

台北市山坡地之开发特性与其对 下游水文环境冲击之研究

何智武* 林致远

(中兴大学水土保持学研究所·台湾台中)

摘 要 本研究系针对台北都会区四周之山坡地,进行连续之地文与水理分析,目的在了解都市化山坡地之迳流特性,期就定量之研究分析,推估不同型态之土地利用及开发度,对下游水文环境所造成之冲击,并提出对应之建议。本研究首先建立台北市山坡地开发程度与其地文条件之评估模式,再配合於山沟谷口间设置水文环境监测站,以掌握山坡地之动态水文资料。

经评估结果,本研究共规划设置六座水文环境监测站,对都市化山坡地之尖峰流量、稽延时间、泥砂产量、地下水位及水质变化进行长期监测。其监测资料,经验证分析之结果显示,当集水区不透水面积提高至40%时,其洪峰流量将提高2.7倍;同时亦发现当集水区不透水面积在5%以下时,其洪峰流量增加并不显著,但不透水面积提高至20%~40%范围之间时,其洪峰流量则有显著提升之现象。故於高度都市化集水区进行水理分析时,应特别考虑都市化现象对迳流机制之影响,同时该集水区之总开发度亦不宜超过30%,以避免对下游之水文环境造成冲击。

关键词 山坡地 开发 水文环境

Study on the Impact of Hillslope Land Development in Taipei City on Hydro—environment in the Lower Reaches

Tze—wu Ho Tze—yuan Lin

(Institute of Soil and Water Conservation, Chung Hsing University, Taichung Taiwan)

Abstract The objective of this research is to study the impact on rainfall—runoff characteristics of slopeland urbanization in Taipei by the investigation of the hydro—environmental change for slopeland development and different types of landuse sites. The hydrologic characteristics studied include the evaluation of the relationships between percentage of development and allowable landuse capability. And, the results achieved are then applied to the planning of field monitoring system for the hydro—environmental study in the future.

As the results, six observation stations were established in Taipei. The observation items include the rainfall intensity, sedimentation, water quality and hydrograph on the time scale. The preliminary analysis of field records compared with unit hydrograph shows that, the impervious area of watershed has been increased 40%, the peak discharge will increase 269%.

① 收稿日期 1995—05—10 ※中兴大学水土保持学研究所教授。

And for low percentage of impervious area ($0\sim 5\%$), the increase of it will cause the peak discharge to increase mildly. But for high percentage of impervious area ($20\%\sim 40\%$), the increase of it will cause the peak discharge to increase dramatically. As a whole, the critical point of the degree of impervious area for the slopeland is around 30% . Above it, the impact of urbanization will accelerate.

Key words hillslope land development hydro—environment

1 前言

近20年来,台湾地区因受工商业发展及人口增加等影响,都市发展不断朝市郊扩张,使邻近都市之山坡地亦被大量开发利用。台北市人口密集,工业化与都市化迅速,山坡地环境变化更是异常显著。

位居大台北都会区中心之台北市,依《山坡地保育利用条例》所划定之山坡地面积计 $12\,566.5\text{hm}^2$,占全市面积之 46.2% ,其中经市府划定可供建筑开发使用之山坡地面积则有 $1\,399.9\text{hm}^2$ 。由於山坡地为具高敏感度之土地,其开发使用如未加适当管理,极易造成下游环境之灾害,尤其台北市山坡地紧临住宅社区或商业区,不当之山坡地开发型态将立即危害市区,不仅破坏环境景观,造成水质与水量之公害污染,甚至酿成水土灾害。

山坡地都市化过程,相对产生集水区内开挖、裸露、冲蚀、崩塌等地表变化,且均严重影响集水区局部或整体之水文特性。因而对于山坡地各项土地利用之开发行为,实有必要依整体集水区经营管理之层面来考虑,方能了解其水文动态对下游环境之影响,并进而探讨改善都会区内之排水、防洪、水土保持及水质保护等之因应对策。

有鉴于此,本研究乃以现有之地形图为基础进行统计分析,依据资料搜集、航照判读、野外调查及整理分析等步骤,完成台北市四大水系之38个子集水区划分及其山坡地开发之特性调查。此外,本文亦归纳比较农林航测所於1989年所出版之土地利用现况报告与农委会於1974发行之土地利用图,以评估近10年来台北市山坡地之土地利用变迁与其都市化程度。上述之评估结果,亦作为本文推导都市化山坡地水理特性、野外试验装置及都市化程度对下游水文环境冲击等相关问题之研究基础。

2 地文分析

2.1 地形统计与山坡地编定情形

台北市行政辖区面积 $27\,177.4\text{hm}^2$,其中沿淡水河以东、阳明山以南、东南丘陵之西北,地势平坦,为可供都市发展地区,共 $10\,622.4\text{hm}^2$,占全市面积 39.1% ,其余则属河川、低洼地与山坡地。

本研究依据 $1/10\,000$ 地形图,以 $1\text{hm}^2(0.01\text{km}^2)$ 为计测单位,测知坡度介於 15% 至 30% 间之丘陵地面积共计 $3\,944.2\text{hm}^2$,占丘陵地总面积 25.0% 或全市面积 14.5% ;坡地在 30% 以上,属于不宜供作开发建筑使用者计 $11\,616.1\text{hm}^2$,占丘陵地总面积 33.2% 或全市面积 19.2% ,其分析统计结果详如表1所示。此外,至1994年度为止,台北市都市计划保护区面积为 $13\,126.1\text{hm}^2$,占全市

面积之48.6%，而依法划定公告之山坡地面积则为12 566.5hm²，占全市面积之46.2%，各行政区山坡地分布面积统计，详如表2所示。

表1 台北市丘陵区高度与坡度分析统计表

高度(h;m)	累加面积(hm ²)	(%)	坡度(S;%)	累加面积(hm ²)	(%)
20≤h≤100	4749.3	30.2	0≤S≤5	188.8	1.2
20≤h≤200	7473.8	47.5	0≤S≤10	551.7	3.5
20≤h≤400	11015.0	69.9	0≤S≤20	1768.4	11.2
20≤h≤600	13418.2	85.2	0≤S≤30	4133.0	26.2
20≤h≤800	15062.1	95.6	0≤S≤40	7481.6	47.5
20≤h≤1000	15660.9	99.4	0≤S≤55	10520.3	66.8
20≤h≤1200	15749.1	100.0	0≤S≤∞	15749.1	100.0

表2 台北市各行政区山坡地保育利用范围面积表 (单位:hm²)

行政 区 别	行政区 面 积	山坡地保育利 用范围面积	占各行政区面 积之比例(%)	占全市山坡地面 积之比例(%)	全市面积 之比例(%)
松 山	1062.47	0.00	0.00	0.00	0.00
信 义	1095.30	315.04	32.05	2.79	1.29
大 安	1126.86	121.90	10.82	0.97	0.45
中 山	1231.67	70.06	5.69	0.56	0.26
中 正	733.60	11.66	1.59	0.09	0.04
大 同	488.81	0.00	0.00	0.00	0.00
万 华	783.80	0.00	0.00	0.00	0.00
文 山	3122.42	2206.54	70.67	17.56	8.12
南 港	2223.93	1537.62	69.14	12.24	5.66
内 湖	3193.24	1978.78	61.97	15.75	7.28
士 林	6391.43	4216.19	65.97	33.55	15.51
北 投	5723.88	2072.72	36.21	16.49	7.63
合 计	27177.41	12566.51	46.24	100.00	46.24

注1.保护区系据都市计划法台北市施行细则有关土地使用分管制之规定,为保养天然资源而划定之使用分区。2.山坡地系依据《山坡地保育利用条例》第三条所划定之除国有林、试验林及保安林地外,标高在以100m上,或未满100m而坡度在5%以上之公、私有土地。3.丘陵区系依据1/10 000地形图所划定,高度在20m以上之坡地。4.资料来源为台北市政府建设局。

2.2 水系分布与集水区划分

台北市之水系分为淡水河、基隆河、景美溪(新店溪)及磺溪等四大水系,而淡水河、基隆河及景美溪为同一大水系,磺溪则为独立水系。淡水河集水区所涵盖之保护区面积为903.67hm²,而基隆河为8 857.51hm²,景美溪为1 432.43hm²,磺溪则为1 268.56hm²。淡水河、基隆河及景美溪之集水区环绕台北盆地之北、东、南三侧,其排水先流入台北盆地,再由东向西汇入淡水河,流入台湾海峡,磺溪集水区为一独立区域,河川由西南向东北流经金山注入东海。另依台北盆地内各水系山岭脊线之地形单位,将上述四大水系划分为9个主要集水区,38个子集水区,集水区之划分详如表3所示。

表3 台北市集水区与子集水区划分表

水系名称	主要集水区名称	详细集水区名称
壹、磺溪 貳、淡水河 一、淡水河	1. 磺溪集水区	1.1 北磺溪集水区 1.2 磺溪集水区 1.3 清水溪集水区
	2. 贵子坑集水区	2.1 贵子坑集水区
	3. 磺港溪集水区	3.1 磺港溪集水区 3.2 泉源集水区 3.3 温泉集水区 3.4 奇岩集水区 3.5 口其哩岸集水区
	4. 双溪集水区	4.1 南磺溪集水区 4.2 芝山集水区 4.3 阳明集水区 4.4 青磔溪集水区 4.5 内厝溪集水区 4.6 内双溪集水区 4.7 外双溪集水区
	5. 淡水河右岸市区集水区	5.1 淡水河市区集水区 5.2 古亭段集水区 5.3 大安段集水区
	6. 基隆河北岸中山内湖段集水区	6.1 大直集水区 6.2 西湖集水区 6.3 金龙集水区 6.4 碧山集水区 6.5 内沟溪集水区 6.6 成功集水区
	7. 基隆河南岸市区集水区	7.1 基隆河南岸市区集水区 7.2 松山段集水区 7.3 南港段集水区
	8. 大坑溪集水区	8.1 四分溪集水区 8.2 山猪窟集水区
	9. 景美溪集水区	9.1 景美集水区 9.2 博嘉集水区 9.3 富德集水区 9.4 头庭集水区 9.5 无名溪集水区 9.6 老泉集水区 9.7 木栅集水区
二、基隆河		
三、景美溪		

3 山坡地开发特性调查

本研究调查之区域共计15 749.1hm²，系将农林航测所於1989年所出版之土地用现况报告与农委会於1974年所发行之土地利用图比对，并将土地利用类别概分为①林地、②草地、③农牧地、④建地、⑤裸露地等五大类，以评估台北市山坡地之都市化程度，其成果详如表4所示。

表4 台北市丘陵区不同土地利用变迁调查

土地利用类别		1974		1987		增减面积	
		(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
林地		98.02	62.24	88.13	55.96	-9.89	-10.09
草地		17.04	10.82	20.14	12.79	+3.10	+18.19
农牧地		27.61	17.53	25.75	16.35	-1.86	-6.74
建地		13.76	8.74	21.39	13.58	+7.63	+55.45
裸露地		1.06	0.67	2.08	1.32	+1.02	+96.23
合计		157.49	100.00	157.49	100.00	--	--

至於详细之分布情形与其变迁情况简述如下：

3.1 林地

包括阔叶林及竹林等，面积计有88.13km²，占丘陵区之55.96%，分布以北缘阳明山国家公园范围最广，占50.83%；至1989年止之10年期间，林地面积共减少10.09%，以山坡地与平地接触之山沟谷口区域变化最为明显。经实地调查，多数之林地系转为游憩用地、待建草地或建地等不同之利用型态。

3.2 草地

面积计有20.14km²,以士林地区分布最广,占33.97%,自1974年至1989年间,共增加18.19%。经分析研判结果,主要为滑草场及高尔夫球练习场兴起和伐林整地转供建地使用,而使草地面积有持续增加之趋势。

3.3 农牧地

包括梯田、旱田、茶园及果园等,共计25.75km²,10年间其面积共减少6.74%,经实地调查,北投地区之梯田因米价不振及农村劳力不足之故,其分布面积有明显减少现象;士林区之农牧地大多转为观光果园,而文山区之旱田则转作为观光茶园。

3.4 建地

包括建地、道路及墓地等,共计21.39km²,以北投及士林地区分布最广,占70.25%,主要沿天母、北投、双溪河谷及阳明山仰德大道一带分布,分析其原因应与台北市北缘之山坡地拥有较平缓之地形,较佳之视觉景观及丰富之游憩资源有关,此外,台北市之墓园亦有快速增加之现象,其中以景美地区及福德墓园为墓地增加最明显之地区。综合言之,由於经济发展及山坡地都市化结果,10年来台北市山坡地之建地面积共增加55.45%,且仍有继续扩大之趋势。

3.5 裸露地

包括底岩露头、崩塌地、弃土场及积水地等,面积计有2.08km²,多分布於北投区及南港区两地。由於都市化之结果,不少林地砍伐或旱田转成裸露地,较诸1974年其面积共增加96.23%,自1990年后,许多重大公共建设陆续於台北市之山坡地施工,其开挖整地之结果,当使上述之裸露面积益形增加。

由表4,比较1974年至1989年间,台北市山坡地土地利用之变迁情形,其林地面积计减少10.09%,农牧地面积减少6.74%,至於草地、建地及裸露地等面积均有增加,尤以建地及裸露地为甚,系多由梯田、旱田及林地改变来。尤其近年来,随著台北市山坡地内重大公共建设陆续动工,目前建地及裸露地已朝向平地与山坡地接触之山沟谷口扩展,而台北市山坡地都市化之趋势若以不透水面积百分率为指标(包括建地及裸露地等……),则10年间增加58.4%,亦极为明显。

4 山坡地都市化对下游水文环境之影响

都会区四周之山坡地具有影响整个都市型态之功能,若予以开发可获得大量都市发展用地,可减缓都市成长压力,提供富於地形变化且视野良好之建筑基地,但随着山坡地逐渐都市化之结果,亦将对下游水文环境产生影响与冲击,为深入探讨都市化山坡地之水理特性,本研究乃整理前人之研究成果,分别就都市化对水文环境所造成之各种变化现象中有关集流时间与迳流量变化等部分加以探讨:

4.1 集流时间缩短

坡地在开发之后,其地表之粗糙系数(Roughness coefficient)减低,即水流阻力减小。根据曼宁公式(Manning formula):

表5 各不同开发度所对应之洪峰到达时间

开 发 度 (%)	10	15	20	30
洪 峰 到 达 时 间 (min)	100	80	65	50

$$V = (1/n)R^{2/3}S^{1/2}$$

因水力半径(Hydraulic radius)R(对於坡地迳流,可用水深H代替)及坡度S大致不变,故当

曼宁粗糙系数 n 值减低之后,水流速度 V 加大,集流时间(水自集水区最高点流至下游控制点所需之时间)因而缩短。根据卢惠生(1983)之研究资料显示,山坡地森林皆伐后第一年之洪峰到达时间缩减为23%;台大陈信雄(1983)亦指出,若开发前洪峰到达时间为110min,则不同开发度所对应之洪峰到达时间如表5所示。

表6 各不同开发用地之洪峰到达时间

用地名称	丘陵山林地 (开发前)	牧 场	高尔夫球场	市 街 地
洪峰到达时间(min)	64~69	48~53	33~38	15~23
与开发前比较	1	0.75~0.6	0.52~0.43	0.23~0.26

又根据日本之资料显示,若开发面积 $1\text{km}^2(100\text{hm}^2)$,有效降雨强度 50mm/h ,则洪峰到达时间如表6所示。

4.2 迳流量与泥砂产量增大

根据合理化公式(Rational formula):

$$Q_p = CIA$$

假设集水面积 A 不变,则尖峰(或洪峰)迳流量 Q_p 随降雨强度 I 及迳流系数 C 之增大而增大,又由下列降雨强度 I 之一般式(式中 a, b, n 为区域常数):

$$I = \frac{a}{(t_c + b)^n}$$

可知坡地开发之后,因集流时间 t_c 缩短,采用之设计降雨强度 I 乃相对增大。又上式中,集水区面积 A 不致因开发而有太大之改变, C 值则随开发度之增大而显著增大,因而 Q_p 亦受开发之影响,有极显著之变化。

根据陈信雄以集水面积大约为 100hm^2 之山坡地为实验对象,并假设开发前之森林面积为100%,而后分别以10,15,20及30%之开发比例,以机率年为25年之降雨模拟推算,其结果如表7所示。

表7 洪峰流量指数(设开发前指数为1)

开发比例(%)	10	15	20	30
指 数	1	1.2	2	3.3

又 Horner(1936)观测一小社区发现,开发度30%之迳流率为降雨之40%,开发度50%为65%,开发度72%为80%。Kibler 等(1980)利用模拟暴雨观测都市化对洪峰流量分布之影响,其平均年洪水量与 Leopold(1968)比较如表8所示。

表8 都市化对洪峰流量分布之影响(单位:cm/s)

不透水率说明	天然条件 (仅约1% 不透水)	不透水面积(%)				
		20	40	60	80	100
Ab ers Creek	548	779	1054	1332	1621	1909
与天然条件之值	1	1.42	1.92	2.43	2.96	3.48
Pickering Crk	828	1158	1509	1851	2200	2550
与天然条件之值	1	1.40	1.82	2.24	2.66	3.80
平 均	1	1.41	1.87	2.33	2.81	3.28
Leopold(1968)	1	1.50	2.40	3.30	5.00	6.50

表9 Denver 都会地区暴雨与迳流量比较

日 期	降 雨 量 (mm)	总迳流量 (mm)	洪峰流量 (mm)	迳流与降雨 量之比值
1977. 4. 12	6. 6	2. 05	0. 099	0. 31
1980. 5. 8	5. 8	3. 02	0. 079	0. 52
1977. 4. 19—20	19	6. 65	0. 093	0. 35

又 Ellis 等(1983)指出,在美国科罗拉多州之 Denver 都会区之一小排水流域,1977至1980年间,排水面积由31hm²变为27. 8hm²,但有效不透水面积从29%(8. 9hm²)增大至50%,惟暴雨之迳流量,1980年却比1977年为大,其原因乃系不透水面积增大之故。暴雨与迳流量之比较如表9所示。

Whiteley(1976)又指出,溪流量和洪峰时间因集水区部分都市化而改变,迳流量增加系因暴雨流出量及基流量增加之故,暴雨流出量与总平均年降雨量之比值约增加0. 17,亦即其比值由都市化前之0. 35增大到都市化后之0. 52,如全区都市化后则更为增大,其变化分别如下表10~13所示。

表10 都市化前后水文因子之变化情形

	都市化前 (1967~1974)	都市化后 (1977~1979)	增 减
降雨 P(mm)	850(+2%)	920(+10%)	+70
蒸发 E(mm)	555	440	-115
迳流 R(mm)	295	480	+185
R/P	0. 35	0. 52	+0. 17

表11 都市化前后之迳流量变化情形(单位:mm)

	直接迳流	基 流	总迳流量
都市化前(1967~1974)	210	85	295
都市化后(1977~1979)	330	150	480
增 加	120	65	185

表12 平均日雨量於10mm 所产生之平均日迳流量小於0. 012cm/s 之平均次数说明书

月 份	4	5	6	7	8	9	10	11
都市化前(1967~1974) (7年平均)	0. 1	0. 6	2. 1	3. 1	1. 7	1. 6	1. 2	0. 6
都市化后(1977~1979) (3年平均)	0	0	1. 0	0. 3	1. 0	0	0. 3	0. 3
减 少	0. 1	0. 6	1. 1	2. 8	0. 7	1. 6	0. 9	0. 3

表13 都市化前后之林地与都市化水文过程之比较 (单位:mm)

	林 地	50%都市化	100%都市化
降 雨	40	40	40
截 留 量	5	3	2
漫 地 流	(0)	(18)	(36)
土壤渗透	(6)	(3)	(2)
蒸发散量	15	12	2
迳 流	20	25	36

至於逕流系数、泥砂产量与开发度之关系,根据何智武与段锦浩(1987)在中兴大学之新化林场,以四个环境相似而大小均在 0.5hm²左右之山坡地小集水区,以开辟道路方式试验所得之结果如表14所示。

表14 开发度与逕流系数及泥砂产量之关系

开发度(%)	8	15	30	40	
逕流系数	0.235	0.314	0.370	0.484	0.596
倍 数	1	1.34	1.58	2.06	2.54
单位面积泥					
砂产量(t/hm ²)	1.660	—	5.969	11.810	33.256
倍 数	1	—	3.60	7.11	20.03

5 山坡地都市化对下游水文环境冲击之探讨

当前台北市山坡地地区大多数依都市计划划定为保护区,但历年来山坡地受到都市发展之压力及利益团体之压力,部份地区乃透过通盘检讨或个案变更方式,变更保护区为其他用途,如1979年变更保护区之面积,高达497.7hm²,为历年来最大宗者。此外,由於保护区之开发限制严格,地主不易获得合法之开发权力,故少数不法地主,即违法滥垦、滥葬、滥建,且此等行为由於施工粗糙,不但易造成灾害,对都市安全及都市景观亦具有相当程度之负面影响。

综合言之,近10年间台北市山坡地之林地面积减少约10%,农牧地面积约减少7%,草地面积增加18%,建地面积增加55%,而裸露地面积则增加96%。若吾人再考虑近三年间於台北市山坡地所推动之重大公共建设,如北二高工程、北宜高速公路工程、捷运系统工程、木栅及北投重划区工程…等,则台北市山坡地都市化之趋势极为明显。

诚然,台北市之山坡地面积广阔,其发展具有影响整个都市形态之功能,若予以开发可获得大量都市发展用地,可平仰都市成长压力,提供富於地形变化,且视野良好之建筑基地,但随著山坡地逐渐都市化之结果,亦将对下游水文环境产生影响与冲击,为深入探讨都市化山坡地之水理特性,本研究乃配合台北市政府於各重要子集水区所建立之监测站网,进行野外试验与探讨,兹分别说明如下:

5.1 试验集水区环境概述

本文所选定之集水区其地文特性统计详如表15,简述如下:

- 1、青岩溪集水区:位於至善路明德乐园内,其集水区为一由北向南倾斜之长条流域,而集水区游憩设施开发对水文环境之影响为本站监测重点。
- 2、内双溪集水区:位於至善路阳明山公园内,本监测站选定原因,即着眼於测站属於公园范围,使得影响水文环境之因子减至最低,可供对照区使用。
- 3、山猪窟集水区:位於南港区旧庄山猪窟溪内,集水区为由南向北之长条形区域,另因山猪窟为台北市之新建垃圾场,本区之监测站即设置於垃圾场下端进入住宅区之入口,将可有效监测垃圾场对水文环境之影响。
- 4、四分溪集水区:位於研究院路三段,中华工专旁之四分溪中,地形上正处於集水区出口,山坡地与平地交接处,近年来其上游因北二高路线经过,造成大量开挖面,破坏原有地形景观,再加上不法建商任意倾倒废土,其水文环境正剧烈改变中。
- 5、松山(信义区)集水区:位於信义路底往挹翠山庄路旁,其集水区呈由东南向西北倾斜之矩

形流域,本区内约有1/3为挹翠山庄,系密集之坡地住宅区。

6、无名溪集水区:位於指南路三段旁之无名溪中,邻近政治大学校区,集水区内一般均为起伏不大之低丘陆地,目前改变集水区水文环境之人文因子,主要系建地、茶园之增加,及北二高线横穿本区。

表15 六处试验集水区地文特性统计表

集水区	青岩溪	内双溪	山猪窟	四分溪	松 山	无名溪
面 积(hm ²)	758.53	474.80	174.39	534.73	34.72	586.41
周 长(m)	16909	10985	5869	11055	2412	11613
主流长度(m)	7566	4356	1867	4006	749	4206
平均宽度(m)	1003	1090	934	1335	464	1394
形状因子	0.13	0.25	0.5	0.33	0.62	0.33
最高标高(m)	1108	863	364	374	275	677
最低标高(m)	100	290	36	25	16	25
平均高程(m)	524	627	165	176	148	306
中值高程(m)	523	650	273	151	103	302
平均坡度(%)	37	44	43	47	51	58
圆 比 值	0.33	0.49	0.64	0.55	0.75	0.55
细 长 比	0.41	0.56	0.80	0.65	0.89	0.65
流域密集度	0.58	0.70	0.80	0.74	0.86	0.74
河川密度(10-3m-1)	2.12	1.48	1.14	1.09	2.16	1.42
方 位	南南东	南南东	北	北东	北北西	西北西

表16 试验集水区地表覆盖变迁调查(1990年至1994年)

集水区别		不透水面积 百 分 率	农牧地面积 百 分 率	自然覆盖面积 百 分 率
青岩溪	现有面积	7.21%	4.51%	88.28%
	增减比率	(+0.81%)	(-2.46%)	(+1.65%)
内双溪	现有面积	1.72%	3.98%	94.30%
	增减比率	(-1.78%)	(-1.64%)	(+3.42%)
山猪窟	现有面积	21.99%	—	78.01%
	增减比率	(+19.55%)	(-4.63%)	(-14.92%)
四分溪	现有面积	15.65%	1.42%	82.93%
	增减比率	(+9.81%)	(-0.82%)	(-8.99%)
松山溪	现有面积	44.39%	—	55.61%
	增减比率	(+3.83%)	(-0.69%)	(+3.14%)
无名溪	现有面积	15.93%	3.41%	80.66%
	增减比率	(+1.73%)	(-2.29%)	(+0.65%)

5.2 试验集水区土地利用变迁调查分析

此部分之调查与分析系采用法国 SPOT 卫星1990年3月27日与1994年3月28日所拍摄之影像资料加以比对,并将地表覆盖状况进一步简化为:(1) 不透水面积;(2) 农牧地;(3) 自然覆盖面积等三大类,同时配合实地调查试验集水区之都市化程度,以探讨不透水面积百分率与都市化现象之相关性,其成果详如表16所示。

上表之调查结果显示,位於阳明山公园之内双溪水区与青岩溪集水区,其植生覆盖良好,三年来土地利用变迁小於5%为典型之森林集水区,而其不透水面积百分率分别为1.72%及

7.21%，平均不透水面积百分率约在5%左右；位於信义区之松山集水区与南港区之山猪窟集水区属於高度开发之坡地社区与垃圾掩埋场，其不透水面积百分率分别为44.39%及21.99%，平均不透水面积百分率约在30%左右。故就本文之调查范围而言，不透水面积百分率在5%以下者，可视为森林覆盖良好之山坡地，而不透水面积百分率在30%以上者，可视为高度都市化之山坡地，此结论与本研究所作之现场调查一致，应可作日后相似研究之参考。

5.3 不透水面积改变对下游水文因子之影响

由表16显示，山猪窟集水区及四分溪集水区，因受垃圾掩埋场及北二高工程影响，土地利用状况有极明显之变化，为了探讨此二处集水区不透水面积改变对下游水文因子之影响，本文乃利用都市化前(1990年至1993年)所测得之水文资料建立其单位历线，再以该历线所推估之洪峰流量与实测值(1994资料)比对，即可发现其变化情形，如下表17所示：

表17 不透水面积改变对洪峰流量之影响

集水区名称	都市化前(CMS) (1990~1993年 以单位历线推估)	都市化后(CMS) (1993~1994年 实测资料)	不透水面积 增加比率	洪峰流量 增加比率
四分溪	2.15	2.61	9.81%	21.40%
山猪窟	1.90	2.72	21.99%	43.16%

由表17得知，对单一集水区而言，其不透水面积若提高10%左右时，洪峰流量提高1.2倍；若不透水面积提高20%左右时，其洪峰流量则提高1.4倍。另本研究为进一步探讨不透水面积百分率对洪峰流量之影响，乃进一步以六处试验集水区为对象，利用单位历线所推估之单位面积流量 Q_p 与当时(1993年)之不透水面积进行比对，再以内插法求出不透水面积分别为10%、20%、30%及40%时所对应之单位面积洪峰流量，其结果如下表18所示：

表18 不透水面积百分率对洪峰流量之影响

说 明	对照集水区 (不透水面积1.64%)	不透水面积(%)			
		10	20	30	40
单位面积洪峰流量 (CMS/km ²)	0.054	0.057		0.069	0.139
与对照集水区 之比值	1	1.06		1.28	2.69

表18中单位面积洪峰流量 $q_p = Q_p/A$ ，若再与合理化公式比较可知 $q_p = Q_p/A = CI$ ，由於六处试验集水区均属淡水河系且位置相近，故其土壤种类、地文特性相近，同时由於单位历线法所推估之洪峰流量其降雨强度与延时相同，故 q_p 值主要受地表覆盖状况影响。为验证上述之假说，本文再比较青苔溪与内双溪之 q_p 值，此二处集水区土地利用型态相同、地理位置相邻、又水文、地文环境相似，其 q_p 值分别为0.0538(CMS/km²)及0.0539(CMS/km²)，两者极为接近，亦可说明水文观测资料及表18分析结果之可靠性。

综合而言，本文分别从单一集水区不透水面积改变及六处不同不透水面积之集水区进行对照，可知山坡地都市化所增加之洪峰流量确实可藉由不透水面积百分率作为指标。就本研究验证之结果显示，当不透水面积提高至40%时，其洪峰流量将提高2.7倍，此结论与何智武、段锦浩(1985)及Kibler(1980)之研究成果颇为相近，由表18吾人亦可发现，集水区不透水面积在5%以下时，其洪峰流量增加并不显著，但不透水面积若提高至20%至40%之间时，其洪峰流量有显著提升之现象，据此，吾人可将集水区不透水面积百分率视为判别都市化山坡地之指标，依本文之

调查与验证结果,建议将不透水面积在5%以下之集水区视为森林集水区,而不透水面积在30%以上之集水区视为高度都市化之集水区,於此地区进行水力分析或水利工程时,应特别考虑都市化现象对迳流机制之影响。同时,坡地开发规划时,其总开发度亦不宜超过集水区面积30%以避免对下游之水文环境造成冲击。

5 结论与建议

1、台北市山坡地经地文分析结果显示,其坡度在30%以上属不宜开发建筑使用之坡地即占所有坡地面积之73.8%,若再加坡度在55%以上属宜加强保育之坡地(占坡地面积之33.2%),则台北市山坡地即使不考虑其他公益性功能,如水源涵养、资源保育或视觉景观,其本身之条件亦不适合供作大面积或高密度之坡地开发使用。

2、为了掌握水文环境与土地利用互动之关系,山坡地之经营与管理,实有必要以集水区为单元,进行探讨规划,据此,本文乃依台北市山坡地内各水系之山岭脊线等地形单位,将其划分为四大水系、9个主集水区及38个子集区,其成果除可供作整体水文分析之用,亦可作为管制山坡地开发总量与区位之依据。

3、台北市山坡地之土地利用型态可概分为:(1)林地、(2)草地、(3)农牧地、(4)建地、(5)裸露地等五大类,其中以林地占山坡地面积之55.96%为大宗,农牧地面积占16.35%次之。其中台北市之林地面积百分率尚大於邻近之台北县等卫星城市,主要系受到阳明山公园及市区内军事要塞管制之故。

4、比较1974年至1989年间,台北市山坡地土地利用之变迁情形,其林地面积计减少10.09%,农牧地面积减少6.74%,至於草地、建地及裸露地等面积均有增加,尤以建地及裸露为甚,系多由梯田、旱田及林地改变而来。尤其近年来,随著台北市山坡地内重大公共建设陆续动工,目前建地及裸露地已朝向平地与山坡地接触之山沟谷口扩展,而台北市山坡地都市化之趋势亦极为明显。

5、综合文献整理,试验集水区土地利用变迁调查、水文资料验证与综合讨论结果,不透水面积百分率可视作山坡地都市化程度之判别指标。依本文於台北地区之调查与水文试验结果,不透水面积在5%以下之集水区属植生覆盖良好之集水区,而不透水面积在30%以上之集水区则属高度都市化之集水区。

6、本文分别从单一集水区不透水面积改变及六处不同不透水面积之集水区进行对照,分析显示,当集水区不透水面积提高至40%时,其洪峰流量将提高2.7倍,同时亦发现当集水区不透水面积在5%以下时,其洪峰流量增加并不显著,但不透水面积提高至30%时,其洪峰流量则有显著提升之现象。故於高度都市化集水区进行水力分析时应特别考虑都市化现象对迳流机制之影响,同时该集水区之总开发度亦不宜超过30%,以避免对下游之水文环境造成冲击。

参考文献

- 1 苏苗彬,何智武,林致远.坡地开发度与冲蚀量相关性之模型试验.土壤冲蚀及河川冲淤研讨会论文集,1990, PP. 183~198
- 2 林致远等.台北市山坡农地及矿场废土区之冲蚀观测研究.土壤冲蚀及河川冲淤研讨会论文集,1990, PP. 35~45
- 3 林致远,何智武.山坡地开发之泥砂产量估算及其防治对策.水土保持与集水区经营研讨会论文集汇编, 1992, PP. 215~226
- 4 林致远、阮香兰、何智武.都市化小集水区集流时间估算之研究.第六届水利工程研讨会论文集,1992, PP. 388~400

- 5 何智武、林致远. 坡地之迳流冲击与灾害. 台探总处工程地质研习会论文集, 1992
- 6 何智武、林致远. 六年国建计划中之水土保持问题探讨. 六年国建工程之水土保持问题专题研讨论论文集, 1992, PP. 1~14
- 7 林致远、何智武、苏苗彬. 都市化山坡地迳流特性与泥砂运移行为之研究——水文环境监测站设置及其资料分析, 水土保持学报第25期, 1993, PP. 89~96
- 8 张石角. 台北市山坡地开发建筑基地规划设计技术规范之研究. 台北市政府工务局建管处委托, 1987
- 9 石再添. 台北盆地动态环境之综合研究, 1989
- 10 农林航测所. 台湾地区山坡地土地可利用限度分级与土地利用现况调查报告. 农航所66号及69号报告, 1988