設後の補充流入水の導入がある場合には対流的現象の影響を受けることが解る。

(5) 淡水湖化過程の変化の正確な分析は、最近問題になっている水質環境問題に関連して淡水化湖の適地選定と計画案作成時や他の実験・実測データが充分ではない時期に、塩分濃度を含む水質環境変化を予測することは重要なことである。そこで、淡水湖化過程の初期段階と最終段階での的確な塩分濃度変化の予測及び時間的な変化過程を手軽に把握する手法が要求されている。このような場合に、本研究で実施したシミュレーションを用いれば淡水湖化過程が予測可能と思われる。

今後の課題としては本研究の基本的なシミュレーションを基にして、流入水の流れによる混合機構変化とそれに係る塩分濃度変動を分析して淡水化過程における環境メカニズムを考慮した研究が必要であると考ええる。

謝辞：本研究の淡水湖化過程の塩分濃度変化の推定に用いた各種データは韓国農漁村振興公社から提供して頂いたものである。また、このデータ入手の際に多大なるご協力と現地調査のご指導をして下さった慶尚大学校趙炳辰教授に対し厚く感謝の意を表する。さらに、淡水湖化問題に関して適切な助言をして下さった京都大学大学

院・鳥井清司助教授に対しお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 土木学会編：土木工学ハンドブック，技報堂出版，pp. 2661—2664，1982.
- 2) 鳥井清司：水資源と農業環境，システム農学，Vol. 9，No. 1，pp. 49—56，1993.
- 3) 姜 义默，具 滋雄他：干拓工学，卿文社，1993.
- 4) 河地利彦：淡水湖化，農土誌，Vol. 44，No. 9，pp. 65—69，1976.
- 5) 南 勲：淡水化過程の解析法に関する理論的研究（Ⅰ）—標準的淡水湖—，農土論集(29)，pp. 8—13，1969.
- 6) 南 勲，板垣博他：現状中海の塩類・溶存酸素等鉛直分布の巨視的パターン，農土論集(136)，pp. 73—82，1988.
- 7) 南 勲，藤原正幸：中海における水理特性の二層密度流の実態，農土集，Vol. 58，No. 2，pp. 183—190，1990.
- 8) 南 勲，徐 榮濟：韓国の淡水化湖の底層排水導入による塩分濃度改善，農土誌，Vol. 59，No. 10，pp. 1157—1164，1991.
- 9) 農漁村振興公社編：技術業務PROGRAM MANUAL第2巻，pp. 282—295，1989.
- 10) 農漁村振興公社編：霊岩防潮堤管理年報，pp. 7—66，1997.
- 11) 金 始源，金 哲基，李 基春他：農業水理学，卿文社，pp. 191—196，1990.
- 12) Prego, R. and Fraga, F.: A Simple Model to Calculate the Residual Flows in a Spanish Ria. Hydraulic Consequences in the ria of Vigo, *Estuarine, Coast. and Shelf Sci.*, 34, pp.603-615, 1992.
- 13) Smith, R. and Scott, C. F.: Mixing in the Tidal Environment, *J. Hydr. Engrg., ASCE*, 123(4), pp.332-340, 1997.
- 14) Kurup, G. R, Hamilton D. P. and Patterson, J. C.: Modelling the Effect of Seasonal Flow Variations on the Position of Salt Wedge in a Microtidal Estuary, *Estuarine, Coast. and Shelf Sci.*, 47, pp.191-208, 1998.
- 15) Torii, K, Hoshi, T, Cho B. J. and Kang, D. W. : Application of Satellite Image Data to Tideland Reclamation Project in Southwestern Coastal Zone of Korea, *Proc. 14th ACRS*, B-4-1-6, 1993.
- 16) Torii, K. and Hoshi, T. et. al. : Investigation on Tidal Land Reclamation in Korea Using Satellite Image Data, *Proc. 17th ACRS*, G-4-1-6, 1996.
- 17) Choi, M. S, Hoshi, T. and Torii, K. : Study on the numerical simulation of flow pattern in the freshening reservoir using satellite image data, *Proc. 19th ACRS*, B-8-1-6, 1998.

(1999. 9. 30受付)