



EJ095198006167

臺灣不同地質區之河流等級研究

A Study on the Stream Order among Different Geological Provinces in Taiwan

國立臺灣師範大學地理學研究報告第六期(1980)

張瑞津*

Jui-chin Chang

ABSTRACT

Based on morphometry and field work, the study attempts to compare the nature of stream order among different geological provinces of schist, slate, sandstone-shale, mudstone-shale, volcanic rock and reef-limestone. Basic data are collected from ten drainage basins, and values of some parameters of stream order are obtained as the following table:

parameters of stream order geological provinces	schist		slate		sandstone-shale		mudstone-shale		volcanic rock	reef- limestone
	Wanlichi- aoysi	Mahuola- ssuhsyi	Chakung- hsyi	Tahsueh- hsyi	Pakuali- hsyi	Huosahsi	Chilung- hsyi	Kangtzu- linhsyi	Huanghsyi	Liang- lunghsyi
stream order	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
stream frequency(N/km^2)	1.60	1.00	1.40	1.29	1.29	0.95	3.81	4.35	2.09	2.82
stream density (km/km^2)	1.61	1.40	1.63	1.28	1.27	1.15	2.88	2.99	2.17	2.24
$\Sigma N_i / \Sigma N$ (%)	80.51	78.21	76.19	81.16	76.56	77.01	79.03	76.33	77.14	74.60
$\Sigma L_i / \Sigma L$ (%)	60.77	51.36	59.85	57.09	59.01	64.03	64.03	67.25	66.16	61.53
$\Sigma A_i / \Sigma A$ (%)	54.03	60.70	56.27	52.44	52.44	60.60	64.81	56.76	60.63	55.84
bifurcation ratio (R_b)	4.560	3.972	4.121	3.733	3.664	4.178	4.667	4.920	4.246	3.516
length ratio (R_L)	2.642	3.170	2.506	2.773	2.421	2.218	2.588	2.858	2.427	2.113
slope ratio (R_s)	1.746	2.249	2.344	1.770	2.099	1.910	2.667	3.126	2.455	2.938
area ratio (R_a)	5.623	4.613	4.977	4.721	4.188	4.667	5.212	5.916	5.058	4.276

N_1 : Number of 1st.order stream L_1 : Length of 1st order stream A_1 : Drainage area of 1st order stream

- All the ten selected drainage basins with $20-100 km^2$ in area belong to 4th order according to Strahler's ordering on map scale of 1:50000. The values of stream frequency and stream density tend to be higher in mudstone-shale province than of others.

- The values of $\Sigma L_i / \Sigma L$, $\Sigma N_i / \Sigma N$ and $\Sigma A_i / \Sigma A$ lie between 75-80 %, 55-70 %,

*國立台灣師範大學地理系副教授

Associate Professor, Department of Geography, National Taiwan Normal University.

50-60 % respectively. There are no obvious difference among different geological provinces. They are probably the "topological property" of drainage basin.

3. Although the selected drainage basins show different geological characteristics, their bifurcation ratio, length ratio, slope ratio and area ratio vary slightly in general.

壹、緒論

一、研究的意義與目的

河流等級的理論為地形學與水文學計量研究的一重要基礎，其理論發端於哈頓學說 (Huttonia theory, 1788)，經蒲雷腓 (Playfair, 1802) 的發揚，而確立於何頓法則 (Horton's Law, 1945)。何頓法則為說明河流等級增加時，河流數目、河流長度、河流坡度及河流面積成幾何級數的增加或減少的一種經驗法則¹⁾。過去曾引起不少數理統計學者或理論地理學者所重視，對此法則產生一連串的修正與檢討，遂成為近代計量地形學的研究主流之一。

河流等級研究中有關流域計量問題中比較受人注意者有下列三方面：1. 河流等級區分法，2. 地圖縮尺與河流等級之關係，3. 地質、氣候與河流等級的關係。各方面的研究均有不少學者提出論文加以探討。筆者於過去數年間，也以台灣島上南端及東部海岸的河流為例，分別對河流數目法則及河流長度法則加以實證外²⁾，並以台灣山地區與丘陵區的河流為例，探討其在河流等級上之差異，發現在山地、高丘陵與低丘陵三類不同地形區之流域，雖其地形特徵有明顯的差異性，然其河流等級與河流數目，河流等級與河流長度之關係卻具有高度的相似性³⁾。關於地圖縮尺與河流等級之關係，筆者也曾以台北盆地北周緣的雙溪川為例，對地圖縮尺與河流數目、河流長度、分歧比、流長比、河流密度以及河流頻度的關係加以比較分析，並由此得出一些經驗公

¹⁾ Horton, R. E. (1945) Erosinal Development of Streams and Their Drainage Basins—Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology, Bull. of Geol. Soc. Am., vol. 56, pp. 275-370.

²⁾ 張瑞津 (1975) 台灣南端四重溪與港口溪河流等級的研究，台灣文獻，26卷2期，pp. 155-171。

—— (1976) 台灣東部蘇花及礁溪斷層海岸域的河流等級研究，師大地理研究報告，第2期，pp. 165-178。

—— (1977) 台灣東部花東海岸域的河流等級研究，師大地理研究報告，第3期，pp. 253-268。

—— (1978) 台灣東部東棚海岸域的河流等級研究，師大地理研究報告，第4期，pp. 151-172。

³⁾ 張瑞津 (1975) 台灣山地區丘陵區河谷等級的計量研究，師大地理研究報告，第1期，pp. 141-168。

式^④。關於地質、氣候與河流等級之關係，為筆者本年研究的重點，有關此方面的研究，過去的學者見解不一，如高士（Ghose, B. 1967）指出岩質、氣候的差異會影響河系的發達^⑤，而密勒（Miller, V. C. 1953）認為以岩質不同來求河系發達程度的差異性，似很困難^⑥，但梅爾頓（Melton, M.A. 1957）卻認為河系發達與岩質密切相關，如在岩質較軟弱或岩層不透水區或植被較少的地區，水系較發達，岩石抗蝕力較強或岩層易透水的區域水系較不發達^⑦。最近日人島野安雄（1978）也指出岩質不同，河流等級的各種參數（parameter）也不同，如火成岩年代愈古老的地區，河流的分歧比（bifurcation ratio）愈大；沈積岩區之流長比（length ratio）及坡度比（slope ratio）大，而變質岩區則小^⑧。基於上述學者意見不同，筆者試以台灣島六類不同地質區的十個流域為例，把握下列諸現象以探討不同地質區河流等級的特性。

1. 河流等級與河流數目的關係
2. 河流等級與河流長度的關係
3. 河流等級與河流坡度的關係
4. 河流等級與流域面積的關係

二、研究的區域

本文所選取的十個研究區域分屬於六類地質區^⑨：片岩區、板岩區、砂頁岩區、泥頁岩區、火成岩區及珊瑚礁石灰岩區^⑩。各流域的範圍及位置如圖1及表1所示。

^④ 張瑞津（1979） 地圖縮尺與河流等級之關係，師大地理研究報告，第5期，pp. 131-144。

^⑤ Ghose, B., Pandly, S., and Lal, G. (1967) Quantitative Geomorphology of the Drainage Basins in the Central Luni Basin in West Rajasthan, *Zeitschrift fur Geomorphologie*, vol. 11, pp. 146-160.

^⑥ Miller, V. C. (1953) A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area: Va. and Tenn. Tech., Rept., 20, Columbia University, Dept. of Geol., ONR, Geography Branch, N.Y.

^⑦ Melton, M.A. (1957) An Analysis of the Relations among Elements of Climate, Surface Properties and Geomorphology: Project NR 389-042, Tech. Rept., 11, Columbia University, Dept. of Geol. ONR, Geography Branch, N.Y.

^⑧ 島野安雄（1978）日本の河川流域における水系網の特性について，地理學評論，vol. 51-10, pp. 776-784。

^⑨ 何春蓀（1975）台灣地質概論，中華民國經濟部印行，pp. 1-96。

^⑩ • 由於本島火成岩區及珊瑚礁石灰岩區分布範圍不廣，僅各選一個流域為例。
• 珊瑚礁石灰岩區，由於詞長，簡稱為珊瑚礁岩區。

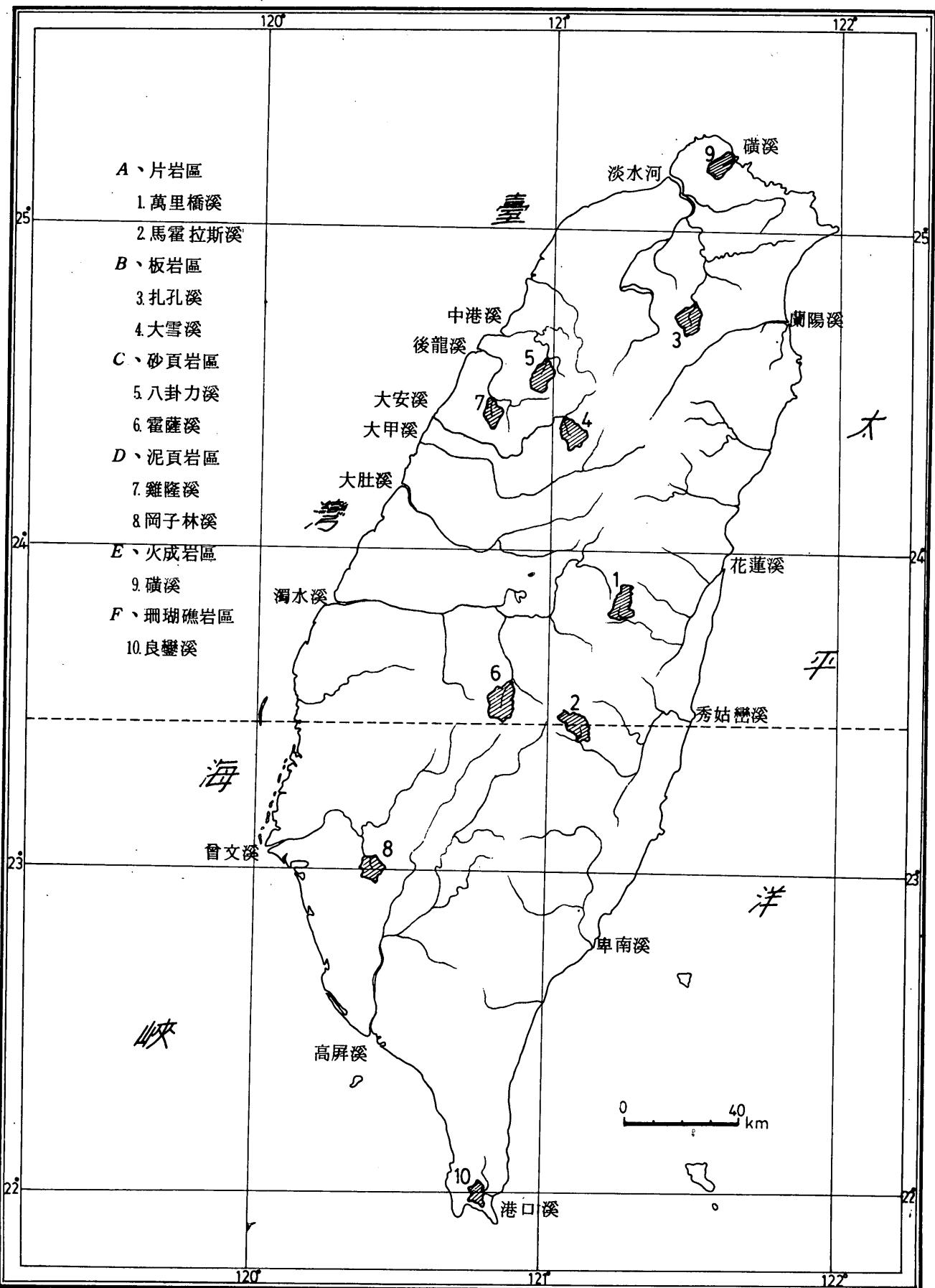


圖1 各流域位置圖

六類地質區之岩石性質均有明顯的差異性，如片岩，其生成的年代最早，約古生代後期至中生代，變質的程度也最大，岩石固結性較大，透水性較差。板岩為古第三紀的岩層，變質的程度次於片岩，其固結程度雖不如片岩，但比頁岩緻密。砂頁岩為新第三紀中新世的沈積碎屑岩，具有許多層理，砂岩抗蝕力強，頁岩抗蝕力弱，差別侵蝕的現象最為明顯。泥頁岩為新第三紀上新世的沈積岩，固結性最差，岩性最鬆軟。大屯火山群火成岩中的安山岩為質地堅硬細結晶岩，遇水易風化成為黏土，為第四紀大屯火山活動噴出的產物。珊瑚礁石灰岩為造礁珊瑚和石灰質生物遺骸所構成的礁岩，也是第四紀更新世的沈積碎屑岩，岩石多孔隙，易透水，固結性也較差。

表 1 各流域的面積及範圍

地質區	流 域	面 積 (km^2)	範 圍	備 註
片岩區	萬里橋溪	73.732	上 游 部	花蓮溪上游
	馬霍拉斯溪	77.640	全 流 域	秀姑巒溪上游
板岩區	扎孔溪	60.120	全 流 域	南勢溪支流
	大雪溪	53.308	全 流 域	大安溪上游
砂岩	八卦力溪	49.480	全 流 域	中港溪支流
頁區	霍薩溪	91.360	全 流 域	濁水溪支流
泥岩	鷄隆溪	32.588	全 流 域	後龍溪支流
頁區	岡子林溪	38.828	全 流 域	曾文溪支流
火岩成區	礦 溪	50.320	全 流 域	經金山入海
珊瑚礁岩區	良鑾溪	22.348	全 流 域	港口溪支流

除上述一般地質概觀外，十個研究區域的高度、坡度的特徵亦有不同，根據五萬分之一地形圖計測，其中五個流域屬於山地區，五個流域屬於丘陵區，其高度、坡度的統計值如表2所示。

圖 2 各流域河流等級圖

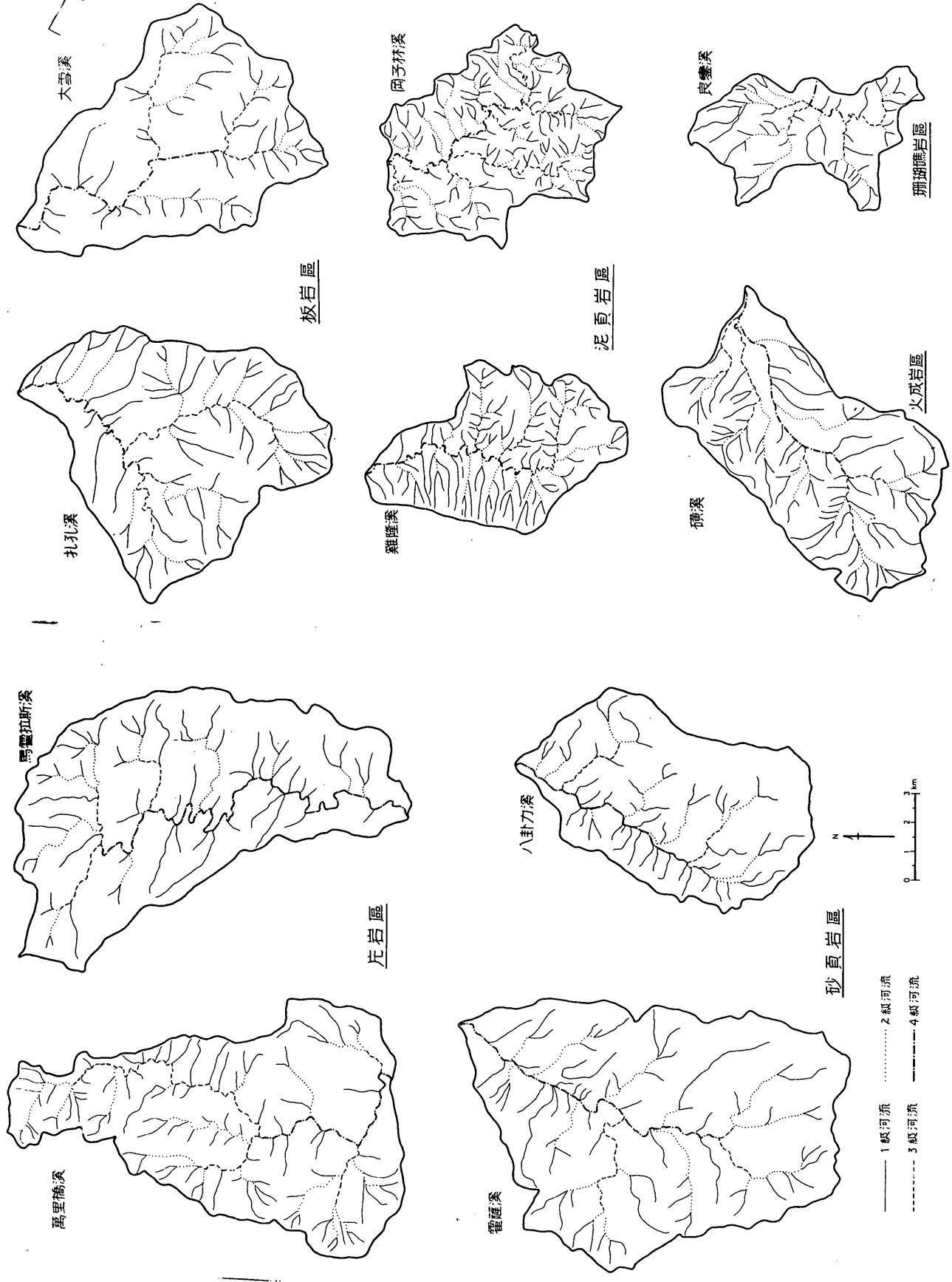


表 2 各流域高度及坡度統計表

流 域	高 度 (m)			坡 度			地 形 分 類
	平均數 (M)	四分差 數(QD)	50 %面積高 度分布範圍	平均數 (M)	四分差 數(QD)	50 %面積坡 度分布範圍	
萬里橋溪	2150	350	2500 ~ 1800	33°53'	5°53'	39°46' ~ 28°00'	山地區
馬霍拉斯溪	2480	360	2840 ~ 2120	33°36'	5°06'	39°42' ~ 28°30'	山地區
扎孔溪	1160	240	1400 ~ 920	30°03'	4°03'	34°06' ~ 26°00'	山地區
大雪溪	2355	385	2740 ~ 1970	34°20'	3°50'	38°10' ~ 30°30'	山地區
八卦力溪	790	280	1070 ~ 510	23°45'	5°15'	29°00' ~ 18°30'	丘陵區
霍薩溪	1660	380	2040 ~ 1280	34°25'	4°55'	39°20' ~ 29°30'	山地區
鷄隆溪	365	130	495 ~ 235	21°43'	6°33'	28°16' ~ 15°10'	丘陵區
岡子林溪	82	45	127 ~ 37	17°38'	3°53'	21°31' ~ 13°45'	丘陵區
礦溪	385	265	650 ~ 120	17°00'	8°30'	25°30' ~ 8°30'	丘陵區
良鑾溪	121	71	192 ~ 50	12°13'	3°33'	15°46' ~ 8°40'	丘陵區

三、研究的方法

- 根據五萬分之一地形圖，在不同地質區選出十個流域，面積約在 $20 \sim 100 \text{ km}^2$ ，畫其界線，以定範圍，總共面積為 549.7 km^2 。
- 描繪圖上河流，將河流延長至等高線成 V 字形處，依史瑞拉等級區分法 (Strahler's ordering) 加以區分，製成各流域河流等級圖，即圖 2。
- 依據圖 2，分別計測各流域各級河流的數目、累加平均長度、坡度及面積，並求各級河流之間的分歧比、流長比、坡度比及面積比，製成表 3.7.11.13。
- 以最小平方法 (least square method) 求河流等級與河流數目、河流長度、河流坡度及流域面積之直線方程式，並求其之間的相關係數 (r)，製成表 6.10.12.15 及圖 3 ~ 6。
- 根據表 3.7.11.13 製成河流頻度統計表，河流密度統計表及 1 級河流總數、1 級河流總長、1 級河流流域總面積之統計表，分別為表 4.8.5.9.14。
- 根據上述圖表加以分析討論。

貳、本論

一、河流等級與河流數目

1.由圖 2 河流等級圖觀之，流域面積在 20 ~ 100 平方公里的河流均為 4 級。本文選取的片岩、板岩及砂頁岩區之河流，流域面積較大，約在 50 ~ 100 平方公里，岩性較為緻密，又位於山地區，而泥頁岩、珊瑚礁岩及火成岩區之河流，其流域面積較小，約在 20 ~ 50 平方公里，岩石固結性較差，又位於丘陵區，雖然流域面積有所差別，但因水系發達的程度不一，河流等級並未差異，均屬於 4 級。由表 3 河流數目統計表觀之，河流等級與流域面積及河流數目三者均不成比例關係，如霍薩溪，流域面積為 91 平方公里，但河流數目僅 87 條；岡子林溪流域面積僅 40 平方公里，但河流數目卻高達 169 條，配合表 4 河流頻度觀之，更為清楚。各流域的河流頻度大部分在 1 ~ 4 之間，其中以泥頁岩區的岡子林溪、鷄隆溪最高，平均每平方公里 4.35 條及 3.81 條，珊瑚礁岩區之良鑾溪次之，為 2.82 條，火成岩區之礦溪又次之，為 2.09 條，其餘板岩、片岩及砂頁岩又次之，均在 2 條以下。由此可見，岩質之差異，對河流發達的程度，仍具有相當的影響力。

2.河流頻度在不同地質區雖有差異，但由 1 級河流總數占全島河流總數的百分率（表 5）觀之，差異卻甚小，多在 75 ~ 80 % 之間。比諸本島其他大小流域，其百分率也多在 75 ~ 80 % 之間，此值可謂各流域具有的拓撲性（topological property）。

3.依何頓第一法則——河流數目法則，河流數目與河流等級呈反幾何級數關係，河流數目隨河流等級增加而減少。本文六類不同地質區之十個流域亦呈此種關係（相關係數 > 0.99 ），如表 6 及圖 3 所示。由各流域的平均分歧比觀之，均在 3 ~ 5 之間，僅泥頁岩區偏高，在 4.6 以上，珊瑚礁岩區略低，約 3.5，但整體而言，並不因地質不同，而有明顯的差異性。

表3 河流數目統計表

地質區	流域	河流等級	河流數目	分歧比 ($1/\alpha$)
片岩區	萬里橋溪	1	95	5.28 4.50 4.00
		2	18	
		3	4	
		4	1	
		合計	118	
	馬霍拉斯溪	1	61	4.69 4.33 3.00
		2	13	
		3	3	
		4	1	
		合計	78	
板岩區	扎孔溪	1	64	4.00 5.33 3.00
		2	16	
		3	3	
		4	1	
		合計	84	
	大雪溪	1	56	6.22 3.00 3.00
		2	9	
		3	3	
		4	1	
		合計	69	
砂頁岩區	八卦力溪	1	49	4.45 3.67 3.00
		2	11	
		3	3	
		4	1	
		合計	64	
	霍薩溪	1	67	4.19 5.33 3.00
		2	16	
		3	3	
		4	1	
		合計	87	
泥頁岩區	鷄隆溪	1	98	4.67 5.25 4.00
		2	21	
		3	4	
		4	1	
		合計	124	
	岡子林溪	1	129	4.16 3.88 8.00
		2	31	
		3	8	
		4	1	
		合計	169	
火成岩區	礦溪	1	81	4.50 3.60 5.00
		2	18	
		3	5	
		4	1	
		合計	105	
珊瑚礁岩區	良鑾溪	1	47	4.27 2.75 4.00
		2	11	
		3	4	
		4	1	
		合計	63	

$$\alpha = N_{i+1} / N_i \quad N_i \text{ 為 } i \text{ 級河流數目}$$

表4 河流頻度統計表

地質區	流域	面積 (km ²)	河流數目 (N)	河流頻度 (N/km ²)
片岩區	萬里橋溪	73,732	118	1.60
	馬霍拉斯溪	77,640	78	1.00
板岩區	扎孔溪	60,120	84	1.40
	大雪溪	53,308	69	1.29
砂岩區	八卦力溪	49,480	64	1.29
頁岩區	霍薩溪	91,360	87	0.95
泥岩區	鷄隆溪	32,588	124	3.81
頁岩區	岡子林溪	38,828	169	4.35
火成岩區	礦溪	50,320	105	2.09
珊瑚礁岩區	良鑾溪	22,348	63	2.82

$$\text{河流頻度} = \text{河流數目} / \text{流域面積}$$

表5 1級河流總數占全域河流總數之百分率表

地質區	流域	河流總數 (ΣN)	1級河流 總數(ΣN_1)	$\Sigma N_1 / \Sigma N$ (%)
片岩區	萬里橋溪	118	95	80.51
	馬霍拉斯溪	78	61	78.21
板岩區	扎孔溪	84	64	76.19
	大雪溪	69	56	81.16
砂岩區	八卦力溪	64	49	76.56
頁岩區	霍薩溪	87	67	77.01
泥岩區	鷄隆溪	124	98	79.03
	岡子林溪	169	129	76.33
火成岩區	礦溪	105	81	77.14
	珊瑚礁岩區	63	47	74.60

表 6 河流等級與河流數目關係表

地質區	流 域	直 線 方 程 式	相 關 係 數 (r)	平 均 分 攝 比 (R _b)
片岩區	萬 里 橋 溪	$\log y = 2.605 - 0.659 x$	- 0.9992	4.560
	馬 霍 拉 斯 溪	$\log y = 2.342 - 0.599 x$	- 0.9972	3.972
板 岩 區	扎 孔 溪	$\log y = 2.408 - 0.615 x$	- 0.9971	4.121
	大 雪 溪	$\log y = 2.225 - 0.572 x$	- 0.9909	3.733
砂 岩 頁 區	八 卦 力 溪	$\log y = 2.211 - 0.564 x$	- 0.9977	3.664
	霍 薩 溪	$\log y = 2.428 - 0.621 x$	- 0.9970	4.178
泥 岩 頁 區	鷄 隆 溪	$\log y = 2.652 - 0.669 x$	- 0.9994	4.667
	岡 子 林 溪	$\log y = 2.856 - 0.692 x$	- 0.9946	4.920
火 岩 成 區	礦 溪	$\log y = 2.536 - 0.628 x$	- 0.9991	4.246
珊瑚 瑚 岩 區	良 璞 溪	$\log y = 2.193 - 0.546 x$	- 0.9978	3.516

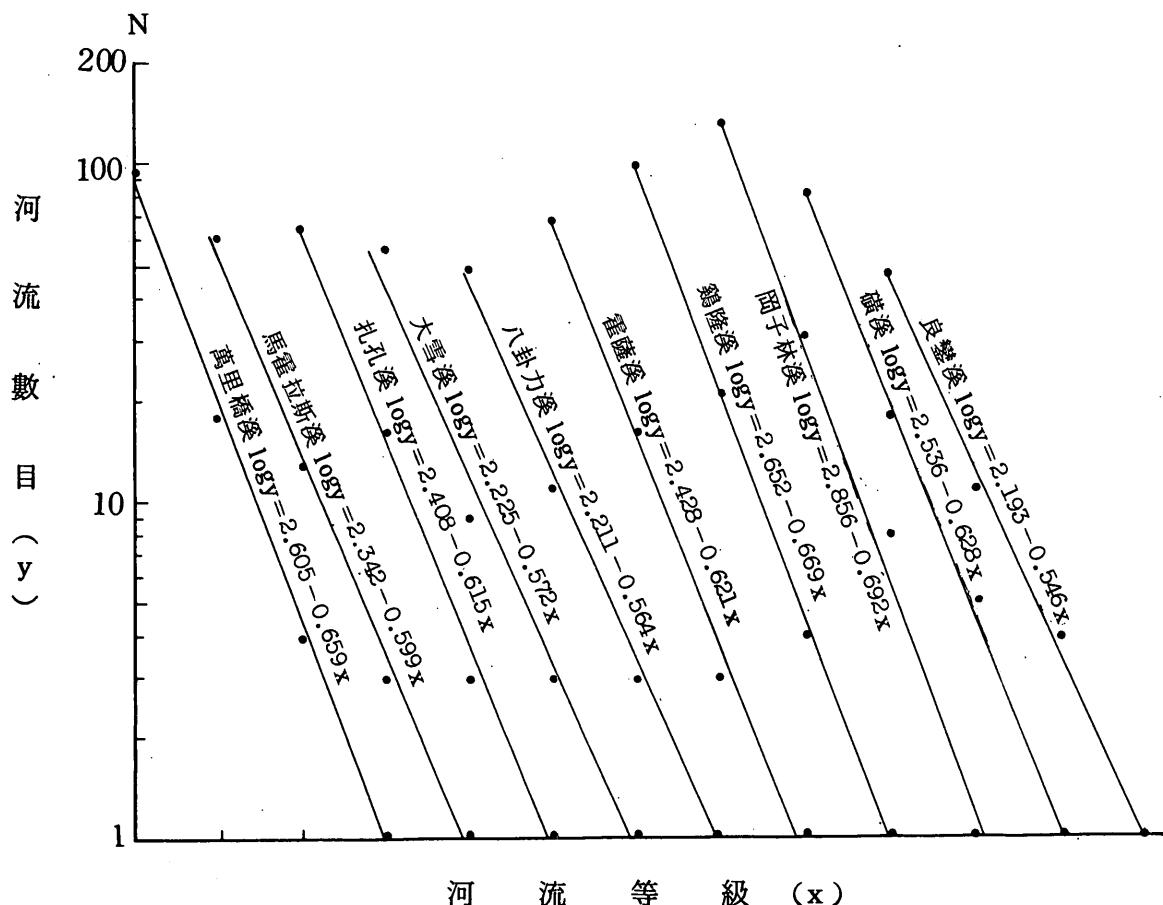


圖 3 各流域河流等級與河流數目關係圖

二、河流等級與河流長度

1.由表 7 河流長度統計表觀之，各級河流之流長比約在 2~3 之間，各流域並無明顯的差異。但以河流總長而言，各域之間卻相差甚遠，以表 8 河流密度統計表觀之，各流域的河流密度在 1~3 之間，其中泥頁岩區之岡子林溪及鷄隆溪最大，為 2.99 及 2.88，其次為珊瑚礁岩區之良鑾溪及火成岩區之礦溪為 2.24 及 2.17，片岩區、板岩區及砂頁岩區者偏低，均在 2 以下，由此可見，岩質對河流之發達程度，仍具有影響力。

2.河流密度在不同地質區雖有不同，但各流域 1 級河流總長占全流域河流總長的百分率卻相差不大，約在 55~70% 之間。比諸本島其他大小流域，其百分率也多在 55~70% 之間，此值亦可謂各流域所具有之拓撲性。

3.依何頓第二法則——河流長度法則，河流平均長度與河流等級呈正幾何級數關係，即在半對數圖中成直線關係。以史瑞拉的等級區分，高等級的河流平均長度有時反而短，河流平均長與河流等級並無一定比例關係，故以河流累加平均長度代替河流平均長度加以彌補。本文不同地質區各流域之河流累加平均長度與河流等級均呈正幾何級數關係（相關係數 > 0.97 ），如表 10 及圖 4 所示。各流域之平均流長比在 2~3 之間，其中以片岩區及泥頁岩區略大，在 2.6 以上，以珊瑚礁岩區最小，為 2.1，但以整體而言，不同地質區之平均流長比並無明顯的差異性。

三、河流等級與河流坡度

1.由表 11 河流坡度統計表觀之，各級河流的坡度比大部分在 1~3 之間，由於本項測繁重，本島其他大小流域之坡度比的資料不可多得，故較難比較。

2.依何頓第三法則——河流坡度法則，河流坡度與河流等級呈反幾何級數關係，河流坡度隨河流等級增加而減少。但由圖 5 及表 12 觀之，兩者呈反幾何級數之關係較不嚴謹（相關係數介於 -0.92 與 -0.99 之間），換言之，本法則在機遇率上所具有之規則性仍待探討。

3.由表 12 河流坡度與河流等級關係表觀之，各流域之平均坡度比約在 1~3 之間，其中泥頁岩區及珊瑚礁區略高，在 2.5 以上，其餘各區均在 2.5 以下，並無明顯的差異性。

表7 河流長度統計表

地質區	流域	河流等級	河流總長(km)	平均河長(km)	累加平均長(km)	流長比(β)
片岩區	萬里橋溪	1	72.20	0.760	0.760	2.70 2.95 2.22
		2	23.20	1.289	2.049	
		3	16.00	4.000	6.049	
		4	7.40	7.400	13.449	
		合計	118.80			
板岩區	馬雀拉斯溪	1	55.75	0.914	0.914	3.33 1.76 6.61
		2	15.80	1.215	3.043	
		3	6.95	2.317	5.360	
		4	30.05	30.050	35.410	
		合計	108.55			
板岩區	扎孔溪	1	58.80	0.919	0.919	2.34 2.92 2.19
		2	19.65	1.228	2.147	
		3	12.35	4.117	6.264	
		4	7.45	7.450	13.714	
		合計	98.25			
板岩區	大雪溪	1	38.85	0.694	0.694	2.57 2.79 2.98
		2	9.80	1.089	1.783	
		3	9.55	3.183	4.966	
		4	9.85	9.850	14.816	
		合計	68.05			
砂頁岩區	八卦力溪	1	37.00	0.755	0.755	2.49 2.04 2.96
		2	12.35	1.123	1.878	
		3	5.85	1.950	3.828	
		4	7.50	7.500	11.328	
		合計	62.70			
岩區	翟蔭溪	1	67.20	1.003	1.003	2.50 1.97 2.32
		2	24.00	1.500	2.503	
		3	7.25	2.417	4.920	
		4	6.50	6.500	11.420	
		合計	104.95			
泥頁岩區	鶴隆溪	1	63.05	0.643	0.643	2.13 2.23 3.83
		2	15.30	0.729	1.372	
		3	6.75	1.688	3.060	
		4	8.65	8.650	11.710	
		合計	93.75			
岩區	岡子林溪	1	66.05	0.512	0.512	2.54 2.58 3.68
		2	24.45	0.789	1.301	
		3	16.50	2.063	3.364	
		4	9.00	9.000	12.364	
		合計	116.00			
火成岩區	礦溪	1	72.35	0.893	0.893	2.04 2.23 3.21
		2	16.75	0.931	1.824	
		3	11.25	2.250	4.074	
		4	9.00	9.000	13.074	
		合計	109.35			
珊瑚礁岩區	良鑾溪	1	30.87	0.657	0.657	2.31 2.15 1.89
		2	9.45	0.859	1.516	
		3	6.95	1.738	3.254	
		4	2.90	2.900	6.154	
		合計	50.17			

$$\beta = L_{i+1}/L_i \quad L_i \text{ 為 } i \text{ 級河流累加平均長度}$$

表 8 河流密度統計表

地質區	流 域	面 積 (km ²)	河流總長 (km)	河流密度 (km/km ²)
片岩區	萬里橋溪	73.732	118.80	1.61
	馬霍拉斯溪	77.640	108.55	1.40
板岩區	扎孔溪	60.120	98.25	1.63
	大雪溪	53.308	68.05	1.28
砂岩	八卦力溪	49.480	62.70	1.27
頁區	霍薩溪	91.360	104.95	1.15
泥岩	鷄隆溪	32.588	93.75	2.88
頁區	岡子林溪	38.828	116.00	2.99
火岩成區	礪溪	50.320	109.35	2.17
珊瑚礁區 珊瑚岩	良鑾溪	22.348	50.17	2.24

河流密度 = 河流總長 / 流域面積

表 9 1級河流總長占全流域河流總長之百分率表

地質區	流 域	河流總長 (ΣL)	1級河流 總長(ΣL ₁)	ΣL ₁ / ΣL (%)
片岩區	萬里橋溪	118.80	72.20	60.77
	馬霍拉斯溪	108.55	55.75	51.36
板岩區	扎孔溪	98.25	58.80	59.85
	大雪溪	68.05	38.85	57.09
砂岩	八卦力溪	62.70	37.00	59.01
頁區	霍薩溪	104.95	67.20	64.03
泥岩	鷄隆溪	93.75	63.05	67.25
頁區	岡子林溪	116.00	66.05	56.94
火岩成區	礪溪	109.35	72.35	66.16
珊瑚礁區 珊瑚岩	良鑾溪	50.17	30.87	61.53

表 10. 河流等級與河流長度關係表

地質區	流 域	直 線 方 程 式	相關係數 (r)	平均流長比 (R _i)
片岩區	萬里橋溪	$\log y = -0.528 + 0.422x$	0.9983	2.642
	馬霍拉斯溪	$\log y = -0.572 + 0.501x$	0.9776	3.170
板岩區	扎孔溪	$\log y = -0.439 + 0.399x$	0.9985	2.506
	大雪溪	$\log y = -0.618 + 0.443x$	0.9995	2.773
砂岩區	八卦力溪	$\log y = -0.512 + 0.384x$	0.9970	2.421
	霍薩溪	$\log y = -0.327 + 0.346x$	0.9986	2.218
泥岩區	鷄隆溪	$\log y = -0.657 + 0.413x$	0.9894	2.588
	岡子林溪	$\log y = -0.780 + 0.456x$	0.9972	2.858
火成岩區	礪溪	$\log y = -0.477 + 0.385x$	0.9931	2.427
珊瑚礁區 珊瑚岩	良鑾溪	$\log y = -0.487 + 0.325x$	0.9981	2.113

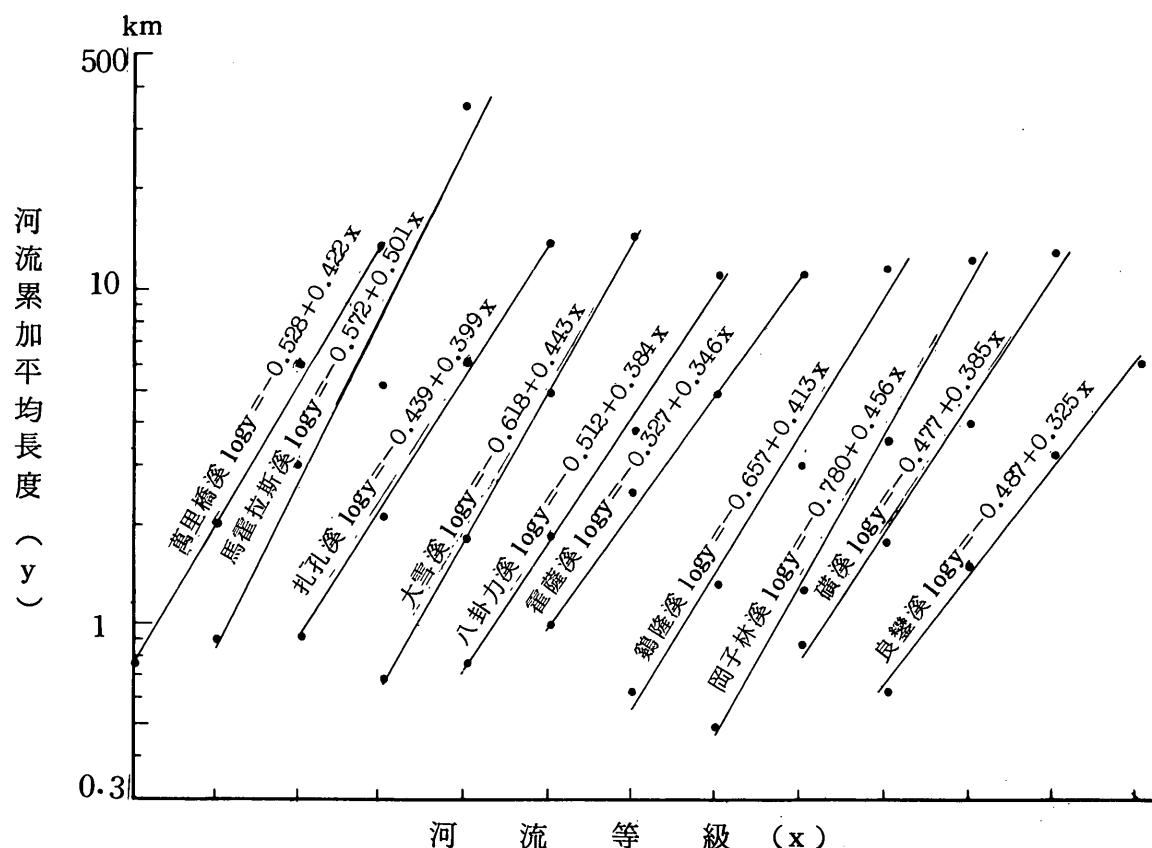


圖 4 各流域河流等級與河流長度關係圖

表 11. 河流坡度統計表

地質區	流域	河流等級	平均坡度	坡度比(γ)	地質區	流域	河流等級	平均坡度	坡度比(γ)
片岩區	萬里橋溪	1	0.460	1.39	砂頁岩區	霍薩溪	1	0.484	2.02
		2	0.331	1.26			2	0.240	1.47
		3	0.262	3.36			3	0.163	2.55
		4	0.078				4	0.064	
	馬霍拉斯溪	1	0.468	1.60	泥頁岩區	鷄隆溪	1	0.232	2.11
		2	0.293	2.22			2	0.110	1.96
		3	0.132	3.22			3	0.056	5.09
		4	0.041				4	0.011	
板岩區	扎孔溪	1	0.477	1.58	岡子林溪	礦溪	1	0.105	3.00
		2	0.302	3.21			2	0.035	2.06
		3	0.094	2.29			3	0.017	5.67
		4	0.041				4	0.003	
	大雪溪	1	0.558	1.45	火成岩區	礦溪	1	0.268	1.77
		2	0.385	1.32			2	0.151	1.72
		3	0.292	3.21			3	0.088	5.50
		4	0.091				4	0.016	
砂頁岩區	八卦力溪	1	0.319	1.41	珊瑚礁石區	良鑾溪	1	0.138	2.65
		2	0.227	1.99			2	0.052	2.26
		3	0.114	3.35			3	0.023	4.60
		4	0.034				4	0.005	

$$\gamma = S_i / S_{i+1} \quad S_i \text{ 為 } i \text{ 級河流坡度}$$

表 12. 河流等級與河流坡度關係表

地質區	流域	直線方程式	相關係數(r)	平均坡度比(R _s)
片岩區	萬里橋溪	$\log y = -0.023 - 0.242x$	-0.9272	1.746
	馬霍拉斯溪	$\log y = 0.097 - 0.352x$	-0.9818	2.249
板岩區	扎孔溪	$\log y = 0.112 - 0.370x$	-0.9879	2.344
	大雪溪	$\log y = 0.060 - 0.248x$	-0.9423	1.770
砂岩頁區	八卦力溪	$\log y = -0.084 - 0.322x$	-0.9670	2.099
	霍薩溪	$\log y = -0.028 - 0.281x$	-0.9880	1.910
泥岩頁區	鷄隆溪	$\log y = -0.315 - 0.426x$	-0.9754	2.667
	岡子林溪	$\log y = -0.445 - 0.495x$	-0.9852	3.126
火岩成區	礦溪	$\log y = -0.085 - 0.390x$	-0.9548	2.455
	良鑾溪	$\log y = -0.352 - 0.468x$	-0.9903	2.938

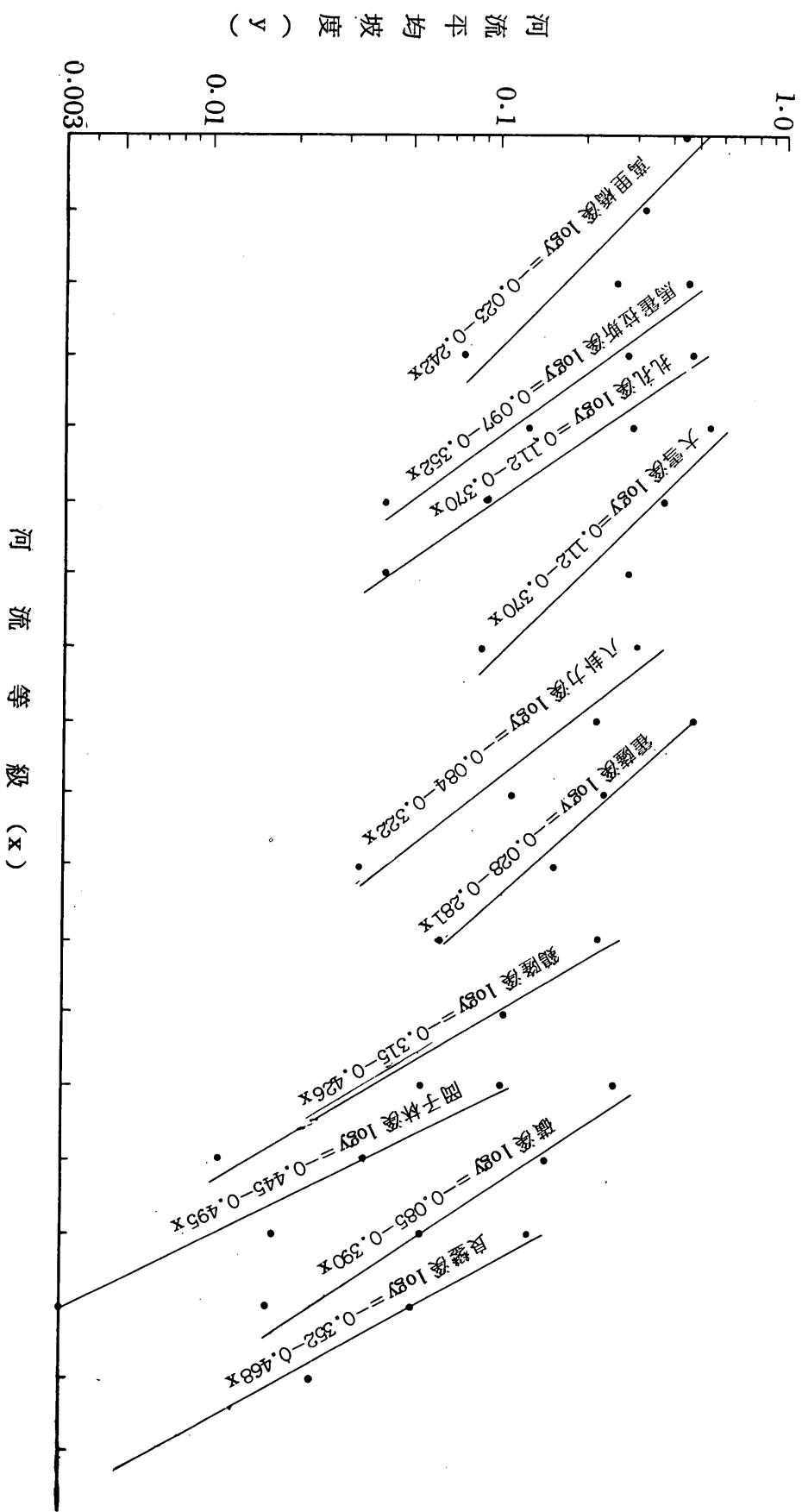


圖 5 各流域河流等級與河流坡度關係圖

四、河流等級與流域面積

1.由表13.河流面積統計表觀之，各級河流流域的面積比大部分在3~6之間，由於本項計測繁重，本島其他大小流域之此項資料更不可多得，故較難比較。

2.由表14.，1級流域總面積占全島河流總面積之百分率觀之，大部分流域在50~60%之間，此值可能是各流域所具的拓撲性之一，希待更多的資料加以實證。

3.依何頓第四法則——流域面積法則，流域面積與河流等級呈正幾何級數關係，流域面積隨河流等級增加而增加，本文不同地質區之各流域均呈此種關係（相關係數>0.98），如表15及圖6所示。由平均面積比觀之，各流域均在4~6之間，而以泥頁岩區之岡子林溪、鷄隆溪、片岩區之萬里橋溪及火成岩區之礦溪略大，在5以上，其餘均在5以下，但以整體而言，各流域的平均面積比並無明顯的差異性。

表 13. 流域面積統計表

地質區	流域	河流等級	流域總面積(km ²)	平均流域面積(A)	面積比(δ)	地質區	流域	河流等級	流域總面積(km ²)	平均流域面積(A)	面積比(δ)
片岩區	萬里橋溪	1	39.835	0.419	5.84	砂頁岩區	霍薩溪	1	52.660	0.786	5.17
		2	44.068	2.448				2	65.036	4.065	
		3	56.853	14.213				3	37.896	12.632	
		4	73.732	73.732				4	91.360	91.360	
	馬霍拉斯溪	1	47.124	0.773	2.98	泥頁岩區	鷄隆溪	1	21.119	0.216	4.54
		2	29.955	2.304				2	20.582	0.980	
		3	29.455	9.815				3	16.824	4.206	
		4	77.640	77.640				4	32.588	32.588	
板岩區	扎孔溪	1	33.827	0.529	4.25	岡子林溪	1	22.038	0.171	4.81	
		2	35.959	2.247			2	25.515	0.823		
		3	42.910	14.303			3	29.580	3.698		
		4	60.120	60.120			4	38.828	38.828		
	大雪溪	1	27.957	0.499	3.98	火成岩區	礦溪	1	30.508	0.377	3.97
		2	17.888	1.988				2	26.960	1.498	
		3	26.820	8.940				3	34.513	6.903	
		4	53.308	53.308				4	50.320	50.320	
砂頁岩區	八卦力溪	1	29.985	0.612	4.61	珊瑚礁岩區	良鑾溪	1	12.480	0.266	5.19
		2	31.027	2.821				2	15.186	1.381	
		3	26.669	8.890				3	19.008	4.752	
		4	49.480	49.480				4	22.348	22.348	

$$\delta = A_{i+1} / A_i \quad A_i \text{ 為 } i \text{ 等級流域面積}$$

表 14. 1 級流域面積占全流域總面積之百分率表

地質區	流 域	流域總面積 (ΣA)	1 級流域總面積 (ΣA_1)	$\Sigma A_1 / \Sigma A$ (%)
片岩區	萬里橋溪	73.732	39.835	54.03
	馬霍拉斯溪	77.640	47.124	60.70
板岩區	扎孔溪	60.120	33.827	56.27
	大雪溪	53.308	27.957	52.44
砂岩	八卦力溪	49.480	29.985	60.60
頁區	霍薩溪	91.360	52.660	57.31
泥岩	鷄隆溪	32.588	21.119	64.81
頁區	岡子林溪	38.828	22.038	56.76
火成區	礦溪	50.320	30.508	60.63
珊瑚岩區	良鑾溪	22.348	12.480	55.84

表 15. 河流等級與流域面積關係表

地質區	流 域	直 線 方 程 式	相關係數 (r)	平均面積比 (R_a)
片岩區	萬里橋溪	$\log y = -1.117 + 0.750x$	0.9998	5.623
	馬霍拉斯溪	$\log y = -0.876 + 0.664x$	0.9897	4.613
板岩區	扎孔溪	$\log y = -0.990 + 0.697x$	0.9987	4.977
	大雪溪	$\log y = -1.016 + 0.674x$	0.9983	4.721
砂岩	八卦力溪	$\log y = -0.835 + 0.622x$	0.9974	4.188
頁區	霍薩溪	$\log y = -0.781 + 0.669x$	0.9950	4.667
泥岩	鷄隆溪	$\log y = -1.427 + 0.717x$	0.9966	5.212
頁區	岡子林溪	$\log y = -1.604 + 0.772x$	0.9939	5.916
火成區	礦溪	$\log y = -1.187 + 0.704x$	0.9963	5.058
珊瑚岩區	良鑾溪	$\log y = -1.180 + 0.631x$	0.9987	4.276

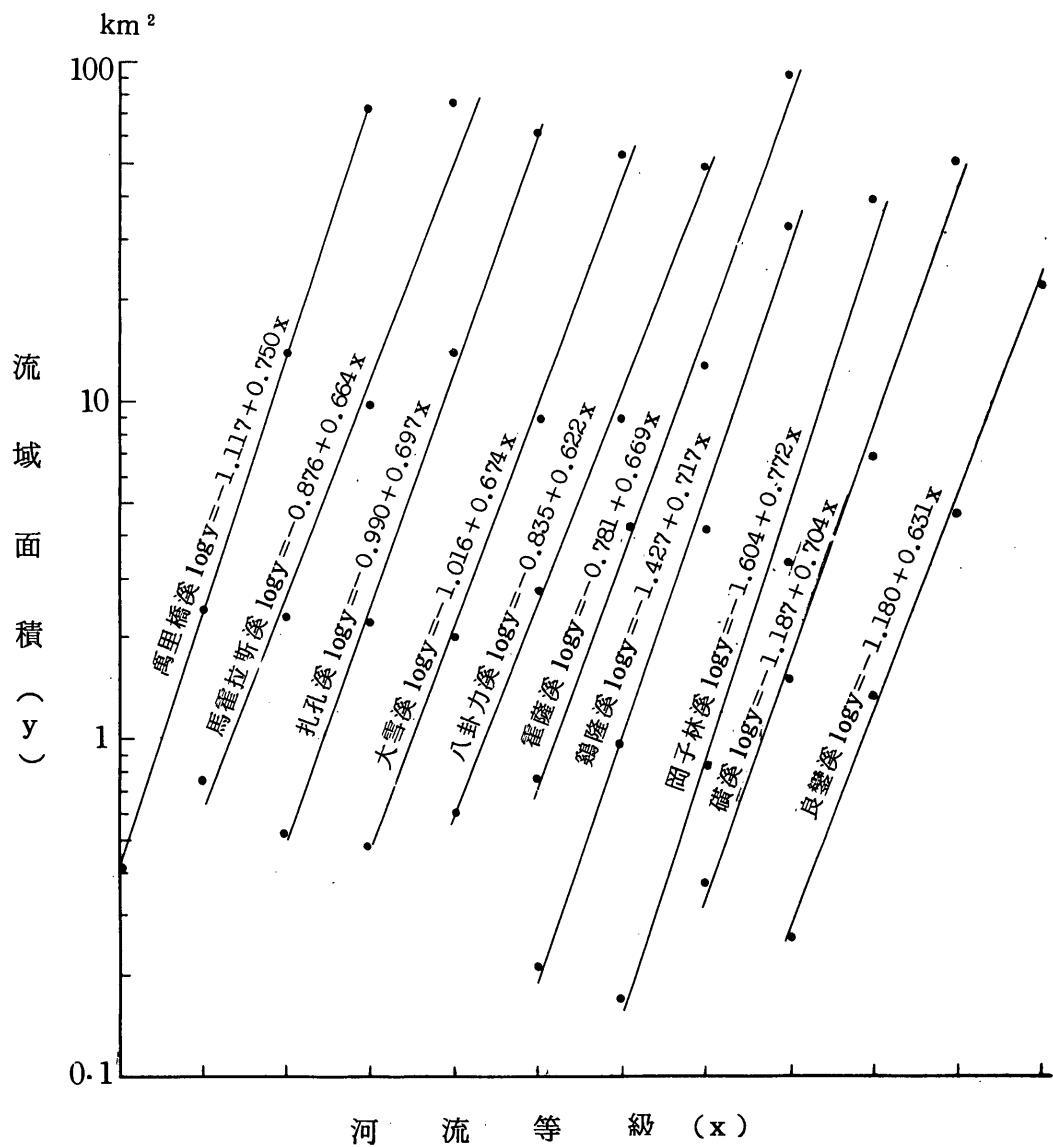


圖6 各流域河流等級與流域面積關係圖

參、結 論

本文以台灣島上片岩、板岩、砂頁岩、泥頁岩、火成岩及珊瑚礁岩等六類不同地質區之十個流域為例，依據地形計測及野外考察的成果，作河流等級之探討，得下列四點結論：

1.六類不同地質區之十個流域，面積在20～100平方公里，依史瑞拉河流等級區分，均為4級河。各流域之河流頻度在1～5條／平方公里之間，河流密度在1-3公里／平方公里之間，其中以泥頁岩之兩項值最大，珊瑚礁岩、火成岩區次之，片岩、板岩及砂頁岩區者無明顯的差異性，可見岩質之不同，對河流發達的程度仍具有影響力。

2.各流域之平均分歧比在3～5之間，平均流長比在2～3之間，平均坡度比在1～3之間，平均面積比在4～6之間，僅有泥頁岩區之值稍略偏高，但以整體而言，不同地質區之各項比值並無明顯的差異性。

3.不同地質區各流域之河流數目與河流等級均呈反幾何級數關係；河流長度與河流等級，流域面積與河流等級均呈正幾何級數關係，以上三者關係皆可印證何頓法則。惟河流坡度與河流等級所呈反幾何級數之關係較不嚴謹，其在機遇率上所具有之規則性仍待探討。

4.各流域1級河流總數約占全流域河流總數之75～80%，1級河流總長約占全流域總長之55～70%，與本島其他大小流域相較，此值極為相似，可謂各流域所具有之拓撲性(*topological property*)。1級河流流域總面積約占全流域河流總面積之50～60%，亦可能是各流域所具有之拓撲性，希待更多實測資料加以實證。

總之，六類不同地質區的流域在岩質上雖有明顯的差異性，但其河流等級的特性並不因岩質而有明顯的差異性。

謝 辭

本文承蒙恩師石再添博士及所長陳國章博士之鼓勵，學長施添福、黃朝恩先生提供寶貴意見，石慶得先生幫忙繪圖，同學黃瑞珠、黃素珍協助計測，整理資料，得以順利完成，謹致衷心謝忱。