

〈논 단〉

### 淡水化湖의 除鹽에 대한 理論的 考察

徐 榮 濟\*

#### 1. 序 論

最近 우리나라에서는 水資源 確保의 手段으로 河  
 口에 隣接한 灣을 人爲的으로 締切하여 灣內의 海  
 水を 河川水로 淡水湖化하는 事業이 活發히 進行되  
 고 있다(Fig.1 & Table 1)[2]. 河口나 灣을 막아  
 海水를 淡水로 置換시키는 過程을 淡水湖化, 그리  
 고 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 한다. 築造된 淡水化湖  
 는 地形的인 條件에 따라 그 形態가 多樣하며 密度  
 層이 形成되는 過程을 中心으로 크게 分類하면 깊  
 은 淡水化湖(Deep Freshening Reservoir)와 얇은

淡水化湖(Shallow Freshening Reservoir)로 나  
 다(Fig. 2)[4]. 특히 깊은 淡水化湖는 標準型 淡  
 水化湖(Standard Type Freshening Reservoir)라  
 고도 부르며 이것은 上·下層間의 鹽度 및 溫度差  
 에 의한 二層流를 形成하여 內部境界面(Interface  
 Boundary Layer)을 가지고 있으므로 여러가지 研  
 究의 對象이 되고 있다. Jansen과 Okuda(奥田)  
 [5]는 淡水湖化 分析을 위하여 鹽分平衡方程式을  
 提示하였지만 깊은 淡水化湖에서 形成되는 二層流  
 를 考慮하지 않고 單一層의 對流的 混合構造만 생  
 각하였다. Minami(南)[1]는 깊은 淡水化湖에서  
 3가지의 뚜렷한 水理學的 現象이 일어난다고 假定  
 하여 보다 發展된 二層流의 淡水湖化 解析方程式을  
 提示하였다. 이 세가지 水理學的 特性은 즉 上層部  
 의 對流的 擴散에 의한 鹽分移動, 內部境界面을 통  
 하여 下層部에서 上層部로 移動하는 鹽分의 垂直混  
 合作用, 그리고 淡水化湖內 湖底上로부터의 鹽分의  
 分散作用이다. 이와같이 二層流를 考慮한 淡水湖化  
 理論은 內部境界面이 매우 重要的 要素로 作用한다

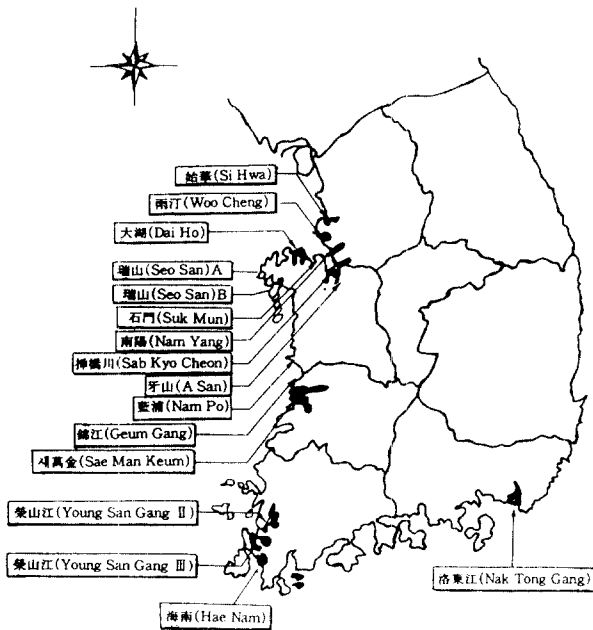


Fig.1 Schematic Map of the Freshening Reservoirs in Korea

\* 正會員, 農漁村振興公社 技術支援部

Table 1. Various Freshening Reservoirs in Korea

Item	Catchment area	Surface area	Total storage	Effective storage	Sea dike (L)m	Sea dike (H)m	F.W.L. E.L.	D.W.L. E.L.	Tidal gate ((B)·(H)·EA)	Gate sill EL.m	Irrigation area ha	Tidal land ha	Underdrainage			Constr. period
													D mm	L m	EA Nu	
A san	1634	2800	12300	8300	2564	17.0	+2.5	2.0	(10)·(6)·(12)	-4.0	14415	397	-	-	-	'71-'76
Bu sa	288	495	837	818	3474	11.0	+0.0	2.5	(9.4)·(4)·(9)	4.5	1590	590	-	-	-	'85-'94
Dai ho	278	2150	12200	4650	3253	30.5	0.5	3.7	(10)·(6)·(6)	6.0	7700	3700	2200	690	1	'81-'85
Keum gang	9828	3650	13850	12250	1841	16.6	+2.0	3.0	(30)·(10.3)·(20)	5.0	43000	-	-	-	-	'83-'90
Hae-nain	181	835	1710	1153	1874	10.0	0.5	4.0	(8.4)·(5)·(6)	4.0	2060	1600	3200	221	1	'85-'94
Nam-yang	209	800	3150	1850	2060	35.0	+0.5	3.5	(3)·(5)·(12)	3.5	4005	2285	1440	505	1	'71-'76
Sab-kyo	1639	2017	8426	6279	3360	18.0	+2.5	1.5	(20)·(6)·(12)	3.5	22300	200	-	-	-	'76-'79
Sae-man-keum	3319	9670	53452	35470	33265	34.0	1.5	-6.5	(30)·(12.5)·(18)	-6.5	22550	22550	2000	-	-	4 '92
Seo-san A	488	2885	14443	5026	6180	27.5	1.0	2.9	(10)·(4)·(6)	5.0	6399	4006	2300	106	2	'80-'91
Seo-san B	157	1702	9703	1259	1244	26.0	-1.3	2.0	(6.5)·(4)·(4)	4.0	3766	2413	2600	120	3	'80-'91
Si-hwa	477	5650	33233	18148	12700	27.0	-1.0	5.0	(12)·(6.5)·(8)	-6.0	8100	6000	2200	336	2	'87-'94
Suk-mun	257	855	1396	626	10556	13.0	-1.2	-2.0	(15)·(10.5)·(8)	4.0	2215	2050	600	285	1	'87-'95
Young-san(2)	3470	3460	25320	18100	4350	20.0	+1.0	7.0	(30)·(13.6)·(8)	-7.0	20700	4690	-	-	-	'78-'81
Young-san(3)	355	4286	24460	15300	2219	32.0	1.5	6.4	(10)·(10.5)·(8)	-6.4	12200	3770	2200	329	4	'88-'92
Woo-chung	236	1452	5444	2816	9810	20.6	-1.5	4.0	(16.7)·(12.5)·(6)	-5.5	3570	2918	1500	732	1	planning
Remark					(1)	(2)	(3)	(4)	(5)·(6)·(7)				(8)	(9)	(10)	

(1) = Length of sea dike (2) = Height of sea dike (3) = Full water level  
 (4) = Dead water level (5) = Width of gate (6) = Height of gate  
 (7) = Numbers (8) = Diameter of conduit (9) = Length of conduit  
 (10) = Numbers

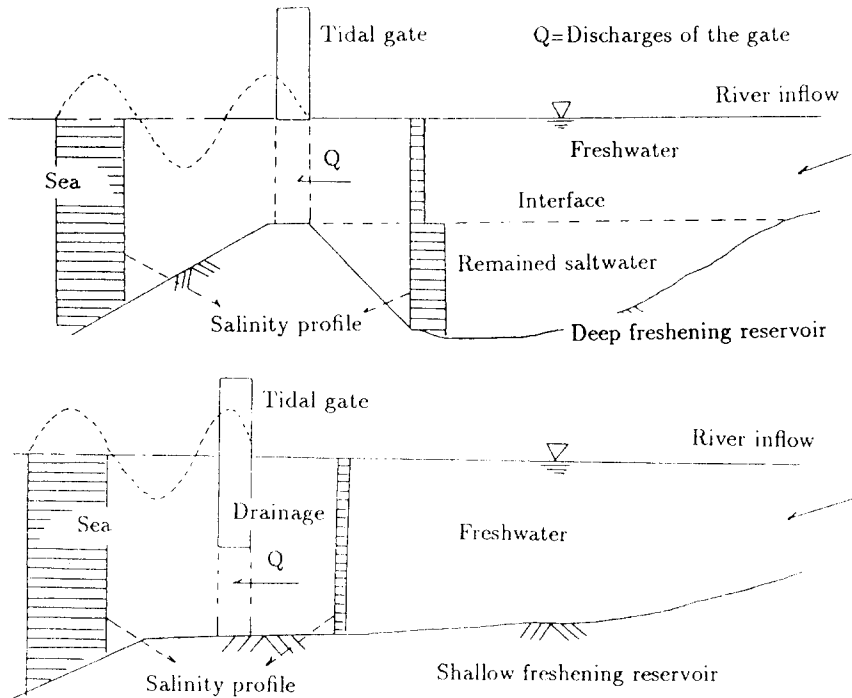


Fig.2 Type of Freshening Reservoirs

는 것을 基礎로 하여 定義된 것이다. 二層流의 內部境界面에서는 흐름에 의한 流動과 바람, 氣壓等의 氣象學的 影響으로 亂流흐름이 活發하여 鹽分의 垂直混合作用이 매우 複雜하며 이와같은 運動이 鹽分移動에 重要한 原因이 된다. 따라서 本稿에서는 淡水湖化分析을 위한 除鹽의 理論的인 考察을 여러 가지 方法別로 紹介하면서 살펴보기로 하였다.

## Ⅱ. 淡水湖化의 技術的 發展過程

海水와 淡水가 混合되어 있는 흐름의 領域에서 海水를 淡水로 만들어 水資源으로 利用하는 方法은 옛부터 人類의 꿈이 되어 왔다. 淡水化方法을 크게 分類하면 ① 淡水化(逆浸透方法, 이온交換法, 蒸溜法, 太陽熱法 等)와 ② 淡水湖化(土木工學의 技術을 利用한 方法)로 나눌수 있다. ①의 方法에 있어 太陽熱法이외의 모든 方法은 電氣, 石油等 多量의 에너지가 必要하며  $1\text{m}^3$ 의 淡水를 만드는 데는 約 7,000원 程度의 經費가 必要하다. 따라서 이 方法은 經濟的이 될 수 없고 生産費가 높아 農業用水 確保에는 適合하지 못하다. ②의 方法은 河川의 淡水와 바다의 海水와의 混合領域에 있어서 水理學的 技法을 利用하여 淡水用 貯水池를 만드는 一種의 大單位 土木事業이다. 地理學的으로 自然的인 湖水를 淡水湖라 부르며 人工的으로 만들어진 것과 區別하여 水理學的으로 海水를 淡水로 置換시키는 過程을 淡水湖化, 築造된 貯水池를 淡水化湖라 定義하였다. 따라서 人類가 自然的인 環境을 人爲的으로 바꾸기 始作한 淡水湖化過程의 技術的 發展過程을 다음과 같이 概略的으로 整理할 수 있다.

### (1) 排水閘門만의 淡水湖化時代

河口에 貯水池를 築造하고난 후 外海로부터 海水의 遮斷과 洪水時 流域의 流出量만을 排水하기 위한 것이 主目的이었던 時代로서 淡水化湖內의 水質 保全是 그렇게 問題時 되지 않았던 時代이다. 즉, 네델란드의 第1期 Ijssel湖와 日本의 第1期 兒島灣의 淡水化湖, 韓國의 界火島, 南陽, 插橋, 牙山等이 이 時期의 淡水化湖로 分類된다.

### (2) 底層排水施設과 함께 排水閘門을 겸비한 淡水

### 湖化時代

淡水化湖는 河川의 最末端部에 그리고 가장 汚染된 물을 利用하는 不利한 條件으로 인하여 淡水化湖의 設計에 있어서 새로운 水質對策을 위한 方案이 樹立되었으며 이에 對應한 하나의 方便으로 底層排水施設이 考案되었다. 大規模의 淡水化湖는 排水閘門의 바닥標高보다 낮은 底層部分의 貯水容量이 많이 차지하고 있으므로 이 部分에 자리잡은 海水는 密度差에 의하여 永久히 淡水로 바꾸기가 多少 어렵다. 그리고 또 上流部에서 流入되는 汚染物質等이 底層部에 자리함으로서 化學的反應을 일으켜 湖內의 溶存酸素를 減少시키는 原因이 되기도 한다. 日本의 中海 淡水化湖에서 調査된 結果를 引用하면 底層에 發達된 無酸素의 汚染水는 湖底土의 燐, 窒素等과 合成하여 富營養化의 原因이 되는 多量의 窒素化合物을 生産하므로 結果的으로 淡水化湖의 水質을 惡化시키는 要因이 된다고 하였다. 따라서 이에 대한 積極的인 對策은 淡水化湖의 上流部의 汚染源을 줄이는 것과 함께 湖內의 여러가지 形式의 底層排水施設을 計劃하여 보다 合理的인 水質對策을 위한 多樣한 모니터링 시스템을 開發하여야 할 段階가 되었다.

## Ⅲ. 理論的 背景

淡水化湖를 築造하여 그 물을 利用할 경우 除鹽過程에 대한 基本概念을 鹽分의 平衡方程式에 따라 定立할 수 있다. 理論的인 側面에서 이 方法은 時間的인 變化에 따라 單純하게 除鹽過程을 追跡하면 될 것 같으나 實際 現場에서는 除鹽現象에 影響을 미치는 水理, 水文, 氣象學的 要素等과 같이 대단히 많으므로 이들 要素의 하나 하나에 대하여 實驗研究를 통한 糾明이 先行되지 않으면 안된다. 淡水化湖에 流入되는 鹽水는 크게 나누어서 두가지로 생각할 수 있으며 그중 하나는 防潮堤를 통하여 끊임없이 浸透되는 海水의 浸潤水이고 다른 하나는 周邊干拓地와 淡水化湖의 湖底土에서 地下水와 함께 溶出되는 鹽分量이며 이것은 時間이 經過함에 따라 漸進的으로 減少될 것이다. 따라서 本稿에서는 이와같은 여러가지의 條件 等에 따라 淡水湖化期間이 달라짐으로 이들 要素等을 單純化한 理論的

인 背景을 살펴보기로 하였다.

(1) 基本方程式

淡水湖化的 除鹽過程에 影響을 주는 各種 因子들을 總體的으로 묶어 그 解法을 整理하면 다음과 같다.

$$\frac{d(V_t \cdot S_t)}{dt} = \sum(Q_m \cdot S_m) \quad (1)$$

$$S_t \cdot \frac{dV_t}{dt} + V_t \cdot \frac{dS_t}{dt} = \sum(Q_m \cdot S_m) \quad (2)$$

여기서  $S_t$ = $t$ 時間의 貯水池 鹽分含有量,  $V_t$ = $t$ 時間의 貯水量,  $Q_m$ =流入量과 流出量,  $S_m=Q_m$ 가 包含하고 있는 鹽分量이다. (2)式을 積分에 의하여 單純化하면 (3)식이 된다.

$$\frac{dS_t}{dt} = (S_t \cdot Q_i - Q_o \cdot S_t + \sum Q_s) \cdot \frac{1}{V_t} \quad (3)$$

여기서  $Q_i = Q_o$ 이면  $V_t = V_o$ 가 되고 (3)式을 바꾸어 쓰면 다음과 같다.

$$\frac{dS_t}{dt} = (S_t - S_i + \frac{1}{Q_o} \sum Q_s) \cdot \frac{Q_o}{V_o} \quad (4)$$

만약  $S_t = S_i + \frac{\sum Q_s}{V_o}$ 라 하면 (5)식이 되고

$$\frac{dS_t}{dt} = (S_t - S_i) \cdot \frac{Q_o}{V_o} \quad (5)$$

이 式을 積分하면 (6)식이 된다.

$$-\ln(S_t - S_i) = -\frac{Q_o}{V_o} \cdot t + C \quad (6)$$

여기서  $t=0$ ,  $S_t = S_o$ 의 條件에서 積分常數  $C$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = -\ln(S_o - S_i) \quad (7)$$

(7)式을 (6)式에 代入하면 (8)式을 얻을 수 있다.

$$-\ln(S_t - S_i) = -\frac{Q_o}{V_o} \cdot t - \ln(S_o - S_i) \quad (8)$$

이를  $t$ 에 대하여 풀면 (9)식이 되고

$$t = \frac{V_o}{Q_o} \cdot \ln \left[ \frac{S_t - S_o}{S_i - S_o} \right] \quad (9)$$

$S_t$ 의 경우는 (10)式으로 誘導할 수 있다.

$$S_t = S_i - (S_i - S_o) \cdot e^{-\frac{Q_o}{V_o} \cdot t} \quad (10)$$

上記式에서  $Q_o$ =淡水化湖 上流의 流入量( $m^3/sec$ ),  $S_t=Q_t$ 의 鹽分含有量( $kg/m^3$ ),  $Q_o$ =排水閘門의 排除量( $m^3/sec$ ),  $Q_s$ =排水閘門을 통한 漏水量( $m^3/sec$ ),  $V_o$ =湖內 管理水位의 貯水量( $m^3$ ),  $S_o$ =海水의 鹽分含有量( $kg/m^3$ )이다,

(2) 數值解析

上記에서 誘導된 基本方程式 (2)式에서 貯水量과 鹽分含有量에 대한 微分項을 各各 變形시켜 다음과 같이 無限微分多項式으로 數值解析하여 바꾸어 쓸 수 있다. 즉

$$S_{t-1} = S_t + [Q_i \cdot S_t + Q_w \cdot S_w + Q_f \cdot S_t + Q_b \cdot S_o + (C_1 \cdot Q_i + C_s \cdot Q_s + C_d \cdot Q_d) \cdot S_o - (Q' + Q_o) \cdot S_t] \cdot \frac{\Delta t}{dt} \quad (11)$$

$$V_t = V_{t-1} + [Q_i + Q_w + Q_f + Q_b + C_1 \cdot Q_i + C_s \cdot Q_s + C_d \cdot Q_d - (Q' + Q_o)] \cdot \Delta t (R - E) \cdot A_1 \quad (12)$$

또 分析對象 貯水池內의 물收支 條件式으로 나타내면 (13)式과 (14)식이 된다.

$$V_t - V_o \leq 0 \text{ 이면 } Q_o = 0 \quad (13)$$

$$V_t - V_o > 0 \text{ 이면 } Q_o = (V_t - V_o) / \Delta t \quad (14)$$

여기서  $S_{t+1}$ = $t+1$ 時間의 貯水池內 鹽分含有量( $kg/m^3$ ),  $S_t$ = $t$ 時間의 鹽分含有量( $kg/m^3$ ),  $Q_i$ =淡水化湖의 上流 流入量 ( $m^3/sec$ ),  $S_i=Q_i$ 의 鹽分含有量( $kg/m^3$ ),  $Q_w$ =干拓地로부터의 流入量 ( $m^3/sec$ ),  $S_w=Q_w$ 의 鹽分含有量( $kg/m^3$ ),  $Q_f$ =淡水湖의 湖底土로부터 地下水溢出量( $m^3/sec$ ),  $S_f=Q_f$ 의 鹽分含有量( $kg/m^3$ ),  $S_o$ =海水의 鹽分含有量( $kg/m^3$ ),  $Q_b$ =鹽水層에서 淡水層에로의 擴散量( $m^3/sec$ ),  $C_1$ =通船門으로부터의 海水漏水係數(無次元),  $Q_i$ =通船門開閉에 따른 海水 流入量 ( $m^3/sec$ ),  $C_s$ =排水閘門의 漏水係數,  $Q_s$ =排水閘門을 통한 漏水量( $m^3/sec$ ),  $C_d$ =防潮堤 漏水係數,  $Q_d$ =防潮堤 浸透로 인한 浸透量( $m^3/sec$ ),  $Q'$ =淡水湖 流入量( $m^3/sec$ ),  $Q_o$ =排水閘門의 排除量( $m^3/sec$ ),  $V_t$ = $t$ 時間의 貯水量 ( $m^3$ ),  $V_o$ =滿水位에서의 貯水量 ( $m^3/sec$ ),  $A_1$ =淡水湖의 滿水面積 ( $m^2$ ),  $R$ =淡水湖 水面 降水量 ( $m$ ),  $E$ =淡水湖 水面 蒸發量 ( $m$ ),  $\Delta t$ =單位時間이다.

(3) Jansen 및 Okuda(奧田)式

1957年 締切이 完了된 日本의 人工淡水化湖 兒島(Kojima)湖의 用役團員으로 和蘭의 NEDECO (Netherlands' Engineering Consultants)에서 派

遺된 Jansen은 앞에서 言及된 淡水化湖의 除鹽過程을 推定하기 위하여 基本方程式에서 誘導된 다음式을 提示하였다.

$$S_t = S_r - (S_r - S_0) \cdot e^{-\frac{Q_r}{V} \cdot t} \quad (15)$$

$$t = \frac{V}{Q_r} \cdot \ln \left[ \frac{S_0 - S_r}{S_t - S_r} \right] \quad (16)$$

여기서  $S_t$  = t時間後의 湖內鹽分含有量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),  $S_r$  = 河川 및 流域에서 流入되는 鹽分含有量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),  $S_0$  = 初期 海水鹽分濃度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),  $Q_r$  = 流入量 ( $\text{m}^3/\text{sec}$ ),  $V$  = 滿水位의 淡水化湖 貯水量 ( $\text{m}^3$ )이다. 上記式을 利用하여 除鹽期間(t)을 算出할 수 있으며 t時間後의 鹽分濃度  $S_t$ 도  $S_{t-1}$ 값과 나머지 變數를 既知값으로 計算할 수 있다. 上記의 Jansen式은 淡水化湖의 初期過程에 대하여 除鹽期間을 概略推定하는데 有用하며 湖內에서의 鹽分과 淡水混合이 完全히 이루어지고 또한 排水閘門으로 排除되는 流出水의 鹽分濃도가 湖內 平均鹽分濃도와 同하다고 假定하여 誘導된 것임을 留意하여야 한다. 따라서 淡水化湖의 流域에서 流入량이 豊富하고 湖內의 混合作用이 活潑한 條件에서 이 式의 使用은 무방할 것으로 思料된다. Okuda는 上記 Jansen式을 基礎로 하여 湖內의 混合作用을 考慮하였다. 즉 排水閘門으로 排出되는 流出水의 鹽分濃도를 湖內의 平均鹽分濃도를 그대로 維持하지 않고 混合의 程度를 나타내는 係數를 適用하였다. 이 結果는 日本 兒島湖에서 多年間 觀測된 湖內 鹽分濃도를 利用하여 誘導한 것이다 [3].

$$\left. \begin{aligned} S_{out} &= (1-K \cdot S^n) \cdot S_r \\ r_0 &= 1-K \cdot S_0^n \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

여기서  $S_{out}$  = 排水閘門을 통한 流出水의 鹽分濃도,  $K, n, r_0$  = 湖內의 混合程度에 따른 係數이다. 따라서 基本方程式에서 誘導된 (4)式으로부터 (18), (19)式을 誘導할 수 있다.

$$\frac{dS_t}{dt} = -\frac{Q_r}{V} \cdot (1-S_t^n) \cdot S_t \quad (18)$$

上記式을 利用하여 St에 대하여 풀면 다음식이 된다.

$$S_t = \left[ \frac{S_0}{1-r_0+r_0 \cdot e^{-\frac{Q_r}{V} \cdot t}} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (19)$$

그리고 t에 대해서는 (20)式과 같이 誘導할 수 있

다.

$$t = \frac{V}{Q_r} \cdot \ln \left\{ \left[ \frac{S_0}{S_t} + r_0 - 1 \right] \right\} \cdot \frac{1}{r_0} \quad (20)$$

上記式을 利用하여 除鹽過程을 分析할 경우  $n=1.0$ 으로 두고  $r_0$ 에 대하여 兒島湖를 基準으로 다음과 같이 즉,  $r_0=0.04$  : 混合이 다소 어려운 條件,  $r_0=0.1$  : 混合作用이 왕성한 경우,  $r_0=0.01$  : 混合作用이 매우 어려운 條件에 대하여 適用할 수 있다.

#### (4) 南(Minami)式

앞에서 言及된 Fig.2와 같이 日本의 南勳(Isao Minami)은 河口에서 締切된 淡水化湖를 두가지 形態로 分類하였다. 그중 얇은 淡水化湖는 對流의 作用에 의해서만 除鹽이 進行된다고 假定하여 Jansen이나 奧田式만으로 推定이 可能하지만 二層流가 形成된 깊은 淡水化湖에서는 底層에 남아있는 鹽分水가 쉽게 排除될 수가 없으므로 二層流를 考慮한 다음과 같은 式을 提示하였다.

##### (가) 淡水層의 鹽分收支 方程式

淡水化湖에 影響을 주는 要素들로는 水理學的, 水文學的, 그리고 氣象學的等 여러가지가 많다. 實際로 이들 變數를 淡水化湖 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 本稿에서는 下層部의 底層排水施設을 갖춘 二層流의 標準型淡水化湖(Fig.3)에 대한 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.

$$\begin{aligned} \frac{dC_1 \cdot V_1}{dt} &= [Q_{11} \cdot C_{11} + Q_{12} \cdot C_{12} + Q_{13} \cdot C_{13} + A_1 \\ & (C_2 - C_1) \cdot V_k + A_1 (C_2 - C_1) \cdot V_{kw} + C_2 \cdot Q_1 \cdot E_1 \\ & + A_2 \cdot V_3 (C_2 - C_1) + C_2 \cdot Q_0 \cdot E_0 + C_2 \cdot Q_0 \cdot E_0 \\ & - Q_{01} \cdot C_1 - Q_{02} \cdot C_1 - Q_{03} \cdot C_1 - Q_k \cdot C_1] \quad (21) \end{aligned}$$

여기서  $C_1, C_2$  = 上, 下層部의 鹽分濃도 ( $\text{ton}/\text{m}^3$ ),  $V_1$  = 有效貯水量 ( $\text{m}^3$ ),  $Q_{11}, Q_{12}, Q_{13}$  = 河川, 農地, 都市 排水流入量 ( $\text{m}^3/\text{sec}$ ),  $C_{11}, C_{12}, C_{13} = Q_{11}, Q_{12}, Q_{13}$ 의 鹽分濃도 ( $\text{ton}/\text{m}^3$ ),  $V_k$  = 內部境界面의 密度差에 의한 鹽分 擴散速度 ( $\text{m}/\text{sec}$ ),  $V_{kw}$  = 바람에 의한 下層鹽分의 上層으로 擴散速度 ( $\text{m}/\text{sec}$ ),  $Q_1$  = 排水閘門의 漏水量 ( $\text{m}^3/\text{sec}$ ),  $E_1$  = 閘門漏水量의 擴散率 ( $<1.0$ ),  $V_0$  = 湖底土로부터 鹽分分散速

度(m/sec),  $Q_b$  = 地下水の流入量( $m^3/sec$ ),  $E_b$  = 地下水の鹽分擴散率( $<1.0$ ),  $Q_{01}$ ,  $Q_{02}$ ,  $Q_{03}$  = 灌溉用水, 都市用水, 工業用水의 取水量( $m^3/sec$ ),  $Q_R$  = 排水閘門의 排水量( $m^3/sec$ ),  $Q_b$  = 防潮堤의 漏水量( $m^3/sec$ ),  $E_s$  = 防潮堤 漏水量의 鹽分擴散率( $<1.0$ )이다.

方程式(21)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 包含하고 있다. 여기서 流入量 Q와 그 鹽分濃度  $C_1$ 를 計算에서 常數로 取扱하고 또  $C_2$ 도 下層部의 鹽分濃度로서 一定하다고 假定하면 2개의 큰 매개변수 D와 E로 分離할 수 있다.

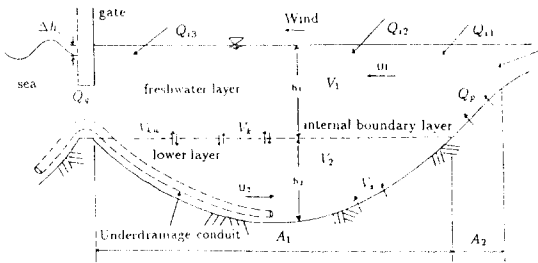


Fig. 3 Two Layered Stratified Freshening Reservoir

$$D = (1/V_1) [A_1(V_k + V_{k,w}) + V_s \cdot A_2 + Q_{01} + Q_{02} + Q_{03} + Q_R] \quad (22)$$

$$E = (1/V_1) [Q_{01} \cdot C_{11} + Q_{02} \cdot C_{12} + Q_{03} \cdot C_{13} + A_1 \cdot C_2 (V_k + V_{k,w}) + Q_1 \cdot E_1 \cdot C_2 + A_2 \cdot V_s \cdot C_2 + E_b \cdot Q_b \cdot C_2 + E_s \cdot Q_b \cdot C_2] \quad (23)$$

따라서 (21)式을 다시 쓰면 (24)식이 되고

$$\{dC_1/dt\} + C_1 \cdot D = E \quad (24)$$

初期條件  $t=0$ ,  $C_1 = C_2$ 로 두고 積分하면 方程式의 解는 (25)식이 된다.

$$C_1 = \{E/D\} + \{C_2 - (E/D)\} e^{-Dt} \quad (25)$$

여기서 長期 시뮬레이션을 위한 一般式으로 나타내면 (26)식이 되며

$$C_1(I) = \{E(I)/D(I)\} + \{C_2(I-1) + \{E(I)/D(I)\}\} e^{-\alpha I} \quad (26)$$

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

(나) 下層部의 鹽分收支 方程式

標準型 淡水化湖의 初期 下層部 鹽分濃度는 매우 高濃度의 鹽水層이 存在한다. 그러므로 下層部의 鹽分收支 方程式은,

$$\frac{dC_2 V_2}{dt} = \{C_2(1-E_1)Q_1 + C_2 \cdot Q_b(1-E_b) + C_2 \cdot Q_b(1-E_s) - A_1(C_2-C_1)(V_k + V_{k,w}) - Q_c \cdot C_2\} \quad (27)$$

이 되며 여기서  $Q_c$  = 底層 排水管의 排水量( $m^3/sec$ )이다. 左邊은 單位時間 dt에 대한 下層部의 鹽分變化量을 그리고 右邊은 下層部 鹽分濃도에 影響을 주는 여러가지 要素를 包含하고 있다. 이 方程式도 上層部와 같이  $C_2$ 를 一定하다고 假定하면 2개의 파라메타  $E_2$ 와  $D_2$ 로 分離할 수 있다.

$$D_2 = (1/V_2) [A_1(V_k + V_{k,w})] \quad (28)$$

$$E_2 = (1/V_2) [C_2(1-E_1) \cdot Q_1 + C_2 \cdot Q_b(1-E_b) + C_2 \cdot Q_b(1-E_s) - A_1 \cdot C_2(V_k + V_{k,w}) - Q_c \cdot C_2] \quad (29)$$

따라서 積分 方程式 (27)을 變形하면 (30)식이 된다.

$$\{dC_2/dt\} + D_2 \cdot C_2 = E_2 \quad (30)$$

初期條件  $t=0$ ,  $C_2 = C_s$ (海水의 鹽分濃度)로 두면 다음식이 된다.

$$C_2 = \{E_2/D_2\} + \{C_s - (E_2/D_2)\} e^{-D_2 t} \quad (31)$$

그리고 또 시뮬레이션을 위한 一般 方程式으로 表示하면 (31)式은 다음과 같다.

$$C_2(I) = \{E_2(I)/D_2(I)\} + \{C_2(I-1) + \{E_2(I)/D_2(I)\}\} e^{-D_2(I) \cdot I} \quad (32)$$

#### IV. 結 論

以上으로서 西南海岸 干拓事業에 必需的인 淡水化湖 造成을 위한 除鹽分析過程을 理論式과 함께 方法別로 살펴보았다. 實質的으로 河口에서 일어나는 水理學的 現象은 成層 및 密度流와 密接한 關係가 있으므로 密度差에 의한 흐름의 解析에 대하여는 가능한 많은 境界條件을 附與하여 實驗을 통한 實驗式이 提示되고 있는 實情이다. 그러므로 二層流가 形成된 깊은 淡水化湖의 除鹽過程은 그 因子가 매우 많아 이를 모두 反映하기란 어려우며 예를 들어 境界面(Interface Layer)에서 發生하는 鹽分의 垂直移動(速度項으로 表現)等 극히 一部

분만 實驗을 행한 理論式이 提示되고 있다. 따라서 向後 造成될 淡水化湖의 除鹽過程을 推定하기 爲해서는 現場에서 工事を 推進하면서 水文基礎資料인 貯水池의 流入, 流出量의 正確한 觀測 및 湖內 鹽度測定을 繼續적으로 實施함으로서 上記에서 言及된 方程式의 各種 媒介變數의 現場推定值가 可能하리라 생각된다.

### 參 考 文 獻

- (1) 南勳(1987), 淡水湖化, 北斗書房,(日本語)
- (2) 農業振興公社(1975), 榮山江流域開發 第2段階事業, 水文調查報告書.
- (3) " (1979), 大湖地區 農業綜合開發事業 報告書(水文)
- (4) 徐榮濟, 南勳(1991), 底層排水管 導入에 의한 韓國淡水化湖의 鹽分濃度改善에 關한 實證的 研究, 日本農工學會誌, Vol.59(10), PP.17-24,(日本語)
- (5) 奧田節夫(1965), 人造淡水湖(兒島湖)의 鹽分收支 推定에 대하여(第3篇), 京都 大學 防災研究所 年報 8, PP.525-534,(日本語)
- (6) 日本土木學會(1979), 新體系土木工學, 密度流의 水理,(日本語)

