

# 專 論

## 森林集水區水文資料對於 流域逕流量之代表性

### Representance of Hydrological Data to Basin Runoff in Forest Catchment

臺北市農會 總幹事  
中國農業工程學會

黃 光 政  
Kuang-Cheng Huang

#### 摘 要

引用小森林集水區(面積 0.32~0.38 平方公里)的水文觀測資料,對於推計與說明一個較大的流域的月逕流量性狀,究竟適用情形怎樣,又推計的精確程度,事實上能否令人滿意,乃是本文研析探討的重點。文中,針對個別的或混合的引用不同水文變數的情況,以及綜合的引用得自不同時期乃至不同集水區資料的情況,深入研析並詳加評估。

經統計與機率序率分析,並採用逐步線性相關與迴歸分析法,研究結果顯示,小面積的森林集水區水文資料對於較大流域的月逕流量能有良好的資料代表性,其推計的精確度高,複決定係數超過 0.85 以上。比較上,單只引用集水區逕流量資料,對於流域的逕流量已能有相當決定性的推計說明能力,如單只引用降水量資料則精確程度尙不能令人滿意。

研究結果並顯示,流域內的小集水區水文資料,對於流域月逕流量的資料代表性,未必會強於流域外緊鄰的集水區的,資料代表性的強弱且與集水區面積的大小並無必然關連。

#### Abstract

The representance of hydrological data measured at a small forest catchment to a larger river basin, where it located at, has been investigated for describing the monthly basin runoff. The individual effect of various hydrological variables on the data representance as well as their combined effect have been investigated and compared with those of various observation periods and catchments.

By means of stepwise linear correlation and regression analysis, the investigation has been carried out. The result has shown that the data representance of the small forest catchment to the basin runoff is well satisfactory in general. The values of coefficient of multiple determination are higher than 0.85 in many cases. Besides, the result has shown that the size and location of catchment are not so important in respect of data representance investigated, even if the catchment is located outside but near the basin instead of locating within its territory.

## 一、前 言

森林試驗集水區的水文觀測資料分析，對於深入探討集水區的水收支與水文模式有相當幫助。多數的試驗集水區是設在溪流或水庫的上游林地，集水面積很小<sup>(1,3,12,14)</sup>，所觀測的水文資料最常見的便是降水量、流量及氣溫等項，這些基本的水文觀測資料，用來探討集水區的降水量—流量模式、推求描述集水區流量的關係式，以及研討許多集水區的水文問題，已有不少的研究成果。然而，自這些面積很小，偏處流域一隅的上游小集水區所得的水文資料及探求的水文特性，在實際推展到整個較大的流域時，於資料引用推計上，究竟真正能有多大的適用程度，吾人實應深入加以研析探討，也就是說，一個小集水區的水文觀測資料對於較大的流域，就其水文時列的性狀所具有的合理推計與表示的能力而言，究竟能有多大的資料代表性問題，有加以充分了解及深入探討的必要。

一般來說，流域的逕流量推計，對水資源需求與開發規劃是相當重要的，其中基本要項之一便是月流量的適當推計。在流域全區缺乏水文測站或缺少可用的各項水文觀測紀錄或紀錄短暫時，引用小集水區水文資料俾資推計的適用性問題，尤其深入探討價值，而推計模式應力求簡化、方便，所引用的觀測紀錄資料應限於一般常用的降水量、流量及氣溫等項，並應兼顧合理、簡便、實用及精確前提，則在這項重要水文問題的探討上，才能更具有實際意義。

本文的研究主題，乃在於研析、探討及評估引用森林集水區的流量、降水量及氣溫等資料，於推計一個較大流域的月流量時，其事實上的適用情形到底如何，又推計的精確程度到底有多大，在研究的重點上，並著重在針對不同水文變數的個別或混合的引用，以及不同時期乃至不同集水區所得水文資料的綜合引用及比較。本文研究的目的，並希望對於水文觀測資料的各種時空代表性問題的深入研究探討<sup>(13)</sup>，有所新貢獻。

## 二、研究方法及資料來源

### (一) 研究方法

統計的方法技術及機率序率分析，經常被應用到水文時列的研析與水文問題的研究探討，相關與迴歸分析，更是經常用來探求水文模式的推計，由於一地的水文變數，如降水量、流量等之間，常有

某種程度的關係存在<sup>(7, 10, 11)</sup>，所謂的水文變數，當被選定作為迴歸式上的因變數時，其數值即可由經過相關與迴歸分析且通過顯著性檢驗所肯定的迴歸式及式中的所謂自變數的實測數值予以推估，相關係數越高的迴歸式所估算的誤差相對上較小。然而，如果迴歸式中所謂的自變數不只一個時，由於這些自變數之間，可能彼此事實上存有某種程度的關係影響，因之，應用統計與迴歸方法，以研析水文時列時，應加以適當的處理。

在本文的研究上，係採用逐步線性相關與迴歸分析法，將流域的月流量資料，定為迴歸式的因變數，其他擬引用的集水區的水文資料則當作迴歸式上的獨立變數看待。關於逐步相關與迴歸分析法的特點，概要地說，能將相關程度較高的變數，自探討中的各變數中儘先選出而採納在迴歸式中，如果在以後的迴歸過程步驟中，發現原先已被採納的變數，因為迴歸式繼續納入其他的一個或多個變數，以致變成影響力不顯著時，則此原先雖被採納的變數，隨即便被排出迴歸式以外。換句話說，迴歸的結果，將選出能達到與因變數有最佳相關程度的若干變數的組合，這對於探討引用集水區不同水文變數的混合與綜合功用時的情況，以及判定迴歸式與衡量推計成果的適用程度及精確性，有著顯然的優點<sup>(5, 6, 10, 13)</sup>，可以克服複迴歸過程中水文變數間相互複雜關係影響的困擾。有關此種逐步迴歸分析法的進一步解說，可參閱許多統計書本與文獻<sup>(2, 5, 6, 9, 10, 13)</sup>。

本文所用逐步相關與迴歸分析法過程中，採納於迴歸式中的水文變數，均係經過 F—檢驗法之顯著性試驗者，文中採用95%之顯著水準。迴歸式中各水文變數對於因變數（亦即流域的月流量）的影響力大小，並經特別處理依序排定。

由複決定係數 (coefficient of multiple determination) 的大小，可以知道此迴歸模式所能解說與決定的因變數變方的程度，其估算公式與方法，見於許多統計書本<sup>(2, 6, 10)</sup>，此處不再贅言。

另外，凡是會使因變數的推計值變成負值或極可能造成負值的帶著負的迴歸係數的變數，在本文研究中均予以排除，因為此種負的水文量在實際上並不真實之故。

本文中，流量資料係每月的逕流量(mm)，降水量資料係集水區或流域的月降水量(mm)，氣溫資料則係日平均氣溫的月彙計值(°C)。在研

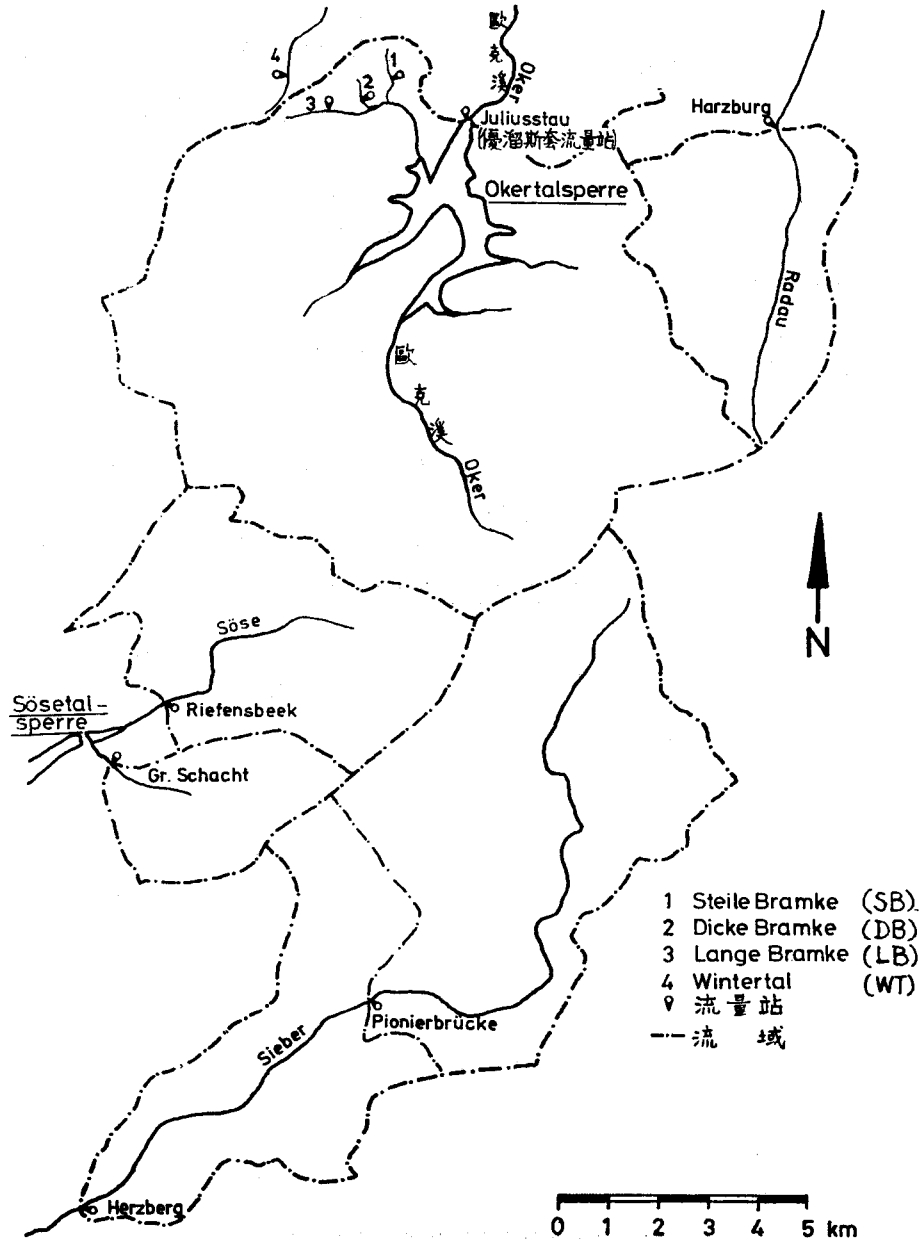
究工作上，則分別就每個月份、夏季月份、冬季月份及全年不分月份，研析比較。文中探討的流域逕流量並以月逕流量為研究範圍。

(二)資料來源及研究區域

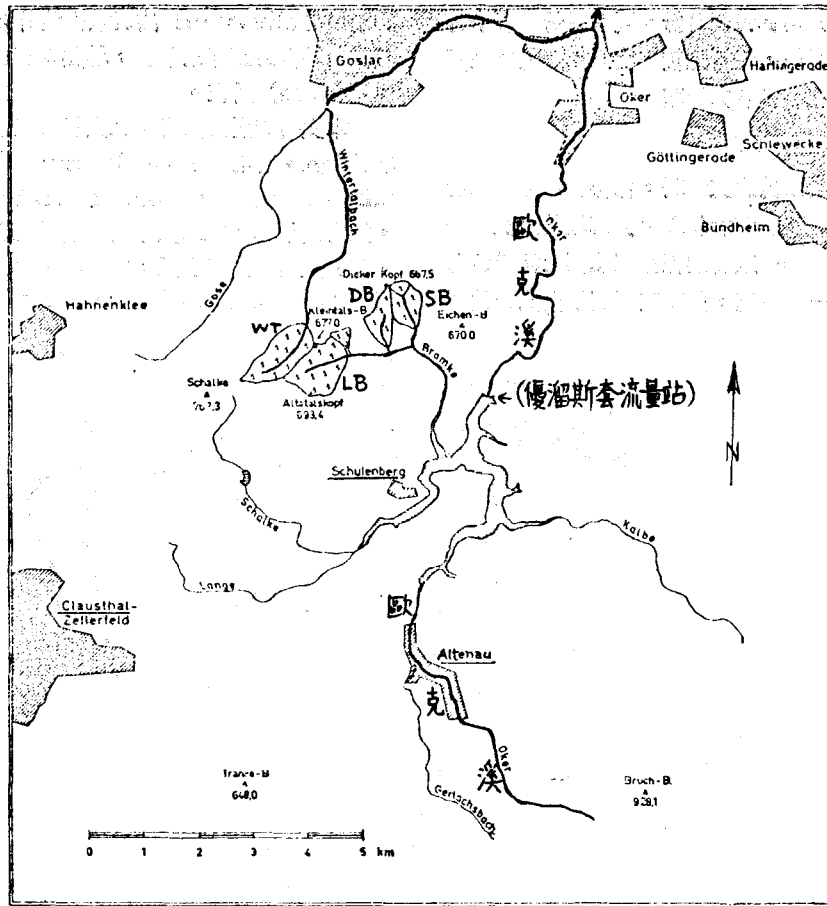
本文研究所用的水文資料，係得自德國北部哈茲 (Harz) 山區歐克溪 (Oker) 流域的水文觀測紀錄資料<sup>(1, 4, 13)</sup>。歐克溪係德國北部大河威色河 (Weser) 的一條支流，該溪至優溜斯套流量站 (

Pegel Juliusstau) 的流域面積計85平方公里，該流量站自1925年起觀測，現為歐克水壩 (Okertalsperre) 所在。

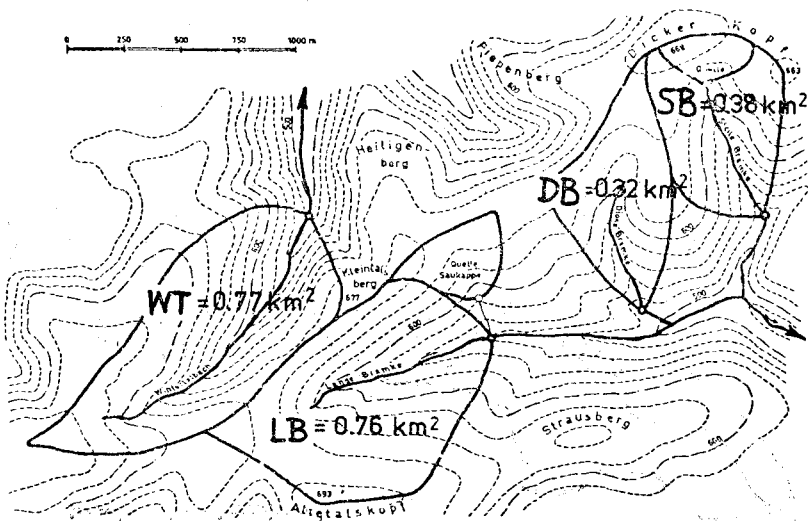
本文研究所用的森林水文試驗集水區座落在上哈茲山區，計有 Dicke Bramke、Steile Bramke、Lange Bramke 及 Wintertal 等四區，為方便起見，在本文中將分別稱之為 DB、SB、LB 及 WT 集水區，它們的集水面積大小參見表一，其位置圖請參見圖一、圖二及圖三。



圖一 哈茲山區各主要水文站分佈圖



圖二 哈茲山區森林水文試驗集水區一覽



圖三 森林水文試驗集水區位置及面積大小

表一 哈茲山區森林水文試驗集水區

集水區	集水面積	標高	開始觀測
Dicke Bramke (DB)	0.32 km <sup>2</sup>	515m-670m	1951年11月
Steile Bramke (SB)	0.38 km <sup>2</sup>	525m-670m	1950年11月
Lange Bramke (LB)	0.76 km <sup>2</sup>	535m-700m	1948年11月
Wintertal (WT)	0.77 km <sup>2</sup>	510m-740m	1948年11月

在本文所探討的歐克溪 (Oker) 至優溜斯套 (Juliusstau) 流量測站的85平方公里的流域面積內，沒有森林覆蓋的僅只在 Altenau 及 Schulenberg 兩地的周圍一帶而已，其餘皆是森林地。沒有森林覆蓋的面積連同歐克水庫湖面共計面積有 5.74 平方公里。

關於研究區域內的林業經營措施及區域的詳細介紹可參看有關文獻<sup>(1, 3, 4)</sup>，值得注意的是 LB 試驗集水區，該區曾在1945年至1948年幾近全部砍伐，隨之又再造林，從1958年以來則可視為森林覆蓋妥了。

本文所用的水文觀測資料原始數據，得自哈茲水廠 (Harzwasserwerken) 及尼得撒克遜州林務處 (Landesforstverwaltung in Niedersachsen) 提供。因歐克溪流域降水量資料，未能直接獲得，乃自該流域一帶及附近計十五個降水量測站觀測資料予以計算流域降水量資料，以資應用。

由於在試驗集水區並未實測氣溫資料，乃自附近的 Clausthal 氣象測站取其觀測紀錄資料以供應用，該測站標高 566 公尺位處臺地，距離試驗集水區約 7 公里多。

本文研究採用的水文觀測資料均經適當處理，為方便比較，文中使用的水文資料及單位，分別是月逕流量 A (mm)，流域月降水量 N (mm) 及彙計日平均氣溫而成的月氣溫值 MT (°C)。

因為在德國水年的算法係自上年十一月至當年十月為一年，故在本文中，觀測年度一律採用此種水年算法，為了方便，降水量紀錄也化成水年算法，以資統一，又為了使研析工作更合理有效，文中歐克溪逕流量紀錄乃採溪流每月的天然流量 A<sub>J</sub> (mm)。又在文中所稱的冬季月份，乃係指的十一月至四月較豐水期，夏季月份則係指的五月至十月較枯水期而言。

文中為了研析比較，除非另有說明，觀測期一律以 1952-1973 水年為準作為探討。惟求進一步研討，必要時兼取其他年期水文資料以資比較並將特別予以指明。

此外，本文既以歐克溪 (優溜斯套流量站) 的月逕流量作為推計探討對象，則在文中提到歐克溪流域時，便是指的優溜斯套流量站的歐克溪流域範圍而言，除非另有其他特別說明。

### 三、結果及討論

#### (一) 水文資料的主要統計參數探討

水文時列的特性，常用各項統計機率與序率等參數予以表示和衡量，有關參數種類繁多，此處先就其中較重要與常用的參數，如算術平均值 M (arithmetic mean)、標準誤差 S (standard error) 及歪度係數 C<sub>s</sub> (skewness coefficient) 進行探討，它們的估算法可參閱許多有關統計書本<sup>(6, 10)</sup>，此處從略不再為文介紹。本節研析重點，又更進一步探討並研判月逕流量資料的機率分佈曲線。

#### 1. 月逕流量

歐克溪月流量 (至優溜斯套測站) A<sub>J</sub> 及各試驗集水區月流量資料的算術平均值、標準誤差及歪度係數，經估算分析詳見表二：

比較各區月逕流量的平均值大小時，結果顯示，歐克溪流域除了在一月時較 SB 集水區的略小以外，在任何一個月，乃至冬季、夏季及全年，都比 LB、SB、DB 三個集水區的大。相反的，除了在十一月、十二月及十月時以外，歐克溪流域在其他各月及冬季、夏季與全年的月流量平均值皆比 WT 集水區的為小。

除了少數例外，各區的月流量平均值大小，幾近有同樣的季節性變化趨勢。最大的月流量平均值產生於四月，這可歸因於春雪融化後增加了逕流量的緣故。最小的月流量平均值皆出現在九月，約只四月時數值的三分之一而已。

研判資料的變異情形，常以變異係數 C<sub>v</sub> (coefficient of variation) 作為衡量，此項參數係以標準誤差對平均值的比值計算，即  $C_v = \frac{S}{M}$ ，在此，大致上情況，WT 集水區及 LB 集水區的資料變異略微大於歐克溪流域者。如比較四個試驗集水區的資料變異情形，則 DB 集水區與 SB 集水區的大於 LB 集水區與 WT 集水區的，此情形在夏季特別顯明。

表二 歐克溪流域及各試驗集水區月逕流量的統計參數

集 水 區	統計參數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		十一月	十二月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	冬季	夏季	全年
Oker (Juliusstau) 歐 克 溪	M	59.39	100.24	79.78	77.57	91.82	112.38	62.99	54.94	58.82	46.05	39.28	59.62	86.86	53.62	70.24
	S	38.96	72.97	40.64	62.24	42.33	67.80	42.91	37.64	43.20	23.62	26.78	45.97	57.44	37.87	51.34
	C <sub>s</sub>	0.68	0.63	-0.35	0.85	0.56	1.27	1.32	0.56	0.69	0.27	2.01	0.99	0.98	1.13	1.25
Wintertal (WT)	M	58.32	99.88	81.05	86.33	97.75	132.03	67.19	59.89	62.89	48.90	40.59	56.61	92.56	56.01	74.29
	S	40.79	72.26	40.12	75.39	46.26	86.38	48.19	43.58	42.84	26.70	27.92	42.37	65.67	39.72	57.18
	C <sub>s</sub>	0.98	0.66	-0.08	1.07	0.43	1.45	1.56	0.76	0.55	0.20	1.99	0.60	1.32	1.11	1.58
Lange Bramke (LB)	M	49.30	78.50	60.05	74.54	88.03	107.54	54.00	47.87	49.82	39.96	35.18	48.32	76.33	45.86	61.09
	S	33.34	57.65	31.92	74.00	50.14	73.46	42.42	36.35	37.53	22.02	27.77	38.65	58.10	34.75	50.16
	C <sub>s</sub>	0.85	0.71	-0.28	1.22	0.72	1.43	1.92	0.98	0.82	0.32	1.92	0.94	1.37	1.36	1.67
Dicke Bramke (DB)	M	42.80	87.07	73.37	71.20	76.68	100.43	47.61	47.45	41.63	30.56	22.59	38.95	75.26	38.13	56.70
	S	35.31	72.88	41.30	66.48	40.45	71.90	47.28	44.55	37.84	22.88	24.83	38.75	58.61	37.57	52.33
	C <sub>s</sub>	0.63	0.76	-0.38	1.10	0.32	1.05	1.86	1.02	0.93	0.98	2.74	1.19	1.07	1.57	1.41
Steile Bramke (SB)	M	46.94	92.43	82.55	73.30	86.16	104.39	49.79	54.14	44.55	33.98	25.88	41.29	80.96	41.60	61.28
	S	36.15	80.20	48.00	67.96	49.56	82.08	44.41	51.05	39.99	26.19	26.03	39.03	64.40	39.29	56.78
	C <sub>s</sub>	0.40	0.84	-0.48	1.08	-0.01	1.28	1.36	0.91	0.90	1.12	2.59	1.18	1.09	1.35	1.43

M: 算術平均值 (mm)

S: 標準誤差 (mm)

C<sub>s</sub>: 歪度係數

至於歪度係數的探討，除了一月例外，各區月流量的歪度係數，在其他各個月及冬季、夏季乃至全年不分月份的計算結果，均是正值。

關於歐克河流域及各森林試驗集水區的月逕流量資料的機率分佈曲線型式，本文並加以研析探討，為了解所適用的分佈曲線型式，本文中特就皮氏第一型及第三型 (Pearson type I, Pearson type III)、查氏第四型及第三型 (Charlier IV, Charlier III)、常態分佈 (normal)、極端值分佈第一型 (extremal I)、厄氏第四型及第三型 (Edgeworth IV, Edgeworth III) 等八種常用的機率分佈曲線 (probability distribution functions) 作適合性檢驗，因資料可分成算術值及對數值引入分別處理，故實際上共使用十六種不同的機率分佈曲線型式。這些機率分佈曲線的特性，在許多統計機率書本或專文上有詳細說明，可以參閱<sup>(6, 8, 10)</sup>，此處從略。

經以  $\alpha=5\%$  的顯著水準，利用卡方試驗 ( $\chi^2$  - test) 予以檢定結果列於表三。在此表上，a 表

示歐克河流域的月流量資料被接受，如果符號為 x 即表示被棄却，也就是說，不適合的意思。至於森林試驗集水區的資料，如果有一區接受則以 1 表示，如有二區、三區或全部四個集水區均被接受，則分別以 2、3 或 4 表示之，倘若全部四個集水區均不適合時，便以 0 表示之。

自表三探討，對於歐克河流域及各森林試驗集水區的月逕流量資料，沒有任何一種機率分佈曲線能夠在每個月均符合適用，惟在某些月份則有適用的情形。在冬季時，即十一月起至四月，如果不分月份地將月流量資料混合研析的話，則皮氏第三型分佈曲線對歐克河流域及各試驗集水區皆能適用，不過在夏季的半年或者全年不分月份時，雖對歐克河流域適用，却對各試驗集水區未能普遍合用。

由於四個集水區的研析結果未能在各月均顯示有一致情形，可見各集水區月流量的機率特性間容有某些差異存在，而且，各月份資料的機率特性也未能經常一致，似有季節性變異，就各月份較適用的機率分佈曲線型自表三可以查考，而二月及九月

表三 以  $\alpha=5\%$  顯著水準用卡方試驗檢驗歐克河流域以及各森林試驗集水區月逕流量之機率分佈曲線型

機 率 分 佈 曲 線		十	十	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	冬	夏	全
		月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	季	季	年
arith.	Pearson type I	a3	a4	a2	x1	a4	a3	a1	a2	a3	a3	x0	a4	a3	a2	a2
	Pearson type III	a3	a4	a3	x0	a4	a3	a3	a4	a3	a3	a1	a4	a4	a1	a2
	Charlier IV	a3	a4	a3	a0	a4	a2	a1	a4	a3	a3	x1	a4	a1	a0	x0
	Charlier III	a3	x3	a3	x0	a4	a3	a3	a4	a3	a3	a3	a4	a4	a0	a0
	normal	a4	a4	a4	a0	a4	a3	a3	a2	a3	a3	a2	a3	a2	x0	x0
	extremal I	a3	x1	x0	x0	a4	a3	a3	a4	a2	a2	a3	a4	a4	a0	a0
	Edgeworth IV	a4	a4	a3	a0	a4	a3	a1	a4	a3	a3	x1	a4	a2	a0	x0
	Edgeworth III	a3	a4	a3	x0	a4	a3	a3	a4	a3	a3	a1	a4	a4	a0	a0
log.	Pearson type I	a4	a4	x2	a3	a4	a3	a3	a2	x3	a3	a3	a3	x3	a3	a3
	Pearson type III	a4	a4	x1	a3	a4	a4	a3	a1	x2	a3	a3	a4	x3	a3	a1
	Charlier IV	a4	a4	x1	a3	a4	a4	a4	a4	a4	a3	a3	a3	x3	a3	a3
	Charlier III	a4	a4	x1	a3	a4	a4	a3	a2	a3	a2	a3	a4	x3	a3	x1
	normal	a4	a4	x1	a3	a4	a4	a4	a4	a4	a3	a3	a4	x1	a3	x1
	extremal I	x3	x2	x0	x3	x1	a4	a3	a2	x1	x0	a2	a3	x0	x0	x0
	Edgeworth IV	a4	a4	x1	a3	a4	a4	a4	a4	a4	a3	a3	a3	x3	a3	a3
	Edgeworth III	a4	a4	x1	a3	a4	a4	a3	a2	a3	a2	a3	a4	x3	a3	x1

的逕流量資料的統計機率特性與其他月份比較，可以看得出有所不同，此外，一月份也似乎與其他月份有異。

就歐克溪流域而言，常態分佈、皮式第三型及對數常態分佈型對於各月有相對上較佳的適合，惟對冬半年、夏半年及全年不分月份時的機率分佈特性，則僅皮式第三型較合用。

如再將各集水區的月逕流量資料一起研析檢驗，當做同一資料族羣處理，結果指出，並無任何一型機率分佈曲線能對各月份皆適合，事實上，上述十六種分佈曲線大多在多數的月份皆未能適用，也就是說，未能有效地對資料的機率分佈特性定型解說。此項結果顯示的意義，表示此種資料的機率分佈特性奇特，不是上述十六種分佈曲線型能予說明，或者指出四個試驗集水區的月逕流量容有其地域性因子影響下的個別差異性，不屬同一資料族羣，因之也不宜一併研析。由此可知，面積很小的集水區特性，對時令也好，對其他地域性的影響因子也好，都是相當敏感的，此點，應寄予注意。換句話說，就月逕流量的機率分佈特性而言，小集水區所得觀測資料對於較大的流域未必盡具充分的代表性。

## 2. 月降水量

歐克溪流域及各森林試驗集水區的月降水量資料，經予分析估算結果，其各主要統計參數，包括算術平均值、標準誤差及歪度係數，詳列於表四。

自表四可知，歐克溪流域降水量的平均值，在各項月份處理上，與 LB 集水區及 WT 集水區者僅有些微差異，而與 DB 集水區及 SB 集水區相比較時，則歐克溪流域月降水量大了些。

由月降水量的平均值探討，表四上指出，對所有各區域而言有同樣的季節性變化，若與月逕流量的季節性變化情形比較，則相對上變化幅度較小。最大的月降水量平均值出現在十二月及七月，而最小的平均值則出現於三月及九月。如比較最大的與最小的平均值的差量，顯得比較月逕流量的差量情況者為小。又，冬季時與夏季時相差很小，且與全年不分月份時的平均值很接近。

探討資料的變異情形，除了在八月有例外，對於各區域及對於各項月份資料的處理情況結果，均相近似。在此，變異係數  $C_v$  在 0.4 至 0.6 之間。在八月時，變異係數  $C_v$  則小於 0.3。

就歪度係數加以檢討，除一月及八月例外，各

月均為正值。

## 3. 月氣溫

平均的每日氣溫的月彙計值的主要統計參數，經予估算，詳列其結果於表五。

比較地說，月氣溫值資料的變異係數，對於每一個冬半年的月份以及對於整個冬半年不分月份時都顯得很大，至於夏季的月份，從五月起到十月，相對上則顯得小了。

月氣溫值的季節性變異，部份歸因於夏季與冬季時月逕流量平均值有很大的差異之故。夏半年月份的月逕流量較冬季時相對為小，應係夏季時氣溫高引起流域或集水區水收支上的蒸發散量增大所導致的結果。

### (二) 同一時期不同水文變數的個別研析

本節研析探討的重點，乃在研判自森林試驗小集水區觀測所得的個別水文變數資料，經由簡單相關與迴歸模式應用，在推計同一時期的歐克溪流域的月逕流量時的實際適用性程度，並探查在各項月份資料處理情況下，其結果是否均能顯示一致性。

經簡單相關與迴歸研析結果，引用各試驗集水區月逕流量時的相關係數  $r$  (correlation coefficient) 的各區及各月的結果顯示於圖四。

自圖四可見，於引用月逕流量資料時，除了 SB 集水區及 DB 集水區在八月與十一月時例外，對其他各月，相關程度均很高，相關係數大於 0.9。對比個別月份與全年不分月份所得的相關係數時，其差值並不大。

大致上來說，各試驗集水區中除了 SB 集水區以外，在各月的相關情形均顯示同樣的趨勢。就 SB 集水區的研析結果，在整個夏季的各月，對歐克溪流域的代表性較少些，這主要應歸因於該區的特殊性，且與該區曾全區皆伐爾後才再造林有關。

由研析結果的檢討及圖四顯示可以獲知，引用森林試驗集水區月逕流量觀測資料，已能大致上推計歐克溪流域的月逕流量了。

在表六上，則詳列引用集水區月降水量資料時，其與歐克溪流域以及本集水區的同一時期月流量資料的相關係數的分析計算結果，以資比較探討。表上，符號 J 表示歐克溪流域。

自表六看出，相關係數大多數低於 0.8，從每個月份的數值的變動指出，對各月份來講，未能導出一個通用的關係。然而，在此值得注意的是，



表四 歐克溪流域及各試驗集水區月降水量的統計參數

集水區	統計參數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		十一月	十二月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	冬季	夏季	全年
Oker (Juliusstau)	M	105.99	135.25	116.17	102.30	92.45	99.10	104.31	117.70	129.86	118.10	87.15	103.72	108.54	110.14	109.34
	S	54.26	75.83	50.43	60.12	53.33	48.62	42.69	54.22	67.12	33.80	47.51	58.45	58.41	52.59	55.47
	C <sub>s</sub>	0.06	0.52	-0.34	0.25	0.51	0.26	0.45	0.67	0.78	-0.26	1.20	0.78	0.46	0.78	0.59
Wintertal (WT)	M	104.68	132.77	117.85	103.55	94.69	102.99	107.06	119.27	129.97	119.98	87.31	99.76	109.42	110.56	109.99
	S	51.20	78.17	50.82	57.44	52.40	50.71	47.98	54.93	66.99	29.43	49.29	56.88	57.89	53.13	55.46
	C <sub>s</sub>	0.23	0.66	-0.29	0.12	0.39	0.19	0.76	0.99	0.60	-0.07	1.34	0.97	0.51	0.82	0.64
Lange Bramke (LB)	M	104.63	131.19	114.36	101.84	94.47	102.15	103.61	120.40	131.43	120.34	88.02	100.28	108.11	111.51	109.81
	S	51.24	78.20	48.90	57.29	54.55	50.04	47.50	55.98	67.71	29.38	50.03	58.11	57.71	53.74	55.68
	C <sub>s</sub>	0.24	0.71	-0.34	0.17	0.63	0.17	0.66	1.03	0.59	-0.08	1.43	0.93	0.56	0.83	0.67
Dicke Bramke (DB)	M	97.96	124.59	110.17	96.43	91.51	99.06	101.03	118.47	123.01	112.72	82.47	92.93	103.28	105.10	104.19
	S	47.04	76.24	48.43	53.91	50.53	49.23	45.77	54.76	65.22	26.30	45.68	53.12	55.22	51.06	53.09
	C <sub>s</sub>	0.23	0.68	-0.25	0.16	0.31	0.18	1.19	1.01	0.59	-0.05	1.33	0.91	0.54	0.89	0.69
Steile Bramke (SB)	M	97.41	124.68	109.06	96.62	92.23	93.36	104.66	120.20	122.44	112.09	81.92	92.14	103.07	105.57	104.32
	S	47.45	76.51	47.35	53.79	50.51	49.26	47.11	54.15	66.14	27.21	44.95	51.92	55.14	51.16	53.10
	C <sub>s</sub>	0.27	0.66	-0.28	0.16	0.26	0.13	1.04	0.97	0.65	-0.08	1.29	0.87	0.54	0.88	0.68

M: 算術平均值 (mm)

S: 標準誤差 (mm)

C<sub>s</sub>: 歪度係數

表五 歐克溪流城月降水量及月氣溫的統計參數

資 料	統計參數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		十一月	十二月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	冬季	夏季	全年
N <sub>j</sub> 降水量 1949-1973	M	107.16	132.77	116.09	106.10	95.03	103.04	104.14	117.56	123.62	112.52	85.98	96.60	110.03	106.74	108.38
	S	52.33	76.15	47.77	61.74	52.96	51.44	40.52	50.78	66.47	35.22	46.83	58.82	58.26	51.63	54.98
	C <sub>s</sub>	0.09	0.53	-0.33	0.36	0.37	0.27	0.49	0.72	0.84	0.00	1.07	0.84	0.45	0.80	0.61
MT 氣 溫 1952-1973	M	73.27	-26.06	-76.55	-54.30	27.85	159.32	305.96	403.09	453.15	437.45	335.93	229.37	17.25	360.82	189.04
	S	50.70	66.82	60.46	91.55	74.96	59.79	46.70	38.13	52.56	35.80	44.52	44.09	105.45	89.94	197.96
	C <sub>s</sub>	-0.09	-0.81	-1.31	-1.04	0.23	0.00	-0.53	-0.45	-0.24	-0.23	-0.15	-0.08	-0.10	-0.30	-0.12
MT 氣 溫 1949-1973	M	73.20	-26.78	-71.80	-46.64	27.03	154.32	302.81	398.04	452.85	441.32	344.52	236.22	19.36	362.86	191.11
	S	47.63	67.08	59.77	88.44	71.83	68.31	54.50	47.35	51.36	35.76	53.57	54.95	103.12	90.86	197.51
	C <sub>s</sub>	0.02	-0.79	-1.61	-1.11	0.06	-0.32	-0.97	-0.69	-0.23	-0.37	-0.55	0.81	-0.08	-0.33	-0.10

M: 算術平均值

S: 標準誤差

C<sub>s</sub>: 歪度係數

MT: 日平均氣溫的月彙計 (°C)

N<sub>j</sub>: 歐克溪流城月降水量 (mm)

表六 區域月降水量與月逕流量的相關係數

區域降水量	逕流量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		十一月	十二月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	冬季	夏季	全年
1 Dicke Bramke(DB)	J	0.687	0.912	0.801	0.699	0.623	0.752	0.698	0.898	0.788	0.544	0.925	0.980	0.727	0.785	0.693
	DB	0.564	0.921	0.882	0.696	0.440	0.691	0.652	0.852	0.788	0.387	0.839	0.850	0.693	0.732	0.645
2 Stelle Bramke(SB)	J	0.681	0.914	0.808	0.700	0.622	0.749	0.681	0.911	0.786	0.495	0.923	0.927	0.728	0.781	0.691
	SB	0.489	0.917	0.835	0.682	0.470	0.682	0.688	0.810	0.705	0.381	0.749	0.745	0.683	0.700	0.625
3 Lange Bramke(LB)	J	0.696	0.919	0.793	0.701	0.627	0.763	0.710	0.877	0.795	0.595	0.932	0.943	0.723	0.796	0.690
	LB	0.676	0.878	0.719	0.636	0.371	0.699	0.604	0.812	0.787	0.439	0.890	0.904	0.584	0.745	0.588
4 Wintertal (WT)	J	0.891	0.914	0.779	0.704	0.610	0.751	0.709	0.881	0.788	0.581	0.923	0.942	0.717	0.792	0.692
	WT	0.548	0.882	0.725	0.641	0.377	0.669	0.647	0.820	0.767	0.348	0.891	0.871	0.597	0.736	0.597
5 Oker 歐克溪 (Juliusstau)	J	0.718	0.926	0.834	0.699	0.642	0.790	0.665	0.869	0.864	0.567	0.929	0.930	0.723	0.800	0.698

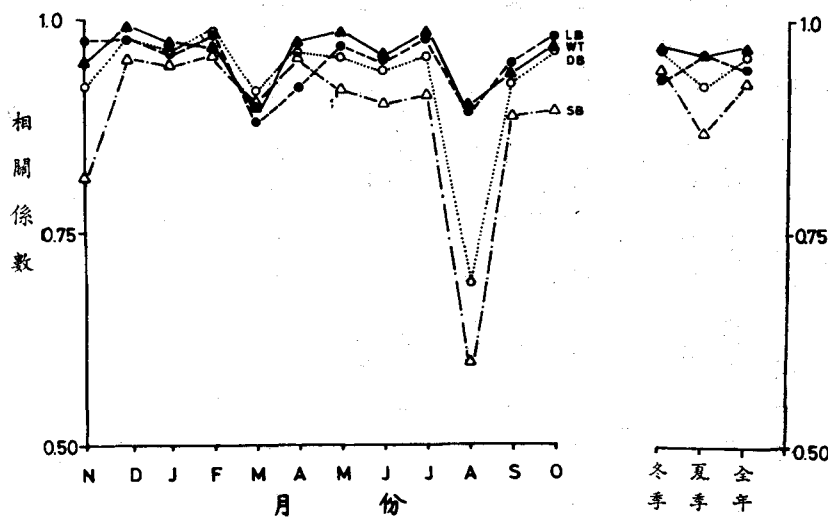
J : Oker

DB : Dicke Bramke

SB : Steile Bramke

LB : Lange Bramke

WT: Wintertal



圖四 各森林試驗集水區與歐克河流域同一時期月逕流量的相關係數

各森林試驗區自區的月降水量與月逕流量之間的相關係數在各月時大時小，惟必須指出，各個試驗集水區的觀測降水量並無很大的不同。

相關係數對於 SB 集水區來說，在八月時獨出現相對上較其他各月為小的數值，此意味著 SB 集水區在八月時與其他各試驗集水區有小差異。

大致上說，各集水區月降水量與歐克河流域的月逕流量的相關係數數值，大於與其自區的月逕流量的相關係數數值，此點事實，值得注意，可見集水區面積的大小，在降水量——流量模式上，有相當值得重視的影響，不容忽視，月流量對月降水量反應的敏感度實有不同。

如比較同區的月降水量與月逕流量間關係，則歐克溪者均大於存在於各小面積的試驗集水區者，由是可知，集水面積較大的流域，在降水量——逕流量模式上，比起面積小的集水區，其關係程度，相對上較高，其代表性較強。換句話說，集水面積是大或是小，有不容忽視的重要性，此點應可肯定。

就相關係數大小比較加以排列時，大抵上，歐克溪流域本區的降水量與逕流者相對上較高，其次為試驗集水區降水量與歐克溪逕流量者，再次為試驗集水區同區的降水量與逕流量的相關係數。其實，第一項與第二項的數值相差十分的小，可以認為接近一樣，從而可判斷，各面積很小的森林試驗集

水區的區域降水量，雖其集水區面積僅只32至77公頃，實與較大面積的流域（此處係85平方公里，約110至265倍大於試驗集水區）的區域降水量，對流域的月逕流量具有幾近一樣的推計及說明能力，也就是說，有幾近相同的資料代表性。

（三）同一時期不同水文變數的共同研析

本節的研析重點，著重在研判及探討自森林試驗小集水區所得的月逕流量、月降水量及月氣溫等水文變數資料，當共同引用來推計同一時期的歐克溪流域的月逕流量時，其適用性及推計的精確性增進的實際程度，並深入探查各水文變數的影響力的大小，在此，經採用逐步相關與迴歸法以選定推計模式，並探查在各項月份資料研析處理的結果是否各月有一致的適用性。此項逐步迴歸法參閱本文研究方法。所用迴歸模式表示如下：

$$A_J = f(A_E, N_E, MT) \dots\dots\dots(1)$$

式中， $A_J$ ：表示歐克溪月逕流量 (mm)

$A_E$ ：表示試驗集水區同一時期月逕流量 (mm)

$N_E$ ：表示試驗集水區同一時期月降水量 (mm)

$MT$ ：表示集水區同一時期的日平均氣溫的當月彙計值 (°C)

為深入探查各水文變數共同效應後的結果，經採用逐步線性相關與迴歸法，通過95%顯著性試驗

的 F- 檢驗法後所成立的迴歸式及複相關係數 R (multiple correlation coefficient)、複決定係數 R<sup>2</sup>(coefficient of multiple determination)和誤差比(Streuungverhaeltnis)等數值，詳見表七、表八、表九及表十，分別是DB、SB、LB及 WT 集水區資料引用的結果。表中之誤差比係經迴歸式估算之標準偏差對因變數標準偏差估值的比值，是誤差縮小程度的指標，可以用來衡量迴歸成果。複決定係數則可表示迴歸式所能解說與決定的因變數變方的程度，都是很有用的指標。又，因變數在此係指歐克溪月逕流量而言。如誤差比越小或複決定係數越大，即表示推計的精確性越高。

比較各表所示的迴歸成果，在所成立的迴歸式來說，引用 DB 集水區資料的及引用 SB 集水區資料所得的，顯得有近似的迴歸式型式的趨勢，而 LB集水區及 WT 集水區資料引用的成果則是另一種傾向。

迴歸式的截距 (intercept) 值，不僅對於各不同時令時有所不同，且對於各不同的試驗集水區資料引用時亦有不同。雖說在某一些情況，特別是

WT集水區資料引用時，截距值接近零，然則在其他情況的結果，截距值明顯的與零有別，不過，經與歐克溪流域月逕流量的各月份的平均值相較，則大致上對於月逕流量的推計影響意義不大。

於比較流量因子與降水量因子的效應時，結果顯示流量因子大致上根本佔優勢影響，集水區降水量與歐克溪逕流量間之關係比各該集水區逕流量與歐克溪逕流量間之關係顯得疏遠。

於不分月份的冬季或夏季或全年各月的資料處理時，查各表結果，流量變數及降水量變數在迴歸式上均被採納，但以各月資料的研析成果來看，特別是引用 DB 集水區及 SB 集水區資料時，某些月份並不採納降水量變數的，也就是說，降水量變數在此情況時對於歐克溪流域逕流量的推計成果將不能有意義的增進其精確程度了，特別值得注意的是，雖然這些降水量變數單獨考慮時可能有個別的顯著關係，這也說明了，即使流量與降水量變數個別引入考慮時其關係均顯著，但當二者共同引入考慮時，有時便會將降水量變數排除到迴歸式之外，換句話說，此時的降水量變數資料所具的對歐克溪逕

表七 引用 DB集水區水文資料經逐步迴歸分析法並通過95%顯著水準之 F- 檢驗法所成立的對歐克溪月逕流量的推計迴歸式  
迴歸模式： $A_J = f(A_{DB}, N_{DB}, MT)$

月份資料	迴 歸 式	複相關係數	複決定係數	誤 差 比
1. 十一月	$A_J = 2.4595 + 0.8630A_{DB} + 0.2041N_{DB}$	0.943	0.8898	0.35
2. 十二月	$= 15.1295 + 0.9774A_{DB}$	0.976	0.9581	0.22
3. 一 月	$= 10.2440 + 0.9478A_{DB}$	0.968	0.9280	0.27
4. 二 月	$= 11.9000 + 0.9223A_{DB}$	0.985	0.9704	0.18
5. 三 月	$= 7.1317 + 0.8313A_{DB} + 0.2288N_{DB}$	0.947	0.8969	0.34
6. 四 月	$= 9.4051 + 0.7953A_{DB} + 0.2332N_{DB}$	0.968	0.9374	0.26
7. 五 月	$= 21.7253 + 0.8668A_{DB}$	0.955	0.9120	0.30
8. 六 月	$= -1.2884 + 0.5269A_{DB} + 0.2636N_{DB}$	0.965	0.9304	0.28
9. 七 月	$= 13.3568 + 1.0921A_{DB}$	0.956	0.9147	0.30
10. 八 月	$= -4.1526 + 0.5817A_{DB} + 0.2377N_{DB}$	0.753	0.5663	0.69
11. 九 月	$= 2.6433 + 0.2962N_{DB} + 0.5402A_{DB}$	0.965	0.9306	0.28
12. 十 月	$= -1.4056 + 0.7367A_{DB} + 0.3479N_{DB}$	0.986	0.9716	0.18
13. 冬 季	$= 8.5357 + 0.8381A_{DB} + 0.1408N_{DB} + 0.408MT$	0.970	0.9402	0.25
14. 夏 季	$= 6.4695 + 0.7596A_{DB} + 0.173N_{DB}$	0.938	0.8793	0.35
15. 全 年	$= 8.7588 + 0.8523A_{DB} + 0.1260N_{DB}$	0.962	0.9253	0.27

表八 引用 SB 集水區水文資料經逐步迴歸分析法並通過 95%顯著水準之 F- 檢驗法所成立的對歐克溪月逕流量的推計迴歸式  
迴歸模式： $A_j = f(A_{SB}, N_{SB}, MT)$

月份資料	迴 歸 式	複相關係數	複決定係數	誤 差 比
1. 十一月	$A_j = -2.3150 + 0.6827A_{SB} + 0.3044N_{SB}$	0.877	0.7686	0.51
2. 十二月	$= -26.1805 + 0.8452A_{SB} + 0.1560MT$	0.964	0.9292	0.28
3. 一 月	$= -26.5171 + 0.7558A_{SB} + 0.1192MT$	0.961	0.9244	0.29
4. 二 月	$= -23.4645 + 0.8151A_{SB} + 0.1040MT$	0.969	0.9383	0.26
5. 三 月	$= -14.4289 + 0.6441A_{SB} + 0.2100N_{SB} + 0.0902MT$	0.943	0.8894	0.36
6. 四 月	$= -16.0504 + 0.6908A_{SB} + 0.2461N_{SB}$	0.967	0.9353	0.27
7. 五 月	$= -18.8451 + 0.8866A_{SB}$	0.918	0.8422	0.41
8. 六 月	$= -7.9670 + 0.3649N_{SB} + 0.3519A_{SB}$	0.954	0.9092	0.32
9. 七 月	$= -1.8179 + 0.7672A_{SB} + 0.1864N_{SB}$	0.934	0.8715	0.38
10. 八 月	$= -27.7574 + 0.5383A_{SB}$	0.597	0.3564	0.82
11. 九 月	$= -1.3559 + 0.3516N_{SB} + 0.4571A_{SB}$	0.969	0.9382	0.26
12. 十 月	$= -10.5264 + 0.5212N_{SB} + 0.5359A_{SB}$	0.976	0.9524	0.23
13. 冬 季	$= -8.2125 + 0.7094A_{SB} + 0.1940N_{SB} + 0.0706MT$	0.956	0.9149	0.30
14. 夏 季	$= -1.722 + 0.8064A_{SB} + 0.2526N_{SB}$	0.901	0.8125	0.44
15. 全 年	$= -6.8264 + 0.7370A_{SB} + 0.1749N_{SB}$	0.939	0.8814	0.35

表九 引用 LB 集水區水文資料經逐步迴歸分析法並通過 95%顯著水準之 F- 檢驗法所成立的對歐克溪月逕流量的推計迴歸式  
迴歸模式： $A_j = f(A_{LB}, N_{LB}, MT)$

月份資料	迴 歸 式	複相關係數	複決定係數	誤 差 比
1. 十一月	$A_j = -2.0295 + 1.0494A_{LB} + 0.1015N_{LB}$	0.981	0.9623	0.20
2. 十二月	$= -6.1604 + 0.9351A_{LB} + 0.2515N_{LB}$	0.984	0.9684	0.19
3. 一 月	$= -2.0821 + 1.0192A_{LB} + 0.1807N_{LB}$	0.969	0.9388	0.26
4. 二 月	$= -6.7249 + 0.7361A_{LB} + 0.1569N_{LB}$	0.973	0.9475	0.24
5. 三 月	$= -10.4776 + 0.6337A_{LB} + 0.2705N_{LB}$	0.938	0.8796	0.36
6. 四 月	$= -4.8596 + 0.6992A_{LB} + 0.3164N_{LB}$	0.936	0.8757	0.37
7. 五 月	$= -2.7090 + 0.8597A_{LB} + 0.1775N_{LB}$	0.981	0.9628	0.20
8. 六 月	$= -4.6583 + 0.7300A_{LB} + 0.2048N_{LB}$	0.969	0.9384	0.26
9. 七 月	$= -2.8213 + 1.1240A_{LB}$	0.976	0.9534	0.22
10. 八 月	$= -11.7660 + 0.8368A_{LB} + 0.2025N_{LB}$	0.919	0.8449	0.41
11. 九 月	$= -0.0115 + 0.5560A_{LB} + 0.2240N_{LB}$	0.968	0.9371	0.26
12. 十 月	$= -5.3284 + 0.8227A_{LB} + 0.2513N_{LB}$	0.988	0.9765	0.16
13. 冬 季	$= -0.8719 + 0.7618A_{LB} + 0.2718N_{LB}$	0.956	0.9140	0.30
14. 夏 季	$= -1.8662 + 0.9001A_{LB} + 0.1274N_{LB}$	0.968	0.9370	0.25
15. 全 年	$= -2.0880 + 0.8415A_{LB} + 0.1905N_{LB}$	0.958	0.9184	0.29

表十 引用 WT 集水區水文資料經逐步迴歸分析法並通過95%顯著水準之 F- 檢驗法所成立的對歐克溪月逕流量的推計迴歸式  
迴歸模式： $A_j = f(A_{WT}, N_{WT}, MT)$

月份資料	迴歸式	復相關係數	複決定係數	誤差比
1. 十一月	$A_j = -5.5128 + 0.7801A_{WT} + 0.1853N_{WT}$	0.972	0.9446	0.25
2. 十二月	$= -3.7200 + 0.8107A_{WT} + 0.1841N_{WT} + 0.0563MT$	0.996	0.9916	0.10
3. 一月	$= -5.4617 + 0.8694A_{WT} + 0.1254N_{WT}$	0.978	0.9567	0.22
4. 二月	$= -0.8347 + 0.7447A_{WT} + 0.1363N_{WT}$	0.987	0.9748	0.17
5. 三月	$= -2.1280 + 0.7135A_{WT} + 0.2556N_{WT}$	0.946	0.8944	0.34
6. 四月	$= -0.8947 + 0.6688A_{WT} + 0.2424N_{WT}$	0.983	0.9656	0.19
7. 五月	$= -2.9869 + 0.8047A_{WT} + 0.1113N_{WT}$	0.989	0.9774	0.16
8. 六月	$= -6.1098 + 0.6188A_{WT} + 0.2012N_{WT}$	0.972	0.9444	0.25
9. 七月	$= -3.4191 + 0.9897A_{WT}$	0.981	0.9628	0.20
10. 八月	$= -17.5900 + 0.7008A_{WT} + 0.2448N_{WT}$	0.943	0.8892	0.35
11. 九月	$= -2.6530 + 0.5315A_{WT} + 0.2332N_{WT}$	0.957	0.9150	0.31
12. 十月	$= -11.0789 + 0.6478A_{WT} + 0.3411N_{WT}$	0.987	0.9734	0.17
13. 冬季	$= -4.4001 + 0.7300A_{WT} + 0.2165N_{WT}$	0.981	0.9617	0.20
14. 夏季	$= -4.9763 + 0.7856A_{WT} + 0.1320N_{WT}$	0.968	0.9376	0.25
15. 全年	$= -5.2986 + 0.7722A_{WT} + 0.1653N_{WT}$	0.977	0.9550	0.21

流量推計解說能力已被同一個森林試驗集水區的逕流量變數資料所充分有效代表了。此處所肯定的事實是，有意義且有效地推計某一水文量時，並無需將任何可能有關的水文變數毫不檢驗地都一律放入模式作為迴歸的變數用，何況基於簡化模式的前提，除非增加一個變數真能有顯著性意義地增進推計精確度以外，否則為實用及簡便原則或兼及物理意義的考慮，切勿亂加及亂用迴歸變數，此點吾人應加注意才是。

由各表迴歸成果顯示，在絕大多數的各項月份，一旦流量變數及降水量變數已被迴歸式先予採納後，則氣溫變數便不再繼續被採納了，即使在表七及表八的第13欄所列有氣溫變數被採納的情況，經探查對於複決定係數數值的提高情形的結果，只比不採納該氣溫變數時所能獲致的複決定係數數值，實際上提高 0.0052 及 0.0161 而已，根本微不足道。同樣地，探查列有氣溫變數被採納情況的表八（即 SB 集水區）的十二月、一月、二月、三月及表十（即 WT 集水區）的十二月情況，實際上，採納氣溫變數比不採納時，複決定係數數值僅只分別提

高了 0.0198、0.0286、0.0186、0.0246 及 0.0024 而已，可說根本微不足道。因之可以肯定地說，引入氣溫變數的功用不彰，沒有什麼價值。

迴歸成果，於本節研析所得的，如與前節研析所得的（參見圖四）對照，即比較逕流量變數及降水量變數均被採用於迴歸式時的情況和只有逕流量變數單獨一個被用於迴歸式作變數時的情況，則對某些月份的資料處理結果而言，試驗集水區水文資料對歐克溪流流域月逕流量的推計精確度與說明能力有所提高，例如，引自 SB 集水區的（見表八第14欄）及引自 LB 集水區的（見表九第13欄），其複決定係數數值，即分別由 0.7530 及 0.8650 提高至 0.8125 及 0.9140 了，又如，引自 DB 集水區的和 SB 集水區的（參見表七和表八中的十一月、三月、八月、九月欄）以及引自 LB 集水區的和 WT 集水區的（參見表九和表十中的三月、八月），對照圖四，均有改進。

然而，本節迴歸的成果，對於 DB 集水區及 SB 集水區資料引用上，於八月的情況，仍未臻滿意，還未能達到誤差比小於 0.4 的良好標準，此情

狀當歸因於 DB 與 SB 兩個很小的集水區（面積只 0.32 與 0.38 平方公里）的月逕流量有比較起來較為大的歪度係數之故。

檢討月逕流量對月降水量的比值  $\frac{A}{N}$  時，應注意的是各月並無定值，檢討迴歸方程式時，流量變數與降水量變數的迴歸係數的比值，在各月也無通用的定值。關於  $\frac{A}{N}$  值，各森林試驗集水區出現有近似的季節性的變動趨向，但應注意的是各集水區的  $\frac{A}{N}$  值並不一致而有超過 10% 的差異。因此可以肯定的說，對每個個別的月，各試驗集水區並無一致通用的迴歸方程式，特別在考慮到有些試驗集水區有時其降水量變數並未被迴歸式所採納的情況時尤然。

為比較引自各試驗集水區水文變數資料的迴歸成果，評判其推計歐克溪逕流量的精確程度，可以誤差比及複決定係數的大小加以比較，如誤差比越小及複決定係數越大則推計的精確度越高。比較的結果顯出，引自 WT 試驗集水區資料的大體上最佳，也就是說資料代表性最大。而引自 SB 集水區資料的代表性在相對比較上則為最小，其誤差比數值，在夏季時及在十一月和八月時，分別為 0.44，0.51 和 0.82。因一般將誤差比的良好標準定為 0.4（參閱文獻 9.），因此，自 DB 集水區引用資料時，於八月時誤差比數值為 0.69，可見八月份迴歸方程式推計的精確性未及良好標準。

評斷迴歸成果的結果，除了上述例外，可以肯定的指出，自同一個森林試驗小集水區所得的月逕流量及月降水量資料的共同引用，足以令人滿意的精確程度推計歐克溪流域的月逕流量，換句話說，擁有充分的說明力。此處仍須指出，對某些月份來說，甚至於單用試驗區的月逕流量資料來推計時，便已夠好了。

#### 四不同時期水文變數的綜合研析

由於月流量時列經許多專文研究結果指出有某些時序的相關關係存在<sup>(7,11,18)</sup>，為了解各水文變數的時序關係因素投入前節所用的迴歸模式時，其間各變數組合的影響力優勢實況，因之，本節研析的重點，乃在於研判並探討得自試驗集水區的水文變數資料，連同先期的該區以及歐克溪流域的流量資料，綜合引用來推計當期的歐克溪月逕流量時，其間各水文變數的影響力大小和優勢組合的實況，從而並對推計的適用模式及精確性增進實況加以探查

。對此，採用逐步相關與迴歸法尤具功能。

迴歸分析的結果，經通過 95% 顯著性試驗的 F- 檢驗法所成立的迴歸式及複相關係數、複決定係數和誤差比，均就引用 DB、SB、LB 及 WT 等試驗集水區資料，分別詳列如表十一、表十二、表十三、表十四。

先期水文變數資料的參與效應，於引自 DB 集水區的及引自 SB 集水區的迴歸成果中，尤其是引自 LB 集水區的結果，證實在某些月份的情況有其影響價值。在引自 SB 集水區資料的情況（見表十二及表八），於八月時，其複決定係數提高為 0.6469，較原先的 0.3564 有很大的改善，增加了推計的精確程度效果顯然，在此例中，同期的及前一個月的 SB 集水區的降水量以及歐克溪六月的流量都被採納於迴歸式中，其對歐克溪八月逕流量的影響力大小，依序為 SB 集水區七月降水量、八月降水量、歐克溪六月的逕流量。在此要指出的是歐克溪流域六月的逕流量，也在通過顯著性試驗所成立的迴歸方程式中出現，自有其難以被 SB 集水區水文變數資料所取代的資料內涵及代表性，且須注意的是，在此種影響力優勢組合的情形下，SB 集水區八月的逕流量變數（見表八第 10 欄）所擁有的資料內涵已被取代解說，因此就被排除到迴歸式之外了，換句話說，SB 集水區八月逕流量有其特殊性，當月的集水區反應於降水量——流量模式的情狀，與歐克溪流域的有別，此點，對照其他各前節的研析評斷可以獲得佐證。類似的前期歐克溪流量變數因子被採納於成立後的迴歸式的情形，於引用 LB 集水區（見表十三）資料的迴歸研析成果時，又可見，惟在引用 WT 集水區資料以迴歸研析的成果（見表十四）所成立的迴歸式中，則全無發生實例。而在引用 DB 集水區資料的迴歸分析成果（見表十一），則只在五月時出現引進 DB 集水區降水量變數因子而已，其他各月的迴歸成果同於前節所研析探討的結果（參見表七）。

所有四個試驗集水區在八月時對於歐克溪流域未能顯出一致的代表性，此點留待後面再予討論。就五月時的迴歸分析成果而論，除了引自 WT 集水區的例外，其他引自 DB、SB 及 LB 集水區資料的研析結果，均見有上個月的水文變數因子被成立後的迴歸式所採納，此處以引自 SB 集水區的情況論，比較表八及表十二的第 7 欄，歐克溪流域的四月逕流量變數因子在此表現影響效應，換言之，歐克



表十一 引用 DB 集水區不同時期水文資料經逐步迴歸分析法並通過95%顯著水準之F—檢驗法所成立的對歐克溪月逕流量的推計迴歸式

迴歸模式： $A_{J(t)} = f(A_{DB(t)}, N_{DB(t)}, A_{J(t-1)}, A_{J(t-2)}, A_{DB(t-1)}, A_{DB(t-2)}, N_{DB(t-1)}, N_{DB(t-2)}, MT_{(t)})$

月份資料	迴歸式	複相關係數	複決定係數	誤差比
1. 十一月	$A_J = 2.4595 + 0.8630A_{DB}(\text{Nov}) + 0.2041N_{DB}(\text{Nov})$	0.9433	0.8898	0.35
2. 十二月	$= 15.1295 + 0.9774A_{DB}(\text{Dec})$	0.9763	0.9531	0.22
3. 一月	$= 10.2440 + 0.9478A_{DB}(\text{Jan})$	0.9633	0.9280	0.27
4. 二月	$= 11.9000 + 0.9223A_{DB}(\text{Feb})$	0.9351	0.9704	0.18
5. 三月	$= 7.1317 + 0.8313A_{DB}(\text{Mar}) + 0.2288N_{DB}(\text{Mar})$	0.9470	0.8969	0.34
6. 四月	$= 9.4051 + 0.7953A_{DB}(\text{Apr}) + 0.2332N_{DB}(\text{Apr})$	0.9682	0.9374	0.26
7. 五月	$= 1.2608 + 0.6819A_{DB}(\text{May}) + 0.1459N_{DB}(\text{Apr})$ $+ 0.1466N_{DB}(\text{May})$	0.9691	0.9391	0.27
8. 六月	$= -1.2884 + 0.5269A_{DB}(\text{Jun}) + 0.2636N_{DB}(\text{Jun})$	0.9646	0.9304	0.28
9. 七月	$= 13.3568 + 1.0921A_{DB}(\text{Jul})$	0.9564	0.9147	0.30
10. 八月	$= -4.1526 + 0.5817A_{DB}(\text{Aug}) + 0.2877N_{DB}(\text{Aug})$	0.7526	0.5663	0.69
11. 九月	$= 2.6433 + 0.2962N_{DB}(\text{Sep}) + 0.5402A_{DB}(\text{Sep})$	0.9647	0.9306	0.28
12. 十月	$= -1.4056 + 0.7367A_{DB}(\text{Oct}) + 0.3479N_{DB}(\text{Oct})$	0.9857	0.9716	0.18
13. 冬季	$= 8.5357 + 0.8381A_{DB(t)} + 0.1408N_{DB(t)} + 0.0408MT_{(t)}$	0.9696	0.9402	0.25
14. 夏季	$= 6.4695 + 0.7596A_{DB(t)} + 0.1730N_{DB(t)}$	0.9377	0.8793	0.35
15. 全年	$= 8.7570 + 0.3530A_{DB(t)} + 0.1256N_{DB(t)}$	0.9619	0.9253	0.27

表十二 引用 SB 集水區不同時期水文資料經逐步迴歸分析法並通過95%顯著水準之F—檢驗法所成立的對歐克溪月逕流量的推計迴歸式

迴歸模式： $A_{J(t)} = f(A_{SB(t)}, N_{SB(t)}, A_{J(t-1)}, A_{J(t-2)}, A_{SB(t-1)}, A_{SB(t-2)}, N_{SB(t-1)}, N_{SB(t-2)}, MT_{(t)})$

月份資料	迴歸式	複相關係數	複決定係數	誤差比
1. 十一月	$A_J = -2.3150 + 0.6827A_{SB}(\text{Nov}) + 0.3044N_{SB}(\text{Nov})$	0.8767	0.7686	0.51
2. 十二月	$= 26.1805 + 0.8452A_{SB}(\text{Dec}) + 0.1560MT(\text{Dec})$	0.9640	0.9292	0.28
3. 一月	$= 26.5171 + 0.7558A_{SB}(\text{Jan}) + 0.1192MT(\text{Jan})$	0.9614	0.9244	0.29
4. 二月	$= 23.4645 + 0.8151A_{SB}(\text{Feb}) + 0.1040MT(\text{Feb})$	0.9687	0.9383	0.26
5. 三月	$= 14.4289 + 0.6441A_{SB}(\text{Mar}) + 0.2100N_{SB}(\text{Mar})$ $+ 0.0902MT(\text{Mar})$	0.9431	0.8894	0.36
6. 四月	$= 16.0504 + 0.6908A_{SB}(\text{Apr}) + 0.2461N_{SB}(\text{Apr})$	0.9671	0.9353	0.27
7. 五月	$= 8.9718 + 0.7456A_{SB}(\text{May}) + 0.1503A_J(\text{Apr})$	0.9366	0.8773	0.37
8. 六月	$= -7.9670 + 0.3649N_{SB}(\text{Jun}) + 0.3519A_{SB}(\text{Jun})$	0.9535	0.9092	0.32
9. 七月	$= 1.8179 + 0.7672A_{SB}(\text{Jul}) + 0.1864N_{SB}(\text{Jul})$	0.9335	0.8715	0.38
10. 八月	$= -31.3268 + 0.1956N_{SB}(\text{Jul}) + 0.3705N_{SB}(\text{Aug})$ $+ 0.2165A_J(\text{Jun})$	0.8043	0.6469	0.64
11. 九月	$= -1.3559 + 0.3516N_{SB}(\text{Sep}) + 0.4571A_{SB}(\text{Sep})$	0.9686	0.9381	0.26
12. 十月	$= -10.5264 + 0.5212N_{SB}(\text{Oct}) + 0.5359A_{SB}(\text{Oct})$	0.9759	0.9524	0.23
13. 冬季	$= 8.2125 + 0.7094A_{SB(t)} + 0.1940N_{SB(t)} + 0.0706MT_{(t)}$	0.9565	0.9149	0.30
14. 夏季	$= -3.8797 + 0.5248A_{SB(t)} + 0.2824N_{SB(t)} + 0.0937A_{J(t-1)}$	0.9070	0.8227	0.43
15. 全年	$= 6.8264 + 0.7370A_{SB(t)} + 0.1749N_{SB(t)}$	0.9388	0.8814	0.35

表十三 引用 LB 集水區不同時期水文資料經逐步迴歸分析法並通過 95% 顯著水準之 F- 檢驗法所成立的對歐克溪月逕流量的推計迴歸式

迴歸模式： $A_{J(t)} = f(A_{LB(t)}, N_{LB(t)}, A_{J(t-1)}, A_{J(t-2)}, A_{LB(t-1)}, A_{LB(t-2)}, N_{LB(t-1)}, N_{LB(t-2)}, MT_{(t)})$

月份資料	迴歸式	複相關係數	複決定係數	誤差比
1. 十一月	$A_J = -2.0295 + 1.0494A_{LB}(\text{Nov}) + 0.1015N_{LB}(\text{Nov})$	0.9812	0.9628	0.20
2. 十二月	$= -6.1604 + 0.9351A_{LB}(\text{Dec}) + 0.2515N_{LB}(\text{Dec})$	0.9841	0.9684	0.19
3. 一月	$= 2.8522 + 0.8700A_{LB}(\text{Jan}) + 0.2043N_{LB}(\text{Jan}) + 0.0677A_J(\text{Dec}) + 0.0714MT(\text{Jan})$	0.9784	0.9573	0.23
4. 二月	$= 2.3743 + 0.6353A_{LB}(\text{Feb}) + 0.1888N_{LB}(\text{Feb}) + 0.1521A_{LB}(\text{Dec}) + 0.0612MT(\text{Feb})$	0.9852	0.9707	0.19
5. 三月	$= 10.4776 + 0.6337A_{LB}(\text{Mar}) + 0.2705N_{LB}(\text{Mar})$	0.9379	0.8796	0.36
6. 四月	$= -5.1891 + 0.6640A_{LB}(\text{Apr}) + 0.2684N_{LB}(\text{Apr}) + 0.1839N_{LB}(\text{Feb})$	0.9462	0.8953	0.35
7. 五月	$= -9.1126 + 0.7784A_{LB}(\text{May}) + 0.1857N_{LB}(\text{May}) + 0.0969N_{LB}(\text{Apr})$	0.9848	0.9699	0.19
8. 六月	$= -17.7219 + 0.5177A_{LB}(\text{Jun}) + 0.2809N_{LB}(\text{Jun}) + 0.1295N_{LB}(\text{May})$	0.9736	0.9479	0.25
9. 七月	$= -1.5603 + 1.0931A_{LB}(\text{Jul}) + 0.1237A_{LB}(\text{Jun})$	0.9816	0.9635	0.20
10. 八月	$= -14.8732 + 0.8035A_{LB}(\text{Aug}) + 0.1928N_{LB}(\text{Aug}) + 0.1022A_J(\text{Jun})$	0.9327	0.8700	0.39
11. 九月	$= -0.0115 + 0.5560A_{LB}(\text{Sep}) + 0.2242N_{LB}(\text{Sep})$	0.9680	0.9371	0.26
12. 十月	$= -5.3284 + 0.8227A_{LB}(\text{Oct}) + 0.2513N_{LB}(\text{Oct})$	0.9882	0.9765	0.16
13. 冬季	$= -5.7522 + 0.7239A_{LB(t)} + 0.2992N_{LB(t)} + 0.0625A_{J(t-1)} + 0.0233MT_{(t)}$	0.9600	0.9216	0.28
14. 夏季	$= -1.8662 + 0.9001A_{LB(t)} + 0.1274N_{LB(t)}$	0.9680	0.9370	0.25
15. 全年	$= -5.6129 + 0.8177A_{LB(t)} + 0.2013N_{LB(t)} + 0.0551A_{J(t-1)}$	0.9602	0.9219	0.28

表十四 引用 WT 集水區不同時期水文資料經逐步迴歸分析法並通過 95% 顯著水準之 F- 檢驗法所成立的對歐克溪月逕流量的推計迴歸式

迴歸模式： $A_{J(t)} = f(A_{WT(t)}, N_{WT(t)}, A_{J(t-1)}, A_{J(t-2)}, A_{WT(t-1)}, A_{WT(t-2)}, N_{WT(t-1)}, N_{WT(t-2)}, MT_{(t)})$

月份資料	迴歸式	複相關係數	複決定係數	誤差比
1. 十一月	$A_J = -5.5128 + 0.7801A_{WT}(\text{Nov}) + 0.1853N_{WT}(\text{Nov})$	0.9719	0.9446	0.25
2. 十二月	$= -3.7200 + 0.8107A_{WT}(\text{Dec}) + 0.1841N_{WT}(\text{Dec}) + 0.0563MT(\text{Dec})$	0.9958	0.9916	0.10
3. 一月	$= -5.4617 + 0.8694A_{WT}(\text{Jan}) + 0.1254N_{WT}(\text{Jan})$	0.9781	0.9567	0.22
4. 二月	$= -0.8347 + 0.7447A_{WT}(\text{Feb}) + 0.1363N_{WT}(\text{Feb})$	0.9873	0.9748	0.17
5. 三月	$= -2.1280 + 0.7135A_{WT}(\text{Mar}) + 0.2556N_{WT}(\text{Mar})$	0.9457	0.8944	0.34
6. 四月	$= -0.8947 + 0.6688A_{WT}(\text{Apr}) + 0.2424N_{WT}(\text{Apr})$	0.9827	0.9656	0.19
7. 五月	$= -2.9869 + 0.8047A_{WT}(\text{May}) + 0.1113N_{WT}(\text{May})$	0.9886	0.9774	0.16
8. 六月	$= -6.1098 + 0.6188A_{WT}(\text{Jun}) + 0.2012N_{WT}(\text{Jun})$	0.9718	0.9444	0.25
9. 七月	$= -3.4191 + 0.9897A_{WT}(\text{Jul})$	0.9812	0.9628	0.20
10. 八月	$= -17.5900 + 0.7008A_{WT}(\text{Aug}) + 0.2448N_{WT}(\text{Aug})$	0.9430	0.8892	0.35
11. 九月	$= -2.6539 + 0.5315A_{WT}(\text{Sep}) + 0.2832N_{WT}(\text{Sep})$	0.9565	0.9150	0.31
12. 十月	$= -11.0789 + 0.6478A_{WT}(\text{Oct}) + 0.3411N_{WT}(\text{Oct})$	0.9866	0.9734	0.17
13. 冬季	$= -4.4001 + 0.7300A_{WT(t)} + 0.2165N_{WT(t)}$	0.9807	0.9617	0.20
14. 夏季	$= -4.9763 + 0.7856A_{WT(t)} + 0.1320N_{WT(t)}$	0.9683	0.9376	0.25
15. 全年	$= -5.2986 + 0.7722A_{WT(t)} + 0.1653N_{WT(t)}$	0.9772	0.9550	0.21

溪五月的逕流量原由同期的 SB 集水區逕流量變數資料所未足解說的資料內涵，可由歐克溪流域本區四月的逕流量變數資料略加補充增進。

就氣溫變數的探討，其參與效應的實際個案，如與前節研析結果對照比較，則在引用 LB 集水區資料的研析處理中，有出現於迴歸方程式的某些案例（見表十三），惟其影響力均排於最末，其引進後對迴歸式的推計精確程度的增進，事實上也極有限，可以忽視。在此可以斷言，一旦逕流變數與降水量變數資料可以獲取而引用來推計流域的逕流量時，便不必再考慮氣溫變數資料的引用了。

LB 集水區既與 WT 集水區緊鄰，且面積幾近一樣，何以在引用 WT 集水區資料的迴歸分析的結果，先期的水文變數因子均未被成立後的迴歸方程式採納，但在引用 LB 集水區資料的迴歸研析結果（參見表十三的一月、二月、四月、五月、六月、八月及表中第 13、第 15 欄）則有不少被採納的情況呢？實有加以探討的必要。查閱有關介紹試驗集水區的文獻<sup>(1, 2)</sup>等資料，知道 LB 試驗集水區自 1945 年至 1948 年幾乎被全部砍伐，隨即自 1948 年造林，但不太成功，於 1951 至 1955 年進行的植草工作也有意外事故，直到 1961 年還需多次補植。由於森林覆蓋的效應與一個被砍伐區或覆蓋不夠的地區，不僅在土地溫度與冬季積雪及春雪融解時，而且在夏季時的蒸發散皆有不同，因之 LB 試驗集水區對於歐克溪流域，或者可能比 WT 試驗集水區較少代表性，而經由本節採納先期水文變數因子之影響考慮後，其資料涵蘊的說明力獲得發揮，表現更多的綜合代表性了，此點由對照比較表九及表十三便可清楚，也就是說，表十三迴歸措施將表九迴歸式中未能解說與決定的變方中的一部分又能加以闡釋了。因此，詳比 LB 與 WT 兩集水區迴歸成果的複決定係數或誤差比（參照表十三及表十四），除了四月較有差異以外，並無大的差別，因此，可以肯定地說，在 LB 集水區林業的措施，就該集水區水文資料對歐克溪流域月逕流量的精確推計與綜合說明能力而言，並未導致明顯的影響後果。

就四個集水區一起檢討比較，SB 集水區資料用來推計歐克溪流域逕流量時，在相對上差一些，這可部分歸究於該集水區的特殊性，部分歸究於該區水收支中地水蓄量變動情狀與別區不同。Friedrich 氏曾研究過 1951-1965 年 SB 集水區的水收支，他指出自七月至二月地水蓄量充沛增加<sup>(3)</sup>，另

Liebscher 氏在研究上述年期的一份報告中指出，其他集水區的地下蓄積於八月出現而從十月持續到三月<sup>(4)</sup>。

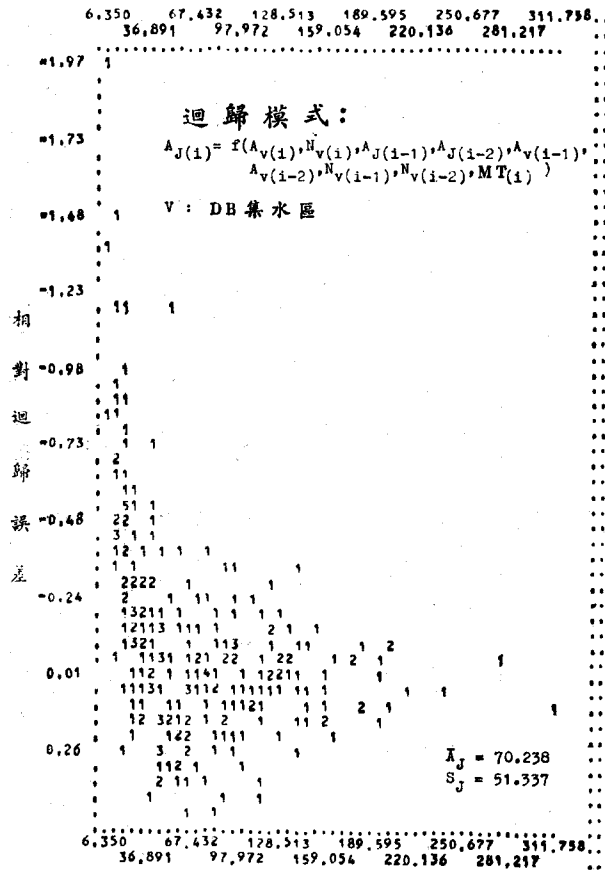
檢討比較各月資料的迴歸成果，大致上均能有很高的複相關係數，只在八月時於 SB 集水區及 DB 集水區的例外。對八月來說，其他兩個集水區的推計精確程度，也比其他各月時來得差一些，為深入探討，特將歐克溪流域及各試驗集水區在七、八月時的逕流量、降水量及影響炎夏蒸發與蒸散量很有決定因素的氣溫值的相關係數列如表十五：

表十五 水文資料間的相關係數

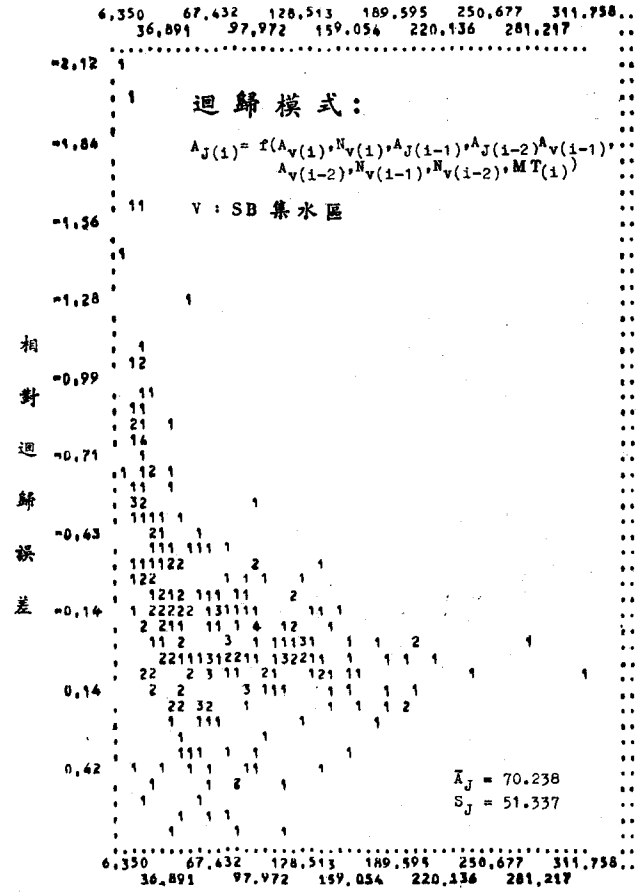
水文資料	集水區				
	歐克溪	DB	SB	LB	WT
八月的逕流量與降水量	0.57	0.39	0.38	0.44	0.35
八月的逕流量與氣溫值	-0.59	-0.31	-0.35	-0.46	-0.42
八月的逕流量與七月的降水量	0.61	0.83	0.72	0.81	0.81
八月與七月的逕流量	0.58	0.79	0.78	0.63	0.68

相對上，歐克溪流域比各試驗集水區來講，八月的逕流量受到氣溫高低及降水量多少的影響均超過各試驗集水區，但八月逕流量所受七月的降水量或逕流量大小的關連影響則均小於各試驗區。同樣值得注意的，LB 與 WT 兩集水區的八月逕流量受到八月氣溫值高低的影響程度均大於 DB 與 SB 兩集水區，但受到七月逕流量大小關連影響的程度則反而小。還要注意的是，八月時 SB 與 DB 集水區逕流量資料的歪度係數（參見表二）比例上比其他各區都大。因之，前述有關八月時與其他各月顯然有特殊的情形，可以部分歸究於區域的特殊性，部分歸究於八月時高蒸發散導致的逕流形成時很小面積集水區（此處 SB 區及 DB 區僅 0.38 及 0.32 平方公里，LB 區及 WT 區為 0.76 及 0.77 平方公里，而歐克溪流域為 85 平方公里）與面積較大者之不同性。

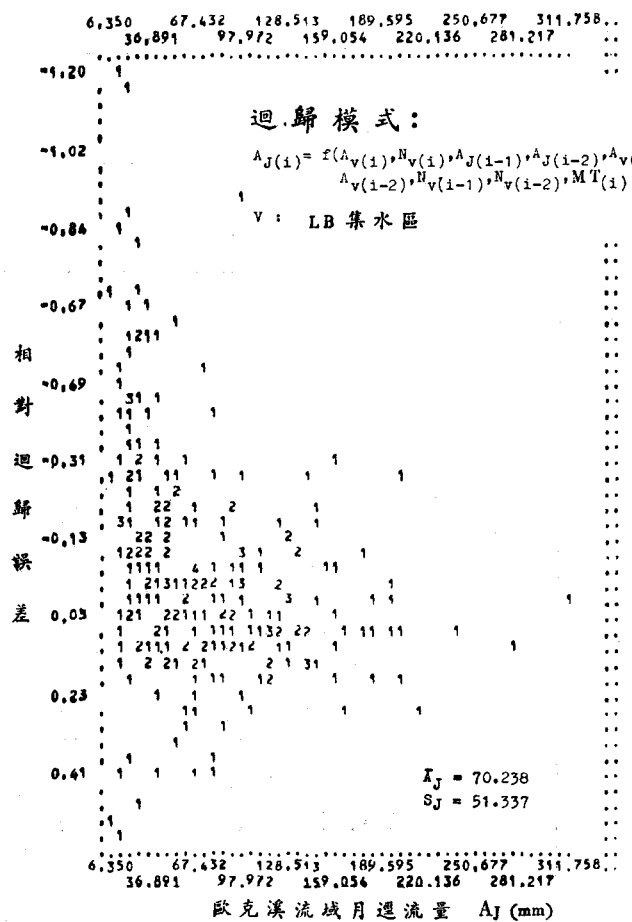
為探討迴歸式推計歐克溪流域月逕流量的誤差出現的情況，此處乃將相對迴歸誤差作為指標，將其出現情況與逕流量大小的關係圖表示如圖五、圖六、圖七及圖八，分別為引用 DB、SB、LB 及 WT 集水區全年各月資料的情形。圖中， $A_s$  表示歐克溪月逕流量(mm)， $A_v$  表示試驗集水區月逕流



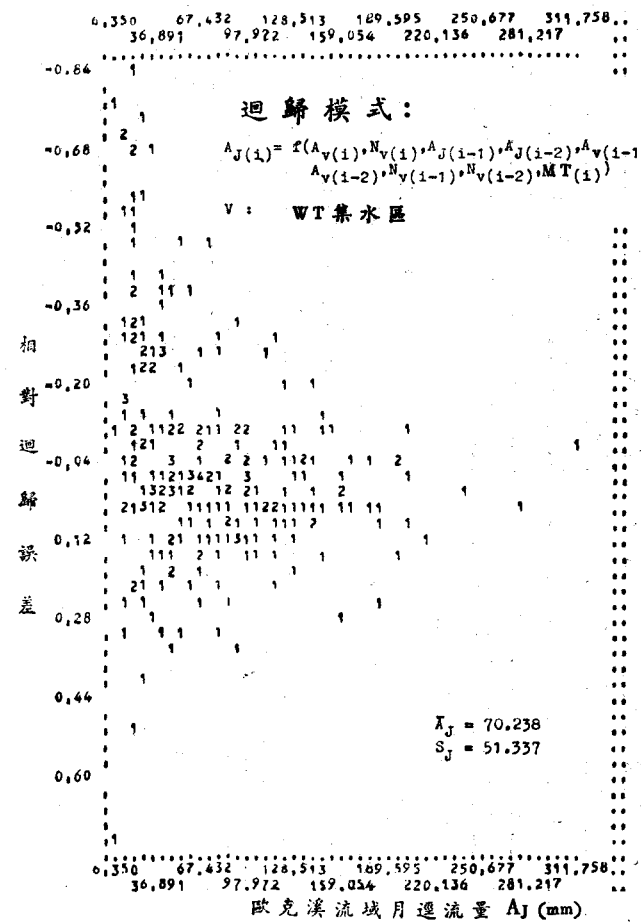
圖五 經逐步迴歸分析法成立的迴歸式推計歐克溪月逕流量的相對迴歸誤差



圖六 經逐步迴歸分析法成立的迴歸式推計歐克溪月逕流量的相對迴歸誤差



圖七 經逐步迴歸分析法成立的迴歸式推計歐克漢月逕流量的相對迴歸誤差



圖八 經逐步迴歸分析法成立的迴歸式推計歐克漢月逕流量的相對迴歸誤差

量 (mm),  $N_v$  表示試驗集水區月降水量 (mm),  $MT$  表示氣溫值 ( $^{\circ}C$ ),  $i$  表示時序,  $\bar{A}_j$  表示  $A_j$  的平均值 (mm),  $S_j$  表示  $A_j$  的標準誤差 (mm), 而迴歸誤差  $\Delta A_j$  係迴歸方程式推計的  $A_j$  值與實測的  $A_j$  值的誤差, 於此處所謂的相對迴歸誤差乃係迴歸誤差對實測的  $A_j$  值的比, 即  $\Delta A_j / A_j$ 。於圖上出現的數字表示次數, 例如 1、2 或 3 即分別表示該項相對迴歸誤差出現了一次、二次或三次的意思。

由各圖看來, 當月逕流量數值小的時候, 相對迴歸誤差數值大些。

進一步要探討引用降水量資料及歐克溪先期的逕流量資料來推計歐克溪逕流量時的綜合效應, 也就是說, 要了解降水量資料是否可以有效地單獨作為對流域逕流量的推估引用, 此點是十分值得研析的, 理由是降水量的觀測資料, 在通常情形下, 是最為普遍而且容易獲取的。

在此, 以  $WT$  集水區及歐克溪流域的降水量資料為例, 進行迴歸研析並作對照, 其迴歸分析結果, 通過 95% 顯著水準試驗的  $F$ -檢驗法後所成立的迴歸方程式等, 列如表十六及表十七。

表十六所示誤差比看來, 如以誤差比 = 0.4 作為良好的精確度指標的標準, 則多數大於 0.4, 換言之, 不夠精確。再比較表十六及表十七, 情形一樣, 換句話說,  $WT$  集水區對於歐克溪流域, 雖其面積相差八十多平方公里, 但其降水量與歐克溪流域的降水量具有近乎一樣的資料代表性, 其與歐克溪月逕流量的模式關係幾近一致, 沒有什麼顯著區別。

值得注意的是, 在表十六及表十七上, 歐克溪先期的逕流量變數因子, 除了在推計十二月逕流量時 (見第 2 欄) 出現外, 其餘各月均未有作用。却是先期的月降水量變數發生作用, 可見逕流量受到上月乃至更前幾月的降水影響, 對照表十六及表六的相關係數, 可見在十一月、一月、二月、四月、五月及八月皆有提高, 尤其是八月效果特大, 此說明了, 引用試驗集水區降水量資料以推計流域的月逕流量時, 上個月乃至前二個月的降水量變數資料應加考慮以充實降水量——逕流量推計模式的精確性, 換言之, 月逕流量的形成受到同期的降水量主要影響外, 也常受到先期的降水量所影響。

表十六 引用  $WT$  集水區不同時期降水量資料經逐步迴歸分析法並通過 95% 顯著水準之  $F$ -檢驗法所成立的對歐克溪月逕流量的推計迴歸式

迴歸模式:  $A_{j(i)} = f(N_{WT(i)}, A_{j(i-1)}, A_{j(i-2)}, N_{WT(i-1)}, N_{WT(i-2)}, N_{WT(i-3)}, N_{WT(i-4)}, N_{WT(i-5)}, MT_{(i)})$

月份資料	迴 歸 式	複相關係數	複決定係數	誤 差 比
1. 十一月	$A_j = -30.4890 + 0.5114N_{WT(Nov)} + 0.2470N_{WT(Oct)} + 0.2004MT(Nov)$	0.8609	0.7412	0.55
2. 十二月	$= -39.0894 + 0.8994N_{WT(Dec)} + 0.3017A_j(Nov)$	0.9236	0.8531	0.40
3. 一 月	$= 11.9569 + 0.4827N_{WT(Jan)} + 0.2077N_{WT(Dec)} + 0.2172MT(Jan)$	0.9053	0.8195	0.46
4. 二 月	$= -41.0350 + 0.6786N_{WT(Feb)} + 0.3641N_{WT(Dec)}$	0.8358	0.6986	0.58
5. 三 月	$= 45.1335 + 0.4930N_{WT(Mar)}$	0.6104	0.3726	0.81
6. 四 月	$= -29.5396 + 0.9774N_{WT(Apr)} + 0.4357N_{WT(Mar)}$	0.8232	0.6776	0.60
7. 五 月	$= -32.5958 + 0.4973N_{WT(May)} + 0.4111N_{WT(Apr)}$	0.8458	0.7154	0.56
8. 六 月	$= -17.0385 + 0.6035N_{WT(Jun)}$	0.8809	0.7760	0.48
9. 七 月				
10. 八 月	$= -48.0293 + 0.2023N_{WT(Jul)} + 0.4023N_{WT(Aug)} + 0.1817N_{WT(May)}$	0.8973	0.8051	0.48
11. 九 月				
12. 十 月	$= -29.5177 + 0.7091N_{WT(Oct)} + 0.2107N_{WT(Sep)}$	0.9666	0.9343	0.27
13. 冬 季	$= -14.4797 + 0.7246N_{WT(i)} + 0.216N_{WT(i-2)}$	0.7672	0.5887	0.65
14. 夏 季				
15. 全 年	$= -1.0219 + 0.6482N_{WT(i)}$	0.6974	0.4863	0.72

表十七 引用歐克溪流域不同時期降水量資料經逐步迴歸分析法並通過95%顯著水準之F-檢驗法所成立的對歐克溪月逕流量的推計迴歸式

迴歸模式： $A_{J(t)} = f(N_{J(t)}, A_{J(t-1)}, A_{J(t-2)}, N_{J(t-1)}, N_{J(t-2)}, N_{J(t-3)}, N_{J(t-4)}, N_{J(t-5)}, MT_{(t)})$

月份資料	迴歸式	複相關係數	複決定係數	誤差比
1. 十一月	$A_J = -29.8803 + 0.4999N_J(\text{Nov}) + 0.2442N_J(\text{Oct}) + 0.1874MT(\text{Nov})$	0.8833	0.7803	0.51
2. 十二月	$= -48.5434 + 0.9414N_J(\text{Dec}) + 0.3290A_J(\text{Nov})$	0.9501	0.9027	0.33
3. 一月	$= 5.1574 + 0.5237N_J(\text{Jan}) + 0.2043N_J(\text{Dec}) + 0.1809MT(\text{Jan})$	0.9314	0.8675	0.39
4. 二月	$= -40.6168 + 0.6636N_J(\text{Feb}) + 0.3718N_J(\text{Dec})$	0.8306	0.6899	0.59
5. 三月	$= 44.7357 + 0.5093N_J(\text{Mar})$	0.6417	0.4118	0.79
6. 四月	$= -25.2763 + 1.0508N_J(\text{Apr}) + 0.3625N_J(\text{Mar})$	0.8387	0.7034	0.57
7. 五月	$= -33.4140 + 0.4476N_J(\text{Apr}) + 0.4990N_J(\text{May})$	0.8124	0.6714	0.60
8. 六月	$= -16.0327 + 0.6030N_J(\text{Jun})$	0.8687	0.7547	0.51
9. 七月				
10. 八月	$= -42.2138 + 0.2167N_J(\text{Jul}) + 0.3572N_J(\text{Aug}) + 0.1719N_J(\text{May})$	0.8965	0.8037	0.48
11. 九月				
12. 十月	$= -30.3743 + 0.6658N_J(\text{Oct}) + 0.2403N_J(\text{Sep})$	0.9587	0.9192	0.30
13. 冬季	$= -13.3214 + 0.7231N_{J(1)} + 0.2106N_{J(1-2)}$	0.7737	0.5986	0.64
14. 夏季				
15. 全年	$= -1.1174 + 0.6531N_{J(1)}$	0.7029	0.4941	0.71

表十八 併用不同集水區水文資料經逐步迴歸分析法並通過95%顯著水準之F-檢驗法所成立的對歐克溪月逕流量的推計迴歸式

迴歸模式： $A_J = f(A_{DB}, A_{SB}, A_{LB}, A_{WT}, N_{DB}, N_{SB}, N_{LB}, N_{WT}, MT)$

月份資料	迴歸式	複相關係數	複決定係數	誤差比
1. 十一月	$A_J = -2.0295 + 1.0494A_{LB} + 0.1015N_{LB}$	0.9812	0.9638	0.23
2. 十二月	$= -3.7200 + 0.8107A_{WT} + 0.1841N_{WT} + 0.0563MT$	0.9958	0.9916	0.10
3. 一月	$= 2.5578 + 0.3570A_{DB} + 0.3348A_{WT} + 0.3979A_{LB}$	0.9850	0.9701	0.19
4. 二月	$= 9.4953 + 0.5350A_{DB} + 0.3473A_{WT}$	0.9830	0.9762	0.16
5. 三月	$= -1.2541 + 0.4246A_{WT} + 0.3389A_{LB} + 0.2300N_{LB}$	0.9731	0.9568	0.22
6. 四月	$= -0.9407 + 0.6672A_{WT} + 0.2565N_{SB}$	0.9834	0.9670	0.19
7. 五月	$= -3.3007 + 0.3043A_{WT} + 0.1128N_{SB}$	0.9887	0.9774	0.16
8. 六月	$= -8.9632 + 0.5639A_{WT} + 0.2507N_{SB}$	0.9766	0.9537	0.23
9. 七月	$= -1.6165 + 0.6050A_{WT} + 0.4494A_{LB}$	0.9848	0.9698	0.18
10. 八月	$= -17.5900 + 0.7008A_{WT} + 0.2448N_{WT}$	0.9430	0.8892	0.35
11. 九月	$= 0.3638 + 0.2415N_{LB} + 0.3229A_{LB} + 0.2433A_{SB}$	0.9734	0.9475	0.25
12. 十月	$= -7.1219 + 0.5948A_{LB} + 0.2595N_{SB} + 0.2488A_{WT}$	0.9913	0.9826	0.14
13. 冬季	$= -3.9803 + 0.5896A_{WT} + 0.2167N_{LB} + 0.1683A_{LB}$	0.9829	0.9661	0.19
14. 夏季	$= -3.2961 + 0.4103A_{WT} + 0.4607A_{LB} + 0.1158N_{WT}$	0.9735	0.9477	0.23
15. 全年	$= -2.4644 + 0.4913A_{WT} + 0.1896A_{LB} + 0.1468N_{LB} + 0.1500A_{DB}$	0.9800	0.9604	0.20

(四)不同地區水文變數的比較研析

本節研析重點在於探討並研判不同集水區對流域月逕流量的資料代表性及其競合情形。

將各試驗集水區的同期水文資料一併引入迴歸模式，以逐步迴歸分析後所成立的對於歐克溪月流量的推計迴歸式，列如表十八。

大體上，WT 集水區比其他三個試驗集水區的資料代表性大，不但在個別月份經常表現優勢，而且在冬季、夏季及全年不分月份時，都顯出其優勢的決定力。

由表上同時可以看出，每一迴歸式中，均有二個以上的水文變數，除了十一月由 LB 集水區資料佔優勢，十二月及八月由 WT 集水區資料佔優勢外，其他各月份及冬季、夏季乃至全年不分月份時，迴歸式中均出現兩個不同集水區的流量或降水量變數資料，有時是不同區的流量組合，有時是不同區流量與降水量的組合。因為四個試驗區地理上雖緊鄰（參見圖二及圖三），但其中 DB 與 SB 兩區面積相當，LB 及 WT 兩區面積相當惟比 DB 及 SB 兩區約大一倍。不過，就表十八所示的迴歸研析結果探討，在式中出現的兩個集水區資料，有時是大區與小區的組合而且次數比較多些，由此可知，不同集水區的水文變數資料內涵對於流域月逕流量的推計說明能力，實有其個別的特殊成分而不易由他區十足取代。

然而在一般應用上，講求的是簡便及實用，因此，如果迴歸式的推計結果，誤差比小於 0.4 時（相當於複決定係數大於 0.85），也就是相當於因變數變方百分之八十五以上能由迴歸式所解說與決定時，通常便認為良好，那麼，用這一誤差比標準來衡量，便可以肯定地判定，這全部四個試驗集水區，除了八月時的 DB、SB、LB 三個集水區例外（見表十二、表十一及表十三），個別地對歐克溪月逕流量均有良好的資料代表性了。如將四個集水區加以平均，並與表十八中的誤差比對照比較，則如表十九。

自表十九的第二行或第三行顯示，這四個面積很小的試驗集水區各自單獨引用來推計歐克溪月逕流量時，其迴歸方程式推計的誤差比的四個區平均值除了上述的八月情形有例外，其餘月別均小於 0.4，足見推計的精確程度甚佳，惟若與第四行比較，便能了解引用四個試驗區資料將比引用單獨一區資料，有更佳成果。

表十九 逐步迴歸分析結果的誤差比對照

資料月別	引用同一時期 水文變數所得	引用不同時期 水文變數所得	引用不同 地區所得
十一月	平均 0.33	平均 0.33	0.23
十二月	0.20	0.20	0.10
一月	0.26	0.25	0.19
二月	0.21	0.20	0.16
三月	0.35	0.35	0.22
四月	0.27	0.27	0.19
五月	0.27	0.25	0.16
六月	0.28	0.28	0.23
七月	0.28	0.27	0.18
八月	0.57	0.52	0.35
九月	0.28	0.28	0.25
十月	0.19	0.19	0.14
冬季	0.26	0.26	0.19
夏季	0.32	0.32	0.23
全年	0.28	0.28	0.20

如比較表上第二行及第三行數字的大小，顯見幾近相同，由此可以肯定認為，引用先期的水文變數資料時雖如前面所述有其貢獻，但一旦各項水文變數資料自某一小區可得，則已可對流域有相當資料說明能力了。

在此還要指出，WT 試驗集水區雖在歐克溪流域內，但對於優溜斯套流量測站所控制的歐克溪流域，則尚在範圍之外（詳見圖二及圖一），但在前面所述的研析，已知在與其他三試驗集水區相較時其資料代表性反而最強，由此可知，流域內的小集水區資料代表性未必比流域範圍外緊鄰的集水區的一定會強。

#### 四、結 論

綜合以上研析結果及討論，可得結論如下：

(1)小面積的森林集水區水文資料對於較大的流域的月逕流量具有資料代表性。由一個集水區所得的月逕流量與月降水量觀測資料，引用來推計較大流域的月逕流量情狀，能有相當良好的精確性，其誤差比大致能達到 0.4 以下，複決定係數則可高於 0.85 以上。

(2)比較逕流量與降水量的資料代表性，自以逕流量資料者為高。在許多月份，甚至單只引用集水



區的逕流量觀測資料，便足以對較大流域月逕流量有相當決定性的推計說明能力，其精確程度已能令人滿意。若單只引用降水量資料，則其推計說明能力不足，未能有令人滿意的精確程度。至於氣溫資料，實可不必寄予重視。

(3)先期的水文變數資料對當期的流域月逕流量情狀，具有某些影響力，即使不大，但若無集水區逕流量觀測資料可資引用時，當可發揮其與當期降水量資料的綜合推計能力，增進精確程度，不過，仍不能獲致令人滿意的成果。

(4)就月逕流量資料的機率分佈曲線特性而言，小集水區的與流域的容有某些差別，但在引用小集水區逕流量資料利用相關與迴歸分析法推計流域的逕流量時，仍能有令人滿意的精確程度。

(5)仲夏八月或冬春交際的三月，小集水區對流域的資料代表性，相對上比其他各月較低。

(6)小集水區森林雖曾皆伐而後不到三年即又造林，但集水區水文資料對於流域月逕流量長期的推計解說能力，仍然沒有產生基本的改變。

(7)在本文中，資料的推計研析採逐步線性相關與迴歸法，有良好的適用性，尤其在探討各水文變數的可能組合及綜合效應的優勢競合實況時，更見此法優點特色。如資料改成對數型進行研析的話，對於迴歸推計結果的精確性，並不能發現有決定性的改進。

(8)引用若干個小集水區資料，特別是地理上各不同方向的附近集水區的觀測資料綜合起來，才能對流域的水文事件具有最佳的說明與表示能力<sup>(13)</sup>，但事實上，引用一個集水區的水文觀測資料，常已能有令人滿意的資料代表性了，只要這個集水區是在流域內或鄰近流域便可，且與這集水區面積（此處指等於或小於流域者）的是大是小並無必然關連。

(9)流域內的小集水區水文資料對流域月逕流量的資料代表性，未必強於流域外緊鄰的集水區的。

(10)由於本文研究的流域，其面積為八十五平方公里，試驗集水區面積為三十二至七十七公頃大小，且鄰近流域的其他集水區大小<sup>(13)</sup>，大致上與此流域相若或較小，但都處於山區，因之，本文研究的成果，若應用到流域面積更廣大的區域，其適用性容待探究。

(11)水文資料有其地域性，由於臺灣地處亞熱帶海島氣候，森林集水區水文問題尚待加強研究，並

與國外的研究成果進一步比較探討。

## 五、參考文獻

1. Balázs, A.; Liebscher, H.-J.; Wagenhoff, A.  
"Forstlich-hydrologische Untersuchungen in bewaldeten Versuchsgebieten im Oberharz", Aus dem Walde, Heft 22, 1974.
2. Efroymsen, M. A.  
"Mathematische Methoden für Digitalrechner I, Kapitel 17, Mehrfache Regressionsanalyse", Ralston, A.; Wilf, H. S., 1972.
3. Friedrich, W.; Liebscher, H.-J.; Rudolph, R.; Wagenhoff, A.  
"Forstlich-hydrologische Untersuchungen in bewaldeten Versuchsgebieten im Oberharz", Aus dem Walde, Heft 7, 1968.
4. Haase, H.; Schmidt, M.; Lenz, J.  
"Der Wasserhaushalt des Westharzes, Hydrologische Untersuchungen 1941-1965, Kapitel 6, Oker", Kommissionsverlag Gebr. Wurm KG, Göttingen, 1970.
5. Huang, K.-C.  
"Auswahl der repräsentativen Nachbarstationen mittels schrittweiser linearer Regression", Bericht, Leichtweiss-Institut für Wasserbau der Technischen Universität Braunschweig, Nov. 1973.
6. Kreyszig, E.  
"Statistische Methoden und ihre Anwendungen", Göttingen: Vandenhöck & Rupprecht, 1972.
7. Linsley, R. Y. Jr; Kohler, M. A.; Paulhus, J. L. H.  
"Hydrology for Engineers", 1982.
8. Maniak, U; Grobe, B.  
"Verteilungsfunktionen für Hochwasserhäufigkeiten und ihre Eignung",

- Mitteilungen des Leichtweiss-Instituts für Wasserbau der Technischen Universität Braunschweig, Heft 35, 1972
9. Teuber, W.  
"Kontinuierliche Abflussvorhersagen mittels mehrfacher linearer Regression", Mitteilungen des Leichtweiss-Instituts für Wasserbau der Technischen Universität Braunschweig, Heft 26, 1970.
  10. Yevjevich, V.  
"Probability and Statistics in Hydrology", Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, 1972.
  11. Yevjevich, V.  
"Stochastic Processes in Hydrology", 1972.
  12. 林淵霖  
「國外與臺灣之森林集水區經營」，表 I-1 p.p. 5-8，中華水土保持學會印行，民國67年4月。
  13. 黃光政  
「溪流月流量短期觀測資料之代表性及選用附近水文測站較長期觀測資料之模擬與應用研究」，中國農業工程學報第22卷第3期，民國65年9月。
  14. 劉浚明  
「美國與臺灣森林集水區經營試驗之概況」，表一，p.175，中華水土保持學報第13卷第1、2期，民國71年12月。

(上接第73頁)

的德州每年增加一千萬英畝呎的水量，德州水資源研究所指出這些垃圾植物所耗水量超過德州所有都市用水和工業用水之總合。

△改進傳統的灌溉系統將可減少農業用水量，目前農業用水占美國總用水量的83%，而其中浪費的水量達半數之多。傳統的漫灌方式耗水量為噴灑灌溉耗水量的六倍，滴水灌溉是將水直接滴在植物根系，而無土壤蒸發量的損失，是一種最具省水效果的灌溉方法。

△農業方面亦應致力於新品種植物的研究，使其能在乾燥的氣候下和鹽份土壤中具有抵抗力且能欣欣向榮，以大幅減少農業用水量。

△完善的都市計畫應建立雨水下水道和污水下水道分流系統，長島的地方當局鑑於即將枯竭的地下水資源，目前採取了補注流域的措施，也就是以人為的方法（如：掘坑、埋管或利用廢棄井等）將

水經由土壤滲入地下含水層中。

△在工業上可將水重複循環使用以減少浪費，研究者建議採用收集液化水系統來代替蒸發冷卻塔，則可節省11%的用水。

即使採取了水資源保育措施，假如在未來數年中人們繼續將水輸往西南方的沙漠，則仍然無法緩和用水的壓力。因此有些專家仍然執着於那幾近荒謬的想法，企圖將水源由北極區帶到南方，以使沙漠變成綠洲。

如今北美水源和電力聯盟提出一個計畫，此計畫將從北方的阿拉斯加和加拿大引水，途中經過一連串的運河、隧道、水壩及現有的河流。除了供應水源外，它亦將生產數百萬瓩的電力。此一計畫在1965年提出時，工程師估計須費時30年才能完成，工程費達1500億美元。

(譯自：美國新聞及世界報導 U. S. News & World Report 10/31, 1983)