

# 淡水化計劃에 關한 研究

## Fresh Water Scheme

崔 貴 烈

### I. 緒 論

우리나라 西海岸에는 많은 干潟地가 散在하고 있으나 地區內에 充分한 水源이 없어 干拓地로서 開發을 할 수 없는 地區가 많으며 또 한個의 干拓計劃地區內에 몇個의 水源을 만든다고 하더라도 部分的인 干拓地區利用은 可能하나 綜合的으로 全體地區의 計劃을 樹立할 수 없는 地區가 無數히있다. 이가운데 比較的 큰 地區가 木浦榮山江 干拓地區를 비롯하여 瑞山 京仁 扶敏地區이며 이地區는 干拓地區內에다가 埋立地區의 水源을위해 貯水池를 築造하는 경우 地區內의 地勢로 보아서 여러개의 貯水池를 必要로 하거나 또 여러個를 만든다하여도 全體干拓地區의 灌溉에는 水源이 不足함으로 全地區를 灌溉할 수 없게된다. 그래서 理論上으로는 埋立後 內水位를 外海最低干潮位 以下로 重力에 依한 排除方法으로서는 水位를 低下시킬 수 없으므로 平均 干潮位보다 조금높은 水位가 內水位의 平水位가 될 것이며 이 平水位以下에 남게되는 海水의 全容量을 上流에서 流出되는 淡水(陸水라고도함)에 依해 漸次 淡水化하여 揚水함으로서 農耕地를 灌溉하려는데 目的이 있는것이다.

### II. 淡水化의 理論

緒論에서 記述한바와 如히 防潮堤締切後 內部에 남게되는 海水는 上流에서 淡水가 流入되어 淡水가 海水層위에 깔린다고 假定하며는 바람과 turbulence(攪亂)에 依해 海水가 淡水에 diffusion(擴散)하여 混雜되며 上流層에서 海水의 鹽도가 稀釋이되고 外水位가 內水位보다 낮을때에 Salt excluder(塩排水口)를 열어 內部의 海水를 바다

로 流出시키는 作用을 여러번 반복함으로서 內水의 海水를 漸次 淡水化할 수 있다. 그 過程에 있어서 防潮堤締切後는 內水는 全部가 3%程度의 鹽도를 가지고있으나 淡水化가 進行됨에따라 鹽分濃도가 上流層보다 下流層이 높다. 例를들면 fig 1에서 볼수있는바와같이 처음 a 圖에서는 20m 水深의 表面에서나 바닥에서 同一한 3%의 鹽도를 가지고 있으나 淡水化가 되어감에따라 b 圖는 表面에서 약간 鹽도가 줄어들었으며 c 圖는 表面에서는 鹽도가 全然없고 b 圖에서는 5m 밑까

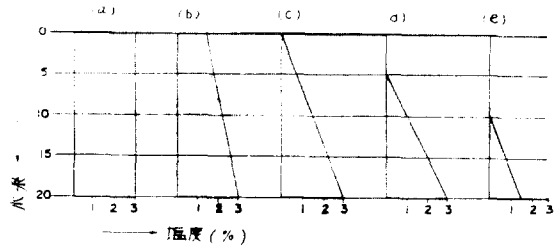


FIG 1

지 鹽도가없으며 e 圖는 10m 밑까지 淡水化가되는 등 漸次 鹽도가 없어지는것을 알 수 있다. 이 理論은 Salt excluder 를 水深이 第一알은 20m 밑에다가 만들어서 除鹽期間동안 排水는 이 excluder 만을 開閉하여 排除한다는 前提下에서 만 可能하며 萬一 salt excluder 를 만들지 아니하고 上部에 設置하는 排水閘門으로 排水한다거나 Salt excluder 를 만든다하여도 工事費關係가 있어 水表面에서 10m 밑에다 만든다든지하며는 除鹽期間동안 鹽도가 높은 海水보다도 이미 稀釋된 海水가 排除되니까 淡水化가 長期間걸리거나 또는 不可能하게 될것이다.

### Ⅲ. 淡水化計算

淡水化 방법은 두가지 방법이 있는데 공식에 의하여 計算하는 방법을 먼저 說明하고 다음 經驗에 의한 방법으로 計算하는 것을 說明하여 兩者의 計算結果 差異를 比較하여 參考로 하려고 한다.

1. 공식에 의한 計算에 있어서 continuity equation 을 淡水湖에 適用한다면 淡水湖의 鹽分含有率(%)은 流入된 量에서 流出된 量을 控除한 것과 同一함으로

$$\frac{d(V \cdot C_t)}{dt} = Q_i C_i - Q_o C_o + S_{dr} \dots (1) \text{가 된다.}$$

(1)式에서

$V$  = 淡水湖의 平均水位 以下의 容量( $m^3$ )

$C_t$  = time  $t$ 에 있어서의 淡水湖에 남아있는 鹽量( $kg/m^3$ )

$Q_i$  = 淡水湖에 流入되는 水量( $m^3/Sec$ )

$C_i$  = 外部로부터 淡水湖에 流入되는 鹽量( $kg/m^3$ )

$Q_o$  = 淡水湖에서 排出되는 水量( $m^3/sec$ )

$C_o$  = 淡水湖에서 排出되는 鹽量( $kg/m^3$ )

$S_{dr}$  = 埋立地區內의 流水로서 增加되는 湖水의 鹽量( $kg/sec$ )

여기서  $C_t$ ,  $C_o$ ,  $S_{dr}$ 는 淡水가 進行됨에 따라 數値가 달라지며 流入되는  $Q_i$ 는 流域內에서 流出量을 調査하므로써 알 수 있고  $Q_o$ 는 淡水湖에 直接비가 내려 增加하는 物量에서 蒸發量을 빼내어  $Q_i$ 에 보태줌으로써 求해 낼 수 있다. 그러나 淡水湖에서 年降雨量과 蒸發量은 同一하다고 볼 수 있음으로  $Q_o = Q_i$ 이라고 할 수 있다. 그리고 淡水湖에 流入되는 물이 全淡水湖容量과 完全混合이 된다고 假定하며는  $C_o = C_t$ 가 됨으로 (1)式은 다음과 같이 簡略化 할 수 있다.

$$V \frac{dC_t}{dt} = Q_i \cdot (C_i - C_t) + S_{dr} \dots (2)$$

그러나 여기에서 埋立地에의 灌溉는 平野部 工事が 完了되지 않아 아직 始作했으므로 埋立地에서의 鹽分流入은 淡水湖에 없으므로 淡水化期間 동안  $S_{dr}$ 는 無視할 수 있으니까 (2)式을  $t$ 에 關해 積分方程式을 풀면

$$t = -\frac{V}{Q_i} \ln(C_t - C_i) + A \dots (3)$$

여기서  $A$ 는 Constant(常數)이며 萬一  $t=0$ 에서의  $C_t = 30 kg/m^3$ 라고 하면 (3)式은 다음과 같이 된다.

$$t = \frac{V}{Q_i} \cdot \ln \frac{C_t - 30}{C_i - C_t} \dots (4)$$

上記式에서 우리가  $V$ 와  $Q_i$  그리고  $C_t$ 만 알 수 있으면 鹽分含有率  $0.5 kg/m^3$ 이 되는데 別다른 (3)式을 求할 수 있게 된다.

2. 經驗值에 의한 計算은 다음 表에서 順序에 따라 說明하면

年月日	降雨量 流出率 流出量			貯水池 總貯水量		鹽分含有率	
	(1)	(2)	(3)	(4) $\times 10^6 m^3$	(5) $\times 10^6$	(6) %	(7) $\times 10^3 m^3$
防湖堤 締切後	—	—	—	—	353.1	—	310.59
1941 1月	25.8	25	6.45	21.9	374.9	2.82	9.95
2月	15.4	30	4.62	15.7	368.7	2.71	9.57
3月	64.2	35	22.4	76.2	429.2	2.24	7.90
4月	50.0	40	20.0	68.0	421.0	1.88	6.62
5月	136.2	25	34.1	116.0	469.0	1.41	4.98
6月	278.9	25	69.7	237.0	590.0	0.844	2.98
7月	309.7	70	716.5	735.0	1,088.0	0.274	0.777
8月	258.2	50	129.3	438.0	791.0	0.062	0.217
9月	168.9	70	117.9	400.0	753.0	0.029	0.103

우리가 計算하는 干拓地區의 淡水湖에 流入되는 地區의 平均 降雨量을 日別로 알아야 할 것이다. 여기서 平均 降雨量이 타함은 流域이 10萬町步以上 일적에 降雨觀測所를 3個所以上 設置하여 各觀測所의 降雨量을 平均하여 그 地區內에 流入되는 降雨의 平均値로 한다. 降雨가 있어도 100%가 淡水湖에 流出되는 것은 아니고 流域狀態와 季節에 따라 流出率이 다르니까 이 流出되는 實測値를 가지고 定하여야 하며 이러한 것이 定하였었다면 表에서 (1) 降雨量  $\times$  (2) 流出率 = (3) 流出量이 된다. 이것은 어디까지나 mm로 表示되며 이 (3) 流出量에 流入되는 面積을  $m^2$ 로 하여 乘하며는 (4) 貯水池 流入量이  $10^6 m^3$ 의 單位로 나오게 된다. 그래서 우리가 干拓地 淡水湖의 水深測量을 하여 平均水位 以下에 남게 되는 容量을 알 수 있으므로 이 平均水位 以下의 容量에 (4) 貯水池 流入量을 合하며는 (5) 總貯水量이 된다. 그 다음 (4) 貯水池 流入量인 淡水가 平均水位 以下의 海水量에 完全混合되었다고 假定하며는 濃度가 줄어들게 되며 平均水位 以上으로 올라간 물을 完全混合된後 平均水位까지 排除하고 또 上流에서 流入되는 물으로 完全排除를 반복하므로써 우리가 灌溉할 수 있는

塩分含有量이 될때까지 걸리는 期間을 計算할 수 있다. 例를드러 計算을 하여보려는 防潮堤締切 工事が 1941年 1月 1日 끝났다고하고 그때의 平水位以下의 容量을  $353 \times 10^6 \text{m}^3$  라고하고 塩도가 3%이라면  $353 \times 10^6 \text{m}^3$  에 들어있는 總塩量은  $10.59 \times 10^6 \text{m}^3$  가 될것이다. 그다음 1941年 1月の 降雨量을 25.8mm 라고하고 1月の 流出率을 25% 라고하면 實地流出量은 單位面積當 6.45mm 가 되며 淡水湖에 流入되는 量은 流域의 面積 3,400  $\text{km}^2$  에다가 實地流出量 6.45mm 를 乘한  $6.45 \times 3,400 \text{km}^2 = 21.9 \times 10^6 \text{m}^3$  가 되며 여기에 平水位以下의 容量  $353 \times 10^6 \text{m}^3$  를 舍하면 (5) 總貯水量은  $374.9 \times 10^6 \text{m}^3$  가 된다. 이물이 流入된 淡水  $21.9 \times 10^6 \text{m}^3$  와 海水  $353 \times 10^6 \text{m}^3$  가 完全히 混合되었다면 塩分含有量은  $10.59 \times 10^3$  이므로  $10.59 \times 10^6 \text{m}^3 \div 374.9 \times 10^6 \text{m}^3 = 2.82\%$  가 된다. 그래서 塩分含有率은 3%에서 2.82%로 줄어들었다.

다음  $21.9 \times 10^6 \text{m}^3$  를 平水位까지 排除하였다면 물을  $353 \times 10^6 \text{m}^3$  가 되고 이  $353 \times 10^6 \times 2.82\% = 9.95 \times 10^6 \text{m}^3$  의 塩분이 남게 된다. 그래서 1月の 計算은 完全히 끝났다. 2月에서의 計算은 表에서 볼 수 있는것과같이 雨量記錄과 流出率 30%를 乘하여 流出量이 4.62mm 가 되며 流域面積 3,400  $\text{km}^2$  를 乘해  $15.7 \times 10^6 \text{m}^3$  의 流入量이 生하였으며 平水位以下의 貯水量  $353 \times 10^6 \text{m}^3$  에 混合되어  $3687 \times 10^6 \text{m}^3$  가 되었으므로 1月以後 塩分殘量  $9.95 \times 10^6$  을  $3687 \times 10^6$  으로 除하면 塩分含有率은 2.71%가 된다. 그래서 2月に 流入된  $15.7 \times 10^6 \text{m}^3$  를 排除하여버리면 平水位以下의 容量  $353 \times 10^6 \text{m}^3$  内の 塩分含有量은  $9.57 \times 10^6 \text{m}^3$  가 남게 된다. 또 3月の 流入量  $76.2 \times 10^6 \text{m}^3$  를 平水位以下 容量  $353 \times 10^6 \text{m}^3$  에 混合시키면 그量은  $429.2 \times 10^6 \text{m}^3$  가 되고 現存하는 塩分含有量  $9.57 \times 10^6 \text{m}^3$  을  $429.2 \times 10^6 \text{m}^3$  로 나누면 2.24%가 되며 流入된  $76.2 \times 10^6 \text{m}^3$  을 平水位가 되도록 排除하면 거기에 남게되는 塩分含有量은  $353 \times 10^6 \times 2.24\% = 7.9 \times$

$10^6 \text{m}^3$  가 남게 된다. 이러한 方法으로 計算을 하여 가려는 우리가 灌溉에 適用할 수 있는 0.05%程度의 塩分率이 되기까지 9個月이 걸린다는 것을 알 수 있다.

上記에 計算한 例는 榮山江干拓地區를 實地調查하여 計算한 例이며 現存하는 江이나 깊은 濬을 100m 間隔으로 測量하여  $-1\text{m}$  를 平水位로 하고  $+1\text{m}$  以下에 남게되는 容量이  $353 \times 10^6 \text{m}^3$  가 되는 것이며 塩分含有率은 2.8%程度이나 餘裕를 보아 3%로 하였고 또 流出率을 羅州에서 測定한 水位記錄에서 各水位에 對한 流量을 測定하였으므로 光州의 降雨記錄을 가지고 우리가 資料를 얻을수있는 1954년부터 1965년까지를 分析檢討하여 平均値를 擇한것이다. 流出率計算例를 한 가지만 들면 1962年 9月 1日의 羅州의 平均水位는 5.75m 인데 이水位에서의 流出量은  $73.0 \text{m}^3/\text{sec}$  이었다. 그래서 1日流出量은  $73.00 \text{m}^3 \times 86,400 \text{sec} = 6.31 \times 10^6 \text{m}^3$  이 된다. 이러한 方法으로 9月分을 30日까지 計算한 結果 9月中 流出總量이  $419.68 \times 10^6 \text{m}^3$  가 되며 光州에서의 9月中 降雨量이 318.2mm 이므로 羅州上流·流域面積인 2,061  $\text{km}^2$  에서 萬一 100% 流出된다면 이 流出量은  $655.81 \times 10^6 \text{m}^3$  가 된다. 그래서 實地 流出量  $419.68 \times 10^6 \text{m}^3$  를 理論上 100% 流出量  $655.81 \times 10^6 \text{m}^3$  로 나누면 流出率은 63.7%가 되었다. 이러한 計算을 1954년부터 1965년까지 每月하여서 1月은 每年1月の 流出率을 舍하여 平均하였고 2月은 2月대로하여 나오는 流出率을 上記計算에 適用하였다.

3. 公式에 依한 結果와 經驗에 依한 結果를 比較해보기 위하여 公式에 依한 計算을 하려고 하는데 平水位以下의 貯水池  $353 \times 10^6 \text{m}^3$  는 이미 알고 있는터이지만은 上流에서 秒當 平均流入量을 알아내기 위하여 1939년부터 1965년까지 光州의 降雨量을 月別로 平均하고 流出率을 羅州에서 얻은 流出率을 適用하면 다음과같이 單位流出量을 mm 로 計算할 수 있다.

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均月別 降雨量 mm	32.1	34.7	67.1	88.3	92.6	167.6	231.0	201.1	178.3	50.2	46.5	32.0
流出率 %	25	30	35	40	25	25	70	50	70	60	30	25
流出 降雨量 mm	8.02	10.4	23.5	3.53	23.2	41.9	151.7	100.6	124.8	30.1	14.0	8.0

上記에서 나온 單位流出量에다가 流出面積 3,400km<sup>2</sup>를 乘하여 年平均 總流出量을 650秒로 나눈後 86,400秒로 나누어 秒當 流入量 62.4m<sup>3</sup>를 얻었다. 前記公式(4)에서 Q<sub>1</sub>는 62.4m<sup>3</sup>이며 V는 353×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>이고 C<sub>1</sub>는 0.1kg/m<sup>3</sup>로 假定하여 C<sub>2</sub>가 0.05% 即 0.5kg/m<sup>3</sup>가 되는데 걸리는 期間 t는

$$t = \frac{V}{Q_1} \cdot \ln \frac{C_1 - 30}{C_2 - 30} = \frac{353 \times 10^6}{62.4 \times 86,400} \ln \cdot$$

$$\frac{0.1 - 30}{0.1 - 0.5} = \frac{353}{5.39} \times 4.31 = 283 \text{日} = 9.5 \text{個月}$$

經驗式에서는 9個月이 조금 못걸리나 公式에 依하면 9.5個月이 걸려 約 1個月의 근소한 差異가 생기되 이는 公式에서는 外部에서 0.1kg/m<sup>3</sup>의 塩分流入量을 參考로하였기 때문이다. 筆者가 和蘭에가서 아는事實인데 Zuider Zee-Project의 淡水化가 되어가는 期間이 實地 測定한 結果와 計算의 사이가 잘못되었다고하므로 우리가 열려하는 淡水化는 計算上으로 나오는 期間이 防潮堤締切後 内部工事が 끝나는 期限內에만 完了되며는 그 地區가 좋은 條件을 가지고 있다고 말할수 있으며 萬一 内部工事期間보다 길게걸리려는 莫大한 投資를하여 水源이 없어 耕作을 못하고 放置되어 야됨으로 辛중을 기해야 할것이다. 筆者가 計算한 結果 水源에 따라 다르겠지만 大略 流域은 淡水湖面積의 10倍程度가 있어야하며 流入量은 淡水湖의 平水位以下容量의 4倍程度만 있으면 淡水化는 3,4年內에 可能하다는것을 發見하였다. 上記計算은 流入되는물이 平水位以下의 全물容量과 同一한 率로 混合되는 假定下에서 計算을 하였으나 實地는 上部層에는 빨리 稀釋이 될것이며 下部層에는 塩分이 濃도가 높을것이므로 우리가 使用하려는 水深까지만 淡水化되며는 灌溉에는 利用할수 있으니가 理論上으로는 우리가 算出한 期間보다 짧아도 물을 利用할수 있다는 結論이 나올수 있으며 海面에서 浸入되는물과 其他條件으로 塩分이 淡水湖에 增加되는것은 考慮안하였으므로 計算期間은 짧아야 물을 利用할수 있다고 본다.

#### IV. 淡水化後에 考慮되어야할 問題點

淡水湖에 물이 淡水가 되었다고하더라도 塩分을 Control하기위하여 相當한 注意와 技術을 要하게되며 萬一 無關心하려는 淡水湖에 塩分이 많

아면서 農耕地에 被害를 입게 마련이다. 淡水化된 後의 塩分浸入은 地區의 内部에서와 外部에서와 두가지로 考慮될수있다. 外部에서의 浸入은 排水開門을 通한것과 通船水(lockage Water) 그리고 防潮堤 밑에서의 Seepage가된다. 이러한 浸入은 防潮堤와 排水開門位置에만 極限되나 内部에서의 浸入은 어느 一部에 限定될것이 아니고 全地區內各處에 散在하여 일어나게된다. 塩分은 埋立地區內의 鰓層에서 地中을 通해 地下水와 더불어 或은 上流流域과 干拓地區의 地表를 通해貯水池에 流下되며 또 大小河川에서도 相當한 量의 塩分이 貯水池로 들어오게된다. 또 湖水面에서의 蒸發量이나 地區內의 葉水面蒸發量은 그 自體는 塩分의 增加는 가져오지 않는다하더라도 淡水量이 줄어들거나 淡水湖內의 塩分含有率은 上昇된다. 灌溉를 始作한後 鰓속으로부터의 塩分浸入은 内部에 塩分을 一定한 量이라고 假定하며는 湖水에 流入된 塩分은 漸次줄어들게 될것이다. 그러나 上流河川과 排水開門 通船門 또는 防潮堤 밑창等を 通한 塩分浸入量은 一定하므로 細密한 課查를하여 이部分에서의 塩分이 많이浸入함으로서 淡水化計劃에 支障이 없도록 하여야 된다. 即 外部에서의 塩分浸入量과 上部에서 流入量을 따져도 灌溉用水로 利用할수있는 塩分含有率을 堅持할수있도록 되어야될것이며 또 strom으로 因해서 塩水가 防潮堤를 over flow하여 들어가는 數도 있으니가 이러한 原因으로 들어가는 海水들은 淡水에 mixing되어 鹽도가 增加하여지게된다. 排水開門과 通船門 그리고 防潮堤를 通한 海水의 浸入은 大略 内外水位의 差와 設計의 未備 施工의 不注意 排水開門과 通船門의 維持管理의 소홀 通船門使用의 度數等에 起因하게되며 内外水位의 差는 例를들어 年間內水位를 + 1.2m로 假定하며는 外水位는 + 1m부터 + 3.4m까지 異動하니가 平均外水位는 + 2.2m가되고 外水位가 언제나 1.0m 內水位보다 높다는 結論이 되어서 海水가 内部에 浸入이된다. 防潮堤 밑이 Sand 일적에는 seepage 量이 많으므로 이것을 파내고 粘土와 山土로서 代置되어야 되고 排水開門은 한 Box 안에 内外 2個를 만들어 2個의 門을 닫아놓고 2個의 門사이의 水位를 揚水場設置等を 하여 外水位보다 높게 維持하고 外水位가 낮을적에는 2個 排水門사이의 물을 밖

으로 퍼내는 등 管理에 徹底를 期할것이며 排水門을 開어서 流速이 0.5m 程度이되는 表面水는 海面으로 흐르지만은 下層은 重거운 海水가 內部로 浸入되니까 流速이 적어도 1m 以上되는 内外

水位差에서만 排水門을 開것이며 通船門은 可及的 外水位가 淺을적에만 開어서 많은 海水가 內部로 流入이되지 望하도록 하여야한다.

### 參 考 文 獻

J.P. mazure;

De water-en Zoutbalans Van het isselmeer. Bijlage IX Van repport Centrale Commissie Van Drink water Voor Ziening westen des lands (in butch) 1949.

G.Abraham and P.V.D Burgh;

Reduction of salt water introuision through Lorks by pneumaticic Barhiers, Delft Hydraulics labocatory pablication No. 28. 1952.

Mok-po yong san Scheme Report by the NEDE Co. The Hague, The Ne Ther lands, 1965.