

Fig 3.7 にオーガー水中のヒ素濃度分布図を示す。ヒ素濃度はラボ分析値である。コンター図は分析値を対数変換した後クリッキング処理したものである。従って地点の実際の測定値とコンター図に差異があり得るが、コンター図は周辺地点のデータを加味して作成されているので、単なる一点のみのデータよりも信頼度は高いと思われる。コンター図上で 1mg/l 以上の濃度域として大きく広がるのは次の4地区である。すなわち、1) 山元選鉱場の下流域、2) 町中選鉱場の周辺、3) 地点 32C 周辺、4) 地点 32L 周辺である。これらの4地区にはオーガー水のヒ素分布上からは連続性が認められず、個別に汚染源があるものと推定される。

Fig 3.8 および 3.9 にそれぞれ 30cm と 100cm 深の土壌溶出試験によるヒ素濃度分布図を示す。Fig 3.8 では 0.1mg/l 以上の濃度域が顕著に認められるのは山元選鉱場の下流域と町中選鉱場の周辺である。これらの区域には 1mg/l を超える地点も見られる。他は散在しており、まとまりが無い。なお溶出試験は土壌を 10 倍重量の水で溶出したものであり、その数値は単純にオーガー水の濃度と対比は出来ない。Fig 3.9 では Fig 3.8 で高濃度が認められた2区域に加えて、町中心部の南東側に数カ所の 0.1mg/l 以上の高濃度域が認められるが、1mg/l を超える地点は無く、大半は 0.5mg/l 以下である。

オーガー水のヒ素濃度と土壌溶出のヒ素濃度分布を大局的に比較すると次のことが分かる。オーガー水のヒ素高濃度分布域のうち 1) 山元選鉱場の下流域、2) 町中選鉱場の周辺については、土壌溶出によるヒ素高濃度域とほぼ一致する。これに対して 3) 地点 32C 周辺、4) 地点 32L 周辺については、土壌溶出試験結果で対応する高濃度域はない。

3.3.2 オーガー調査精査とトレンチ調査

前述のオーガー調査(概査)から次のように精査区域を設定した。Fig 3.10 に精査範囲図を示す。各々の範囲設定の理由を述べる。

1) 山元選鉱場および下流域

汚染源の一つと想定される選鉱場とその下流域である。オーガー水濃度および土壌溶出濃度ともにヒ素の高濃度が認められている。なお選鉱場周辺およびその直近下流域は礫が多くオーガー調査が不可能であることから、重機によるトレンチ調査を行った。また Fig 3.10 で示した範囲外ではあるが、下流には廃棄物処分場(旧)あり、その中央部でオーガー調査を行った。

2) 町中選鉱場周辺

汚染源の一つと想定される選鉱場とその周辺である。オーガー水濃度および土壌溶出濃度ともにヒ素の高濃度が認められている。オーガーによる調査を主体とした。また本範囲には廃棄物処分場(新)があり、その中央部でのオーガー調査を合わせて行った。

3) 地点 32C 周辺

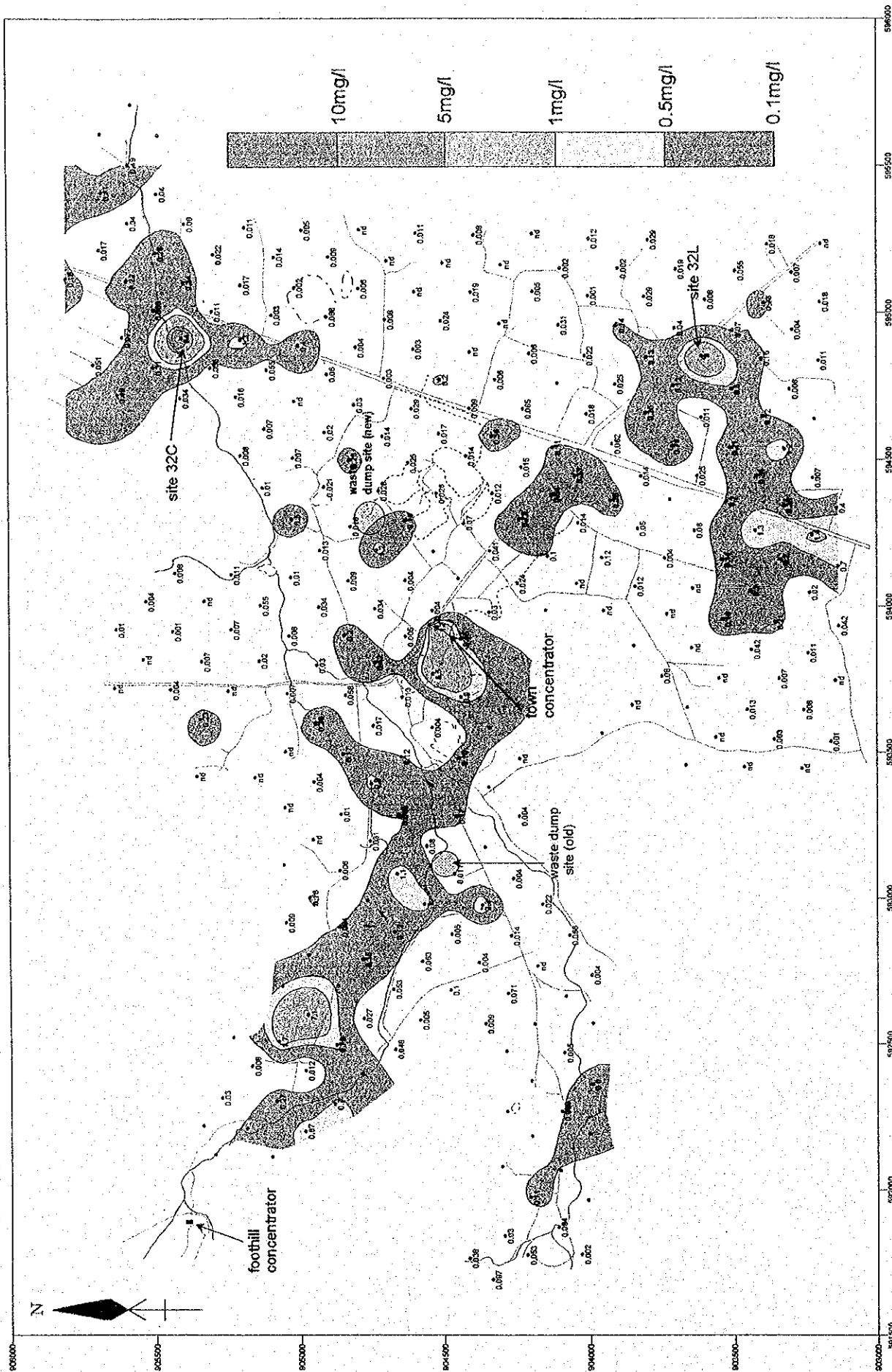


Fig 3.7 Arsenic Distribution of Auger Water (1998)

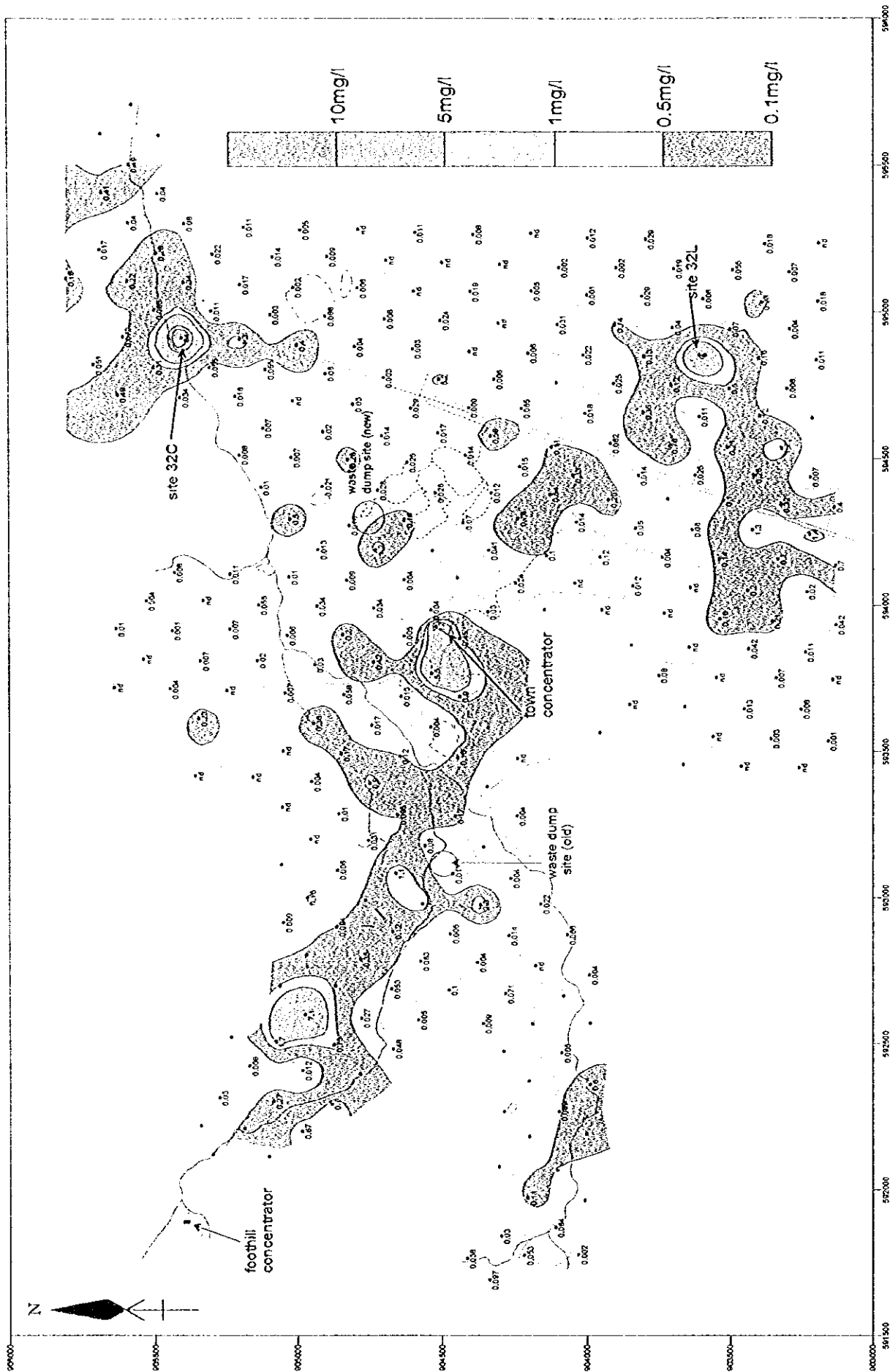


Fig 3.7 Arsenic Distribution of Auger Water (1998)

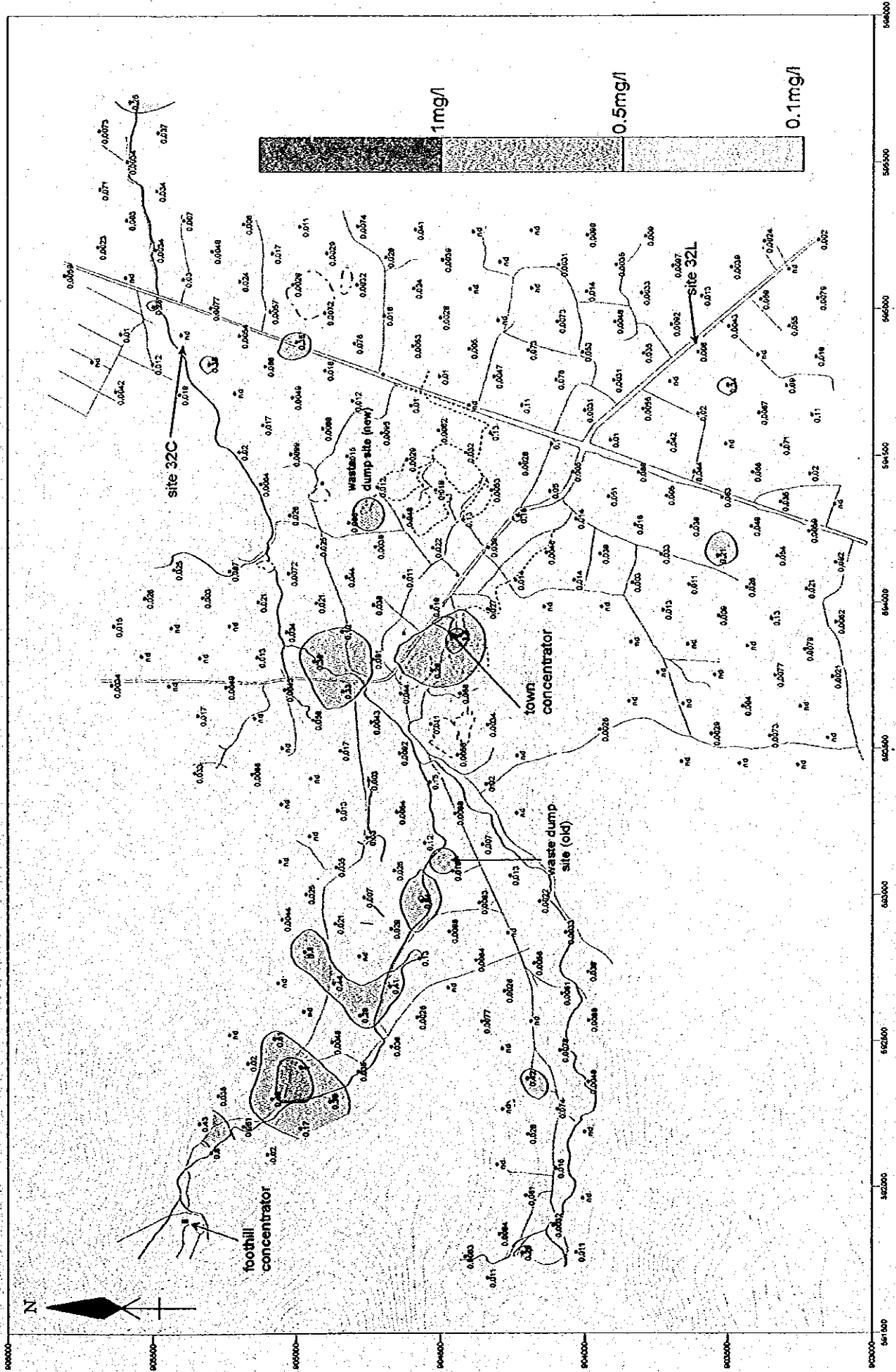


Fig 3.8 Arsenic Distribution of Soil Elution at 30cm Depth (1998)

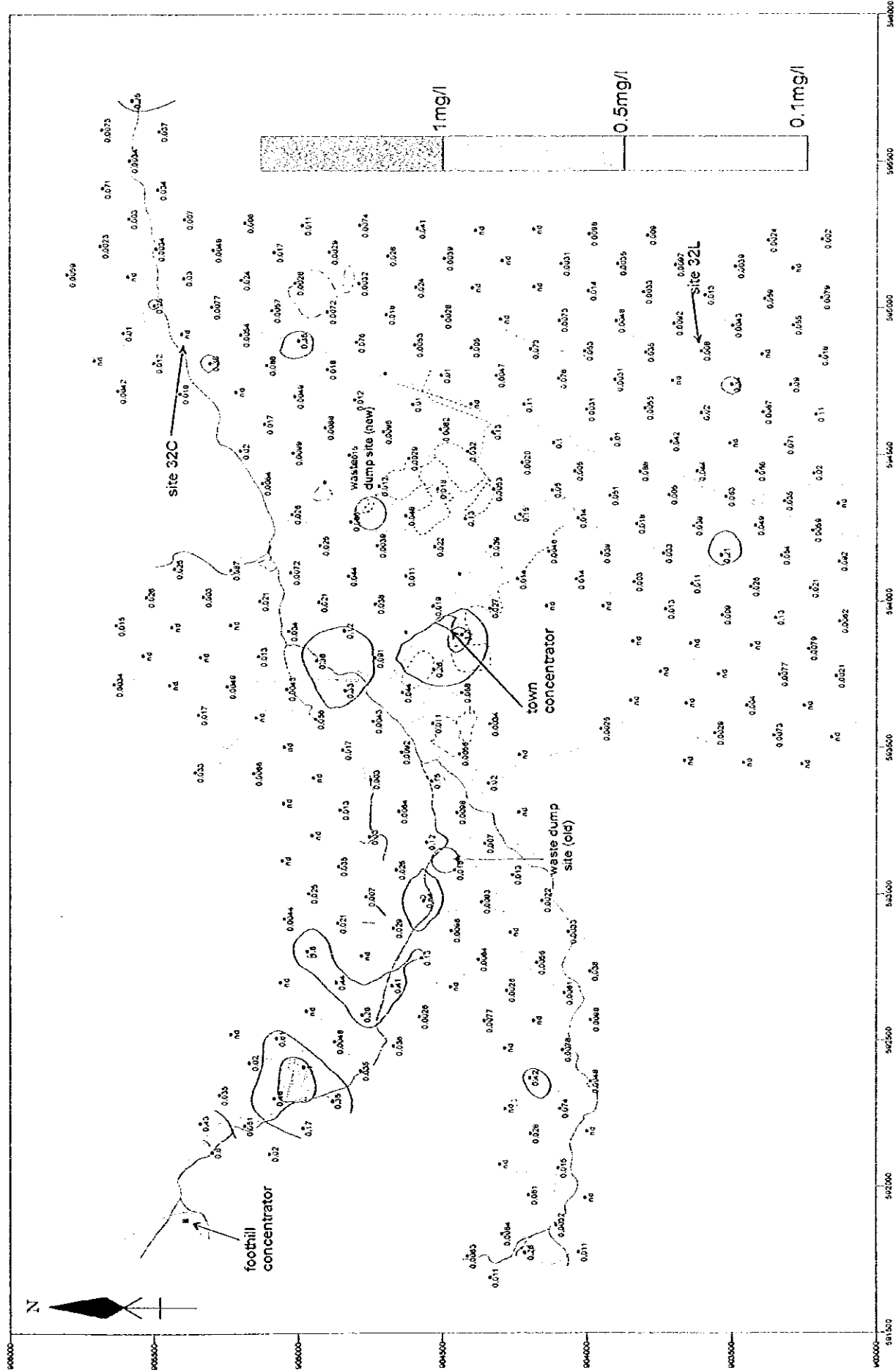


Fig 3.8 Arsenic Distribution of Soil Elution at 30cm Depth (1998)

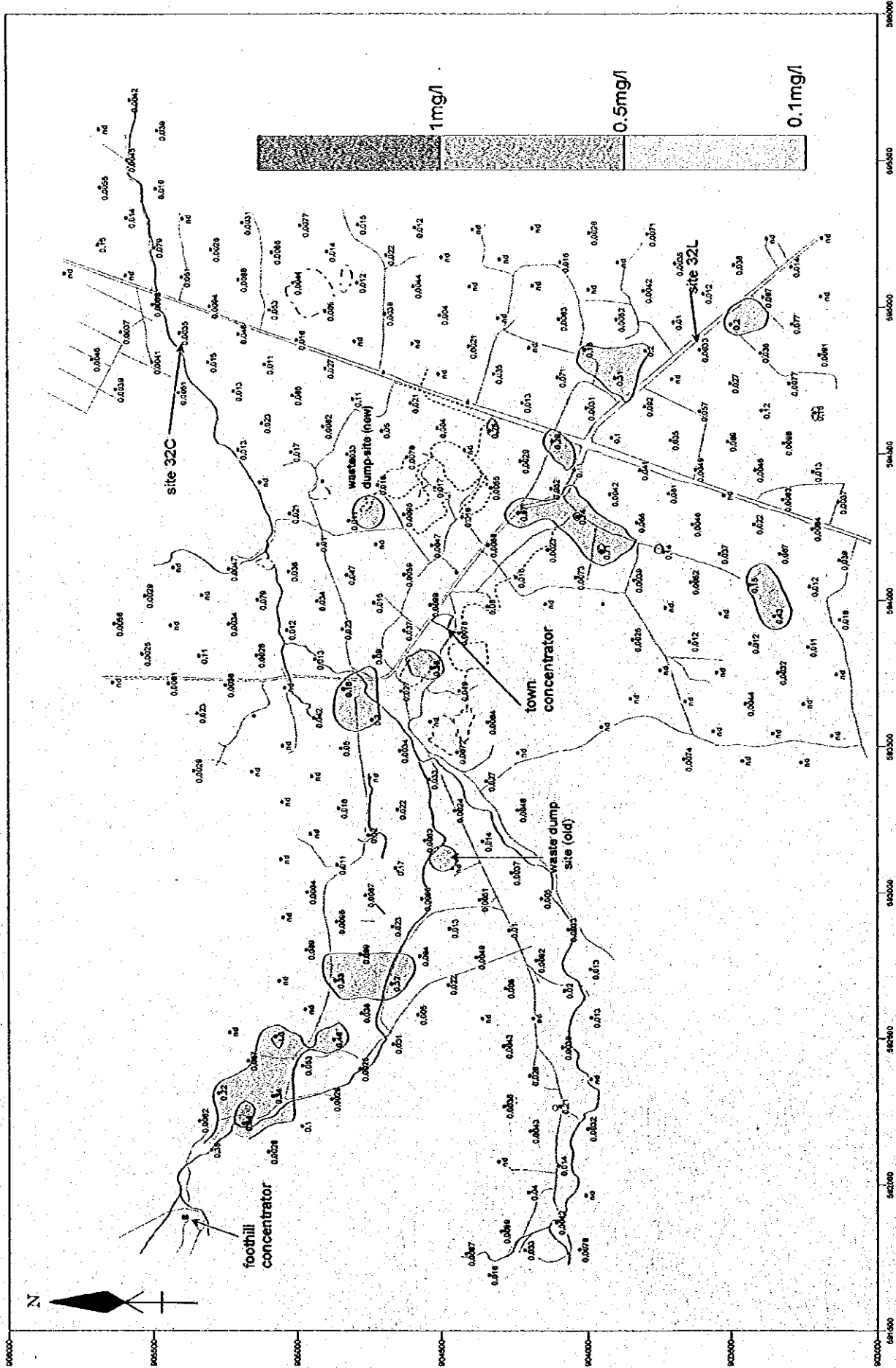


Fig 3.9 Arsenic Distribution of Soil Elution at 100cm Depth (1998)

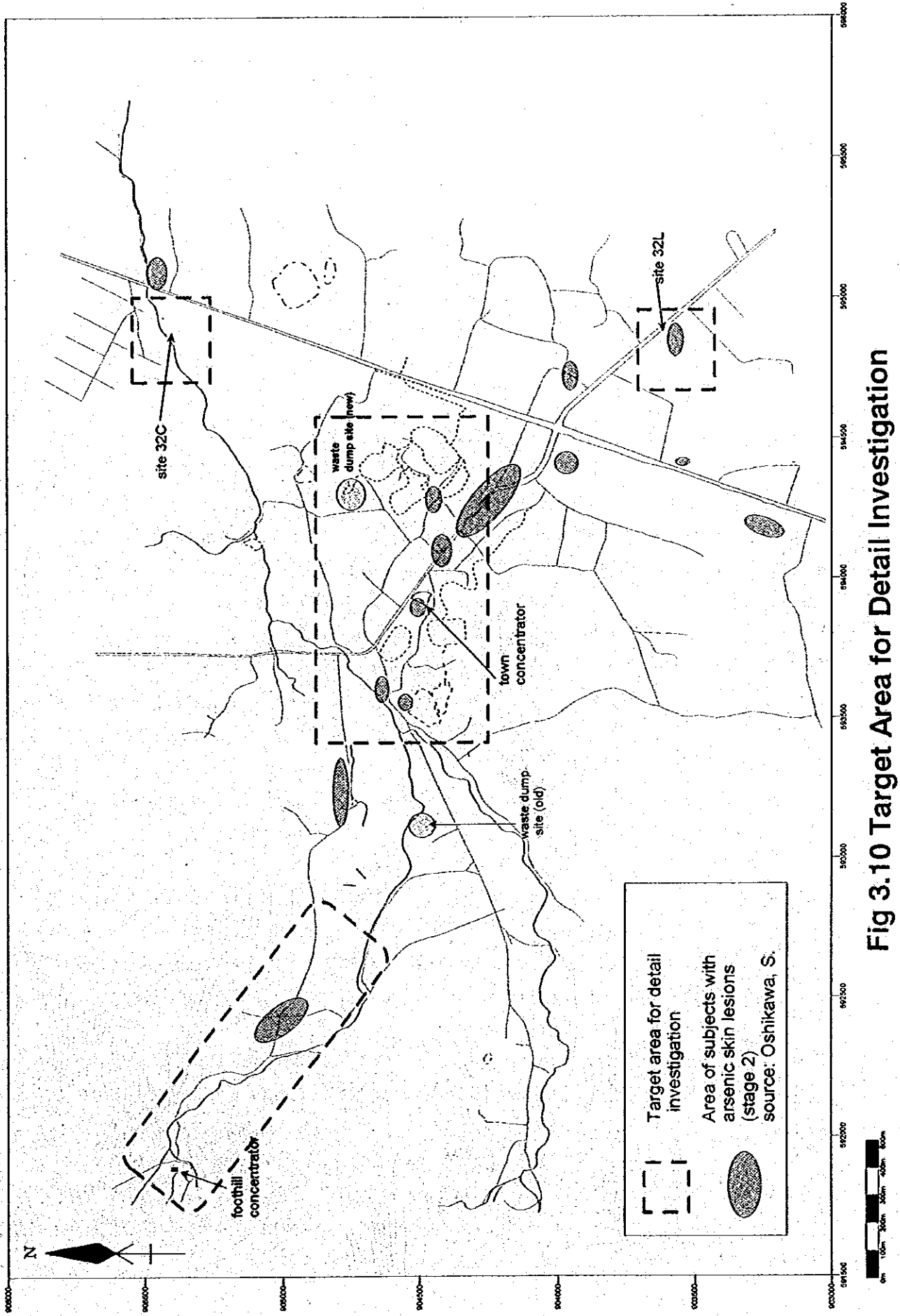


Fig 3.10 Target Area for Detail Investigation

オーガー水濃度で高濃度が検出された。土壌溶出では対応する高濃度域はない。オーガー調査とトレンチ調査を組み合わせた。

4) 地点 32L 周辺

オーガー水濃度で高濃度が検出された。土壌溶出では対応する高濃度域はない。オーガーによる調査を主体とした。

Fig 3.10 には合わせてヒ素中毒により、ステージ 2 の皮膚症状が現れている患者の分布を示す。患者の分布域の大半は今回設定した精査範囲内かあるいはその下流側に位置していることが分かる。

3.3.2.1 山元選鉱場下流域

Fig 3.11 にトレンチ調査の位置図を示す。図にはあわせてオーガー水ヒ素濃度と土壌溶出濃度を示す。トレンチは其々 T-1、T-2、T-3、T-4 で示す。T-1 は選鉱場の横であり、以前選鉱精錬施設が設けられていたと考えられる地点である。T-2 は選鉱場の前で、以前沈砂地があったと考えられる地点である。T-3 は選鉱場から下流に 300m 下がったところで川の左岸にあたる。T-4 は T-3 から更に南東に約 400m の地点であり、オーガー水の高濃度域にあたる。

Fig 3.12、3.13 に T-1 と T-2 のトレンチ調査断面写真を示す。写真には合わせて地質観察記録と試料採取位置を示す。また試料の溶出試験によるヒ素濃度を表にして示す。目視からもあきらかなように本地点では選鉱精錬廃棄物が混入していると思われる個所が多数認められた。また溶出試験データでも 100mg/l を超える高濃度のヒ素が検出されており、ヒ素汚染源であることが確認された。

Fig 3.14、3.15 は T-3 と T-4 のトレンチ調査断面写真である。ヒ素溶出濃度としては T-1、T-2 ほど高い地点は認められないが平均すると 0.5mg/l 弱のヒ素が検出されている。山元選鉱場周辺の汚染が拡散してきているものと想定される。

廃棄物処分場 (旧) (位置は Fig 3.5 参照) の中央部で行ったオーガー調査では水中および土壌溶出ともに高濃度のヒ素が検出された (1.5mg/l と 1.8mg/l)。また水中の酸化還元電位は酸化状態を示しており、高濃度のヒ素溶出と合わせて考えると精錬廃棄物が廃棄されていた疑いが強い。

3.3.2.2 町中選鉱場周辺

Fig 3.16 に本地区の拡大図を示す。図中には合わせて地点の水中ヒ素濃度 (地点の色で分類)、溶存鉄鉄(II)イオン濃度 (地点の下に赤字で表示) および酸化還元電位 (コンター図で還元性の地域を表示) を示した。また後述のモデル作成時の断面線も示した。オーガー調査地点は基本的には第一次調査で高濃度であった 21g と 22g の周辺を約 50m 間隔で設定し、さらにその中間域を補完したものである。オーガー水の現地分析結果は 0.5-1mg/l

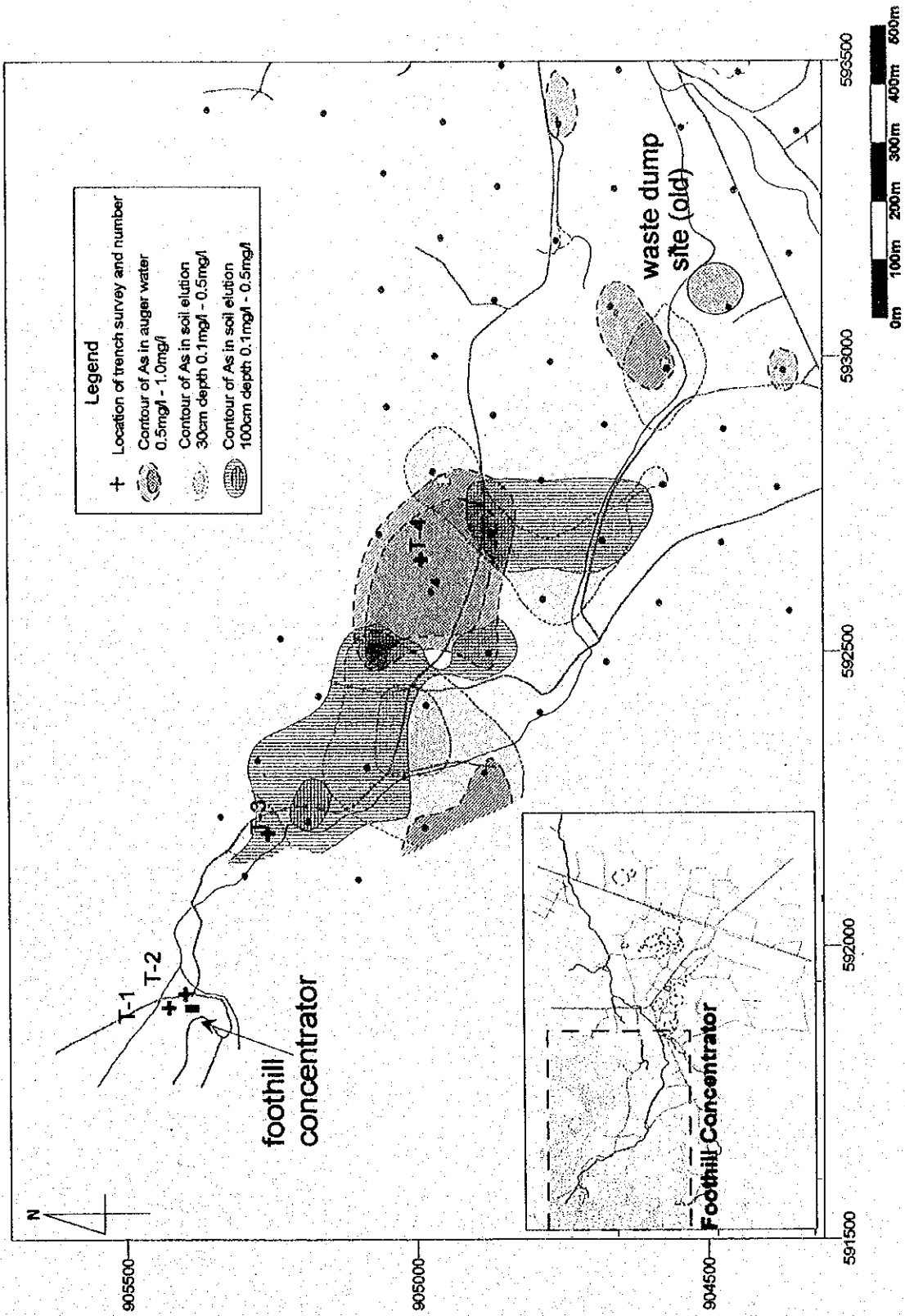
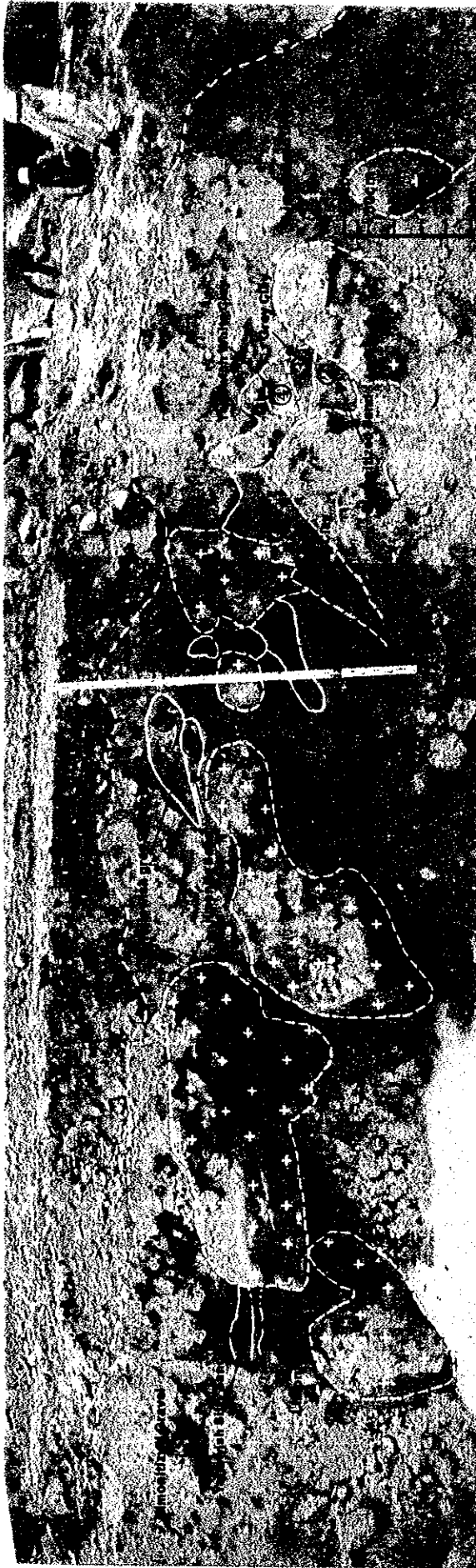
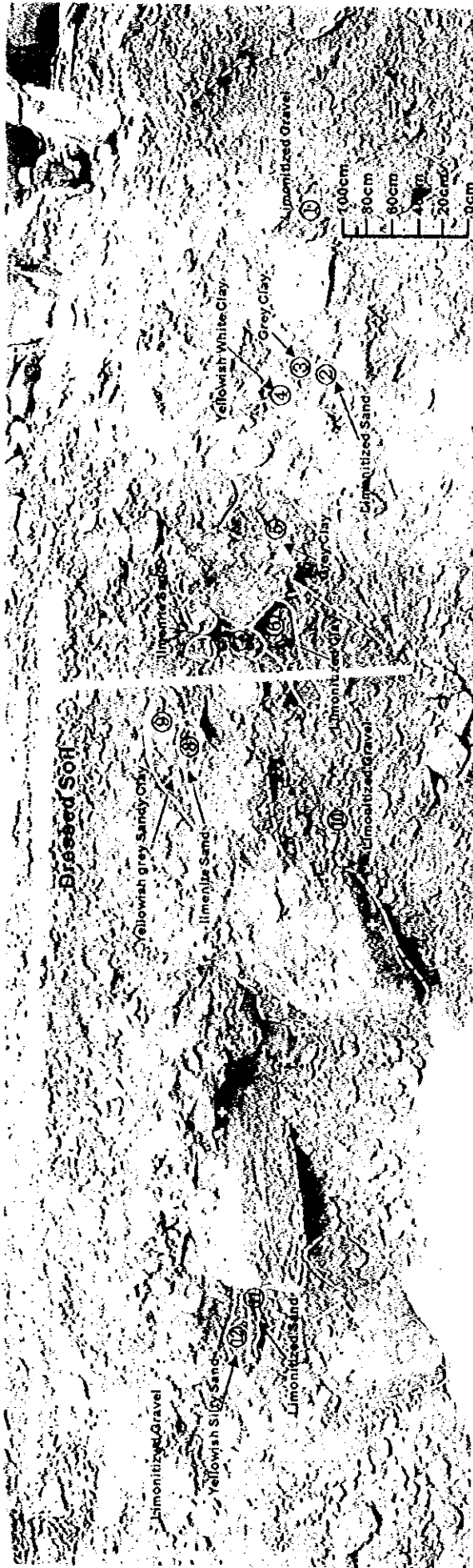


Fig 3.11 Location of Trench Survey



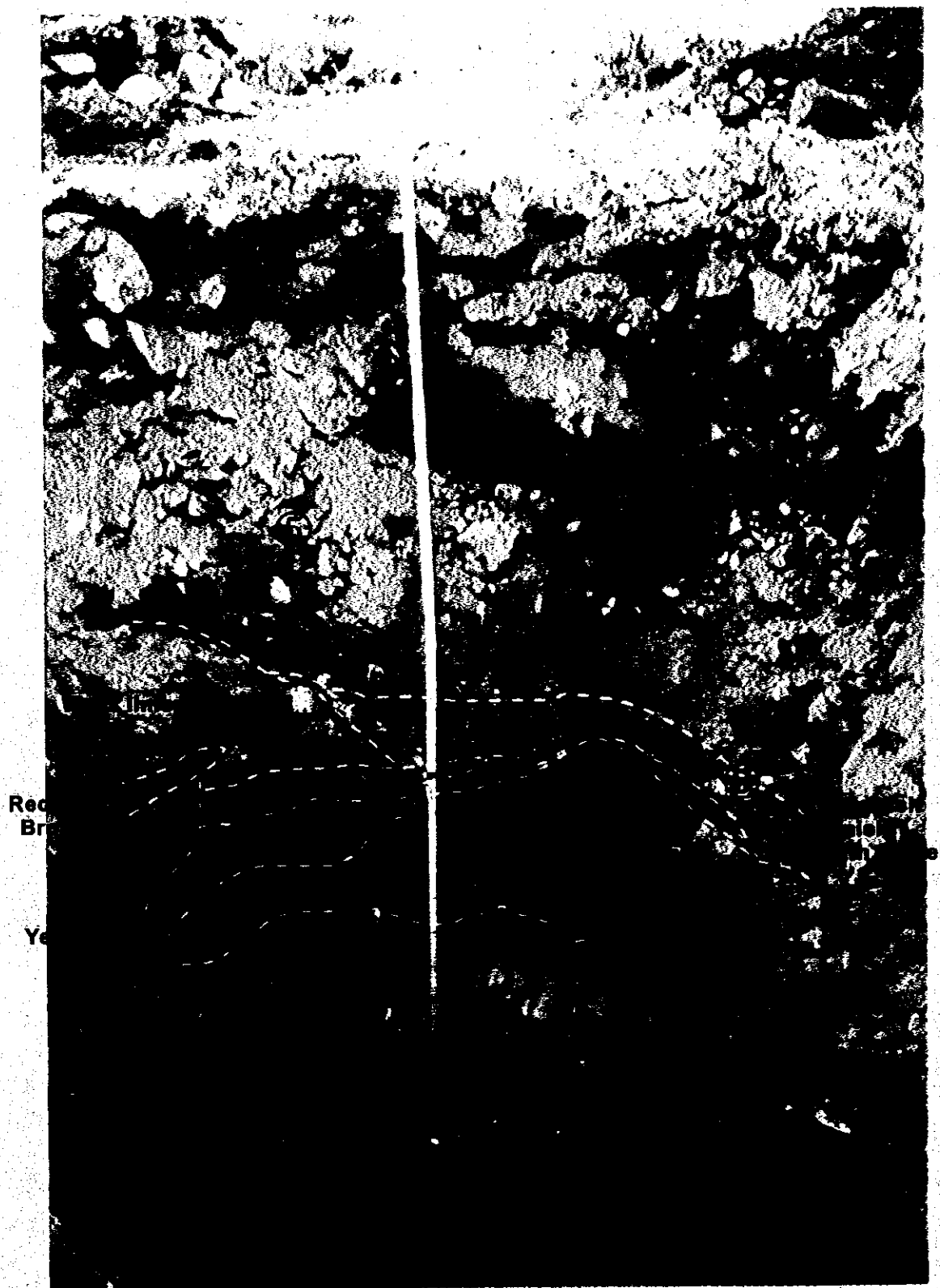
No.	Elution Result				
	Code	As (mg/l)	No.	Code	As (mg/l)
①	T-1-1	0.4	T-1-7	⑦	72
②	T-1-2	0.2	T-1-8	⑧	380
③	T-1-3	0.6	T-1-9	⑨	6.9
④	T-1-4	1.0	T-1-10	⑩	3.1
⑤	T-1-5	1.6	T-1-11	⑪	1.0
⑥	T-1-6	3.8	T-1-12	⑫	0.4

Fig 3.12 Cross Section of Trench T-1 Site



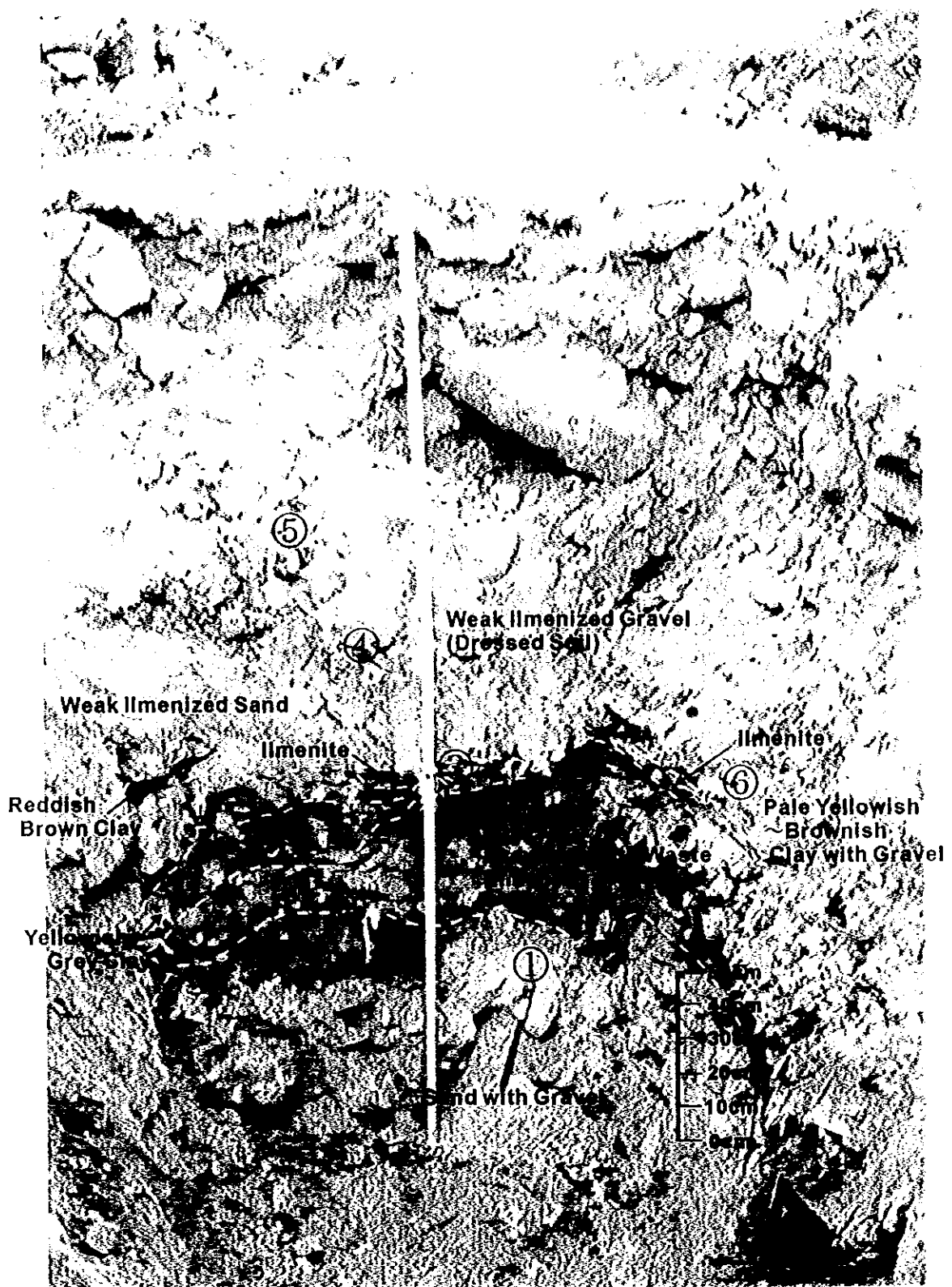
No.	Flution Result		
	Code	As (mg/l)	Code
①	T-1-1	0.4	T-1-7
②	T-1-2	0.2	T-1-8
③	T-1-3	0.6	T-1-9
④	T-1-4	1.0	T-1-10
⑤	T-1-5	1.6	T-1-11
⑥	T-1-6	3.8	T-1-12

Fig 3.12 Cross Section of Trench T-1 Site



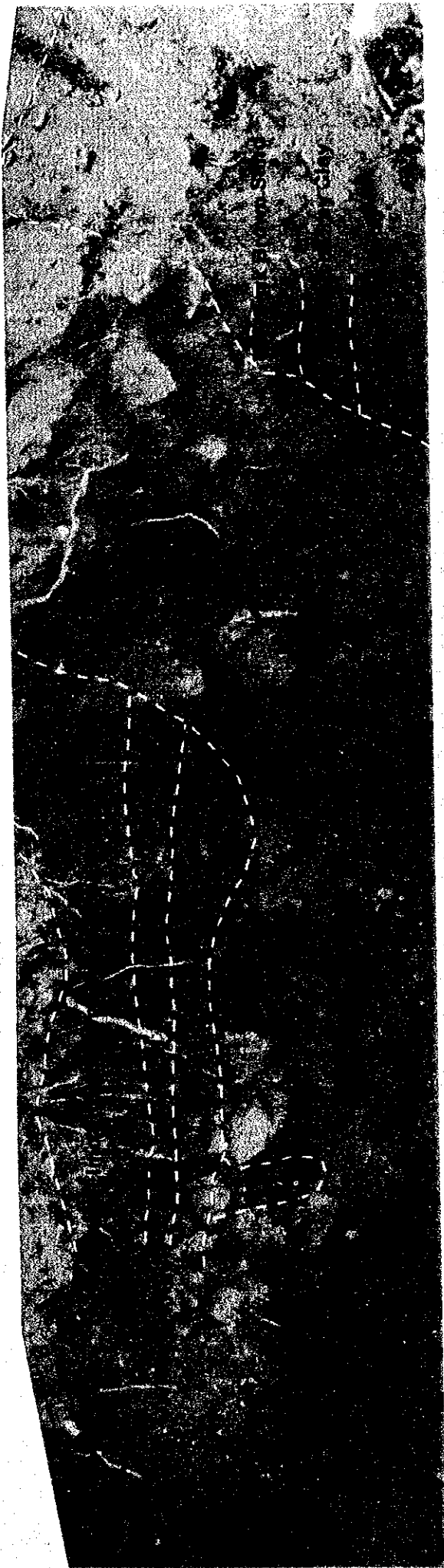
Elution Result		
No.	Code	As (mg/l)
①	T-2-1	0.2
②	T-2-2	110
③	T-2-3	1.0
④	T-2-4	0.9
⑤	T-2-5	0.1
⑥	T-2-6	0.3

Fig 3.13 Cross Section of Trench T-2 Site



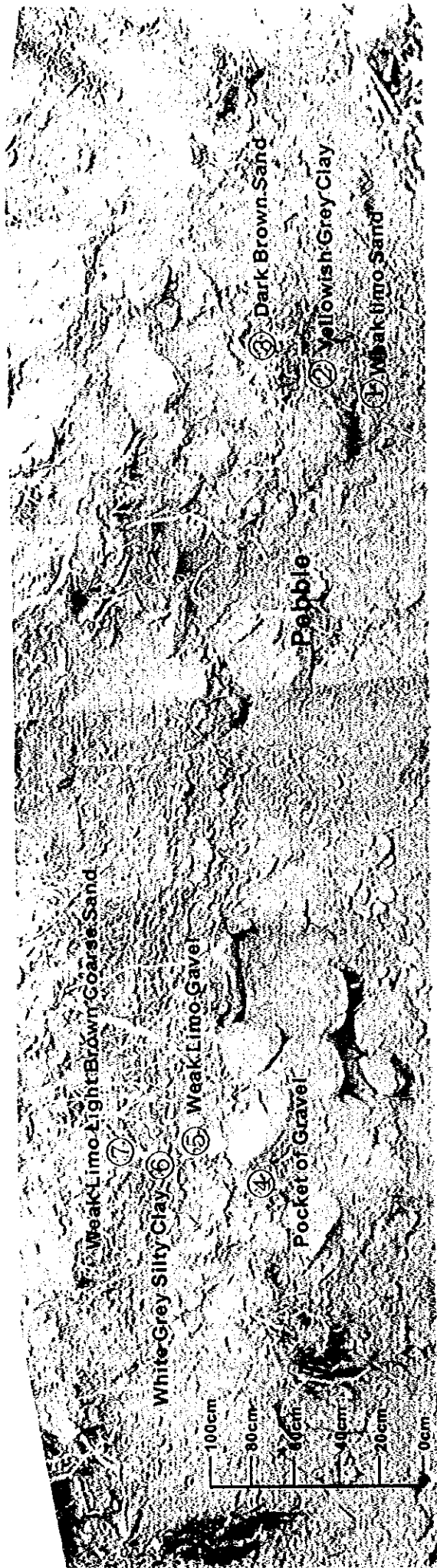
Elution Result		
No.	Code	As (mg/l)
①	T-2-1	0.2
②	T-2-2	110
③	T-2-3	1.0
④	T-2-4	0.9
⑤	T-2-5	0.1
⑥	T-2-6	0.3

Fig 3.13 Cross Section of Trench T-2 Site



Elution Result		
No.	Code	As (mg/l)
①	T-3-1	0.2
②	T-3-2	0.2
③	T-3-3	0.6
④	T-3-4	0.4
⑤	T-3-5	0.4
⑥	T-3-6	nd
⑦	T-3-7	0.5

Fig 3.14 Cross Section of Trench T-3 Site



Elution Result		
No.	Code	As (mg/l)
(1)	T-3-1	0.2
(2)	T-3-2	0.2
(3)	T-3-3	0.6
(4)	T-3-4	0.4
(5)	T-3-5	0.4
(6)	T-3-6	nd
(7)	T-3-7	0.5

Fig 3.14 Cross Section of Trench T-3 Site



Elution Result		
No.	Code	As (mg/l)
①	T-4-1	0.4
②	T-4-2	0.5
③	T-4-3	0.1

Fig 3.15 Cross Section of Trench T-4 Site



Elution Result	
No.	Code
(1)	T-4-1
(2)	T-4-2
(3)	T-4-3

Fig 3.15 Cross Section of Trench T-4 Site

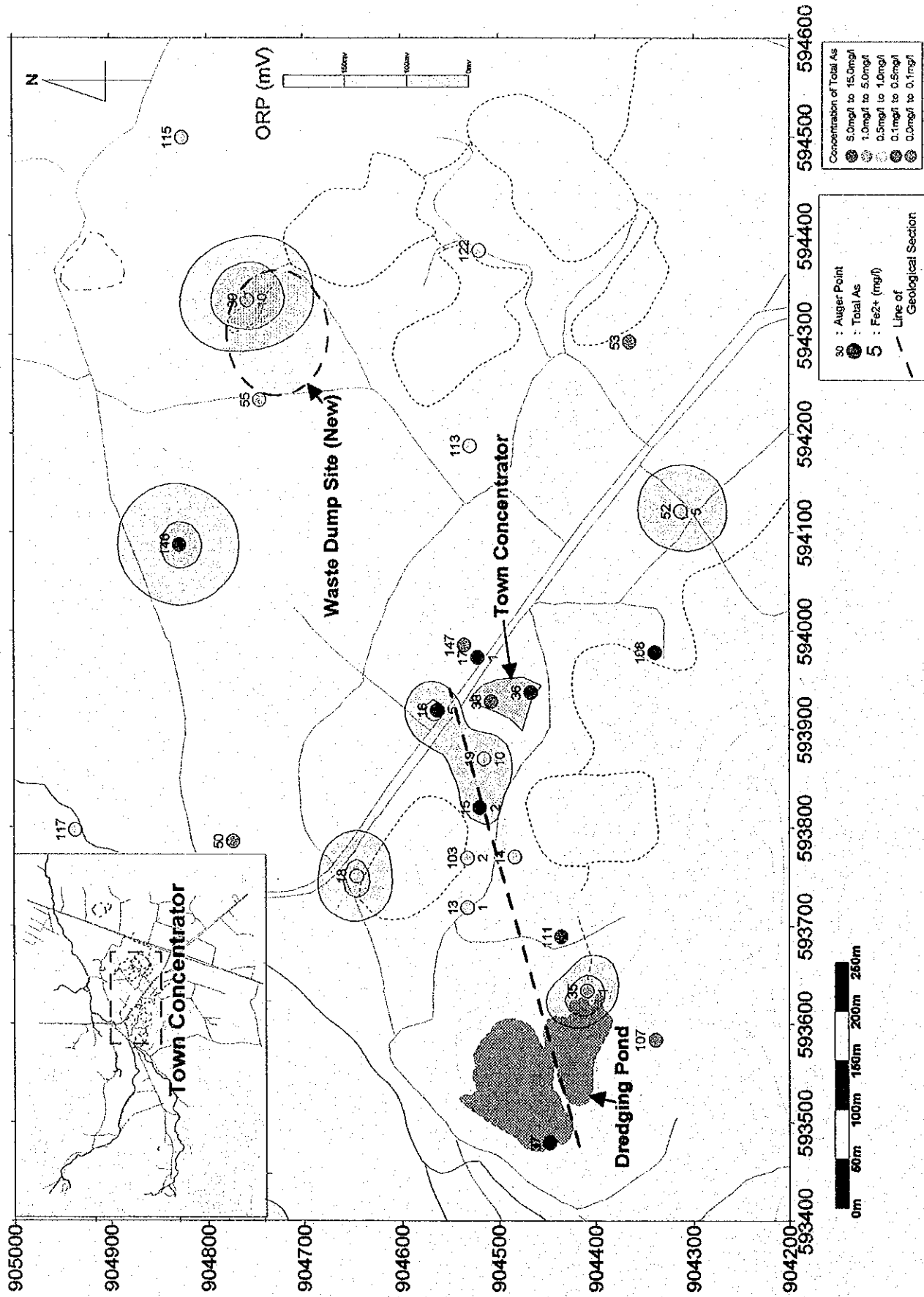


Fig 3.16 Survey Map around the Town Concentrator

の範囲であり、特に汚染源と認められるような高濃度地点が検出されなかった。水中ヒ素濃度は地区の西端部ドレヅ池の流出口近傍の地点 35 で 1.7mg/l と最も高い。その他は全般的に濃度の濃淡がなく、小規模な汚染源が複数あるようには見えない。Fig 3.17 に町中のオーガー試料の水中ヒ素濃度と土壌溶出ヒ素濃度の相関図を示す。土壌溶出濃度については同一孔の試料に複数測定値がある場合はその中の最大濃度値を用いた。一部の試料（選鉱場内の試料、ドレヅ池近傍の試料）を除くと殆どの試料の水中ヒ素濃度は 0.5mg/l 前後に集中しており、土壌溶出のヒ素濃度とあまり関連していない。これは町中に広がるヒ素汚染が微小な個別汚染によるものではなく、単一の大きな汚染源からの寄与によるものと考えると整合的である。この観点から地区をみると、ドレヅ池が位置も、規模も重要な対象として注目された。

そこで同ドレヅ池の流出口での水中ヒ素濃度を現場測定したところ 1.1mg/l の高濃度が検出された。そこで同池の詳細調査を行った。Fig 3.18 に同池の詳細図を示す。詳細調査として池全域の深度調査、水質試料採取、現場測定、底質試料採取を行った。Fig 3.18 には深度分布および水と底質試料採取位置とヒ素濃度を示す。その結果、池の南東の最深部で 3.2mg/l のヒ素が検出された。なお池の水位は町中選鉱場周辺の地下水位よりも高く、同池から町中をとおり東側へと地下水が流れることが推定され、汚染分布と整合的である。

土壌の溶出試験では選鉱場内の試料 36 で濃度 1.6mg/l が得られた。このことから選鉱場内には焙焼による精錬廃棄物が地中に廃棄されたと推定される。雨水による溶出が考えられるが、同地点周辺は大部分が選鉱場建屋の屋根によって覆われている為、雨水の浸透がかなり少ないと思われる。前述の Fig 3.17 では同地点の溶出濃度が他地点に比べてかなり高いにも関わらず、水中の濃度が他地点とほぼ同じであるのは、雨水浸透が少ない為と考えられる。選鉱場内の他の地点 38 ではオーガー水、溶出ともに低い濃度であるが、これは同地点が選鉱場内の端に位置していた為と思われる。

廃棄物処分場（新）のオーガー調査（地点 39）では水中のヒ素濃度 2.8mg/l が検出された。反対に土壌溶出試験によるヒ素は最高でも 0.14mg/l である。酸化還元電位は還元状況を示している。

3.3.2.3 オーガー地点 32C 周辺

Fig 3.19 に本地区の拡大図を示す。図中には合わせて地点の水中ヒ素濃度（地点の色で分類）、溶存鉄鉄(II)イオン濃度（地点の下に赤字で表示）および酸化還元電位（コンター図で還元性の地域を表示）を示した。また後述のモデル作成時の断面線も示した。またトレンチ調査の位置は部分拡大図で示した。第一次現地調査で高濃度ヒ素が検出された 32C 地点を中心にオーガー掘削地点を配点し、更にその結果から得られたヒ素の高濃度域でトレンチを掘削した。

ヒ素濃度の 1mg/l を超える高濃度域と酸化還元電位の低い地帯が極めて良く一致している。また中心域から離れるにつれヒ素濃度が低下しており、本調査で把握された高濃度域

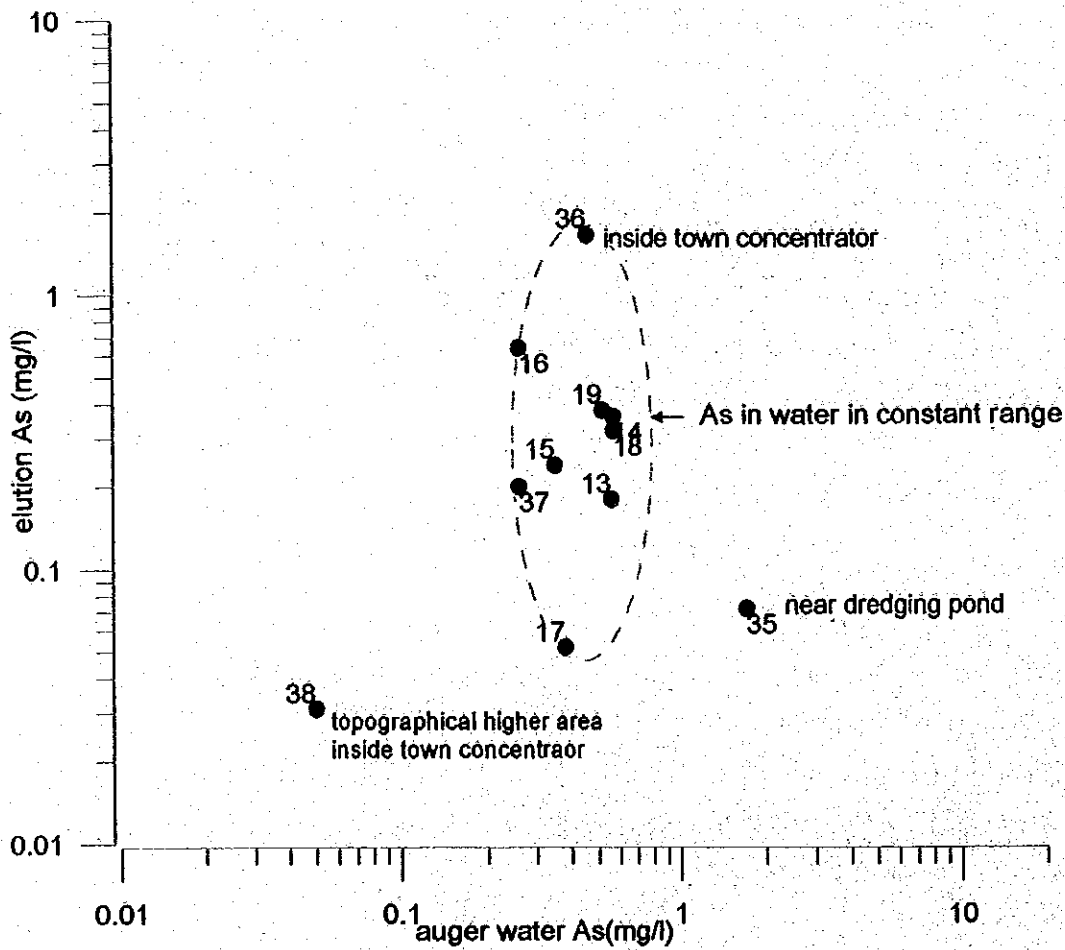
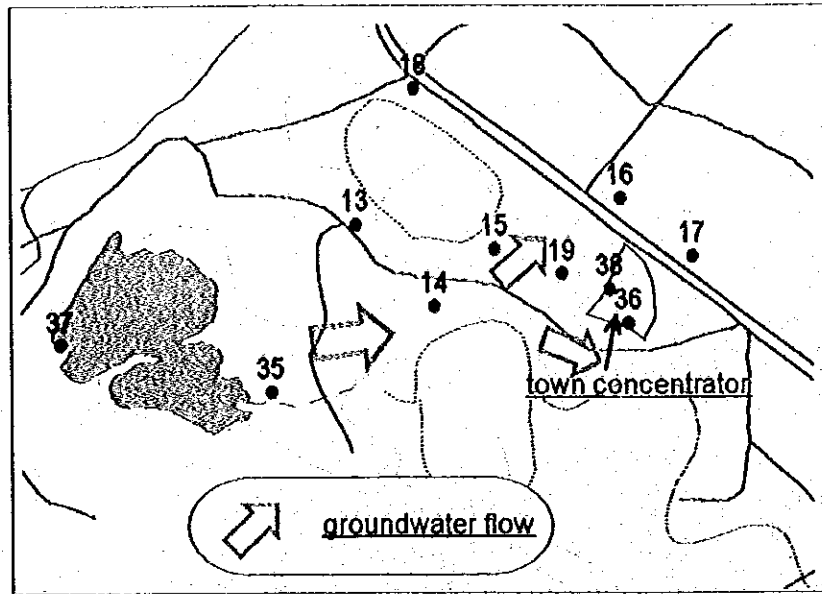


Fig 3.17 Comparison of Arsenic in Soil Elution and Auger Water

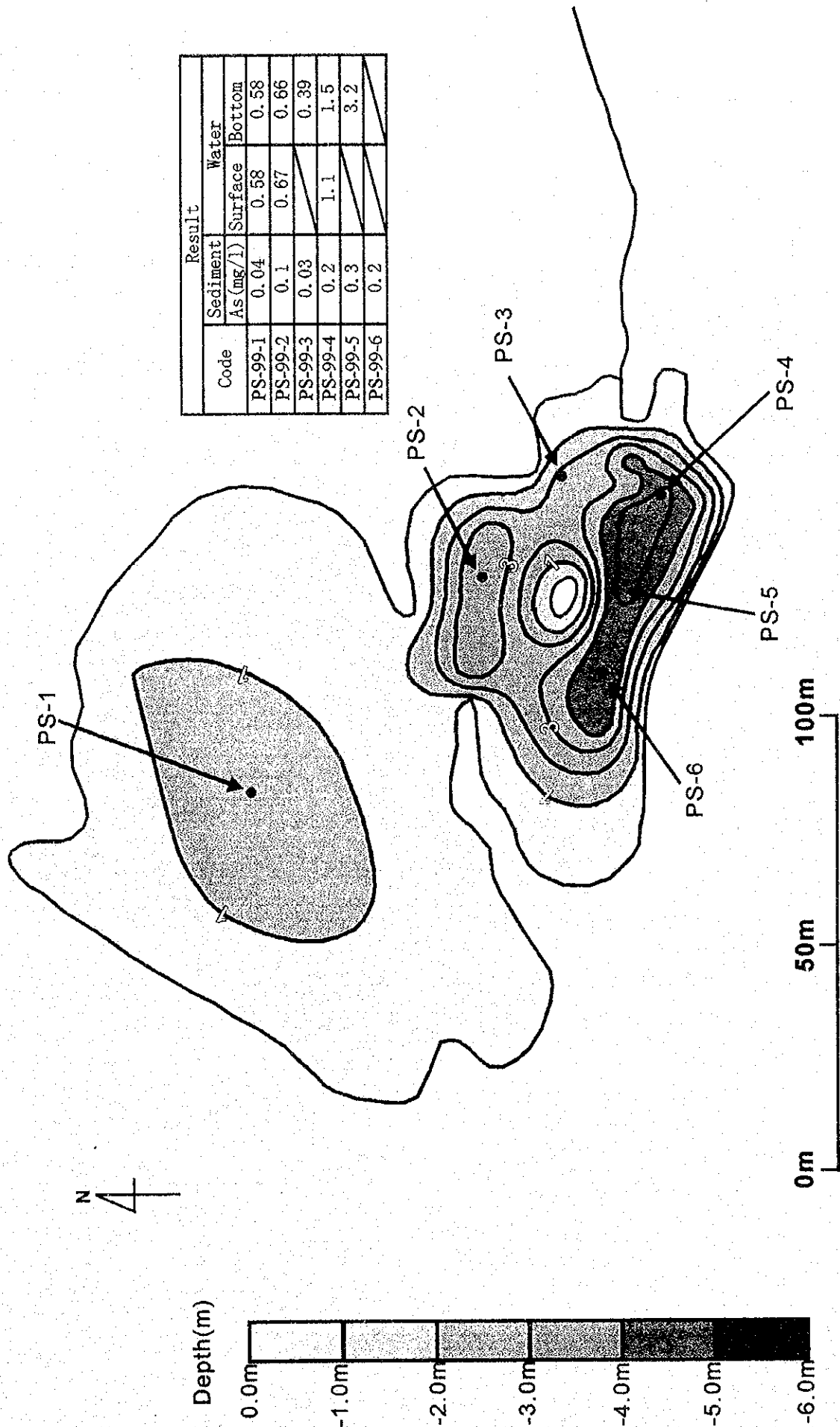


Fig 3.18 Survey Map of the Dredging Pond

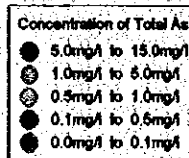
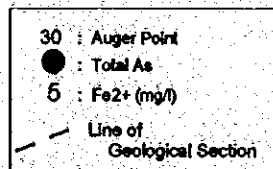
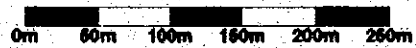
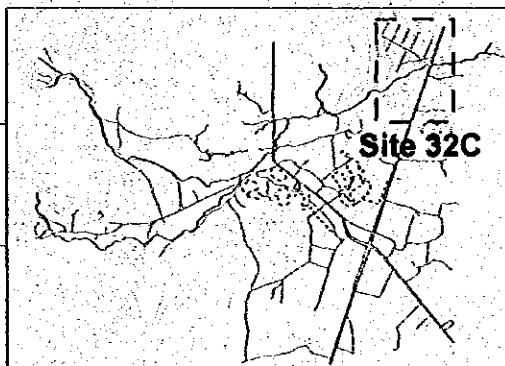
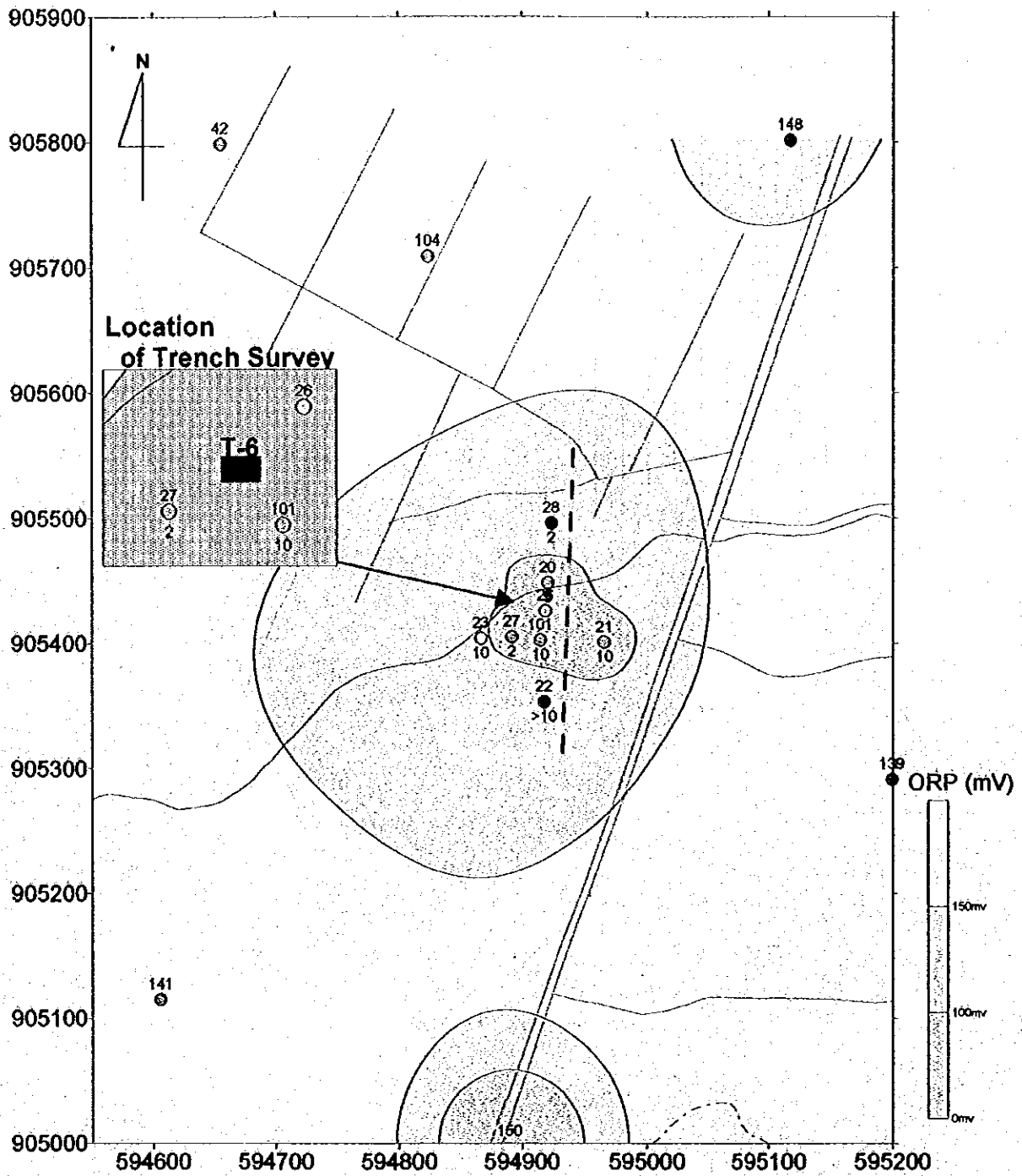


Fig 3.19 Survey Map around the site 32C

が汚染源であることが確認できた。

Fig 3.20 にトレンチ調査の断面写真を示す。表層 1m 程度が白色の粘土を含む層によって覆われている。客土されたものと思われる。なお表層の客土には膨潤性粘土が含まれており水分を含むことによって極めて粘性が高くなる。上述の酸化還元電位の低さはこれによって説明できる。ただし土壤の溶出試験ではあまり高いヒ素は検出されなかった。客土された下層には酸化鉄を含む赤色土が認められた。これは北西に続く射的場一帯に分布するラテライト質土壤と同じものである。

3.3.2.4 オーガー地点 32L 周辺

Fig 3.21 に本地域の拡大図を示す。本地域の中央部には約 2 m の高さで盛り土されたと思われる部分が幅 20~30m、長さ 150m にわたってある。

オーガー水のヒ素高濃度域はこの客土された部分を中心に分布している。最高濃度は 10mg/l を超える地点が認められた。また土壤溶出試験でもこれに対応する高濃度地点が認められた。溶存鉄(II)イオン濃度が高く且つ酸化還元電位の低い地点も分布するが、ヒ素の高濃度地点とは必ずしも一致しない。

盛り土された土壤は極めて礫が多く、外部から持ち込まれたものと思われる。外部から持ち込まれた客土中に汚染源が含まれていたものと考えられる。

3.3.2.5 その他

町中選鉱場周辺のドレヅジ池がヒ素汚染源として確認されたことから、地域の他のドレヅジ池についても、その水中ヒ素濃度を測定した。試料採取位置を Fig 3.22 に示す。また比較の為に、調査地域外であるが北部の Ban Thung Kha と南部 Nongphet のドレヅジ池についても試料採取した。試料採取位置は各池ともに出来るだけ流出口近辺の水（表面から 1~2 m 深さ）を採取した。下記に結果を示す。

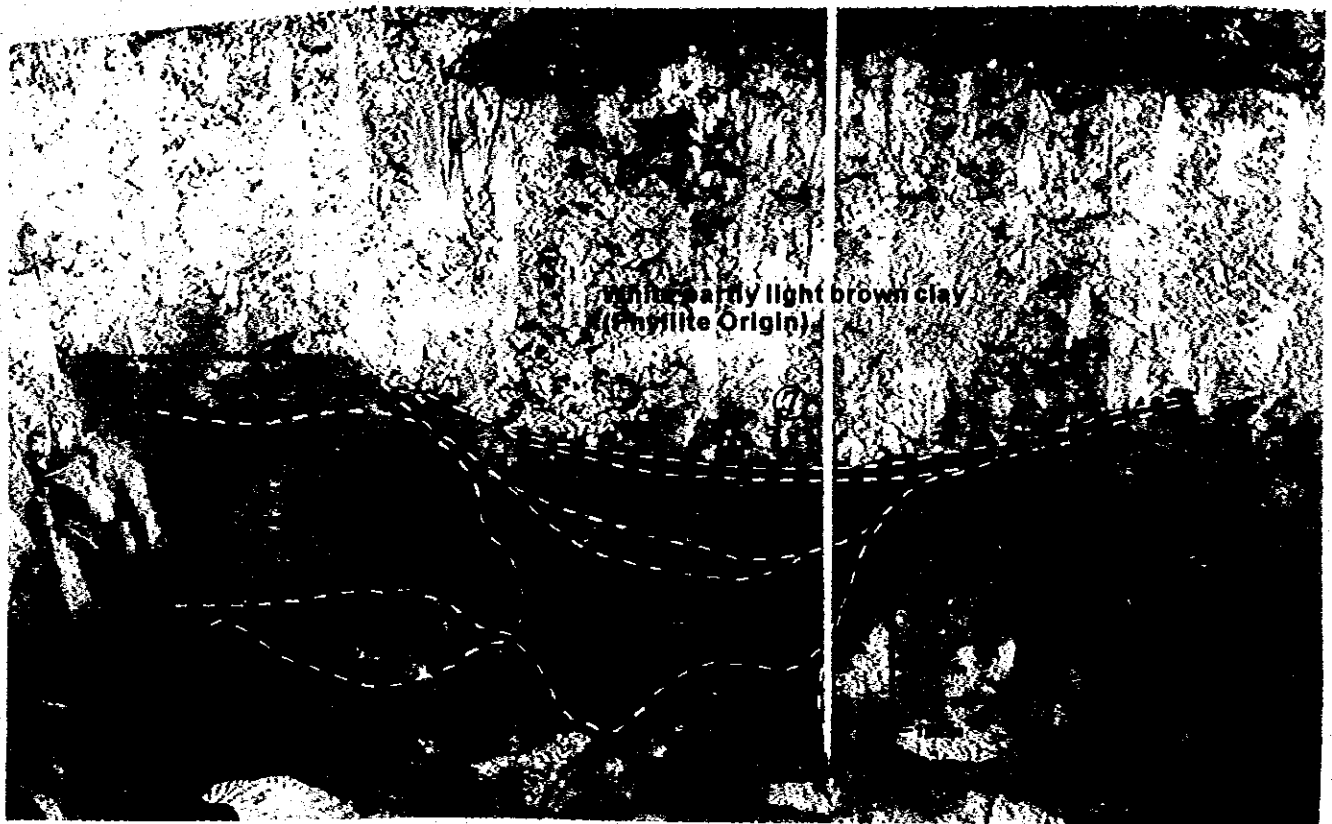
Table 3.3 Arsenic in Dredging Ponds

POND	1	2	3	4	5	6	7
As (mg/l)	1.1	0.37	0.29	0.14	0.041	0.081	0.055

ドレヅジ池 2 はドレヅジ池 1 の下流でドレヅジ池 1 の高濃度ヒ素水が直接流入しているため、やや高い濃度 (0.37mg/l) であるが、別個に汚染源であるとは考えられない。またドレヅジ池 3 は同じく汚染源として確認された廃棄物処分場 (新) の近傍で、且つ町中の汚染地下水の下流域にあたる為、0.29mg/l を示すが別個に汚染源であるとは思われない。他の池は比較的低濃度で地域のヒ素汚染源としては考えられない。

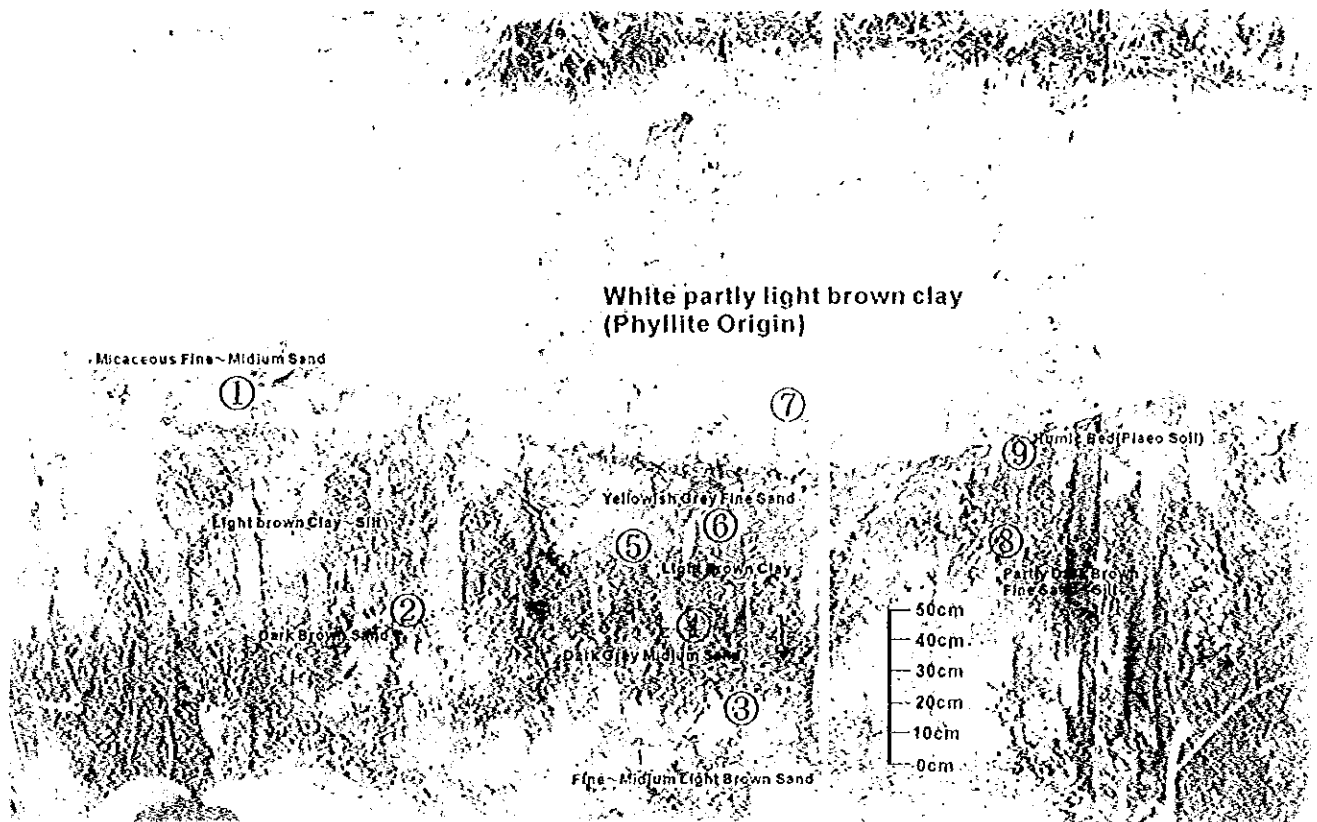
また調査地域南端の国道沿いにオーガー水濃度で 1mg/l 以上の高濃度帯が認められた。同地域での調査結果を Fig 3.23 にまとめる。上流部に養豚場と湿地帯があり、その近辺

を起源としてヒ素濃度が高くなっている。



Elution Result					
No.	Code	As (mg/l)	No.	Code	As (mg/l)
①	T-6-1	3.3	⑥	T-6-6	0.1
②	T-6-2	0.4	⑦	T-6-7	0.0
③	T-6-3	0.7	⑧	T-6-8	0.2
④	T-6-4	0.2	⑨	T-6-9	0.3
⑤	T-6-5	0.1	-	-	-

Fig 3.20 Cross Section of Trench T-6 Site



Elution Result					
No.	Code	As (mg/l)	No.	Code	As (mg/l)
①	F-6-1	3.3	⑥	F-6-6	0.1
②	F-6-2	0.1	⑦	F-6-7	0.0
③	F-6-3	0.7	⑧	F-6-8	0.2
④	F-6-4	0.2	⑨	F-6-9	0.3
⑤	F-6-5	0.1	--	--	--

Fig 3.20 Cross Section of Trench T-6 Site

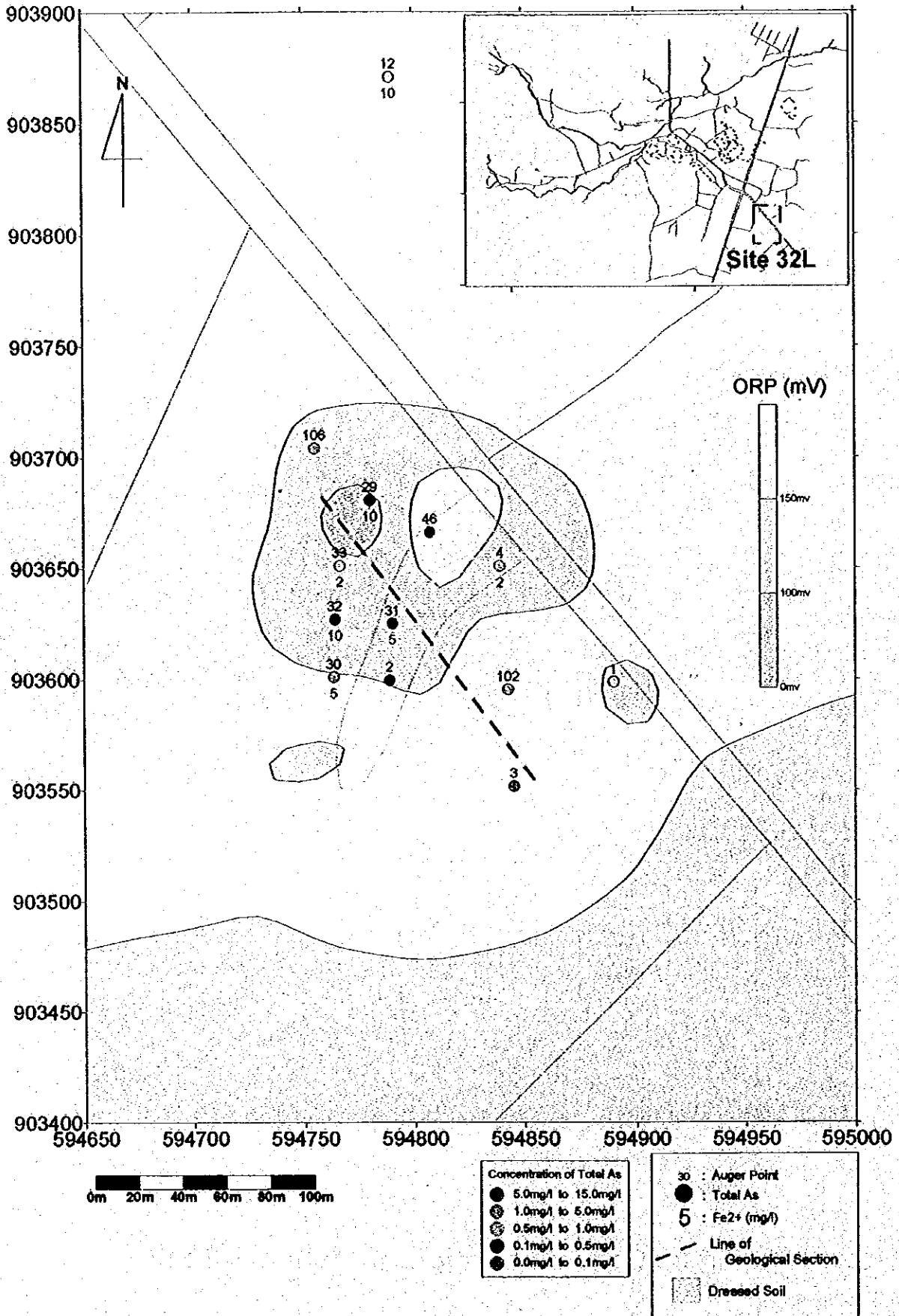


Fig 3.21 Survey Map around the Site 32L

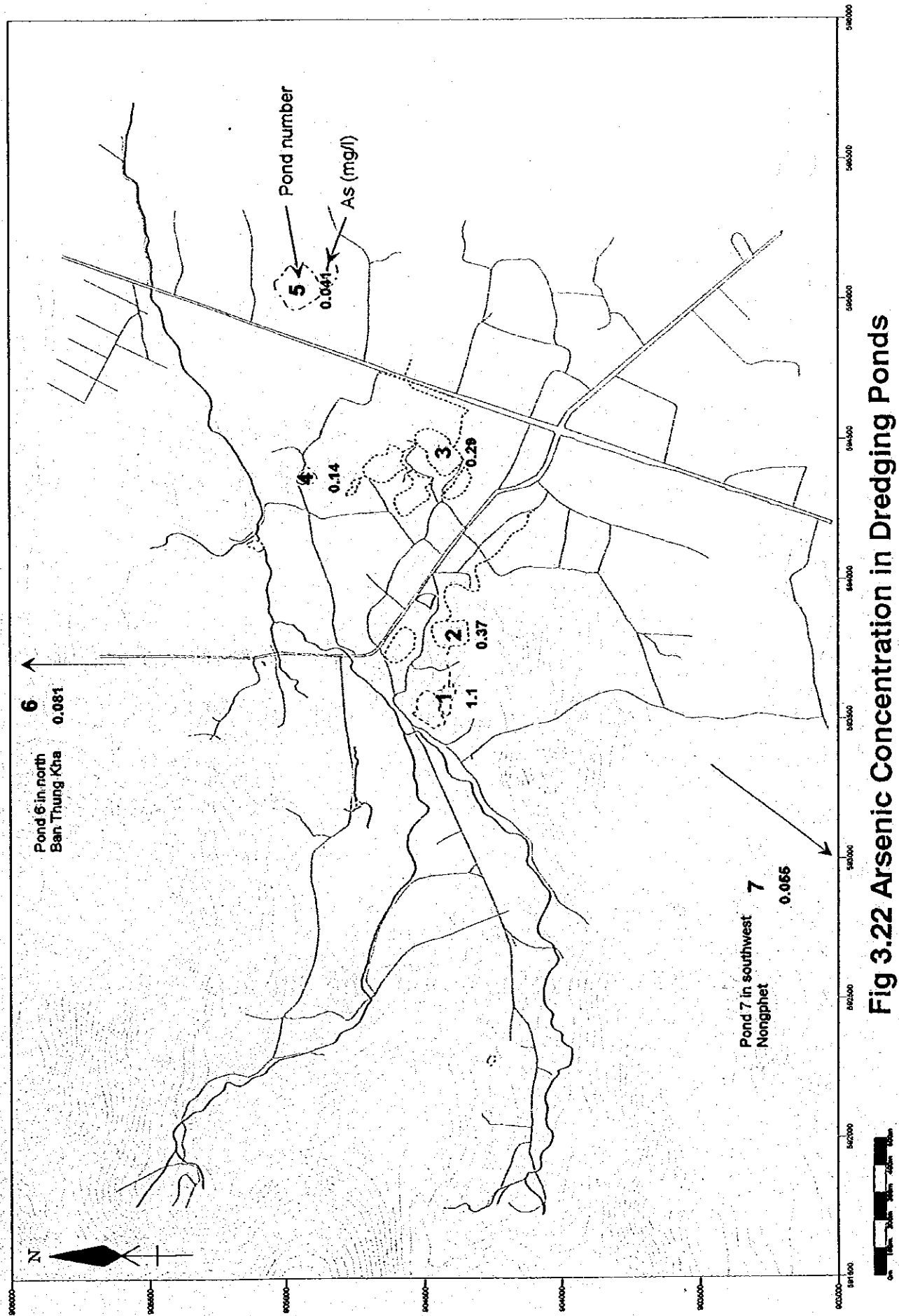


Fig 3.22 Arsenic Concentration in Dredging Ponds

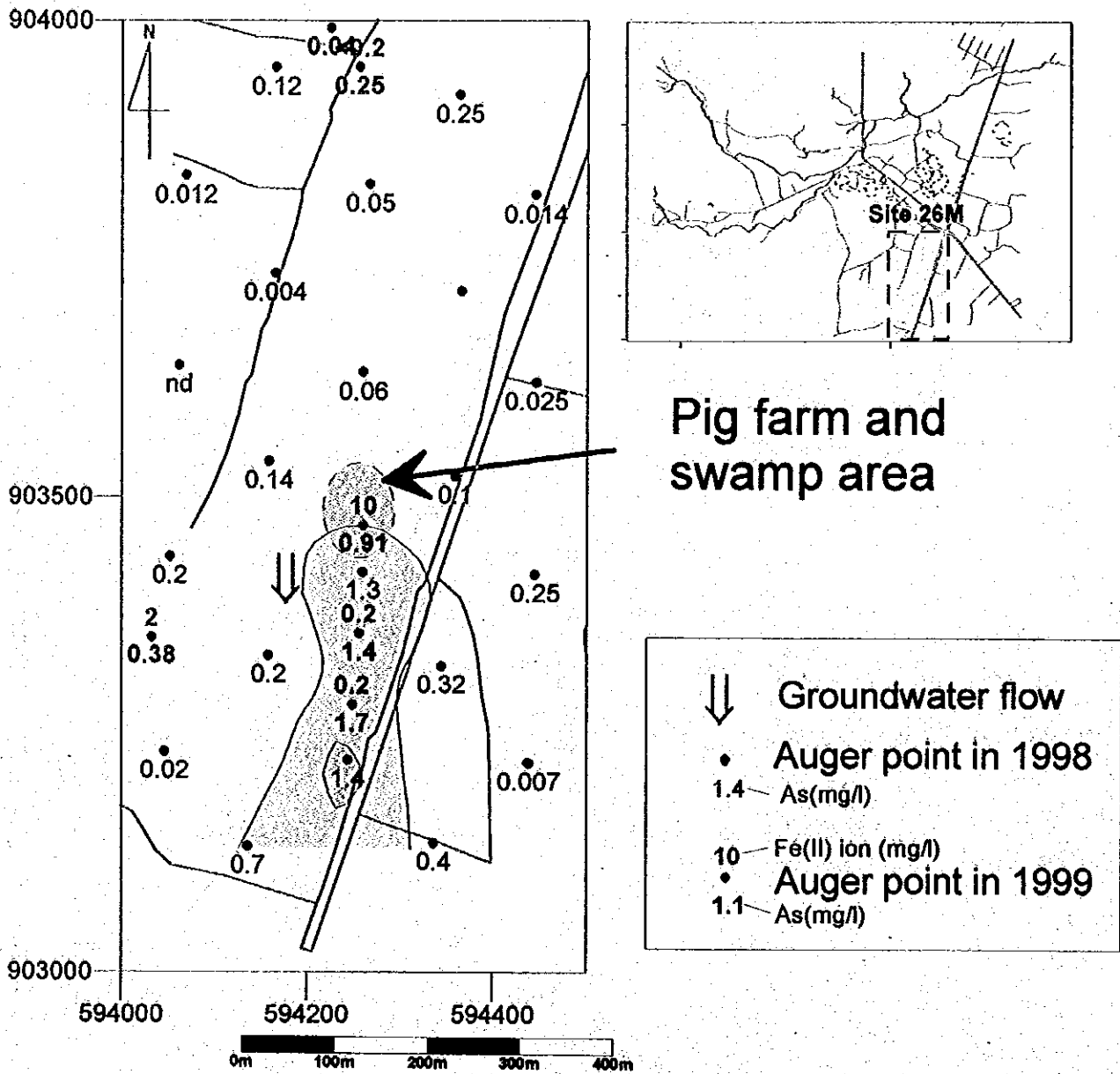


Fig 3.23 Survey Map around the Site 26M