

○佐賀県庁 正員 渡辺繁文

佐賀県庁 正員 大石茂郎

○はじめに、最近の産業の急激な発展と人口の都市集中は水の需要を急増させ、限られた区域内における水の需要の維持は次第に困難となりつつある。これ等の需要増に対応するために新しい水資源の開発方式として最近全国各地で河口湖の開発計画が進められている。

現在伊万里湾には有田川、伊万里川など8河川から、年間2億数千万トンの水が流れこんでいるがこれらの河川は、上流に開発可能なダム建設適地がなく、伊万里市上水道と有田町上水道に年間わずかに100万トンが利用されているに過ぎない状態である。

伊万里湾開発計画では、このようにほとんど利用されていないこれらの水を有効に活用するために、図-1の開発計画図に示すように河口部でせき止め、河口湖を造り、ここから1日20万トンの工業用水を取水しようとするものである。この場合、河口湖の水を工業用水として使用可能な淡水にしようかどうか、また、淡水化にあたりどのような方法を採用するかが問題となる。河口湖の建設計画は他にも例があるが、淡水化の方式としては、いずれも潮の干満差を利用して、水門操水のみによって淡水化する方式がとられている。しかし、伊万里湾河口湖の場合は、用地の造成をかねて、現在の水深2~3メートルの湖底を浚渫して水深12メートルの深い湖を造る構想であるため、果して水門操水だけで、塩分濃度を工業用水基準の200PPMまで下げることができるとについては疑問が残る。このため、伊万里湾河口湖では、図-2のような外海と結ぶサイフォンを河口湖の湖底に設け、これによって一部まで淡水化するという全国にもまれな「サイフォン方式」を採用した。

しかしながら、伊万里湾河口湖のように工業用水の取水を目的とする河口湖は、わが国に建設の実例がないので、その淡水化過程を確かめるため、河口湖の模型を造り、一連の水理実験を行なった。

○実験方法、河口湖の模型実験場は伊万里市久原の県埋立地に、鉄骨ビニールテント張りの建物の中に図-3のような河口湖予定地帯一帯を型どったコンクリート製の模型に海水を入れ、上流から一定の淡水を注ぎ込み淡水化の実験を行った。模型の大きさは、縦28メートル、横12メートルで、実際の伊万里湾に対し、水平方向 $\frac{1}{200}$ 、垂直方向 $\frac{1}{5}$ の縮尺である。

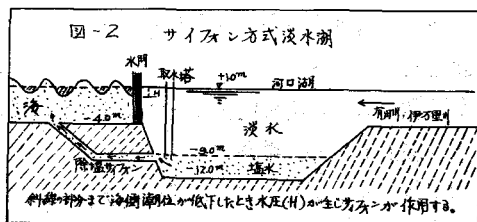
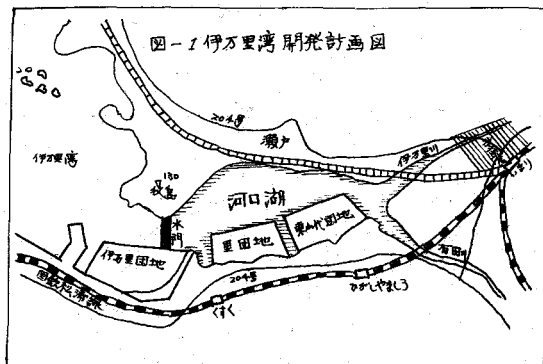
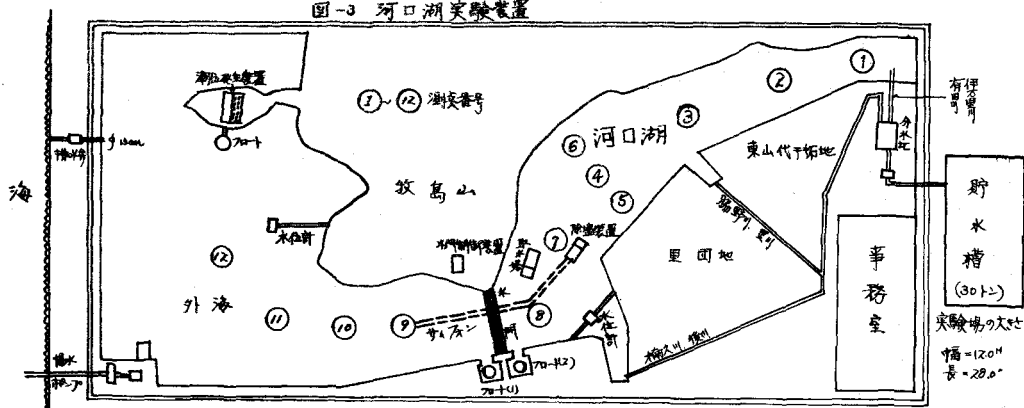


図-3 河口湖実験装置



○実験結果

〔実験-1〕 水門操作のみによる淡水化

結果a. 図-4のように $EL-4.0$ 以下、即ち放水ゲートの敷居高より下は原海水がそのまま残留し、これは永久に動かない。

結果b. 表層塩分濃度は電導度 $200\mu\Omega$ 程度であり、 -4.0 mの深さまで漸減している。この型式では伊万里湾の淡水化は全然進行しないと考えられる。

〔実験-2.3〕 サイフオンのみによる淡水化

結果a. 塩分濃度の躍層は図-5のように日数の経過と共に明瞭になり、その深さは -10 m ~-9.5 mであり、それ以下には海水が残留している。

結果b. 淡水化実験開始後1/3, 2日において伊万里淡水湖は完全に淡水化され最終塩分濃度は $80\mu\Omega$ で、これは供給河川のもつ電導度に完全に一致した。しかし $EL-9.5$ m以下の深部は原海水が残留している。この残留海水も拡散の影響をうけていくらかうすめられている。

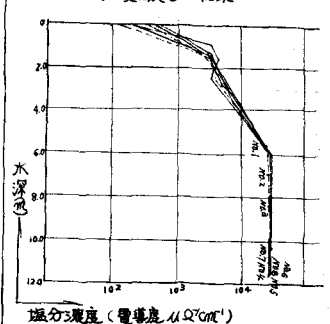
結果c. 躍層面の高さは若干の刻度によるばらつきはあるが概略水平となっている。

〔実験-4〕 淡水化完了後に水位変動を与えた場合(サイフォンより漏水を与えた場合)

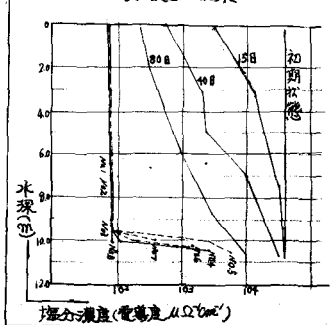
結果a. サイフォンからの漏水が多量なため、河口湖の水位が低下すると、塩分躍層の位置は徐々に浅くなり、かつ海水逆流の影響をうけて表層塩分濃度が $200.0\mu\Omega$ まで上昇した。

結果b. 水位が回復すると図-6のように表層塩分濃度は $100\mu\Omega$ となり、流入淡水と一致したが塩分躍層の位置は $EL-7.0$ m

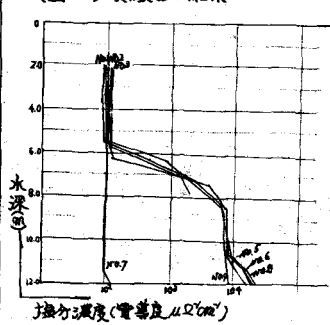
(図-4) 実験①の結果



(図-5) 実験②の結果



(図-6) 実験④の結果



となり、実験-2の場合より塩分躍層の位置が約2.5m上昇した。

結果C、以上の結果から海水の下層からの逆流に対しては、その逆流のほとんどが淡水層内に混合せず下層の塩水層に流入するものであるという結果がえられた。

〔実験-5〕 サイフォンよりの海水逆流を防止して、サイフォンのみで淡水化したのち、工業用水の取水による湖水利用を一年の周期を与え、水位EL-7.0mまで低下させ、又EL 0.0mまで上昇す。

結果A、表層塩分濃度は100μΩで完全に実験用淡水の塩分濃度と一致する。

結果B、最濁水期の水位が-7.0mのとき、塩分躍層は-9.0mとなり、そのうち躍層移行部1.0mを差引けば、完全な淡水は1.0mのみとなる。

結果C、完全に湖水水位が回復した場合には躍層深さは-8.5mと約1.0m上昇した。

結果A、淡水層の塩分濃度は100μΩで実験流入水の塩分濃度と完全に一致した。

〔実験-6〕 放水ゲートを閉塞し淡水流入量を月平均流量として一年間の変化を与え、同時に工業用水を使用して湖内水位を-9.0mまで低下させ、再び原水位へ回復させた場合

結果A、工業用水の使用があると明らかに淡水層内の水を選択的に排除することになるが、この際の取水時の水の混合力は無視される。即ち塩分躍層以下の深層部の塩分濃度は使用量によってほとんど影響されない。

結果B、塩分躍層の深さは-8.5mと常に一定である。

結果C、淡水流入量に月別の変化を与えた場合は、年平均水量を与えた場合より若干淡水化が促進される。本実験の結果、伊万里湖は完全に淡水化される見通しがたった。

〔実験-7、8〕 放水ゲート及びサイフォンを併用し、かつ工業用水の水利用を計画通りに行い同時に流入淡水量は10日毎の平均流量を与えた場合

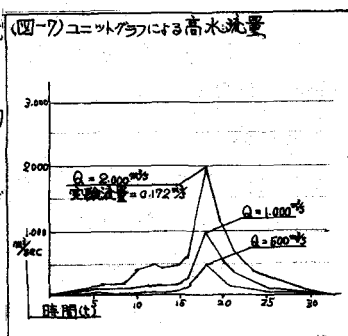
結果A、塩分躍層の位置は-9.5mのところ existent し、水利用が増加して-8.0m程度まで低下すると明らかに塩分躍層の移行部に達し塩分濃度は著しく高くなる。従って伊万里湖の利用水深は-8.0mが限度であると考えられる。

結果B、伊万里湖の水利用水深が-8.0m以内であれば、いかなる場合に於いても安定して淡水が使用できる。

〔実験-9.10.11〕 放水ゲートを閉塞し淡水流入量を月平均流入量として一年間の変化を与え同時に工業用水を使用して湖内水位を-6.5mまで低下させた時、淡水流量として図-7の単位図のようにそれぞれ、500%sec、1000%sec、2000%secの流量を与えた場合

結果A、500%secの流量を与えると図-8のように塩分躍層が約0.5m程度低下する。又湖内の淡水も約50PPM程度低下している。この程度の洪水を与えた場合は湖底からの塩分の巻き上げが上流より流入する淡水に薄められ、むしろ良好案となっている。

結果B、1000%sec、2000%secの洪水を与えると塩分躍層が0.5m~1.5m程度低下する。この場合は湖底塩分の巻き上げによる



塩水が河口湖の淡水に若干残り、 $-5.5\text{m} \sim -10.0\text{m}$ の淡水が50~100PPM程度の塩分上昇をきたしている。但し $-10 \sim -5.5\text{m}$ までの淡水は上流から流入した淡水で満たされている。

結果C. この実験により、渾水時河口湖の水位が低下している時に、急激な降雨があったとしても、洪水による河口湖の巻き上げは生じない事が明確になった。

○ 電子計算機シミュレーションによる淡水化過程の解析

水理模型実験においては、淡水湖水質に影響する要素のうち、(1) 市街地よりの汚水流入、(2) 工場よりの排水、(3) 地下水流入による塩分、(4) 湖底土からの塩分拡散、(5) 排水ゲート操作にともなう塩分逆流、(6) 風浪による下層塩分の混入等を無視している。

したがって、実際の河口湖の水質については、上記の諸条件を電子計算機によりシミュレートし、考慮しなければならない。電子計算機シミュレーションについては、京都大学南教授にお願いした。その結果は次のとおりである。

電子計算機シミュレーションにおいて

- (i) ゲートのみで風浪及び地下水による塩分混入のない場合
- (ii) サイフォン方式で、風浪及び地下水による塩分混入速度を与えた場合

以上二種の伊万里湾の淡水化の進行状態をシミュレートしたところ、実験結果と電算機シミュレーション結果は平行的な傾向があり、両者はよくシミュレートされている。特に最終塩分濃度は、水理実験結果が80PPMであり、電算機による結果の方が(i)の場合に於いて20PPM程度(ii)の場合に於いては、風浪及び地下水による塩分混入のため100PPM程度多くになっている。図-9は水理実験結果(3)と電子計算機シミュレーション結果との対比したものである。

○ おまけ

今回の実験結果は、予想通りの満足すべきもので、サイフォン方式の優秀さを立証できたものといえる。一方、工業用水の取水方式については、多段式取水塔を造り、水面近くの比較的浅いところから取水する方式をとり、湖内水位が外海より著しく低下したときは、除塩ポンプで湖底海水の排水を行えば、伊万里湾の工業用水は -8.0m までいかなる場合に於いても安定した淡水が使用できる。

なら、今回の水理実験の実施、解析については、京都大学南教授の熱心な指導をいただきました。ここに書中をもってお礼申し上げます。

参考文献

- (1) 昭和44年度伊万里湾開発調査報告書 佐賀県
- (2) 伊万里湾の淡水の高度化 (昭和45年12月5日 応用水理研究発表会)
京都大学南塾、松岡直彦 佐賀県渡辺繁文、大石茂保

