

Thornthwaite 方法에 依한

韓國의 水分收支

金 蓮 玉

I. 序言	4. 水分不足
II. 水分收支의 概念	5. 水分剩餘
III. 水分收支의 計算	6. 水分收支의 年變化
IV. 韓國의 水分收支	7. 濕潤指數
1. 最大可能蒸發散量	8. 有效濕度の 季節變化
2. 月水分收支表	V. 結論
3. 實際蒸發散量	

I. 序 言

C.W. Thornthwaite 의 水分收支에 의한 氣候 分類은 W. Köppen의 氣候分類에 이은 획기적인 것으로 우리 記憶에 새롭다.

最大可能蒸發散量 (potential evapotranspiration) 의 새로운 概念과 降水量, 土壤水分貯藏 (storage) 의 關係에서 水分收支(water balance)를 問題로 삼은 이 方法은 우선 氣候分類의 한 方法으로 世界各地域에 適用되었다.²⁾ 筆者는 뒤늦게나마 最大可能蒸發散量, 水分收支의 새로운 概念과 分類方法 등을 紹介하는 同時에, 이 方法을 가지고 韓國의 氣候分類을 하였었다.³⁾ 이 方法에서 처음으로 알려진 氣候的 水分收支(climatic water balance)의 概念은 그 후 氣候分類의 基準이 되는 點보다도 實地的인 應用面에서 注目을 끌게 되었고, 氣候學者·地理學者·地質學者·水文學者·生物學者 사이에 넓게

利用되고 있다.

水分收支의 概念은 1944年 Thornthwaite에 依해 紹介된 후 1948年の 그의 氣候分類에 基礎가 되었으며 그 以來 水分收支에 對한 研究는 Thornthwaite 氣候研究所⁴⁾에서 계속 研究되어 왔다. 그리하여 水分收支의 概念이나 算出方法이나 또 그 利用面에 對한 擴張과 修正이 加해져 1955年の 改正論文이 나오게 되었다.⁵⁾ 이 氣候研究所에서는 많은 近代의 施設과 人員으로서 氣候의 研究를 하고 있는데 大體로 1955年까지는 微氣候에 관한 研究에 힘을 기울이고 있으며 그 후 最近까지는 주로 水分收支의 問題를 다루고 있다. 특히 世界各大陸別로⁶⁾ 水分收支를 計算하여 그 data를 제공해주고 있다. 15年間 氣候研究所는 全世界의 氣候 data를 수집하는 데 힘을 썼고, 1950年 Thornthwaite가 國際氣象機構의 要職에 앉음으로써 더욱 活潑해졌다. Asia 大陸 水分收支 data에는 韓國 163個 地點의 water bal-

1) Thornthwaite, C.W. "An Approach Toward a Rational Classification of Climate," *Geographical Review*, A. G. S., Vol. 38(1948), pp. 55~94.

2) Thornthwaite는 이 方法을 갖고 美國에 적용하여 最大可能蒸發散量, 散最大可能蒸發散量의 夏期集中度, 濕潤指數, 乾濕指數의 基準別로 美國의 氣候를 分類하였고, 여러 나라의 사람들에 依해 中國, 印度, New Zealand, 日本 등이 分類되었다.

3) 金蓮玉, "Thornthwaite의 新氣候分類法에 의한 韓國의 氣候分類," 梨花女子大學校 韓國文化研究院 論叢, 第3輯 (1962), pp. 235~251.

4) 美國 New Jersey 州 Elmer에 있는 C.W. Thornthwaite Associates, Laboratory of climatology.

5) C.W. Thornthwaite and J.R. Mather, "The Water Balance," *Publication in Climatology*, Laboratory of Climatology Vol. 8 (1955) No. 1, p. 104

6) 世界全體의 水分收支는 "The Water Balance of the Earth" (Vol. IX—1956, No.2)에, 各大陸別로는 Average Climatic Water Balance Data of the Continents의 題內으로 Part I Africa, Part II Asia, Part III U.S.S.R, Part IV Australia New Zealand and Oceania, Part V Europe, Part VI North America, Part VII U.S.A., Part VIII South America

ance가算出되어 있다.⁷⁾

最近 韓國에 있어서도 水分收支에 對한 關心이 높아졌고 氣候, 灌溉, 地下水, 河川管理, 植物生態 등과 關聯되어 重要한 問題로 擡頭되었다.

이 研究에서는 修正된 Thornthwaite의 水分收支의 概念 및 그 算出을 紹介하고 氣候研究所에서 計算한 水分收支 data를 基礎로 우리 나라 水分收支의 問題를 考察하려는 것이다. 年水分收支, 月水分收支를 地域적으로 또는 季節別로 분석하여 水分剩餘나 不足의 地域的 分布, 季節의 推移 등을 究明하는 데 目的을 두었다.

II. 水分收支의 概念

地球上에 生存하는 生物에 熱과 水分은 絶대 不可缺의 것이다. 水分은 降水로서 大部分이 地表上에 공급되며, 이 水分의 일부는 蒸發하여 大氣中으로 돌아가고, 地表를 흘러 河川이 되어 바다로 들어간다. 땅에 스며든 물도 결국은 바다로 들어간다. 바닷물은 증발에 의해 해면에서 大氣中으로 돌아가는 循環을 거듭하고 있다. 一年間을 通해서 地球全體를 積算하면 氣圈과 水圈 사이를 出入하는 水量은 平均狀態를 이루고 있다. 그러나 어떤 地域이나 어떤 地點을 생각하면 氣候因子의 差로 곳에 따라 降水量이 相異하며, 한편 流出·증발의 條件이 相異하게 된다. 이러한 陸水の인 水分의 收支에 대해 어떤 地點에 生長하는 生物에 影響을 주는 水分은 어떤 收支關係가 있는가 하는 問題는 生物學이나, 氣候의 綜合된 示標를 植物生態로 보는 氣候學이나, 自然環境으로서 氣候를 重要視하는 地理學에 있어서 重要한 問題가 된다.

따라서 氣候學的 水分收支는 降水量을 水分의 收入으로 본다. 그러나 收入된 量이 全部 生物 成長에 關與하지는 않는다. 地表面에서의 직접 蒸發과 地面을 덮고 있는 植物體를 通하여 消失되는데, 이러한 水分의 支出을 漚 나머지 地中水分으로 들어가 實際植物成長에 寄與한다. 이 效率의인 水分을 問題로 삼아 效率의인 水分이 收入과 支出上 어떤 關係를 이루는가가 중요하다.

여기에서 이와 같은 水分收支에 基本이 되는 氣候要素는 降水量, 氣溫, 蒸發量 등을 생각할 수 있고

이것을 어떻게 表示하는가는 오랜 동안 여러 사람에 의해 研究되어 왔다. R. Lang의 雨量係數(reg-enfaktor), Enn. de Martonne의 乾燥指數(indice d'aridité), W. Köppen의 乾燥限界(trockengrenze) 吉良龍夫의 乾濕指數(humidity index), C.W. Thornthwaite의 P-E 指數, 濕潤指數(moisture index) 등은 單純한 絶對 降水量에 의한 乾濕의 表現이 아니고 水分收支에 근거한 乾濕度의 表現이다. 筆者는 이와 같은 概念에 따라 우리 나라의 乾濕度를 究察한 바 있다.⁸⁾ 水分 收支의 氣候的 概念을 가장 意味 있게 算出한 것은 Thornthwaite의 water balance 및 濕潤指數이다.

氣候의 water balance는 1944年 Thornthwaite에 의해 처음 쓰여졌고 概念 및 算出 方法은 3段階를 거쳐 오늘에 이르고 있다. 最近의 氣候分類에⁹⁾ 있어서 降水量과 蒸發量과의 比인 水分效率(precipitation effectiveness)인 P-E 指數로서 表示되었고 그 다음은¹⁰⁾ 水分效率을 발전시켜 水分收支로서 表現하고 있다. 여기서 注目할 것은 지금까지 막연히 생각해 오던 水分의 支出은 蒸發(evaporation)·通散(transpiration)을 합친 蒸散(evapotranspiration)이라 하고, 一定 氣溫에서 일어나는 最大可能蒸發散量(potential evapotranspiration)의 새로운 概念을 發展시켰다는 것이다. 水分收支算出에 必要한 蒸發散量은 實際로 그 地表에 일어나고 있는 實際蒸發散量이 아니고 그 땅이 充分히 水分으로 飽和될 때 일어나는 最大可能한 蒸發散量이다. 예를 들어 비가 적은 사막에서는 온 비가 全部 地表에서 蒸發散하고 만다. 이런 곳에서는 實際蒸發散量은 降水量以上은 될 수 없다. 그러므로 蒸發散을 充分히 할 수 있는 물을 供給하고 그때 일어날 수 있는 可能蒸發散量의 最大量과 降水를 比較하여 처음으로 水分의 過不足, 即 水分收支의 不均衡의 정도를 알 수 있는 것이다.

이 最大可能蒸發散量(또는 蒸發散位)은 實驗으로 측정도 할 수 있고 實測의 결과 유도된 公式에 따라 兩對數表나 電子計算機를 사용하여 計算할 수도 있다¹¹⁾. 最大可能蒸發散量은 氣溫에 比例하며 氣溫이 높으면 최대 가능 증발산량도 많아진다.

등이 氣候研究所 出版物로 刊行되어 있다.

7) Average Climatic Water Balance Data of the Continents, part II Asia, Publication in Climatology, Laboratory of climatology, Vol. 16(1963), pp. 183~204.

8) 金蓮玉, "韓國의 乾濕度," 梨花女子大學校 韓國文化研究論叢 第8輯(1966), pp. 107~123.

9) Thornthwaite, C.W., "The Climate of North America According to New Classification," Geographical Review, A. G.S., Vol. 21(1931), pp. 633~655.

10) Thornthwaite, C.W., op. cit., 1948, pp. 55~94.

그地點의 水分의 問題는 降水量을 地上에 供給되는 水分의 收入으로 보고 최대 가능 증발산량을 支出로 했을 때 水分의 不足이나 剩餘를 말하는 것이다. 그러나 여기서 또 하나 考慮할 것은 土壤에 저장된 水分의 양이 地面에서 일어나는 蒸發散에 관계되는 것이다. 土壤이 저장하고 있는 水分을 貯藏水分(storage)이라 하고, 土壤이 貯藏할 수 있는 最大의 容量을 그 토양의 水分保有容量(water holding capacity of soil)이라 한다. 이 토양의 水分保有容量은 처음에는 100mm로 하였으나 이것이 크게 修正되었다. 토양의 型이나 構造, 成長하고 있는 植物의 種類에 따라 地中 水分을 保有할 수 있는 容量이 달라지므로 地中저장수분의 最大량은 일률적으로 定해질 것이 아니라 土壤과 植物의 結合에 따라 定해지며 大體로 25mm~400mm가 된다.¹²⁾

氣候研究所에서는 여러 가지 토양과 植物에 따르는 root zone에 있어서의 土壤水分 保有容量을 表示하고 있다.¹³⁾

降水量이 最大可能蒸發散量보다 적을 때는 土壤水分貯藏量에서 降水量의 不足을 補充한다. 이런 경우에는 토양 水分에 變化가 일어나므로 이것을 土壤水分變化(storage change)라 하고 그 토양의 水分保有容量에서 水分變化가 일어난 후 토양에 남는 水分을 토양의 水分殘量(water retention)이라 한다. 이 토양의 水分殘量은 토양수분保有容量에 따라 相異하게 되며, 토양수분保有容量 25mm에서 400mm의 表에서¹⁴⁾ 수분변화가 일어난 후의 수분잔량을 쉽게 읽을 수 있다.

어느 地域의 土壤水分保有容量이 얼마인가는 토양의 型이나 構造를 나타낸 soil map와 植物分布圖를 參照하여 推定된 것으로 어느곳에나 꼭 들어맞는 것은 아니다. 資料가 仔細할수록 추정량은 맞는 것이다.

最大可能蒸發散量(PE)과 降水量(P), 토양水分貯藏量(ST)의 差로써 每月의 水分의 過不足을 計算하여 水分收支를 보는 것이다. 이 水分收支를 통해서 一年間의 水分剩餘(surplus), 水分不足(deficit)을 알 수 있으며 잉여나 부족의 달과 양을 알 수 있

는 것이 特色이다.

Ⅲ. 水分收支의 計算

水分收支의 計算은 大端히 複雜하여 คอมพิวเตอร์를 보통 사용하고 있으며 이 計算에 必要한 數 많은 表는 前掲한 出版物에 仔細히 收錄되어 있다. 토양 수분 보유 용량 300mm, 200mm, 100mm의 경우를 例로 들어 仔細히 紹介하고 있다.¹⁵⁾ 水分收支를 算出하는 데는 다음과 같은 특수한 資料를 必要로 한다.

- a) 月平均氣溫
- b) 月平均降水量
- c) 換算과 計算表
- d) 土壤水分保有容量을 알기 위한 土壤 및 植生에 관한 資料
위의 資料를 가지고 水分收支算出의 方法을 順序的으로 考察하면 다음과 같다.
 - a) 每月의 月平均氣溫 T (c)
 - b) T를 熱指數 (heat index) I로 換算¹⁶⁾
 - c) I에서 每月의 補正치 없는 最大可能蒸發散量(unadjusted potential evapotranspiration 略해서 unadj. PE)을 求함¹⁷⁾
 - d) Unadj. PE에 緯도에 依한 補正을 加하여 最大可能蒸發散量(PE)를 求함¹⁸⁾
 - e) 每月의 平均降水量 (P)
 - f) P-PE를 計算
降水量과 최대증발산량의 差로서 P보다 PE가 크면 그 달은 負數가 된다.
 - g) 積算可能水分消失量 (accumulated potential water loss, 略해서 Acc. Pot. WL로 表示함)을 算出. 이것에 있어 앞의 P-PE의 年合計가 正數인 경우는 每月의 Acc. Pot. WL은 負의 P-PE를 積算하던 되며, 負數인 경우에는 Acc. Pot. WL의 積算을 始作하는 새로운 基準에서 한다. 이것은 Seabrock, N.J.의 경우와 Bismarck, N.D.의 例示로서 仔細히 알 수 있다.¹⁹⁾
 - h) 土壤水分貯藏量(storage, ST로 함)을 산출. 이때 ST는 一年을 連關性 있게 보며 토양 수분 보유 용량에 따라 Acc. Pot. WL가 일어난 후의 토양 수분 잔량을 表에서 찾아 storage를 定한다.
 - i) 土壤水分 貯藏의 變化(storage change ΔST)를 算出.
 - j) 實際蒸發散量(actual evapotranspiration. AE)을 求함.

11) *Ibid.*, p.92 및 金蓮玉, *op. cit.*, 1962, p. 238.

12) Thornthwaite, C.W.& Mather. J. R., "Instructions and Table for Computing Potential Evapotranspiration and Water Balance, *Publication in Climatology*, Laboratory of Climatology, Vol. X (1957), No. 3, p. 185.

13) *Ibid.*, p.244. Table 11. provisional water holding capacities with different combination of soil and vegetation.

14) *Ibid.*, pp. 245~331, Table 11. soil moisture retention table 10inches,~16inches. 250mm~400mm.

15) *Ibid.*, pp. 186~203.

16) Thornthwaite, C.W., *op. cit.*, 1948. p. 92.

17) *Ibid.*, pp. 89~91.

18) *Ibid.*, p. 93.

19) Thornthwaite, C.W.& Mather, J. R., *op. cit.*, 1957, pp. 190~191.

PE는 최대가능의 증발산량이고 실제로 일어나는 증발산이 아니라 강수량·적설량에 따라 토양저장 수분의 보충 여하에 따라 PE가 그대로 AE가 될 수도 있고 그렇지 못하는 경우도 있어 이것은 每月의 條件에 따라 달라진다.

k) 水分不足(water deficit, D)를 산출, D는 PE와 AE의 差로 (-)가 되는 달은 D가 나타나며 그 量은 그 差가 된다.

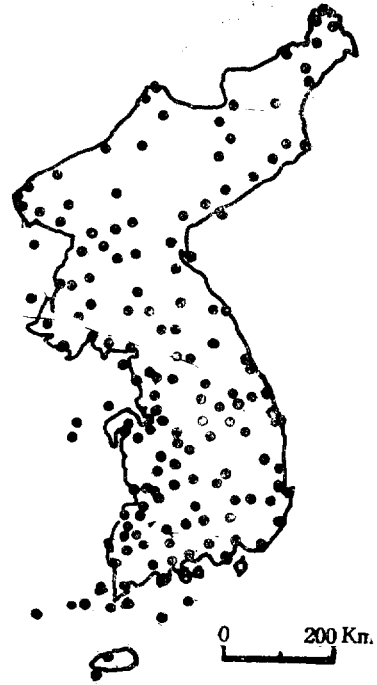
l) 水分剩餘(water surplus, S)

水分剩餘 S는 ST가 토양수분보유용량에 도달한 후 강수량을 넘는 것이 된다. ST가 토양수분보유용량보다 많은 달은 P-PE의 差가 S가 된다. 그러나 前월에 D가 있었을 경우는 ΔST 를 뺀 것이 그 달의 S가 되며 또 氣溫이 -1°C 이상일 때는 눈으로 地表面에 덮여 있어 S는 안되고 -1°C 이상으로 기온이上昇할 때 눈이 녹으므로 -1°C 이상의 기온을 갖는 달에 S로서 積算된다.

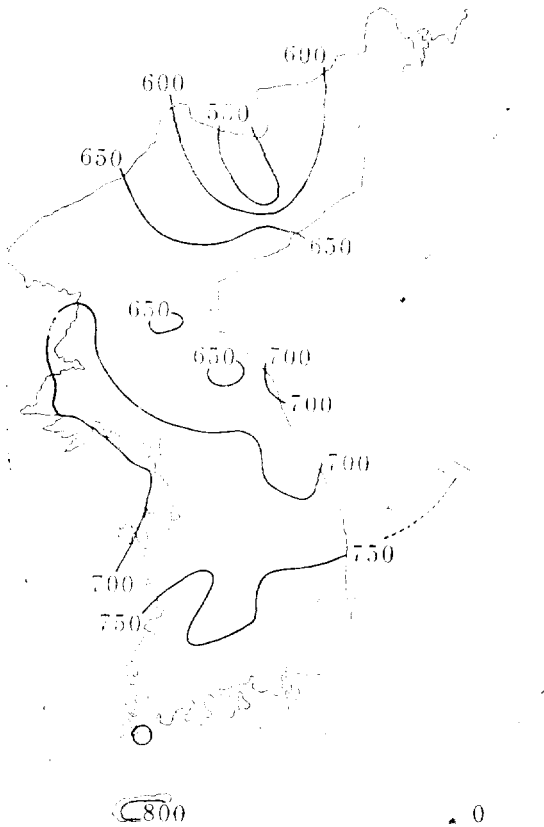
IV. 韓國의 水分收支

1. 最大可能蒸發散量 (Potential Evapotranspiration)

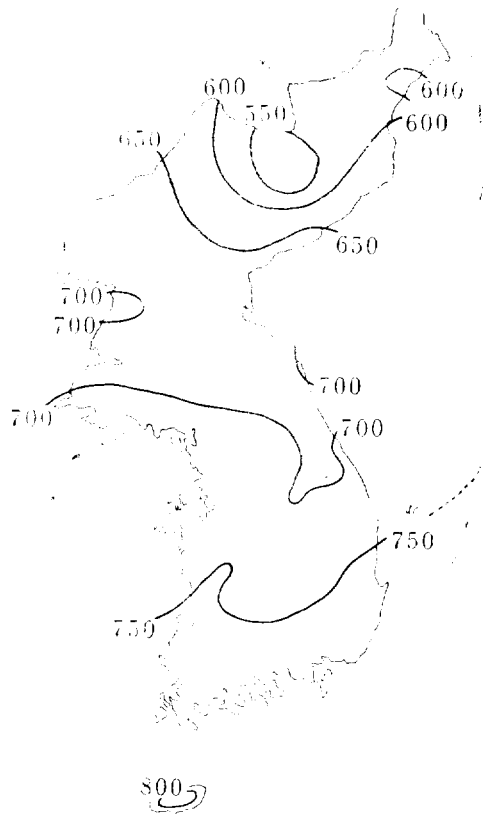
Thorntwhaite 기후 연구소에서 計算한 우리나라



Map 1. Location of Meteorologic Stations



Map 2. Annual Potential Evapotranspiration (mm)



Map 3. Annual Actual Evapotranspiration (mm)

라의 地點은 163개로 그 地點은 Map 1과 같다. 이 地點은 氣溫 및 降水量의 觀측치를 가지고 있는 지점이며 大體로 地點의 緯度, 經度, 海拔高度, 觀測期間이 明示되어 있다. 1937년까지 20년 또는 30년 간의 平均氣溫과 平均降水量을 기초로 하고 있다.²⁰⁾

計算된 最大可能蒸發散量의 等值線을 그어 보면 Map 2와 같다. 그 結果를 보면 500mm~800mm 內外로 南에서 北으로 갈수록 적어진다. 等值線 分布特色은 大體로 年平均 等溫線의 패턴과 비슷하고 蒸發量의 分布²¹⁾와는 相異하다. 最大可能蒸發散量은 氣溫과 函數關係를 가지고 있으므로 等溫線과 매우 一致되는 點이 많다. 年平均氣溫 4°C와 600mm의 線은 一致하며 10°C와 12°C의 등온선보다 남쪽으로 700mm, 750mm의 線이 그어지고, 14°C의 등온선이 800mm와 거의 一致된다. 等值線의 Pattern도 역시 등온선의 경우와 같이 內陸에 있어서는 南쪽으로 灣曲하고 있다. 이것은 筆者가 計算하여 分布圖를 作成했던 것과 比較하면 基本 data나 計算器具의 差가 있었는데도 大體로 부합됨을 알 수 있다. 每月의 PE는 0°C 以上의 달만이 나타나 月平均氣溫에 따라 計算되고 0°C 以下의 달은 0가 된다. 우리 나라의 月平均氣溫이 12, 1, 2, 3個月이 大體

로 0°C 以下가 되므로 이 期間의 PE는 0이다. 3월부터 氣溫이 0°C 以上으로 上昇함에 따라 最暖月인 8月, 北部地方 一部에서는 7月이 月 PE의 最大가 되고 차차 氣溫의 下降과 더불어 FE도 내려간다.

2. 月水分收支表

우리 나라 163個 地點의 水分收支表가 Thornthwaite 기후 연구소 刊行物 Asia편에 수록되어 있음은 이미 말한 바이다. 여기에는 月別의 PE, P, ST, AE, D, S 만이 적혀져 있고 이들 算出의 方法을 더 明確히 알 수 있는 T, I, Unadj. PE, P-PE, Acc. pot. WL, ΔST 등이 略해져 있다.

그리고 重要한 것은 土壤水分保有容量을 300mm로 하고 있는데, 이 土壤水分保有容量 300mm가 果然 우리 나라에 타당하다는 意見에 差가 있다. 어떤 生物學者는 妥當하다는 사람도 있으나 너무 많다고 보는 사람도 있다. 이 問題는 앞으로 生物學의 分野에서 더욱 檢討해 볼 것이고 우선 여기서는 300mm를 假定으로 하여 나타나는 water balance를 보려고 한다.

表1은 水分收支計算을 理解하기 위해 筆者가 P-PE, Acc. pot. WL, ΔST를 더 追加 計算하여 서울, 평양, 대구를 例示한 것이다.

<表1> 每月의 水分收支 (Water Balance in Each months)

(단위 : mm)

서울 Seoul	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12월	연
PE	0	0	5	41	88	123	151	144	98	51	15	0	716
P	25	23	38	80	87	125	377	271	124	40	45	29	1264
P-PE	25	23	33	39	-1	2	226	127	26	-11	30	29	
Acc Pot WL					-1					-11			
ST	354	377	300	300	299	300	300	300	300	289	300	329	
ΔST	0	0	0	0	-1	+1	0	0	0	-11	+11	0	
AE	0	0	5	41	88	123	151	144	98	51	15	0	716
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	77/33	39	0	1	226	127	26	0	19	0	548

대구(Taegu)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12월	연
PE	0	0	14	48	89	126	161	152	98	53	18	0	795
P	24	25	34	77	74	132	231	171	136	37	31	23	995
P-PE	24	25	20	29	-15	6	70	19	38	-16	13	23	1
Acc Pot WL					-15					-16			
ST	324	300	300	300	285	291	300	300	300	284	297	300	
ΔST					-15	+6	+9			-16	+13	+3	
AE	0	0	14	48	89	126	161	152	98	53	18	0	759
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	24/25	20	29	0	0	61	19	38	0	0	20	236

20) Laboratory of Climate, *op. cit.*, 1963, pp.36~39.

21) 중앙관상대, 기상 50년보, 1956.

평양 Pyongyang	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12월	연
PE	0	0	3	42	82	120	150	142	92	46	7	0	684
P	15	13	25	45	70	73	253	223	119	47	40	19	942
P-PE	15	13	22	3	-12	-47	103	81	27	1	33	19	
Acc Pot WL													
ST	334	347	300	300	288	246	300	300	300	300	300	319	
△ST	0	0	0	0	-12	-42	+54	0	0	0	0	0	
AE	0	0	3	42	82	115	150	142	92	46	7	0	
D	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5
S	0	0	47/22	3	0	0	49	81	27	1	33	0	263

서울에서 P-PE가 負數가 되는 5월과 10월에서 Acc. Pot. WL은 각 -1, -11이며, 그 달의 ST는 299, 289이다. 이 ST는 토양수분보유용량 300mm의 表에서 -1, -11의 Acc. Pot. WL이 있을 때의 토양수분잔량이 얼마 되는 것을 찾는 것이다. 따라서 △ST를 보면 5월에 -1이 되며 그 다음 6월에 다시 +1로 補充되고 10월에는 -11이 11월에는 다시 +11로 storage change가 일어나고 있는 것이다. 그리하여 AE는 PE 그대로 나타나고 D는 연중 나타나지 않는다. S는 氣溫이 -1°C 以下인 12, 1, 2월에는 없고, 그것이 3월에 가서 12, 1, 2월의 77과, 3월의 33이 S가 되며 다른 달은 P-PE가 된다. 단 6월과 11월에는 P-PE-△ST를 빼것이 된다.

大邱를 보면 P-PE가 負數가 되는 달은 5월과 10월이다. ST는 토양수분보유용량이 300mm인데 1월은 氣溫이 -1°C 以下로 P-PE의 24가 합쳐져 324이고, 2월은 기온이 -1°C 以上임으로 300으로 돌아가며 3, 4월은 별 변동이 없으나 5월에 Acc. Pot. WL가 -15가 됨으로 그 때의 토양수분잔량을 表에서 찾으면 ST는 285가 된다. 6월에는 P-PE의 6이 전 달의 ST 285에 더해져 291이 되며 7, 8, 9월은 다시 300mm로 된다. 10월에 Acc. Pot. WL이 -16이 나타나 ST는 284가 되고 11월은 P-PE의 差 13이 더해져 297이 된다. 12월에는 PE는 0이나, -1°C 以上の 달임으로 ST는 300을 유지한다. △ST는 Acc Pot. WL가 있는 달은 그량만큼 마이너스가 있고 그후 남는것이 다음달에 補充되고 있다. AE는 P가 PE보다 不足하는달도 토양수분의 보충으로 PE와 똑같이 된다. 따라서 D는 없고 S는 -1°C 以下の 1월에는 없으나 2월에 24와 25가 되고 3, 4월은 P-PE가 되어 잉여가 있다. 5월은 P가 不足되나 △ST로서 보충되어 D도 S도 없고, 6월은 이 달만은 P-PE가 6으로 남으나 전달의 -15중 6을 보충하므로 S는 없다. 7월은 △ST로 9가 나가 P-PE 70 중 61이 남아난다. 10월 11월 12월의 경우도 5, 6,

7월과 같은 관계로 10, 11월은 잉여는 없고 12월의 잉여는 20이 된다.

평양에 있어서는 5, 6월에 강수량이 不足되는데, Acc. Pot. WL는 積算되며 그달의 ST는 각각 表에서 찾아 288, 246이 된다. △ST는 5월에는 ST가 288이므로 △ST가 -12가 일어 났고 6월은 ST가 5월의 288에서 246으로 되었으므로 △ST는 -42이다. 7월에는 ST가 246에서 300으로 되었으므로 △ST는 +54가 된다. AE를 보면 5월에는 P가 70이나 △ST의 보충으로 PE 82가 AE로 되었다. 그러나 6월에는 P의 73과 △ST 42가 합쳐 115가 AE가 되어 결국 5의 不足이 일어났다. S에 있어 3월에는 12, 1, 2월의 77과, 3월의 22가 모두 S가 되며 7월에는 P-PE는 103이나 되나 △ST로 +54가 들어가므로 S는 49밖에 안된다. 나머지 다른달은 P-PE의 差만큼 S가 된다. 이와같이 全國各地點의 每月의 水分收支가 計算되는데 紙面關係로 모두 紹介하기는 어렵고 重要地點의 年水分收支의 重要事項을 추려 보면 表2와 같다.

3. 實際蒸發散量(Actual Evapotranspiration)

實際蒸發散량은 最大可能蒸發散量에 대해 降水量과 土壤水分 保有量에서 오는 土壤水分貯藏의 變化로서 實地로 나타나는 증산량이나, 결국 水分不足이 없으면 最大可能蒸發散量과 一致하고 水分不足이 많을 때는 最大可能蒸發散量과 크게 相異하게 된다. 우리 나라에 있어서는 水分不足이 나타나는地點은 不 몇地點이고 水分不足이 적어 거의 실제증발산량(AE)은 최대가능증발산량(PE)과 비슷하게 나타나 年實際蒸發散량은 Map. 3과 같다.

Map 3에서 AE 550mm의 선은 PE 550mm와 一致된다. AE 600mm의 등치선은 東北쪽에서 PE보다 남쪽으로 그어져 PE 600mm~650mm사이에 포함되었던 온성·경원·회령·무산·부령등지가 AE는 550mm가 되고 있다. AE 650mm의 선은 PE 650mm의 선과 一致하며 AE 700mm는 PE 보다 不

<表2> 重要地點의 年 水分收支 (Annual Water Balance at Selected Stations)

地 名 Stations	緯 度 Latitude	最大可能蒸 散 Potential Evapotran- spiration (mm)	降 水 量 Precipitation (mm)	實 際 蒸 散 量 Actual Ev. (mm)	水 分 不 足 Water Deficit (mm)	不 足 的 月 Months of Deficit	水 剩 餘 Water Surplus (mm)	剩 餘 的 月 Months of Surplus	濕 潤 指 數 im
장기곶Changgi-got	36°05'	735	975	735	0	—	240	5. 6. 8. 10 제외	32. 7(B ₁)
자 성 Chasong	41°28'	629	904	629	0	—	275	6 제외	43. 7(B ₂)
제 주 Cheju	33°31'	790	1,399	790	0	—	609	10 제외	77. 1(B ₁)
진 천 Chinchon	36°51'	725	1,228	725	0	—	503	1. 2. 10. 12 제외	69. 4(B ₃)
진 도 Chindo	34°28'	772	1,142	772	0	—	370	10 제외	47. 9(B ₂)
진 주 Chinju	35°12'	779	1,388	779	0	—	609	1~12	78. 2(B ₃)
청 주 Chongju	36°38'	735	1,200	735	0	—	465	1. 2. 5. 10제외	63. 3(B ₃)
정 선 Chongson	37°23'	689	1,063	689	0	—	374	3. 4. 6. 7. 8. 9. 11	54. 3(B ₂)
전 주 Chonju	35°49'	743	1,256	743	0	—	513	1. 5. 6제외	69. 0(B ₃)
철 원 Cholwon	38°15'	683	1,347	683	0	—	664	12제외	97. 2(B ₄)
죽 변Chukbyon	37°04'	707	971	707	0	—	264	5. 6. 10제외	37. 6(B ₁)
춘 천 Chunchon	37°54'	724	1,221	724	0	—	497	3. 4. 7. 8. 9. 11	68. 6(B ₃)
중 강 Chunggang	41°47'	598	811	598	0	—	213	6 제외	35. 6(B ₁)
해 주 Haeju	38°02'	707	1,048	709	0	—	339	3. 4. 5. 7. 8. 9. 11	47. 8(B ₂)
합 천 Hapchon	35°34'	790	1,153	790	0	—	363	5. 10. 11 제외	45. 9(B ₂)
인 천 Inchon	37°29'	699	1,044	699	0	—	345	1. 6. 10. 12 제외	49. 2(B ₂)
개 성 Kaesong	37°58'	708	1,295	708	0	—	587	3. 4. 5. 7. 8. 9. 11	82. 9(B ₄)
강 계 Kanggye	40°57'	634	931	634	0	—	297	1~12	46. 8(B ₂)
김 천 Kimchon	36°07'	771	1,020	771	0	—	249	1. 5. 10. 11 제외	32. 3(B ₁)
공 주 Kongju	36°27'	741	1,373	741	0	—	632	1. 10제외	85. 3(B ₄)
군 산 Kunsan	35°59'	749	1,122	749	0	—	373	1. 5. 10제외	49. 8(B ₂)
광 주 Kwangju	35°09'	756	1,219	756	0	—	463	1. 10제외	61. 2(B ₃)
마라도 Mara-do	33°07'	809	1,221	809	0	—	412	10제외	50. 9(B ₂)
마 산 Masan	35°11'	790	1,475	790	0	—	685	1~12	86. 7(B ₄)
목 포 Mokpo	34°47'	756	1,084	756	0	—	328	10제외	43. 4(B ₂)
나 주 Naju	35°02'	773	1,288	773	0	—	515	1~12	66. 6(B ₃)
남 원 Namwon	35°24'	764	1,265	764	0	—	501	1. 5. 10제외	65. 6(B ₃)
논 산 Nonsan	36°12'	757	1,181	757	0	—	424	1. 5. 10제외	56. 0(B ₂)
온 양 Onyang	36°47'	746	1,178	746	0	—	432	3. 4. 7. 8. 9. 11. 12	57. 9(B ₂)
온정리 Onjong-ni	38°41'	694	1,637	694	0	—	943	1. 2. 6제외	34. 4(A)
포 항 Pohang	36°02'	762	1,003	762	0	—	241	5. 6. 10. 11제외	31. 7(B ₁)
보 성 Posong	34°46'	728	1,506	728	0	—	778	10제외	106. 9(A)
부 산 Pusan	35°06'	771	1,416	771	0	—	645	1~12	83. 6(B ₄)
평 창 Pyongchang	37°22'	698	1,122	698	0	—	424	1. 2. 5. 10. 12 제외	60. 7(B ₃)
신 계 Singye	38°30'	694	1,128	694	0	—	434	1. 2. 6. 10. 12 제외	92. 5(B ₃)
신의주 Sinuiju	40°06'	681	1,072	681	0	—	391	1. 2. 12제외	57. 4(B ₂)
소흑산도 Sohusan-do	34°06'	765	1,252	765	0	—	487	1~12	63. 7(B ₃)
서 울 Seoul	37°34'	716	1,264	716	0	—	548	1. 2. 5. 10. 12 제외	75. 1(B ₃)
순 천 Sunchon	34°57'	806	1,537	806	0	—	731	10제외	90. 7(B ₄)
수 원 Suwon	37°17'	717	1,184	717	0	—	467	1. 2. 5. 10. 12 제외	65. 1(B ₃)
대 구 Taegu	35°53'	759	995	759	0	—	236	1. 5. 6. 10. 11 제외	43. 0(B ₂)
당 진 Tangjin	36°58'	720	1,265	720	0	—	545	1. 2. 5. 6. 10 제외	75. 7(B ₃)

울릉도 Ullung-do	37°29'	745	1,479	745	0	—	734	8 제의	98.5(B ₄)
울 산 Ulsan	35°32'	741	1,190	741	0	—	449	1 제의	60.6(B ₂)
완 도 Wando	34°18'	776	1,236	776	0	—	460	10제외	59.2(B ₂)
원 주 Wonju	37°21'	723	1,214	723	0	—	491	1. 2. 5. 10 12제외	67.9(B ₃)
원 산 Wonsan	39°11'	673	1,355	673	0	—	682	1. 2. 12제외	101.3(A)
영 주 Yongju	36°50'	731	1,035	731	0	—	304	1. 2. 5. 10 11제외	41.6(B ₂)
영 월 Yongwol	37°11'	724	1,055	724	0	—	331	3. 4. 7. 8 9. 11	45.7(B ₂)
여 수 Yosu	34°44'	793	1,357	793	0	—	564	1~12	73.8(B ₃)

安南道, 黃海道 海岸地方에서 남쪽으로 내려와 西北部地方의 水分不足을 뜻하고 있다. AE 750mm, 800mm의 등치선은 PE, 750mm, 800mm선과 一致되어 最大로가능한 증발산량을 실지로 증발산하고 있음을 의미한다.

月別로 AE를 보면 降水量이 적은 地點에서는 비가 많은 여름에도 PE와 AE는 크게 차가 나타나며 P-PE가 負數가 되는 달이 PE보다 AE가 적게 된다.

4. 水分不足(Water Deficit)

月水分收支를 산출한 결과를 보면 우리나라에서는 163個 地點中 水分不足이 나타나는 달이 있는 地點은 46個 지점에 불과 하다. 그리고 年總量에

있어서는 그다지 많지는 않다. 咸北 국경 지대의 특수한 몇 지점을 除外하고는 年不足量은 반이 5mm 이하이고 반은 10mm 이하이다.

한달이라도 水分不足이 나타나는 地點은 表3과 같고 크게 4個地域으로 구분할수 있다. 온성, 중성, 경원, 회령, 무산, 부령 등 咸北 국경지대는 우리나라 最大의 水分不足地域으로 年降水量도 적다. 또 무수단, 성진, 단천, 길주, 홍원, 함흥등의 咸南 海岸地方이 水分不足이 일어나며, 量은 적으나 용암포, 대화도, 철산, 안주, 순천, 평원, 평양, 남포의 平南北 海岸 地帶 사리원, 재령, 은율, 장연, 응진, 광랑만, 서도의 황해도 西海岸은 水分不足이 있는 主要한 地域이다. 그 중 서도(西島)는

<表3> 水分不足의 달이 있는 地點의 年水分收支 (Annual Water Balance at Stations of Deficit)

地 名 Stations	緯 度 Latitude	最大可能 蒸發散量 Potential Evapotrans- piration (mm)	降 水 量 (Precipitation) (mm)	實 際 蒸 發 散 量 Actual ev. (mm)	水分不足 Water Deficit (mm)	不足의달 Months of deficit	水分剩餘 Water Surplus (mm)	剩餘의달 Months of Surplus	濕潤指數 Im
안 주 Anju	39°39'	676	1,102	675	1	6	427	1. 2. 6. 12 제외	63.0(B ₃)
재 령 Chaeryong	38°24'	722	824	712	10	5. 6	112	3. 8. 9. 11	14.1(C ₂)
장 연 Chanyon	38°15'	707	870	701	6	6	169	3. 4. 7. 8. 9. 11	22.9(B ₁)
철 산 Cholsan	39°46'	697	954	695	2	6	259	1. 2. 6. 12 제외	36.9(B ₁)
청 진 Chongjin	41°46'	578	653	577	1	6	76	1. 2. 3. 9. 11. 12	13.0(C ₂)
중 선 Chongsong	42°46'	624	503	503	121	4. 5. 6. 7. 8. 9. 10	0	—	19.4(C ₁)
주문진 Chumunjin	37°54'	684	1,084	682	2	6	402	1. 5. 6. 10 제외	58.5(B ₂)
충 주 Chungju	36°58'	752	1,057	751	1	6	306	3. 4. 7. 8. 9. 11	40.6(B ₂)
함 흥 Hamhung	39°55'	668	832	665	3	6	167	3. 4. 7. 8. 9. 11	24.5(B ₁)
하우리 Hauri	41°11'	622	656	604	18	5. 6. 7	52	1. 2. 3. 12	7.1(C ₂)
회 령 Hoeryong	42°26'	616	514	514	102	4. 5. 6. 7. 8. 9	0	—	-16.7(C ₁)
홍 원 Hongwon	40°02'	659	742	656	3	6. 7	86	3. 4. 8. 9. 11	12.6(C ₂)
혜 산 Hyesan	41°13'	563	572	560	3	6. 7. 9	12	2. 3	1.6(C ₂)
강 화 Kanghwa	37°45'	741	1,155	740	1	6	415	3. 4. 7. 8. 9. 11	55.9(B ₂)
강 룡 Kangnung	37°45'	728	1,290	727	1	6	563	1. 5. 6제외	77.2(B ₃)
갑 산 Kapsan	41.05'	565	519	519	46	4. 5. 6. 7. 9. 10	0	—	-8.1(C ₁)
길 주 Kilchu	40°58'	630	647	619	11	5. 6. 7	28	3	2.7(C ₂)
고 성 Kosong	38°40'	708	1,134	706	2	6	428	1. 2. 5. 6	60.2(B ₃)

광양단 Kwangyang-gman	38°44'	710	711	695	15	5. 6. 8. 9. 10	16	제외 3	0.1(C ₂)
격렬비열도 Kyok-ryolbiyoldo	36°38'	679	892	678	1	10	214	5. 6. 10. 11	31.4(B ₁)
경원 Kyongwon	42°49'	609	596	596	13	4. 5. 6. 7	0	제외 —	2.1(C ₁)
마양도 Mayang-do	40°00'	833	613	613	20	5. 6. 7. 9. 10	0	—	2.4(C ₁)
목덕도 Moktok-do	36°56'	667	728	660	7	6. 10. 11	68	2. 3. 4. 7	9.1(C ₂)
무산 Musan	42°14'	602	541	541	61	4. 5. 6. 7 8. 9	0	—	10.1(C ₁)
무수단 Musu-dan	40°50'	586	597	573	13	6. 7. 8. 9. 10	24	2. 3. 4	1.9(C ₂)
남포 Nampo	38°44'	706	788	697	9	5. 6. 10	91	3. 4. 8. 11	10.2(C ₂)
응진 Ongjin	37°56'	698	896	696	2	6	200	3. 4. 7. 8. 9. 11	28.4(B ₁)
은성 Onsong	42°57'	603	526	526	77	4. 5. 6. 7. 8. 9	0	—	12.8(C ₁)
피도 Pi-do	37°09'	671	965	669	2	10	296	1. 6. 10. 11 12제외	43.8(B ₂)
북청 Pukchong	40°15'	678	732	671	7	5. 6. 7	61	3. 11	8.3(C ₂)
부령 Puryong	42°04'	615	703	610	5	5. 6. 7	93	4. 5. 6. 7 제외	12.7(C ₂)
평택 Pyongtaek	36°59'	740	1,141	739	1	6	402	1. 2. 5. 6. 10제외	54.2(B ₂)
평원 Pyongwon	39°18'	706	951	702	4	6	249	1. 2. 6. 12 제외	34.7(B ₁)
평양 Pyongyang	39°02'	684	942	679	5	6	263	1. 2. 5. 6. 12 제외	33.7(B ₁)
삼척 Samchok	37°26'	739	1,133	736	3	6	397	5. 6제외	53.3(B ₂)
사리원 Sariwon	38°30'	701	930	699	2	6	231	3. 4. 7. 8. 9. 11	32.7(B ₂)
서도 So-do	38°33'	549	485	485	164	4. 5. 6. 7. 8. 9. 10	0	—	29.9(C ₁)
성천 Songchon	39°15'	703	1,088	702	1	6	386	1. 2. 5. 6. 12 제외	54.8(B ₂)
선산 Sonsan	36°14'	779	994	778	1	10	216	1. 5. 10. 11 제외	27.6(B ₁)
순천 Sunchon	39°25'	695	1,050	693	2	6	357	3. 7. 8. 9. 10. 11	51.1(B ₂)
승암리 Sungam-ni	41°39'	593	676	588	5	5. 6. 7	88	4. 9. 10. 11	14.0(C ₂)
태화도 Taehwa-do	39°26'	650	726	648	2	6. 10	78	3. 4. 8	13.2(C ₂)
대전 Taejon	36°18'	750	1,338	749	1	6	589	1. 5. 6. 10 제외	78.4(B ₃)
단전 Tanchon	40°28'	638	661	629	9	6. 7. 10	32	3	3.6(C ₂)
울진 Ulchin	36°59'	739	1,035	737	2	6	298	5. 6제외	40.3(B ₂)
은율 Eunyul	38°31'	697	763	686	11	5. 6	77	3. 4. 8. 11	9.4(C ₂)
용암포 Yongampo	39°56'	648	921	647	1	6	274	1. 2. 6. 12 제외	42.1(B ₂)

水分不足 164mm로 우리 나라 最大의 水分不足을 나타내고 있다. 이들 수분부족이 일어나는 지역은 氣溫에 비해 강수량이 적은 結果로 볼 수 있다. 이 지역은 筆者가 算出해 본 우리 나라의 乾濕度와 比較해 보면 대단한 一致點이 發見된다. 즉 R. Lang의 雨量係數로 볼때 앞의 4個 地域이 가장 乾燥한 係數 75~100의 지역과 一致하며,²³⁾ Emm. de Martonne의 乾燥指數에 있어서는 最少值인 40의 地域 및 50의 地域과 같다.²⁴⁾ 또 Köppen의 乾燥限界值를 기준으로 본 各地의 濕潤度에 있어서는 습윤도

가 가장 낮은 150의 地域이 되며,²⁵⁾ 吉良의 乾濕指數로 볼때 역시 가장 낮은 6에서 8의 地域이 된다.²⁶⁾

다음에 水分不足을 月別로 考察해 보면 1, 2, 3, 12월은 全國 아무곳에도 水分不足은 없다. 4월에 들어서서 차차 氣溫이 上昇하면서 水分不足은 咸北 國境지대에 나타나 忠清, 海西, 嶺南, 慶元, 蔚山, 仁川에, 서해안에서는 서도에 水分不足이 나타난다. 5월에는 17地點, 6월에는 35地點, 11월에는 10地點, 10월에는 13地點, 11월에는 1地點이다. 가장

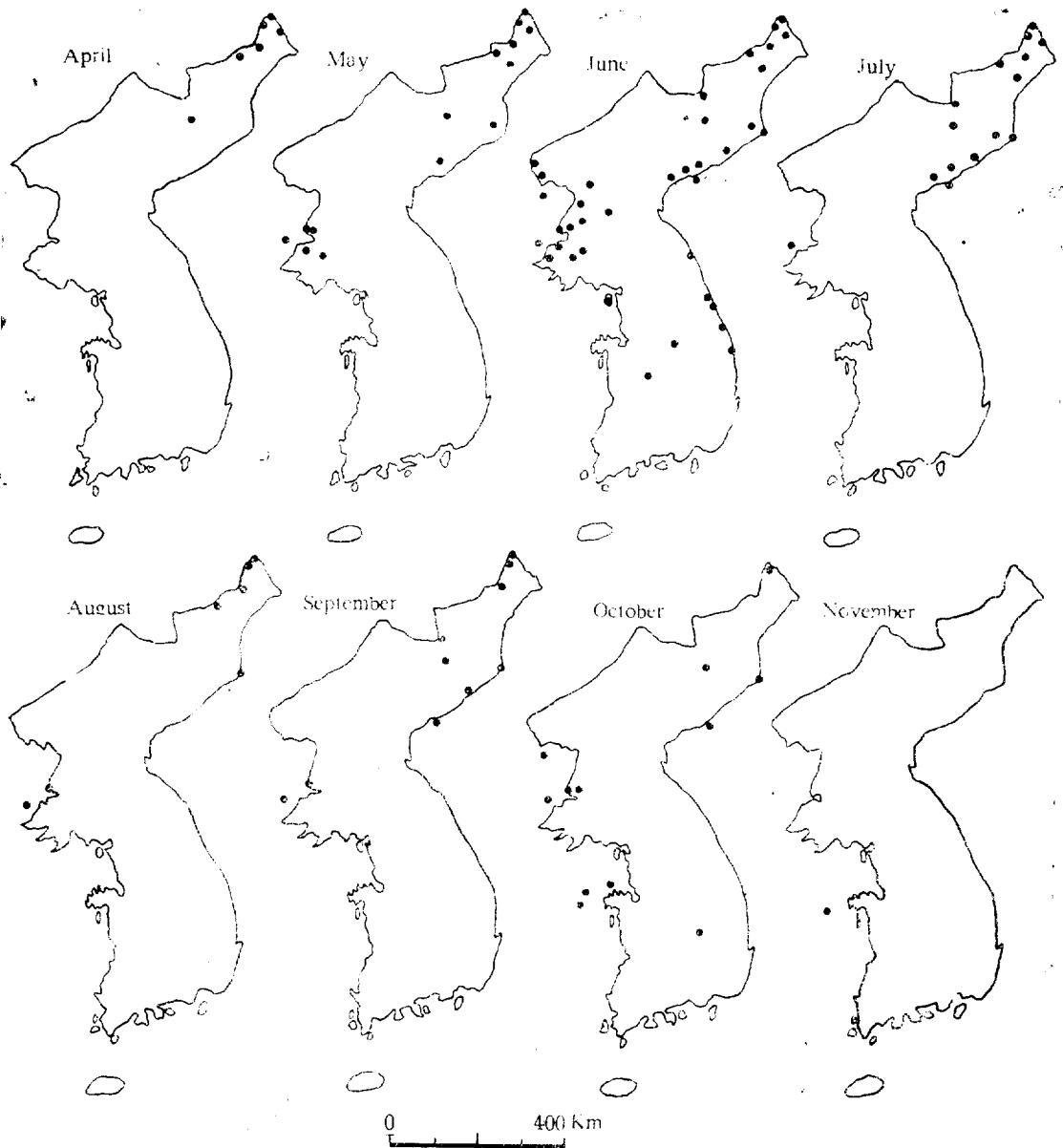
22) 金蓮玉, *Op. Cit.*, 韓國文化院論叢 第8輯 (1966), pp. 107~123.

23) *Ibid.*, p. 109. Map. 1.

24) *Ibid.*, p. 110. Map. 2.

25) *Ibid.*, p. 114. Map. 4.

26) *Ibid.*, p. 116. Map. 6.



Map 4. Water Deficit Stations

水分不足에 나타나는 地點이 많은 달은 6월이다. 6월은 氣溫이 갑자기 높아지나 강수량의 증가가 이것을 따르지못하기 때문이다. 가장 水分不足이 많이 나타나는 6,7월의 水分不足 地點을 Map. 4에서 찾아 볼수 있다. 8월은 氣溫이 높아 PE가 크기는 하나 많은 降水量으로 水分不足은 그다지 크게 일어나지 않고 있다. 또 降水量이 줄어드는 10월에 13地點에 水分不足이 일어나고 있고 11월에는 목록도 1個地點만이 水分不足이 나타난다.

5. 水分剩餘(Water Surplus)

우리 나라에서 12個月간 水分剩餘의 달이 한번도

없는 地點은 종성, 회령, 갑산, 경원, 마양도, 무산, 온성, 서도의 8個 지점이고 나머지는 모두 1年中 어느달인가 水分剩餘가 나타나고 있다. 水分剩餘 年總量은 地點에 따라 差가 크며 그 地域分布도 一定하지 않아 年總量의 分布를 等值線으로 表示하기는 어렵다. 특히 降水量이 많은 溫井里는 943mm, 구성, 곡성, 원산, 가평, 부산, 마산, 하동, 순천, 고흥, 보성, 제주등지는 600mm를 넘고 있다.

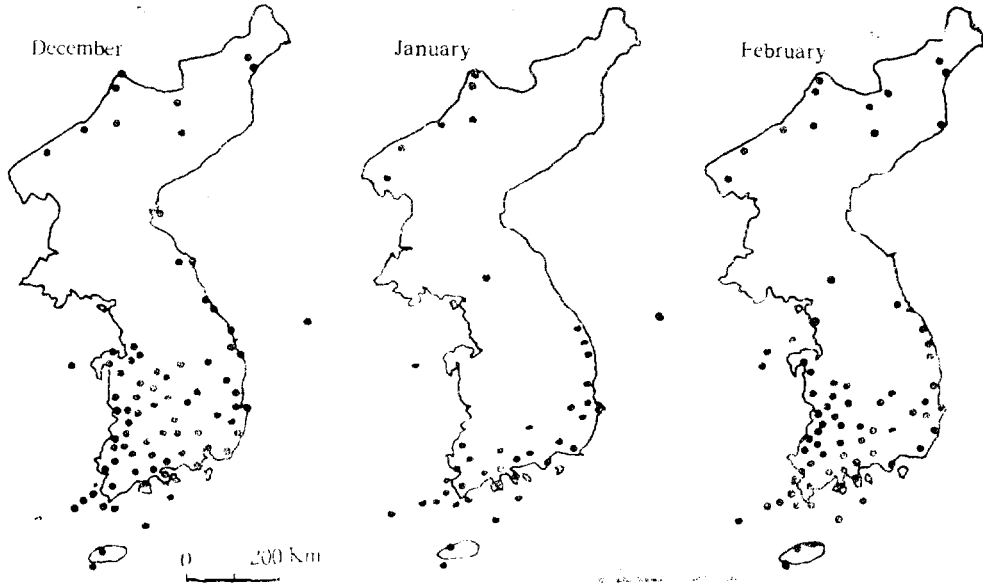
月別로 水分剩餘를 考察해 볼때 水分剩餘地點이 가장 적은 달은 1월이고 가장 많은 달은 3,7,8월이다. 1월에는 鴨綠江 流域 몇 地點과 南海岸, 울릉

<表3> 月別로 본 水分剩餘地點數 (163地點中)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
地點數	47	82	149	140	66	68	137	137	141	52	128	87

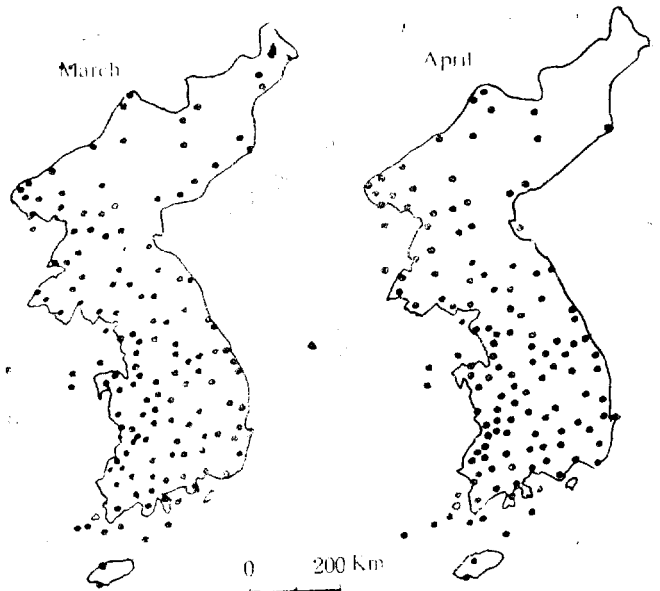
도, 제주도 등지가 수분잉여가 된다. 이지역은 대체로 1월 평균기온이 0°C以上으로 되는 우리 나라에

서도 따뜻한 지역이다. 2월에는 서산, 대전, 선산, 영덕을 이은 남부지방과 南東海岸에서는 주문진까지의 地點에 수분잉여가 있다. 북부에서는 1월에 나타났던 압록강 일대와 개마고원一帶에 까지도 나타난다. 3월에는 잉여지점의 數가 急增하여 Map 6에서와 같이 거의 全國的으로 分布한다. 이와같이



Map 5. Water Surplus Stations in Dry Season

3월에 수분잉여가 많은것은 겨울기간의 積雪이 氣溫上昇으로 녹는 관계이다. 기온은 그다지 높지 않으므로 PE는 많지않으나 겨울기간 零下의 氣溫에서 蓄積된 降雪이 3월에 들어서 녹아 결국 12, 1, 2월의 降水量이 합쳐지는 結果가 되기 때문이다. 4월도 마찬가지로 3월과 비슷한 수분잉여가 나타나나, 咸北 몇 地點의 水分剩餘가 없어지고 있다. 5, 6월에 이르면 水分이 잉여 되는 地域은 약 半以下로 줄어든다. 아직 本格的인 雨期에 들어서지 않는데 氣溫은 相當히 上昇하여 PE가 높아져 水分이 잉여되는 지역은 적어진다. 5월에 咸鏡道와 黃海道, 江原道 및 南部內陸地方에는 水分剩餘가 없고 6월에는 北部地方과 南部內陸地方에 水分剩餘가 없다. 7, 8, 9월은 咸北을 除外하고 全國的으로 수분잉여가 나타나며 이것은 本格的인 우기에 들어서 많은 비가 오기 때문이다. 10월에 들어서 乾季가 시작되면 Map 9에서 보는 것과 같이 오히려 南部地方에 水分의 잉여가 없고 잉여地點數는 1월보다 약간 많으나 地域的으로는



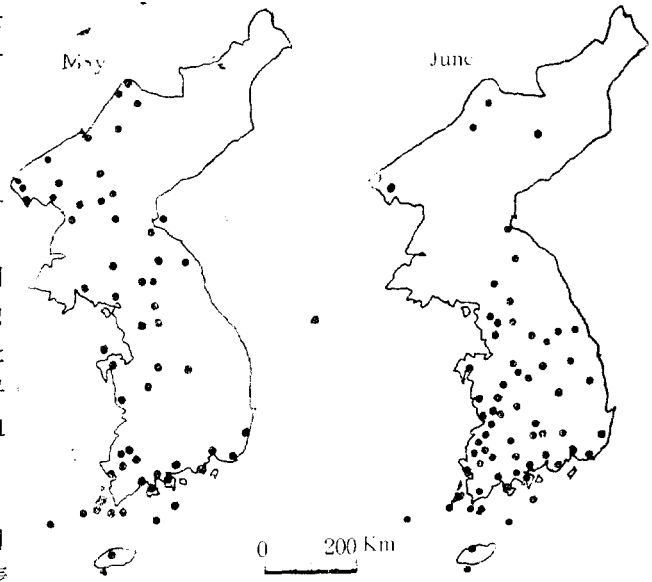
Map 6. Water Surplus Stations in Spring

對照的이다. 11월에 들어서 水分잉여의 지역이 많아지고 그 分布가 全國的이 된다. 단 慶尙南北道 內陸地方에는 水分 잉여가 없는 것이 눈에 뜨인다. 12월 겨울에는 水分잉여 지역은 忠淸道以南地方이 되며 1월보다 범위가 넓어지고 있다.

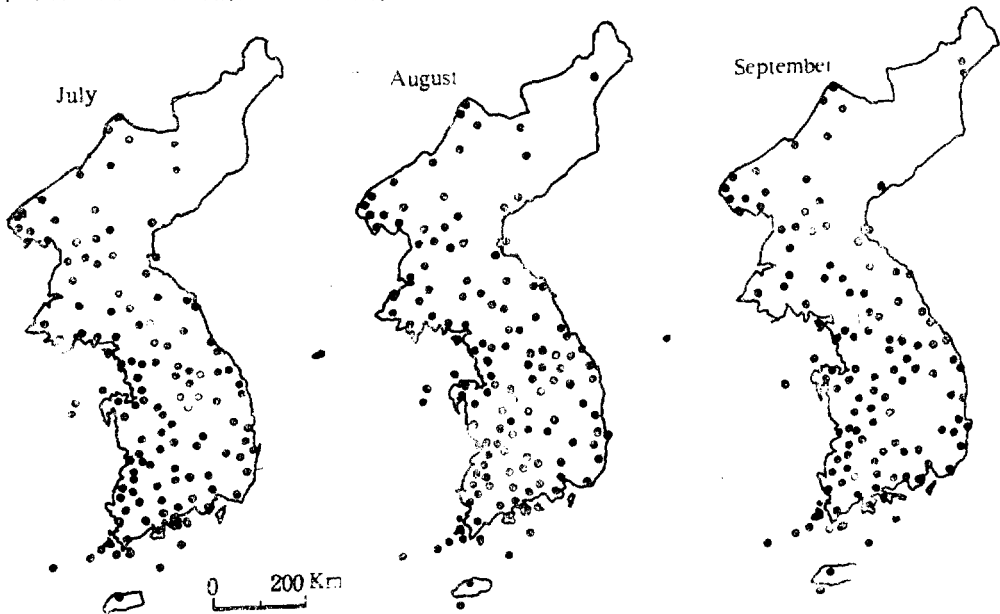
위와 같이 月別로 水分剩餘의 地域을 보았을 때 降水量의 年變化와 관련되어 몇가지 特色을 要約할 수 있다. 12월 1월 겨울乾期에는 水分잉여의 地域이 적고, 3,4월 봄融雪期와 7, 8, 9월 雨期에는 水分剩餘가 全國的으로 나타나며, 雨期前 初夏의 5, 6월과 가을 10월에는 水分剩餘가 적으며 初冬인 11월에 많아지고 있다,

6. 水分收支의 年變化

한 地點에 있어서 水分收支가 1年동안 어떤 變化를 갖는 가를 쉽게 理解하기 위해 表 4와 같이 量에는 관계없이 月水分收支算出表에 의해 水分不足, 水分剩餘, 水分의 剩餘도



Map 7. Water Surplus Stations in Early Summer



Map 8. Water Surplus Stations in Rainy Season

不足도 없는 달을 記號로서 表示해 보았다.

이것을 地域別로 大略 그 特色을 들어보면 다음과 같다.

關北地方 29個地點中 內陸國境地帶를 보면 1, 2, 3월은 토양저장 水分의 調節로서 잉여도 부족도 없으나 4월부터 9월까지 水分부족이 나타나고 10월부터 12월까지 잉여, 부족이 없다. 海岸地方은 곳에 따라 差가 있으나 1월에서 4월까지는 水分잉여가 있거나 부족도 잉여도 없다, 그리고 여름 기간 수

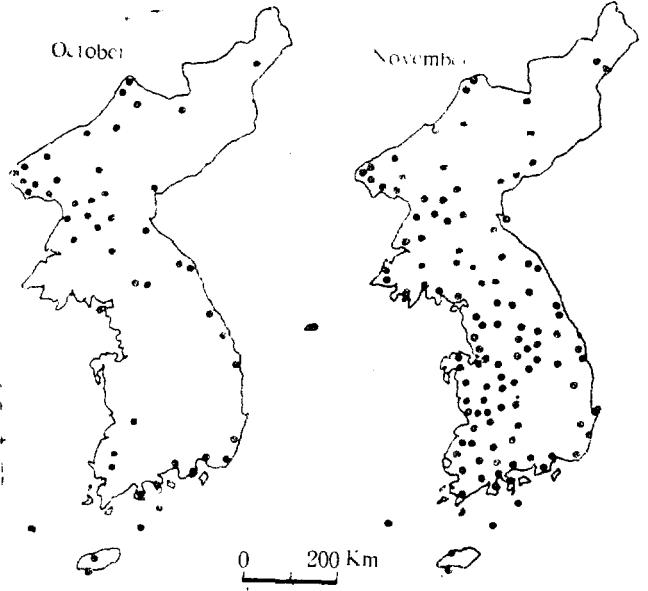
분부족이 있고 그후 잉여도 부족도 없다.

表에서 보면 咸南 內陸地方이 海岸地方의 各地點에 비해 比較的 水分잉여가 큰것을 볼수 있다. 即, 惠山, 三水, 豐山등지는 겨울에 水分이 남거나 과부족이 없다. 그러나 海岸의 端川, 北靑, 洪原, 咸興, 永興등지는 겨울에는 水分의 과부족이 없고, 봄철에 남으며, 여름철에는 水分不足이 있거나 或은 과부족이 없다.

關西地方을 보면 北部에서는 겨울에는 역시 鴨綠

江上流地方의 中江鎮, 慈城, 江界, 楚山, 朔州등지는 수분의 잉여가 나타나고 海岸地方과 內陸地方에서는 수분의 과부족이 없다, 봄에는 內陸이나 海岸地方 모두 수분의 잉여가 5월까지 계속되고 6월이 과부족이 없으며 여름과 가을 및 초겨울까지 수분잉여가 있다. 關西地方의 南部에서는 5, 6월에 不足이 나타나고 黃海道에서는 10월에 過不足이 없는 상태가 다르다. 특히 靑梁만과 西島(38° 33'N. 124° 46'E)는 一年中 水分의 不足이 甚한것이 특색이다.

嶺西地方은 1, 2월은 수분의 과부족이 없고, 3, 4, 5월에는 수분잉여가 6월에는 곳에 따라 수분부족도 있고, 잉여도 있는, 과부족이 없는 곳도 일정한 특색 없이 三型이 모두 나타난다. 7, 8, 9월은 모두 水分잉여가 있다. 그러나 10월에는 嶺西內陸地方에서는 (鐵原, 金化)수분의 잉여가 있는곳도 있으나 大體로



Map 9. Water Surplus Stations in Autumn

<표4> 水分收支의 年變化 (Annual March of Water Balance)

법에 { ××× 수분부족 (Deficit)
 — 수분잉여 (Surplus)
 잉여 또는 부족이 없음 (Balance)

월별		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
지명													
온	성	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
회	령	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
길	주	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
삼	수	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
홍	원	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
합	홍	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
초	산	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
삭	주	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
용	암	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
구	성	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
성	천	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
평	양	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
광	량	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
사	리	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
장	연	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
서	도	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
강	화	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
개	성	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
김	화	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
주	문	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
평	창	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
제	천	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
단	양	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
청	주	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
당	진	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
공	주	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
대	전	.....	.....	.....	.....	.....	XXXX	.....	.....	.....	.....	.....	.....
군	산	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
김	제	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
남	원	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
광	주	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
복	포	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
순	천	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
거	문	도	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
죽	변	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
영	덕	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
영	천	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
대	구	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
합	천	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
마	산	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
부	산	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
제	주	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

토양저장 수분의 보충으로 수분의 과부족이 없었다. 11월은 모두 수분잉여가 되고, 12월은 모두 수분의 과부족이 없다.

嶺東地方에서는 北部와 南部에서 약간의 差는 보이고 있다. 高城, 注文津, 江陵, 까지의 北部地方에서는 1, 2월에 과부족이 없고, 3, 4월에는 잉여가 5월에는 다시 과부족이 없으나 6월에는 수분부족이 나타나며, 7, 8, 9월에는 수분잉여가 되며 10월은 과부족이 없고, 11, 12월에 잉여가 나타난다. 이것에 대하여 南部의 三陟, 竹邊, 蔚珍, 盈德 등은 5, 6월과 10, 11월에는 수분의 과부족이 없을뿐 나머지 달은 모두 수분잉여가 나타나고 있다.

湖南地方은 1월에 과부족이 없고 大體로 2, 3, 4월은 수분잉여가 5월에는 과부족이 없고 다시 6, 7, 8월은 수분잉여가 있고 10월은 과부족이 없으며 11, 12월은 또 수분잉여가 나타나고 있다.

嶺南地方의 北部 內陸地方은 1월에 수분 과부족이 없고 2, 3, 4월에는 수분잉여가, 5, 6월에는 과부족이 없고 7, 8, 9월에 잉여가 10, 11월에 과부족이 없고 12월에 잉여가 된다.

이것에 대해, 부산, 진주, 마산, 하동, 통영, 순

천, 여수, 해남, 진도 등 南部海岸地方은 10월의 수분 과부족이 없을뿐이고 年中 水分잉여가 나타나는 濕潤한 地方이다.

7. 濕潤指數 Moisture Index

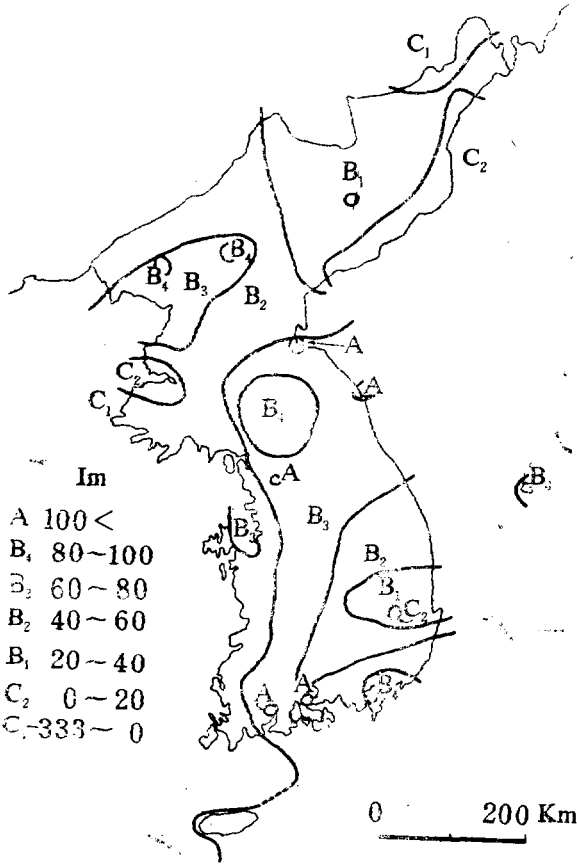
Thorntwaite의 氣最區分의 첫째 基準은 습윤지수(moisture index)로서 그 地點의 濕潤度를 指數로서 表示하는 것이다. 이 基準 및 算出方法은 1948年의 처음의 것과 1955年의 것은 그 內容이 달라지고 있다. 水分收支의 算出을 修正하였기 때문에 自然히 습윤지수도 修正되고 있다. 1948년에는 습윤지수 Im은 $Ih-0.6a$ 로 하던 것을 $Im=100 \times \frac{s-d}{PE}$ 로 하고 있다.

그것에 따라 氣候型을 다음과 같이 區分하고 있다.²⁷⁾

氣候型	濕潤指數(Im)
A Perhumid	100 및 그 以上
B ₄ Humid	80 ~ 100
B ₃ //	60 ~ 80
B ₂ //	40 ~ 60
B ₁ //	20 ~ 40
C ₂ Moist subhumid	0 ~ 20

27) John R. Mather, "climatic classification for Environmental Biology, Chapter IV, Elements of the classification," Publication in Climatology, vol. 19 (1966). pp. 341~356.

C ₁ Dry Subhumid	-33.3 ~ 0
D Semiarid	-66.7 ~ -33.3
E Arid	-100 ~ -66.7



Map 10. Climatic Types
According to Moisture Index

우리 나라 各地點의 濕潤指數를 計算하고 그 指數에 따라 氣候型을 보면 그 型과 分布는 Map 10과 같다. 우리 나라에서는 A, B₃, B₂, B₁, C₂, C₁의 7個型이 나타나 比較의 多樣性을 보이고 있다.

濕潤指數 100以上の 가장 습윤한 A型은 淸涼里, 河東, 溫井里, 寶城, 元山의 5個地點이며 이들 地點은 각각 分散되어 地域을 이루지는 못한다.

다음으로 指數가 높은 B₁의 濕潤氣候는 北漢江, 臨津江, 禮成江上流의 金化, 谷山, 伊川, 鐵原, 淮陽 等地와 南海岸의 釜山, 馬山, 順天, 所里島, 그리고 울릉도에 나타나며, 淸川江 附近의 熙川, 龜成, 그리고 京畿道에서는 開城, 加平, 忠南의 公州 등에 分散의으로 나타나고 있다.

B₃의 地域과 B₂의 地域은 元山灣에서 臨津江 濕潤地域의 西邊을 돌아 京畿道 西海岸과 湖南地方 中間地方을 境界로 南쪽에 B₃, 北西쪽에 B₂의 地域

이 된다. 南쪽의 B₃의 地域은 東쪽으로 가면서 B₂, B₁, C₂로 습윤指數는 減少한다. 旌善, 寧越, 榮州, 高敞, 居昌, 陝川, 注文津, 忠州의 B₂ 地域의 안에는 淸松, 장기곶, 竹邊, 金泉, 慶州, 浦項, 善山 達西, 盈德, 永同의 건조한 B₁의 地域이 있고 永川의 C₂는 moist subhumid가 된다.

北西쪽의 B₂의 地域은 淸川江 流域의 습윤한 B₃의 地域과 南浦, 廣梁灣, 沙里院, 載寧, 殷栗 등지의 C₂의 건조지가 B₁에의 漸移없이 나타나고 있다. 西島는 Im이 29.9로 最乾燥地이다.

關北地方은 B₁ 地域을 바탕으로 海岸의 C₂의 地域(淸津, 洪原, 吉州, 城津, 舞水端, 北靑, 會寧, 端川)과, 國境 지대의 最乾燥地 인 C₁(會寧·甲山, 慶源, 茂山, 穩城, 鏡城)의 地域이 나타난다.

이와같은 濕潤指數의 分布는 앞에 말한 各種 乾濕度에서 나타났던 乾濕度와 大體로 一致됨을 알 수 있다.

8. 有效濕度の 季節變化

氣候區分에서 濕潤度를 더욱 자세히 考察하기 위해 그 季節의 變化를 본것은 Köppen의 f, w, s,²⁸⁾ 등과 같은 表現인데 그것과 비슷한 생각이 역시 Thornthwaite의 氣候區分에서도 有效濕度(effective moisture)의 季節 分布이다. 이것도 1948年 分類 때 것을 1958년에 修正하여 다음과 같은 基準을 세우고 있다.²⁹⁾

Moist Climates (A, B, C ₂)	Aridity Index(Ia)
r 水分不足이 적거나 없음	0~10
s 여름 水分不足이 中位	10~-20
w 겨울 " " 中位	10~-20
s ₂ 여름 水分不足이 큼	20+
w ₂ 겨울 " " "	20+

Dry Climates (C ₁ , D, E)	Humidity Index
d 水分剩餘가 적거나 없음	0~16.7
s 겨울 水分剩餘가 中位	16.7~33.3
w 여름 水分剩餘가 中位	16.7~33.3
s ₂ 겨울 水分剩餘가 큼	33.3+
w ₂ 여름 " " "	33.3+

우리 나라의 有效濕度の 季節變化를 보면 A, B, C₂ 氣候에 해당되는 곳에는 乾燥係數(aridity index, Ia)를 求하고 C₁氣候에는 濕潤係數(humidity index)를 求하여 보았다. Ia는 全部 0로서 水分不足이 적거나 없는 r型이 된다. 또 乾燥氣候인 C₁의 8個地點인 우리 나라 咸北 國境地帶는 濕潤係數가 모두 0로서 그型은 水分剩餘가 적거나 없는 d가 된

28) W. Köppen, *Die Klimate Der Erde*, Berlin und Leipzig 1928, pp. 112~131.

29) John R. Mather, op. cit., 1966, p. 344

다. 이와같이 우리 나라 全地域 水分不足이 없고 또 있어도 극히 少量이라는 것을 말 할수 있다.

V. 結 論

Thornthwaite 方法에 의한 韓國의 water balance 를 考察해 본 結果, 우선 water balance의 概念이 다른 方法에 비해 經濟作物을 基礎로 하는 生態的인 點을 알 수 있다. 그가 말했듯이 "rational"한 氣候의 分類, 乾濕度の 測定이라고 생각된다. 그러나 몇가지 問題點이 있음을 是認안 할 수 없다.

우선 水分收支의 計算에 있어서 複雜한 計算을 要하며 그 理解가 간단치 않은點을 들 수 있다. 地點마다, 每月마다 水分收支를 決算해야 하고 그것이 큰 原則은 있으나 경우 경우에 따라 달라진다. 특히 水分貯藏量은 준비된 여러 表를 參考해야 하며 水分貯藏量의 變化 水分不足, 剩餘등 세심한 注意를 기울여야 계산 된다.

또 가장 基本이 되는 토양 水分保有容量을 어떻게 定하는 가에 있어 우리 나라를 300mm로 하고 있다. 이것을 결정하는 데는 상세한 土壤圖나, 植物分布圖를 參考로 地點마다 그 保有容量을 정해야 하나 大縮尺의 토양도나 식물분포도 같은 자료가

없는 우리 나라에 대해 과연 300mm의 水分保有容量이 어데나 妥當한가 하는 點이다.

앞에 들은 두가지 問題點은 있으나 우리 나라에 適用했을 때 여러面에서 合理的인 것을 발견한다. PE의 年總量의 分布가 年平均 氣溫 分布와 密接한 關係를 나타내며, 水分不足이나 水分剩餘의 地域別, 季節別 考察에 타당성이 많다.

全體的인 우리 나라의 水分收支關係는 比較的인 水分不足이 없는 濕潤한 편이다 水分不足이 있는 乾燥한 地域은 年降水量이 적은 咸北 國境과, 關北 海岸地方, 關西 南部 海岸地方등을 除外하고는 全國이 比較적 濕潤하다.

時期的으로 乾期, 融雪期, 雨期前, 雨期, 乾期前 등의 年降水量의 變化와 關係가 같으며, 우기전의 水分不足과 용설기와 우기의 水分剩餘 등도 잘 설명된다. 水分收支의 年變化로 볼때도 地域的으로 뚜렷하게 區別할 수 있는 點도 注目할 만 하다.

濕潤指數를 보면 比較的인 여러型이 나타나며 大部分이 濕潤氣候인 B型이 된다. 大邱, 永川을 中心으로 한 小雨地, 廣梁灣, 咸北地方 등은 건조하며, 內陸地方에 비해 西海岸이 乾燥하다.

(梨花女大)

Water Balance of Korea According to Thornthwaite's Method

Yoen Ok Kim

Summary:

In 1943, Thornthwaite introduced a new idea of water balance for Climatic classification. In 1955, eight years after his new, so-called Rational Classification of Climate, he and his associate, J. R. Mather revised the criteria and partly the concepts of his paper of 1943. Also their Laboratory of Climate published Average Climatic Water Balance Data of the Continents in which 163 stations of Korea are included.

This paper aims to introduce Thornthwaite's new criteria and concepts of water balance, and to analyse water balance of Korea according to his method.

Potential evapotranspiration (PE) of Korea ranges roughly 500~800 mm and show the pattern of distribution in Map 2. PE decreases with going from south to north and finds higher PE

at inland areas compare to the coastal zone.

Table I shows monthly water balance of Seoul, Taegu, Pyongyang as sample stations. The table includes potential evapotranspiration (PE) precipitation(P), storage(ST), actual evaporation(AE) deficit(D), surplus(S), which are shown on Laboratory of Climate Publication, also add^S P-PE, storage change(Δ st), accumulated potential water loss(acc. pot. WL) for better understanding of the process of calculation.

Annual water balance of selected stations are summerized on the Table 2 showing important elements such as PE, P, AE, D, months of Deficit, S, and months of surplus.

The pattern of AE is similar to that of PE because having a few slight deficit areas (Map 3). On the north and northwest areas of Korea AE indicates less than that of PE because of

having water deficit stations. Four major water deficit areas are found at northern Hamkyong-buk-do, southern coast of Hamkyong-buk-do, coastal area of Pyongan-nam-do and buk-do, and Whanghae-do. These areas coincide with the driest areas in Korea measured by other methods of arid and humid intensity. It shows no monthly deficit areas during December through March, however, from May through November found slight deficit stations as shown on Map 4.

All stations have months of water surplus especially in July, August, and September most stations indicate water surplus as shown on Map 5 through 9.

Annual march of water balance roughly follows that from December through February shows surplus, May and June just before Monsoonal rain show deficit, July through September, rainy season in Korea, show surplus, October shows balance or deficit, November shows surplus, October shows balance or deficit, November shows surplus as shown on Table 4. The pattern of annual March distinguishes regional characteristic of south, central, and northern region as differences between inland and coastal areas. Seven climatic types according to moisture index are found in Korea, i.e., A, B₄, B₃, B₂, B₁, C₂, C₁.