

第4章 土地化学探査

4-1 調査位置

地化学探査は地質調査と同じ調査範囲において、地質調査と同時並行的に実施した。現地調査後半に、グリーンストーンが分布する可能性があるとして、サンホセ地域北部地区を追加選定した。

4-2 調査方法

4-2-1 試料採取

試料は、現河川の後背地を形成する河川堆積物が風化した土壤試料を対象とした (Fig. II-4-1)。採取点は、航空写真や地形図を利用し、集水盆がほぼ均等な面積になるように設定した。つまり、採取密度が1個/km²程度になるように計画し、地質や土壤発達状況等の現地状況に応じて計画を変更した。この方法は、金鉱床探査の化学探査において、ウルグアイで実施されてきたものであり、最も有効な探査方法であると判断されたため採用した (内部資料による)。

試料採取において深度数 10cm まで掘削を行い、B 層土壤を採取対象とした。土壤の量は 2kg 採取し、試料の記載を行った (Appendix 2)。採取地点の位置情報については、GPS を活用した。

土壤採取試料数は、2,021 個である。試料位置図は Fig. II-4-2 に示す。内訳は、サンホセ地域主要地区が 1,515 個、同地域西部地区が 161 個、同地域北部地区が 52 個、アロジョグランド地域が 293 個であった。

4-2-2 試料処理

土壤試料の前処理は DINAMIGE 分析室で行った。前処理は乾燥後、80 メッシュに粉碎した試料を分析に供した。

4-2-3 化学分析

分析元素は Al, Sb, As, Ba, Be, Bi, B, Cd, Ca, Co, Cu, Ga, Fe, La, Pb, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Sc, Ag, Na, Sr, S, Tl, Ti, W, U, V, Zn, Au の 34 元素である。これらのうち、一般には Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, As, Sb, Hg は金の鉱化作用に

関連すると考えられている。分析方法では、AuがFire Assay-ICP法、それ以外がICP法である。検出限界については、基本統計量のリストに示す。化学分析は、ブラジルのミナスジェライス(Minas Gerais)州、ベロ・オリゾンテ(Belo Horizonte)にあるレイクフィールド・ジェオソル社(LAKEFIELD GEOSOL LTDA)で実施した。土壌の分析結果を Appendix 3 に示した。

4-3 解析方法

全試料を対象に統計処理した。地化学探査試料の化学分析結果は、データの統計処理のためコンピュータに入力し、基本統計量を求め、単変量解析及び多変量解析を行った。単変量解析では、各元素毎のヒストグラム、累積頻度図を作成するとともに各元素の統計値を計算した。計算には検出限界以下の値を示す値には検出限界値の半分の値を用いて計算した。計算した平均値は幾何平均値である。

各元素の関係は相関係数を計算し、検討した。各元素の異常値の抽出には、EDA (Exploratory Data Analysis) 法(Kurz H., 1988)を採用した。この手法は、単成分データの分布の型に関係せず、統計的な数値処理によってしきい値(異常値)を抽出する方法である。

多変量解析としては、クラスター分析及び各成分間の相関関係により関係する因子を抽出する手法である因子分析法を採用した。解析には、その地区の地質が重要な要素であり、本年度行った地質調査の結果を用いて行った。

4-4 解析結果

4-4-1 統計処理結果

分析結果をコンピュータに入力し、全試料の分析値を用いて統計処理を行った。統計処理の結果を Table II-4-1 ~ Table II-4-3 に示す。Au 最大値は 111ppb を示す。本調査に採用した 34 元素のうち Au, Sb, Hg, Tl, Ag, Be, Bi, Cd, Mo, Sn, W の元素は、大部分が検出限界以下の値を示す。

各元素の関係を明らかにするため相関係数を求めた(Table II-4-2)。この結果、Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Ni, V, Zn のそれぞれの元素において、正の相関が強い。Au と高い相関を示す元素は認められなかった。

4-4-2 単変量解析結果

各成分の統計処理結果を検討し、基本統計量(Table II-4-1)、EDA 法(Table II-4-3)及び累積頻度分布図(Fig.II-4-3(1)~(9))により Upper Fence の値をしきい値と決定した。Au, As, Cu, Pb, Zn について、このしきい値と、補助的しきい値として Upper Wisker を用い、Fig.II-4-4~Fig.II-4-8 に示す濃度分布図を作成した。この分布図より各元素の分布傾向は、以下に要約される。

Au : しきい値を 5 ppb とし、それ以上を異常とした。異常帯は、サンホセ地域主要地区東南部のH鉱化帯南部と、アロジョグランデ地域西部のL鉱化帯に抽出された。また、サンホセ地域主要地区西部~中部にも点在する。

As : しきい値を 21.7 ppm, 補助的しきい値を 10.0ppm とし、それ以上を異常とした。異常帯は、サンホセ地域主要地区西部, 同中部, サンホセ地域西部地区東部, アロジョグランデ地域に抽出された。鉱化帯との関係では、鉱化帯 B, E, G, G 北方, H, I, K 東方, L 及び M に対応する。

Cu : しきい値を 55.4 ppm, 補助的しきい値を 37.0ppm とし、それ以上を異常とした。異常域は、ほぼ全域に見られる。鉱化帯との関係では、鉱化帯 A, B, C, E, E 西方, G, G 北東方, J, K, L 及び M に対応する。

Pb : しきい値を 73.4 ppm, 補助的しきい値を 60.0ppm とし、それ以上を異常とした。異常域は、ほぼ全域に見られる。鉱化帯との関係では、鉱化帯 A, B, C, D, E, G, G 北方, I, I 北東方, J, K, L 及び M に対応する。

Zn : しきい値を 140.3ppm, 補助的しきい値を 85.0ppm とし、それ以上を異常とした。異常域は、中部に点在する以外は、全域に抽出された。鉱化帯との関係では、鉱化帯 A, B, C, C 南方, D, G, G 東方, K, L 及び M に対応する。

4-4-3 多変量解析結果

各試料の分析データから元素と鉱化作用あるいは母岩の特性などとの関連性を検討するために、多変量解析のうちクラスター分析及び因子分析を採用した。

クラスター分析ではデンドログラムを作成した (Fig.II-4-9)。Au と As, Pb と Al, Cu と Zn が近い関係にあることがわかる。

因子分析では、バリマックス法で処理され、8つの因子が抽出された (Tab.II-4-4)。そ

のうち、因子寄与率が高い上位4者について、棒グラフを作成した (Fig.II-4-10)。各因子ごとに因子負荷量の絶対値が大きな元素を示すと次のようになる。

Factor1: Co,Cr,Cu,Fe,Mg,Ni

Factor2: Ga,Al,Fe,K,Li,Pb,Y,Zn

Factor3: Ca,Na,Sr

Factor4: Au,As,K,V

因子得点の絶対値が1以上を示す試料の因子得点分布図を作成し (Fig.II-4-11～Fig.II-4-14)，地質及び鉱化作用との関連性について検討した。

Factor1：サンホセ地域主要地区の西部～中部，サンホセ地域西部地区及びアロジョグランデ地域に，高因子得点が分布する。これらの異常域を構成する地質は，pCCcb, pCCps, pCCag である。また，鉱化帯の分布との関係では，鉱化帯 B, BC 間, AE 間北方, I 北東方及び M に対応する。

Factor2：サンホセ地域主要地区の西部，同中部，サンホセ地域西部地区及びアロジョグランデ地域に，高因子得点が分布する。これらの異常域を構成する地質は，pCCcb, pCCsjo, pCCps, pCCsj, pCCag, pCCG である。また，鉱化帯の分布との関係では，鉱化帯 A, C, D, G 南部, G 北方, K 及び M に対応する。

Factor3：サンホセ地域主要地区の西部，同東部，サンホセ地域西部地区及びアロジョグランデ地域西部に，高因子得点が分布する。これらの異常域を構成する地質は，pCCcb, pCCsjo, pCCps, pCCag, pCCG である。また，鉱化帯の分布との関係では，鉱化帯 A 南東部, BC 間, C, G, G 東方～I 北方, J, L 及び M に対応する。

Factor4：サンホセ地域主要地区の西部，同中部及びアロジョグランデ地域に，高因子得点が分布する。これらの異常域を構成する地質は，pCCsjo, pCCps, pCCag である。また，鉱化帯の分布との関係では，鉱化帯 A, B 南部, E, G, H, I 及び L に対応する。

4-4-4 考 察

因子分析の結果，以下のことが推定される。

Factor1 はいわゆる塩基性火山岩類の岩石特性を反映した因子と考えられる。その分布範囲から緑色片岩や変玄武岩を含む pCCps, pCCag が分布する範囲において因子得点が高い傾向を示す。

Factor2 は花崗岩類の岩石特性に関係した因子の可能性もある。Factor3 は塩基性火山岩

類以外の岩石を特徴づける因子，あるいは粘土鉱物に関係した因子と推定される。いわゆるグリーンストーン帯を構成する pCCsjo, pCCps, pCCag が分布する範囲において因子得点が高い傾向を示す。

Factor4 は金の鉱化作用に関連した因子と考えられる。地化学異常と鉱化帯との関係を検討すると，Au, As, Factor4 が重複する箇所は，鉱化帯 A, B, E, G, H 及び L となる。

土壌地化学探査の結果，剪断帯との関係を見出すことはできなかったが，後述する岩石地化学探査結果では，剪断帯に沿った金の地化学異常が抽出されており，本年度調査の結果，本地域において潜在的に金鉱床の賦存する可能性が十分認められる。

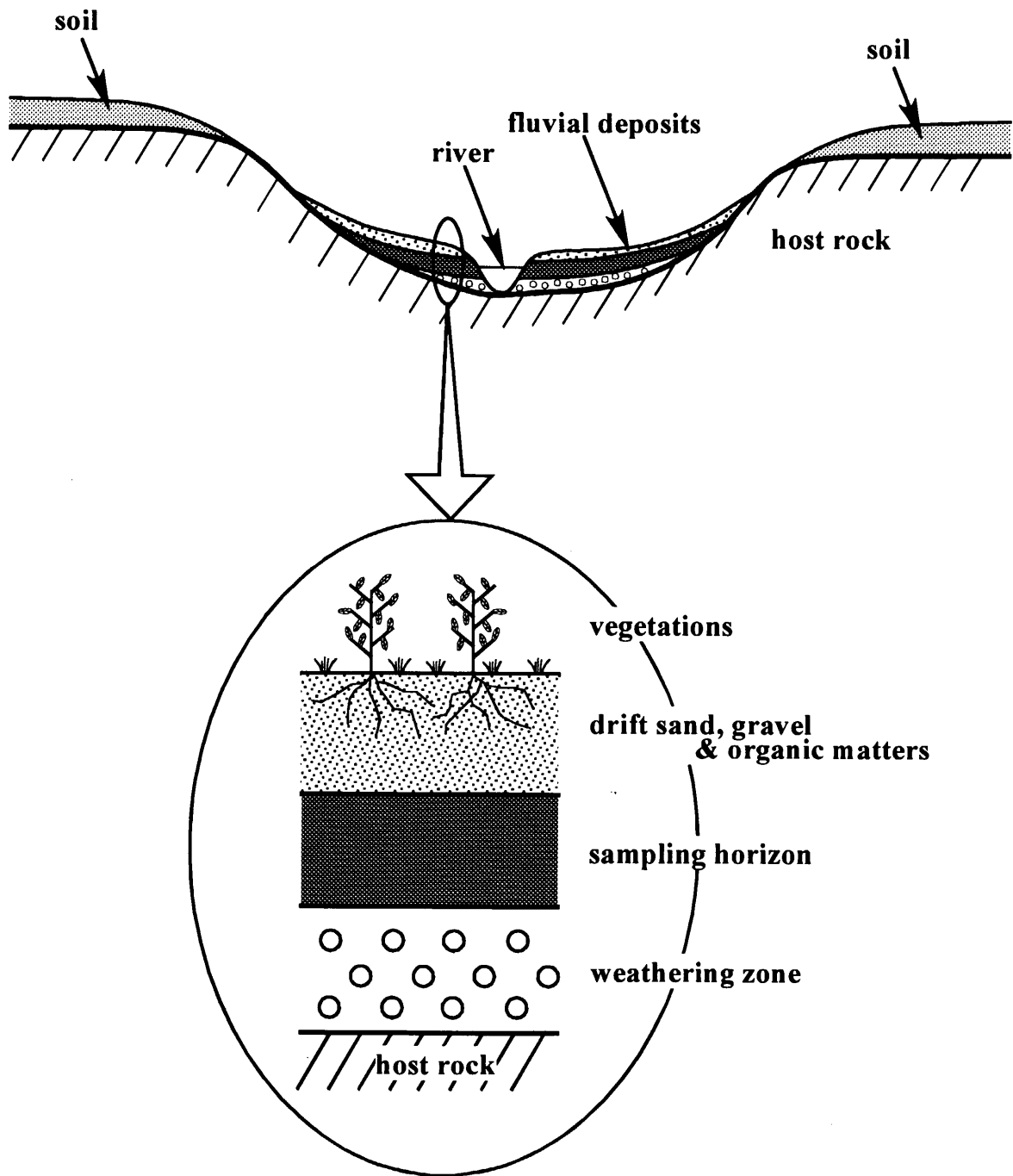


Fig.II-4-1 Schematic cross section of fluvial system showing the sampling horizon for soil geochemical survey

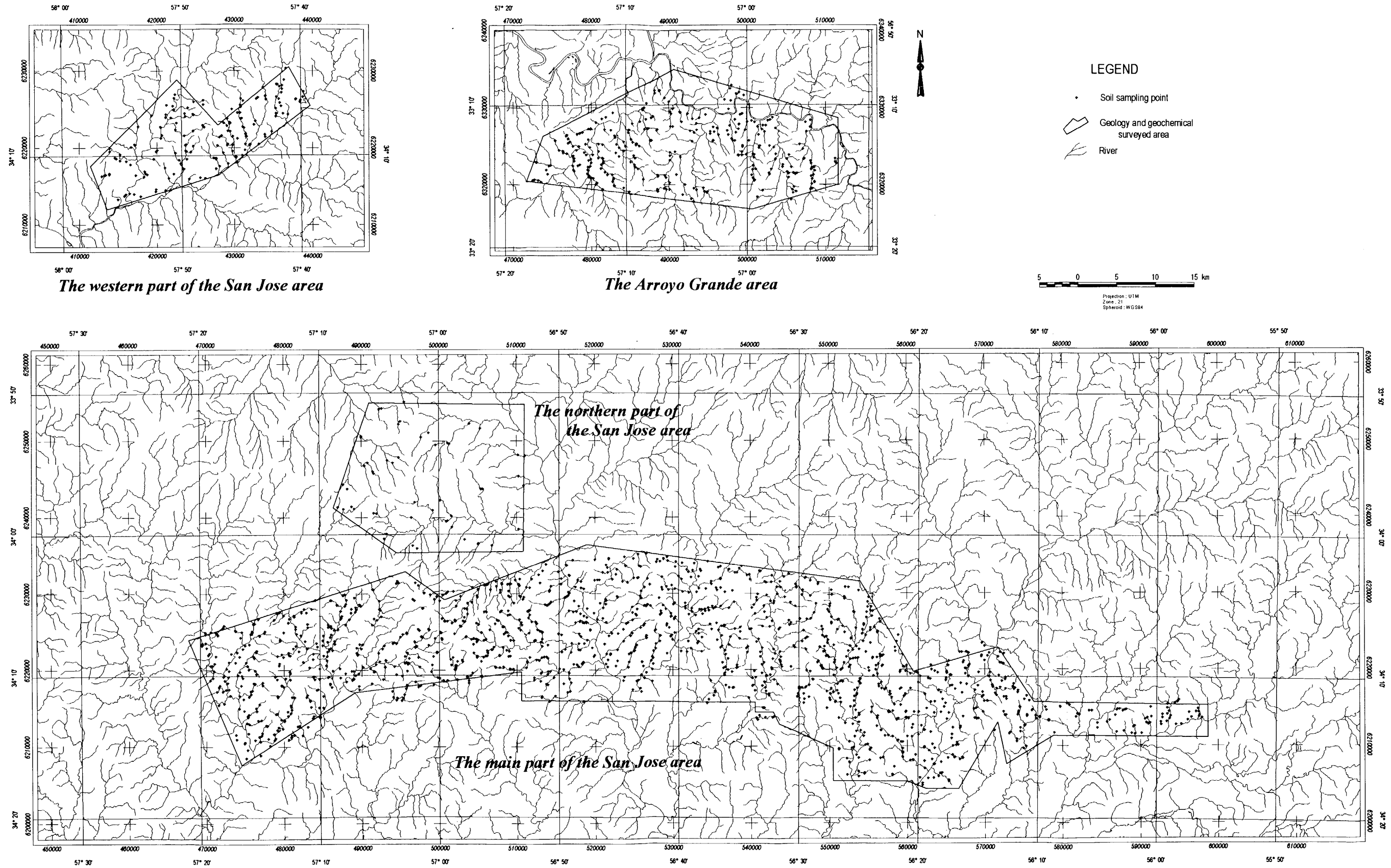


Fig.II-4-2 Location map of soil samples

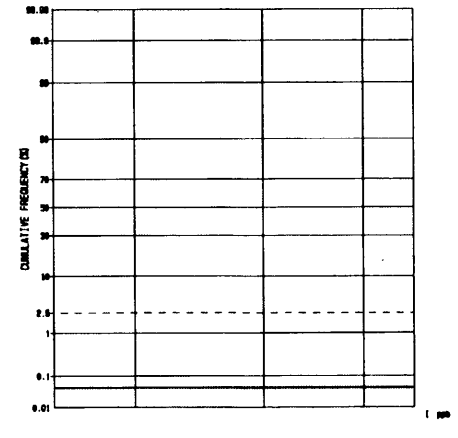
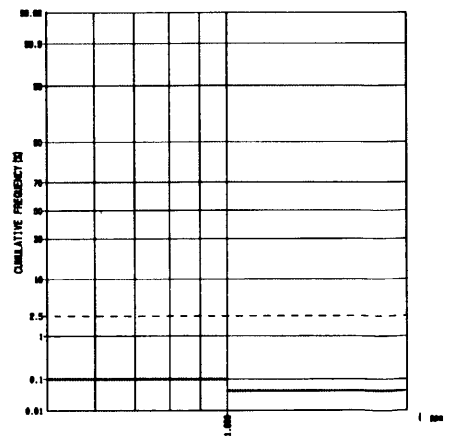
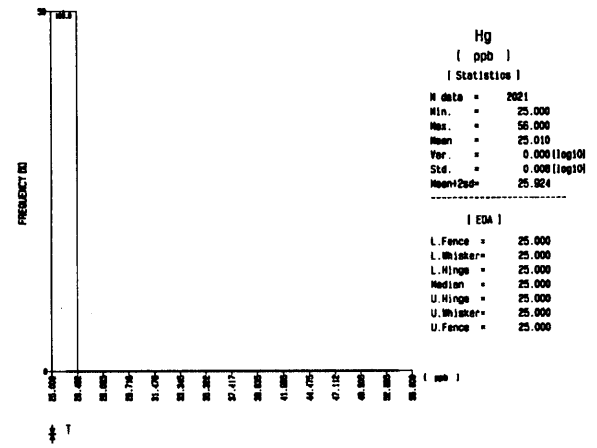
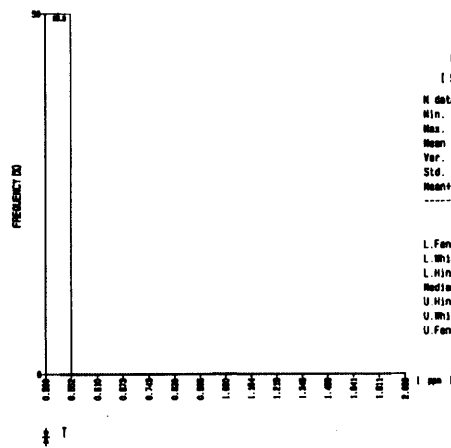
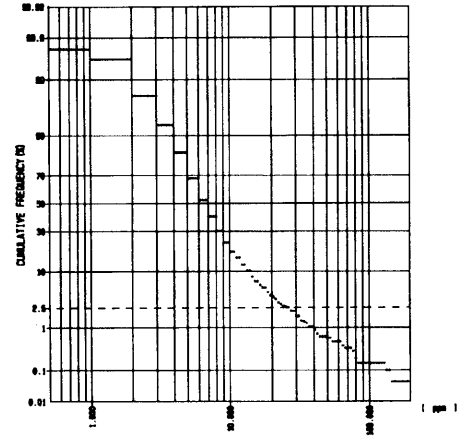
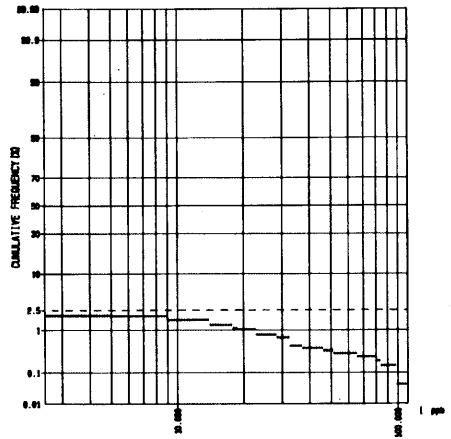
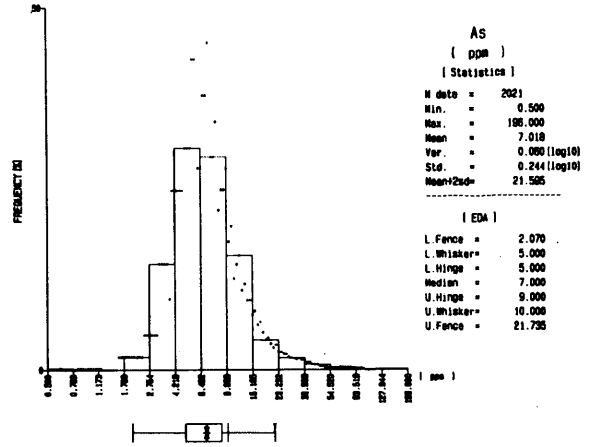
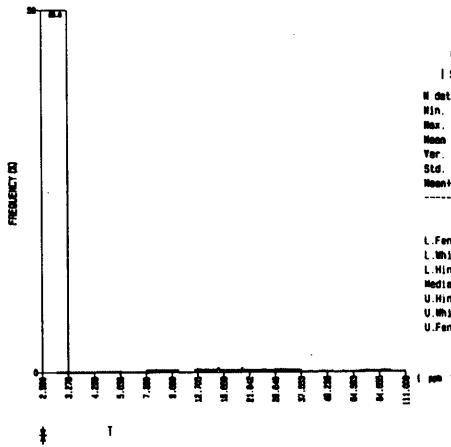


Fig.II-4-3(1) Histogram, EDA and cumulative frequency of each element of soil samples

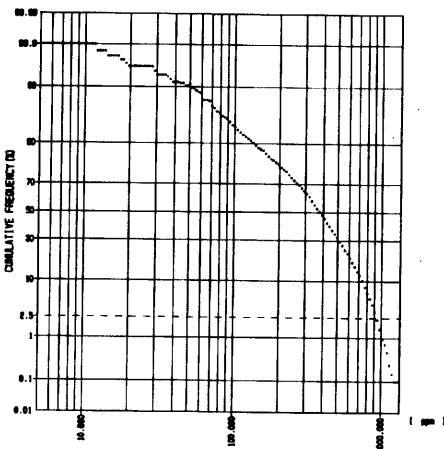
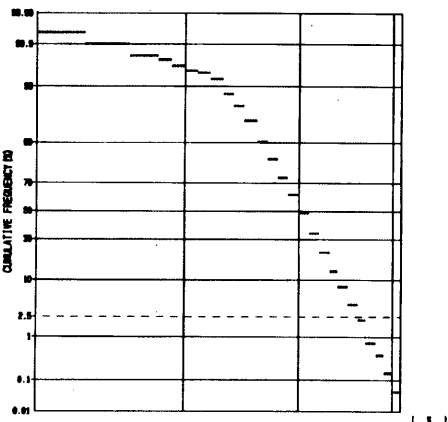
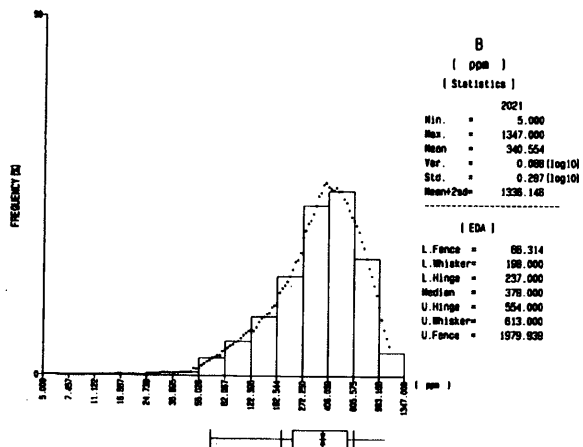
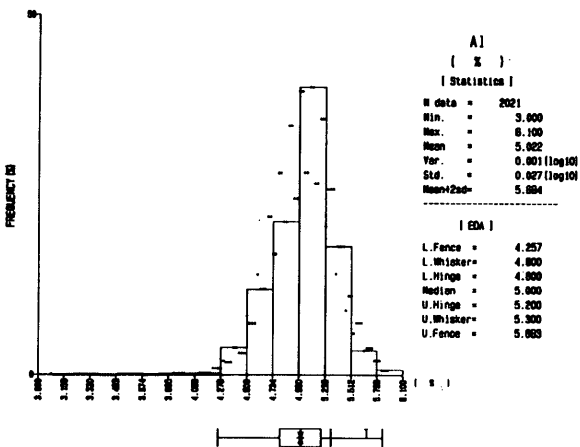
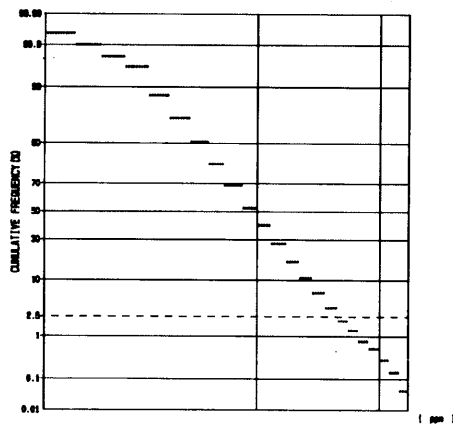
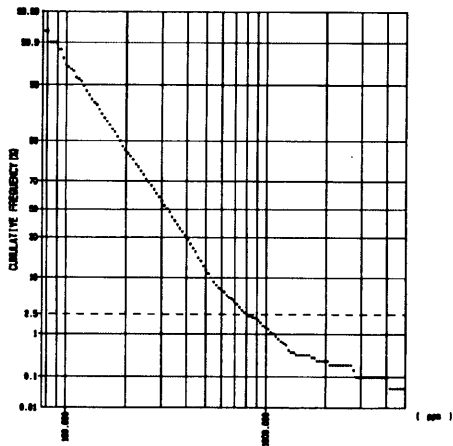
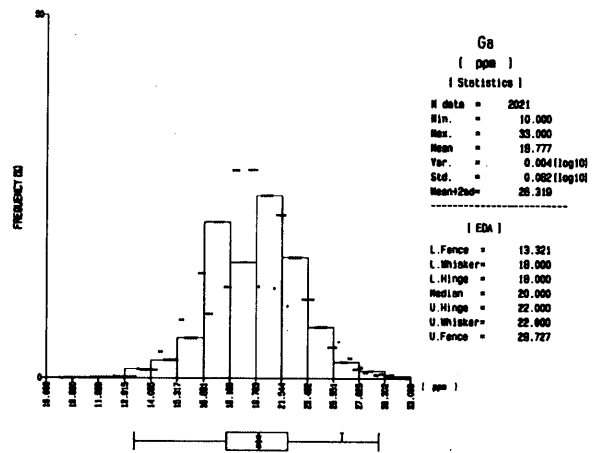
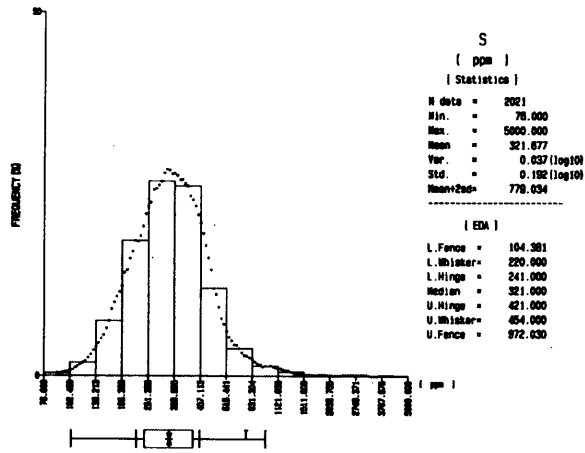


Fig.II-4-3(2) Histogram, EDA and cumulative frequency of each element of soil samples

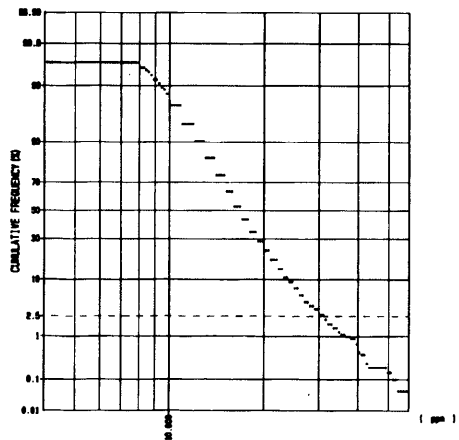
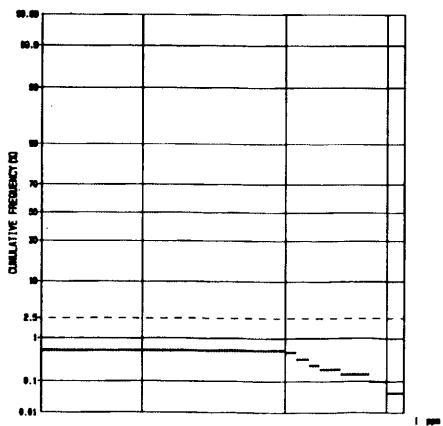
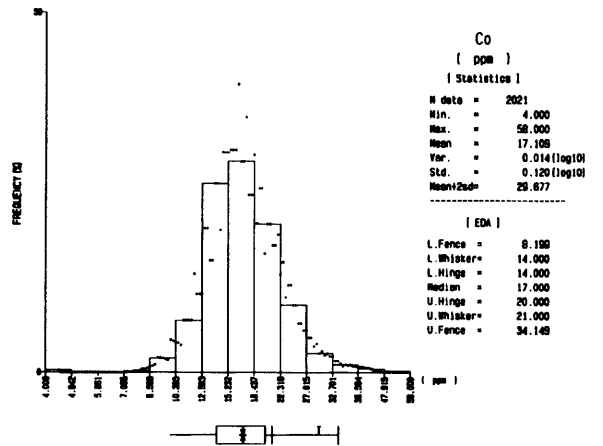
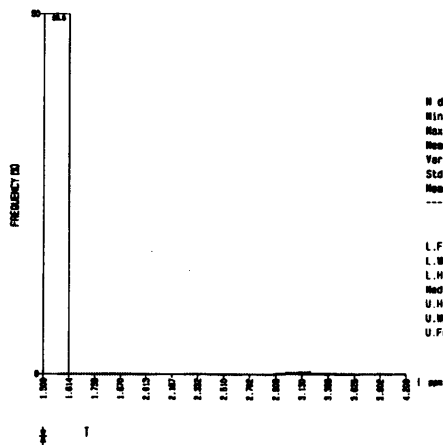
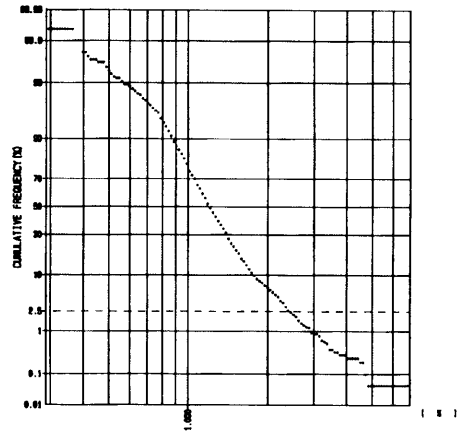
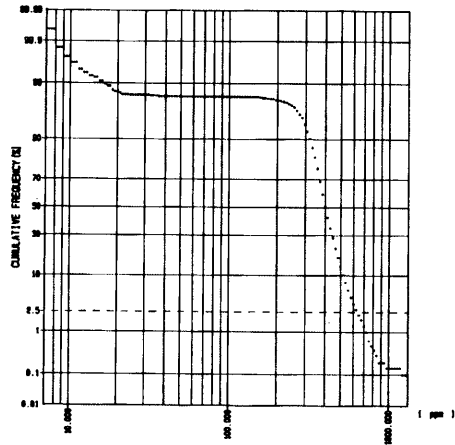
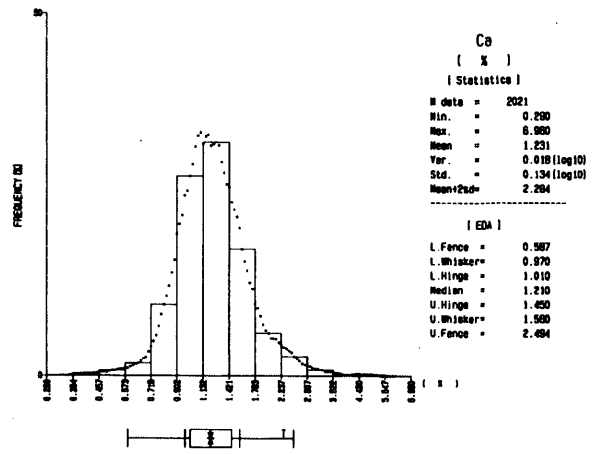
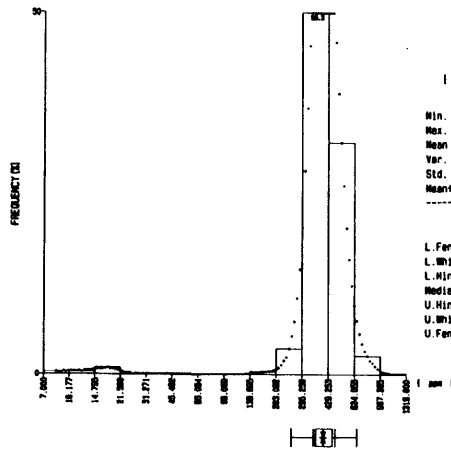


Fig.II-4-3(3) Histogram, EDA and cumulative frequency of each element of soil samples

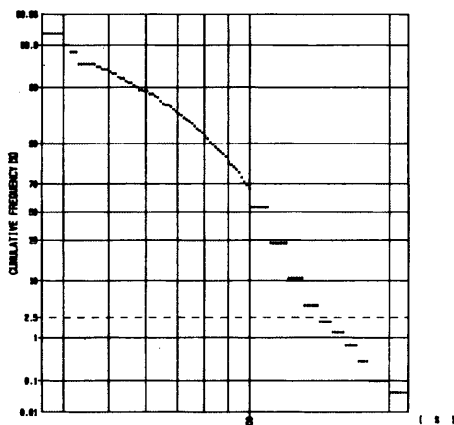
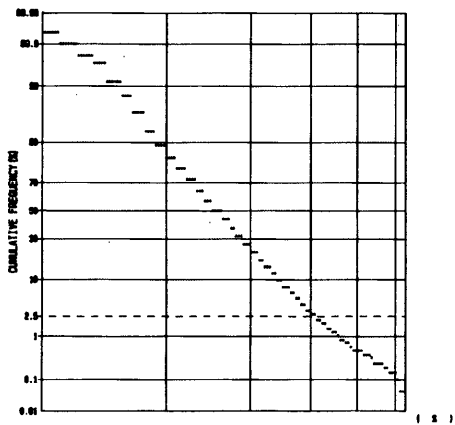
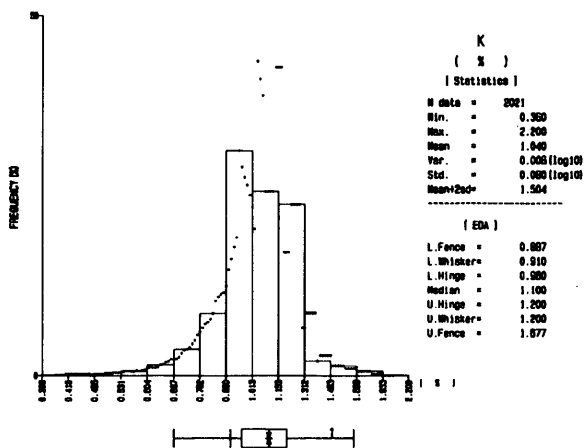
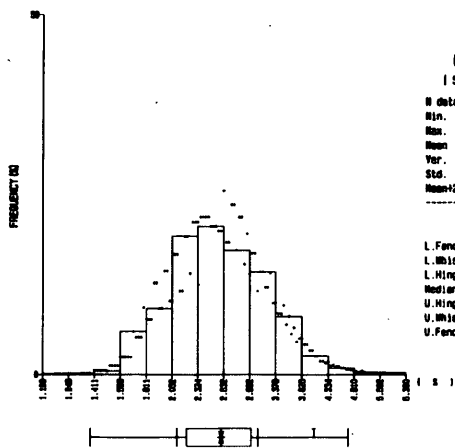
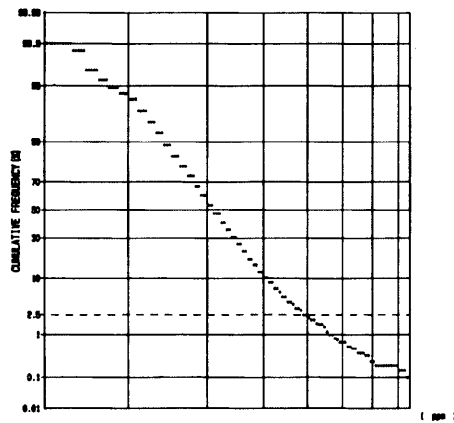
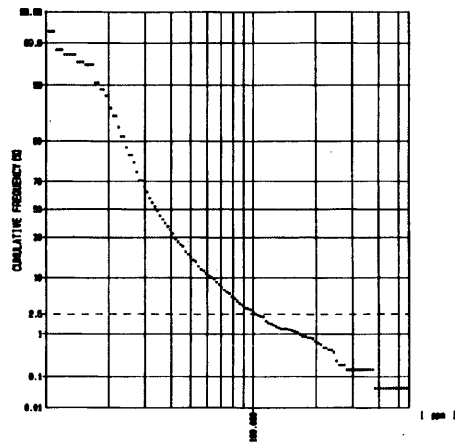
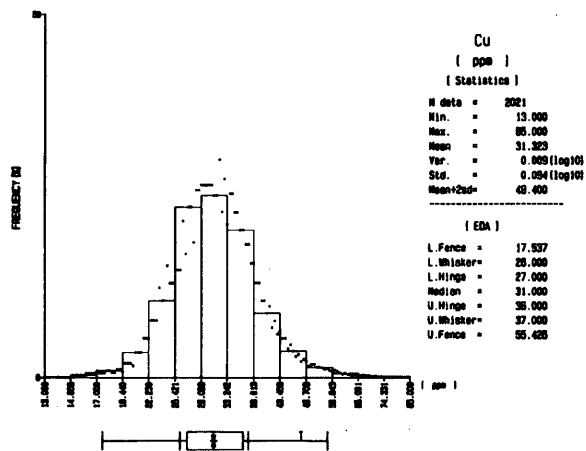
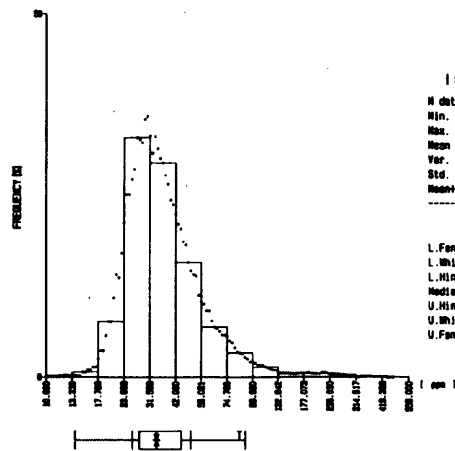


Fig.II-4-3(4) Histogram, EDA and cumulative frequency of each element of soil samples

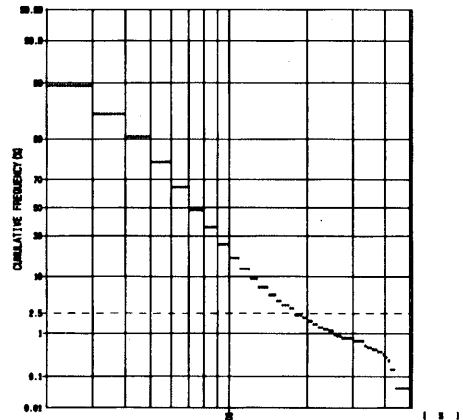
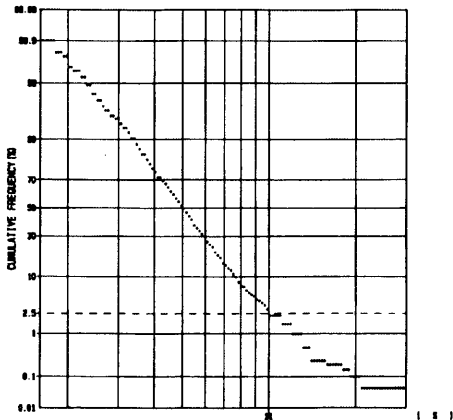
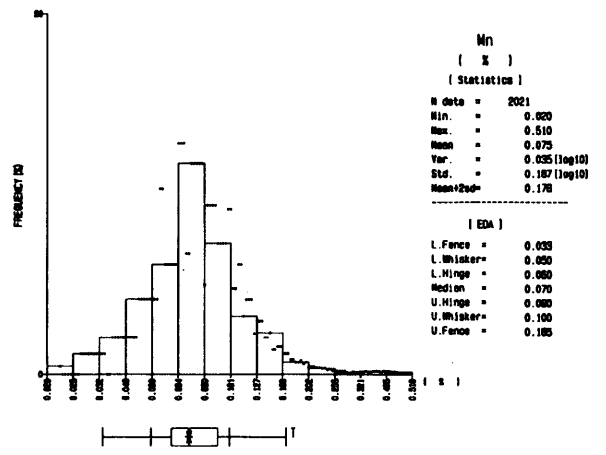
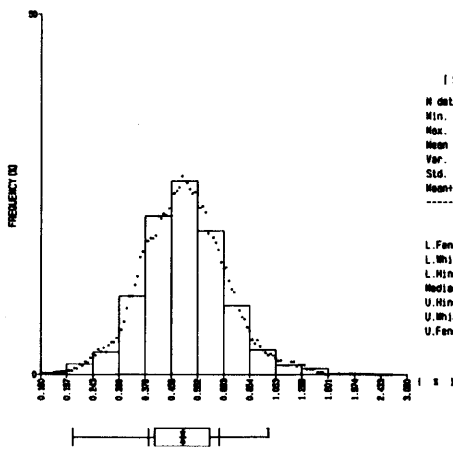
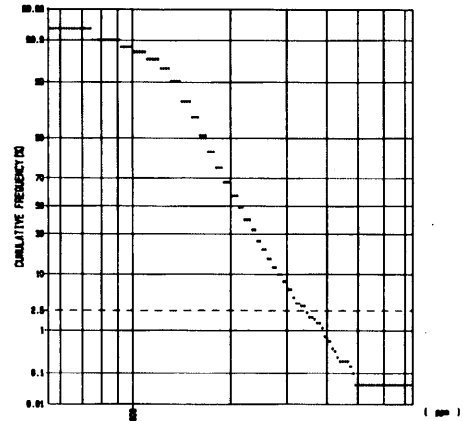
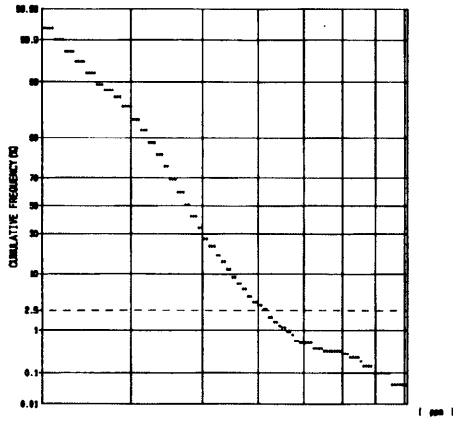
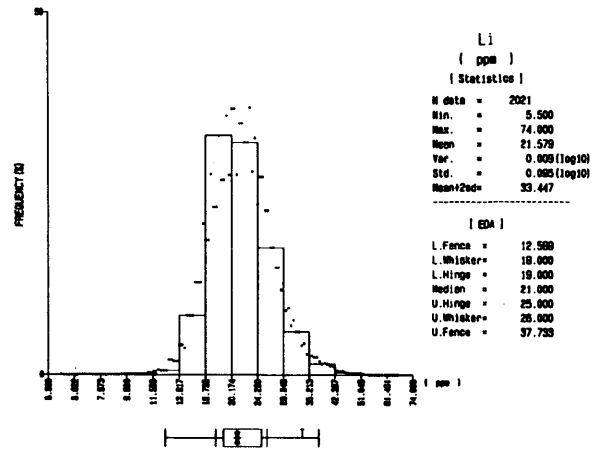
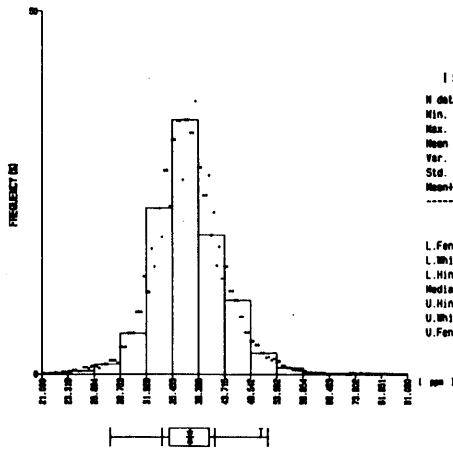


Fig.II-4-3(5) Histogram, EDA and cumulative frequency of each element of soil samples

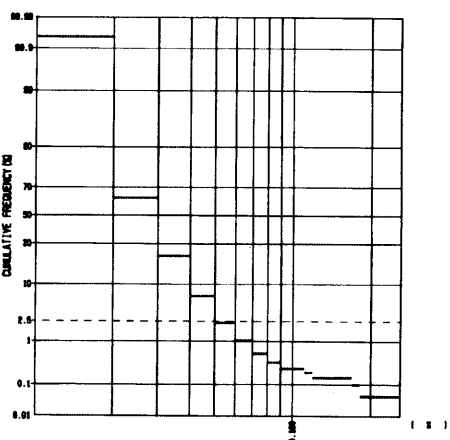
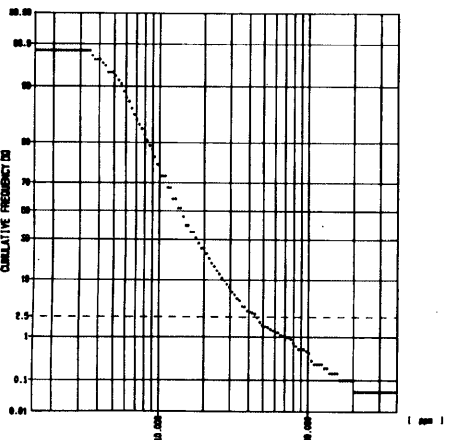
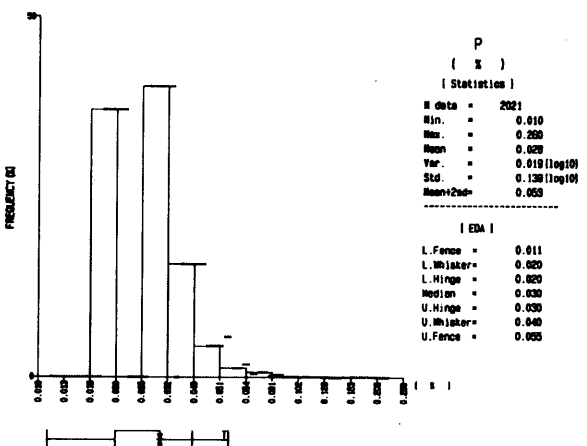
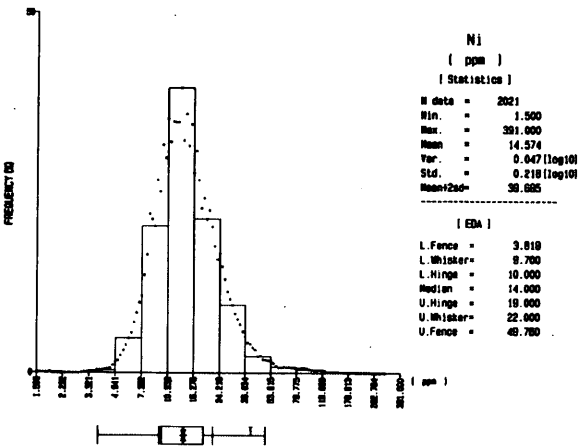
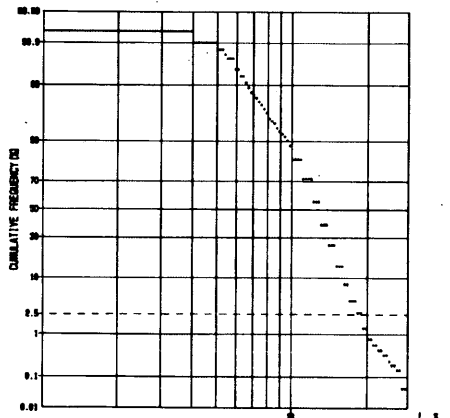
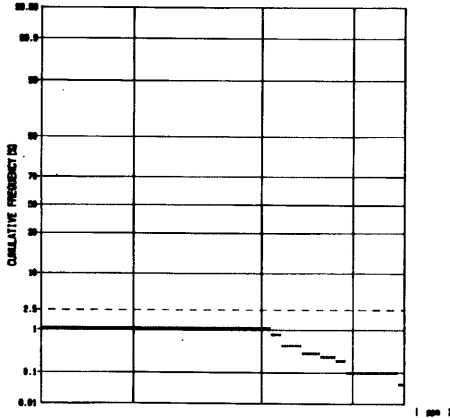
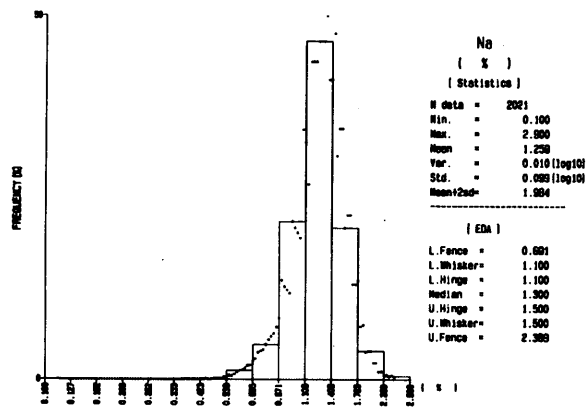
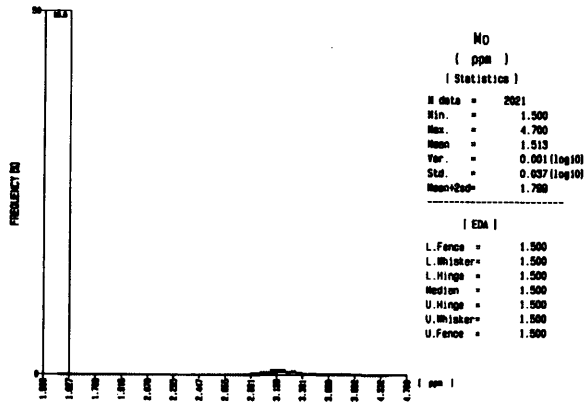


Fig.II-4-3(6) Histogram, EDA and cumulative frequency of each element of soil samples

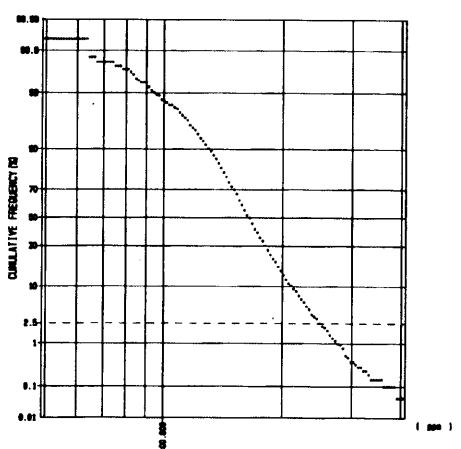
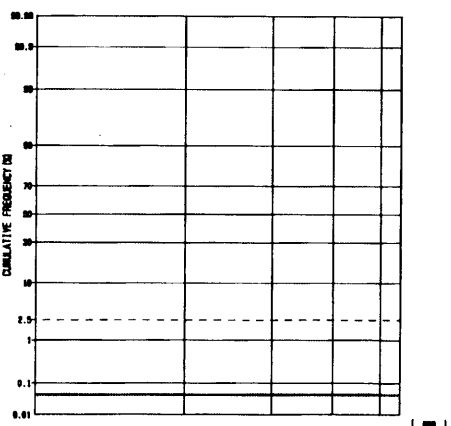
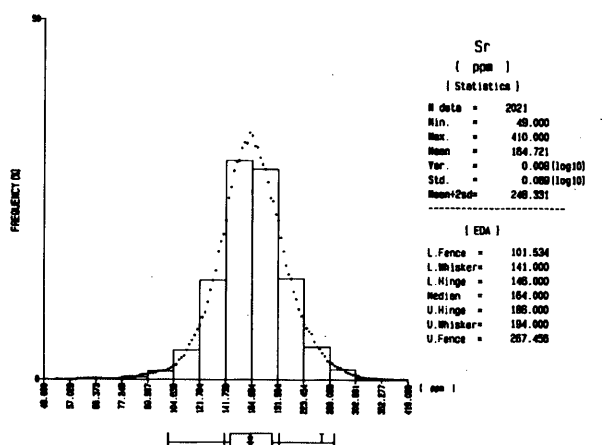
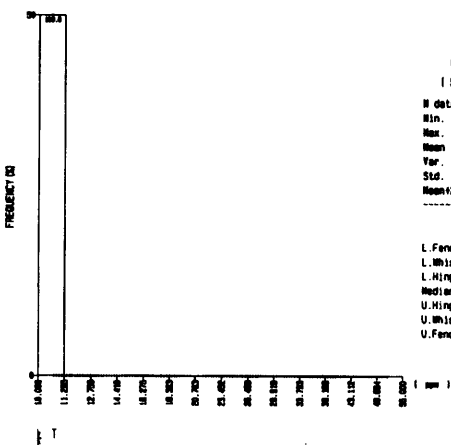
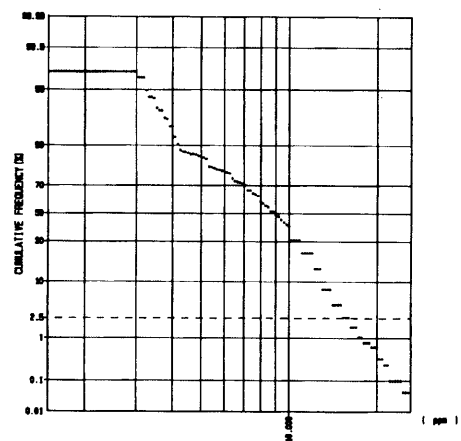
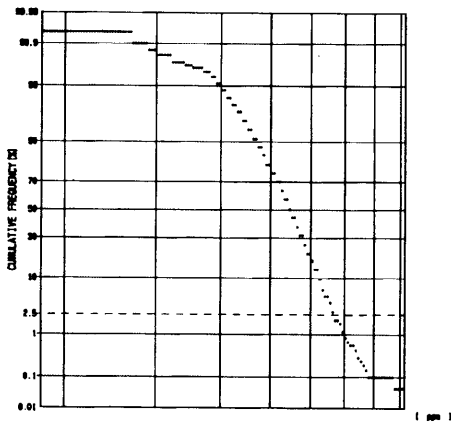
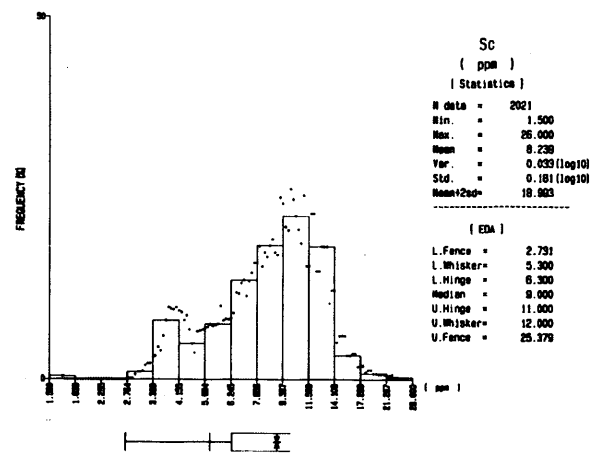
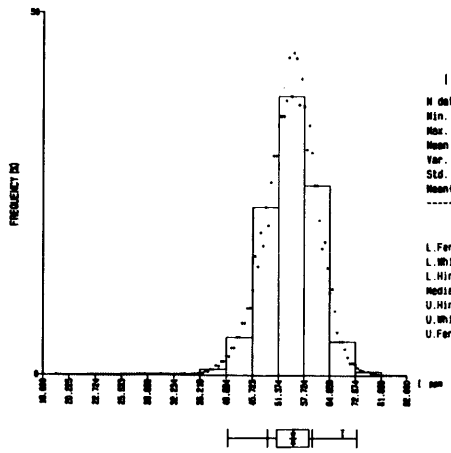


Fig.II-4-3(7) Histogram, EDA and cumulative frequency of each element of soil samples

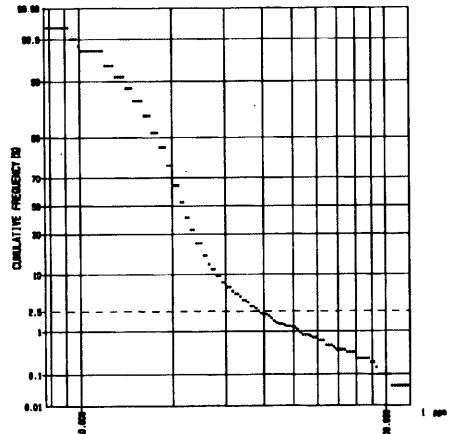
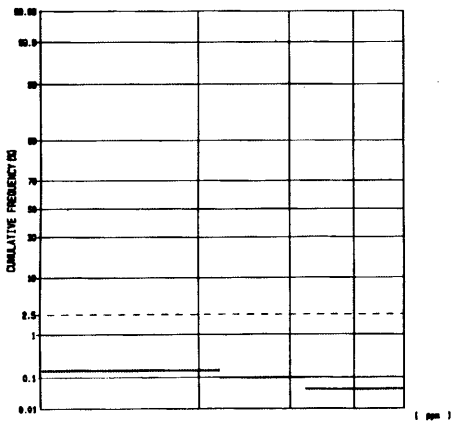
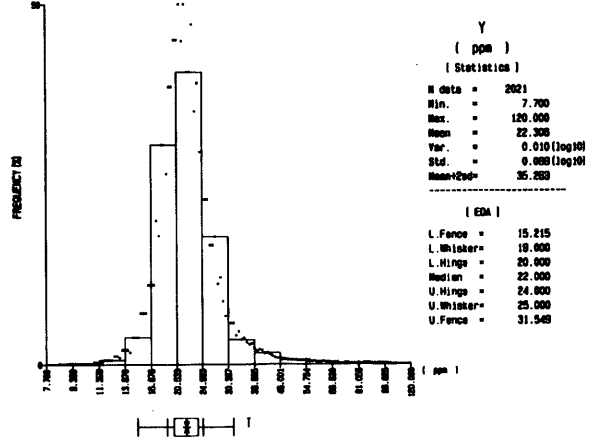
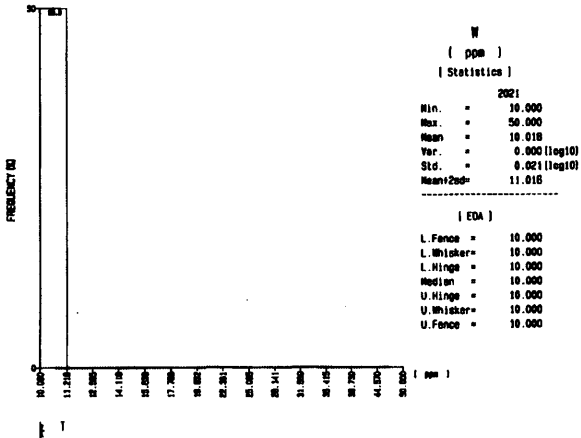
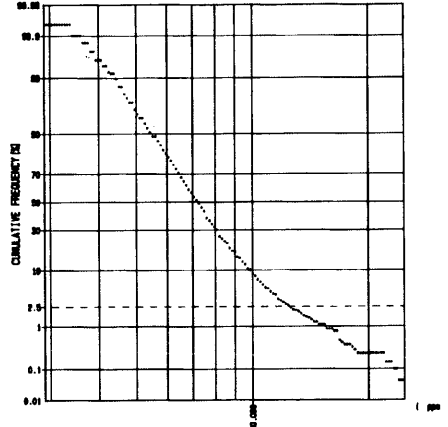
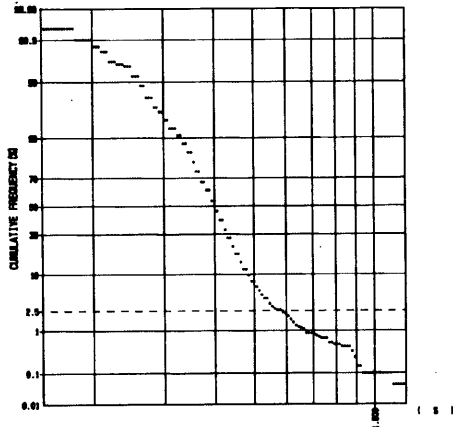
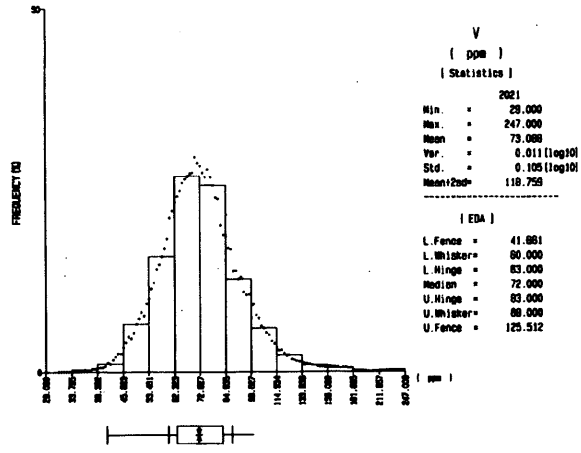
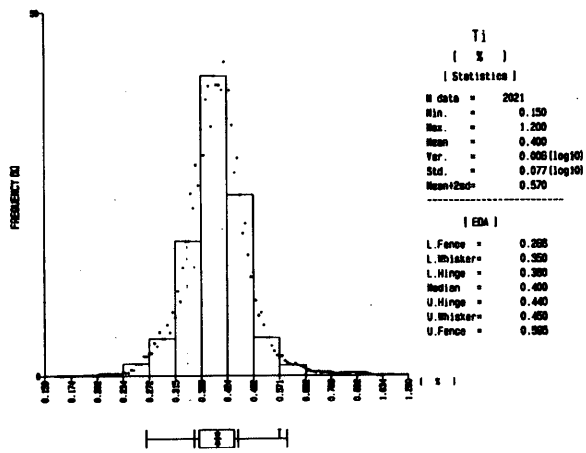


Fig.II-4-3(8) Histogram, EDA and cumulative frequency of each element of soil samples

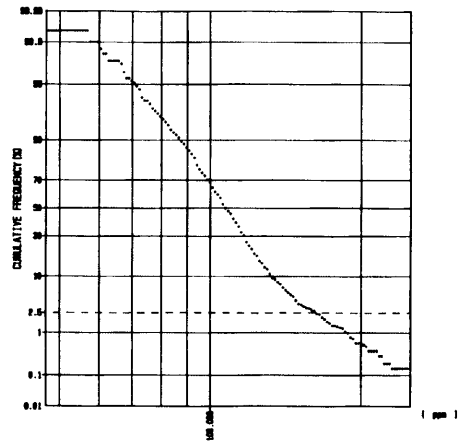
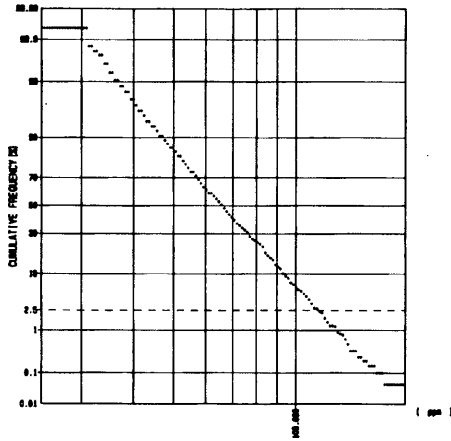
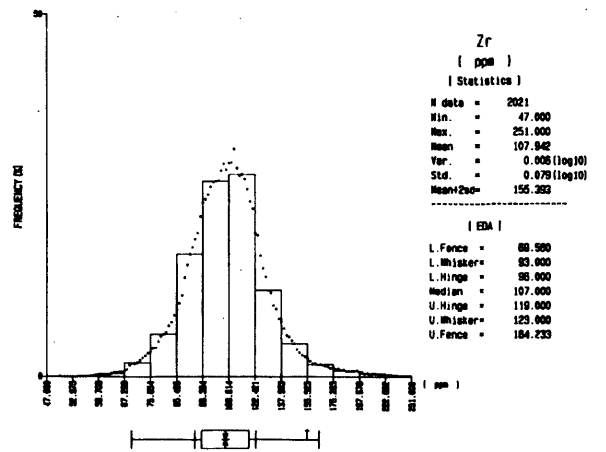
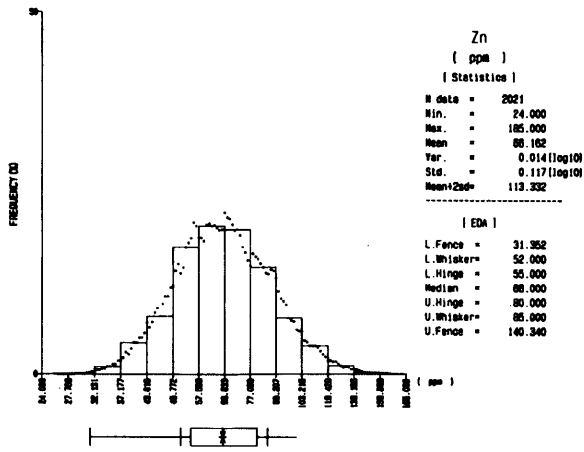


Fig.II-4-3(9) Histogram, EDA and cumulative frequency of each element of soil samples

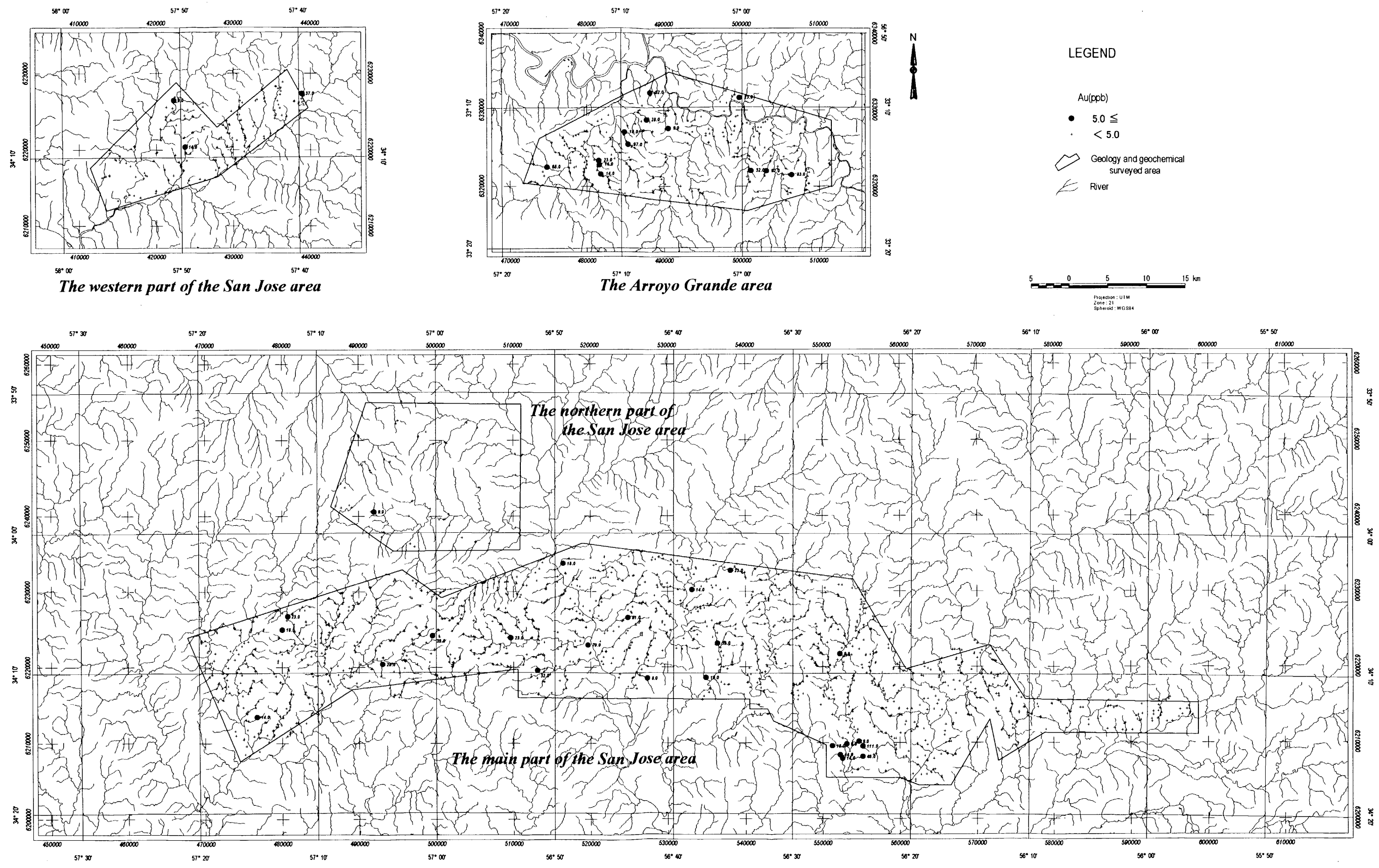


Fig.II-4-4 Distribution map of Au anomalies of soil samples

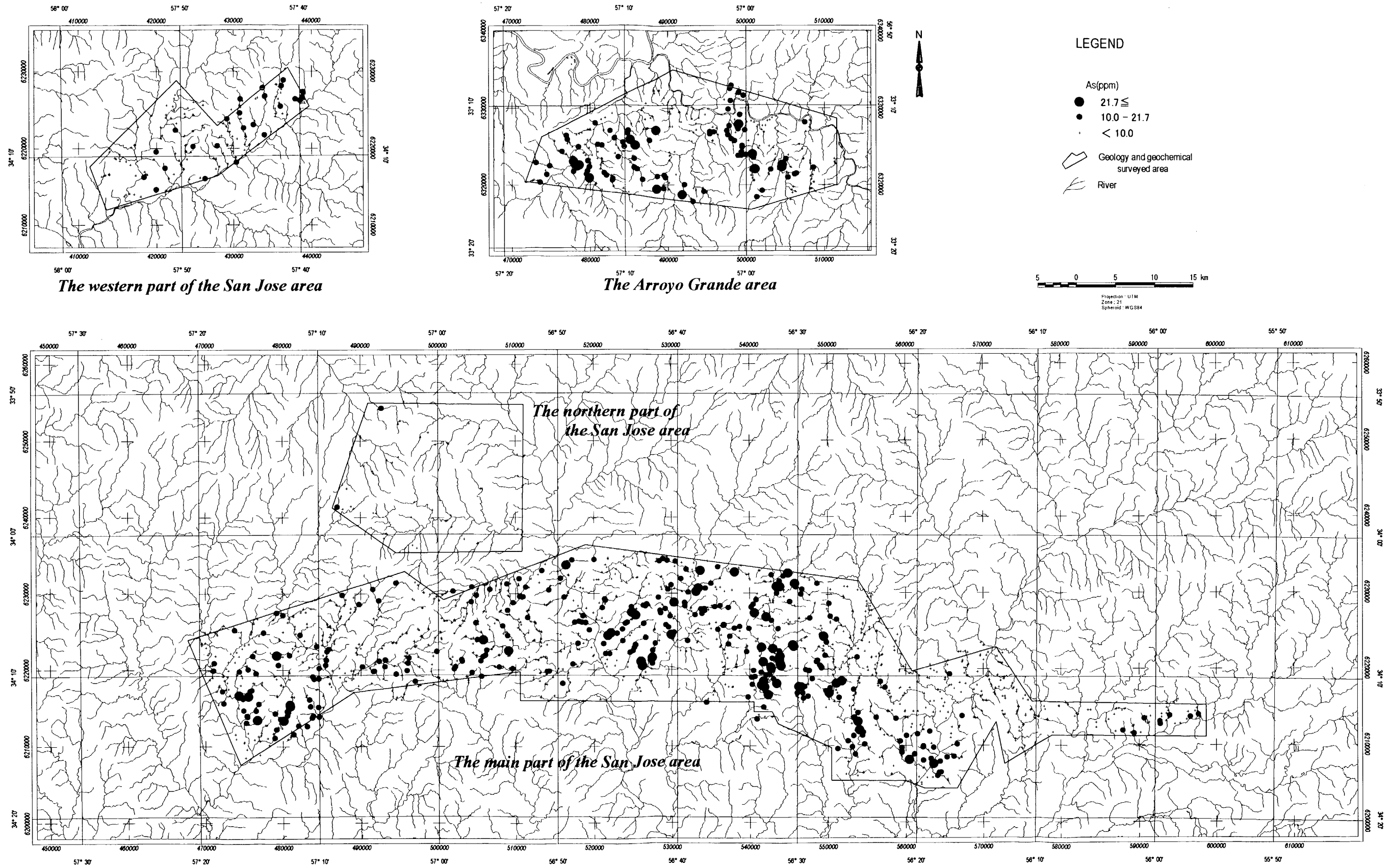


Fig.II-4-5 Distribution map of As anomalies of soil samples

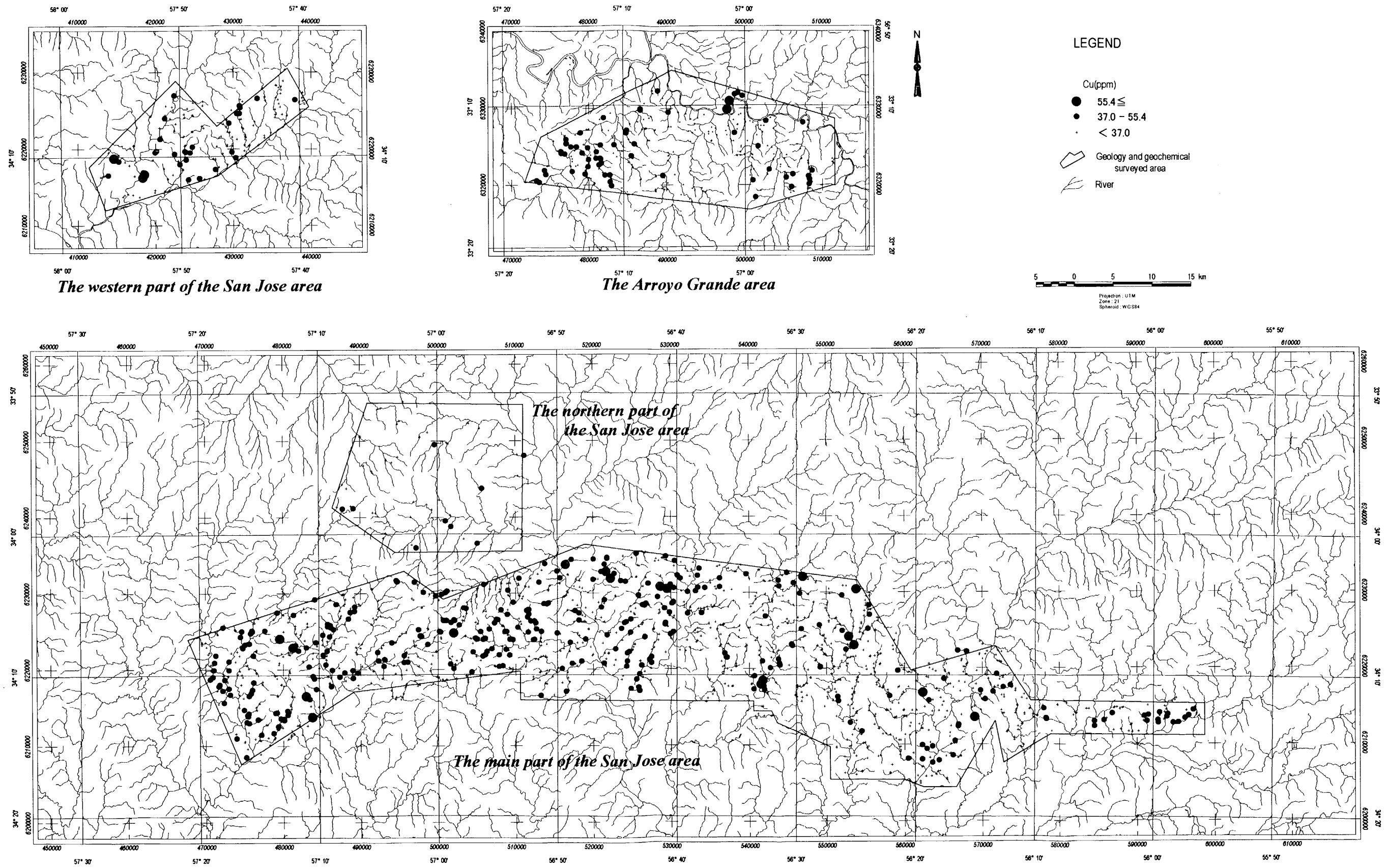


Fig.II-4-6 Distribution map of Cu anomalies of soil samples

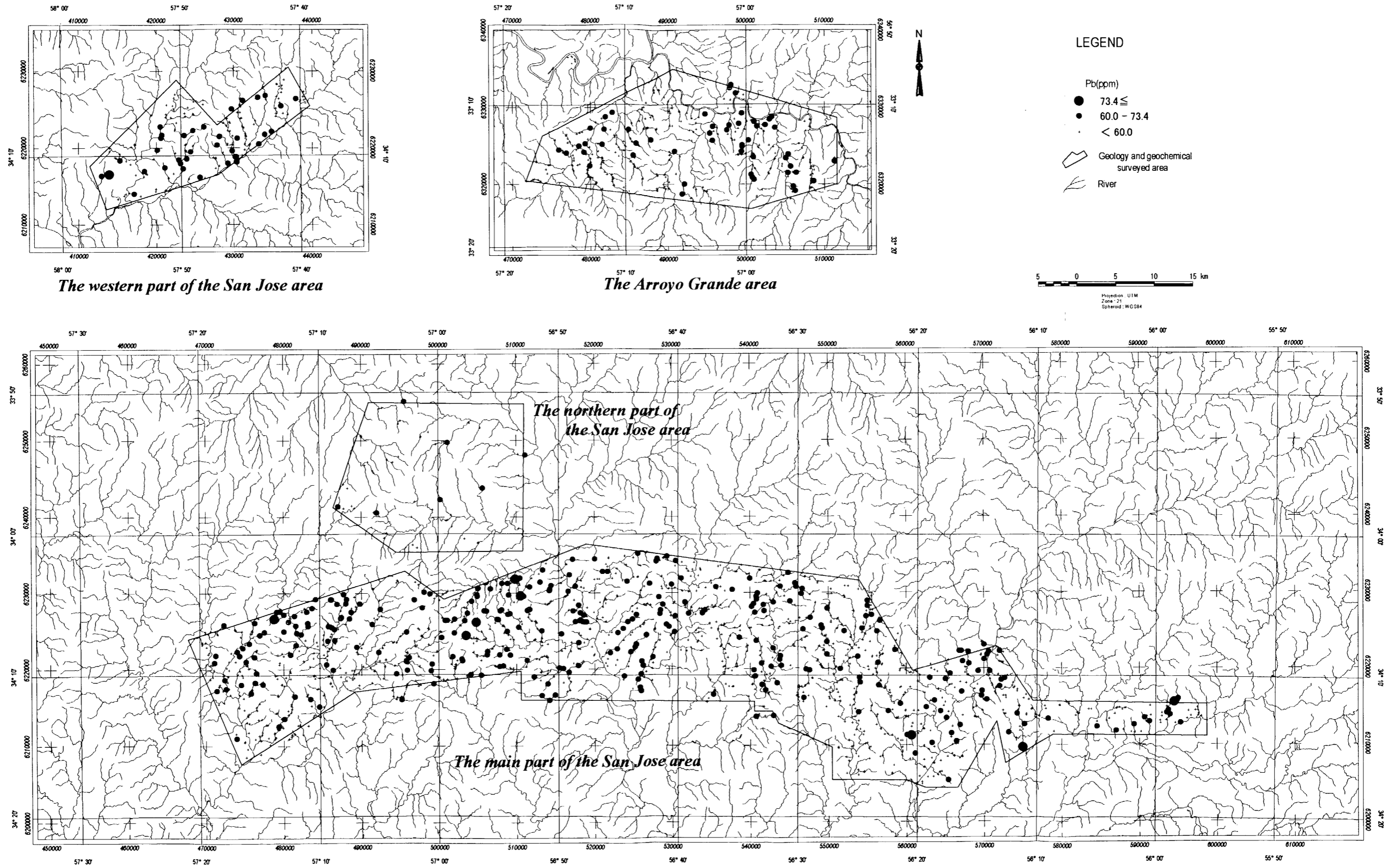


Fig.II-4-7 Distribution map of Pb anomalies of soil samples

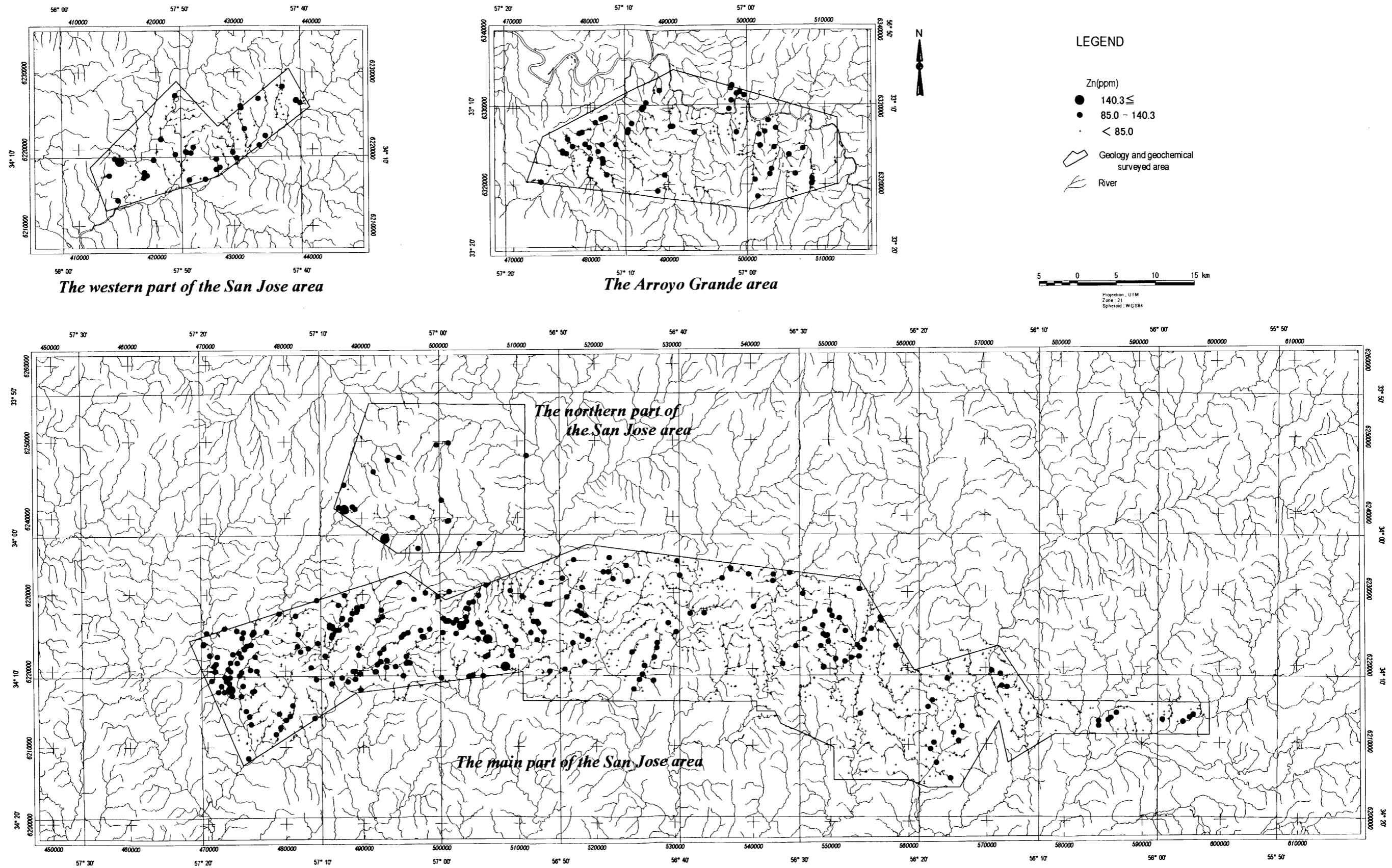
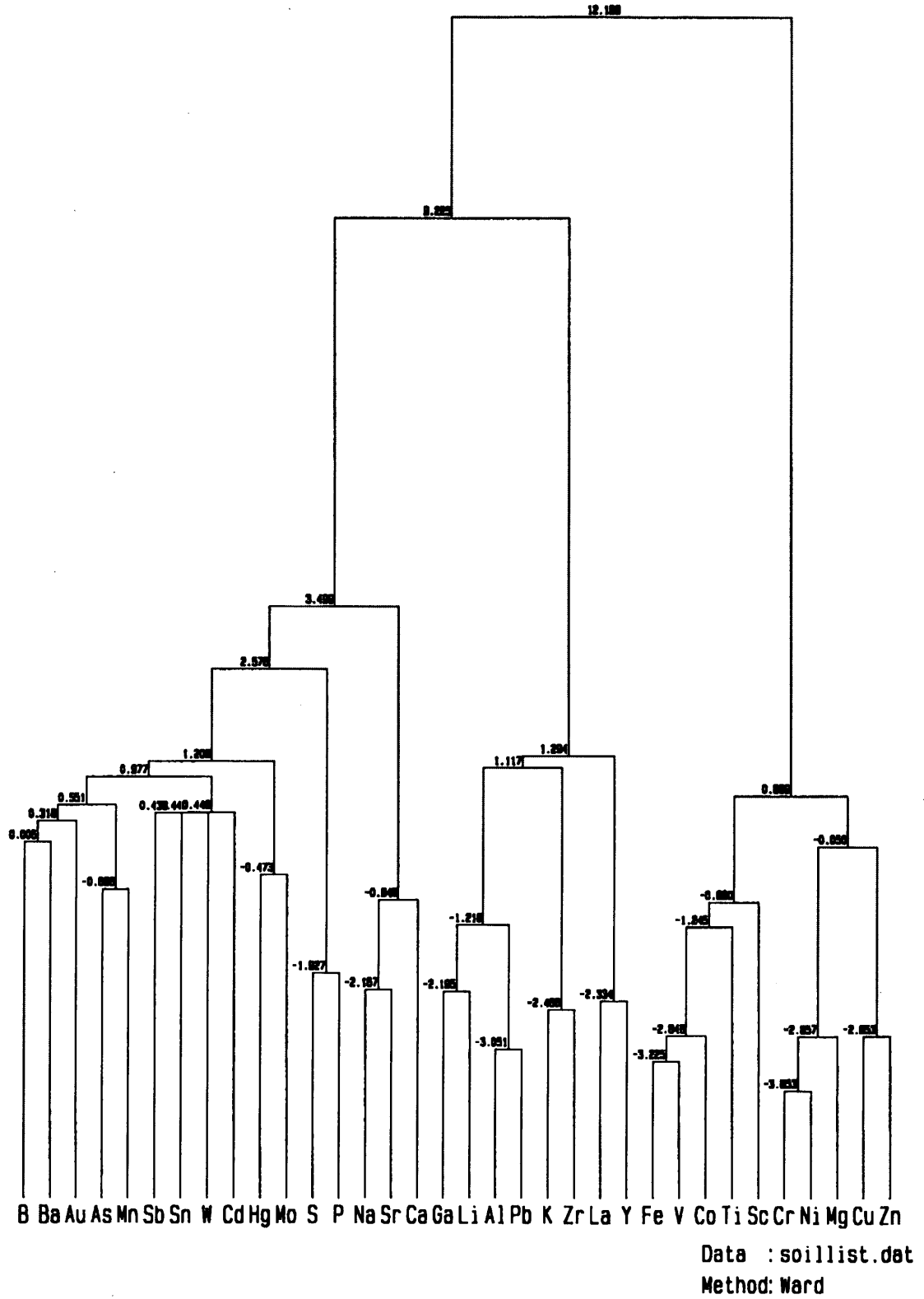


Fig.II-4-8 Distribution map of Zn anomalies of soil samples



Cluster Dendrogram

Fig.II-4-9 Dendrogram of cluster analysis of soil samples

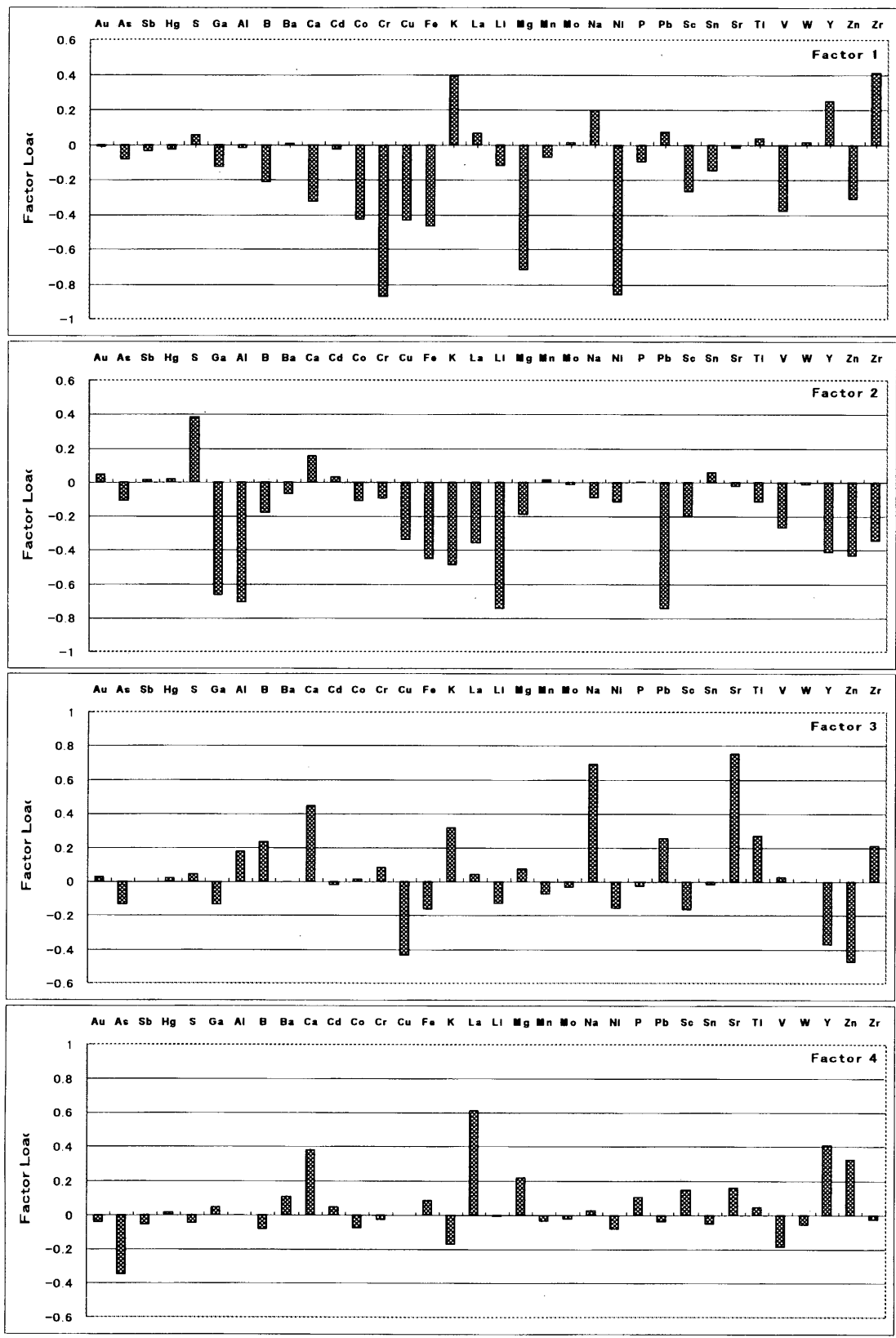


Fig.II-4-10 Factor score diagram of Factor 1 to Factor 4

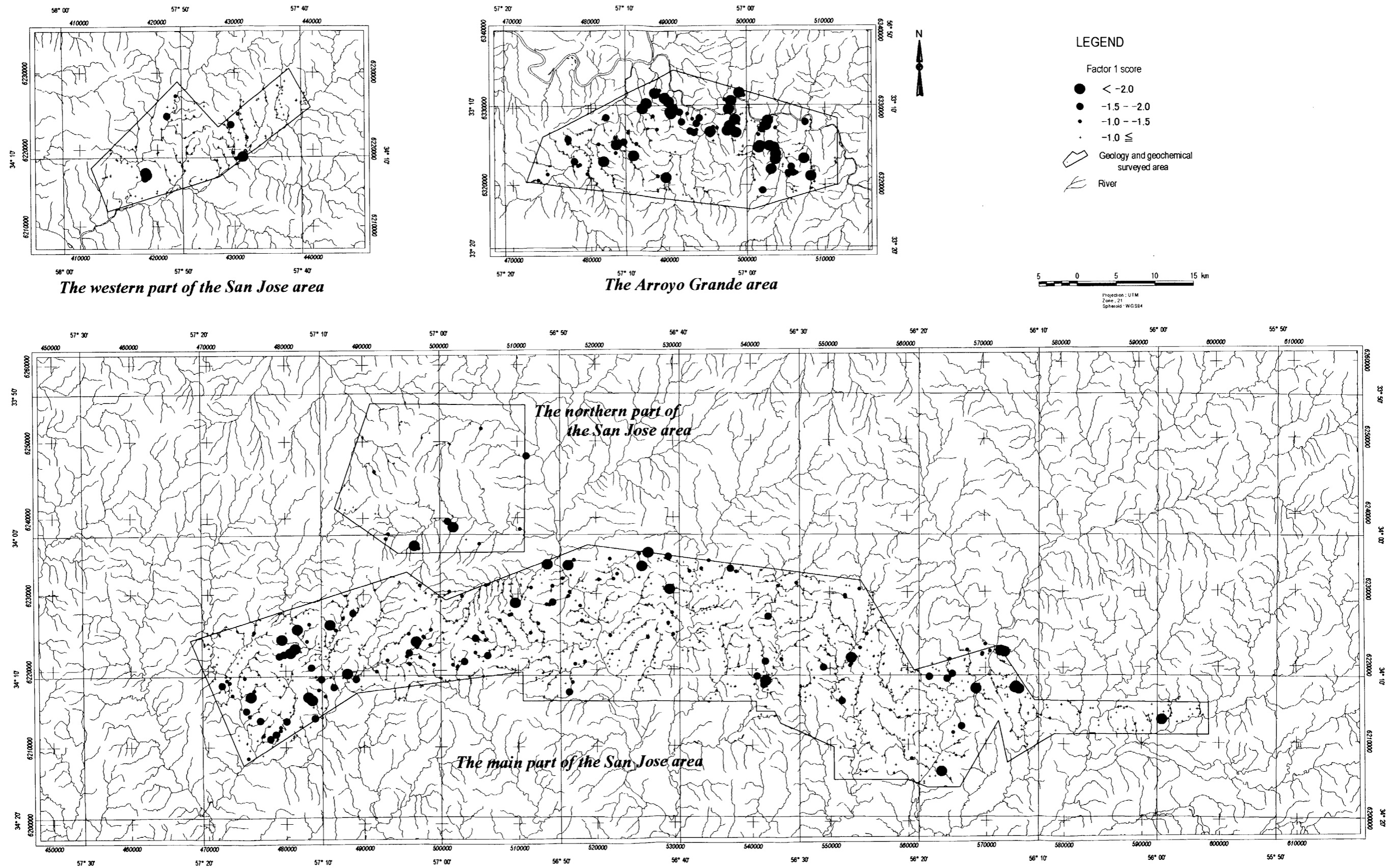


Fig.II-4-11 Distribution map of factor1 scores of soil samples

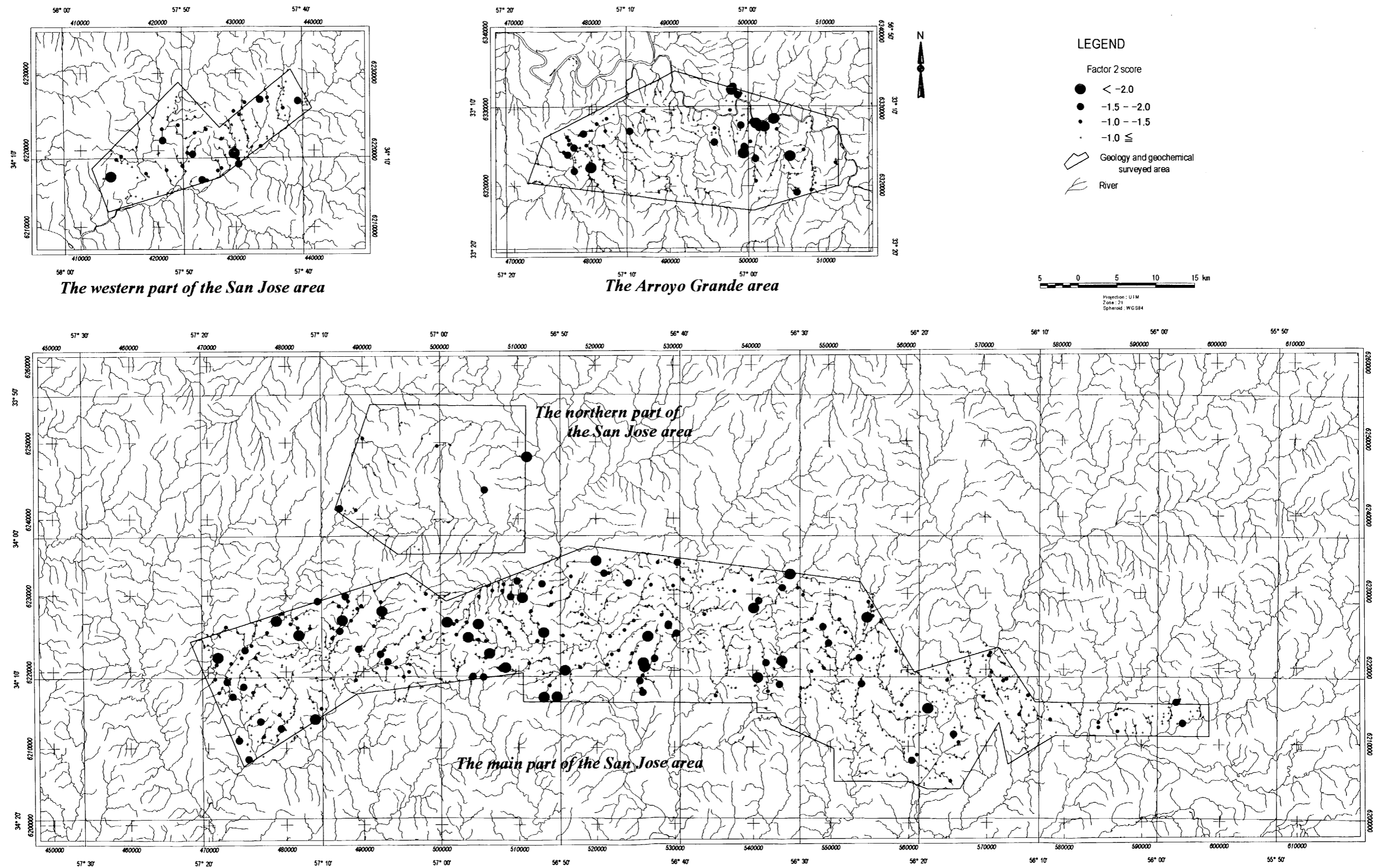


Fig.II-4-12 Distribution map of factor2 scores of soil samples

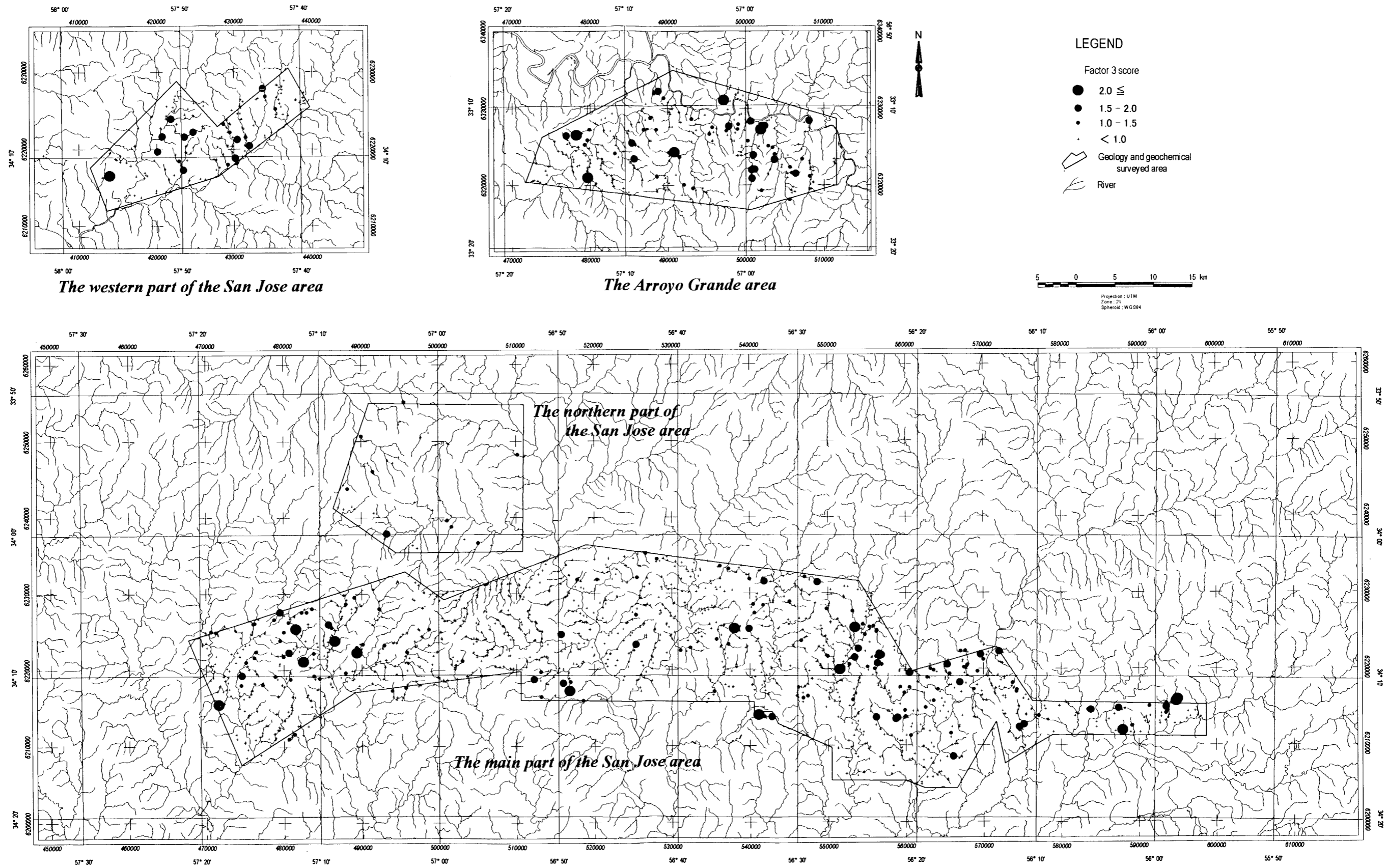


Fig.II-4-13 Distribution map of factor3 scores of soil samples

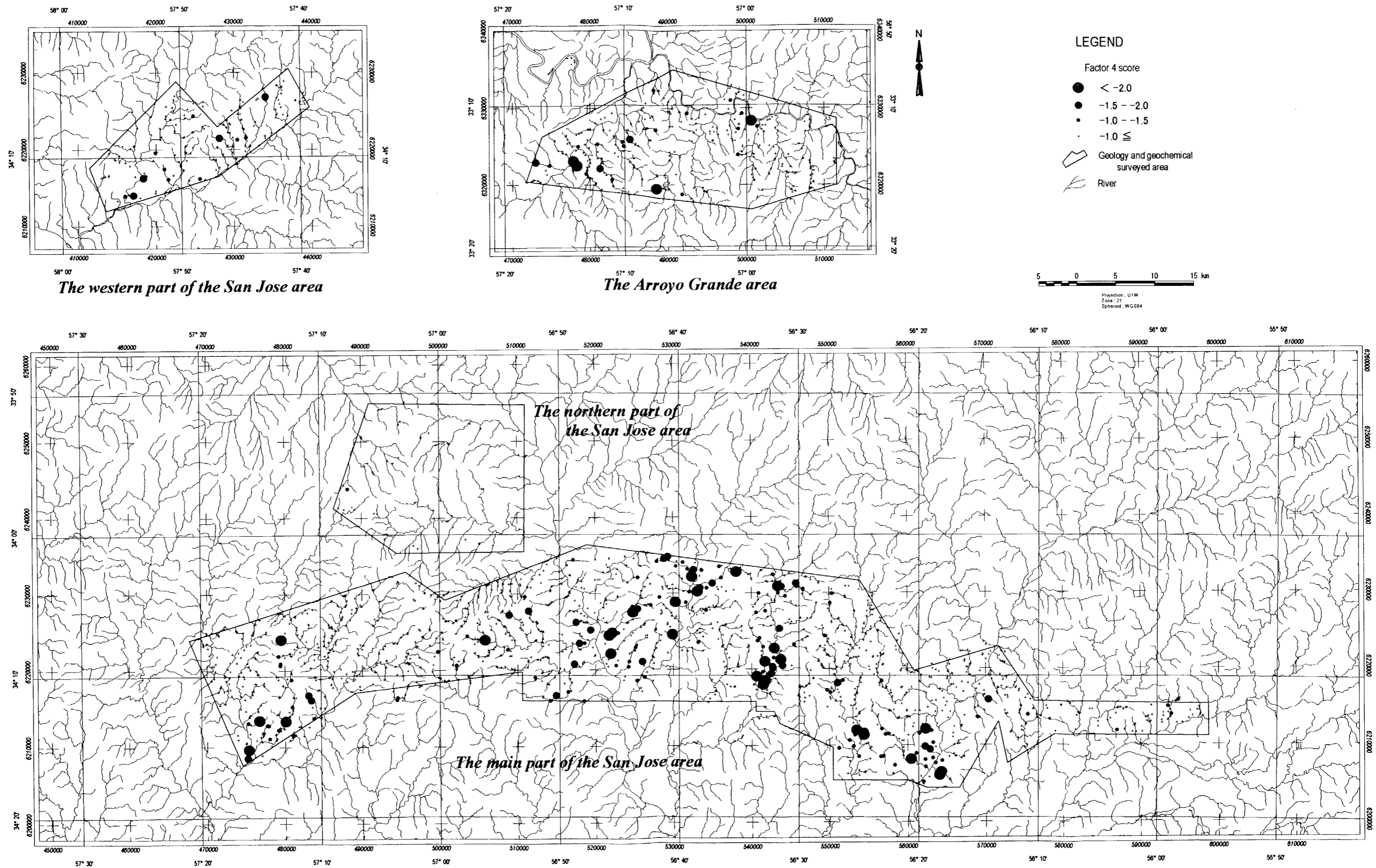


Fig.II-4-14 Distribution map of factor4 scores of soil samples

Tab. II-4-1 Statistics of soil geochemical data

Elements	Mean	Var.	S.D.	Min	Max	Mean+2SD	D.L.	B.D.L.(%)
Au (ppb)	2.6	0.020*	0.142*	2.5	111.0	5.0	5	98.0
As (ppm)	7.0	0.060*	0.244*	0.5	196.0	21.6	1	0.2
Sb (ppm)	0.5	0.000*	0.015*	0.5	2.0	0.5	1	99.9
Hg (ppb)	25.0	0.000*	0.008*	25.0	56.0	25.9	50	100.0
S (ppm)	321.7	0.037*	0.192*	76.0	5000.0	779.0	50	0.0
Ga (ppm)	19.8	0.004*	0.062*	10.0	33.0	26.3	5	0.0
Tl (ppm)	0.5	0.000*	0.000*	0.5	0.5	0.5	1	100.0
Ag (ppm)	1.5	0.000*	0.000*	1.5	1.5	1.5	3.0	100.0
Al (%)	5.022	0.001*	0.027*	3.000	6.100	5.684	0.01	0.0
B (ppm)	340.6	0.088*	0.297*	5.0	1347.0	1336.1	10	0.1
Ba (ppm)	383.3	0.046*	0.214*	7.0	1319.0	1027.0	3	0.0
Be (ppm)	1.5	0.000*	0.000*	1.5	1.5	1.5	3.0	100.0
Bi (ppm)	10.0	0.000*	0.000*	10.0	10.0	10.0	20	100.0
Ca (%)	1.231	0.018*	0.134*	0.290	6.960	2.284	0.01	0.0
Cd (ppm)	1.5	0.001*	0.026*	1.5	4.2	1.7	3.0	99.5
Co (ppm)	17.1	0.014*	0.120*	4.0	58.0	29.7	8.0	0.3
Cr (ppm)	36.8	0.034*	0.184*	10.0	559.0	86.0	3	0.0
Cu (ppm)	31.3	0.009*	0.094*	13.0	85.0	48.4	3	0.0
Fe (%)	2.574	0.010*	0.099*	1.100	6.300	4.053	0.01	0.0
K (%)	1.040	0.006*	0.080*	0.360	2.200	1.504	0.01	0.0
La (ppm)	37.9	0.004*	0.063*	21.0	91.0	50.6	20	0.0
Li (ppm)	21.6	0.009*	0.095*	5.5	74.0	33.4	3	0.0
Mg (%)	0.505	0.022*	0.147*	0.160	3.000	0.992	0.01	0.0
Mn (%)	0.075	0.035*	0.187*	0.020	0.510	0.176	0.01	0.0
Mo (ppm)	1.5	0.001*	0.037*	1.5	4.7	1.8	3.0	98.9
Na (%)	1.259	0.010*	0.099*	0.100	2.900	1.984	0.01	0.0
Ni (ppm)	14.6	0.047*	0.218*	1.5	391.0	39.7	3.0	0.1
P (%)	0.028	0.019*	0.139*	0.010	0.260	0.053	0.01	0.0
Pb (ppm)	54.3	0.003*	0.052*	18.0	92.0	69.0	8	0.0
Sc (ppm)	8.2	0.033*	0.181*	1.5	26.0	19.0	3.0	0.4
Sn (ppm)	10.0	0.000*	0.016*	10.0	55.0	10.8	20	100.0
Sr (ppm)	164.7	0.008*	0.089*	49.0	410.0	248.3	3	0.0
Ti (%)	0.400	0.006*	0.077*	0.150	1.200	0.570	0.01	0.0
V (ppm)	73.1	0.011*	0.105*	29.0	247.0	118.8	8	0.0
W (ppm)	10.0	0.000*	0.021*	10.0	50.0	11.0	20	99.9
Y (ppm)	22.3	0.010*	0.099*	7.7	120.0	35.3	3.0	0.0
Zn (ppm)	66.2	0.014*	0.117*	24.0	185.0	113.3	3	0.0
Zr (ppm)	107.9	0.006*	0.079*	47.0	251.0	155.4	3	0.0

Tab.II-4-2 Correlation coefficient of each sample of soil geochemical data

	Au	As	Sb	Hg	S	Ga	Al	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sc	Sn	Sr	Ti	V	W	Y	Zn	Zr		
Au	1.000																																			
As	0.057	1.000																																		
Sb	-0.004	0.075	1.000																																	
Hg	-0.003	0.005	-0.001	1.000																																
S	-0.004	-0.069	0.011	0.010	1.000																															
Ga	-0.068	0.124	-0.001	-0.015	-0.270	1.000																														
Al	-0.048	0.091	-0.013	-0.002	-0.416	0.484	1.000																													
B	0.055	0.051	0.009	0.013	-0.045	0.075	0.049	1.000																												
Ba	0.024	0.015	0.004	0.005	-0.057	0.079	-0.089	0.087	1.000																											
Ca	0.031	-0.095	0.009	0.011	0.188	-0.114	-0.056	0.227	0.003	1.000																										
Cd	-0.010	-0.003	-0.002	-0.002	-0.046	0.044	0.077	-0.050	-0.018	0.077	1.000																									
Co	0.015	0.266	0.003	-0.001	-0.217	0.135	0.202	0.198	0.046	0.369	0.167	1.000																								
Cr	0.013	0.117	0.019	-0.006	-0.173	0.179	0.204	0.193	-0.024	0.292	0.090	0.536	1.000																							
Cu	-0.011	0.164	-0.018	-0.011	-0.236	0.268	0.199	0.148	-0.036	0.061	0.079	0.497	0.416	1.000																						
Fe	-0.014	0.198	0.024	-0.011	-0.324	0.490	0.432	0.184	0.004	0.280	0.174	0.717	0.572	0.594	1.000																					
K	-0.031	0.001	-0.006	0.017	-0.187	0.148	0.356	0.071	0.094	-0.310	-0.102	-0.243	-0.276	-0.233	-0.209	1.000																				
La	-0.019	-0.065	-0.031	0.008	-0.118	0.204	0.237	0.043	0.160	0.369	0.013	0.158	-0.021	0.111	0.249	0.096	1.000																			
Li	0.002	0.135	-0.017	-0.037	-0.307	0.638	0.466	0.217	0.067	-0.107	-0.044	0.144	0.143	0.398	0.388	0.310	0.313	1.000																		
Mg	-0.007	0.040	0.027	-0.001	-0.103	0.225	0.178	0.250	0.009	0.610	0.126	0.609	0.710	0.544	0.706	-0.339	0.230	0.267	1.000																	
Mn	0.029	0.230	0.004	-0.021	-0.034	-0.016	0.007	0.078	0.168	0.195	0.057	0.538	0.085	0.208	0.258	-0.140	0.215	0.068	0.227	1.000																
Mo	-0.014	0.032	-0.003	0.185	0.013	-0.009	-0.002	0.018	0.047	-0.054	0.047	0.012	-0.025	-0.013	-0.026	0.054	0.025	0.017	-0.038	0.051	1.000															
Na	-0.004	-0.125	0.009	0.023	-0.060	0.007	0.314	0.087	-0.037	0.186	0.026	-0.032	-0.024	-0.387	-0.068	0.387	0.021	-0.196	-0.109	-0.143	-0.003	1.000														
Ni	0.009	0.204	0.024	-0.017	-0.161	0.192	0.135	0.173	-0.033	0.229	0.079	0.606	0.833	0.813	0.819	-0.360	-0.010	0.200	0.712	0.243	-0.034	-0.237	1.000													
P	-0.017	-0.036	0.006	0.004	0.481	0.007	-0.072	0.050	-0.017	0.243	0.061	0.071	0.059	0.081	0.124	-0.105	0.156	-0.038	0.210	0.093	0.038	-0.052	0.076	1.000												
Pb	-0.035	0.095	-0.024	0.002	-0.388	0.466	0.710	0.143	0.020	-0.034	0.045	0.284	0.113	0.201	0.425	0.466	0.294	0.303	0.150	0.100	0.034	0.375	0.069	-0.093	1.000											
Sc	-0.022	0.080	0.000	0.010	-0.180	0.225	0.238	0.056	-0.031	0.138	0.099	0.367	0.333	0.402	0.529	-0.167	0.131	0.170	0.403	0.091	-0.004	-0.055	0.327	0.082	0.162	1.000										
Sn	-0.003	-0.006	-0.001	0.000	0.056	-0.024	-0.064	0.026	-0.020	0.022	-0.002	0.051	0.122	0.063	0.012	-0.077	-0.077	-0.013	0.094	0.020	-0.002	-0.048	0.099	0.040	-0.061	0.010	1.000									
Sr	0.012	-0.141	-0.023	0.024	0.021	-0.064	0.125	0.196	0.060	0.470	-0.029	0.023	0.041	-0.292	-0.124	0.206	0.186	-0.049	0.142	0.001	-0.035	0.536	-0.109	0.023	0.171	-0.090	-0.027	1.000								
Ti	-0.007	0.012	-0.043	0.020	-0.210	0.038	0.296	0.052	-0.121	0.252	0.217	0.460	0.192	0.191	0.452	0.060	0.118	-0.001	0.209	0.098	0.001	0.396	0.045	0.020	0.354	0.245	-0.017	0.179	1.000							
V	-0.014	0.268	0.028	0.002	-0.228	0.250	0.332	0.187	-0.040	0.250	0.151	0.659	0.509	0.493	0.746	-0.113	0.049	0.223	0.542	0.151	-0.004	0.048	0.593	0.033	0.352	0.407	0.022	-0.033	0.479	1.000						
W	-0.005	0.027	-0.001	-0.001	-0.003	-0.003	0.046	0.023	-0.002	-0.034	-0.003	0.004	-0.015	-0.004	-0.018	0.017	-0.030	-0.001	-0.027	0.002	-0.004	-0.013	0.001	-0.014	0.007	0.011	-0.001	-0.009	-0.008	-0.007	1.000					
Y	-0.053	0.019	-0.026	0.011	-0.230	0.342	0.286	-0.118	0.120	-0.189	0.013	0.026	-0.144	0.207	0.281	0.123	0.564	0.258	-0.053	0.071	0.067	-0.024	-0.098	0.030	0.311	0.206	-0.060	-0.323	0.152	0.045	-0.014	1.000				
Zn	-0.035	0.021	-0.013	-0.009	-0.167	0.402	0.177	0.085	0.088	0.115	0.095	0.345	0.238	0.670	0.607	-0.208	0.400	0.462	0.617	0.254	0.006	-0.436	0.426	0.286	0.167	0.332	0.003	-0.234	-0.035	0.239	-0.019	0.401	1.000			
Zr	-0.039	0.035	-0.035	0.023	-0.165	0.169	0.350	-0.032	0.004	-0.237	-0.017	-0.093	-0.181	-0.201	-0.012	0.531	0.144	0.086	-0.285	-0.085	0.057	0.489	-0.315	-0.116	0.463	-0.048	-0.048	0.022	0.380	0.027	0.012	0.417	-0.212	1.000		

Tab. II-4-3 Results of the EDA analysis of soil geochemical data

Elements	L.Fence	L.Wisker	L.Hinge	Median	U.Hinge	U.Wisker	U.Fence
Au (ppb)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
As (ppm)	2.1	5.0	5.0	7.0	9.0	10.0	21.7
Sb (ppm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Hg (ppb)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
S (ppm)	104.4	220.0	241.0	321.0	421.0	454.0	972.0
Ga (ppm)	13.3	18.0	18.0	20.0	22.0	22.0	29.7
Tl (ppm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Ag (ppm)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Al (%)	4.257	4.800	4.800	5.000	5.200	5.300	5.863
B (ppm)	66.3	198.0	237.0	379.0	554.0	613.0	1979.9
Ba (ppm)	252.4	347.0	359.0	400.0	454.0	475.0	645.7
Be (ppm)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Bi (ppm)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Ca (%)	0.587	0.970	1.010	1.210	1.450	1.560	2.494
Cd (ppm)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Co (ppm)	8.2	14.0	14.0	17.0	20.0	21.0	34.1
Cr (ppm)	13.7	26.0	28.0	34.0	45.0	50.0	91.7
Cu (ppm)	17.5	26.0	27.0	31.0	36.0	37.0	55.4
Fe (%)	1.382	2.100	2.200	2.600	3.000	3.100	4.777
K (%)	0.687	0.910	0.960	1.100	1.200	1.200	1.677
La (ppm)	27.6	34.0	35.0	38.0	41.0	42.0	52.0
Li (ppm)	12.6	18.0	19.0	21.0	25.0	26.0	37.7
Mg (%)	0.207	0.380	0.400	0.500	0.620	0.670	1.196
Mn (%)	0.033	0.050	0.060	0.070	0.090	0.100	0.165
Mo (ppm)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Na (%)	0.691	1.100	1.100	1.300	1.500	1.500	2.389
Ni (ppm)	3.8	9.7	10.0	14.0	19.0	22.0	49.8
P (%)	0.011	0.020	0.020	0.030	0.030	0.040	0.055
Pb (ppm)	41.0	49.0	51.0	55.0	59.0	60.0	73.4
Sc (ppm)	2.7	5.3	6.3	9.0	11.0	12.0	25.4
Sn (ppm)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Sr (ppm)	101.5	141.0	146.0	164.0	186.0	194.0	267.5
Ti (%)	0.266	0.350	0.360	0.400	0.440	0.450	0.595
V (ppm)	41.7	60.0	63.0	72.0	83.0	88.0	125.5
W (ppm)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Y (ppm)	15.2	19.0	20.0	22.0	24.0	25.0	31.5
Zn (ppm)	31.4	52.0	55.0	66.0	80.0	85.0	140.3
Zr (ppm)	69.6	93.0	96.0	107.0	119.0	123.0	164.2

Tab.II-4-4 Results of factor analysis of soil geochemical data

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8	Communarity
Au	-0.015	0.047	0.029	-0.045	-0.023	0.080	-0.022	-0.034	0.014
As	-0.086	-0.111	-0.137	-0.348	0.125	0.236	-0.036	0.091	0.240
Sb	-0.037	0.013	-0.001	-0.062	-0.010	0.012	0.018	0.011	0.006
Hg	-0.028	0.020	0.019	0.016	-0.007	-0.002	0.017	0.156	0.026
S	0.056	0.383	0.044	-0.051	-0.158	-0.069	0.610	0.070	0.560
Ga	-0.130	-0.667	-0.134	0.048	0.063	-0.057	-0.016	0.008	0.490
Al	-0.020	-0.710	0.180	-0.005	0.265	-0.109	-0.178	0.055	0.654
B	-0.215	-0.186	0.234	-0.087	-0.016	0.180	0.093	-0.101	0.195
Ba	0.005	-0.072	-0.003	0.105	-0.159	0.283	-0.036	0.104	0.133
Ca	-0.330	0.154	0.445	0.380	0.257	0.245	0.295	-0.188	0.724
Cd	-0.030	0.031	-0.026	0.046	0.284	-0.022	0.020	-0.010	0.087
Co	-0.429	-0.111	0.017	-0.076	0.608	0.504	-0.027	0.004	0.826
Cr	-0.873	-0.098	0.084	-0.028	0.240	-0.032	-0.097	0.090	0.856
Cu	-0.435	-0.340	-0.438	-0.003	0.355	0.150	0.041	-0.202	0.688
Fe	-0.468	-0.453	-0.165	0.088	0.625	0.151	0.024	-0.073	0.878
K	0.391	-0.488	0.318	-0.172	-0.190	-0.064	-0.113	0.246	0.635
La	0.066	-0.360	0.042	0.614	0.072	0.315	0.119	0.103	0.643
Li	-0.122	-0.744	-0.133	-0.010	-0.077	0.139	-0.014	-0.130	0.629
Mg	-0.721	-0.191	0.074	0.218	0.331	0.185	0.167	-0.192	0.818
Mn	-0.077	0.013	-0.074	-0.037	0.204	0.731	0.056	0.090	0.600
Mo	0.013	-0.016	-0.036	-0.026	-0.021	0.068	0.044	0.230	0.063
Na	0.198	-0.092	0.692	0.027	0.202	-0.182	-0.098	0.234	0.666
Ni	-0.860	-0.115	-0.159	-0.086	0.208	0.148	-0.044	-0.013	0.854
P	-0.100	0.001	-0.027	0.101	0.080	0.006	0.703	0.106	0.533
Pb	0.072	-0.744	0.253	-0.042	0.270	0.071	-0.150	0.121	0.740
Sc	-0.269	-0.199	-0.169	0.145	0.441	-0.042	0.001	-0.066	0.362
Sn	-0.148	0.060	-0.021	-0.055	-0.014	-0.019	0.049	0.046	0.034
Sr	-0.022	-0.025	0.755	0.157	-0.052	0.097	0.051	-0.115	0.624
Ti	0.036	-0.115	0.269	0.046	0.690	-0.009	-0.077	0.108	0.583
V	-0.381	-0.266	0.028	-0.188	0.666	0.085	-0.015	-0.065	0.707
W	0.015	-0.015	-0.003	-0.061	-0.004	0.002	-0.009	-0.006	0.004
Y	0.247	-0.416	-0.372	0.410	0.186	0.049	-0.058	0.327	0.688
Zn	-0.312	-0.433	-0.477	0.324	0.128	0.233	0.229	-0.149	0.763
Zr	0.411	-0.349	0.209	-0.030	0.193	-0.142	-0.164	0.494	0.664

第5章 岩石地化学探査

5-1 調査位置

岩石地化学探査は地質調査と同じ調査範囲において、同時並行的に実施された。土壤地化学探査と同様、サンホセ地域北部地区を追加選定した。

5-2 調査方法

5-2-1 試料採取

試料採取は、石英脈及びその母岩を対象としたが、脈際の母岩は露出が少なく極めて希にしか採取できなかった。GPSを活用した。

岩石採取試料数は、607個である。試料採取位置、試料番号及び室内試験の種類を Plate II-3-1～Plate II-3-4 に示す。また、石英脈や鉱床母岩の位置を示した鉱床分布図 (Fig. II-3-7) にも示した。地域ごとの内訳は、サンホセ地域主要地区が 364 個、同西部地区が 55 個、同北部地区が 16 個、アロジョグランデ地域が 172 個であった。

5-2-2 試料処理

607 個の内訳は、脈石英が 262 個、塩基性火山岩類が 114 個、花崗岩類が 131 個、その他堆積岩起源の変成岩や珪化岩が 100 個である。試料の前処理は DINAMIGE 分析室で行った。前処理は乾燥破碎後、粗く粉碎した試料を分析に供した。

5-2-3 化学分析

分析元素は Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Hg である。分析方法は、Au が Fire Assay-ICP 法、それ以外が ICP 法である。検出限界については、基本統計量のリストに示す。化学分析は、ブラジルのミナスジェライス(Minas Gerais)州、ベロ・オリゾンテ(Belo Horizonte)にあるレイクフィールド・ジェオソル社(LAKEFIELD GEOSOL LTDA)で実施した。

岩石の分析結果を Appendix 4 に示した。

5-3 解析方法

全試料を対象に統計処理した。地化学探査試料の化学分析結果は、データの統計処理のためコンピュータに入力し、基本統計量を求め、単変量解析及び多変量解析を行った。単変量

解析では、各元素毎のヒストグラム、累積頻度図を作成するとともに各元素の統計値を計算した。計算には検出限界以下の値を示す値には検出限界値の半分の値を用いて計算した。計算した平均値は幾何平均値である。

各元素の関係は相関係数を計算し、検討した。各元素の異常値の抽出には、EDA (Exploratory Data Analysis) 法(Kurzl H.; 1988)を採用した。この手法は、単成分データの分布の型に関係せず、統計的な数値処理によってしきい値(異常値)を抽出する方法である。多変量解析としては、クラスター分析及び各成分間の相関関係により関係する因子を抽出する手法である因子分析法を採用した。

5-4 解析結果

5-4-1 統計処理結果

分析結果をコンピュータに入力し、全試料の分析値を用いて統計処理を行った。統計処理の結果を Table II-5-1 ~ Table II-5-3 に示す。Au 最大値は 19,890ppb を示す。本調査に採用した 8 元素のうち Au, Ag, Sb, Hg の元素は、大部分が検出限界以下の値を示す。

各元素の関係を明らかにするため相関係数を求めた(Table II-5-2)。この結果、Au-Ag, Cu-Au, Cu-As の相関係数が 0.3 以上であった。

5-4-2 単変量解析結果

各成分の統計処理結果を検討し、基本統計量(Table II-5-1)、EDA 法(Table II-5-3)及び累積頻度分布図(Fig.II-5-1(1)~(2))により Upper Fence の値をしきい値と決定した。Au は検出限界を、Zn については Mean+2SD をしきい値とした。As, Cu, Pb, Zn について、このしきい値と、補助的しきい値として Upper Wisker を用い、Fig.II-5-2~Fig.II-5-6 に示す異常値分布図を作成した。この分布図より各元素の分布傾向は、以下に要約される。

Au: しきい値を 5 ppb とし、それ以上 100ppm 未満を低異常、100ppm~1,000ppm 未満を中異常、1,000ppm 以上を高異常とした。中~高異常帯は、サンホセ地域主要地区中部、サンホセ地域西部地区及びアロジョグランデ地域に抽出された。また、低異常帯については、全域に点在する。鉱化帯との関係では、マホマ鉱山周辺の鉱化帯 A のほかに、鉱化帯 B, E, G, J, K, L 及び M に対応する。

Table II-5-4 に、石英脈中では最大値 19,890ppb からなる比較的高品位鉱石を含む 23 件、緑色岩類、花崗岩類等の岩石中に含有される比較的低品位鉱石を含む 18 件の Au 分析値を

示した。緑色岩類中の石英脈は 19,890ppb~5ppb,花崗岩類中の石英脈は 5,370ppb~37ppm, その他の岩石中の石英脈は 562ppb~14ppb, 緑色岩類は 37ppb~5ppb, 花崗岩類は 291ppb~9ppb, その他の岩石は 354ppb~9ppb を, それぞれ示す。

As: しきい値を 15.6ppm, 補助的しきい値を 6.0ppm とし, 6.0ppm 以上を異常とした。異常帯は, サンホセ地域主要地区西部, 同中部~東部, サンホセ地域西部地区, アロジヨグランデ地域に抽出された。鉍化帯との関係では, 鉍化帯 A, B 南部, E, G, H, I, K 東方及び L に対応する。

Cu: しきい値を 69.5 ppm, 補助的しきい値を 28.0ppm とし, 28.0ppm 以上を異常とした。異常域は, サンホセ地域主要地区西部, 同中部~東部, サンホセ地域西部地区, アロジヨグランデ地域に抽出された。鉍化帯との関係では, 鉍化帯 A, B, AE 間, E, G, H, I 及び L に対応する。

Pb: しきい値を 22.3 ppm, 補助的しきい値を 8.0ppm とし, 8.0ppm 以上を異常とした。異常域は, ほぼ全域に見られる。鉍化帯との関係では, 鉍化帯 A, B, C, G 東方, H, K, L 及び M に対応する。

Zn: しきい値を 203.7ppm, 補助的しきい値を 72.0ppm とし, 72.0ppm 以上を異常とした。異常域は, サンホセ地域主要地区中部, アロジヨグランデ地域に抽出された。鉍化帯との関係では, 鉍化帯 A, B 南部, E, H, I, K 東方及び L に対応する。

5-4-3 多変量解析結果

各試料の分析データから元素と鉍化作用あるいは母岩の特性などとの関連性を検討するために, 多変量解析のうちクラスター分析及び因子分析を採用した。

クラスター分析ではデンドログラムを作成した (Fig.II-5-7)。Au と Ag, Cu と Zn が近い関係にあることがわかる。

因子分析では, バリマックス法で処理され, 3つの因子が抽出された (Tab.II-5-5)。その棒グラフを作成した (Fig.II-5-8)。各因子ごとに因子負荷量の絶対値が大きな元素を示すと次のようになる。

Factor1: Cu,Zn,As

Factor2: Au,Ag

Factor3: Pb,Zn

因子得点の絶対値が 1 以上を示す試料の因子得点分布図を作成し (Fig.II-5-9~

Fig.II-5-11) , 地質及び鉍化作用との関連性について検討した。

Factor1 : サンホセ地域主要地区の中部に、高因子得点が分布する。これらの異常域を構成する地質は、pCCps である。また、鉍化帯の分布との関係では、鉍化帯 A, E, H 及び I に対応する。

Factor2 : サンホセ地域主要地区の中部、サンホセ地域西部地区及びアロジョグランデ地域に、高因子得点が分布する。これらの異常域を構成する地質は、pCCsjo, pCCps, pCCsj, pCCag, pCCG である。また、鉍化帯の分布との関係では、鉍化帯 A, E, H, K, L 及び M に対応する。

Factor3 : サンホセ地域主要地区の中部及びアロジョグランデ地域西部に、中因子得点が分布する。これらの異常域を構成する地質は、pCCsjo, pCCps, pCCag, pCCG, pCC である。また、鉍化帯の分布との関係では、鉍化帯 A, I 及び L に対応する。

5-4-4 考 察

因子分析の結果、以下のことが推定される。Factor1 はいわゆる塩基性火山岩類の岩石特性を反映した因子と考えられる。その分布範囲から緑色片岩や変玄武岩を含む pCCps が分布する範囲において因子得点が高い傾向を示す。

Factor2 は金の鉍化作用に関係した因子と考えられる。Factor3 は花崗岩類を特徴づける因子、あるいは塩基性火山岩類の岩石特性を反映した因子の混在が推測される。

地化学異常と鉍化帯との関係を検討すると、Au, As, Factor2 が重複する箇所は、鉍化帯 A, E, G, H, K 及び L となる。

岩石地化学探査の結果、鉍化帯 A で剪断帯に沿った Au の地化学異常が抽出されている。また、鉍化帯 B, E, K 及び L においても剪断帯の近傍に Au の地化学異常が抽出されている。本年度調査の結果、これらの地域において潜在的に金鉍床の賦存する可能性が十分認められる。

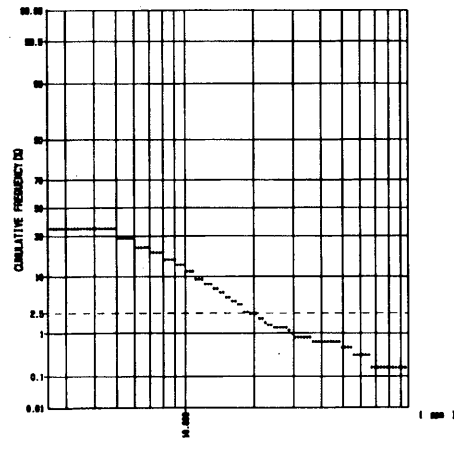
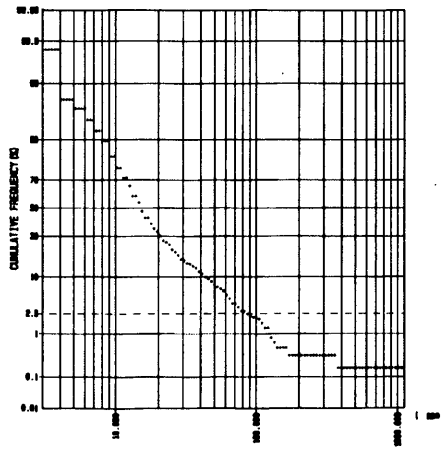
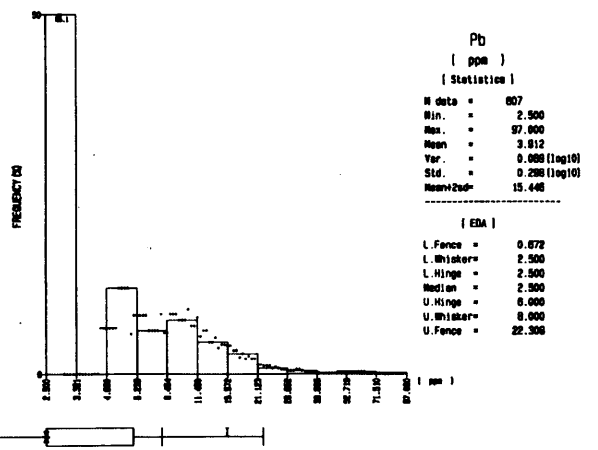
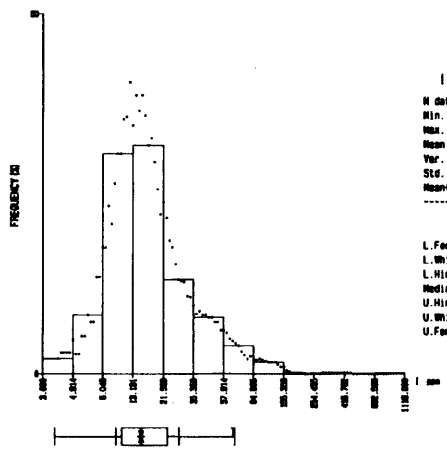
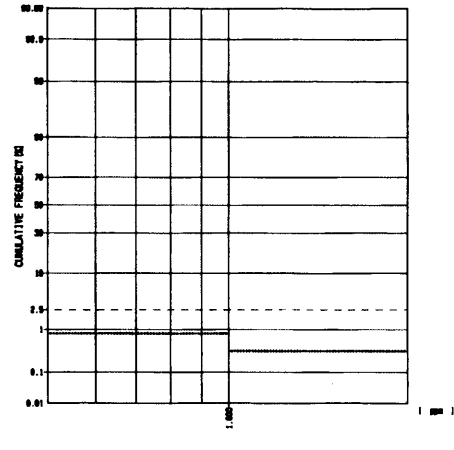
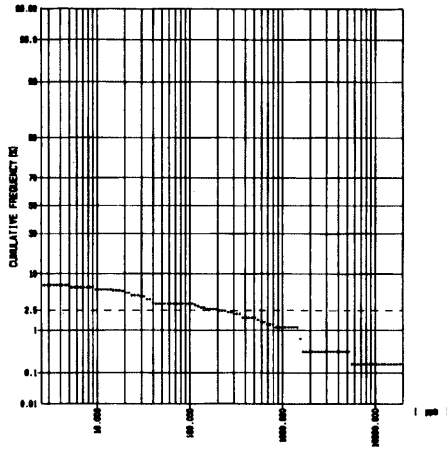
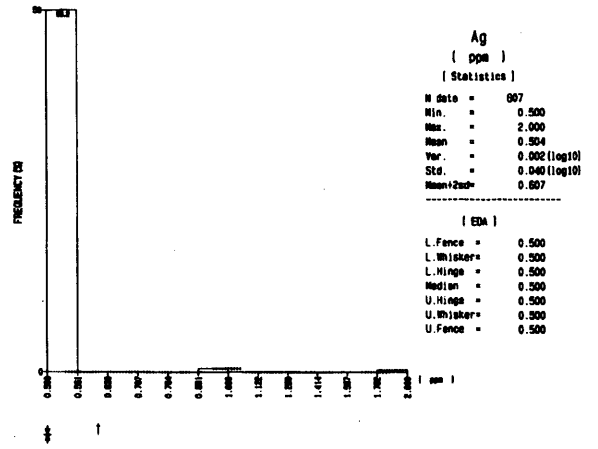
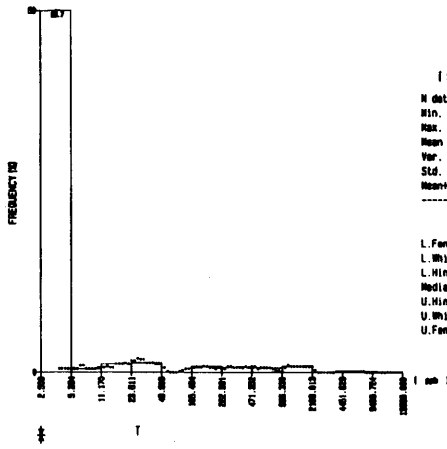


Fig.II-5-1(1) Histogram, EDA and cumulative frequency of each element of rock samples

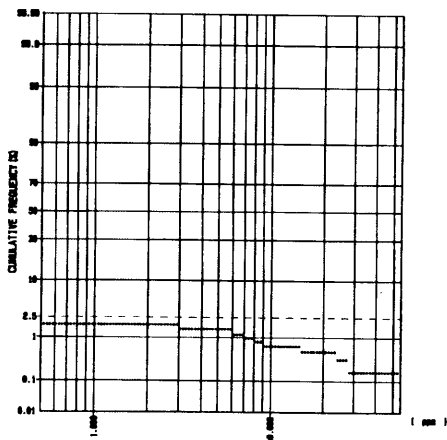
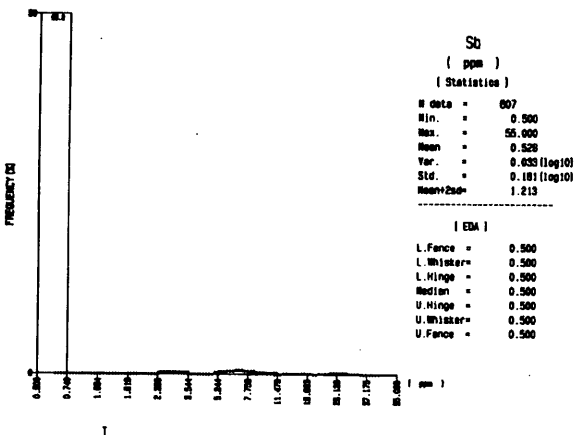
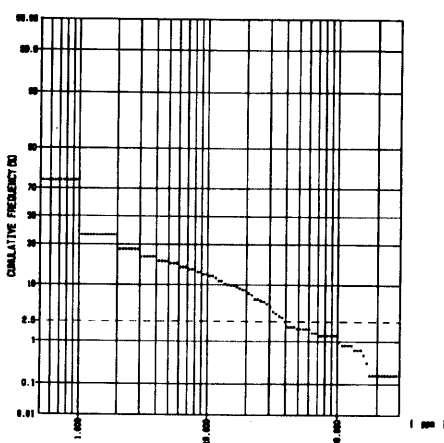
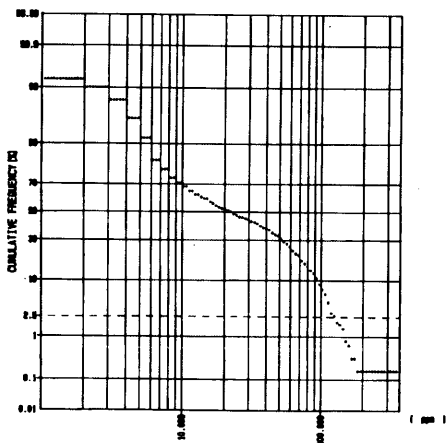
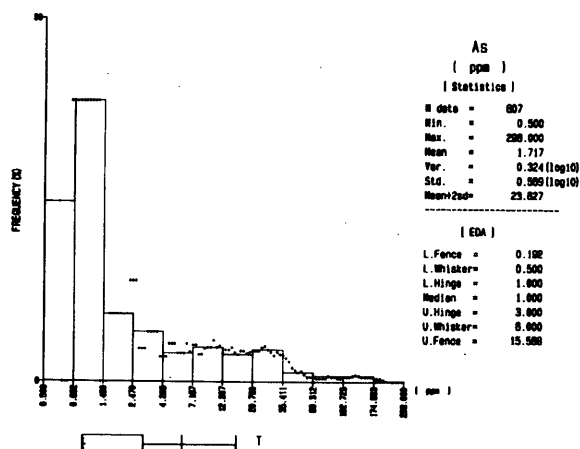
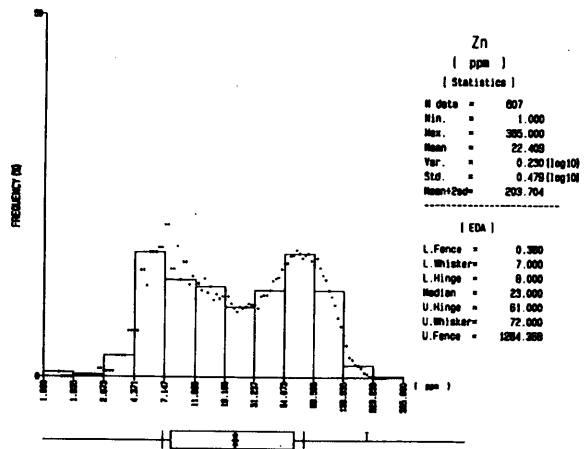


Fig.II-5-1(2) Histogram, EDA and cumulative frequency of each element of rock samples

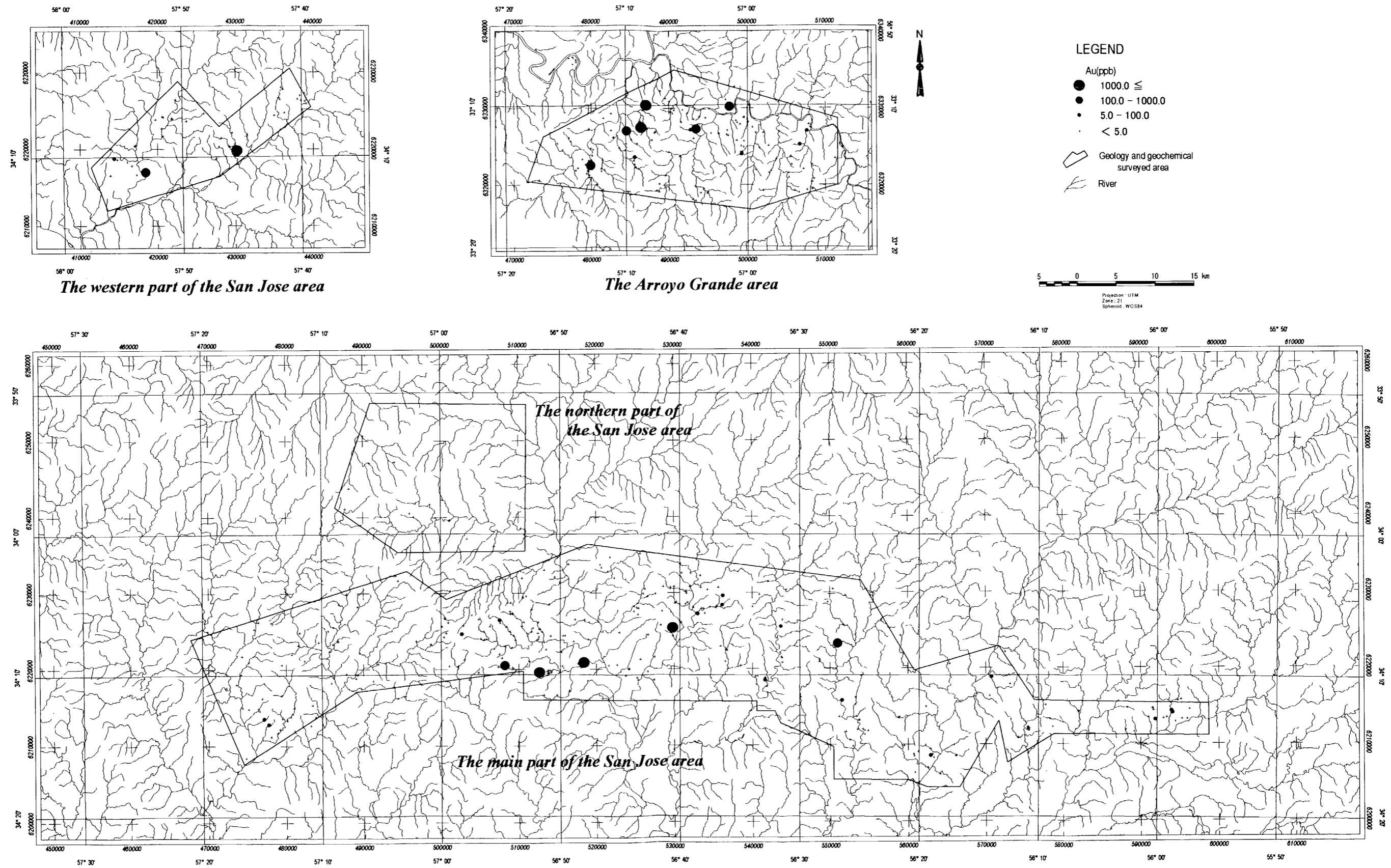


Fig.II-5-2 Distribution map of Au anomalies of rock samples

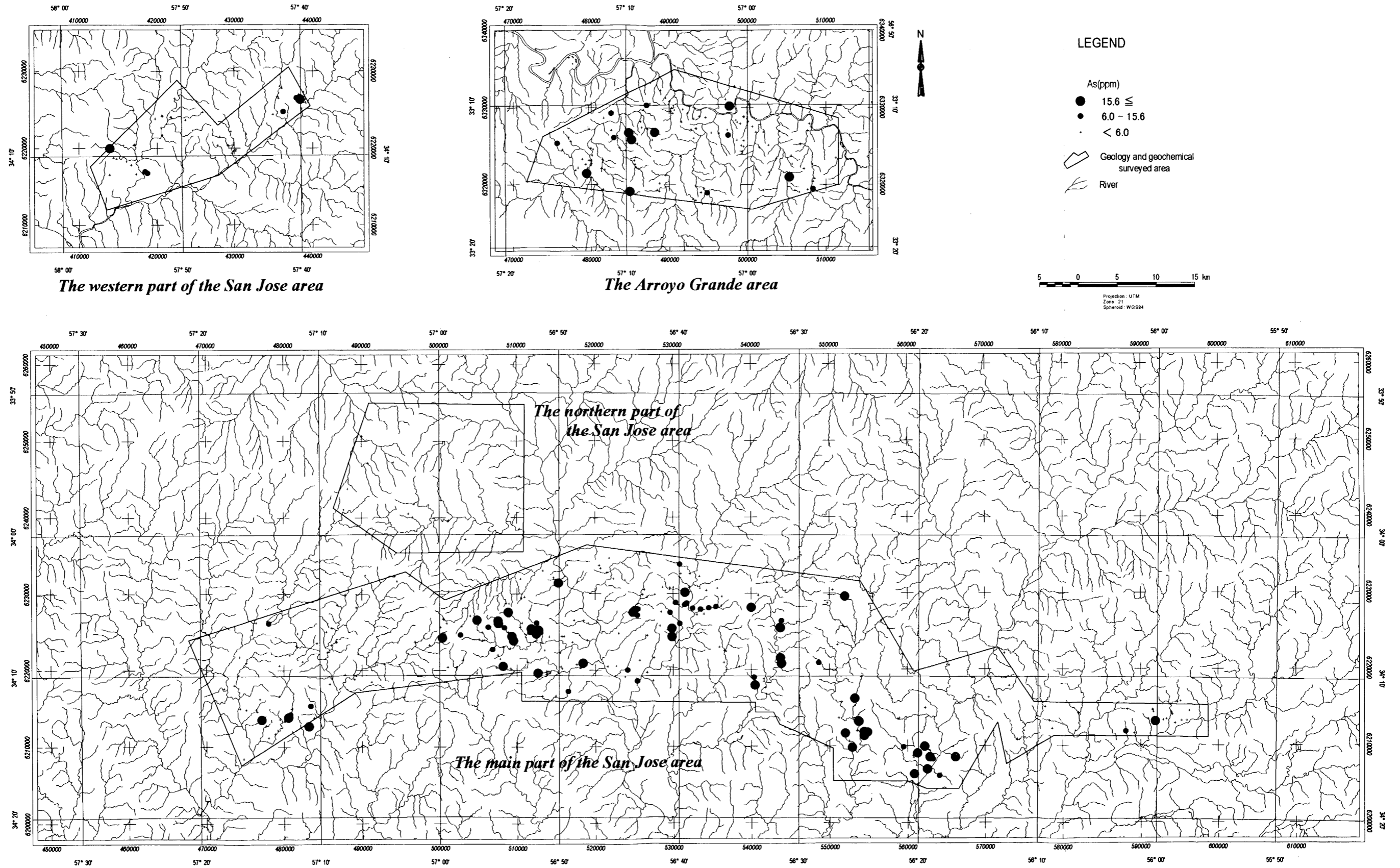


Fig.II-5-3 Distribution map of As anomalies of rock samples

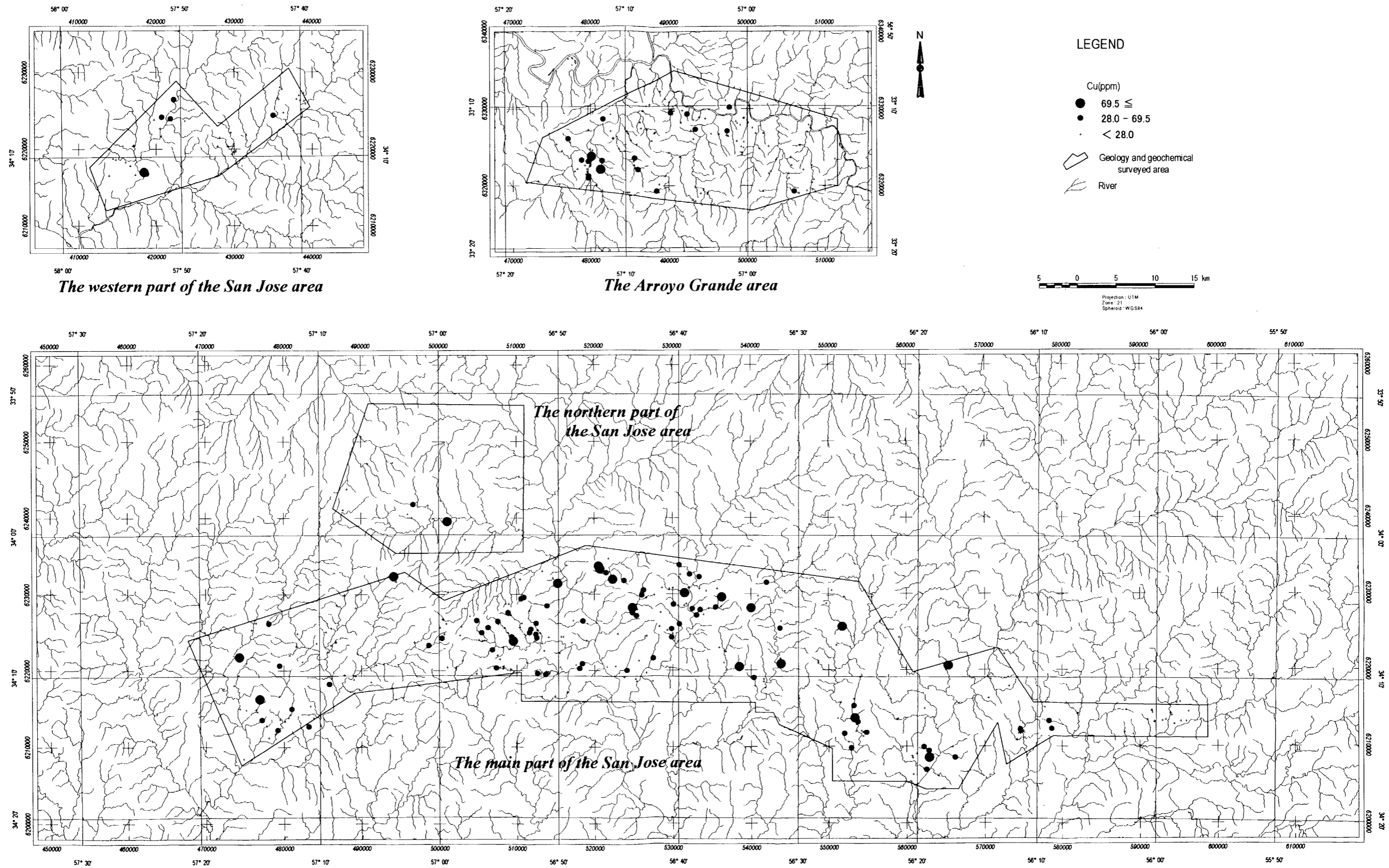


Fig.II-5-4 Distribution map of Cu anomalies of rock samples

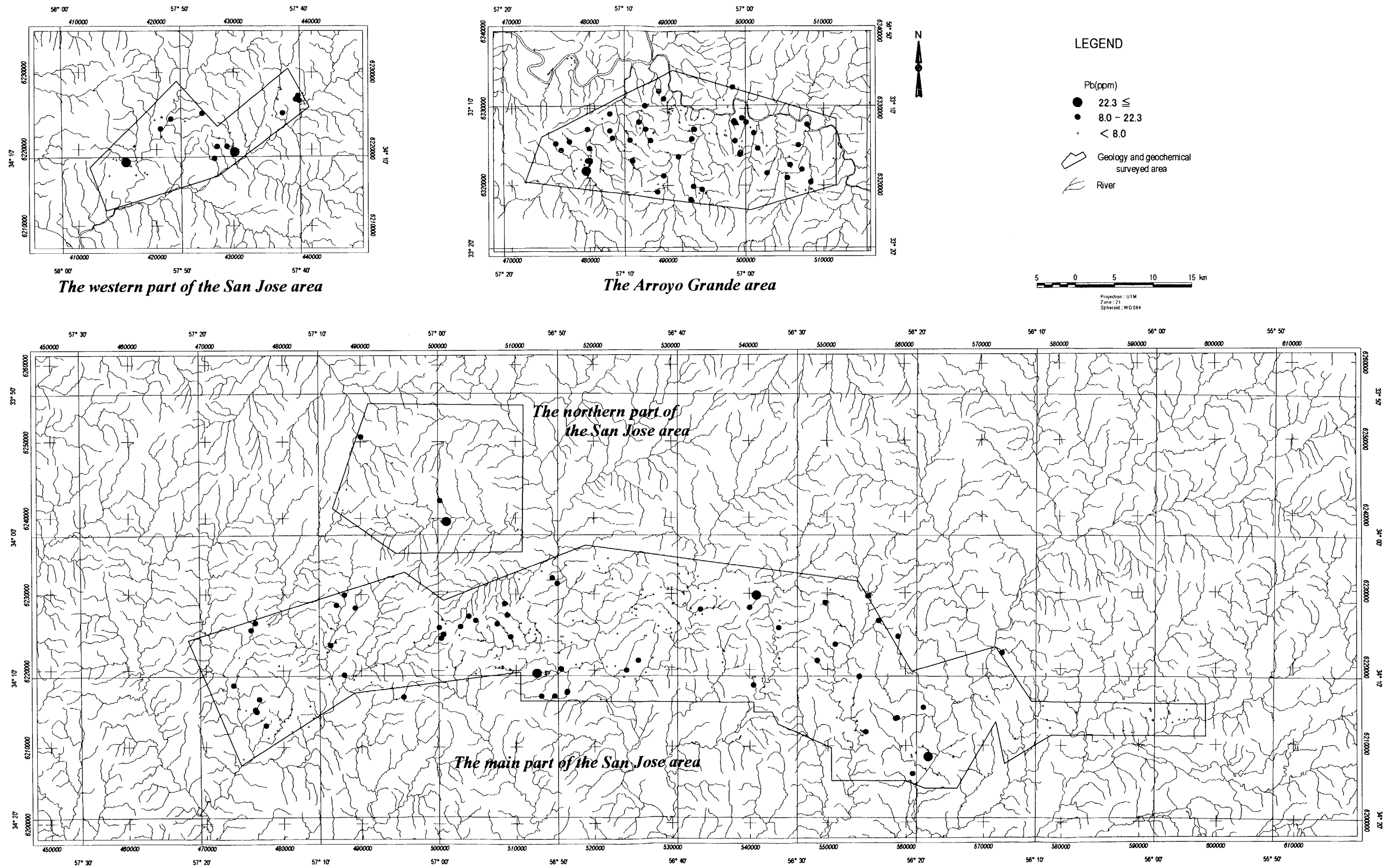


Fig.II-5-5 Distribution map of Pb anomalies of rock samples

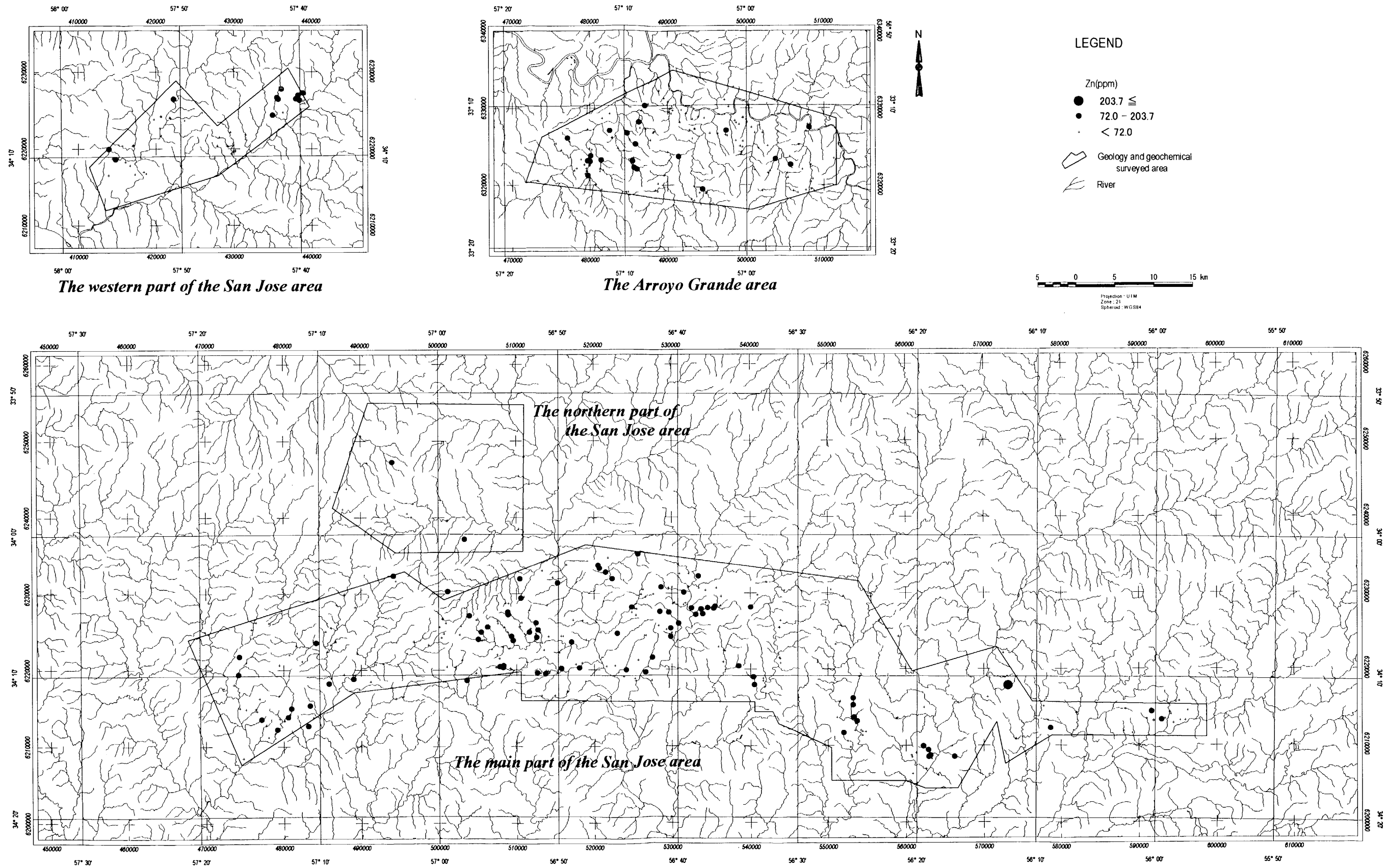
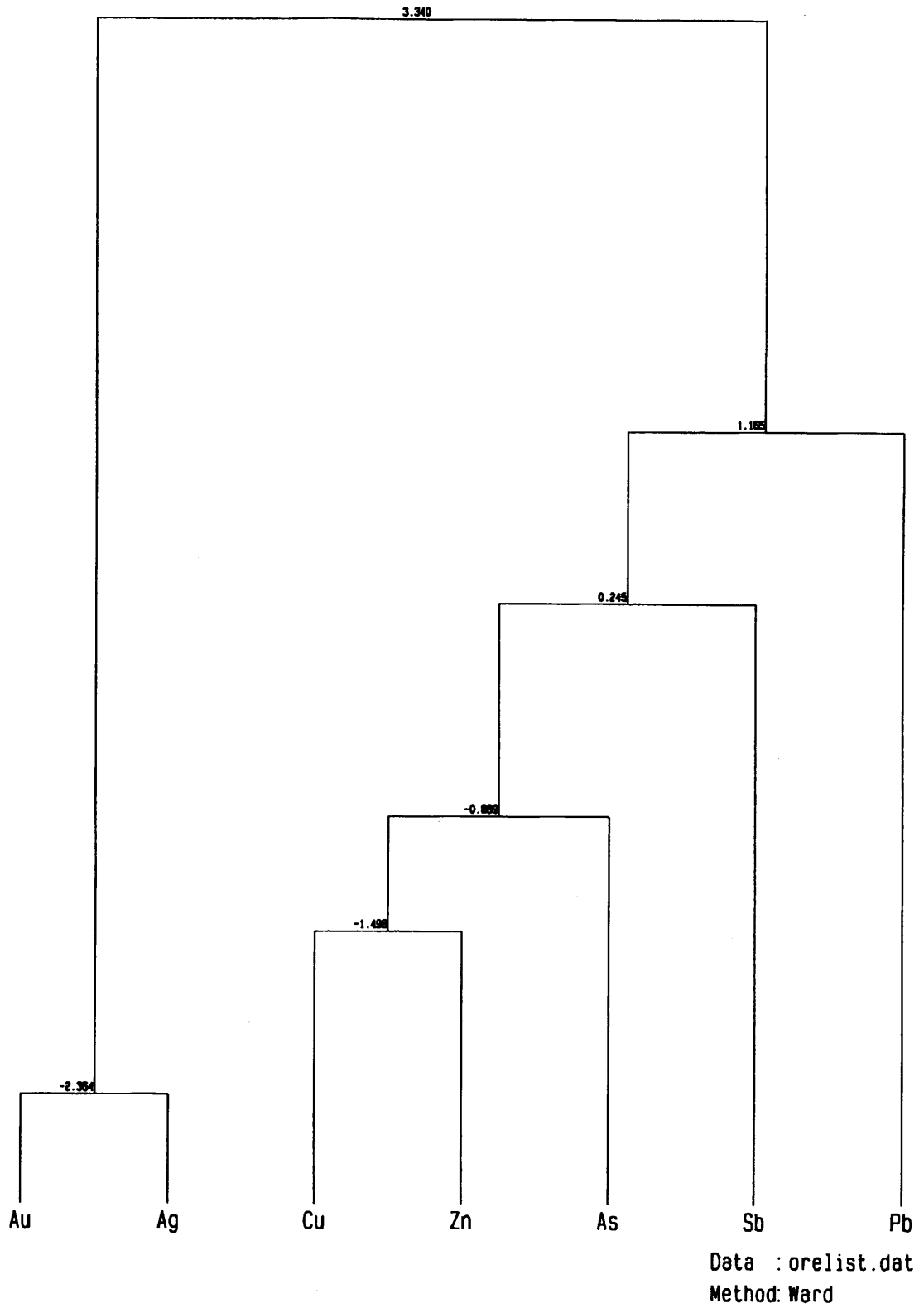


Fig.II-5-6 Distribution map of Zn anomalies of rock samples



Cluster Dendrogram

Fig.II-5-7 Dendrogram of cluster analysis of rock samples

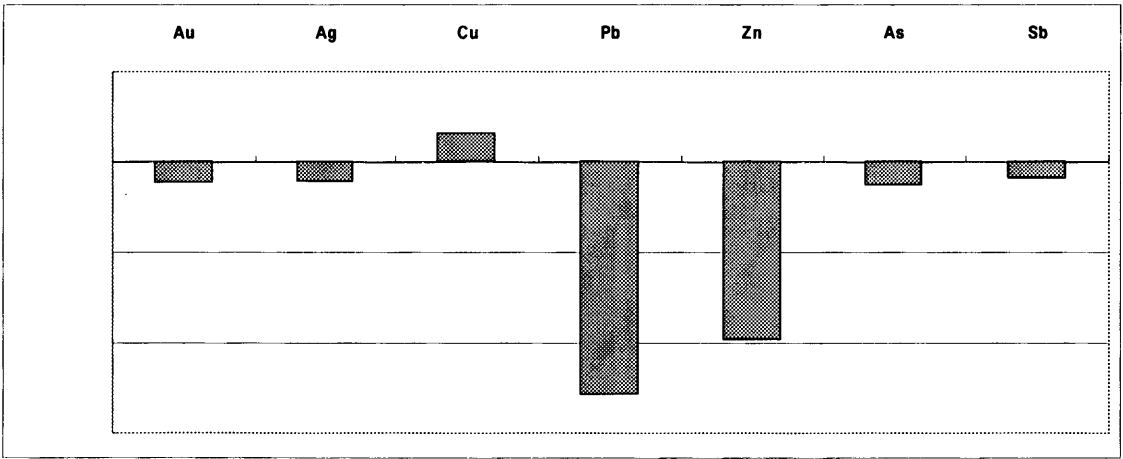
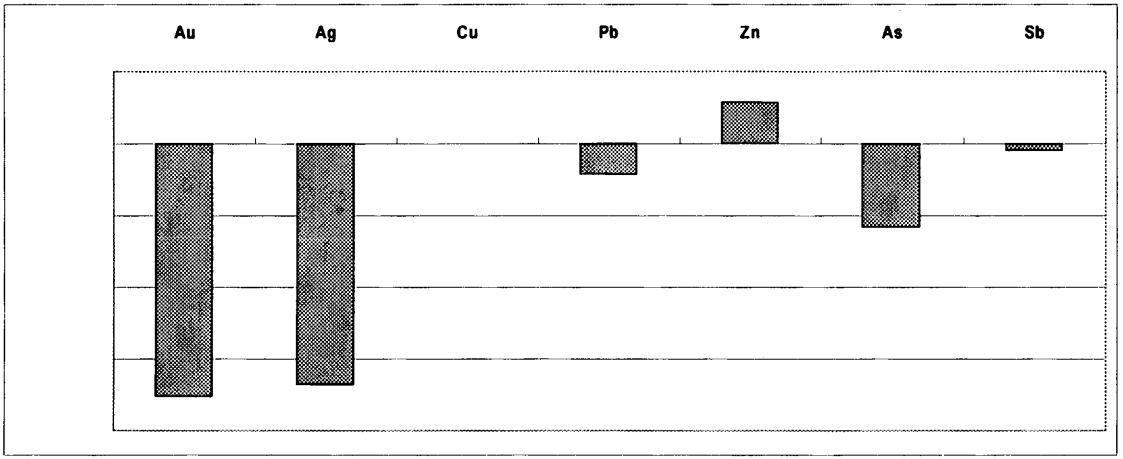
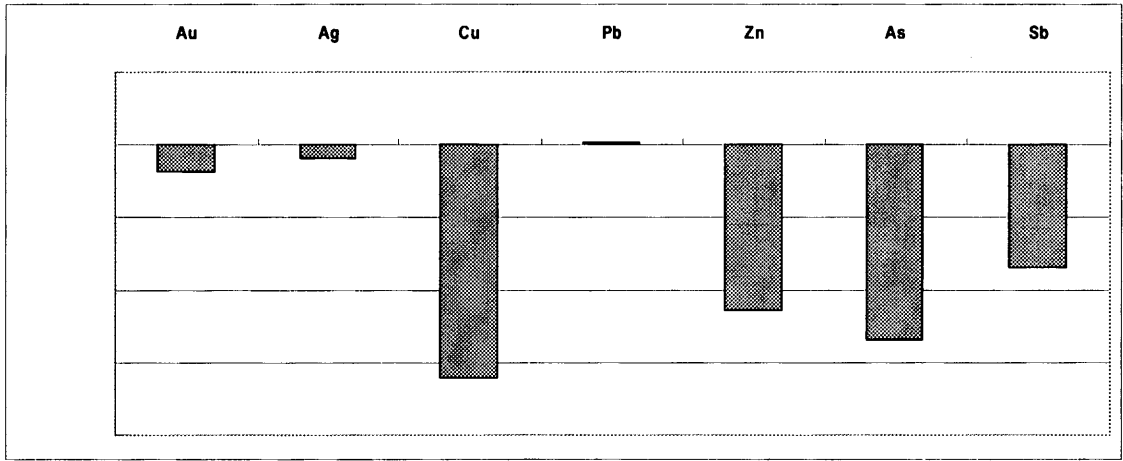


Fig.II-5-8 Factor score diagram of Factor 1 to Factor 3

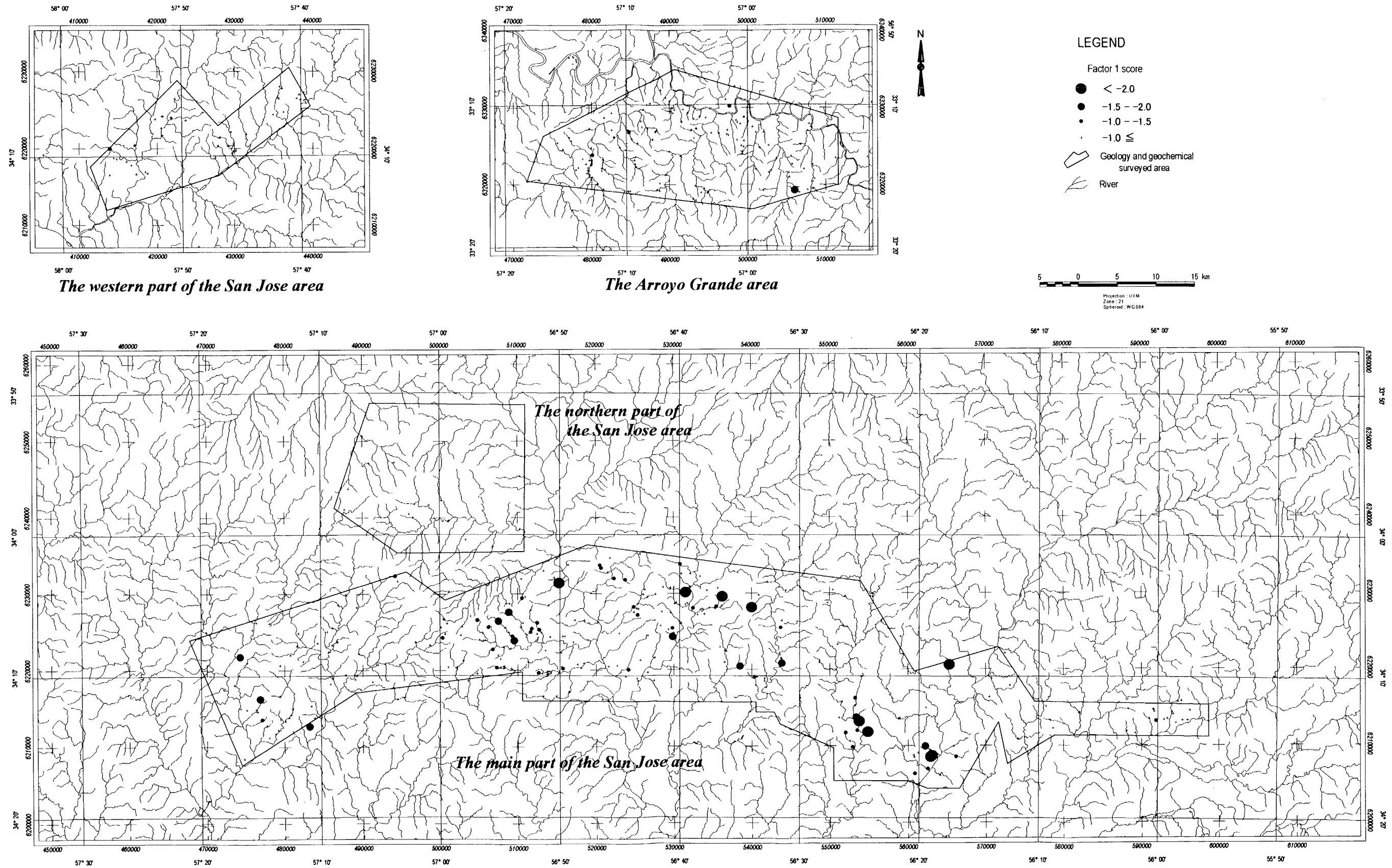


Fig.II-5-9 Distribution map of factor1 scores of rock samples

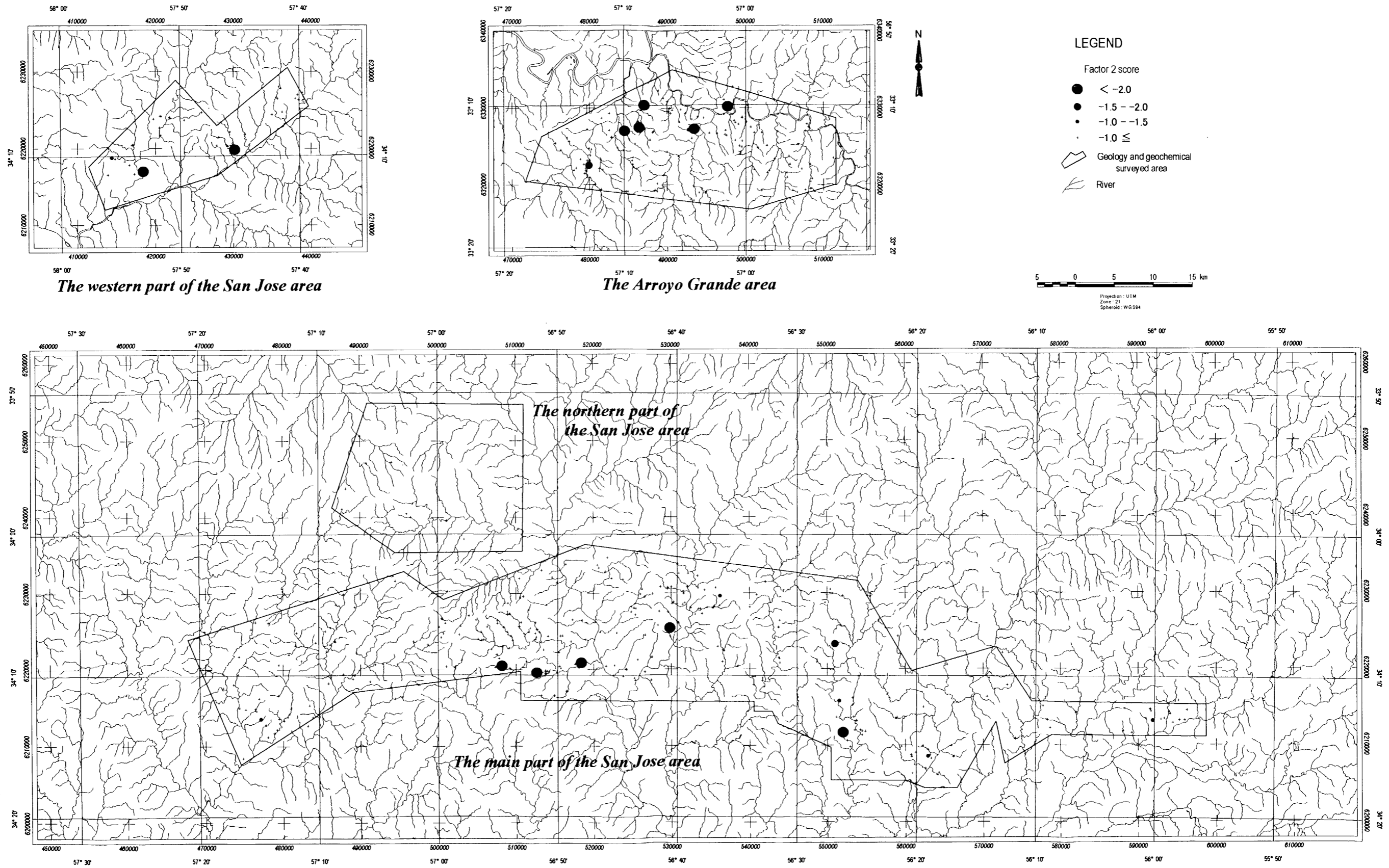


Fig.II-5-10 Distribution map of factor2 scores of rock samples

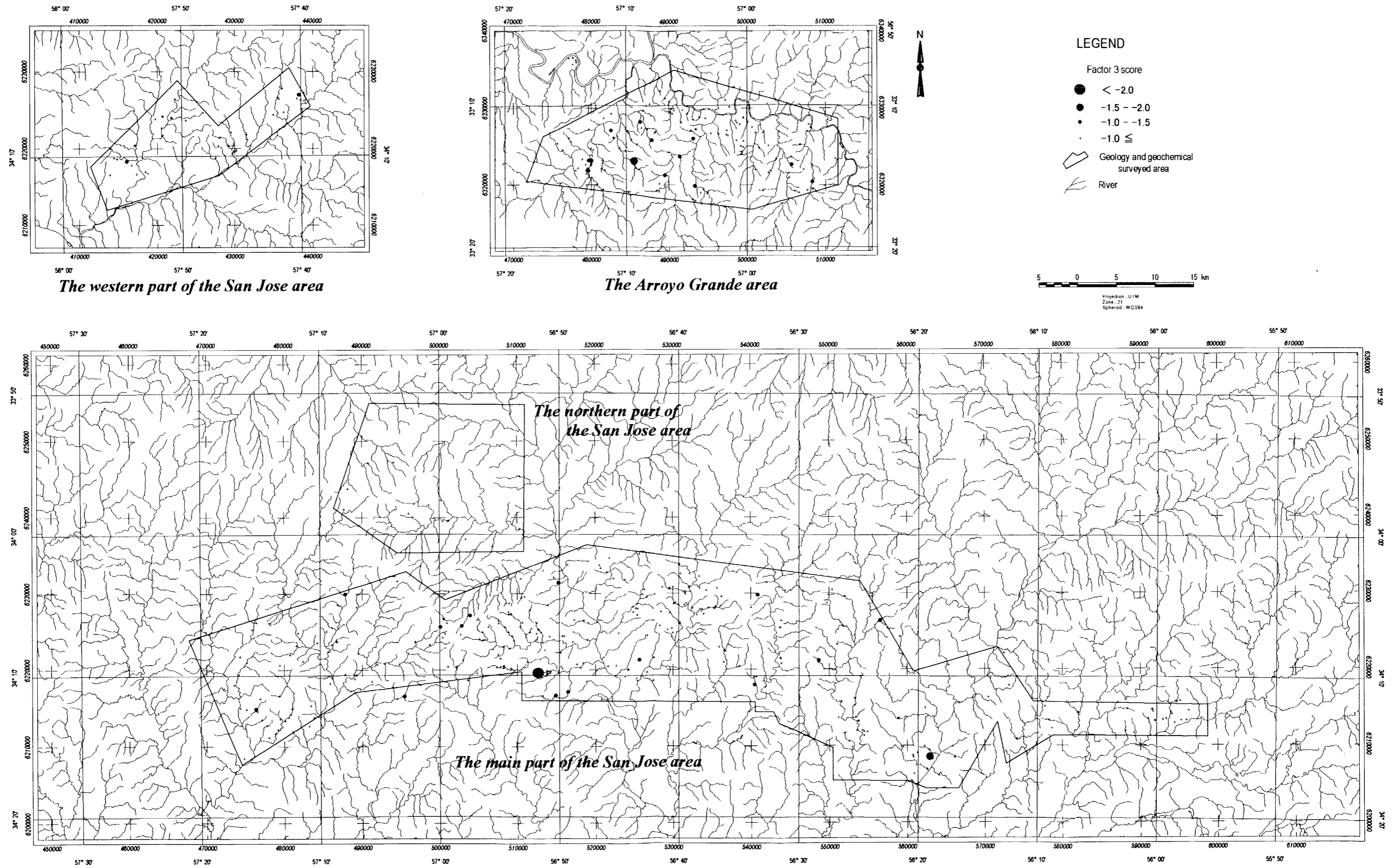


Fig.II-5-11 Distribution map of factor3 scores of rock samples

Tab. II-5-1 Statistics of rock geochemical data

Elements	Mean	Var.	S.D.	Min	Max	Mean+2SD	D.L.	B.D.L.(%)
Au (ppb)	3.2	0.217*	0.466*	2.5	19890	27.4	5	93.2
Ag (ppm)	0.5	0.002*	0.040*	0.5	2	0.6	1	99.2
Cu (ppm)	16.8	0.091*	0.302*	3.0	1118	67.6	2	0.0
Pb (ppm)	3.9	0.089*	0.298*	2.5	97	15.4	5	65.1
Zn (ppm)	22.4	0.230*	0.479*	1.0	365	203.7	2	0.7
As (ppm)	1.7	0.324*	0.569*	0.5	298	23.6	1	24.9
Sb (ppm)	0.5	0.033*	0.181*	0.5	55	1.2	1	98.2
Hg (ppb)	25.0	0.000*	0.000*	25.0	25	25.0	50	100.0

Tab. II-5-2 Correlation coefficient of each sample of rock geochemical data

	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb
Au	1.000						
Ag	0.480	1.000					
Cu	0.043	0.049	1.000				
Pb	0.111	0.056	-0.111	1.000			
Zn	-0.069	-0.004	0.353	0.228	1.000		
As	0.241	0.138	0.345	0.053	0.225	1.000	
Sb	0.048	-0.011	0.219	0.084	0.074	0.204	1.000

Tab. II-5-3 Results of the EDA analysis of rock geochemical data

Elements	L.Fence	L.Wisker	L.Hinge	Median	U.Hinge	U.Wisker	U.Fence
Au (ppb)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Ag (ppm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cu (ppm)	3.6	10.0	11.0	15.0	23.0	28.0	69.5
Pb (ppm)	0.7	2.5	2.5	2.5	6.0	8.0	22.3
Zn (ppm)	0.4	7.0	8.0	23.0	61.0	72.0	1284.4
As (ppm)	0.2	0.5	1.0	1.0	3.0	6.0	15.6
Sb (ppm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Hg (ppb)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0

Tab.II-5-4 Assay results of rock geochemical samples

Sample Name	Rock Type	Au(ppb)
DR037	Quartz Vein(green rock)	19890
ER023	Quartz Vein(green rock)	1680
FR013	Quartz Vein(green rock)	1680
AR102	Quartz Vein(green rock)	826
CR119	Quartz Vein(green rock)	641
JR024	Quartz Vein(green rock)	245
GR020	Quartz Vein(green rock)	37
AR104	Quartz Vein(green rock)	32
BR044	Quartz Vein(green rock)	32
CR073	Quartz Vein(green rock)	23
DR039	Quartz Vein(green rock)	19
ER036	Quartz Vein(green rock)	18
DR047	Quartz Vein(green rock)	5
AR081	Quartz Vein(granite)	5370
AR120	Quartz Vein(granite)	1550
CR122	Quartz Vein(granite)	1548
AR119	Quartz Vein(granite)	1520
CR058	Quartz Vein(granite)	125
AR111	Quartz Vein(granite)	37
CR104	Quartz Vein(others)	562
CR103	Quartz Vein(others)	543
FR016	Quartz Vein(others)	375
ER040	Quartz Vein(others)	14
GR013	Green Rock	37
GR011	Green Rock	32
BR041	Green Rock	23
DR001	Green Rock	5
GR015	Green Rock	5
AR122	Granite	291
AR121	Granite	143
ER118	Granite	115
AR123	Granite	111
DR046	Granite	9
GR049	Granite	9
BR011	Others	354
CR105	Others	197
JR009	Others	41
GR048	Others	28
CR013	Others	23
GR034	Others	19
ER104	Others	9

Tab.II-5-5 Results of factor analysis of rock geochemical

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Communarity
Au	-0.074	-0.704	-0.047	0.503
Ag	-0.040	-0.673	-0.042	0.457
Cu	-0.643	-0.001	0.063	0.417
Pb	0.008	-0.085	-0.515	0.272
Zn	-0.458	0.116	-0.394	0.378
As	-0.538	-0.232	-0.051	0.346
Sb	-0.340	-0.021	-0.036	0.117