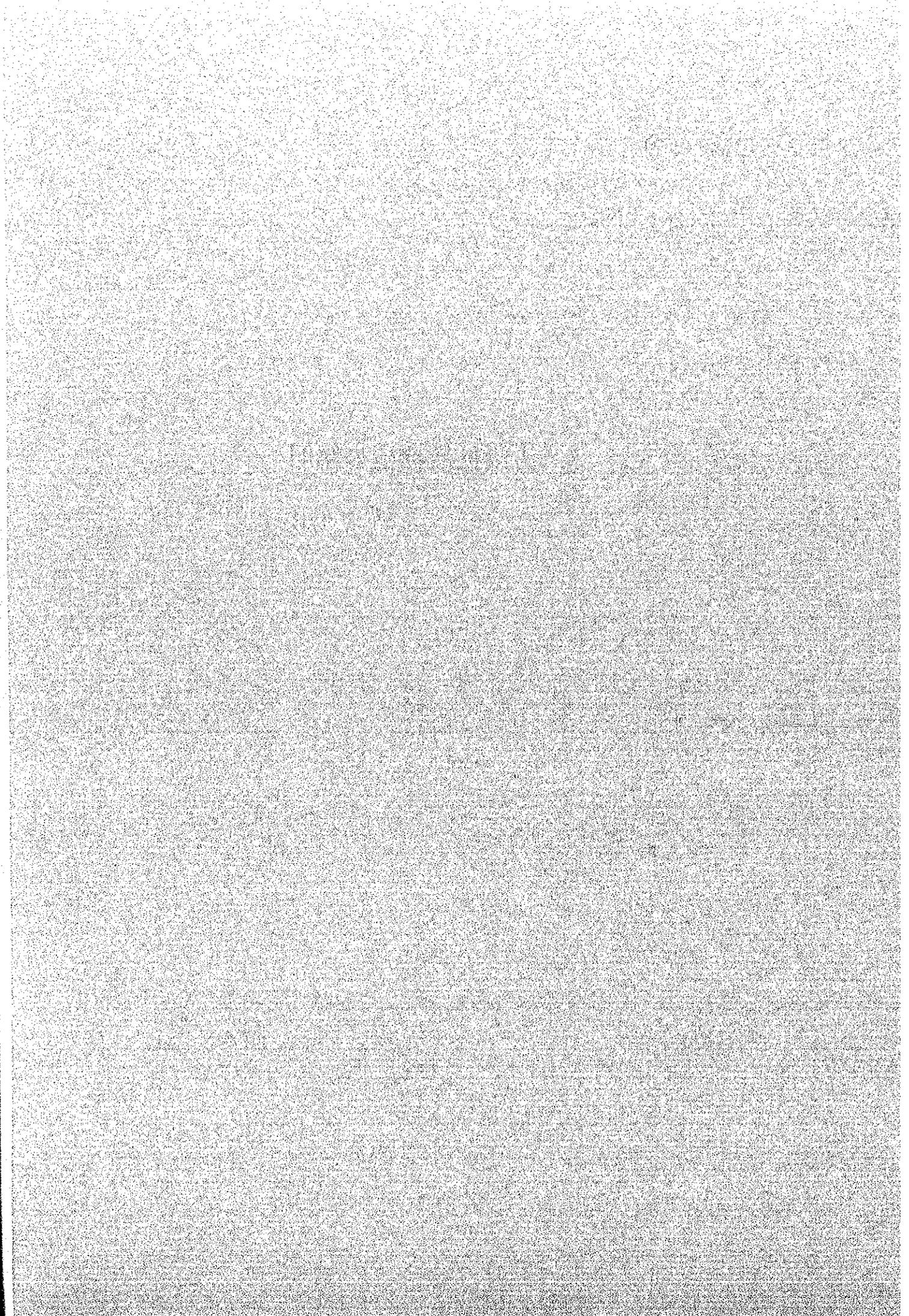


5. 汚染拡散機構の解明



5. 汚染拡散機構の解明

汚染機構解明の調査フローと結果図面との関係を Fig 5.1 に示す。

5.1 地下水流動

5.1.1 水収支解析

5.1.1.1 気象

調査地域のうち丘陵地域の代表地点と平野地域の代表地点 2 箇所を選定し、第 1 次現地調査中 (1998 年 10 月) 自動気象観測装置を設置した。観測項目は温度、湿度、風速、風向、降雨量の 5 項目である。気象観測所の設置位置は水理地質図 (Fig 5.10) に示す。観測間隔は 30 分に 1 回とし、第 3 次現地調査終了時の 1999 年 6 月まで観測を継続した。

気温

観測期間内では調査地域の日平均温度は 23.4~28.9°C の間で変化し、平均すると 26.5°C である。雨期が始まる 10 月上旬から日平均気温は次第に低下し、1 月下旬頃の乾期に入ると上昇した。なお、平野地の平均気温と比較して丘陵地域のほうは約 0.6 °C 低い。

降雨

Fig 5.2 はそれぞれ平野地域及び丘陵地域の累計雨量を示す。両観測地点がわずか 3.1 km しか離れていないにもかかわらず日雨量は大きく異なり、その結果として観測期間内での累計雨量に 300mm 以上の差が生じた。このことは調査地域の気温や降雨量が、局地的な地形等にも強く影響されていることを示す。

湿度

湿度の変化幅は 67%~98% の間にある。なお、平野地域と比較して、丘陵地域の湿度が高い。

風速・風向

データが得られた 1988 年の雨期後半では、北風が卓越している。観測開始時の北西風が卓越していたが、次第に北東風に変わった。平野地域の風向と丘陵地域の風向には多少の相違が見られるが、ほぼ一致している。

観測期間内では日平均風速は 0.1 から 3.5m/s で 1998 年 12 月を除くと、日平均風速は 2m/s 以下であった。平野地域より丘陵地域の方が日平均風速は小さい。

5.1.1.2 河川流況

基底流量

河川調査では流域内の 40 以上の観測点について 4 日間以内で流量測定を行った。河川調査は第 1 次現地調査 (1988 年乾期~雨期) と第 3 次現地調査 (1999 年乾期) の間にそれぞれ 2 回、計 4 回実施した。測定地点図を Fig 5.3 に示す。1998 年乾期の流量観測結果は Fig 5.4 に示す。調査地域では河川流量が小さく、ほとんど 0.1m³/s 以下である。各河川の流量は上流から下流に向かって増加する傾向が認められ、沿岸からの地下水流

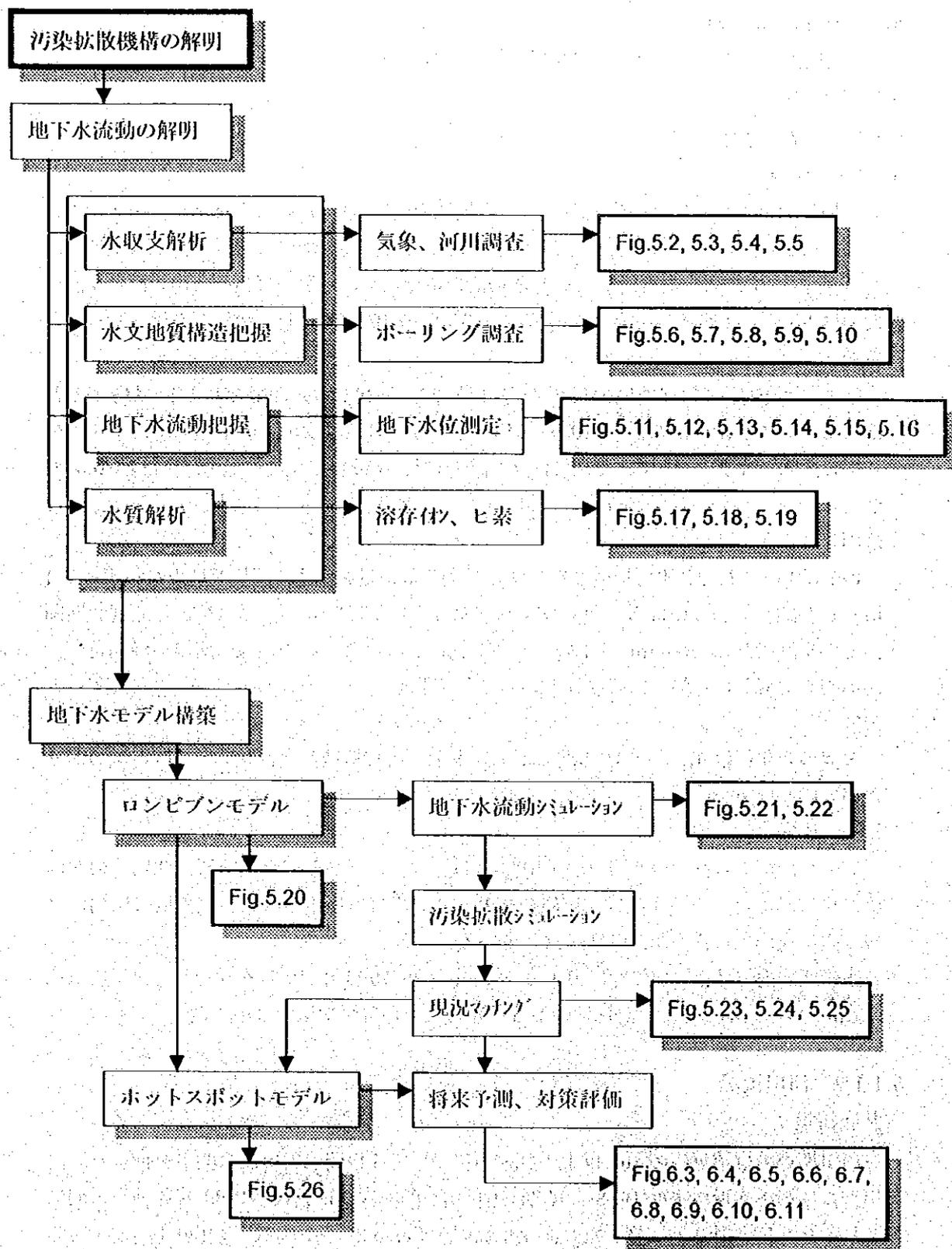
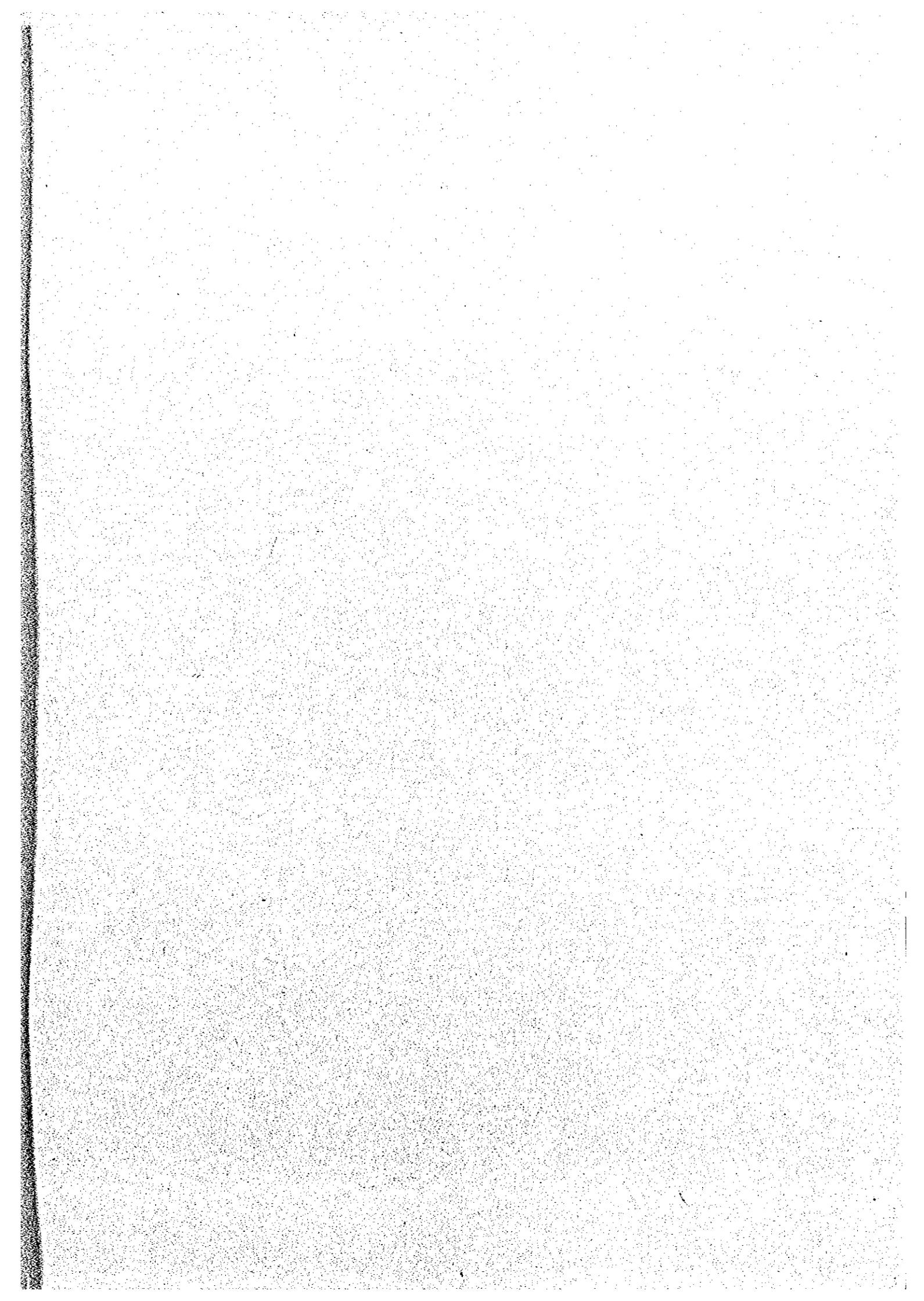


Fig.5.1 Survey Flow of Arsenic Transport Model Study



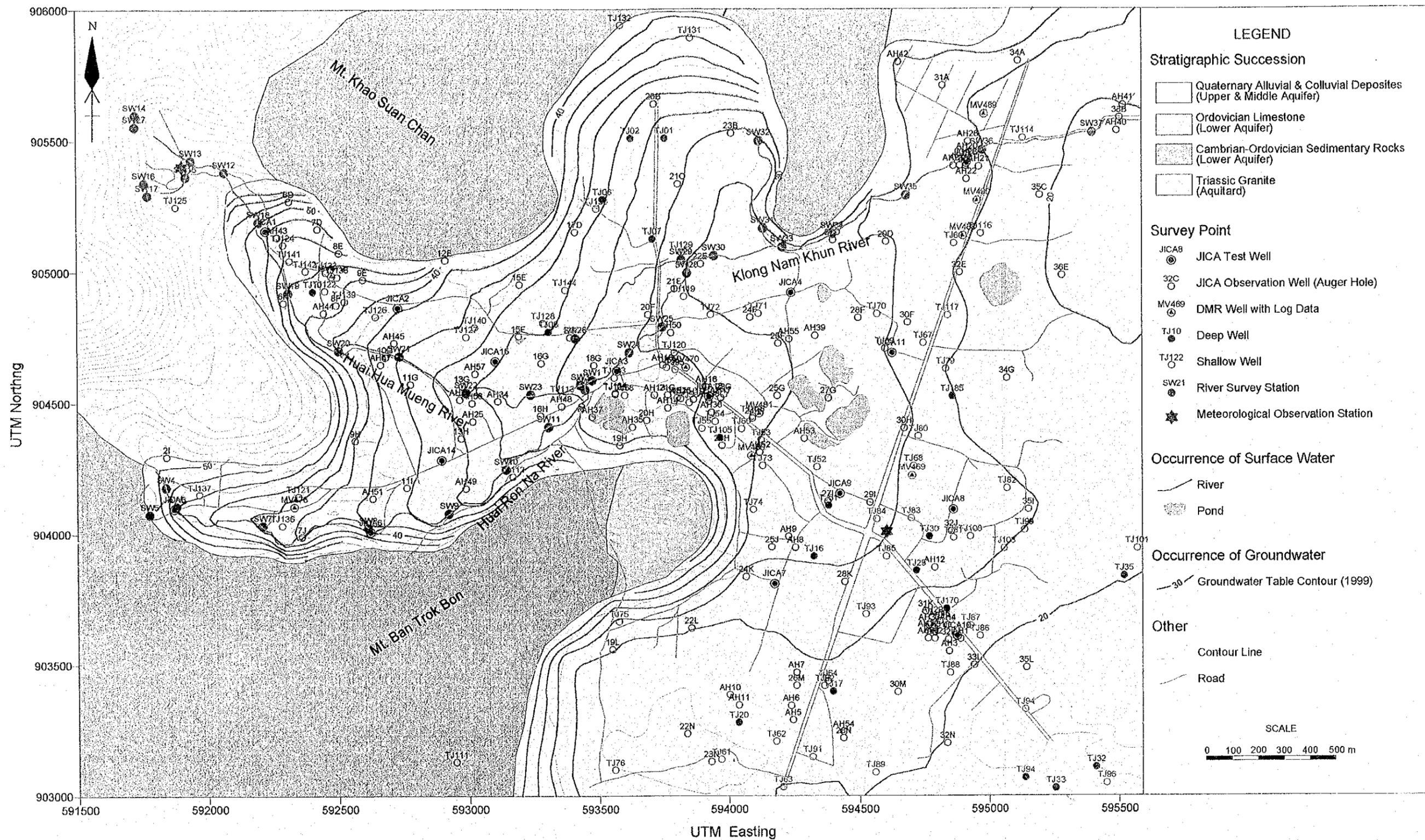
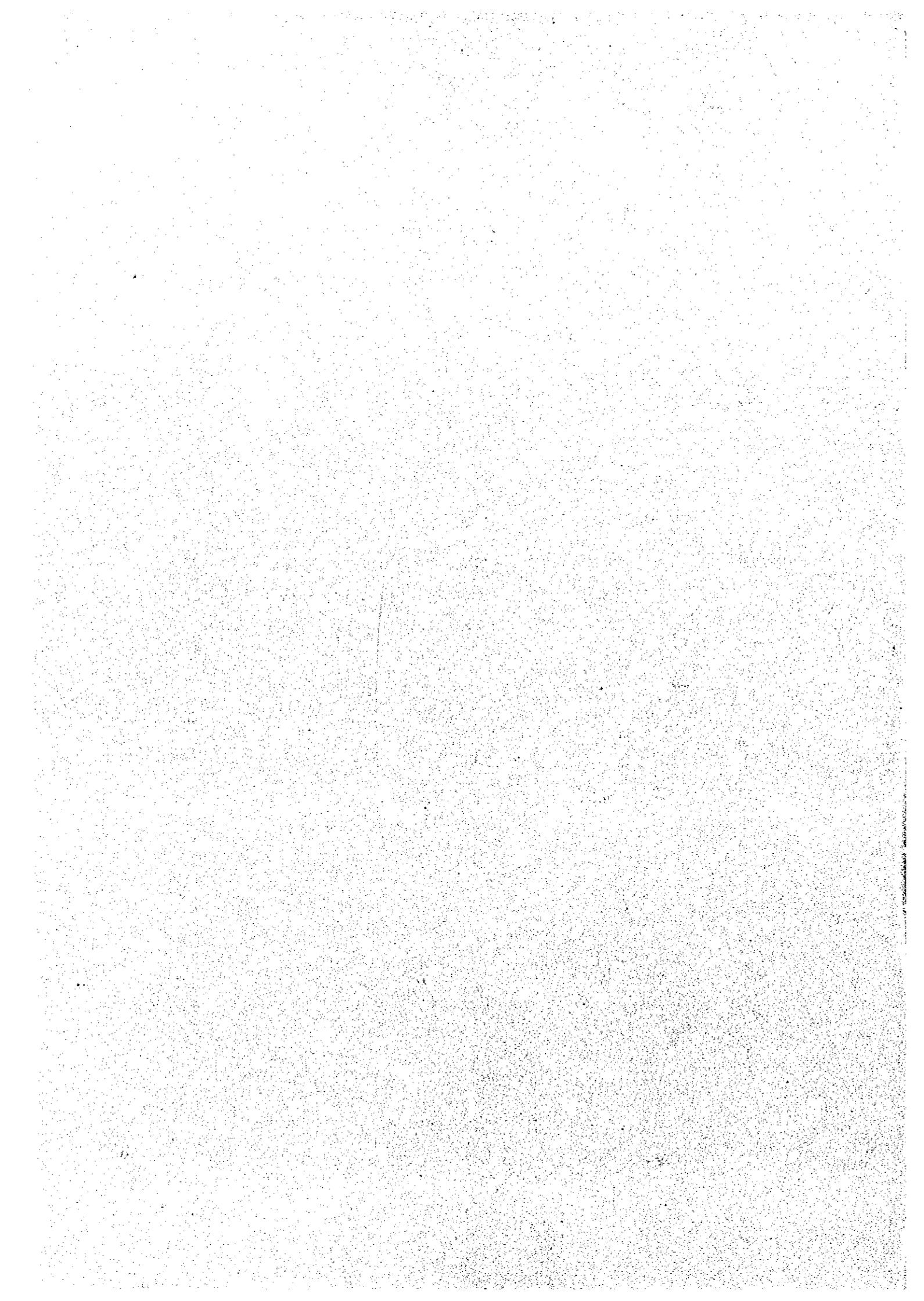


Fig 5.10 Simplified Hydrogeological Map



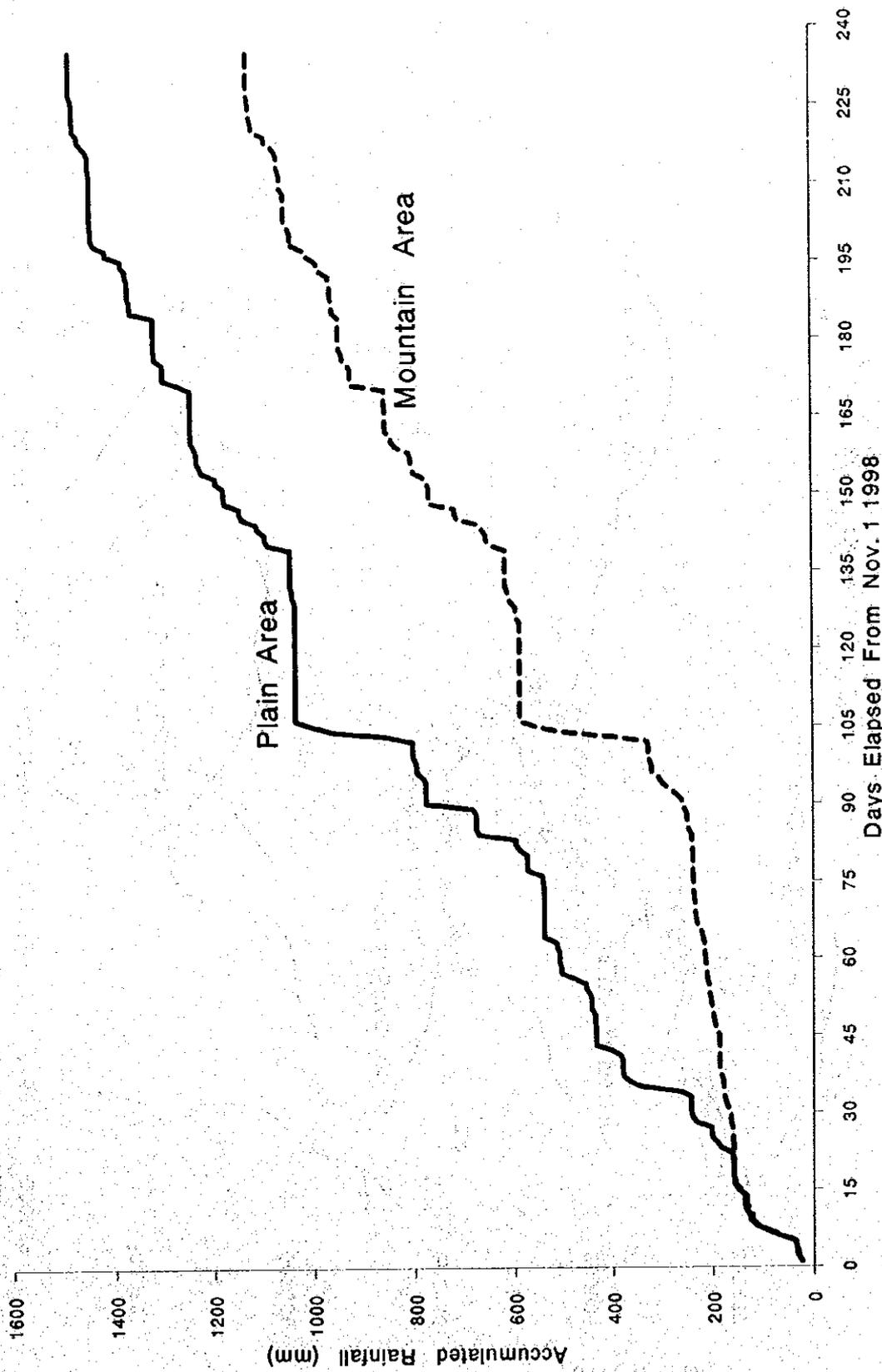


Fig 5.2 Accumulated Rainfall in the Study Area (1998/11/1-1999/6/23)

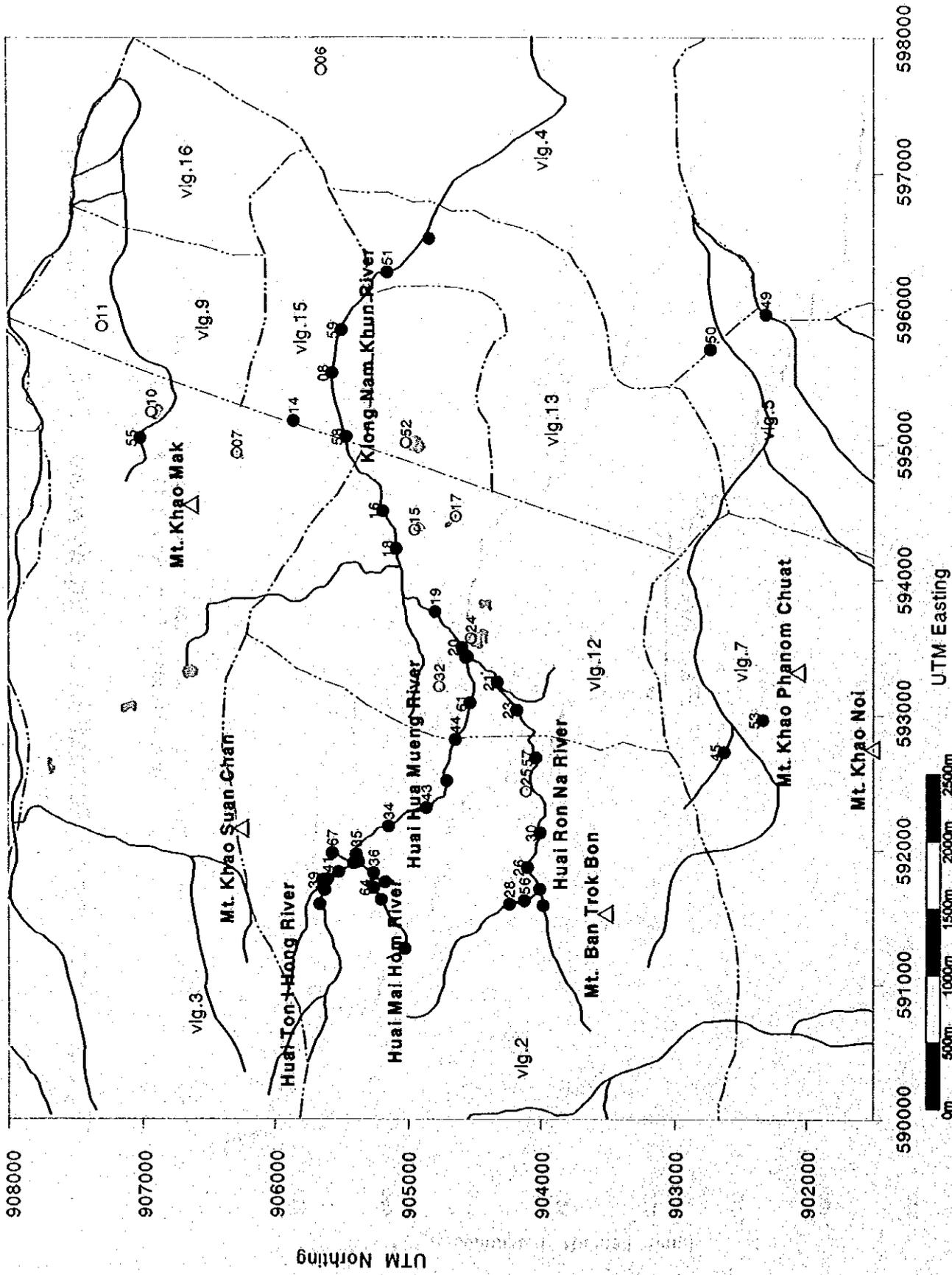


Fig 5.3 Location of Measures Points in the River Survey (Oct. 1998)

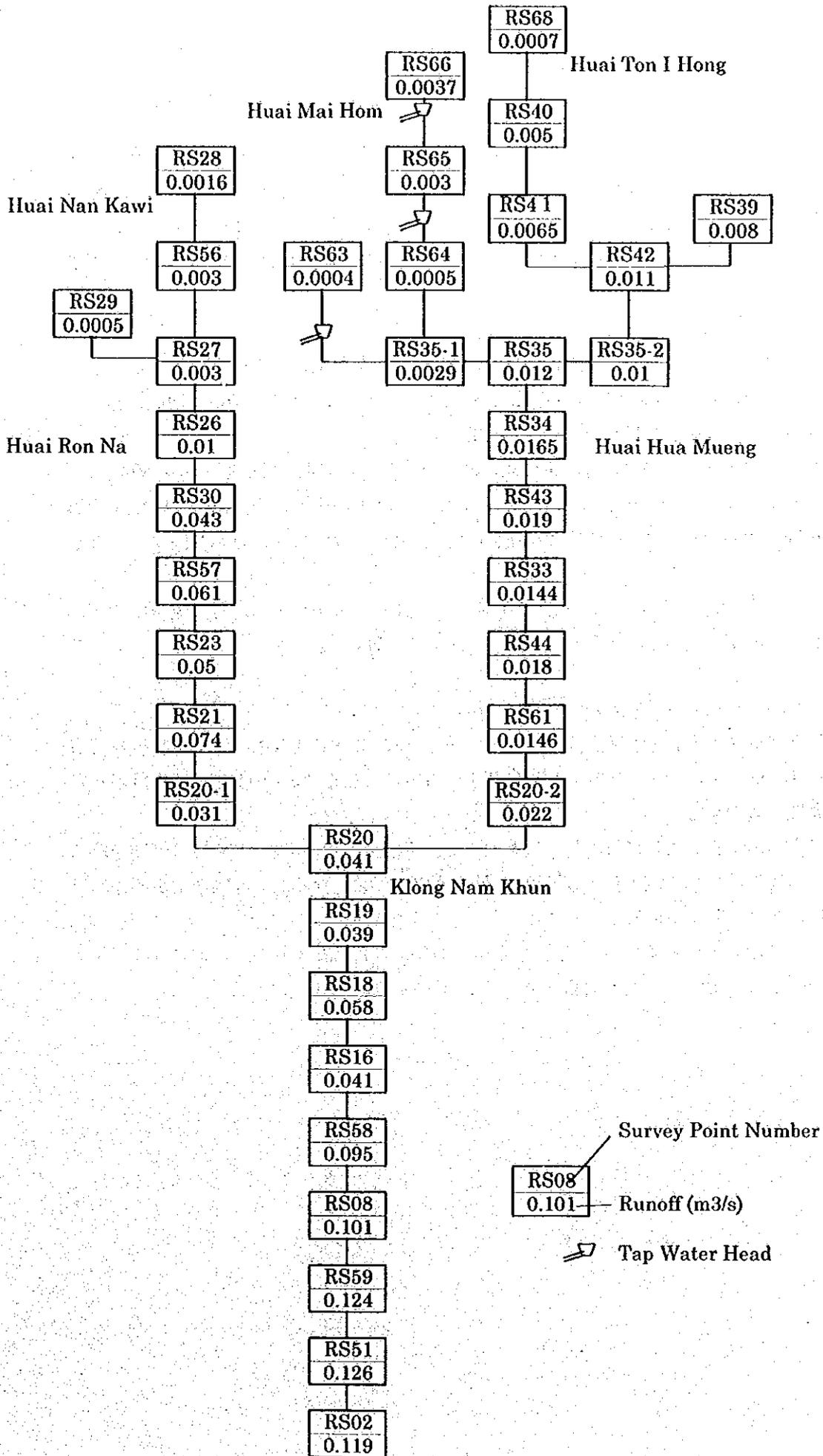


Fig 5.4 Runoff Distribution in Klong Nam Khun River Basin (Oct. 1998)

出が河川を涵養していることを示している。しかし、隣接する調査地点の流量を比較すると上流より下流の流量が減少した地点も数点あり、後述するように、地下水流動調査の結果を合わせて考察すると、ロンビブン盆地内では河川から地下水への涵養もあることを示唆している。また乾期と雨期の結果を比較すると、雨期の河川流量は乾期の 2 倍以上であった。

降雨時流出量

ロンビブン盆地の水収支を解明するための基礎データ収集と水文解析モデル構築するために、Huai Hua Mueng と Huai Ron Na 川の合流点から下流 300m の地点に暫定水位観測所を設置し、降雨時の河川流量観測を実施した。

これらの河川水位、流量と降雨量の測定結果をもとにして水文解析モデルを作成した。使用したモデルはタンクモデルである。モデルでは降雨による地表流出、一時地下浸透後の中間流出及び地下水の河川への流出（基底流出）を考慮して、直列 3 段タンクとした。

水文解析モデルで計算した河川流量を河川水位観測結果から求めた河川流量で検証した結果は Fig 5.5 に示す。計算値は実測値とはよく一致した。

5.1.1.3 ロンビブン盆地の水収支

気象観測で収集した雨量観測結果と水文解析モデルを用いて調査地域の水文解析を行った結果は Table 5.1 に示す。比較のために Table 5.1 には調査地域の 11 年の平均降雨量と平均蒸発散量も加えた。

降雨による地下水涵養量は 10 月が最も大きく、降雨量の約 60% を占める。雨期を終ると地下水涵養量は著しく減少し、12 月と 6 月ではマイナスとなる。これは地下水側から見れば補給がなく、貯留量の減少が起きることを意味している。

一方、表に示しているように、調査期間内の降雨量は平年より多く、蒸発散量は平年より少ないので、降雨による地下水涵養量は平年より多くなっている。

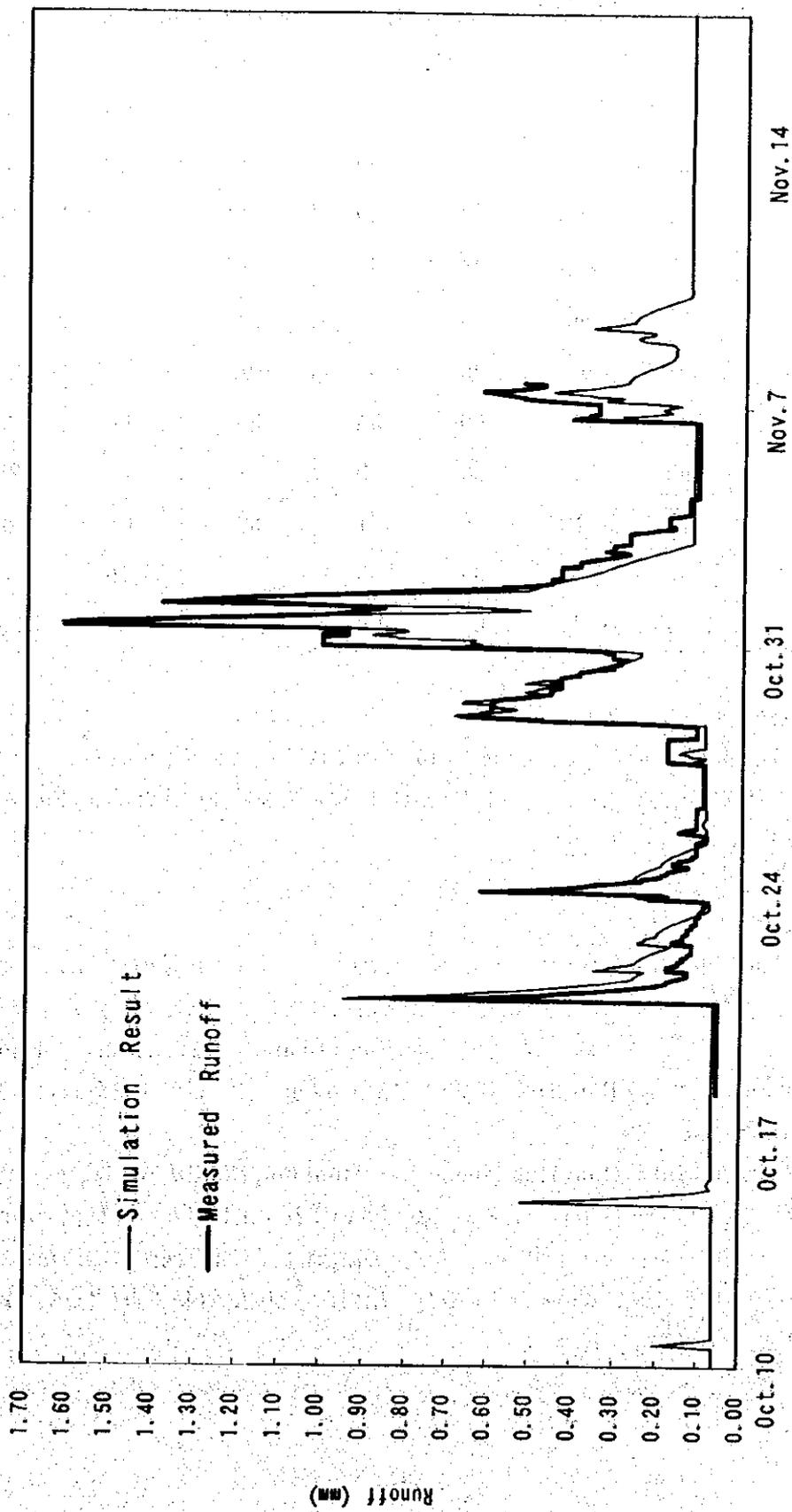


Fig 5.5 Result of Runoff Simulation by Tank Model

Table 5.1 Summary of Hydrological Analysis Using the Tank Model

	降雨量(mm)		蒸発散量(mm)		地表流出 (mm)	地下水涵養	
	調査年	平年	調査年	平年		量(mm)	率(%)
10月(10日から)	366	125	33	40	121	212	58
11月	181	502	44	49	123	14	8
12月	92	243	44	49	70	-22	-24
1月	100	50	45	52	51	4	4
2月	302	45	46	51	197	59	20
3月	173	87	60	64	69	44	25
4月	169	129	55	70	71	43	25
5月	118	110	56	71	52	10	8
6月(23日まで)	58	59	39	53	29	-10	-17
総計	1,559	1,350	422	499	783	354	23

5.1.2 水文地質構造

水文地質構造の把握の為、既存資料の解析と 15 地点で浅部、深部毎の複数のボーリング調査および揚水試験を実施した。ボーリング地点に位置および数量のまとめを Fig 5.6 および Table 5.2 に示す。

5.1.2.1 地質概要

地質的には、Khao Luang 山脈はトリアス紀の花崗岩からなる。また山地の縁辺部には、南北方向にカンブリア・オルドビス紀の頁岩・シルト岩及びオルドビス紀の石灰岩が分布している。すなわち、ロンピブン行政区北側の Khao Suan Chan 山 (標高 318m) と Khao Mak 山 (標高 265m) や南側の Ban Trok Bon 山 (標高 260m 以上) は、主に砂質頁岩と石灰岩によって形成されている。

調査地域を流れる主要河川の Huai Hua Mueng 川と Huai Ron Na 川流域には、砂、礫、粘土からなる崩積土や河成層が分布している。これらはいずれも洪積世から沖積世の第四紀堆積物である。ロンピブン行政区を中心に分布する崩積地は、南北と西側に山地が迫っているため盆地状の地形を形成している。また盆地の出口から東側の沖積平野には砂、礫、粘土からなる沖積層が分布している。

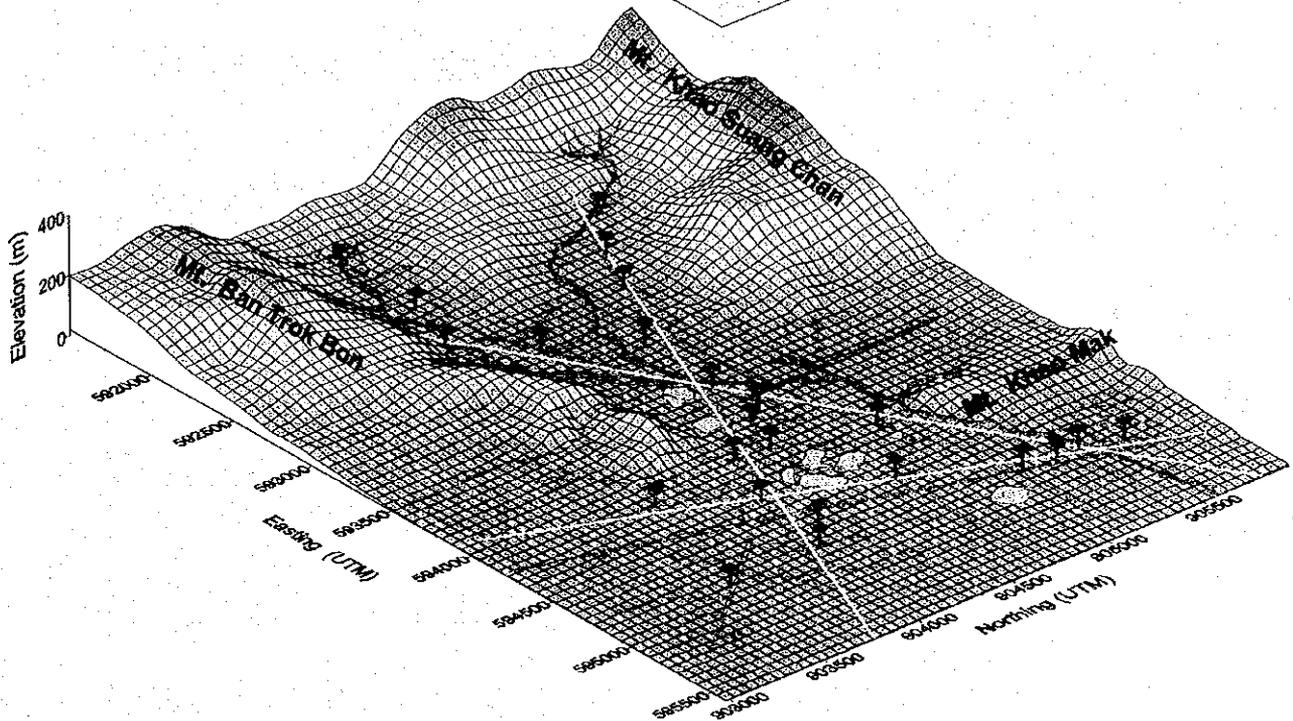
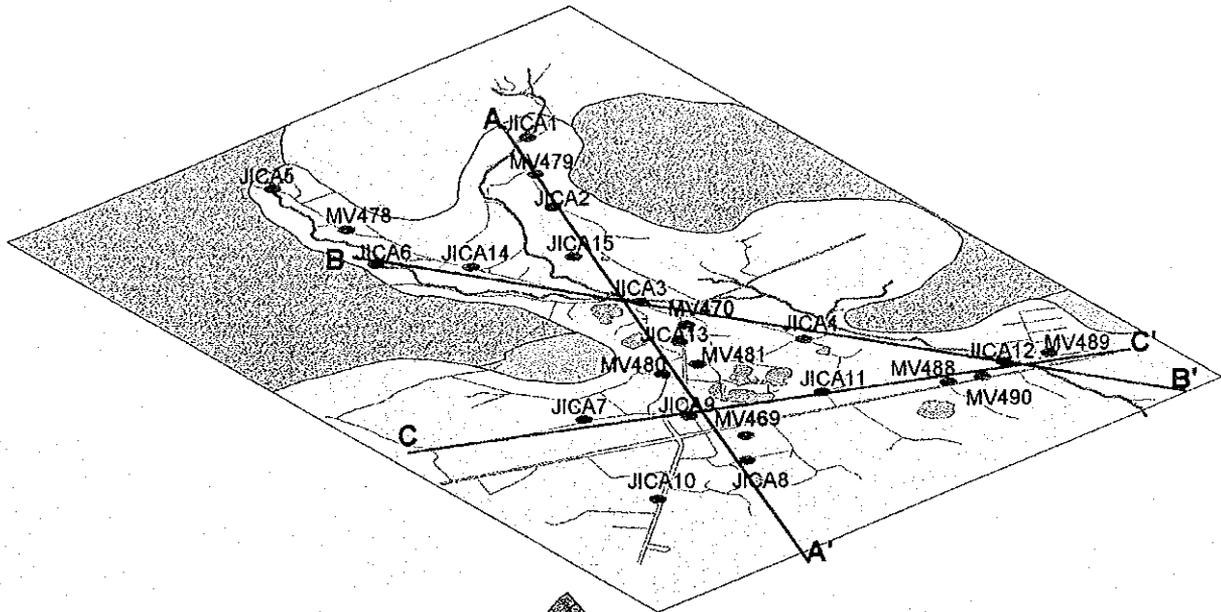
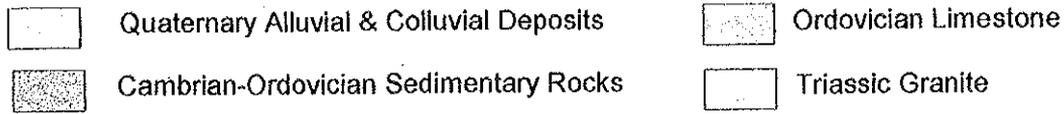


Fig 5.6 Topography and Simplified Geology of Ron Phibun Basin

No.	Type of Drilling	Drilling Diameter (mm)	Reaming Diameter (mm)	Drilling Depth (m)	3" PVC Installation		Aquifer	Remarks
					Well Depth (m)	Screen Depth (m)		
Outlined Survey (1st year)	1	Deep Shallow	150.0	17.00 6.00	14.00 6.00	10.0 ~ 14.0 1.0 ~ 6.0	Deep Shallow	Refilling: 14.0 ~ 17.0 m
	2	Deep Shallow	150.0	32.00 10.00	32.00 10.00	29.0 ~ 32.0 2.0 ~ 10.0	Deep Shallow	
	3	Deep Shallow	150.0	18.00 9.40	18.00 9.40	7.5 ~ 18.0 1.5 ~ 9.4	Deep Shallow	
	4	Deep Shallow	150.0	55.00 16.30	66.00 16.30	48.0 ~ 55.0 1.0 ~ 16.3	Deep Shallow	
	5	Deep Shallow	150.0	15.60 4.50	15.60 4.50	8.0 ~ 15.6 1.0 ~ 4.5	Deep Shallow	
	6	Deep Shallow	150.0	21.00 4.00	21.00 4.00	3.0 ~ 21.0 1.0 ~ 4.0	Deep Shallow	
	7	Deep Shallow	150.0	32.00 4.00	23.00 4.00	10.0 ~ 23.0 1.0 ~ 4.0	Deep Shallow	Refilling: 23.0 ~ 32.0 m
	8	Deep Shallow	150.0	22.00 3.00	22.00 3.00	18.0 ~ 22.0 1.0 ~ 3.0	Deep Shallow	
	9	Deep	150.0	10.00	10.00	5.0 ~ 10.0	Deep	
Detailed Survey (2nd year)	10	Deep 2 Shallow	150.0	29.00 3.50	27.80 3.50	14.8 ~ 27.8 2.5 ~ 3.5	Base Rock(Limestone) Shallow	Refilling: 14.8 ~ 27.8 m, 6' CP insert(0~15 m) To prevent from collapsing
	11	Deep 2 Shallow	150.0	34.50 10.30 7.30	34.50 10.30 7.30	19.5 ~ 34.5 8.4 ~ 10.3 1.0 ~ 7.3	Base Rock(Limestone) Deep Shallow	6' CP insert(0~15 m), To prevent from collapsing
	12	Deep 1 Shallow	150.0	22.00 9.00	22.00 9.00	16.5 ~ 22.0 3.8 ~ 9.0	Base Rock(Limestone) Shallow	
	13	Deep 1 Shallow	150.0	41.50 9.60	41.50 9.60	35.5 ~ 41.5 1.0 ~ 9.6	Base Rock(Limestone) Shallow	
	14	Deep 1 Shallow	150.0	18.60 11.50	18.60 11.50	14.0 ~ 18.6 6.0 ~ 11.5	Deep Shallow	Refilling: 18.6 ~ 21.0 m
	15	Deep 2 Shallow	150.0	29.50 10.70	29.50 10.70	13.6 ~ 29.5 2.0 ~ 10.7	Base Rock(Limestone) Shallow	

Table 5.2 Summary of Drilling Survey

5.1.2.2 帯水層グループ

調査地域の水文地質は、井戸台帳の地層記録や、今回実施した試錐調査の結果から、Table 5.3 に示すように、4つの水文地質単元に区分できる。

Table 5.3 Summary of Aquifer Group

水文地質単元	地質時代	地層及び岩相区分	帯水層区分
グループ1 沖積層・洪積層	沖積世	砂礫層	浅層帯水層
	洪積世	粘土層	難透水層
		粘土混じり砂層	深層帯水層
グループ2 基盤岩(花崗岩)	トリアス紀	両雲母花崗岩 風化帯	帯水層
		両雲母花崗岩 新鮮部	難透水層 (構造帯を除く)
グループ3 基盤岩(石灰岩)	オールドビス紀	石灰岩 亀裂・空洞部	帯水層
		石灰岩 堅硬部	難透水層
グループ4 基盤岩(砂質泥岩)	オールドビス紀	頁岩・シルト岩 亀裂部と石灰岩	帯水層
	カンブリア紀	頁岩・シルト岩 堅硬部	難透水層

Fig 5.7、5.8、5.9の断面図にはこれら各帯水層グループの分布を示した。
以下に各帯水層グループの特徴を述べる。

① 帯水層グループ1 (沖積層・洪積層)

浅層帯水層 (砂礫層)

ロンビブン盆地及び東側の平野には、沖積世・洪積世の堆積物 (沖積層、崩積土) が分布している。このグループの地層は砂礫、シルト、粘土からなり、その構成は変化に富んでいる。盆地内に数多く分布している浅井戸はこの層から取水しており、昔から多く利用されている帯水層である。本層は地表直下に分布しているので、涵養条件が良く、降雨から直接涵養されるばかりでなく、周辺の山地域で地下に浸透した雨水からも多く涵養されている。

本調査試験井における揚水試験から求めたこの帯水層の透水係数を Table 5.4 に示す。

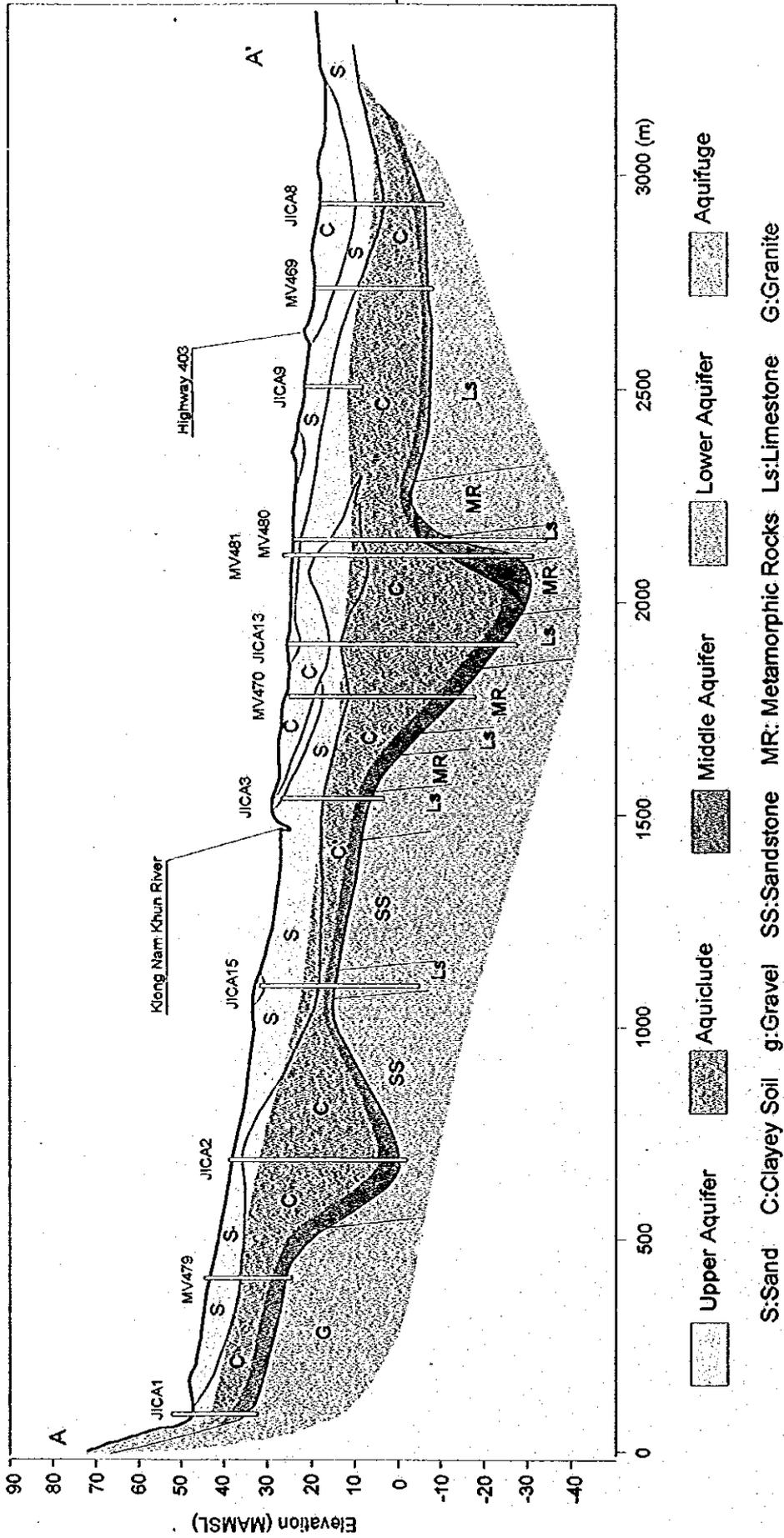


Fig 5.7 Hydrogeological Cross Section A-A'

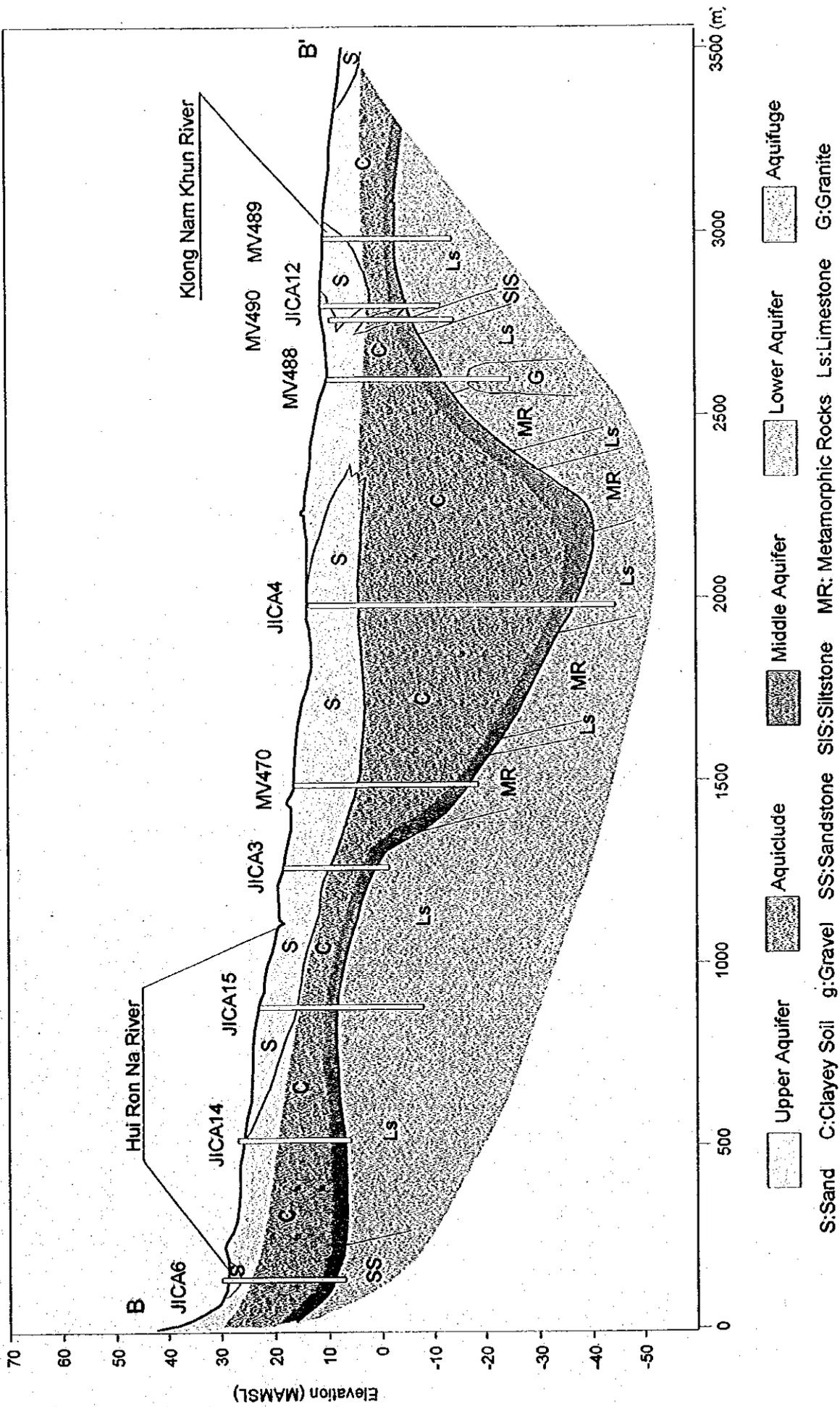


Fig 5.8 Hydrogeological Cross Section B-B'

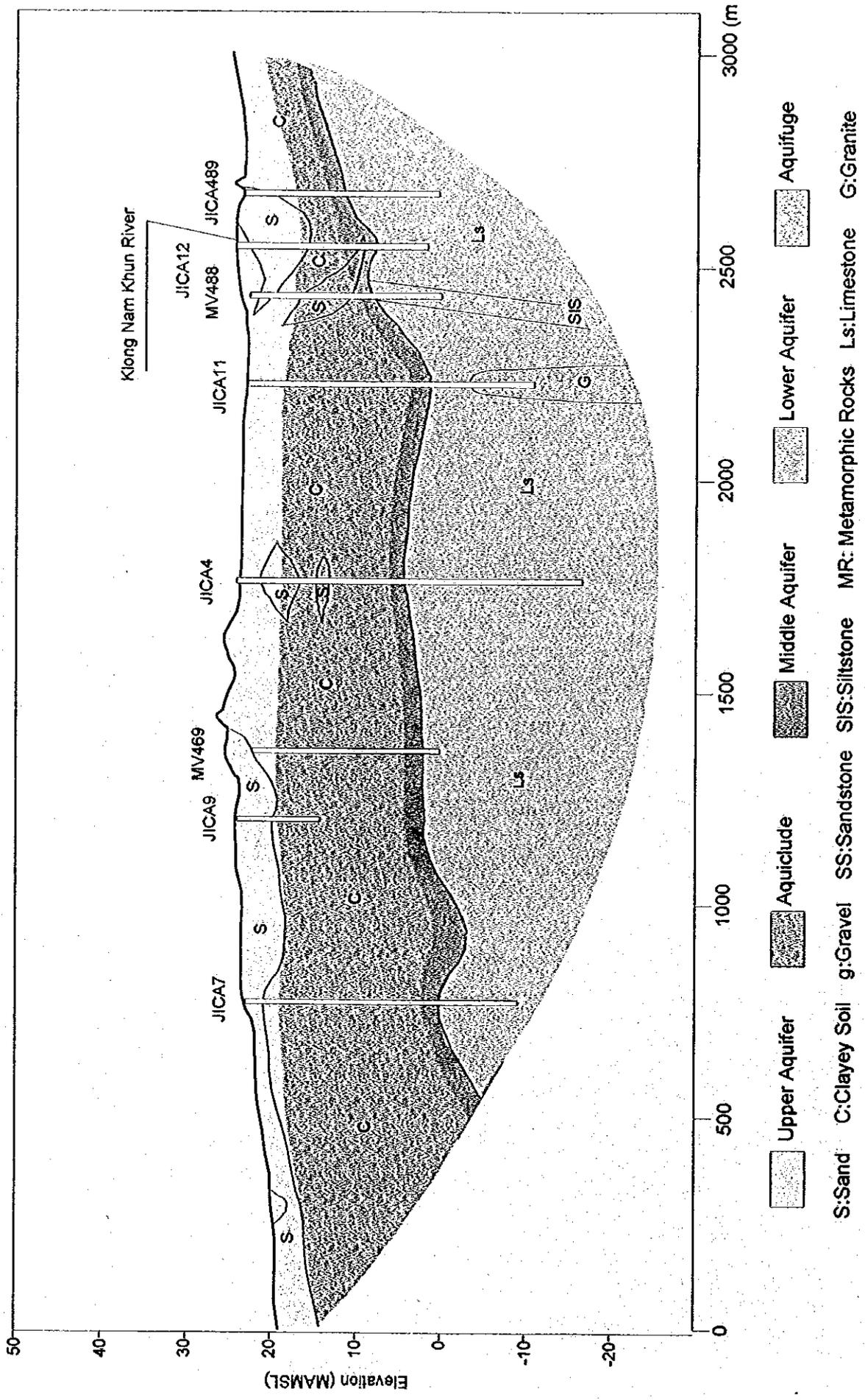


Fig 5.9 Hydrogeological Cross Section C-C'