

氣候要素에 의한 蒸發量 研究

On Lake Evaporation from Climatological Data in Korea

曹 喜 九
Cho, Hi Ku

ABSTRACT

A simple regression formula for estimating the lake evaporation rate from the copper-plated pan (diameter 20 cm, height 10 cm) is derived. A comparison with other formulae indicates that the formula is more accurate than others. An annual map of mean evaporation in Korean peninsula has been prepared using the relation. It demonstrates the areal average distribution of mean annual evaporation from a free water surface with no heat storage effect and advected energy owing to differences in the temperature of in-and outflow.

The mean annual ratio of the lake to the copper-plated pan evaporation is found to be 0.64. The ratio varies with local conditions from 0.62 to 0.66, and hence it can be considered fairly uniform. However the seasonal variation of the ratio appears to be rather significant. It changes from the lowest of 0.61 to the highest of 0.75.

I. 序 論

地面이나 水面으로 부터 蒸發한 水分은 大氣中에서 凝結하여 降水로서 地表에 되돌아 온다. 이와같이 물 循環에 의하여 地面에 落下한 降水量은 地下浸透, 流出과 蒸發量으로 變하고 따라서 이들은 그地域의 水收支를 形成하게 된다. 물의 合理的인 管理와 利用을 위 하여서는 이 水收支의 各成分을 定量的으로 正確하게 調査하여야 함으로 最近에 蒸發量이 算定에 관한 研究가 活潑하여 졌다(Hounam, 1971). 이들 研究는 대체로 다음 다섯가지의 方法에 의하고 있음을 알 수 있다. 1) 水收支法, 2) 熱收支法, 3) 空氣力學的方法, 4) 結合法과, 5) 經驗法이다. 그러나 이들 方法이 實際應用面에서는 여러 問題點을 各各 內包하고 있다 (曹喜九, 1971). 現在貯水池의 蒸發量을 調査하는데는 理論的으로 熱收支法과 空氣力學的方法이 比較的 滿足한 結果를 얻고 있으나 現段階에서는 많은 經費가 消費 됨으

로 實用的이 못된다. 그러므로 水收支法의 하나인 計器蒸發觀測이나 또는 結合法과 經驗法을 많이 使用하고 있다.

計器蒸發觀測値는 그 周圍의 實際貯水池의 蒸發量으로 代表될 수 없고 그 蒸發量의 한指標로서 利用되고 있다. 이指標는 計器蒸發計의 蒸發量과 實際貯水池의 量과의 比, 即 蒸發計의 係數를 意味한다. 이係數는 貯水池의 熱貯留와 移流量 無視 했을때 蒸發計의 크기와 形, 設置狀態 그리고 氣候要素에 의하여 決定된다. Kohler 등 (1954)은 IGY 調査 期間에 標準計로서 使用한 Class A Pan의 係數를 Pan의 水溫과 氣溫이 같을 때 0.7로서 얻었고 그밖에 (Gangopadhyaya, et al., 1966) 여러 種類의 蒸發計에 對한 係數가 發表되었다. 그러나 韓國에서 主로 觀測하고 있는 小型 蒸發計 (銅製, 直徑 20 cm, 깊이 10 cm)의 係數는 正確하게 調査되어 있지 않았다.

結合法과 經驗法에 의하여 實際貯水池의 蒸發量을 算定할 수 있는 式이 많이 發表되어 있으나 이들 式이 測候所에서 日常觀測하고 있는 氣候資料로서 直接應用할 수 있는지 疑問이 된다.

前述한 理由로 韓國全域의 貯水池 蒸發量에 대한 調査가 이루어지지 못했다. 本研究의 目的은 氣候要素로서 韓國의 貯水池 蒸發量을 算定 할수 있는 方法을 模索하고 따라서 地域別과 月別로 貯水池 蒸發量을 調査하는 것이다.

Kohler 등 (1955)은 Class A Pan의 熱의 效果를 補正하여 貯水池 蒸發量을 算定할 수 있는 方法을 研究했다. 이 方法은 現在에 널리 利用되고 있다 (Ferguson et al., 1970). 그러므로 本研究에서 貯水池蒸發量이라 함은 Kohler 法에 의하여 計算된 값을 意味한다. 그러므로 이 蒸發量을 求하기 위하여 Class A Pan의 水溫과 Pan의 風程 그리고 關係氣象要素를 測定했다. 여기에서 얻은 貯水池蒸發量을 基礎資料로 하여 氣候要素에 의하여 실제 蒸發量을 求할 수 있는 回歸式을 誘導하고 그 正確性을 檢討하기 위하여 다른 方法과 比較했다. 따라서 이 方法에 의하여 韓國의 貯水池蒸發量에 대한 氣候圖를 作成했다. 이 研究結果는 蒸發量에 대한 地域的인 또는 季節的인 特性 調査 뿐만 아니라 貯水池나 댐 設計 등과 같은 水資源開發事業의 豫備資料로 活用될 것으로 믿어진다.

II. Pan蒸發量과 貯水池蒸發量

水面으로부터 熱의 移動量, H 와 蒸發量, E 는 溫度, T 와 比濕, q 의 傾度로서 다음式과 같이 表示할 수 있다.

$$H = -\rho C_p K_H \frac{\partial T}{\partial Z} \quad (1)$$

$$E = -\rho K_w \frac{\partial q}{\partial z} \quad (2)$$

여기의 ρ 는 空氣의 密度, C_p 는 定壓比熱, K_H 와 K_w 는 熱과 水蒸氣의 移動係數를 각각 意味한다.

Thorntwait-Holtzman (Gangopadhyaya, et al., 1966)은 式(2)를 다음과 같이 誘導했다.

$$E = \frac{0.622 K^2}{P} \frac{(e_1 - e_2)(u_2 - u_1)}{l_n \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^2} \quad (3)$$

K 는 Von Karman 常數 (≈ 0.4)이고 e_1 , e_2 와 u_1 , u_2 는 高度 z_1 와 z_2 의 水蒸氣壓과 風速을, 그리고 P 는 氣壓을 各各 나타낸다. 式(3)은 Dalton의 一般式으로서 表示될 수 있다. 即,

$$E = f(u)(e_0 - e_a) \quad (4)$$

附記 0와 a 는 水面과 空氣中的의 한 高度를 뜻한다.

Bowen 比, β 는 式(1)과 (2)를 利用하여 式(5)로서 표시할 수 있다.

$$\beta = \frac{H}{LE} = \gamma \frac{T_0 - T_a}{e_0 - e_a} \quad (5)$$

$$\gamma = \frac{C_p P}{0.622}$$

따라서 熱의 移動量, H 는

$$H = \gamma f(u)(T_0 - T_a) \quad (6)$$

Class A Pan의 蒸發量을 生覺하면 H 는 水面으로부터 熱의 移動量이다. 그러나 實際로 水面뿐만 아니라 蒸發計의 側面과 底面에서도 熱이 移動하고 있으므로 이 效果를 考慮하여야 한다. 그러므로 水溫이 Pan의 外面溫度와 같고 水面上的의 바람이 Pan의 全外面에 미치는 影響과도 같다고 假定하면 式(6)에 의하여 蒸發計의 全表面으로부터 熱移動量, H_p 를 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$H_p = \gamma f(u)(T_0 - T_a) \frac{A_p}{A_w} \quad (7)$$

여기의 A_w 는 水面의 面積, A_p 는 Pan의 有效外面 面積이다.

만일 蒸發計로부터 熱移動이 없었다고 假定하면 實際 蒸發計에 의하여 觀測된 蒸發量보다 많거나 적은 量이 될 것이다. 그러나 이 移動熱량이 全部 蒸發에만 消費되는 것이 아니고 顯熱의 移動과 放出輻射, Q_b 에 利用된다. 式(7)의 熱량이 蒸發에 利用되는 에너지의 比率, α_p 는 다음式으로 나타 낼 수 있다.

$$\alpha_p = (\partial E / \partial T_0) / \left(\frac{\partial E}{\partial T_0} + \frac{\partial H_p}{\partial T_0} + \frac{\partial Q_b}{\partial T_0} \right) \quad (8)$$

이式은 式(4), (7) 그리고 Stefan-Boltzmann 式을 利用하여 다음과 같이 表示 된다.

$$\alpha_p = \Delta / \left(\Delta + \gamma \frac{A_p}{A_w} + 4\epsilon\sigma T_0^3 / f(u) \right) \quad (9)$$

그러므로 蒸發計에 熱移動이 없을 때의 蒸發量, E_m 를 實際觀測한 Pan 蒸發量, E_p 에 다음과 같이 補正하여 表示할 수 있다.

$$E_m = E_p + \alpha_p H_p \quad (10)$$

熱의 貯留量이 없는 일은 貯水池의 蒸發量은 Class A Pan의 水溫과 氣溫이 같을때 Pan 蒸發量의 0.7倍 된다는 것을 Kohler 등 (1955)에 의하여 研究 되었다. 따라서 그들은 貯水池 蒸發量, E_L 을 算定하는데 다음과 같은 結果를 얻었다.

$$E_L = 0.70 [E_p + 0.00051 P \alpha_p (0.37 + 0.0041 U_p) (T_0 - T_a)^{0.88}] \quad (11)$$

式(11)의 蒸發量과 氣壓의 單位는 inch, Pan의 風程, U_p 는 mile/day 이고 溫度는 Fahrenheit 이다. 그리고 이式에서 式(4)와 (6)은 각각 다음 式의 型으로 表示되어 있다.

$$E=f(u)(e_0-e_a)^n,$$

$$H=\gamma f(u)(T_0-T_a)^n.$$

이와같이 Pan 蒸發量, 水溫, 氣溫, 氣壓, 바람으로 서 貯水池의 蒸發量을 算定할 수 있다.

III. 觀測裝置 및 方法

모든 觀測은 中央觀象臺 露場 (37°34'N, 126°58'E) 에서 행하였고 觀測期間은 1972年 5月 18日부터 1972年 11月 31日까지 이다.

Class A Pan (白色)을 地面과 熱의 移動을 막기 위하여 格子型의 나무받침위에 設置했다. 水位測定器는 蒸發計內의 北側에 固定시켰고 여기에는 눈금이 主尺의 9m를 10等分한 副尺이 붙어 있다. 水位를 읽고 그 값을 測定時의 水溫과 水位測定器의 溫度를 4°C 매의 示度로 補正 했다. 日平均 水溫은 U字型의 最高最低水溫計를 水面에 띄워 最高最低水溫을 測定하여 平均해 求하였다. 風程은 地上에서 50 cm, 60 cm, 와 400 cm,의 高度로 測定하였는데 50 cm 高度에는 4倍 風速計를 Pan의 北西 쪽에 設置하고 齒車의 示度에 의거 하였고 60 cm와 400 cm 高度에는 3倍 風速計를 風測塔에 設置하고 電接計數器의 示度로서 風程을 각각 測定했다.

日射量은 Robitzsch Actinometer 에 의하여 測定하였고 이 測器는 波長範圍가 약 0.35 μ~2.80 μ에 屬한 것이다. 日照率은 Jordan Sunshine Recorder 에 의하여 測定되었다. 그밖에 小型蒸發計등의 關係氣象要素의 資料는 觀象臺의 日常 觀測值를 利用 할 수 있었다. 測定 資料의 日界는 日射量과 日照를 除하고는 午前 9時로 하였고 測定方法은 地上氣象觀測法 (中央觀象臺, 1971)에 대부분 의거했다.

IV. 資料分析 및 結果

1. 貯水池 蒸發量의 算定式

本研究에서 使用한 白色 Class A Pan (직경 120 cm, 길이 25 cm)과 式(11)의 Pan (직경 121 cm, 길이 25.5 cm)과는 色이 서로 다르나 材料는 같은 亞鉛鐵板製이고 크기와 設置狀態도 거의 同一하다. Brutsaert 와 Yu (1968)는 色만이 다른 두 蒸發計 사이에 바람에 의한 空氣力學的인 效果는 같다고 했다. 그러므로 여기에서 貯水池 蒸發量을 算定하는데 Kohler 法(式 11)을 直接應用할 수 있다.

自由水面的 蒸發量을 氣候要素로서 算定하는 方法들

이 많이 있으나 測候所의 日常 觀測資料만으로 구할 수 있는 方法은 얼마 안된다.

여기에 널리 利用되고 있는 新方法 즉 Thornthwaite 式 (1948), Kohler 에 의하여 多少 修正된 Penman 式 (1948)과 Christiansen 의 回歸式(1968)에 의하여 蒸發量을 각각 計算하고 이들 값을 Pan 資料로서 Kohler 法에 의하여 求한 貯水池 蒸發量과 比較했다. 그리고 이 貯水池 蒸發量은 모든 測候所에서 測定되고 있는 小型蒸發計의 蒸發量과의 關係도 同時에 分析했다. 다음 Penman 式에는 두 alternative date 를 使用했다.

$$E_{PEN}=0.7 \left[\frac{Q_n \Delta + E_a \gamma}{\Delta + \gamma} \right] \quad (12)$$

여기의 Q_n 는 純輻射量, $\Delta = \frac{de}{dT_a}$, 그리고 E_a 는 $T_0 = T_a$ 일때의 pan 蒸發量으로서 式 (4)에 의하여 주어진다. Kohler 는 $Q_n \Delta$ 를 氣溫과 日射量의 函數로서 表示했다.

이와같이 式(12)에 Pan의 風程과 日射量이 input data로서 利用되고 있으나 모든 測候所에서 Pan의 風程은 日常觀測하고 있지 않으며 또 日射量의 觀測도 얼마 안된다. 그러므로 Modified Penman 式을 이 두 資料의 實測值와 計算值를 각각 代入하여 구한 값 E_{MN1} , E_{MP2} 로 나누어 取扱했다. 前者의 計算에서 Pan wind 資料는 60 cm 高度의 값을 利用했다. 이들 比較結果는 표 1과 그림 1에 표시 되어있다.

이표에서 볼 수 있는바와 같이 小型蒸計의 蒸發量 (E_{CO})과 Modified Penman 式에 의한 값 (E_{MP1})이 거의 비슷하게 第一 높다. 그러나 後者는 日射量과 Pan wind의 實測值에 의한 값이므로 氣候要素로서는 現段

표 1. 貯水池蒸發量과 比較

$E_L = a + bE_X$				
Methods (E_X)	a	b	Correlation coefficient	Standard error (mm)
Thornthwaite	0.71	0.57	0.70	0.87
Christiansen	0.91	0.21	0.79	0.74
Penman (1)	0.61	0.93	0.86	0.61
Penman (2)	0.93	0.58	0.80	0.72
小型蒸計의 蒸發量	0.36	0.54	0.87	0.59

階에서 不可能한 方法이다. 그러므로 여기에서 E_{CO} 가 第一相關성이 높고 第一 쉽게 貯水池 蒸發量을 求할 수 있는 資料라 하겠다. Penman 式에서 Pan wind는 1000 cm 高度의 日常觀測值로서 다음 Power Law (Kohler et al., 1959)를 利用하여 計算했다. 그리고 日射量을 日照率로서 Angström 型의 式을 誘導하여 利用하려고 試圖했으나 그 結果가 표 2와 같이 좋은 편

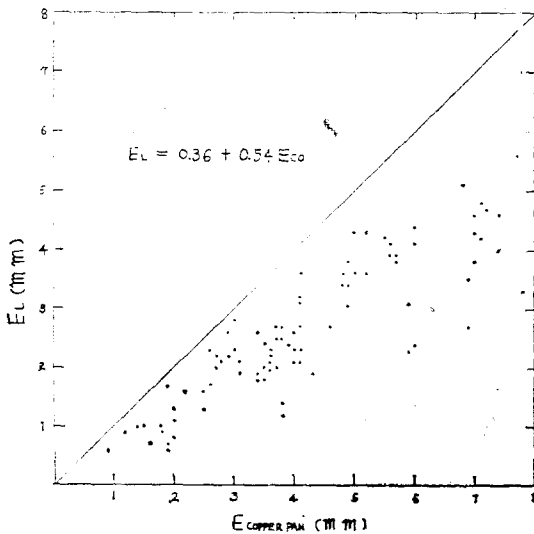
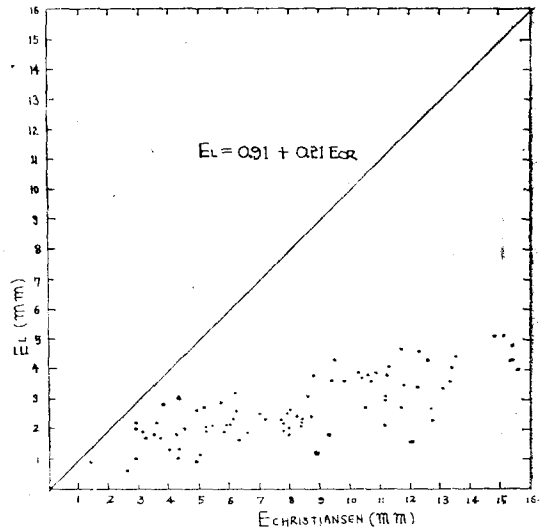
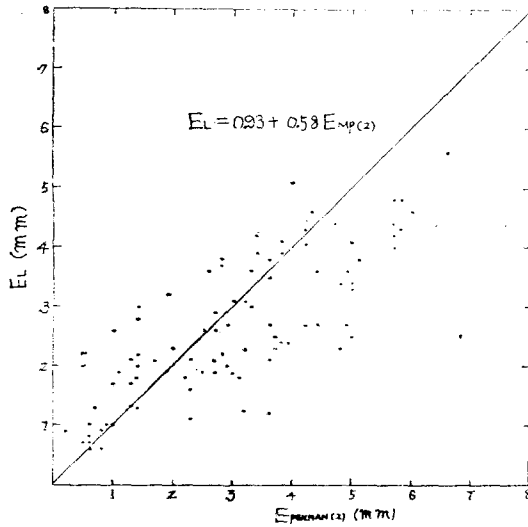
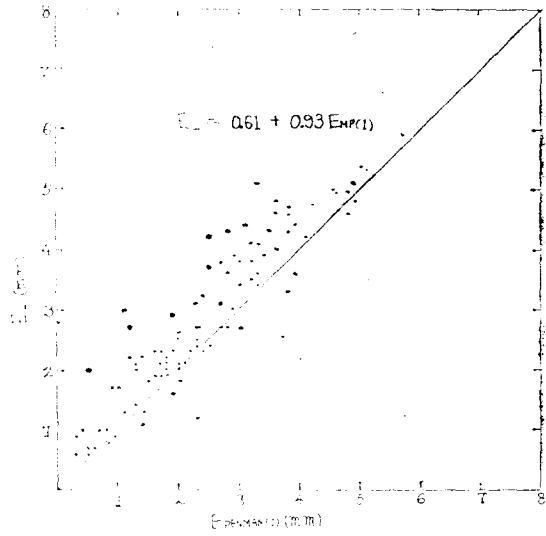
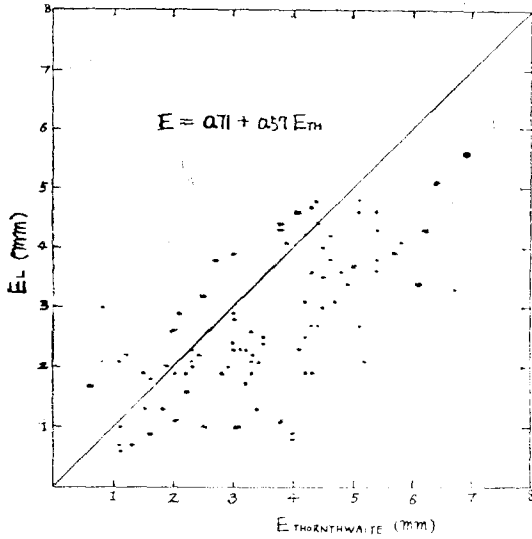


그림 1. 貯水池蒸發量의 比較 (mm/day)

$$\frac{u_1}{u_2} = \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^{0.3}$$

이 못되었기 때문에 Hamon 등 (1954)의 方法에 의거하여 計算했다. 또 2는 現在에 강릉, 인천과 목포의 3개 관측소에서 Robitzsch 日射計에 의하여 觀測한 10年間 (1963—1972)의 資料로서 調査된 것이다.

Ferguson 등 (1970)이 캐나다 全域의 貯水池蒸發量을 이와 비슷한 方法으로 研究한 結果 Christiansen 法이 第一 좋았다. 여기에서도 比較的 좋은 結果를 보였으나 Christiansen 式의 月別係數, C_M 이 韓國에

표 2. 日射量과 日照率

		$Q=a+b \frac{n}{N}$		Correlation coefficient	Standard error
관측소		a	b		
강릉	릉	0.11	0.49	0.68	0.07
인천	천	0.26	0.38	0.40	0.10
동포	포	0.29	0.44	0.53	0.08
평균(전국)		0.24	0.39	0.42	0.11

대하여 주어지지 않았으므로 月別에 關係없이 $C_M=1$ 로 假定했기 때문에 더 좋은 結果를 얻지 못한것이므로 解析된다. Thornthwaite 法이 比논의 蒸發散量에 대하여서는 相關性이 全然 나타나지 않았으나 (曹喜九, 1972) 貯水池 蒸發量에는 높은 相關關係를 보였다. 그리고 小型蒸計의 蒸發量과 相對濕度로서 重回歸 分析을 했으나 E_{CO} 만의 分析結果와 거의 같았다. Eagleman (1967)이 Class A Pan의 係數를 相對濕度로서 표시했으나 小型蒸發計의 係數는 全然 相關性을 나타내지 않았다.

最近에 韓國의 一部 測候所에서는 白色 Class A Pan의 蒸發量만 測定하고 있다. 그러나 이 研究結果에 의하면 Pan 蒸發量뿐만 아니라 日射量, Pan wind 그리고 平均 水溫을 同時에 測定하게 되면 더 正確한 貯水池

池 蒸發量을 算定할 수 있게 됨을 알 수 있다.

2. 貯水池 蒸發量

표 1.에 표시된 다음 回歸式에 30年間의 (1931-1960) 小型蒸發計의 蒸發量, E_{CO} 을 適用하여 韓國全 域 25個 觀測所에 대한 貯水池 蒸發量, E_L 을 표 8과 같이 算定했다.

$$E_L = 0.36 + 0.54 E_{CO} \quad (13)$$

표 3의 資料는 貯水池에 流入되는 水溫과 流出되는 水溫의 差가 없고 또 熱貯留量이 없는 自由水面으로부터 月別과 年平均蒸發量을 意味한다. 實際로 湖水나 貯水池에는 熱을 貯藏한다. 即 깊은 貯水池에서는 이 效果가 매우 크다. 따라서 이 熱貯留效果로 깊은 貯水池面으로부터의 實際蒸發量은 표 3의 蒸發量보다 季節적으로 약간 늦게 (lag) 나타나는 結果가 된다. 그런 까닭에 이표에서 주어진 月別 蒸發量은 熱貯留와 移流를 無視한 얕은 貯水池의 蒸發量으로 生覺하여야 한다. 만일 주어진 期間에 熱貯留의 變化量 ($S_2 - S_1$)과 純移流된 熱量 ($Q_{in} - Q_{out}$) 그리고 式(9)에서 貯水池의 α 를 求하면 깊은 貯水池의 蒸發量을 다음式에 의하여 算定할 수 있다.

표 3. 貯水池 蒸發量 (mm)

관측소	월	貯水池 蒸發量 (mm)												전년
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
강릉의	기진	44.5	47.6	66.2	81.6	82.3	72.5	75.2	79.8	80.6	77.4	56.1	47.1	810.3
	진진	43.2	48.7	63.5	82.2	85.8	76.0	79.5	76.1	71.9	75.9	58.0	45.3	806.1
	중진	24.4	28.7	46.8	77.1	97.8	101.0	102.2	87.1	64.5	53.3	32.7	24.8	740.1
	성진	33.8	37.0	53.5	69.4	74.7	69.8	73.4	75.9	71.0	62.0	43.2	36.2	699.4
	신주	32.9	37.5	55.2	76.9	89.1	88.0	80.9	82.8	76.8	63.1	43.5	34.3	760.2
	한홍	53.8	59.7	74.7	108.1	112.0	110.3	100.9	86.5	81.0	82.6	55.2	45.3	969.4
	진산	39.7	40.9	57.0	77.9	93.5	87.9	82.0	77.4	68.7	62.7	46.1	41.3	774.4
	평양	30.3	36.6	58.5	88.5	105.9	109.5	98.1	91.2	77.4	62.5	39.5	30.4	827.8
	함진	52.0	51.2	59.0	98.7	96.4	98.5	86.7	73.6	63.6	72.8	64.9	52.6	869.6
	산막	34.3	39.4	62.3	89.9	105.8	112.8	100.5	95.0	79.3	66.4	41.7	33.1	859.9
	해주	36.6	40.1	60.4	85.6	94.3	95.2	85.7	91.3	84.5	69.6	45.8	35.2	823.6
	릉풍	강릉	52.0	48.8	64.4	90.4	104.5	83.6	80.1	80.1	68.9	68.2	55.7	53.2
울천		33.9	36.8	54.5	76.6	95.3	90.3	81.5	87.2	72.8	61.3	42.9	33.9	766.4
인도		37.8	40.9	56.1	75.1	90.6	85.8	85.6	93.2	78.7	67.7	47.6	39.3	797.5
울도		42.7	44.4	63.1	91.8	108.4	93.8	89.5	97.8	78.0	75.2	59.0	47.8	891.8
추령		42.1	45.2	66.8	80.7	113.0	101.0	97.7	97.9	76.0	69.0	48.7	41.0	888.6
포항		60.9	58.5	75.0	93.1	109.4	98.9	95.3	108.3	81.5	82.9	65.9	62.1	991.3
대구		46.5	48.9	69.4	88.5	108.9	107.8	105.3	107.8	75.0	67.2	48.9	44.8	918.3
전주		32.0	35.7	53.8	73.8	94.0	95.5	96.9	96.2	70.3	59.4	39.9	31.9	779.0
운산		52.8	52.1	68.8	80.5	94.7	87.9	92.5	99.3	74.1	76.7	52.9	49.6	875.3
광주		39.3	42.9	62.3	81.6	99.3	99.7	99.0	104.9	75.1	68.2	47.7	38.6	858.1
구마		54.3	53.7	68.8	78.3	88.6	80.6	81.0	100.1	77.5	75.8	60.0	55.2	876.1
덕포		35.0	38.8	56.2	71.2	84.7	83.5	87.1	97.5	73.7	78.3	47.4	37.0	789.7
여지	수주	60.5	60.9	73.9	84.3	91.0	83.8	79.9	100.7	75.2	81.3	66.4	56.7	915.3
	주주	44.6	46.1	65.6	79.3	93.0	97.0	112.2	115.1	83.1	75.5	56.7	48.0	918.6

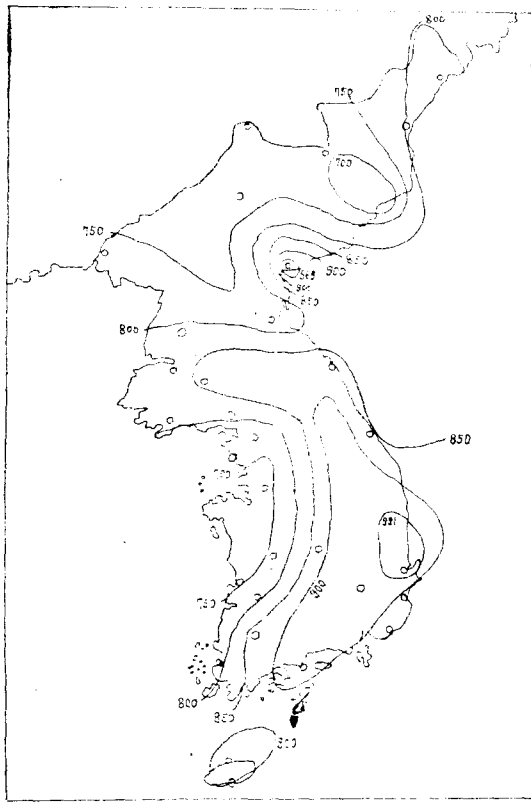


그림 2. 年貯水池蒸發量의 分布(mm/year)

$$E_L = E + \alpha [Q_{in} - Q_{out} - (S_2 - S_1)] \quad (14)$$

여기에 E 는 식 (11) 또는 (13)에서 求한 값으로서 純移流效果를 無視한 경우이다. 年平年值인 경우에는 貯水池가 있거나 없거나 관계 모든 熱貯留와 移流效果를 考慮하지 않아도 된다. 그러나 年蒸發量인 때는 알

은 貯水池만이 이들 效果를 無視할 수 있다.

그림 2은 年蒸發量의 分布를 나타내고 있다. 이 그림에 의하면 洛東江流域을 包含하는 小白山脈과 太白山脈의 一帶가 比較的 蒸發量이 많아 900 mm를 넘고 錦江流域이 南韓에서 第一 적은 量으로서 約 750 mm이고 그리고 漢江流域이 800~850 mm의 分布를 보이고 있다. 季節的으로 보면 一般的으로 5月이 最大值을 나타내고 二次로 8月이 높은 값을 나타내고 있다.

韓國의 實際貯水池蒸發量에 關한 研究가 아직 이루어 있지 않았으므로 이 資料의 正確性을 完全히 評價할 수는 없겠으나 앞에서 論議된 方法에 根據하였으므로 氣候學的 指標 또는 水文設計의 豫備資料로서 應用될 수 있을 것이다.

小型蒸發計의 係數는 月別과 地域別로 표 4와 같이 計算했다. 이 표에 의하면 年係數는 0.62~0.66로서 地域的으로 거의 均一하게 分布되고 年平均值는 0.64였다. 이 값은 式(12)의 貯水池蒸發量에 對한 係數 0.61에 比하여 약간 높은 편이다. 한편 그림 3에서 볼 수 있는 바와 같이 12月과 1月이 最高 0.75에서 5,6月이 最低 0.61로서 季節的인 變化가 뚜렷하게 나타났



그림 3. 小型蒸發計의 季節別係數變化

표 4. 小型蒸發計의 係數

원	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년	
과속스														
응	기	0.72	0.74	0.65	0.62	0.63	0.63	0.63	0.63	0.62	0.63	0.67	0.71	0.64
경	진	0.73	0.69	0.66	0.62	0.62	0.63	0.63	0.63	0.64	0.63	0.66	0.71	0.65
중	진	1.00	0.85	0.71	0.63	0.61	0.60	0.61	0.62	0.65	0.68	0.81	0.99	0.66
성	진	0.81	0.75	0.68	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.64	0.66	0.72	0.78	0.66
신	주	0.82	0.75	0.68	0.63	0.62	0.62	0.63	0.62	0.63	0.66	0.72	0.80	0.65
합	흥	0.68	0.65	0.64	0.60	0.60	0.60	0.61	0.62	0.62	0.62	0.67	0.72	0.62
원	산	0.75	0.75	0.67	0.63	0.61	0.62	0.63	0.63	0.64	0.66	0.70	0.74	0.65
평	양	0.86	0.75	0.67	0.62	0.58	0.60	0.61	0.62	0.63	0.66	0.74	0.85	0.64
장	천	0.69	0.68	0.67	0.61	0.61	0.61	0.62	0.64	0.65	0.64	0.65	0.69	0.64
산	박	0.80	0.73	0.66	0.61	0.60	0.60	0.61	0.61	0.62	0.65	0.73	0.82	0.64
해	주	0.78	0.73	0.66	0.62	0.61	0.61	0.62	0.62	0.62	0.64	0.71	0.79	0.64
강	릉	0.69	0.69	0.65	0.61	0.60	0.62	0.63	0.63	0.64	0.65	0.67	0.68	0.64

표 4. (계속)

서	울	0.79	0.75	0.68	0.63	0.61	0.61	0.63	0.62	0.63	0.66	0.72	0.81	0.65
연	천	0.77	0.83	0.67	0.63	0.62	0.62	0.62	0.61	0.63	0.65	0.70	0.76	0.65
용	등	0.73	0.68	0.66	0.61	0.60	0.61	0.62	0.61	0.63	0.63	0.66	0.71	0.63
추	봉	0.73	0.70	0.65	0.55	0.60	0.60	0.61	0.61	0.63	0.64	0.69	0.74	0.63
보	향	0.66	0.66	0.64	0.61	0.60	0.61	0.61	0.60	0.62	0.62	0.65	0.66	0.62
대	구	0.71	0.69	0.64	0.62	0.60	0.60	0.60	0.60	0.63	0.65	0.69	0.72	0.63
선	주	0.83	0.76	0.68	0.63	0.61	0.61	0.61	0.61	0.64	0.67	0.74	0.83	0.65
울	산	0.68	0.67	0.65	0.62	0.61	0.62	0.61	0.61	0.63	0.64	0.68	0.70	0.64
광	주	0.75	0.71	0.66	0.62	0.61	0.61	0.60	0.60	0.63	0.65	0.70	0.76	0.64
부	산	0.68	0.67	0.65	0.63	0.62	0.62	0.60	0.61	0.63	0.63	0.66	0.68	0.64
목	포	0.59	0.74	0.67	0.64	0.62	0.62	0.62	0.61	0.63	0.65	0.70	0.78	0.65
여	수	0.66	0.65	0.64	0.62	0.62	0.62	0.63	0.67	0.63	0.63	0.65	0.66	0.63
재	주	0.72	0.70	0.65	0.62	0.61	0.61	0.60	0.60	0.62	0.63	0.67	0.70	0.63
평	균	0.73	0.72	0.66	0.62	0.61	0.61	0.62	0.62	0.63	0.64	0.69	0.75	0.64

V. 結 論

熱移流와 貯留를 無視한 貯水池蒸發量을 算定하고 이 값으로서 Thornthwaite 法, Modified Penman 法과 Christiansen 法에 의한 蒸發量과 小型蒸發計의 蒸發量을 回歸分析에 의하여 각각 比較했다. 이 結果에 의하면 小型蒸計의 測定值가 가장 좋은 相關關係를 보였다. 그 다음이 Penman 法이 좋았으며, 이 方法을 應用하기 위하여 Pan wind와 日射量을 實測할때 더 좋은 結果를 얻을 수 있었다.

小型蒸發計의 蒸發量으로서 貯水池蒸發量을 쉽게 算定할 수 있는 簡單한 回歸式을 誘導했다. 이 式에 의하여 韓國全域에 대한 平年月別蒸發量을 計算하고 年蒸發量의 分布圖를 作成했다. 그리고 小型蒸發計의 係數를 課査한 結果, 年平均係數는 0.64 였고 地域의으로는 0.62 내지 0.66 로서 거의 均一한 分布였으나 季節的으로는 0.61 에서 0.75 로 뚜렷한 變化를 나타냈다. 앞으로 Class A Pan의 觀測網의 增加와 同時에 水溫, Pan wind 그리고 日射量을 測定함으로써 이들 結果는 多少 修正이 있을 것으로 생각된다.

謝 辭

本研究를 위하여 文教部에서 學術研究助成費를 支給하여준데 대하여 感謝의 뜻을 表합니다. 그리고 觀測의 便宜와 資料를 提供하여 주신 中央觀象臺 朴容大課長任에게 感謝드리며, 資料整理, 製圖등으로 直接的인 協助를 아끼지 않았던 延世大 天文氣象學科 關係助教들에게도 謝意를 表하고저 한다.

參 考 文 獻

曹喜九, 1971; 蒸發放量的 算定과 그 問題點. 물의과

학 Vol. 4, No. 2.

曹喜九, 1972; 벼논의 蒸發放量에 관한 統計的研究.

韓國氣象學會誌, Vol. 8, No. 1.

中央觀象臺, 1971; 地上氣象觀測法.

Brutsaert, W and S.L. Yu, 1968; Mass Transfer Aspects of Pan Evaporation. J. of Appl. Met. Vol. 7, No. 8, AMS.

Christiansen, J. E., 1968; Pan Evaporation and Evapotranspiration from Climatic Data. J. of the Irr. and Dra. Div., Proc. of the ASCE, IR 2.

Eagleman, J.R., 1967; Pan Evaporation, Potential and Actual Evapotranspiration. J. of Appl. Met., AMS, Vol. 6, No. 5.

Ferguson, H. L., A. D. J. O'Neil, and H.F. Cork, 1970; Mean Evaporation over Canada. water Resources Res., AGU, Vol. 6, No. 6.

Gangopadhyaya, M., et al., 1966; Measurement and Estimation of Evaporation and Evapotranspiration. WMO, Tech. Note No. 83.

Hamon, R. W., L. L. Weiss, and W. T. Wilson, 1954; Insolation as an Empirical Function of the Daily Sunshine Duration. Monthly Weather Rev., Vol. 82, No. 6.

Hounam, C. E., 1971; Problems of Evaporation Assesment in the Water Balance, WMMO/IHD Rept. No. 13.

Kohler, M. A., et al., 1954; Water-loss Investigation, Lake Hefner Studies. USGS Prof. Pop. No. 269.

Kohler, M. A., et al., 1955; Evaporation from Pans and Lakes. USWB Res. Pap. No. 38.

Kohler, M. A., T. J. Nordenson, and D. R. Baker,

1959 ; Evaporation Maps for the United States.
USWB, Tech. Pap. No. 37.
Penman, H. L., 1948 ; Natural Evaporation from

Open Water, Bare Soil, and Grass. Proc. of the
Royal Soc. of London, Ser. A, Vol. 193, No.
1032.

原稿作成要領

讀者여러분의 意慾的인 玉稿을 公募하고 있습니다.

1. 原稿內容：水文學，水理學 및 氣象學에 關聯된 研究論文，調查 및 工事報告，資料，論說，其他(體験記，外國語譯文，講座，紀行文도 可)
2. 留意事項：
 - ① 原稿의 題目 및 姓名은 國文과 英文으로 併記할 것.
 - ② 原稿는 200字 原稿紙에 橫書로 쓰고 引用한 文獻，文句 및 資料等의 出處를 引用句節上 端에³⁾ 等의 形式으로 明記하여 參考文獻 5.에 著者名，册名 年度 및 號數，페이지 順으로 記入할 것.
 - ③ 그림，도표는 반드시 트레이싱 페이퍼에 먹으로 제도하고，글씨는 가능한한 개곳이 크게 기입할 것.
 - ④ 그림의 번호와 제목은 그림의 하단에 기재한다(예，그림 5-1……).
 - ⑤ 표는 별지에 作成하여 原稿紙의 제자리에 넣고 표 번호와 표제는 표의 상단에 기재한다.(예，표 1-1……)
 - ⑥ 문장 체제는 “……이다.”로 생각한다. 등으로 맺일 것.
 - ⑦ 原稿紙의 枚數 表示는 그림 또는 표에 대하여는 200字 原稿紙 분량으로 환산하여 표시할 것.
 - ⑧ 研究論文은 반드시 未發表論文에 限하며 英文 또는 其他外國語는 抄錄을 添付할 것.
 - ⑨ 提出된 原稿는 編輯理事會에서 게재 與否를 審査後 決定한다.
 - ⑩ 本文中 數字는 아라비아 數字를 사용하고 모든 單位는 原語로 表示할 것.
예，78~85°C，9~15hr，78~960ton
3. 稿料：採擇된 原稿에 限하여 本學會 所定의 稿料를 드림.
4. 原稿磨勘：1973.9.30 限
5. 提出處：韓國水文學會 編輯部
서울特別市 西大門區 貞洞 11~3