

底層排水를 利用한 淡水湖化 促進에 관한 研究

農漁村振興公社 技術支援部 徐 榮 濟*

1. 序 論

最近 우리나라에서는 國土擴張 計劃의 一環으로 造成하고 있는 干拓地에 用水 供給의 手段으로 河口에 隣接한 內灣을 人爲的으로 締切하여 灣內의 海水를 河川水로 淡水湖化 하는 建設事業이 활발히 進行되고 있다. 河口나 灣을 막아 鹽水를 淡水로 置換하는 過程을 淡水湖化, 그리고 淡水湖化된 貯水池를 自然的으로 만들어진 淡水湖와 區別하여 淡水化湖라 부른다[1]. 築造된 淡水化湖는 地形的인 條件에 따라 그 形態가 多様하나 密度層이 形成되는 課程을 中心으로 크게 分類하면 깊은淡水化湖(Deep Freshening Reservoir)와 얕은淡水化湖(Shallow Freshening Reservoir)로 나눈다[2]. 특히 깊은淡水化湖는 標準型 淡水化湖(Standard Type Freshening Reservoir)라고도 부르며 이것은 上,下層, 二層流를 形成하여 內部境界面(一名 鹽分躍層)을 가지고 있으므로 여러가지 研究의 對象이 되고 있다. 그리고 또 이것은 水理學의 安定度가 매우 크고 얕은淡水化湖보다 淡水湖化 期間이 길므로 水質管理에 무척 어려운 점이 많다. 本 研究에서는 위의 理論的인 淡水湖化 過程을 實際 現場條件에 適用하기 위하여 西海岸의 實驗 淡水化湖를 選定하여 多年間 시뮬레이션 하였다. 檢定에 利用된 淡水化湖는 특별히 底層部에 除鹽管을 設置한 人工 淡水化湖로

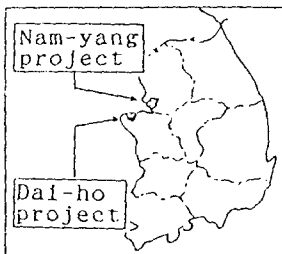


Fig.1 Key map

서 除鹽管을 통하여 下層部 高濃度의 鹽水를 排水 시키므로 上層部의 水質을 改善하는 方法을 택하였다. (Fig.1).

2. 二層流 標準型 淡水化湖의 鹽分收支 方程式

(1) 淡水層 鹽分收支 方程式

淡水湖化에 影響을 주는 要素들로는 水理學的, 水文學的, 그리고 氣象學的의 等 여러가지가 많다. 實際로 이들 變數를 淡水湖化 解析에 適用하는 方法에 있어서는 Minami(1)에 의해 많이 發表되었다. 이들 論文을 中心으로 本●에서는 下層部의 除鹽施設을 갖춘 二層流의 標準型淡水化湖 (Fig.2)의 장기 시뮬레이션 方程式을 構築하였다. 먼저 上層部 淡水層의 鹽分收支 方程式을 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{dC1.V1}{dt} = [Qi1.Ci1 + Qi2.Ci2 + Qi3.Ci3 + A1(C2-C1).Vk + A1(C2-C1).Vkw + C2.Q1.E1 + A2.Vs(C2-C1) + C2.Qp.Ep + C2.Qb.Es - Qo1.C1 - Qo2.C1 - Qo3.C1 - Qg.C1] \text{-----}(1)$$

여기서 C1, C2=上, 下層部의 鹽分濃度(ton/m3), V1=有淸貯水量(m3), Qi1, Qi2, Qi3=河川, 農地, 都市 排水流入量(m3/sec), Ci1, Ci2, Ci3=Qi1, Qi2, Qi3의 鹽分濃度(ton/m3), Vk=內部境界面의 密度差에 의한 鹽分 擴散速度(m/sec), Vkw=바람에 의한 下層鹽分의 上層으로 擴散速度(m/sec), Q1=排水●門의 察水量(m3/sec), E1=●門察水量의 擴散率(<1.0), Vs=湖底 土로부터 鹽分分散速度(m/sec), Qp=地下水의 流入量(m3/sec), Ep=地下水의 鹽分擴散率(<1.0) Qo1, Qo2, Qo3=灌●用水, 都市用水, 工業用水의 取水量 (m3/sec), Qg=排水●門의 排水量(m3/sec), Qb=防潮堤의 察水量 (m3/sec), Es=防潮堤 察水量의 鹽分擴散率(<1.0)이다.

方程式(1)의 左邊은 單位時間 dt에 있어서 上層部의 鹽分變化量을 나타내고 우변은 上層部의 鹽分濃도에 影響을 주는 여러가지 變數들을 포함하고 있다. 여기서 流入量 Qi와 그 鹽分濃度 Ci를 日計算에서 常數로 取扱하고 또 C2도 下層部의 鹽分濃度로서 一定하다고 假定하면 2가지의 파라메타 D 와 E 分離할수 있다.

$$D=(1/V1) [A1(Vk + Vkw) + Vs.A2 + Qo1 + Qo2 + Qo3 + Qg] \text{-----}(2)$$

$$E=(1/V1) [Qi1.Ci1 + Qi2.Ci2 + Qi3.Ci3 + A1.C2(Vk + Vkw) + Q1.E1.C2 + A2.Vs.C2 + Ep.Qp.C2 + Es.Qb.C2] \text{-----}(3)$$

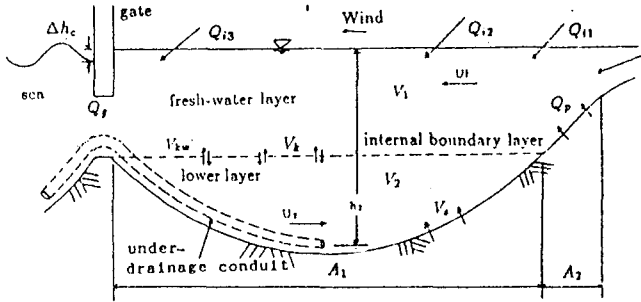


Fig.2 Two Layered Stratified Freshening Reservoir Model

따라서 (1)식을 다시 쓰면

$$\{ dC1 / dt \} + C1 \cdot D = E \quad \text{-----(4)}$$

이 되고 初期條件 $t = 0, C1 = C2$ 로 두고 積分하면 方程式의 解는

$$C1 = \{ E / D \} + \{ C2 - (E / D) \} e^{-D \cdot t} \quad \text{-----(5)}$$

이 된다. 여기서 長期 시뮬레이션을 위한 一般式으로 나타내면

$$C1(I) = \{ E(I) / D(I) \} + \{ C2(I-1) + \{ E(I) / D(I) \} \} e^{-D(I) \cdot t} \quad \text{-----(6)}$$

이 되고, 여기서 $I =$ 演算期間에 따른 定數, $t =$ 時間間隔이다.

(2) 下層部 鹽分收支 方程式

下層部の 鹽分收支 方程式도 上層부와 同一하게 誘導하면

$$C2(I) = \{ E2(I) / D2(I) \} + \{ C2(I-1) + \{ E2(I) / D2(I) \} \} e^{-D2(I) \cdot t} \quad \text{-----(7)}$$

式으로 나타낼 수 있다.

(3) 底層 除鹽管에 의한 排水條件

選定된 西海岸의 2個 淡水化湖는 標準型 淡水化湖로서 除鹽過程을 促進시키기 위해 특별히 下層부에 底層排水用 사이폰식 排水管을 設置하였다. Fig.2에 나타난 바와 같이 除鹽管의 流入口를 淡水化湖의 深層부에 安着시키고 下層部 高濃度의 鹽水를 外海로 排水하기 위해서는 湖內 水位와 外側 潮位에 있어서 다음과 같은 水位差 條件을 考慮하였다.

$$\Delta hc = \{ (\rho 2 - \rho 1) / \rho 2 \} \cdot h2 \quad \text{-----(8)}$$

여기서 $\rho 2, \rho 1 =$ 海水, 淡水의 密度, $h2 =$ 湖內水面에서 除鹽管 中心까지의 水頭를 나타낸다. (8)式에서 貯水池 水位와 外海 潮位の 差가 Δhc 以上の 境遇, 除鹽管으로부터 湖內의 底層水가 自然的으로 排水되는 것으로 設定하였다.

3. 시뮬레이션 過程

實測資料를 檢定하기 위한 演算期間은 大湖淡水化湖가 1461日間(1984-1987), 南陽淡水化湖가 1926日間(1983-1987)이다. 大型컴퓨터를 利用한 시뮬레이션 過程中 저수량(V)를 水面積(A), 貯水量을 貯水池水位(H)로 바꾸기 위해서는 內插法을 利用하여 計算하였다. 排水●門 또는 除鹽管을 통하여 排水되는 排除量을 計算하기 위해서는 西海岸 事業地區 隣近에 있는 石門干拓 開發地區에서 30日間 觀測된 實測潮位 記錄을 利用하였다. 시뮬레이션 全過程을 통한 淡水化湖內의 水位는 灌●期를 除外하고는 管理水位 以下 내려가지 않도록 制約條件을 주었다.

湖內의 水面 蒸發量은 該當 氣象觀測所의 計器蒸發量에 0.65를 곱하여 計算하였다. 大湖淡水化湖의 取水量은 시뮬레이션 期間동안 灌●用水를 供給하지 않았으므로 (干拓地 未造成)無視하였다. 南陽淡水化湖는 隣近의 牙山淡水化湖로부터 補充水의 供給을 받고 있으므로 그 量을 考慮하여 旬別 660ha.m를 河川流入量에 加算하였다.

4. 結果 및 考察s

(1) 除鹽管의 效果

〔大湖貯水池〕: 새로히 造成된 淡水化湖에서 灌●用水 公급이 없으므로 淡水層의 鹽分濃度 및 鹽分躍層水位가 서서히 變化하였다(Fig.3,4). 1985年까지는 鹽度變化 差異가 별로 보이지 않으나 1985年 以後는 除鹽管 有無別 그差가 매우 두드러졌다. 그리고 鹽分 躍層面의 水位도 除鹽管이 없는 境遇보다 있는 境遇가 매우 낮아졌고 結論的으로 이것은 約 7.0m 程度의 貯水容量을 淡水層으로 더 使用할수 있는것으로 나타났다.

鹽分濃度가 1000ppm을 超過하는 것으로 나타났다(Fig.5). 그러나 除鹽管을 設置한 境遇는 全般的으로 1000ppm以下로 나타났다. 또 躍層面의 水位變化도 除鹽管이 없는 境遇는 -2.0m부터 -4.0m까지 變化 하였으나 設置後는 -8.0m에서 -15.0m까지 變化하였다. 이것은 結局 6.0-11.0m程度의 淡水層을 더 確保할수 있다는 結果이다(Fig.6).

(2) 觀測值와의 比較

〔大湖貯水池〕: 鹽分収支 方程式의 各種 媒介變數 檢定을 위하여 시뮬레이션 期間內에 觀測된 淡水化湖의 鹽分 垂直分布 데이터를 20回 程度

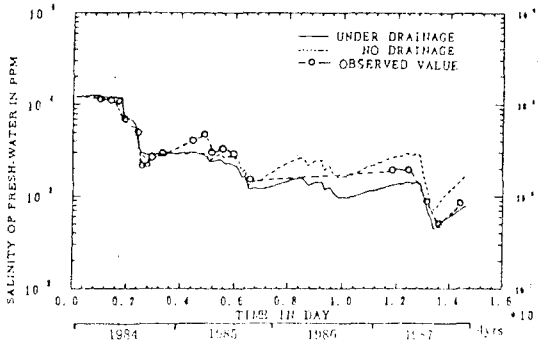


Fig.3 Salinity of Fresh-water layer in the Dai-ho Reservoir

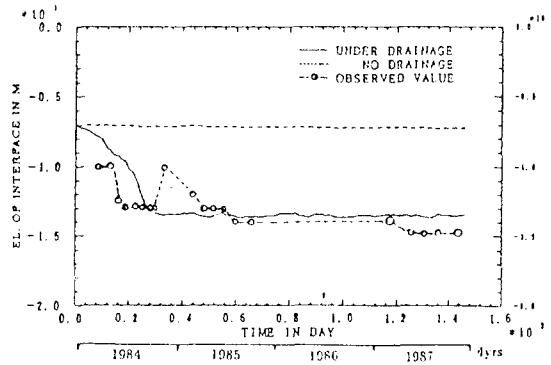


Fig.4 Interface Variation in the Dai-ho Reservoir

蒐集하였다. 計算始作 初期條件은 防潮堤 締切 直後에 觀測된 資料를 利用 하였다. Fig.3에서 보는바와 같이 淡水層의 計算 鹽分濃度는 觀測値와 比較하여 全般的으로 多少 差異는 있었으나 그 變化 ●勢는 對等하였다. 또 Fig.4에서 表示된 鹽分 躍層面의 水位도 全體의으로 觀測値와 一致하였으나 1984年 一部 期間에 있어 計算値가 觀測値보다 多少 높은것은 排水 ●門 操作 不注意로 因하여 ●門을 통한 海水侵入에 起因한 것으로 判斷된다.

[南陽貯水池] : Fig.5에 나타난 바와 같이 淡水層의 鹽分濃度 變化는 大湖貯水池와 比較해서 週期的으로 變化하는 形態가 計算値와 實測値의 두경우 모두 강하게 나타났다. 이것은 겨울철 河川流入量의 減少에 따른

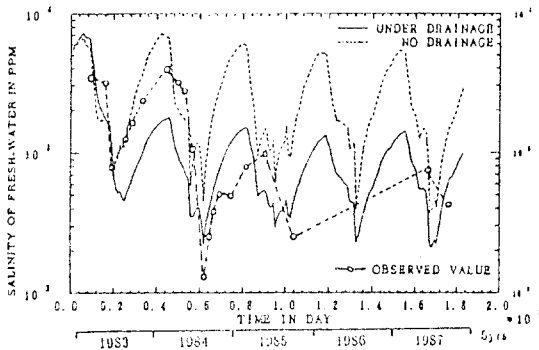


Fig. 5 Salinity of Fresh-water layer in the Nam-yang Reservoir

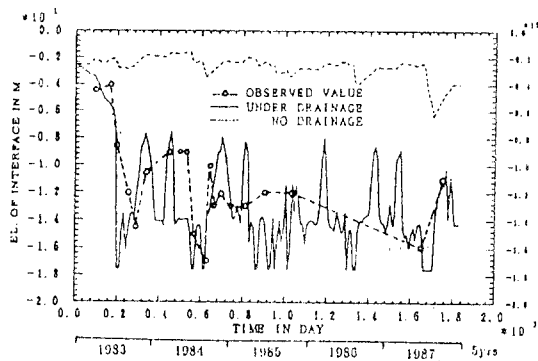


Fig. 6 Interface Variation in the Nam-yang Reservoir

鹽分의 上昇結果로 判斷된다. 또 計算値와 觀測值 差異가 큰것은 排水 門의 寮水量과 防潮堤를 통한 浸透量에 起因된 것으로 推定되며 이들 條件을 考慮하여 計算하면 鹽分躍層이 上昇하므로 實測値와 接近 시키는데는 多少 無理가 있었다.

앞으로 潮汐의 變化에 따른 正確한 寮水量과 浸透量을 測定하므로 實測值와의 差異를 줄일수 있을 것이다. 그러나 Fig. 6의 鹽分 躍層面 水位는 (南陽貯水池) : 이 淡水化湖는 1982年까지 除鹽管이 設置되지 않은 狀態로 運營되어 왔다. 大湖貯水池는 設計當時부터 底層排水施設(工事名: 除鹽暗渠)을 設置 하였으나 南陽은 1975年, 貯水池가 運營되기 始作하면서 부터 除鹽暗渠가 없는 關係로 表層水의 鹽分濃度가 높아 農作物의 用水供

給에 鹽分 被害가 종종 發生하였다. 그러므로 1983年 이와같은 被害를 減少시키기 위하여 除鹽管을 設置하였고 이 條件을 再現시켜 보는 意味에서 除鹽管 設置 有無別 淸果를 시뮬레이션 하였다. 만약 1983年以後 除鹽管이 設置되지 않았다면 灌●期間中 取水量이 增加함에 따라 每年 淡水層의 觀測値와 計算値가 類似하게 變化하였다.

(3) 淡水湖化 解析을 위한 媒介變數들

특별히 南陽貯水池의 시뮬레이션 過程에서 鹽分收支 方程式의 各種 파라메타를 決定하는데는 어려움이 많았다. 이 淡水化湖는 築造 되었는지가 꽤 오래되었고 當時의 最初 國內 技術●에 의해서 大單位農業開發 事業의 一環으로 築造된 것이므로 防潮堤의 浸透量, ●門寮水量等이 潮位時間에 따라 달라 試算에 無理한 部分이 있었다.

그러므로 鹽分收支 方程式의 重要한 變數는 먼저 條件이 簡單하고 單純한 大湖貯水池부터 分析하여 決定한후 이들 變數를 利用하여 南陽貯水池의 變數를 分析하였다. 最終적으로 決定된 2個 淡水化湖의 媒介變數들은 表 1에 收錄되었다. 그리고 風速에 의한 垂直混合 速度는 아래값을 適用하였다.

$$\begin{aligned} \text{風速(m/s)} &= 2 \quad 4 \quad 6 \quad 8 \quad 10 \quad 12 \\ \text{Vkw(m/s)} &= 0.25\text{E-}12 \quad 0.23\text{E-}7 \quad 0.45\text{E-}7 \quad 0.33\text{E-}6 \quad 0.11\text{E-}5 \quad 0.29\text{E-}5 \end{aligned}$$

6. 結 論

Minami의 鹽分收支 理論式을 利用하여 二層流가 形成된 實驗 淡水化湖의 淡水湖化 過程을 시뮬레이션 하였다. 이 模型은 비록 鹽分收支 方程式을 基礎한 單純總體 模型이지만 底層 除鹽管을 갖춘 二層流 淡水化湖의

Parameters	Dai-ho	Nam-yang
Vk	0.3E-7	0.8E-7
Vs	1.0E-7	1.0E-7
Ql	0.08	0.23
Qb	0.08	0.23
E1	0.2	0.2
Es	0.1	0.2
Ep	0.1	0.2
Ck	0.1E-5	0.1E-4
Efc	0.8	0.8

표 1. Confirmed Parameters for the Selected Freshening Reservoir

Ck=간척지의 삼투량(m/sec)
Efc=계엄압거 효율

鹽分濃도와 鹽分躍層 水位推定에 매우 有用하였다. 流域面積이 작고 河川 流入量이 季節的으로 偏重되어 있는 韓國의 標準型 淡水化湖는 下層部에 除鹽施設을 設置하지 않고는 安全한 淡水層 確保가 꽤 어려운 實情이다. 이것은 河川流入量이 적은 渴水期동안 鹽分躍層이 貯水池 水面 가까이 上昇하여 農業用水 揚水를 위한 淡水層 利用에 많은 支障을 招來하기 때문이다. 그러므로 標準型 淡水化湖의 境遇 淡水層의 完全한 確保를 위해서는 底層部에 除鹽管 設置를 반드시 考慮하여야 하며 특히 潮位差가 심한 西海岸은 干潮時 內外 水位差가 크므로 淡水化湖의 除鹽效果에 매우 유리한 조건을 갖고 있다.

參考文獻

1. Y.J.Suh, I.Minami(1989): Some Analytical method for Stratified Flow concerned with Sublayer, 日本農業土木 應用水理심포지움 論文輯, pp.121-129.
2. Y.J.Suh, I.Minami(1990): Improvement of Freshening Process by means of Underdrainage conduit in Korea, 日本農業土木 應用水理심포지움 論文輯, pp.92-97.

표 1.Conformed Parameters for the
Selected Freshening Reservoir