

土木研究所河川研究室 正 員 ○ 山 口 高 志
鹿島試験所 高 橋 晃

最近急激な水需要を補うため種々の水資源開発が進められている。その一手段として、河口湖、河口堰による淡水貯溜、塩水湖の淡水化などが考えられ種々の検討や計画が進められている。例えば有明海の大締切堤計画なども、規模の雄大さにおいてその最たるものといえよう。

しかし、その淡水化過程についてはこれに影響を与える要素の数も多く、またその影響機構の複雑さゆえに、その推算を非常に困難なものにしているのが現状である。本論は、ある塩水湖の淡水化過程の推算にあたり、影響諸要素に検討を加えとくにこれまでの淡水化過程の推算で考慮されていないゲイトよりの淡塩排水比について実験を行って補足し、淡水化過程の計算を行った。もちろん諸要素の考慮については、不十分な点が多いが、あえてここに紹介して御批判と仰ぎ、今後其の改良につとめたいと思っている。

1. 淡水化過程に影響を及ぼす諸要素^{(1),(2)}の検討

図-1に示すように、主要要素としては、①流域よりの淡水流入量、②湖面蒸発量、③締切堤体よりの塩水浸透量、④風、波等による躍層より上層への混入量、⑤図-2に示すようなゲイトよりの淡塩排水比、⑥湖内維持水位等が挙げられる。これらについて以下のような検討を加えた。

①、② 淡水流入量は、文献(3)によったが、現在考えている淡水化過程の精度および湖面積が非常に大きいことも考慮し、10年間の流水量より日平均流量($591 \text{ m}^3/\text{s}$)と求め、湖面蒸発量と湖面降雨量をキャンセルして用いることにした($Q_f = 519 \text{ m}^3/\text{s}$)。③ 堤高に比して堤体厚が充分大きいことから、Darcy則を用いて一次元的な層浸透流として計算できることを実験により確かめた。また潮汐による非定常である効果があるまいことは、文献(4)で確かめられている。計算には、透水係数 10^{-6} cm/s 程度と考えた場合の $30 \text{ m}^3/\text{s}$ と、その5倍の $150 \text{ m}^3/\text{s}$ を使用した。④ 種々の擾乱(風による吹送流、波、洪水の流入等)による境界面よりの塩水の混合については、Keulegan, 岸, 椎貝らの研究があるが、まだ実用に適するまでには到っていない。そこで今回は 湖面より適当な水深(混合水深または影響水深 H_{mix}) ととり、この層内では流入淡水は完全に混合することにした。この H_{mix} としては、岸(5)が求めた実用公式 $H = 5 \log V - 1$ (V : 風速(m/s), H : 風速 V によって影響を受ける水深(m)) と風速資料を参考に、 $H_{mix,0} = 4 \text{ m}$ および 5 m を採んだ。⑤ 水深が大きい湖の淡水化をはかる場合、ゲイトを用いてなるべく下層にある塩水の効率よい排除と考え

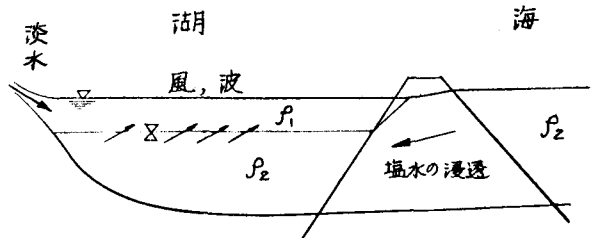


図-1 淡水過程の模式図

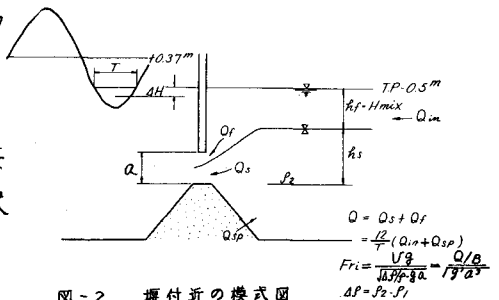


図-2 堰付近の模式図

るのは当然なのであるが、これまでの推算例では、いずれも考慮されていない。しかも塩分の排除が水門よりしかたされないことを考えるとこの塩分の排出量を推定することはもっとも重要なこと、と思われる。そこでこの点については、実験により検討を加えることにした。実験設備を図-9に示す。実験方法としては、図-2にも示すように、淡水両流量を湖内に分散管より静かに流入させ、長時間流下させて落着いたときの界面高さを測定するという方式を採用した。実験の種類は、淡水流入量比、ゲイト開度および淡水密度差(3種、0.004, 0.01, 0.03)を変えて、41 case 行った。淡水躍層ができるという仮定を含めて種々問題があると思われるが、この点は目をつぶることにした。

実験結果を Harleman ら(6) の換算排水の整理にならって $h_s/a \sim Fri$ によって整理したところ、概略 Q_s/Q とパラメーターに

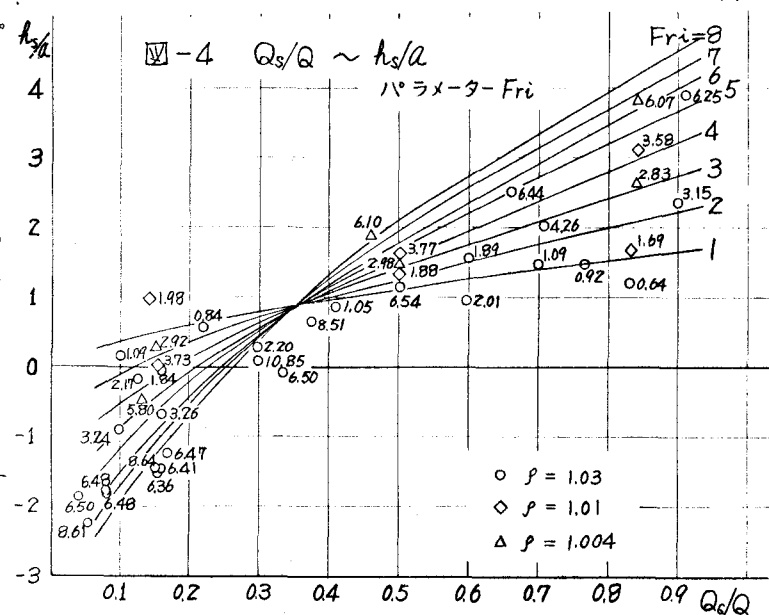
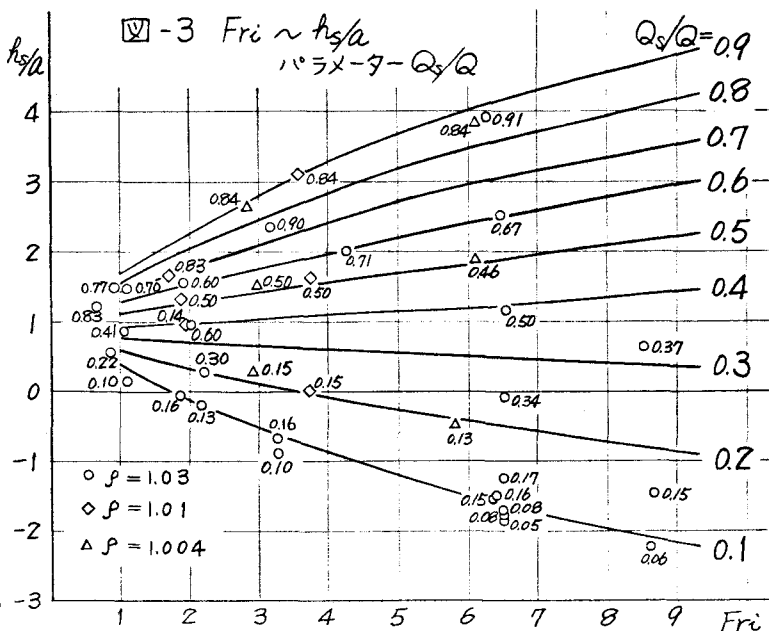
⑥ 本計画の場合、湖内水位を $-0.5m$ に維持するという制約条件があったため、図-2に示すように潮位が湖内水位より低くなる時間(T)およびその間の平均水位差(ΔH)が小さかったために、流入量を排水するのがやっとであり、図-3,4等を用いて堰の最適操作を行うといったことはできなかった。加えて淡水化の進行とともに湖内ヘッドが減少し、これ以上淡水化が進まないという事態も生じた。

2. 淡水化過程の計算法

1) 湖内ヘッドを計算し(例えば界面がゲイト敷高より高い場合は $h_T = 1.03 h_s + f_1 H_{mix}$)、これより T, ΔH , $Q_{out} = (Q_{in} + Q_{sp}) \times (12/T)$ およびゲイトの流量係数 C_g , a 等を求める。

2) h_s/a , Fri を算出し、図-3等より Q_s/Q を求める。

3) 水門より排出される下層塩水量は $(Q_{in} + Q_{sp}) \times (Q_s/Q) \Delta t$ であるから、界面低下量(Δh_s)はこれから塩水浸透量($Q_{sp} \Delta t$)



を差引いたものを、その水深での湖内面積で割れば求まる。

表 - 1 淡水化の計算条件一覧表

条件	case	1	2	3	4	5	6	7
湖内水位	m	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
ゲート敷高	m	T.P.-1.0	-7	-10	-10	-10	-7	-10
ゲート巾	m	500	700	500	500	500	700	500
塩水浸透量 (Q_{sp})	m ³ /s	30	30	150	30	30	150	0
初期混合水深 H_{mix0}	m	4	4	4	5	4	4	4
流入淡水量	m ³ /s	519	519	519	519	419	519	519
備考						取水 100m ³ /s		

4) 上層密度は、前後の量に $\gamma-1$ およ
び γ を付し、 V_{mix} を混合水深内の全体
積とすると、 $\rho_r = (\text{全重量})_r / (\text{全体積})_r$
であるから、

$$\rho_r = \frac{\rho_{r-1} \{ V_{mix, r-1} -$$

$$-(Q_t/Q)_{r-1} (Q_{in} + Q_{sp}) \Delta t \} + \rho_0 Q_{in} \Delta t$$

として求まる。そして次の step の計算を行う。

なお上のモデル中、 Q_{sp} は下層へ、 Q_{in} は上層へ流入させている。また一つの問題としては、 H_{mix} が徐々に増加することであろう。

3. 計算および結果について。
計算は、種々要素の効果を見る
ために、表-1 のように、
Case-1 の各項を少しずつ変
化させるという形で、7 case に
ついて行った。 Δt としては1
日、計算はすべて電子計算機(
TO SBAC 3400)によった。

この他、淡水化期間中に台風
のような大きな擾乱があった場
合を想定し、岸(1)の方法を用い
て下層塩水を上層に混入させ、
淡水化過程のおくれを推算した
(Case 1-1, Case 1-2)。(計算
には要な界面での濃度分布とし
ては、小櫃川の結果(図-8)
を参考に危険側に推定)。

結果については、図-5, 6
を参照されたい。例えば上層濃
度が $1/10$ になった時侯で、200日
程度の差があること、界面位置
に最も影響が大きいのは(図-6)
ゲート敷高、塩水浸透量など"

図-5 上層密度の時間的変化

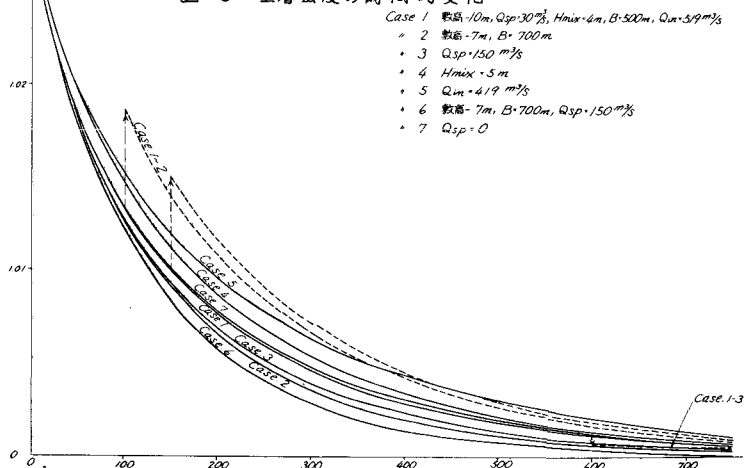
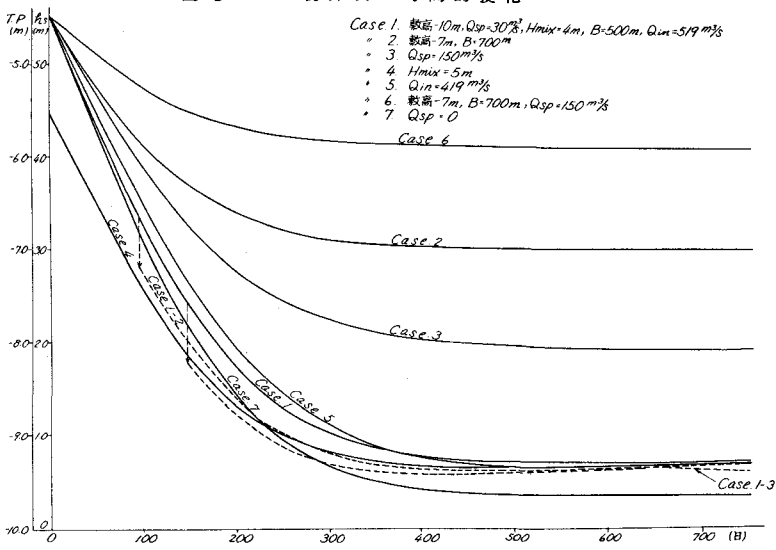


図-6 淡塩境界面の時間的変化



あることがわかる。また台風の影響は100日程度残るとなっている。

参考までに Q_s/Q の時間変化を図-7に示したが、例えば流入量が小さい場合 (Case-5), Q が小さくすむため Q_s/Q は大きい、やはり淡水化に要する時間は下の一群の中で最もかかっている。

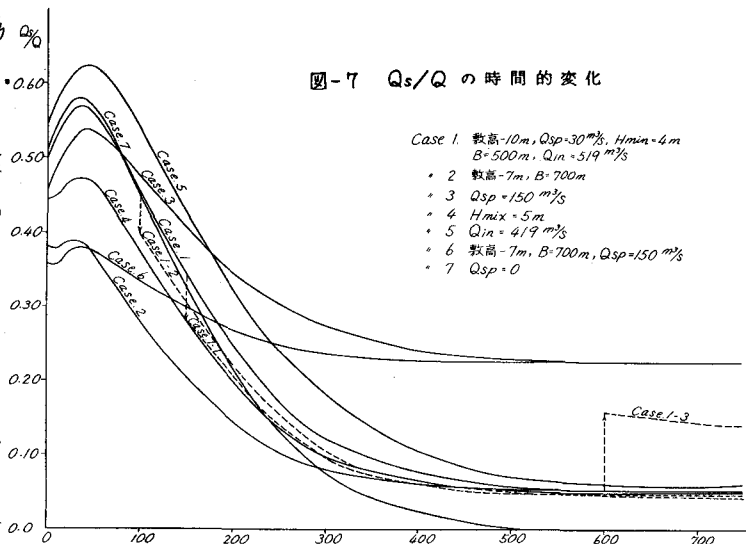
おわりに、本計算のプログラム作製については河川研究室本岡久枝政官に、図の作製等については本岡久枝、難波憲一両政官にお世話になった。こゝで感謝の意を表したい。

参考文献

- (1) 文献調査委員会編 河口湖来にとまう水理学的検討, 土木学会誌 Vol. 51, No. 9
- (2) 南 勲, 河口湖淡水化.
- (3) 木下武雄, 有明海流入量調査報告, 土木研究所資料 No. 262 S. 42. 3.
- (4) 坂本忠彦, 有明海縁切堤防調査報告付属資料4, 土木研究所資料 No. 442, S. 44. 3
- (5) 岸 力, 加藤正道, 河口二層流の安定に関する研究 (風による二層流の混合) S. 41. 3
- (6) D.R. Harleman & others, Submerged Sluice Control of Stratified Flow, Proc. A.S.C.E. HY2 1958.
- (7) 岸 力, 加藤正道, 二層流の風による混合に関する研究, 第14回海岸工学講演会 S. 42.

この他淡水化過程の計算例として、有明海地域総合開発協議会その他の「有明海地域総合開発調査結果の概要」S. 41. 3. 京大奥田博士の児島湾、中海での計算がある。

図-7 Q_s/Q の時間的变化



- Case 1. 敷高-10m, $Q_{sp}=30 \text{ m}^3/\text{s}$, $H_{min}=4 \text{ m}$
 $B=500 \text{ m}$, $Q_{in}=519 \text{ m}^3/\text{s}$
- 2 敷高-7m, $B=700 \text{ m}$
- 3 $Q_{sp}=150 \text{ m}^3/\text{s}$
- 4 $H_{mix}=5 \text{ m}$
- 5 $Q_{in}=419 \text{ m}^3/\text{s}$
- 6 敷高-7m, $B=700 \text{ m}$, $Q_{sp}=150 \text{ m}^3/\text{s}$
- 7 $Q_{sp}=0$

図-8 モデル池の観測値

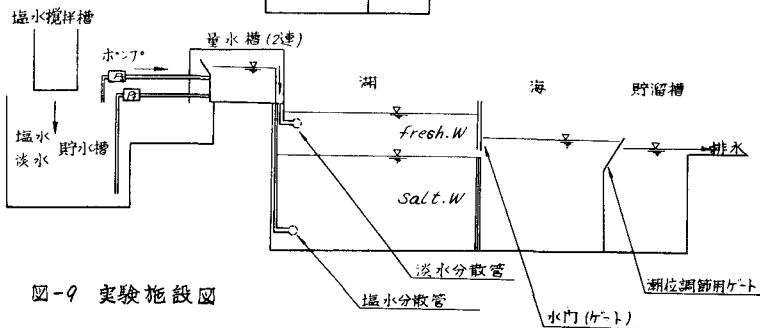
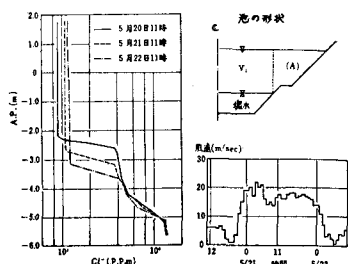


図-9 実験施設図