

びハルツバージャイトにくらべ非常に高く、約 12 ~ 56 % (平均 38 %) を示す。一方、ダナイトとハルツバージャイトの Cr 含有量を較べると、ハルツバージャイトの平均含有量(3,665ppm)はダナイト(平均 1,659ppm)の倍以上であり、明らかに異なる。これは、かんらん石中よりも斜方輝石中により多くの Cr が固定されるため、ダナイトとハルツバージャイトの斜方輝石含有量の違いと調和的である。

IM013 及び IM014 地点からのダナイトは、ハルツバージャイトとほぼ同量の Cr を含有し、他のダナイトにくらべ高い Cr 含有量を示し、特異的なダナイトである。この原因としては、ダナイト中のクロムスピネルの量比が高いか、あるいは斜方輝石の含有量が高い場合の 2 つの可能性が考えられる。いずれにしても、これらのダナイトは特異なダナイトであり(スピネルに富むダナイトもしくは斜方輝石に富むダナイト)であり、クロム鉱床探査上で重要な指標となる可能性がある。IM013 と IM014 は、本地区中で最も多くの塊状クロミタイトが分布する Lugu i Batres と Ahu i Vetem から採取された。

Al, Ca, Mn 及び V 含有量についても Cr と同様な挙動が認められる。これは、かんらん石中よりも斜方輝石中にこれらの元素がより多く固定されるためである。Ni 含有量については斜方輝石よりもかんらん石により多くの Ni が固定されるため、他の元素とは逆の傾向が認められる。すなわち、ハルツバージャイトでは Ni の平均含有量が 1,893ppm であるのに対し、ダナイトでの平均含有量は 2,173ppm で、比較的明瞭に両者の組成範囲が区別できる。

Co, Fe 及び Zn については、ダナイトとハルツバージャイトの間での違いが認められないか非常に弱い。これは、これらの元素の固定度がかんらん石と斜方輝石でほとんど差がないためであると解釈される。

(3) クロムスピネルの EPMA 分析

EPMA 試験の目的は、規模の大きなクロム鉱床を胚胎する可能性のある母岩(ハルツバージャイト及びダナイト)をクロムスピネルの化学組成から探したることである。以下に示す 4 項目が、規模の大きなクロム鉱床を胚胎する可能性を示す EPMA 異常として重要である (MITI: 1994, 1995, Matsumoto et al., 1995 及び Matsumoto, 1996)。

1. ハルツバージャイト中のクロムスピネルの Cr# が比較的低い (0.4 ~ 0.6 程度),
2. ハルツバージャイト中のクロムスピネルの TiO₂ wt% が高い,
3. ダナイト及びハルツバージャイト中のクロムスピネルの Fe³⁺# (Fe³⁺/(Cr+Al+Fe³⁺) atomic ratio) が高い,
4. ダナイト及びハルツバージャイト中のスピネルが高 Cr#かつ低 V₂O₅を示す。

これらの基準は、最近考えられているポディホーム型クロミタイトの生成モデル(例えば、Arai: 1992, Arai and Yurimoto: 1994, 1995, Matsumoto et al.: 1995, Matsumoto: 1996)を基本としている。このモデルは、ハルツバージャイトと初生メルトが相互反応して二次的メルトが生じ、この二次的メルトがさらに初生メルトと混合することによってクロミタイトが晶出・濃集するというものである。このモデルは Irvine (1975) による層状型クロミタイトの生成モデルが、

基本的にはポディフォーム型クロミタイトにも適用できることを示している。

上述の 1 の基準は、世界の比較的規模の大きいポディフォーム型クロミタイトでは、ハルツバージャイト中のクロムスピネルの Cr# が比較的低い値を示すという事実に基づいている。また、2～4 の基準は、岩石とメルトの相互反応で二次メルトが多く生じたことを示している。

EPMA 分析の測定条件は次のとおりである。

- ・測定装置：日本電子社製 JAX-733 型（波長分散型）
- ・加速電圧：15KV
- ・X線取出角度：40°
- ・照射電流：12nA (12×10⁻⁹A)
- ・ビーム径：1 μm
- ・測定元素：Cr, Al, Fe, Mg, Ti, Mn, V
- ・スタンダード：Chromite (Acoje 鉱山), Mn₂SiO₄ (Mn-Olivine), V₂O₅, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, TiO₂

測定に用いた鉱物は、クロミタイトと、その母岩のダナイト及びハルツバージャイト中に含まれるクロムスピネルである。クロムスピネルは、結晶縁や亀裂沿いにフェリットクロマイトに変わっていることがあるため、スピネル粒子の中で未変質なコア部分を選んで測定した。測定に供した岩石試料は、17 地点から採取された 44 試料で、試料の内訳は、クロミタイト 12 試料、ダナイト 14 試料、ハルツバージャイト 16 試料及び斜方輝岩 2 試料である。

測定結果を Table 2-1-4 に示す。また、Cr-Al-Fe³⁺ の関係を Figure 2-1-8 に、Cr#-TiO₂ の関係を Fig. 2-1-9 及び Fig. 2-1-10 に、Mg#-Cr# の関係を Fig. 2-1-11 及び Fig. 2-1-12 に、Cr#-Fe³⁺# の関係を Fig. 2-1-13 及び Fig. 2-1-14 に、Cr#-V₂O₅ の関係を Fig. 2-1-15 及び Fig. 2-1-16 にそれぞれ示した。

これらの図を作成した目的は、ダナイト・ハルツバージャイト及びクロミタイト中に平衡下で晶出したクロムスピネルの組成から上記 1～4 の特性を読みとること、及び、Massive dunite-harzburgite suite と Dunite-harzburgite suite with remarkable layering で組成の違いがないかを読みとることにある。このために、試料採取地点ごとに各組成のバリエーション図、組成の対比図を作成し、各地点のクロム鉱化作用のポテンシャルについて検討した。

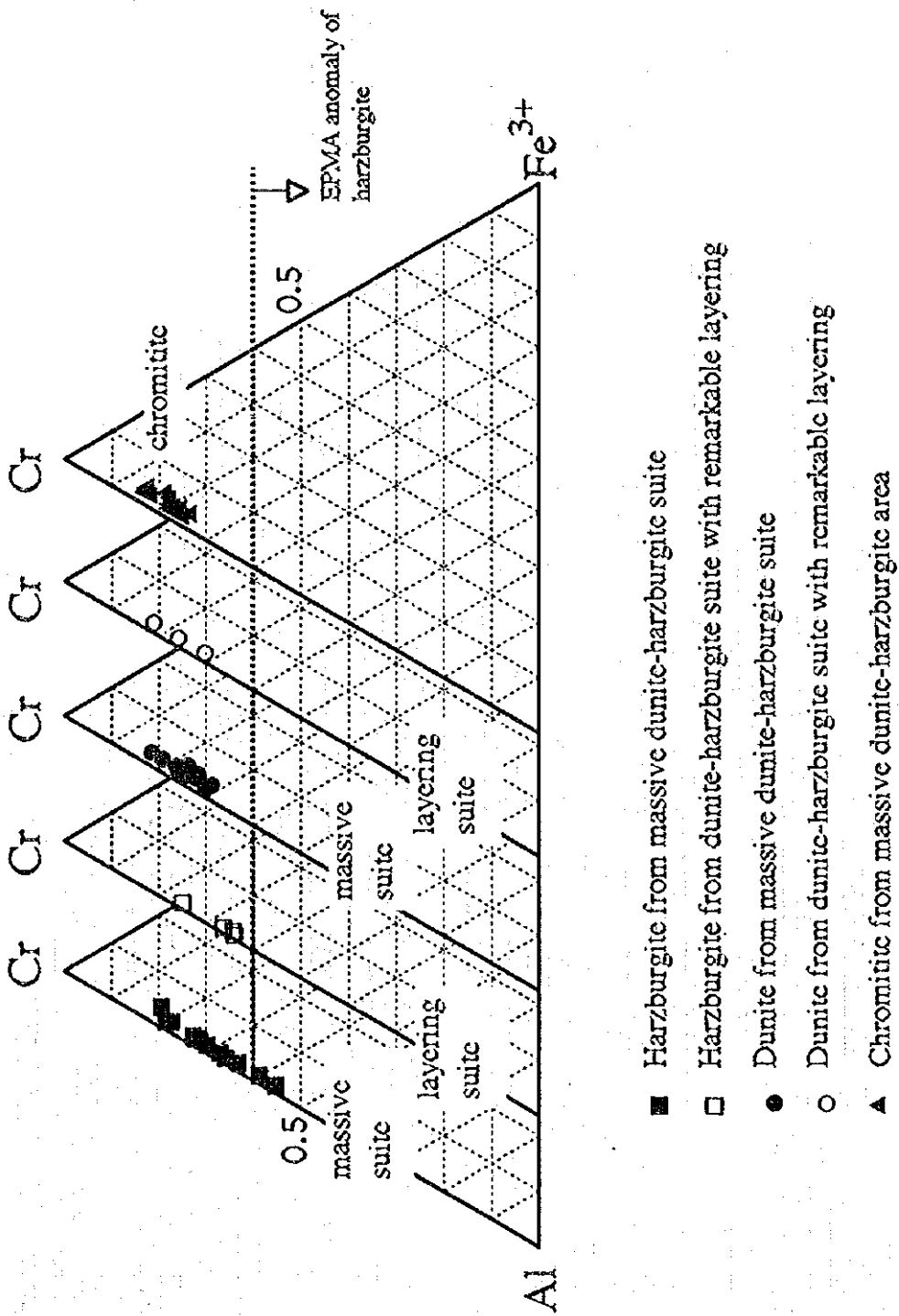
a) Cr# ; Cr/(Cr+Al) atomic ratio

スピネルの Cr# は、0.55～0.85 の範囲にあり、ハルツバージャイト、ダナイト及びクロミタイトでは Fig. 2-1-9 に示すような違いが認められる。すなわち、クロミタイトの Cr# は、他に比べて比較的高くて 0.759～0.855 の範囲にあり、平均値は 0.809 であり、これに対して、ハルツバージャイトの Cr# は、0.559～0.823 の範囲の変化に富む値を示し、平均値は 0.697 である。ダナイトの Cr# は、クロミタイトに比べてやや低い 0.707～0.833 の範囲の値を示し、平均値は 0.762 である。

世界各地の比較的大規模なクロミタイトの母岩のハルツバージャイト中のスピネルの Cr# は、

Table 2-1-4 Results of EPMA analysis

No. Sample No.	Rock type	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	FeO*	V ₂ O ₅	MnO	MgO	Total	Ti	Al	Cr	Fe	V	Mn	Mg	total	Fe ₂₊	Fe ₃₊	Cr*	Mg*	Fe ₃₊ #
1	IM002 Cr	0.12	8.96	62.36	13.67	0.09	0.21	15.02	100.42	0.003	0.337	1.573	0.365	0.002	0.006	0.714	3.000	0.283	0.082	0.824	0.718	0.0412
2	IM002 Du	0.10	12.41	57.84	16.02	0.15	0.33	11.24	99.89	0.005	0.474	1.478	0.489	0.004	0.009	0.544	3.000	0.450	0.039	0.757	0.547	0.0195
3	IM002 Hz	0.03	21.55	46.95	16.01	0.29	0.30	11.77	99.91	0.001	0.797	1.764	0.473	0.007	0.008	0.590	3.000	0.442	0.030	0.594	0.554	0.0151
4	IM003 Cr	0.07	12.18	59.31	14.32	0.13	0.25	13.61	99.87	0.002	0.459	1.499	0.383	0.003	0.007	0.648	3.000	0.346	0.036	0.766	0.652	0.0182
5	IM003 Du	0.09	14.79	54.18	17.46	0.19	0.33	11.36	98.39	0.002	0.567	1.393	0.475	0.005	0.009	0.550	3.000	0.443	0.032	0.711	0.554	0.0159
6	IM003 Hz	0.06	13.42	55.92	20.11	0.30	0.33	9.92	100.06	0.002	0.515	1.439	0.347	0.008	0.009	0.481	3.000	0.511	0.036	0.737	0.485	0.0180
7	IM005 Cr	0.07	10.75	60.41	15.32	0.13	0.26	13.25	100.19	0.002	0.407	1.535	0.412	0.003	0.007	0.635	3.000	0.360	0.032	0.790	0.638	0.0259
8	IM005 Du	0.08	11.54	56.42	20.61	0.17	0.36	10.37	99.53	0.002	0.447	1.464	0.366	0.005	0.010	0.507	3.000	0.485	0.081	0.766	0.511	0.0406
9	IM005 Hz	0.01	15.30	54.64	17.82	0.31	0.29	11.49	99.85	0.000	0.577	1.382	0.477	0.008	0.008	0.548	3.000	0.445	0.032	0.706	0.551	0.0162
10	IM007 Cr	0.08	7.49	64.18	15.56	0.08	0.28	12.44	100.11	0.002	0.289	1.664	0.427	0.002	0.008	0.608	3.000	0.386	0.041	0.852	0.611	0.0204
11	IM007 Du	0.11	9.46	60.08	19.38	0.13	0.33	10.87	99.35	0.005	0.369	1.571	0.509	0.004	0.009	0.536	3.000	0.458	0.051	0.810	0.540	0.0256
12	IM007 Hz	0.01	13.84	54.61	19.12	0.31	0.33	10.34	99.57	0.000	0.535	1.417	0.528	0.008	0.009	0.506	3.000	0.485	0.040	0.726	0.509	0.0198
13	IM009 Cr	0.03	8.20	63.19	14.65	0.12	0.28	13.72	99.59	0.001	0.316	1.633	0.400	0.003	0.008	0.639	3.000	0.354	0.047	0.838	0.642	0.0233
14	IM009 Du	0.06	12.41	56.28	18.22	0.22	0.30	11.32	98.81	0.002	0.478	1.456	0.498	0.006	0.008	0.532	3.000	0.441	0.057	0.753	0.555	0.0287
15	IM009 Hz	0.03	9.93	57.10	19.37	0.22	0.34	9.04	96.03	0.001	0.404	1.557	0.539	0.006	0.010	0.464	3.000	0.526	0.032	0.794	0.467	0.0162
16	IM011 Cr	0.06	10.47	60.21	15.01	0.15	0.24	12.64	98.79	0.002	0.404	1.557	0.411	0.004	0.007	0.616	3.000	0.379	0.032	0.794	0.620	0.0161
17	IM011 Du	0.07	11.11	57.87	19.10	0.13	0.34	10.39	99.02	0.002	0.433	1.512	0.528	0.004	0.010	0.512	3.000	0.480	0.048	0.778	0.515	0.0240
18	IM011 Hz	0.05	13.74	55.67	18.69	0.16	0.32	10.54	99.16	0.001	0.528	1.436	0.510	0.004	0.009	0.512	3.000	0.480	0.030	0.731	0.515	0.0150
19	IM013 Cr	0.08	12.50	58.65	14.35	0.12	0.24	14.35	100.26	0.002	0.466	1.467	0.380	0.003	0.006	0.676	3.000	0.320	0.060	0.759	0.679	0.0300
20	IM013 Du	0.09	11.30	59.61	15.15	0.16	0.26	13.58	100.15	0.002	0.426	1.508	0.405	0.004	0.007	0.647	3.000	0.348	0.059	0.780	0.651	0.0290
21	IM013 Hz	0.08	13.42	56.16	17.77	0.16	0.31	11.76	99.66	0.002	0.510	1.431	0.479	0.004	0.009	0.565	3.000	0.428	0.051	0.737	0.569	0.0255
22	IM013 Hz	0.00	16.85	52.81	17.10	0.27	0.28	11.87	99.17	0.000	0.633	1.332	0.456	0.007	0.008	0.565	3.000	0.428	0.028	0.678	0.567	0.0140
23	IM014 Cr	0.09	9.22	62.34	13.83	0.11	0.21	14.48	100.28	0.002	0.348	1.573	0.371	0.003	0.006	0.691	3.000	0.305	0.065	0.819	0.685	0.0328
24	IM014 Du	0.06	14.98	53.82	18.60	0.20	0.32	11.55	99.51	0.001	0.567	1.366	0.439	0.005	0.009	0.553	3.000	0.440	0.059	0.707	0.556	0.0298
25	IM014 Du	0.08	10.77	60.49	15.08	0.14	0.27	13.17	100.00	0.002	0.409	1.540	0.406	0.004	0.007	0.632	3.000	0.362	0.044	0.790	0.636	0.0220
26	IM014 Du	0.08	12.73	54.12	20.12	0.16	0.32	10.21	97.73	0.002	0.498	1.422	0.559	0.004	0.009	0.506	3.000	0.468	0.072	0.740	0.509	0.0359
27	IM014 Hz	0.03	18.93	50.02	19.08	0.31	0.31	11.02	99.70	0.001	0.706	1.252	0.505	0.003	0.008	0.520	3.000	0.473	0.033	0.639	0.523	0.0163
28	IM017 Cr	0.12	9.94	59.43	16.85	0.11	0.31	11.79	98.54	0.003	0.387	1.553	0.466	0.003	0.009	0.581	3.000	0.414	0.052	0.801	0.585	0.0260
29	IM017 Du	0.12	10.92	58.46	17.54	0.15	0.34	11.63	99.15	0.003	0.422	1.514	0.491	0.004	0.009	0.568	3.000	0.426	0.055	0.782	0.572	0.0274
30	IM017 Hz	0.03	10.80	57.81	19.35	0.38	0.33	9.87	98.36	0.001	0.418	1.529	0.541	0.010	0.009	0.492	3.000	0.499	0.042	0.785	0.496	0.0210
31	IM021 Hz	0.03	18.79	50.46	16.91	0.28	0.27	11.81	98.54	0.001	0.705	1.270	0.450	0.007	0.007	0.560	3.000	0.433	0.017	0.643	0.563	0.0085
32	IM022 Du	0.04	8.72	60.56	19.57	0.23	0.37	9.64	99.13	0.001	0.345	1.506	0.549	0.006	0.010	0.462	3.000	0.509	0.040	0.823	0.463	0.0203
33	IM023 Du	0.07	11.61	57.67	17.70	0.24	0.33	11.00	98.62	0.002	0.451	1.503	0.488	0.006	0.009	0.540	3.000	0.452	0.036	0.769	0.544	0.0180
34	IM023 Hz	0.03	17.49	52.44	17.88	0.30	0.31	11.38	99.84	0.001	0.654	1.316	0.475	0.008	0.008	0.539	3.000	0.454	0.021	0.668	0.542	0.0104
35	IN006 Cr	0.07	7.27	63.38	16.19	0.11	0.28	12.64	99.93	0.002	0.281	1.644	0.444	0.003	0.008	0.618	3.000	0.376	0.069	0.854	0.621	0.0344
36	IN006 Du	0.07	6.27	61.45	19.39	0.18	0.35	10.14	99.86	0.002	0.324	1.617	0.540	0.005	0.010	0.503	3.000	0.489	0.051	0.833	0.506	0.0254
37	IN006 Hz	0.06	8.58	59.24	23.09	0.32	0.36	8.33	99.99	0.002	0.339	1.574	0.649	0.009	0.010	0.417	2.989	0.575	0.074	0.823	0.421	0.0373
38	IN008 Cr	0.01	23.92	45.21	17.05	0.22	0.24	12.79	99.44	0.000	0.866	1.098	0.438	0.006	0.006	0.586	3.000	0.468	0.030	0.559	0.659	0.0150
39	IN009 Cr	0.08	7.32	64.11	14.68	0.13	0.25	13.49	100.06	0.002	0.281	1.651	0.477	0.006	0.007	0.655	3.000	0.340	0.060	0.855	0.659	0.0303
40	IN009 Du	0.08	12.11	57.40	17.44	0.21	0.31	11.41	98.95	0.001	0.467	1.484	0.477	0.006	0.008	0.556	3.000	0.440	0.040	0.761	0.560	0.0159
41	IN009 Hz	0.05	17.74	52.11	16.70	0.22	0.28	12.22	99.31	0.001	0.662	1.305	0.442	0.006	0.008	0.577	3.000	0.417	0.025	0.663	0.580	0.0128
42	IN010 Du	0.04	14.64	54.18	18.73	0.24	0.31	10.70	98.84	0.001	0.582	1.394	0.510	0.006	0.009	0.519	3.000	0.473	0.036	0.713	0.522	0.0182
43	IN010 Hz	0.05	12.18	56.28	18.24	0.24	0.32	10.21	97.51	0.001	0.479	1.486	0.509	0.007	0.009	0.508	3.000	0.484	0.025	0.756	0.512	0.0128
44	IN011 Hz	0.03	19.32	50.95	18.13	0.30	0.27	11.56	99.77	0.001	0.693	1.272	0.479	0.008	0.007	0.544	3.000	0.449	0.030	0.649	0.547	0.0149



- Harzburgite from massive dunitite-harzburgite suite
- Harzburgite from dunitite-harzburgite suite with remarkable layering
- Dunitite from massive dunitite-harzburgite suite
- Dunitite from dunitite-harzburgite suite with remarkable layering
- ▲ Chromitic from massive dunitite-harzburgite area

Figure 2-1-8 Cr-Al-Fe³⁺ proportion of chromian spinel

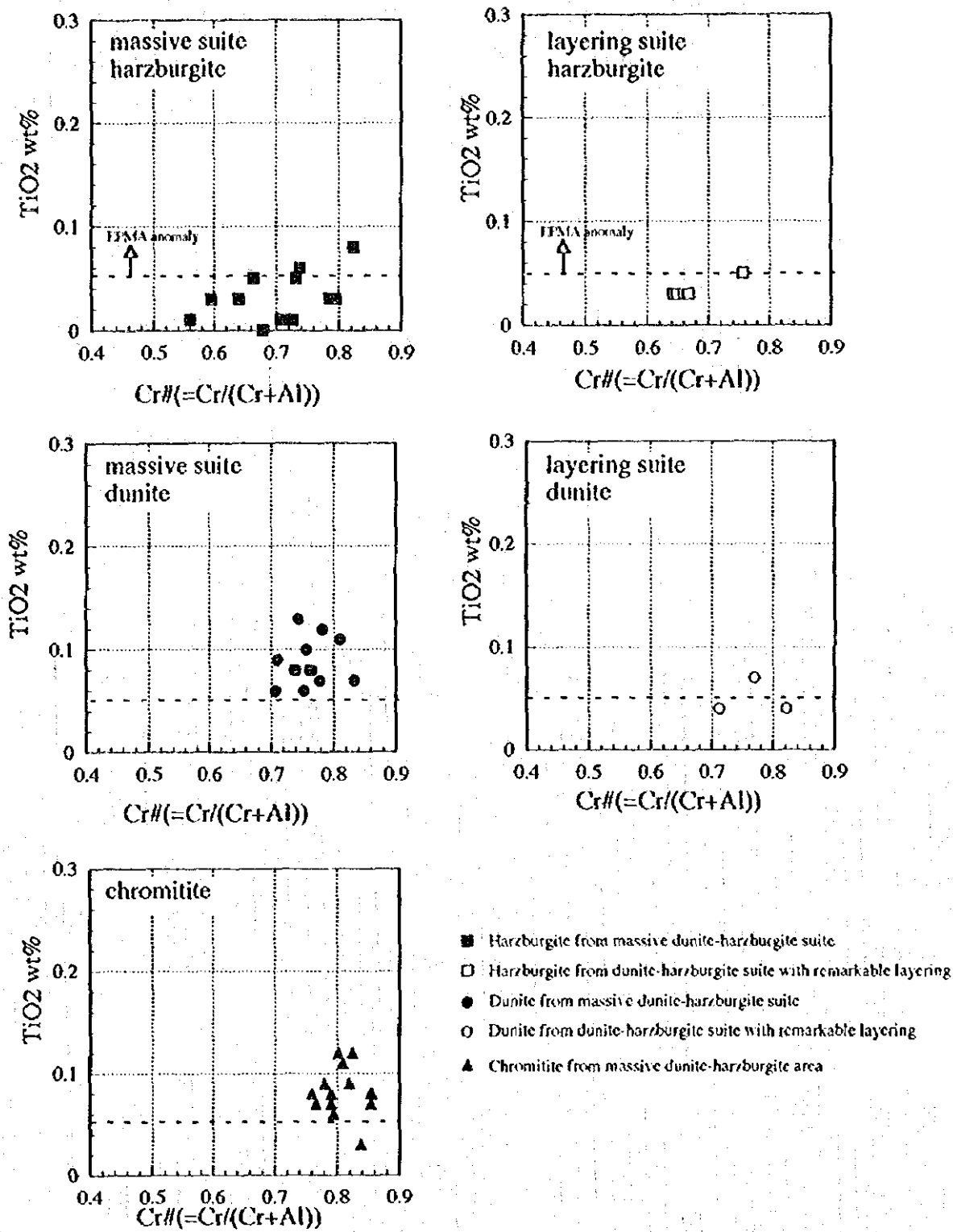


Figure 2-1-9 Relationships between Cr # and TiO2 wt% in chromian spinel

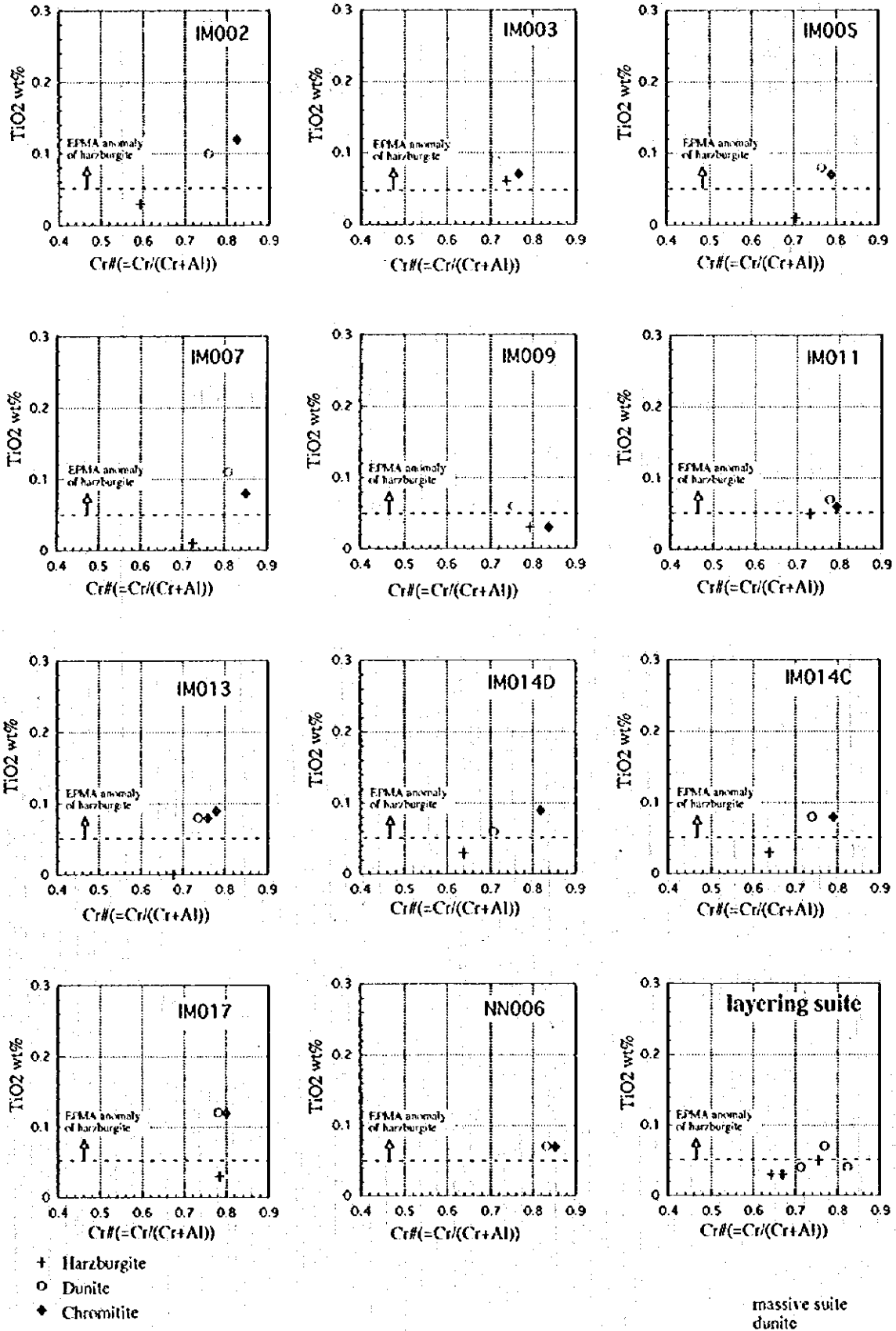


Figure 2-1-10 Relationships between Cr# and TiO2 wt% In chromian spinel in each location

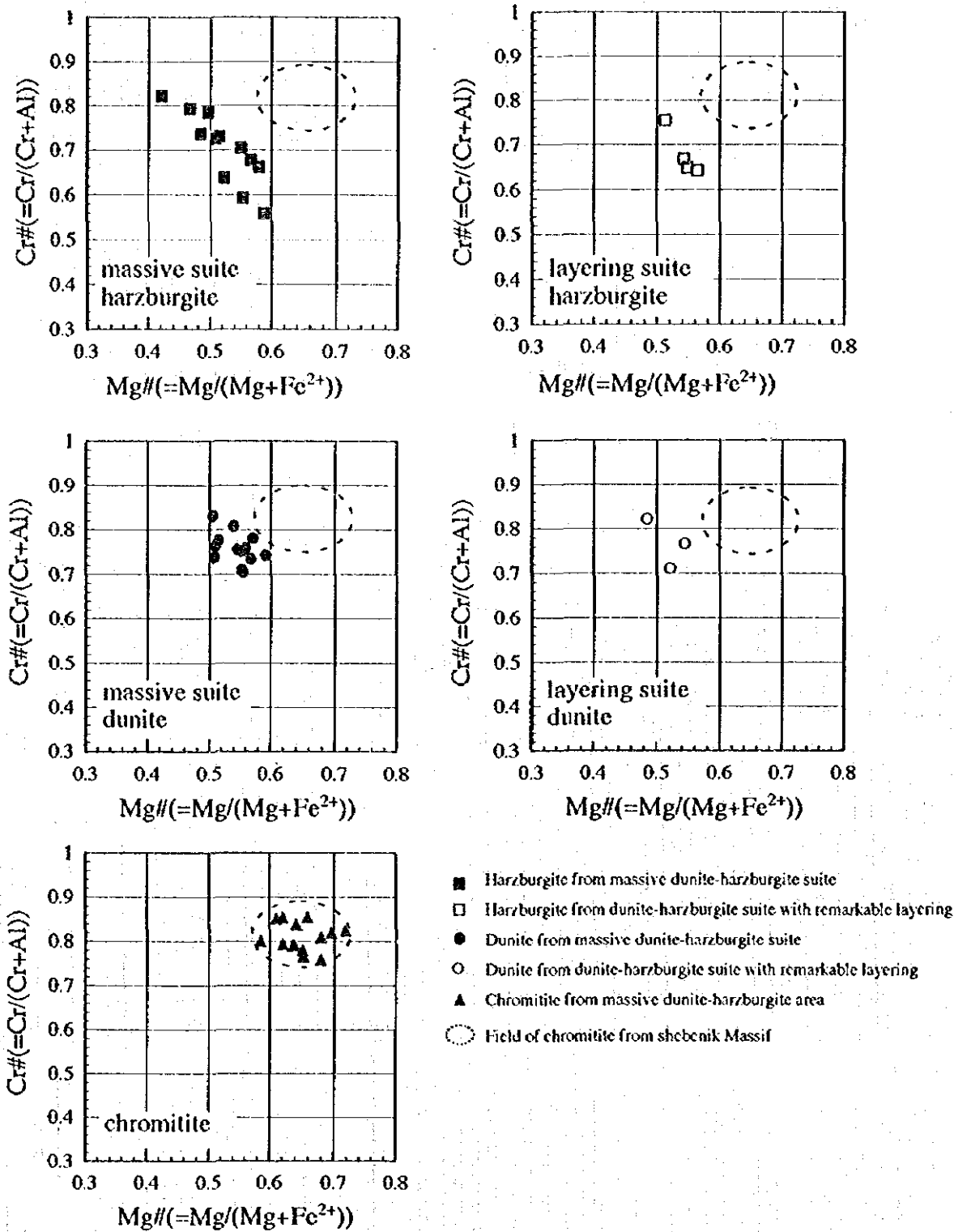


Figure 2-1-11 Relationships between Cr # and Mg # in chromian spinel

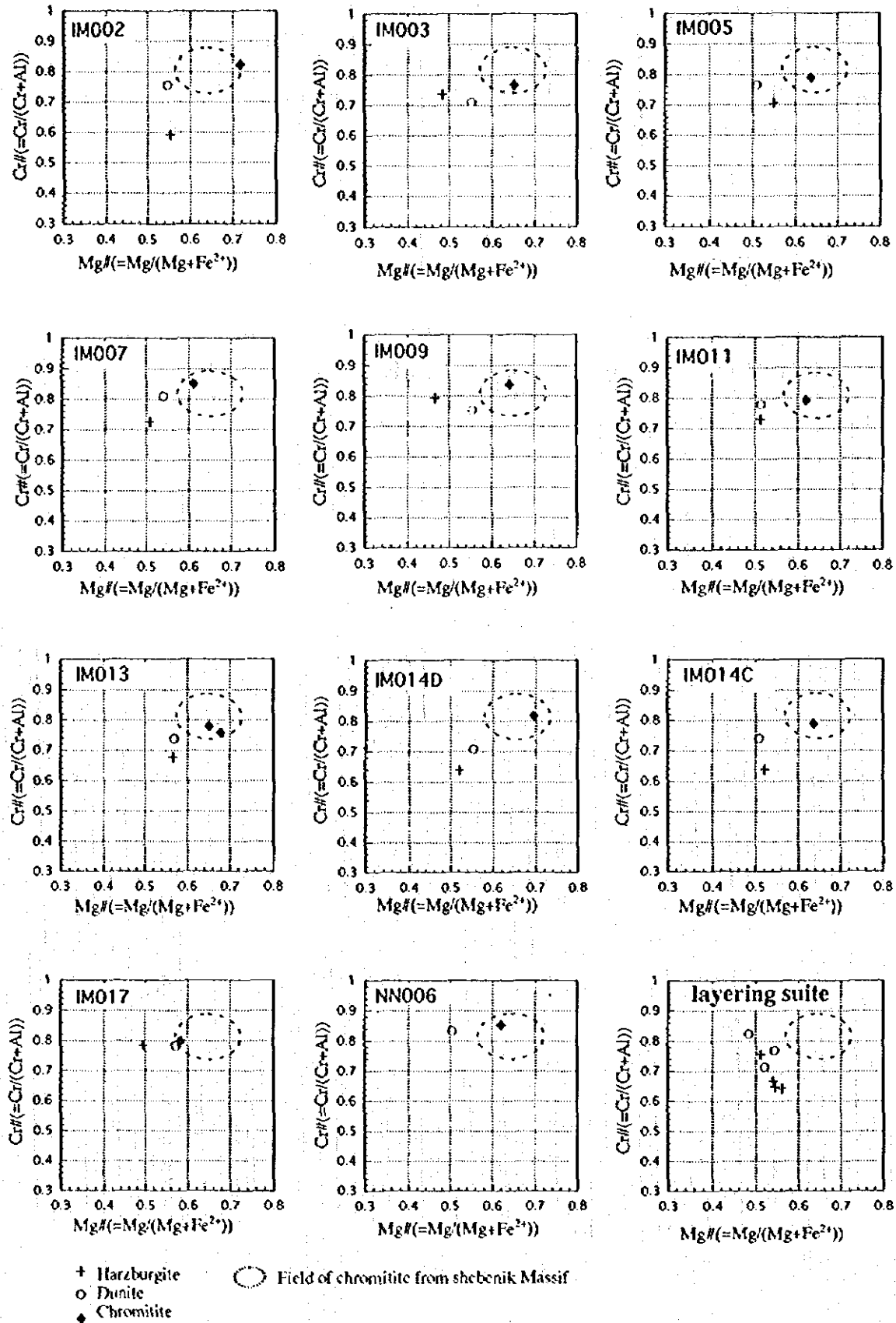


Figure 2-1-12 Relationships between Cr # and Mg #
in chromian spinel in each location

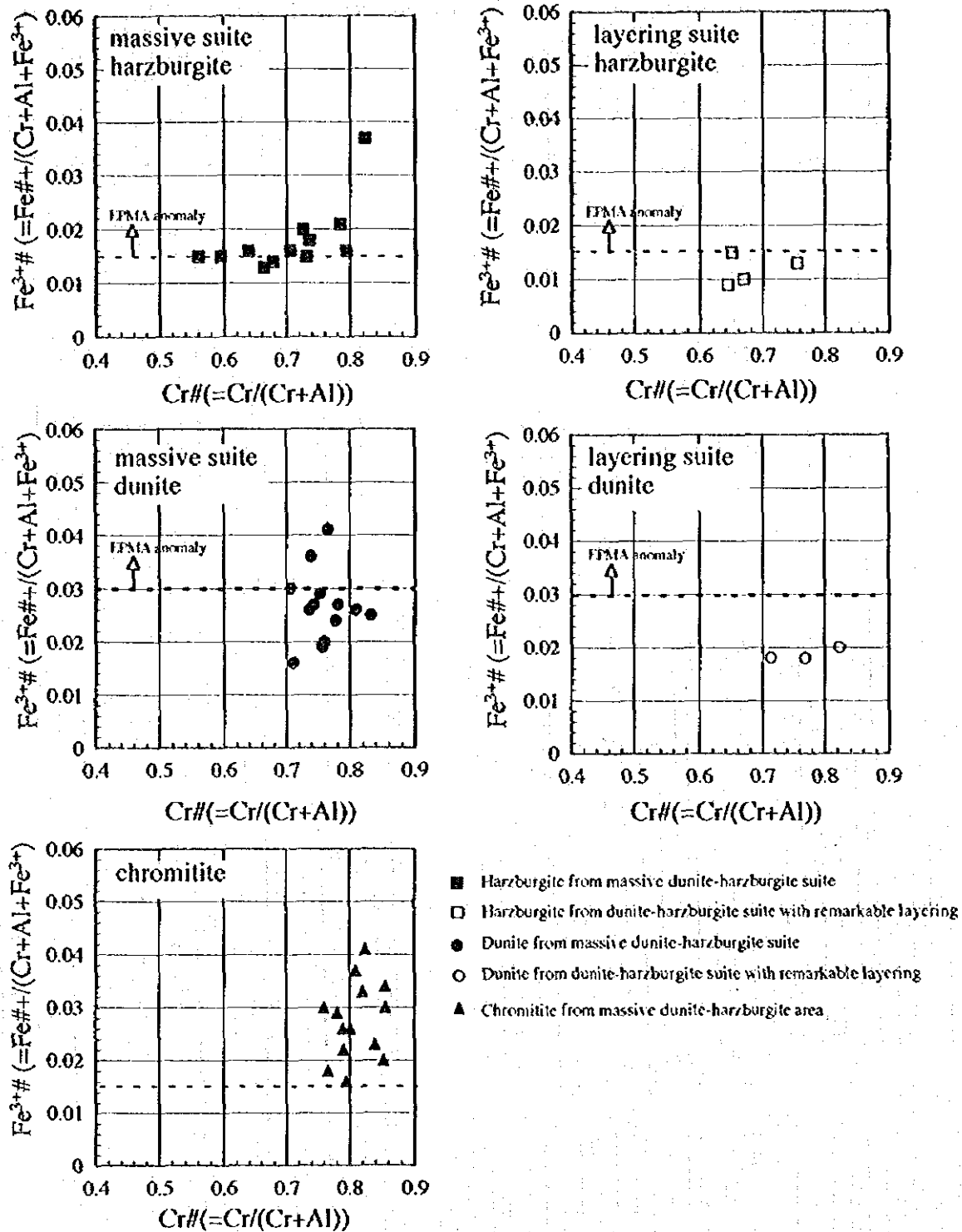


Figure 2-1-13 Relationships between Cr# and Fe³⁺# in chromian spinel

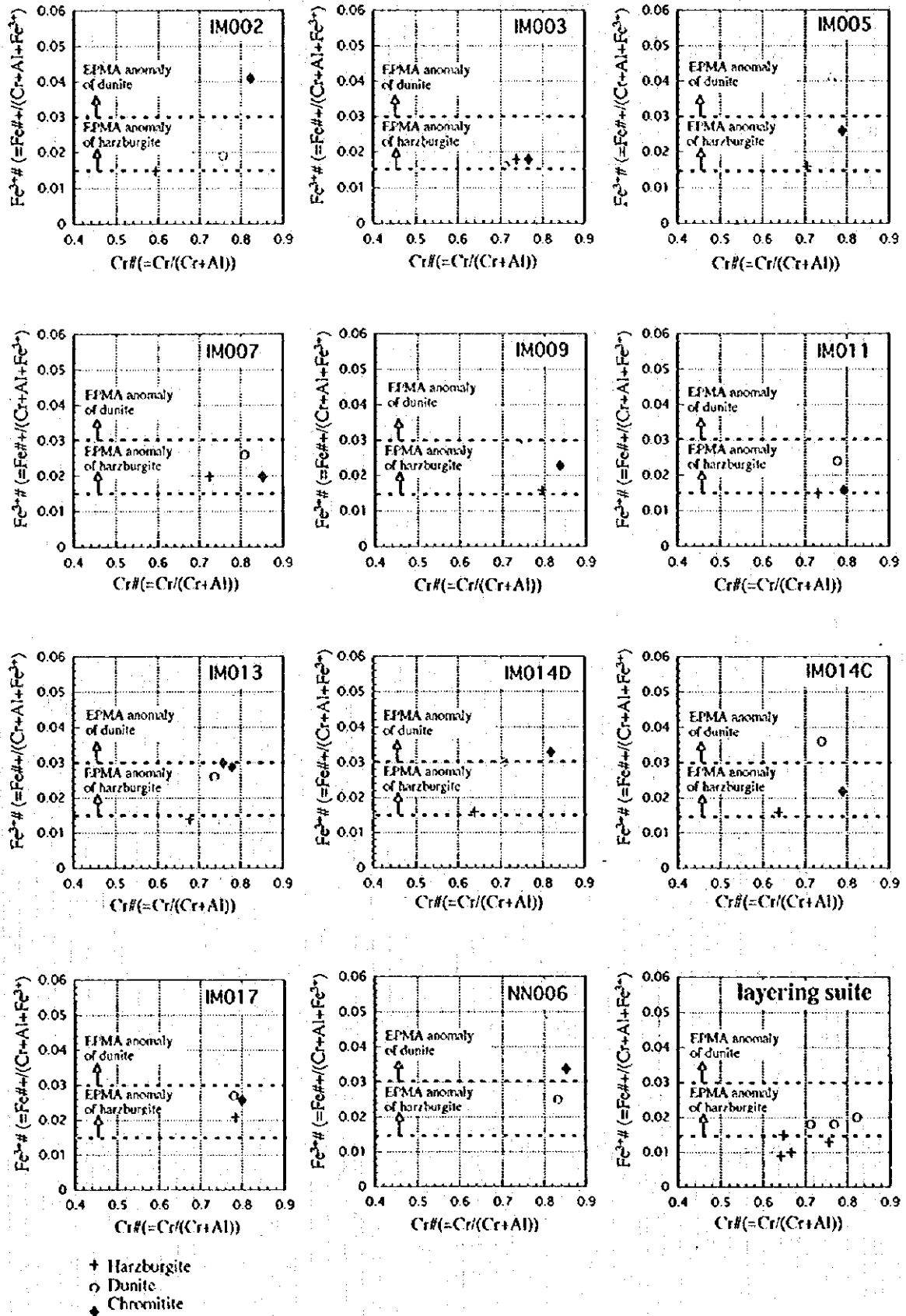


Figure 2-1-14 Relationships between Cr# and Fe³⁺ # in chromian spinel in each location

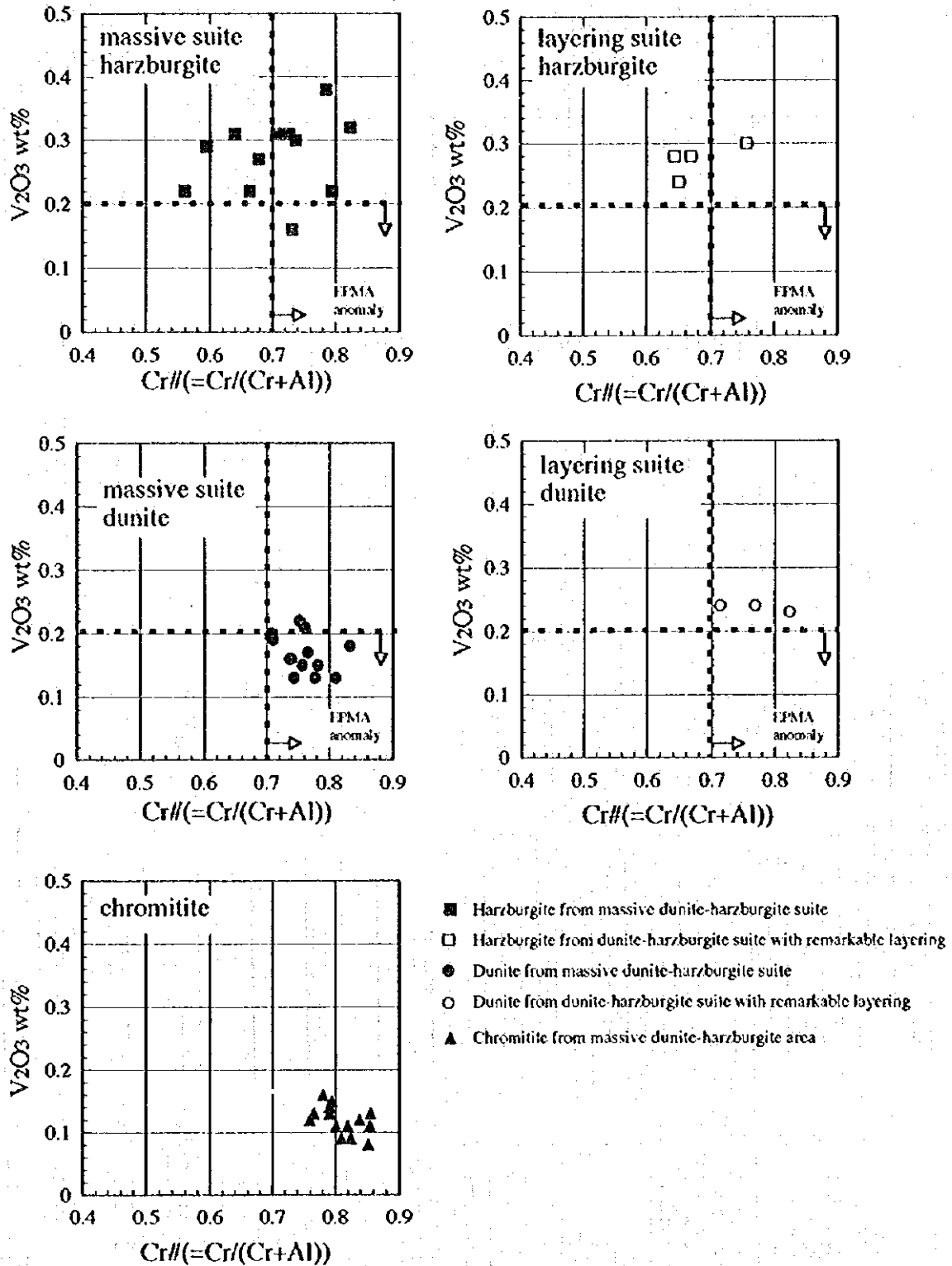


Figure 2-1-15 Relationships between $Cr\#$ and V_2O_3 wt% in chromian spinel

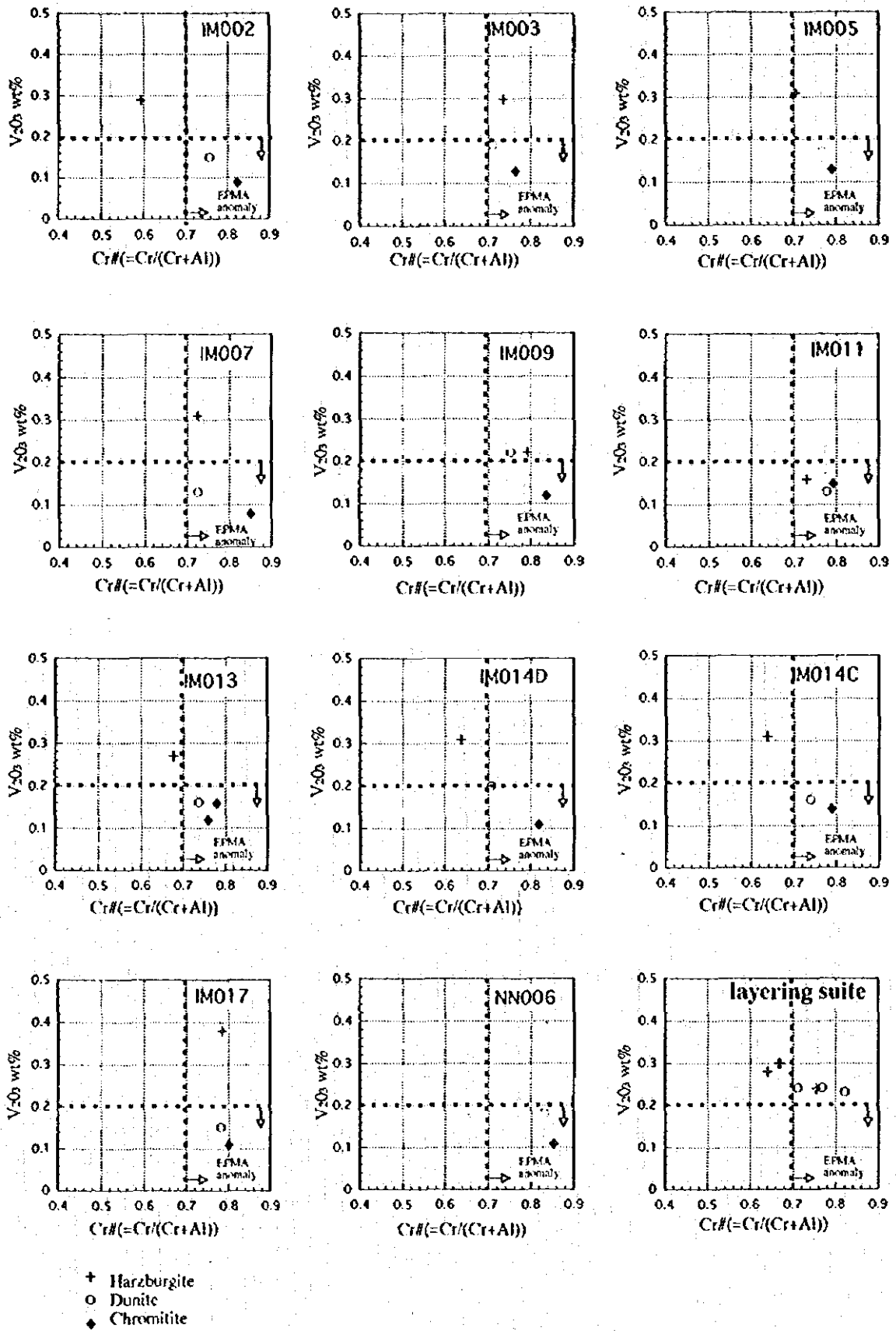


Figure 2-1-16 Relationships between Cr # and V₂O₅ wt% in chromian spinel in each location

一般的に 0.4 ~ 0.6 の範囲にある (荒井, 1994)。すなわち, より低い Cr# のスピネルを含むハルツバージャイトが, 比較的大規模なクロム鉱床の母岩となる可能性が高いことを示している。

そこで, 本報告書では, ハルツバージャイト中のスピネルの Cr# が 0.6 以下のものを EPMA 異常として抽出した。調査地区内でスピネルの Cr# が 0.6 以下のハルツバージャイトは, IM002 及び NN008 地点で, これらは全て Massive dunite-harzburgite suite 中に位置する。

b) TiO₂ wt%

TiO₂ 含有量は, 調査地区の全ての試料で 0.2 wt% 以下の値を示し (Fig. 2-1-9), ダナイト及びクロミタイトで高く, ハルツバージャイトで低い傾向がみられる。平均値は, クロミタイトで 0.082, ダナイトで 0.080, ハルツバージャイトで 0.033 で, TiO₂ 含有量の面からダナイトとクロミタイトはハルツバージャイトから明瞭に識別できる (Fig. 2-1-9)。

このような岩相による TiO₂ 含有量の違いは, 世界の色々な地域の超塩基性岩においても一般的に認められる (例えば, Arai, 1994)。また, Matsumoto et al. (1995) や松本 (1996) は, ハルツバージャイト中で比較的高い TiO₂ 含有量を有するものが, メルトの影響を強く受けている, すなわち鉱化作用をより強く受けている可能性があることを指摘している。

そこで, 本報告書では, TiO₂ が 0.05 wt% より高いハルツバージャイトを EPMA 異常として抽出した。ただし, Dunite-harzburgite suite with remarkable layering では, ダナイト中のスピネルの TiO₂ 含有量が, 逆にハルツバージャイトよりも低い傾向を示し, 解釈を複雑にしているのので, ダナイト中のスピネルの TiO₂ 含有量は今回の議論の対象から除外した。

本地区では, TiO₂ が 0.05 wt% 以上を示すハルツバージャイトは, Massive dunite-harzburgite suite 中で 3 地点, Dunite-harzburgite suite with remarkable layering 中で 1 地点認められた。これらは, IM003, IM011, NN009 及び NN010 地点である。

c) Fe[#]; Fe[#]/(Cr+Al+Fe[#]) atomic ratio

Fe[#] は, 全ての試料において 0.05 よりも低い値を示すが, クロミタイト, ダナイト及びハルツバージャイトの間では Fig. 2-1-13 ~ 2-1-14 に示すような違いが認められる。すなわち, クロミタイト及びダナイトが比較的高い値を示し, ハルツバージャイトが低い値を示す。平均値は, クロミタイトで 0.028, ダナイトで 0.025, ハルツバージャイトで 0.016 である。

このような岩相による Fe[#] の違いは, 他のクロミタイト鉱床地域でも一般的に認められる (例えば, Arai, 1994)。また, ダナイト及びハルツバージャイトのうち, 高い Fe[#] をもつものがメルトの影響を強く受けたものとして注目される。今回の準精査地区から採取された試料は, 他のシェベニック地域のものに比べて全体的に高い Fe[#] を示しており, 今回の準精査地区, とくに Massive dunite-harzburgite suite が, 全体としてメルトの影響を強く受け, クロム鉱床のポテンシャルが高いことを意味している。

そこで, 本報告書では, Fe[#] がハルツバージャイトについては 0.015 以上のものを, ダナイトについては 0.030 以上のものを EPMA 異常として抽出した。Fe[#] 異常は 9 地点の 12 試料から得られた。異常を示す地点は IM002, IM003, IM005, IM007, IM009, IM011, IM014,

IM017 及び NN008 である。

d) V_2O_5 wt%

V_2O_5 含有量は、Fig. 2-1-15 に示すように、全ての試料で 0.4wt%以下である。 V_2O_5 含有量は、ハルツパージャイトで高く、ダナイト、クロミタイトの順で低く、その平均値は、ハルツパージャイトで 0.227 wt%，ダナイトで 0.181 wt%及びクロミタイトで 0.119 wt%である。

超塩基性岩中での V_2O_5 の挙動についてはあまり詳しいことは知られていない。しかし、松本 (1995, 1996) は比較的高い Cr#かつ低 V_2O_5 含有量を示すものがクロム鉱化作用のハローである可能性を指摘している。このことは、メルト中に選択的に溶け込む斜方輝石に Cr が多く含まれ、 V_2O_5 がほとんど含まれていないことで説明できる (Arai and Yurimoto:1995, Matsumoto et al.:1995, 松本:1996)。

そこで、本報告書では、Fig. 2-1-16 に示すように、ハルツパージャイト及びダナイトの V_2O_5 含有量が 0.2wt% 以下かつ Cr#が 0.7 以上の試料を EPMA 異常として抽出した。異常を示すのは、9 地点からの 11 試料で、これらはすべて Massive dunite-harzburgite suite 中から採取された試料である。異常を示す地点は、IM002, IM003, IM005, IM007, IM011, IM013, IM014, IM017 及び NN006 である。

e) Mg# ; $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ atomic ratio

クロミタイトは非常に高い Mg#値を、これに対して、ダナイト及びハルツパージャイトは低い値を示す。Mg#の平均値は、クロミタイトで 0.649, ダナイトで 0.540 及びハルツパージャイトで 0.526 である。

Mg#は、クロムスピネルとかんらん石のモード組成比に依存することが知られている (Arai, 1980)。これは、サブソリダス下において、Mg がスピネルとその周囲に存在するかんらん石との間で交換反応を行うためと考えられる。いいかえれば、スピネルのモードが上昇すると Mg# も上昇する。

Mg#は、沢砂中に含まれるスピネルにを利用して、その流域に分布する超塩基性岩の岩相やクロミタイトの有無を調べるのに非常に有効である (Arai and Okada:1991, 荒井:1992) ことが知られているが、本準精査地区のように潜頭性鉱床に対しての有効性は確認されていない。

f) MnO wt%

MnO 含有量は全ての試料で 0.4 wt%以下の値を示す。その平均値は、クロミタイトで 0.256 wt%，ダナイトで 0.330 wt%，ハルツパージャイトで 0.305wt%であり、岩相による若干の違いが認められる。MnO 含有量がクロム鉱床探査に有効であるかどうかは不明である。

以上の測定結果及びしきい値に基づいて、各試料採取地点での EPMA 異常出現率を下記の(1)式によって求め、試料採取地点のクロム鉱床ポテンシャルの評価を行った。

しきい値を設定した項目及びしきい値は次のとおりである。

- 1) ハルツパージャイト中のクロムスピネルの Cr#が 0.6 以下、

- 2) ハルツバー-ジャイト中のクロムスピネルの TiO_2 が 0.05 wt%以上
- 3) ハルツバー-ジャイト中のクロムスピネルの Fe^{2+} #が 0.015 以上
- 4) ハルツバー-ジャイト中のクロムスピネルの V_2O_5 が 0.2 wt%以下かつ Cr#が 0.7 以上
- 5) グナイト中のクロムスピネルの Fe^{2+} #が 0.03 以下
- 6) グナイト中のクロムスピネルの V_2O_5 が 0.2 wt%以下かつ Cr#が 0.7 以上

EPMA 異常出現率の計算式は下記のとおりである。

$$\text{EPMA 異常出現率} = \frac{\text{試料採取地点の異常項目数}}{\text{試料数} \times \text{検討項目数}} \cdots \cdots (1)$$

註) : 1 地点でグナイトとハルツバー-ジャイト各 1 試料採取した時の分母は 6 となる。

EPMA 異常出現率を Table 2-1-5 に示す。ただし、EPMA 異常が全く認められなかった地点は同表から除外した。

Table 2-1-5 Potentiality of EPMA anomaly

Locality Number and Locality	Frequency of EPMA Anomaly by Equation(1)	Geology of the Locality
IM011	4/6=0.666	Massive harzburgite-dunite suite
IM014 (Ahu i Vetem)	5/8=0.625	Massive harzburgite-dunite suite
IM002 (Gobille)	3/6=0.500	Massive harzburgite-dunite suite
IM003 (No.115)	3/6=0.500	Massive harzburgite-dunite suite
IM005 (Buzgare)	3/6=0.500	Massive harzburgite-dunite suite
IM007 (Qerroi i Qukut)	2/6=0.333	Massive harzburgite-dunite suite
IM017	2/6=0.333	Massive harzburgite-dunite suite
IM009 (Buzgare)	1/6=0.167	Massive harzburgite-dunite suite
IM013 (Luga i Batres)	1/6=0.167	Massive harzburgite-dunite suite
NN008	1/4=0.250	Massive harzburgite-dunite suite
NN009 (Stanet e Vecarut)	1/6=0.167	Massive harzburgite-dunite suite
NN010	1/4=0.250	Dunite-harzburgite suite with remarkable layering

EPMA 異常は、Massive dunite-harzburgite suite に集中し、Dunite-harzburgite suite with remarkable layering からは 1 地点で 1 項目の異常が得られたにすぎない。このことは、Massive dunite-harzburgite suite 中で岩石-メルト相互反応が主に起きたことを示しており、比較的規模の大きなクロミタイトがこの中に形成されている可能性が高いことを示している。

地点別では、IM002 (Gobille), IM003 (No.115), IM005 (Buzgare) 及び IM014 (Ahu i Vetem) で異常が多く認められ、なかでも IM014 (Ahu i Vetem) 及び IM011 地点は最も異常頻度が高く注目される。

(4) Pt 分析

クロミタイト 11 試料及び斜方輝岩 1 試料の 12 試料についてプラチナグループ元素 (以下で PGE と記す) の分析を実施した。分析した PGE は、Ir グループに属するオスミウム(Os), イリジウム(Ir)及びルテニウム(Ru)と、Pt グループに属するロジウム(Rh), プラチナ(Pt)及びパラジウム(Pd)の 6 元素で、その分析結果を Table 2-1-6 に示す。

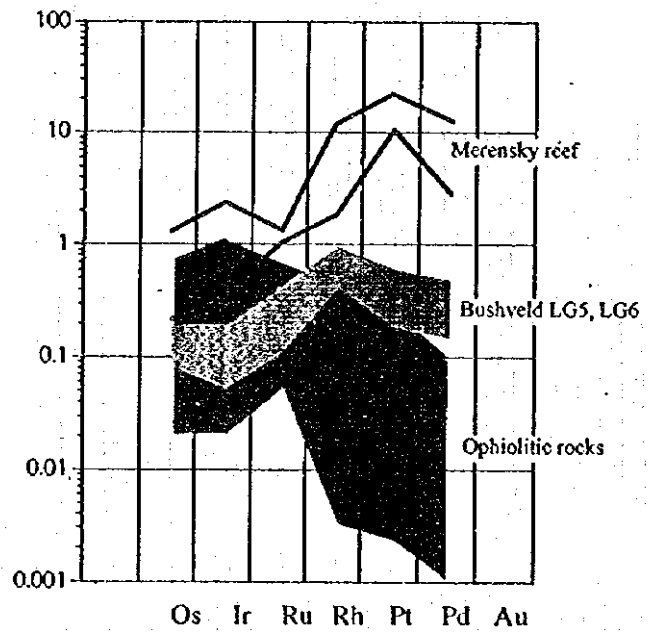
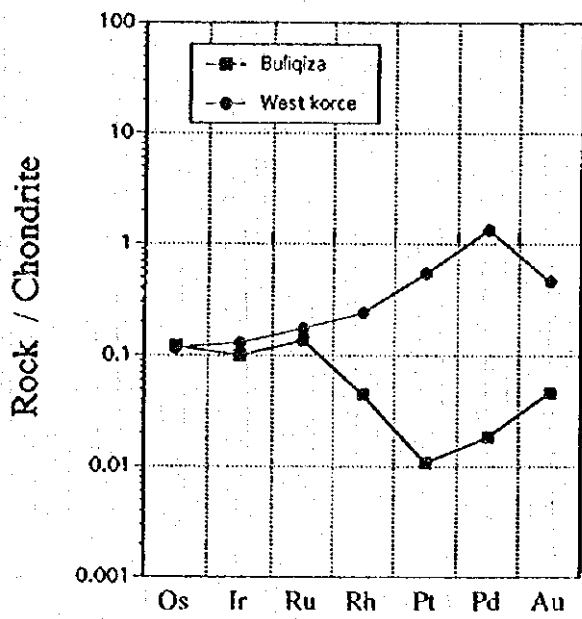
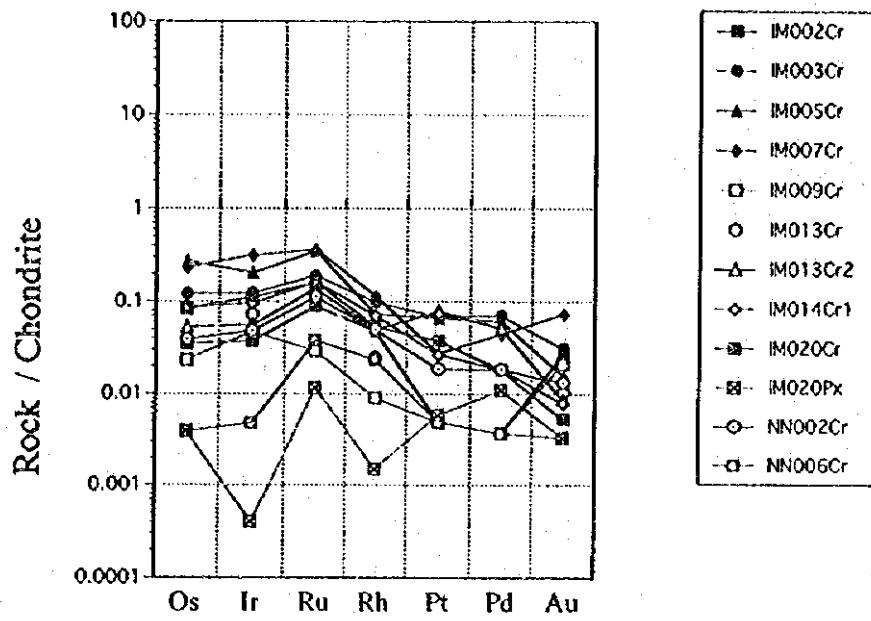


Figure 2-1-17 Chondrite-normalized PGE patterns

Data sources;

Merensky reef: Lee (1983)

Bushveld LG5, LG6: Lee and Parry (1988)

Ophiolitic rocks: Talkington and Watkinson (1986)

Table 2-1-6 Platinum group elements of the Shebenik Ultrabasic Massif

No.	Sample No.	Rock Type	Os (ppb)	Ir (ppb)	Ru (ppb)	Rh (ppb)	Pt (ppb)	Pd (ppb)	Au (ppb)	Re (ppb)
1	IM002Cr	Chromitite	18	20.0	61	9.6	< 5	< 2	4.0	< 5
2	IM003Cr	Chromitite	62	66.0	130	19.4	69	38	4.7	< 5
3	IM005Cr	Chromitite	140	110.0	240	14.5	67	33	2.4	< 5
4	IM007Cr	Chromitite	120	170.0	250	22.9	28	24	11.0	< 5
5	IM009Cr	Chromitite	12	25.0	20	1.8	< 5	< 2	3.2	< 5
6	IM013Cr	Chromitite	44	39.0	94	4.9	< 5	< 2	1.6	< 5
7	IM013Cr2	Chromitite	27	30.0	95	9.8	79	28	1.3	< 5
8	IM014Cr1	Chromitite	45	51.0	110	14.1	27	10	1.2	< 5
9	IM020Cr	Chromitite	43	60.0	110	10.7	38	10	0.8	< 5
10	IM020Px	Pyroxenite	< 2	0.2	8	0.3	6	6	< 0.5	< 5
11	NN002Cr	Chromitite	20	26.0	77	9.9	19	10	2.0	< 5
12	NN006Cr	Chromitite	2	2.6	26	4.7	< 5	< 2	< 0.5	< 5
last year result (chromitite)										
Bulqiza Average (N2)			62	54.0	94	9.0	11	10	7.0	< 5
West korçe Average (N11)			60	70.0	120	48.0	555	733	70.0	< 5

これらの分析結果をコンドライトで規格化したものを、第1年次に分析した Bulqiza 鉱山及び Korçe 付近の西帯の超塩基性岩、ブッシュフェルト岩体及びオフィオライトの岩石（クロミタイト及びダナイト）のそれと共に Fig. 2-1-17 に示す。なお、ブッシュフェルト岩体のデータは、南ア最大のプラチナ鉱山メレンススキーリーフの岩体上部と、岩体下部の LG5 及び LG6 層準からのものである。

一般に、オフィオライト中の岩石（クロミタイトやダナイト）では、Ir グループが Pt グループよりも濃集する傾向があり、コンドライトで規格化した図では右下がりのトレンドを示す。これに対して、メレンススキーリーフなどの層状貫入岩体では Pt グループの濃集が顕著である。

当地域で分析した全ての試料は、Fig. 2-1-17 に示したように、コンドライト規格図上で緩やかな右下がりのトレンドを示し、また、Bulqiza 鉱山のクロミタイトも同様なトレンドを示し、これらはオフィオライトに特有なものである。このことは、東帯でのクロミタイトには Pt グループの大規模な濃集の可能性が低いことを示唆している。

一方、西帯からのクロミタイトは右上がりのパターンを示し、ブッシュフェルト岩体下部ものに類似している。

このようなPGE組成にみられる西帯と東帯のクロミタイトの相違は、クロミタイトが形成された当時の母岩の岩石化学的特性を反映したものと考えられる。

2-1-5 考 察

(1) クロム鉱床の地質構造規制と EPMA 異常の関係

調査地区に分布する超塩基性岩類は、主にダナイトとハルツバージャイトからなり、下位の Massive dunite-harzburgite suite (以下で MDHS と呼ぶ) と上位の Dunite-harzburgite suite with remarkable layering (以下で DHSRL と呼ぶ) に区分される。

本地区のクロム鉱床の大部分は MDHS 中に分布し、なかでも DHSRL との境界付近の MDHS 中のダナイトレンズに富む Dunite rich zone に集中している。これに対して、DHSRL 中にはクロム鉱床はほとんど認められない。これらのクロム鉱床におけるクロミタイトは、例外なくダナ

イトに取り囲まれた産状を示す。

以上の野外調査結果は、本地区のクロミタイトがある層準規制を受けて形成されたことを示唆し、同時に、本地区で比較的規模の大きなクロム鉱床が期待できるのは、DHSRL直下のMDHS中に発達するDunite rich zoneであることを示している。

本地区におけるこのようなクロム鉱床と地質の特別な関係は、世界の他地域のオフィオライト岩体でも認められている(例えば、Nicolas and Prinzhofer, 1983など)。また、本地区で想定されたクロム鉱床胚胎の場の地質構造規制は、Fig. 2-1-18に示した最近のマグマ混合モデルによるクロミタイト成因論(Arai and Yurimoto, 1994; 1995; Zhou et al., 1994; Matsumoto, 1996)によって矛盾なく説明することができる。

クロムスピネルのEPMA異常によってクロム鉱床ポテンシャルを評価する考えは、最近のクロム鉱床成因論に基づいており、ダナイト・ハルツパー・ジャイト及びクロミタイト中のクロムスピネルの組成を詳細に検討した結果から導かれたものである(MITI, 1994; 1995; Matsumoto et al., 1995; Matsumoto, 1996, Fig. 2-1-19)。この新しい成因論の概要は次のとおりである。

つまり、ハルツパー・ジャイト中に導入されたメルトが岩石と相互反応を起こすことによってCrに富むメルトが生じ、このメルトと更に初源的メルトが混合することによってメルト中にクロムスピネルが晶出し、その冷却に伴ってハルツパー・ジャイト中にダナイト及びクロミタイトが形成される。この際に、岩石とメルトの相互反応によってダナイトとハルツパー・ジャイトの中間的な組成を示す漸移的岩相(Transitional lithology)を生ずる。この中間的な岩相がEPMA異常として抽出され、クロム鉱床探査の良い指標となっている。EPMA異常出現率の高いクロム鉱徴は、岩石-メルト相互反応が生じたその近辺で起きたことを示しており、したがって、クロム鉱床のポテンシャルが高いとされる。

本地区のクロムスピネルのEPMA異常は、既に述べたように、MDHS中に集中している。これは、クロム鉱床成因論に基づけば、クロム鉱化作用にとって重要な相互反応とマグマ混合の2つの作用が効果的に行われた部分であると解釈できる。

EPMA異常が多く認められた地点は、IM002(Gobille), IM003(No.115), IM005(Buzgare), IM011及びIM014(Ahu i Vetem)の5地点で、特にIM014(Ahu i Vetem)地点が目される。これらの地点では、野外調査の際に塊状クロミタイトがまとまって分布することが確認されており、EPMA異常と鉱徴の分布は整合的である。

(2) シェベニック地域と世界の他地域のクロム鉱床の比較

世界の主なオフィオライトのクロム鉱床とアルバニアのクロム鉱床をスピネル組成で比較した図をFig. 2-1-20に示す。

アルバニアの超塩基性岩類は、大きく東帯と西帯に区分され(例えばCina et al., 1996)、シェベニック地域は東帯に属する。東帯は、枯渇度の高いダナイト及びハルツパー・ジャイトからなり、これに対して、西帯は枯渇度の低いレー・ルソライト及びハルツパー・ジャイトからなっており、

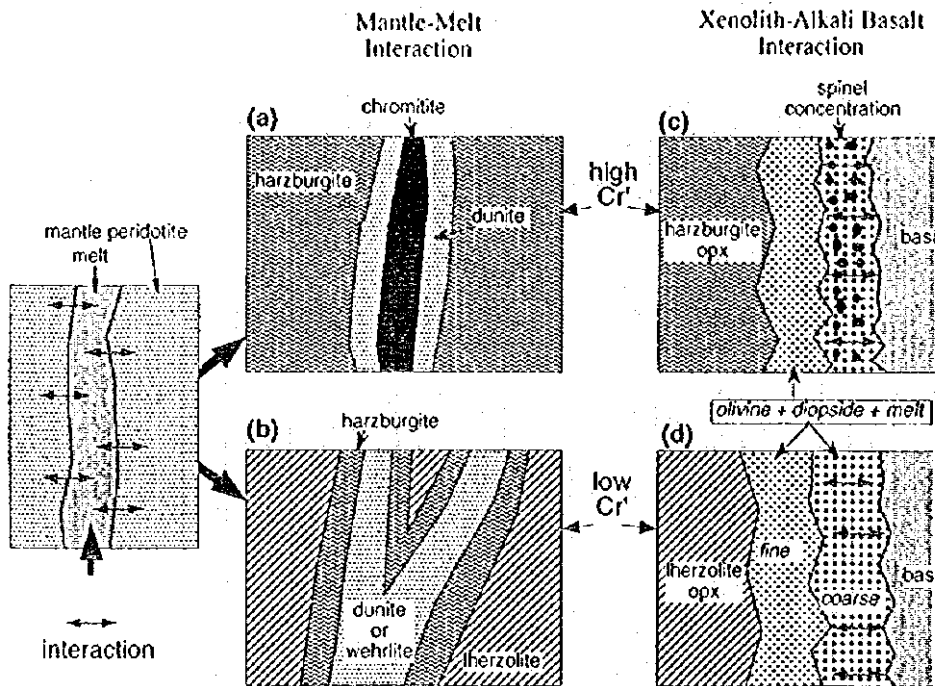


Fig. 5. Correlation of orthopyroxene-alkali-basalt interaction products with mantle-melt interaction products. During the mantle interaction, the podiform chromitite with dunite envelope could be formed in the harzburgitic mantle (a), whereas a (or wehrlite) with a harzburgitic aureole may be formed in the lherzolitic mantle (b). The products of mantle-melt interaction and b, are analogous, respectively, to the products of xenolith-alkali basalt, c and d. Reconstructed from descriptions by (1981a, 1981b), Nicolas (1989), and Takahashi (1992).

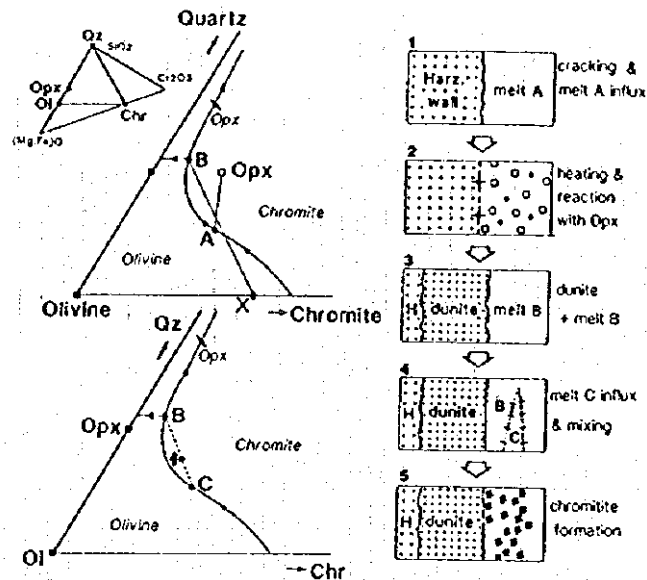


Fig. 6. A magma-mixing model for the genesis of podiform chromitite. At the first stage a melt (A) of deep origin is intruded into shallow mantle harzburgite (stage 1). Melt A reacts with orthopyroxene (open squares) in the harzburgite (stages 2 and 3) to produce olivine (+ spinel) and a secondary Si-rich melt (B), which may precipitate spinel only if mixed with successively supplied relatively primitive melt (C) (stages 4 and 5). Thin straight lines in the upper left panel indicate pairs of reactants (Opx and melt A) and products (crystal mixture X—olivine + spinel—and melt B) of the interaction. The thin dotted line in the lower left panel denotes the mixing of B (secondary silica-rich melt) and C (primitive melt). Primary liquidus fields are indicated by italicized minerals. Chr = chromite, Ol = olivine, Opx = orthopyroxene, Qz = quartz. Phase diagrams modified from Irvine (1977).

Figure 2-1-18 Magma mixing model for the genesis of Podiform chromitite (Fig.6 of Arai and Yurimoto (1994) and Fig.5 of Arai and Abe (1995)).

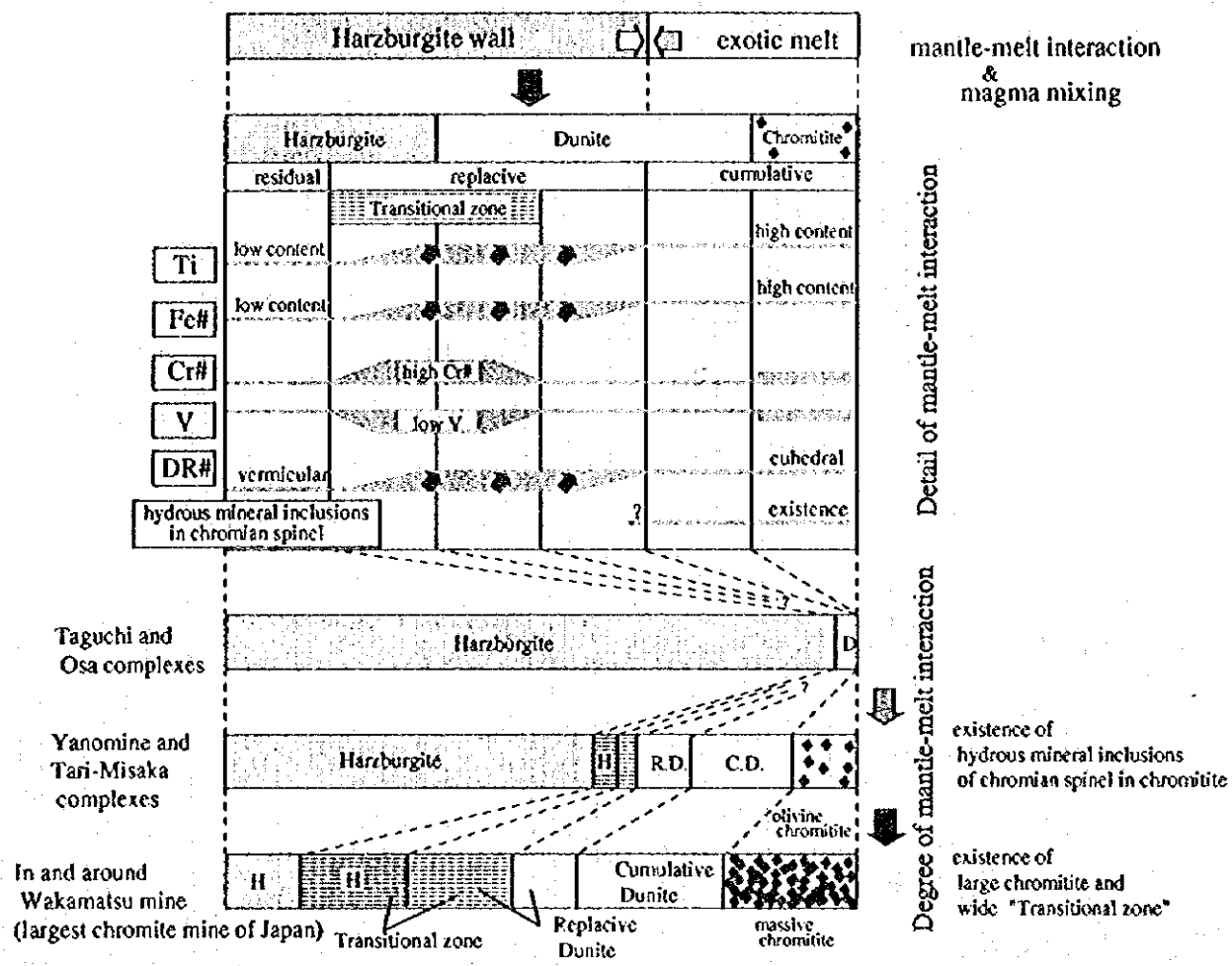


Figure 2-1-19 Correlation between degree of mantle-melt interaction and chromite concentration from the Sangun zone of SW Japan (Fig 34 of Matsumoto (1995)).

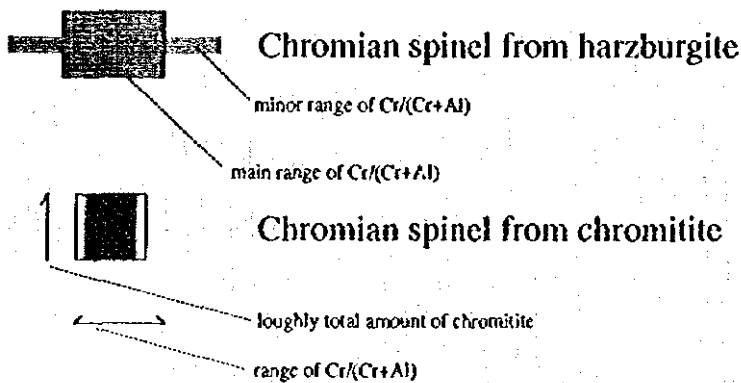
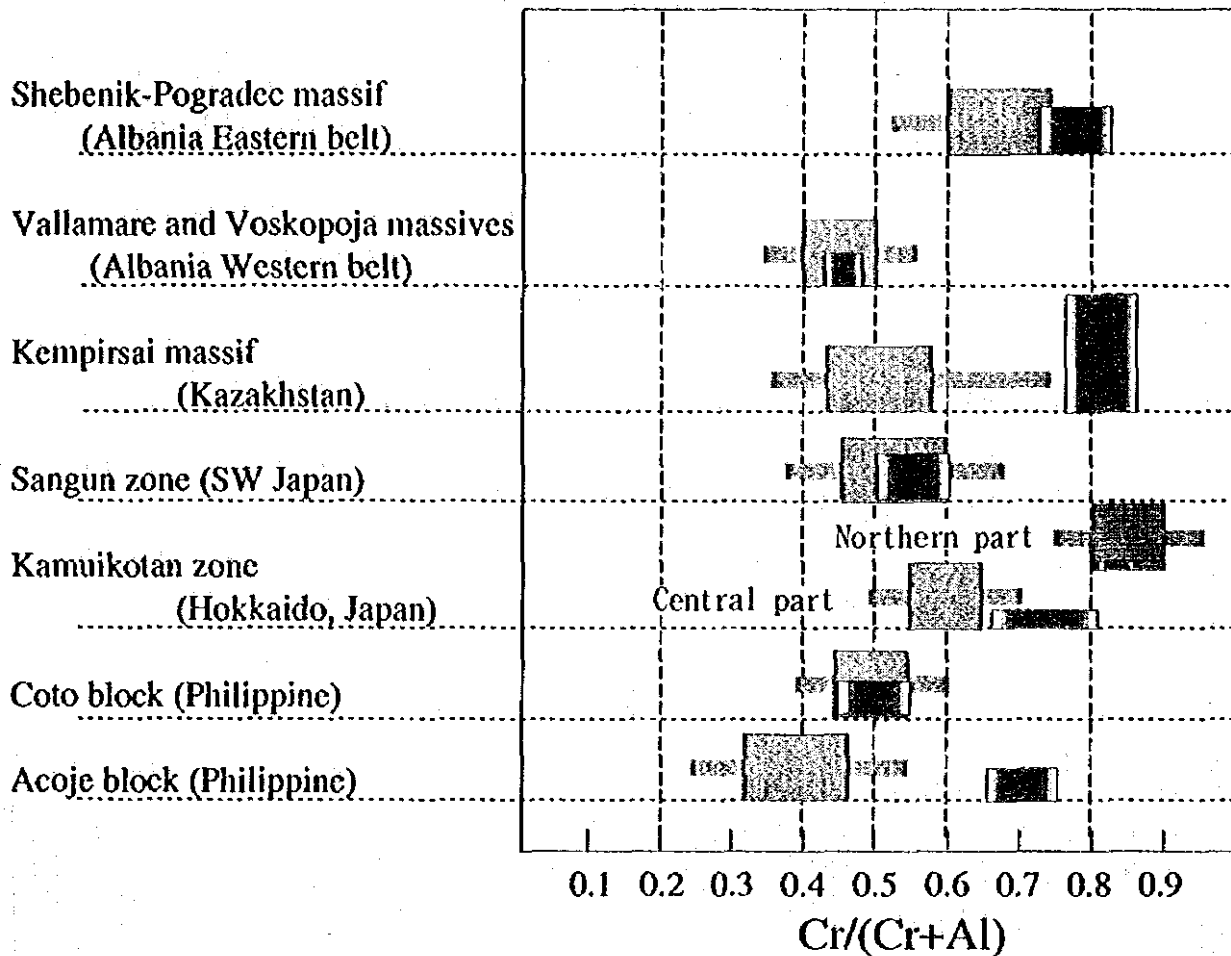


Figure 2-1-20 Comparison of Cr # of chromian spinel in the world

Data sources;

Shebenik-Pogradec, Vallamare and Voskopoja massives: This survey.

Kempisai massif: Kravchenko and Grigoryeva (1986), Melcher et al. (1994).

Sangun zone: Arai (1980), MITI(1993), Matsumoto et al., (1995).

Kamuikotan zone: Arai (1978), MITI(1994).

Coto and Acoje blocks: Leblanc (1983), Yumul (1994).

両者の枯渇度の違いは Fig. 2-1-20 に示したクロムスピネルの組成からも読みとることができる。ここで、枯渇度とは、マントル中のメルト成分が抽出された度合いを表す用語である。

世界で最も大規模なポディフォーム型クロム鉱床を胚胎するカザフスタン共和国の Kempirsai 岩体は、枯渇度の低いハルツバージャイトからなり、その Cr# は 0.4 ~ 0.6 を示す。一方、日本の神居古潭帯北部のハルツバージャイトは、枯渇度が高く、Cr# は 0.8 ~ 0.9 の範囲の値を示し、周辺にはほとんどクロミタイトの濃集は認められない。また、一般に枯渇度が非常に低いレールゾライト (Cr# 0.4 以下) にはクロミタイトは認められない。

アルバニア東帯のハルツバージャイトやクロミタイトのスピネル組成は、カザフスタンと神居古潭北帯の中間的な組成を示しており、アルバニア西帯のそれは日本の三郡帯及びフィリピンの Coto block のものより枯渇度が低い。

クロミタイトの濃集や岩石の枯渇度はそれらの生成環境に支配されており、スピネルやかんらん石の組成及び岩相から判断して、アルバン内帯の東帯の超塩基性岩類は島弧的環境で、西帯のそれは海洋底 (もしくは背弧) 的な環境で形成されたと考えられる。

(3) クロム鉱床ポテンシャル

クロミタイトの規模と品位を決定する要素は、ハルツバージャイトの組成だけではなく、ハルツバージャイトと相互反応するメルトの組成も非常に重要である。ハルツバージャイトの組成は Cr# などから推定できるが、もう一つの要素であるメルトの組成の推定は現在のところ試行段階である。一般的にはクロムスピネルの Cr# が 0.4 ~ 0.6 前後を示すハルツバージャイトが大規模なクロム鉱床の母岩となる可能性が高いことが指摘されている (Arai, 1994; 1995; Arai, 1996)。

本調査地域にはクロムスピネルの Cr# が 0.6 前後のハルツバージャイトが認められ、地表の鉱徴も多数認められる。ハルツバージャイトの組成、地表鉱徴及び他の地域の例 (Figure 2-1-20) から判断すると、調査地域には数万~数十万 t 程度のクロミタイトが賦存している可能性がある。

2-2 物理探査（磁気探査）

2-2-1 調査位置

本調査の一環として、Shebenik 中央地区及び Katjel 地区の2地区において物理探査（磁気探査）を実施した。調査位置を Fig. 1-1-1 に示す。

物理探査を行った Shebenik 中央地区は、地質調査によってクロミタイトの胚胎に好ましい条件を備えている地区として抽出された面積 10km² の地区で、地質調査地区の西半部に当たる。ここでの探査目的は、クロミタイト及びこれを胚胎するダナイトを磁気探査によって捕捉することにある。

一方、Katjel 地区は、Shebenik-Pogradec 超塩基性岩体中最大のクロム鉱床である Katjel 鉱床全体をカバーする面積 0.52km² の地区である。ここでの探査目的は、既知のクロム鉱床上での磁気探査の有効性を検証することにある。

2-2-2 調査方法

(1) 測線設定

Shebenik 中央地区の測線配置を Fig. 2-2-1 に、Katjel 地区のそれを Fig. 2-2-2 に示す。

Shebenik 中央地区では、超塩基性岩類の地質構造及び地形条件を考慮して、E-W 方向に測線を設定した。一方、Katjel 地区では、既知鉱体に直交する N60° E 方向に測線を設定したほか、これに直交する N30° W 方向の4測線を設けた。

両地区共に、原則として、測線間隔を 100m・測点間隔を 20m とし、測線及び測点を各地区及びその近傍の三角点を基点として、トランシット測量により設定した。

(2) 測定方法

本調査においては、既知のクロミタイト鉱体の規模を考慮して、測点間隔を原則として 20m とし、全磁力の測定を行った。しかし、現地測定の際に測定値に異常が認められた場合には、補間測点を設けて測定間隔を 10m とした。

全測点で最少2回の測定を行い、その平均を測定値とした。しかし、2回の測定値が 5 nT 以上の差を示す場合は、安定した値が得られるまで読み取り回数を増やし、安定した時の値の平均を測定値とした。

両調査地区での測定期間中の地磁気日変化補正と、測定値に影響を及ぼす磁気嵐のモニターのために、定点観測点において全測定期間中5分間隔で全磁力値の測定を行った。Shebenik 中央地区の測定では地区南西の Vehçan 集落の果樹園の中に、Katjel 地区の測定では Prrrenjas 南の畑の中に、それぞれ定点観測点を設けた。なお、本調査の測定期間中に測定値に影響を及ぼすような磁気嵐は観測されなかった。

測線上の全磁力測定のほかに、Shebenik 中央地区では、露頭での帯磁率の測定及び自然残留磁気測定のための定方位試料採取を行った。また、Katjel 地区では露頭で帯磁率の測定を行った。

各調査地区における調査数量は既に Table 1-1-1 に示した。

地磁気測定、帯磁率測定及び残留磁気測定に使用した機器を Table 2-2-1 に示す。

Table 2-2-1 Table of instruments for magnetic survey

Item	Type/Model	Specification
Magnetic survey	Proton magnetometer (Scintrex, Canada)	MP-2 Resolution : 1 (nT) Total field accuracy : ± 1 (nT) Range : 20,000 to 100,000 in 25 overlapping steps Gradient tolerance: Up to 5, 000 (nT/meter)
Susceptibility	Kappameter KT-5 (Geofyzika Brno, Czechoslovakia)	Sensitivity : 1×10^5 (SI) Measuring ranges: $9.99, 99.9, 999 \times 10^3$ (SI), automatically switched Operating frequency : 10 (kHz)
	Bartington SM2 (Bartington, G.B.)	
Remnant magnetism	Spinner magnetometer SSM-85 (Natsuhara Giken, Japan) AC Demagnetizer DEM-8601 (Natsuhara Giken, Japan)	

(3) データ処理及び解析方法

a) 測定値の日変化補正

Shebenik 中央地区では7月26日、Katjel 地区では8月10日のそれぞれの定点観測点における全磁力測定値の平均を求め、これを基準として、両地区それぞれの補正すべき日変化量を求めて各測点の日変化補正を行い、日変化補正全磁力図を作成した。

b) 測定値の地形補正

日変化補正を施した測定値は、測定点周辺の磁性岩体の地形的影響を受けているため、この影響を地形補正によって除去し、地形補正後の全磁力図を作成した。地形補正の具体的方法を Apx. 2-2-1 に示す。

このように日変化補正及び地形補正を行った測定値を用いて、次に述べるフィルター解析及び断面解析を行い、クロム鉄床について考察した。

c) フィルター解析

フィルター解析として、極磁気変換解析及び上方接続フィルター解析を行った。

極磁気変換解析は、本地域の現在の伏角 57° の地球磁場で測定された全磁力を、 90° の伏角を持つ北極で測定したような値に変換する解析法である。この変換によって、磁気異常が磁性岩体の直上に表現されるようになるため、磁気異常と地質及び地質構造との対比が容易になる。

上方接続フィルター解析は、磁性岩体の深度の違いによる変化を解析することを目的として行われる解析法である。このために、地形補正後の全磁力図から得られた周波数の変化についてパワースペクトルによる深度解析を行って、得られた深度ごとの極磁力図を作成し、各深度ごとの磁気異常について検討した。

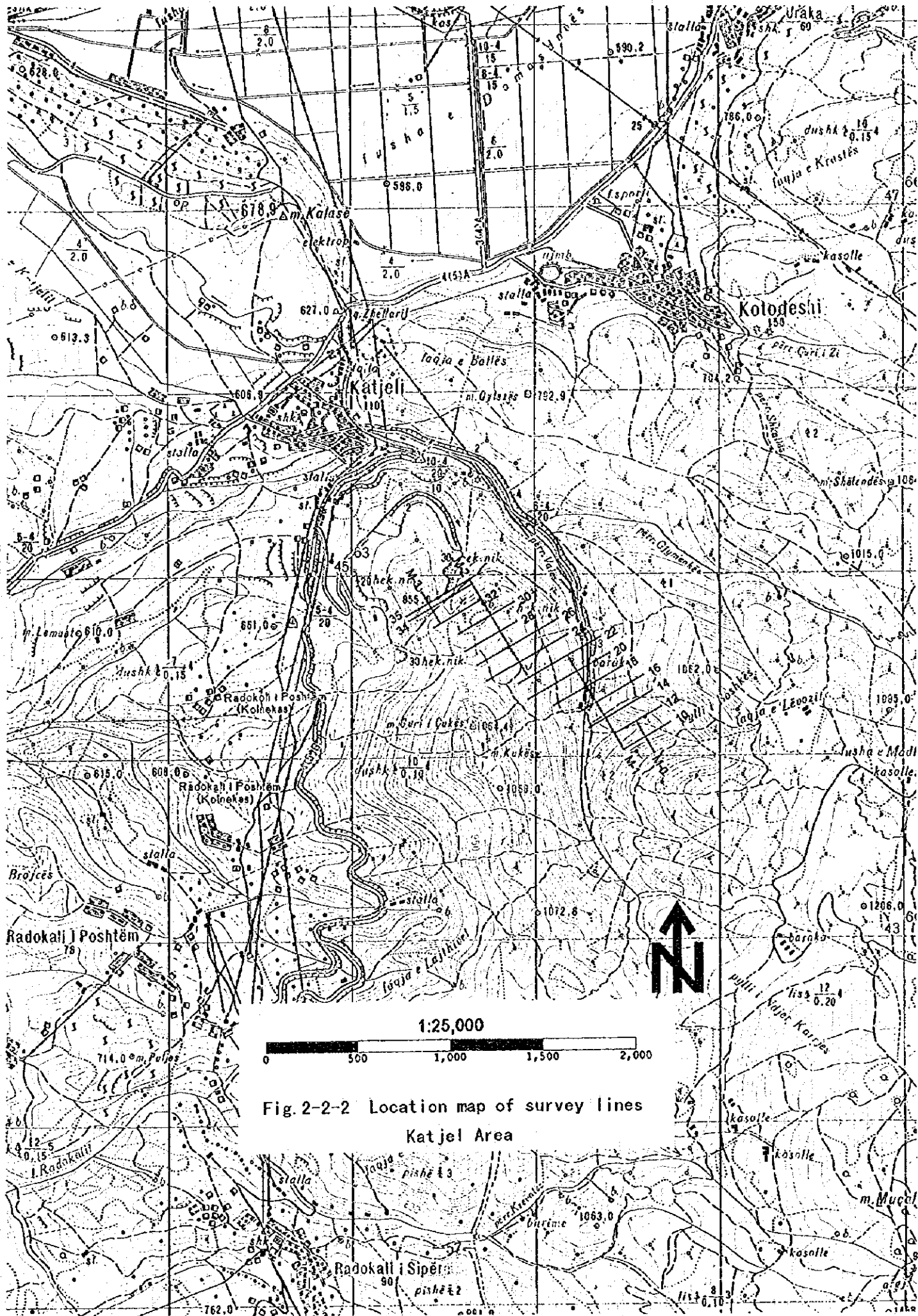
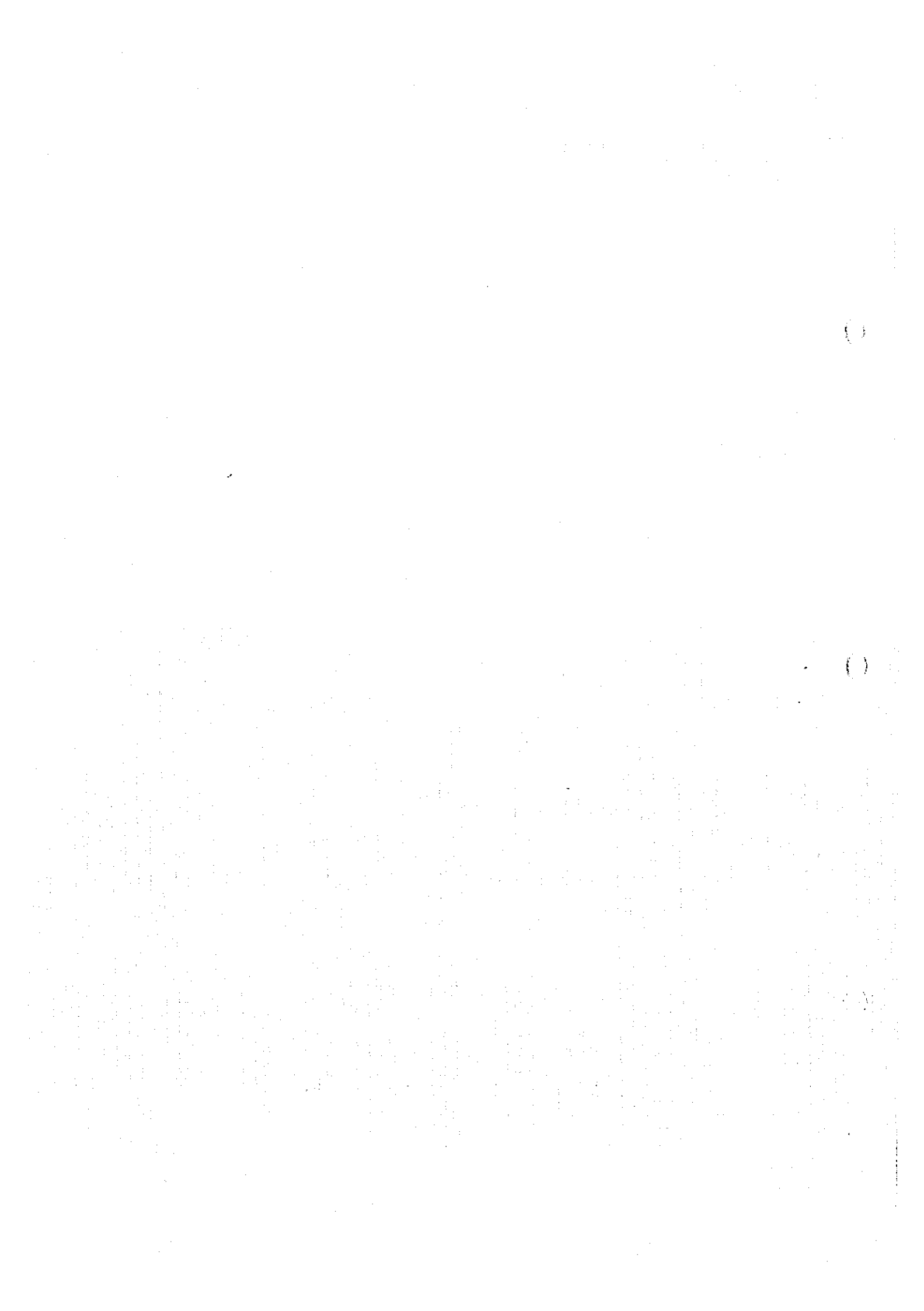


Fig. 2-2-2 Location map of survey lines
Katjel Area



d) 断面解析

断面解析は、全磁力図から得られた磁気断面について、断面上の磁性岩体の規模及び帯磁率の値をパラメーターとして、最適な解が得られるようにシミュレーションする解析法である。

Shebenik 中央及び Katjel 両地区から、クロム鉄床及びその付近を通る代表的な2断面をそれぞれ選び、試行錯誤的にパラメーターを変化させて最適なシミュレーション解が得られるまでこの操作を繰り返した。

2-2-3 解析結果 (Shebenik 中央地区)

(1) 全磁力分布

日変化補正を施した後の全磁力図を Fig. 2-2-3 に、その磁気断面図を Fig. 2-2-4 に、また、地形補正後の全磁力図を Fig. 2-2-5 に示す。

Fig. 2-2-3 では、地区南部の沢沿いの ENE-WSW 方向の低磁気異常と、その南北両側の同方向の高磁気異常がまとまった分布を示す。これらの長波長の磁気異常にはその分布トレンドと交差する N15°E 方向の中波長の異常が伴われている。地区北部は全体に比較的低い全磁力値を示すが、その西半部にややまとまった高磁気異常が N15°E 方向を示しながら点在し、また、その東半部では顕著な磁気異常はみられず、全体に低い全磁力値を示す。

地形補正を加えた Fig. 2-2-5 では、地形補正によって全磁力値の高低の差がやや減少した上に図示した色階調が 19 から 18 に減ったため、日変化補正後の全磁力図に比べて磁気異常のコントラストがやや不明瞭になったものの、日変化補正後全磁力図でみられる磁気異常の全体的傾向はほとんど同様に表現され、大きな変化はみられない。しかし、地区南部の沢沿いの低磁気異常がやや強調されて表現された。

磁気異常の方向性あるいは配列方向として捉えられる磁気リニアメントのうち、短波長のものは地区全域にわたって N15°E の方向を示し、本地区の超塩基性岩類中にみられる葉状構造の一般的な方向 N30°W とは異なった方向を示している。しかし、中波長のものも同様にその大部分が N15°E 方向を示すが、地区北部東半部では N30°W 方向を示すものもみられる。

(2) フィルター解析

a) 極磁気変換

地形補正後の全磁力値を極磁力値に変換した極磁力図を Fig. 2-2-6 に示す。

極磁力図上の磁気異常のパターンは、色階調が 16 に減ったため、上述の日変化補正後及び地形補正後の全磁力図とは異なった見掛けを示すものの、その磁気異常の基本的分布パターンは極めて類似しており、地区南部の沢沿いの ENE-WSW 方向の低磁気異常及びその南の高磁気異常、地区北部西半部の全体的なやや低い磁気異常中に点在するややまとまった高磁気異常、地区北部東半部の低異常等はほとんど全磁力図とほぼ同様に表現されている。しかし、ENE-WSW 方向の低磁気異常の北側の高磁気異常はその分布がやや縮小され、低磁気異常が広く表現されている。

また、短波長と中波長の磁気異常の方向性も全磁力図とほぼ同様である。

b) 上方接続解析

地形補正後の全磁力図に対して周波数解析を行い、Fig. 2-2-7に示すパワースペクトル図を作成して深度解析を行った結果、本地区の地磁気成分は平均深度 20 m の短波長成分、平均深度 50m の中波長成分及び平均深度 250m の長波長成分の3成分に分解された。それぞれの平均深度の中央値から、各成分の境界深度として 35m 及び 150m を設定した。

上記の深度解析結果に基づいて、極磁力図から深度 35m までの短波長成分を取り出した浅部極磁力図を Fig. 2-2-8 に、深度 35 ~ 150m の中波長成分を取り出した中深部極磁力図を Fig. 2-2-9 に、また、深度 150m 以深の長波長成分を取り出した深部極磁力図を Fig. 2-2-10 に示す。

b)-1 浅部極磁力図

浅部極磁力図(Fig. 2-2-8)には、N10°W ~ N15°E 方向を示す多くの低磁気異常と弱い高磁気異常が抽出されている。なかでも地区南半部にややまとまった低異常が弱い高異常と交互に分布し、また、沢沿いに ENE-WSW 方向の低磁気異常も分布する。地区北半部では磁気異常の頻度は南半部に比べて低く、その方向性は NS ~ N15°E 方向のものが卓越する。このほかに地区東端部に沿ってやや高い磁力値を示す N10°W 方向の高磁気異常が点在している。

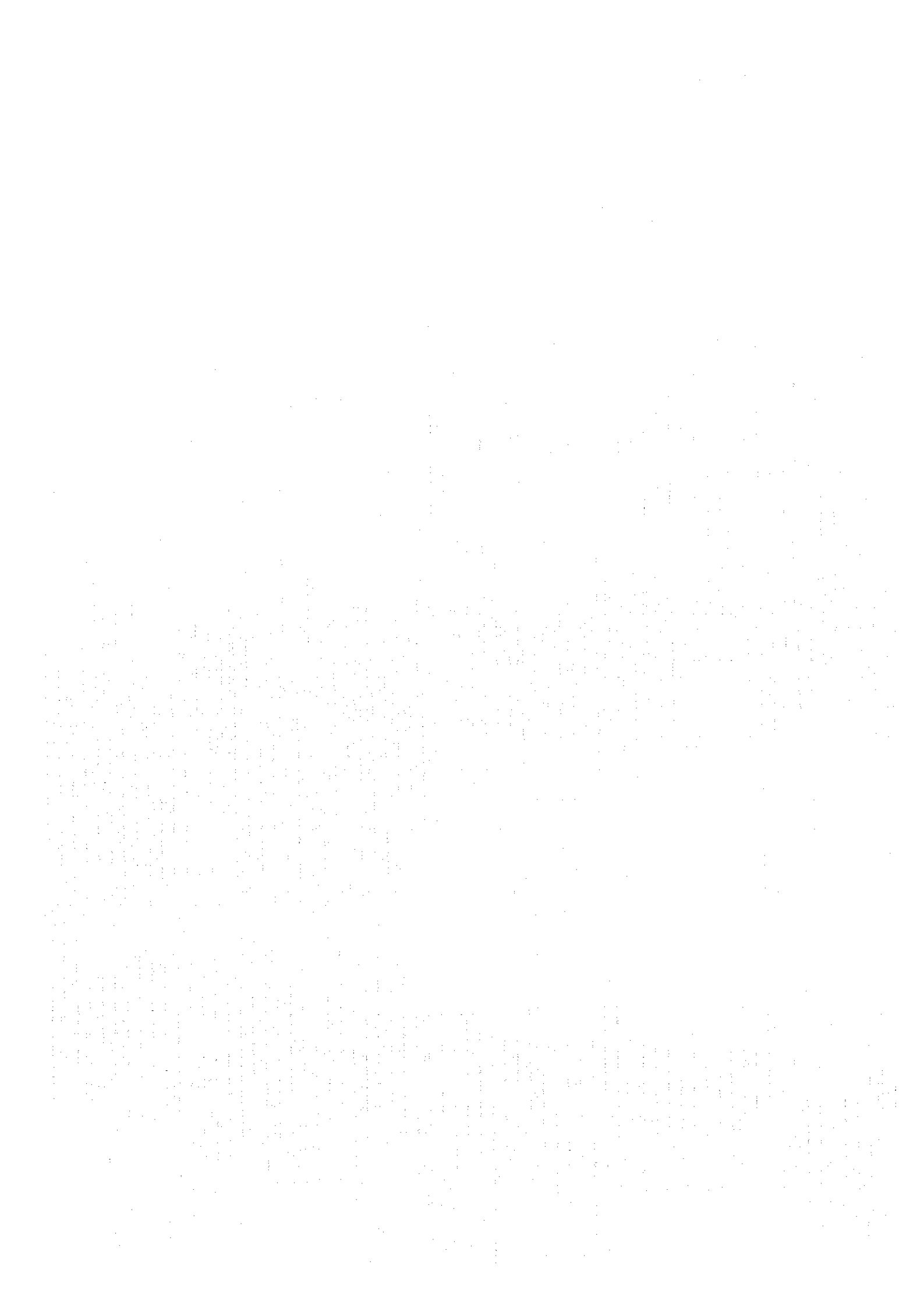
浅部極磁力図の深度範囲(地表 ~ 35m)における磁気異常は、地表近傍における岩石の磁気的性質を反映しているものと考えられるが、Fig. 2-1-1に示した地質図との明瞭な対応関係は認められない。おそらく本地区に発達する断層等による磁性岩体の転位や、風化の程度の違いによる岩石の磁気的性質の変化を反映しているものであろう。

b)-2 中間深度極磁力図

中間深度極磁力図(Fig. 2-2-9)では、地区北半部でコントラストの低い高低の磁気異常がみられ、陰影効果によって N15°E 方向の方向性が強調されているが、北東隅部には N30°W 方向を示すものも認められる。南半部では、N15°E 方向を示しながら波長 150 ~ 300m 前後で繰り返し反復する高低の磁気異常が多く分布するほか、沢沿いの ENE-WNW 方向の低磁気異常、その南北両側の同方向に配列する高磁気異常、東端部の N30°W 方向の高磁気異常等が分布している。

中深部極磁力図の深度範囲(35 ~ 150m)では、地表風化の影響が少なく、この深度範囲における磁気異常は地質図との対比に最も適している。しかし、地区北東隅部の N30°W 方向の弱いコントラストを示す高低の低磁気異常が DHSRL (Dunite-harzburgite suite with remarkable layering)の分布とほぼ一致することや、MDHS (Massive dunite-harzburgite suite)中の Dunite rich zone でしばしば低磁気異常が認められる以外に、磁気異常と地質の対応性は明らかでない。

なお、地区南半部の北東隅の Ahu i Vetem や Lugu i Batres 両鉱微地の周辺に N30°W 方向を示す特徴的な高磁気異常がみられるほか、地区南部の沢沿い及びその周辺に分布する Buzgare 等の鉱微地の付近に特徴的な高低の磁気異常パターンが認められることから、そのパターンに類似した範囲 4 箇所を選んで磁気異常地とした。また、地区南半部には Lugu i Batres 鉱微地から Ahu i Vetem 鉱微地を経て地区南西隅に連なる環状の高磁気異常の配列がみられ、これを環状リニアメントとして抽出した。



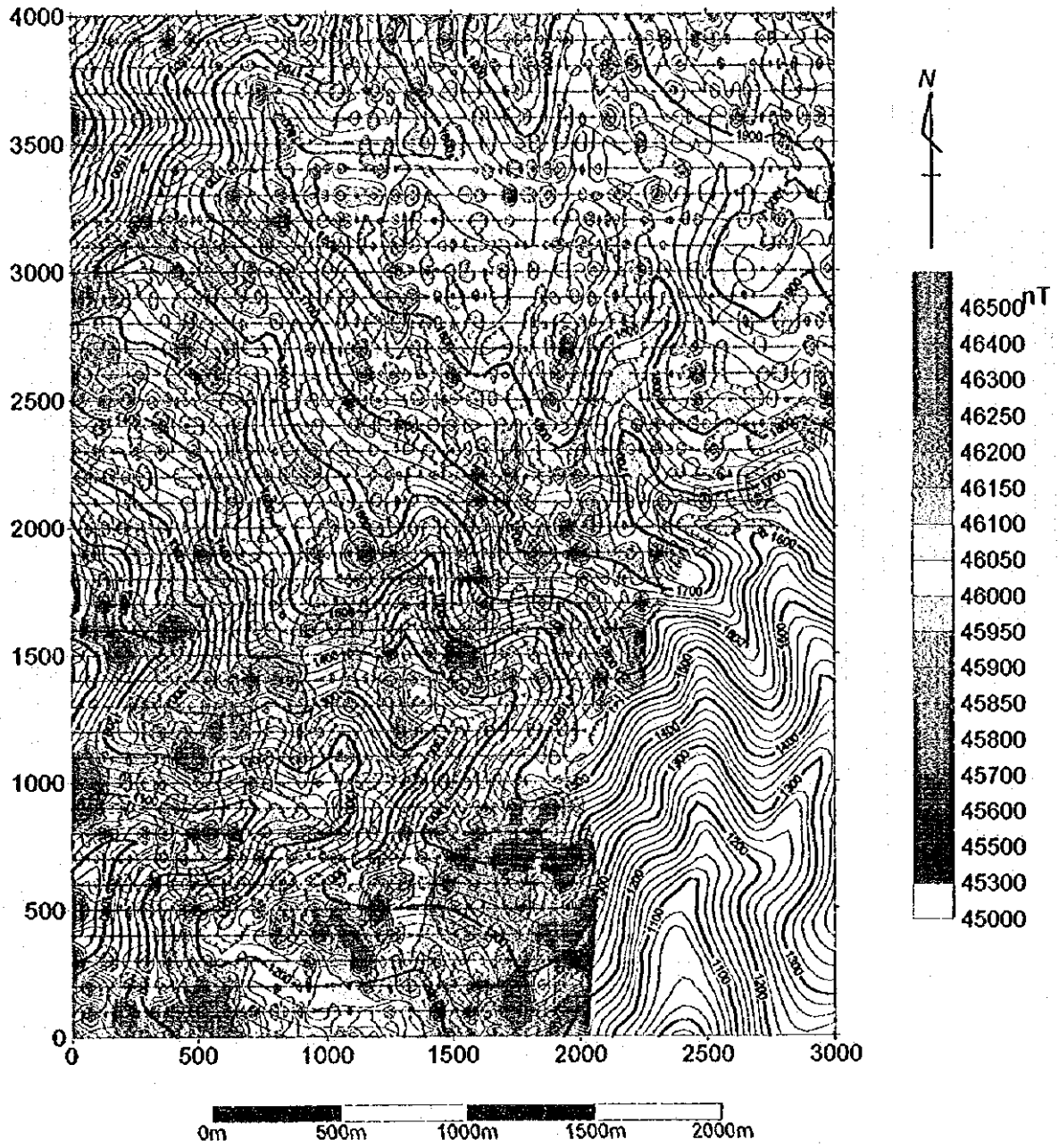
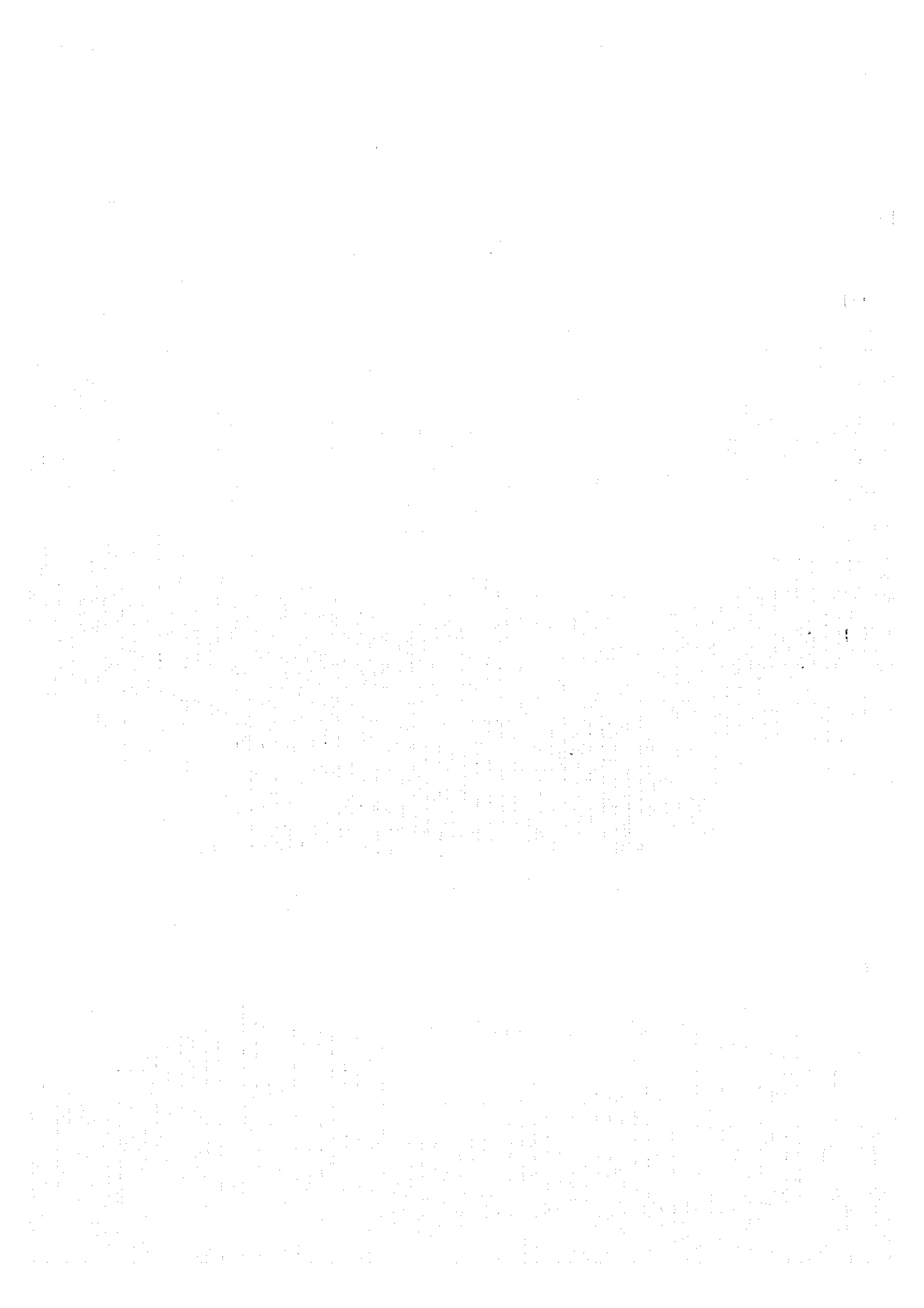


Fig. 2-2-3 Total magnetic intensity map, Central Shebenik Area



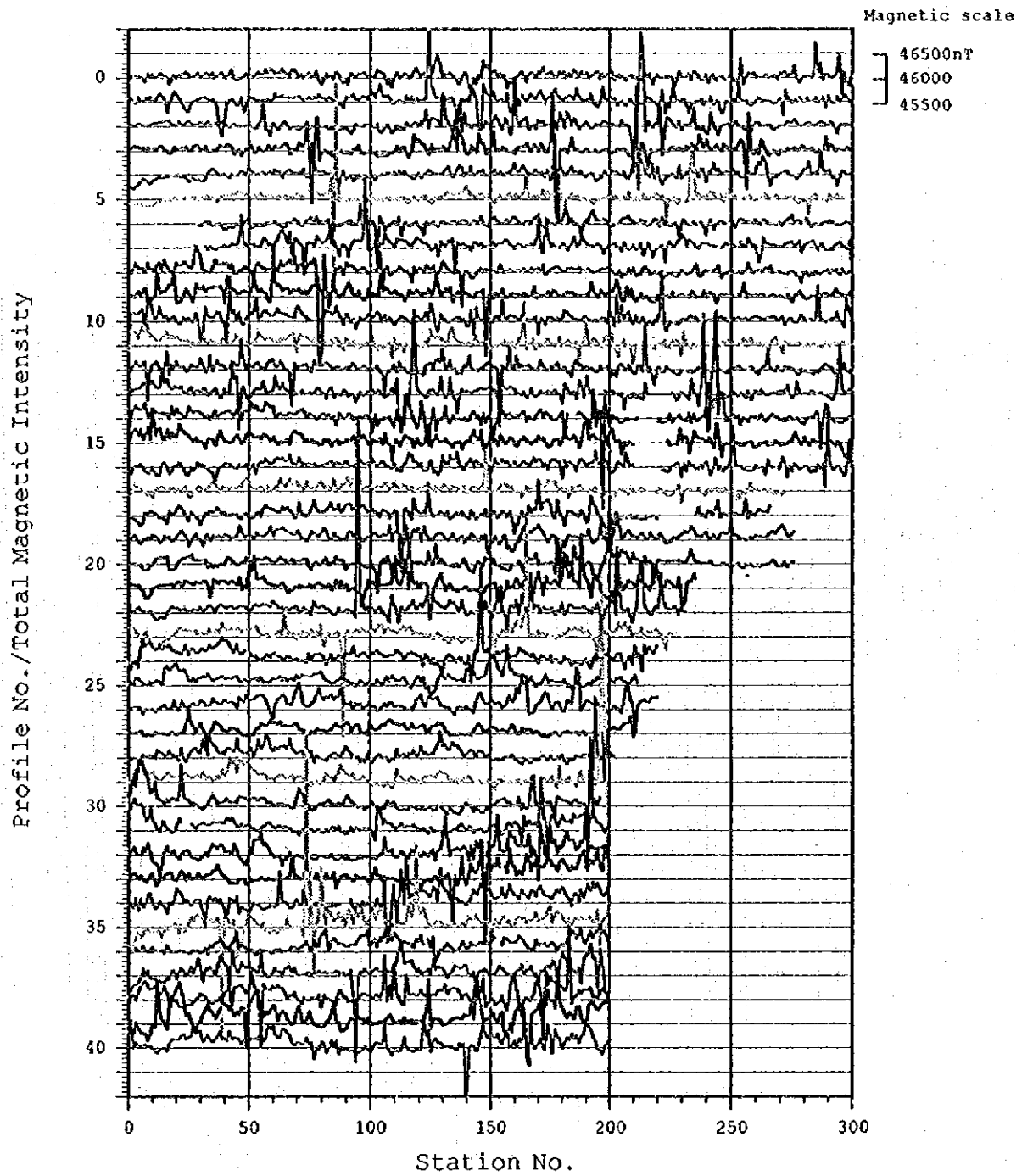


Fig.2-2-4 Magnetic profiles, Central Shebenik Area

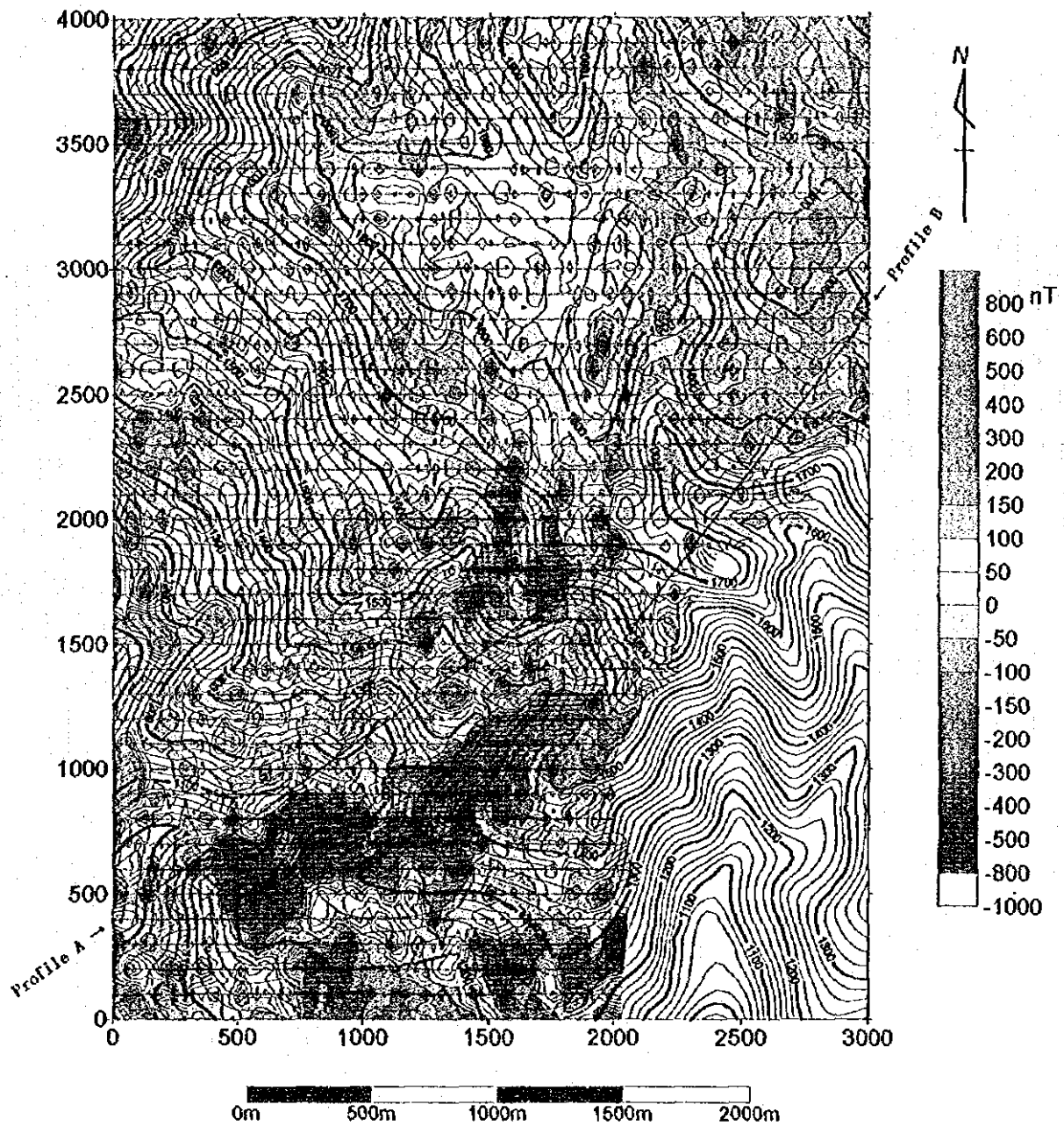


Fig. 2-2-5 Total magnetic intensity map (topography compensated),
Central Shebenik Area

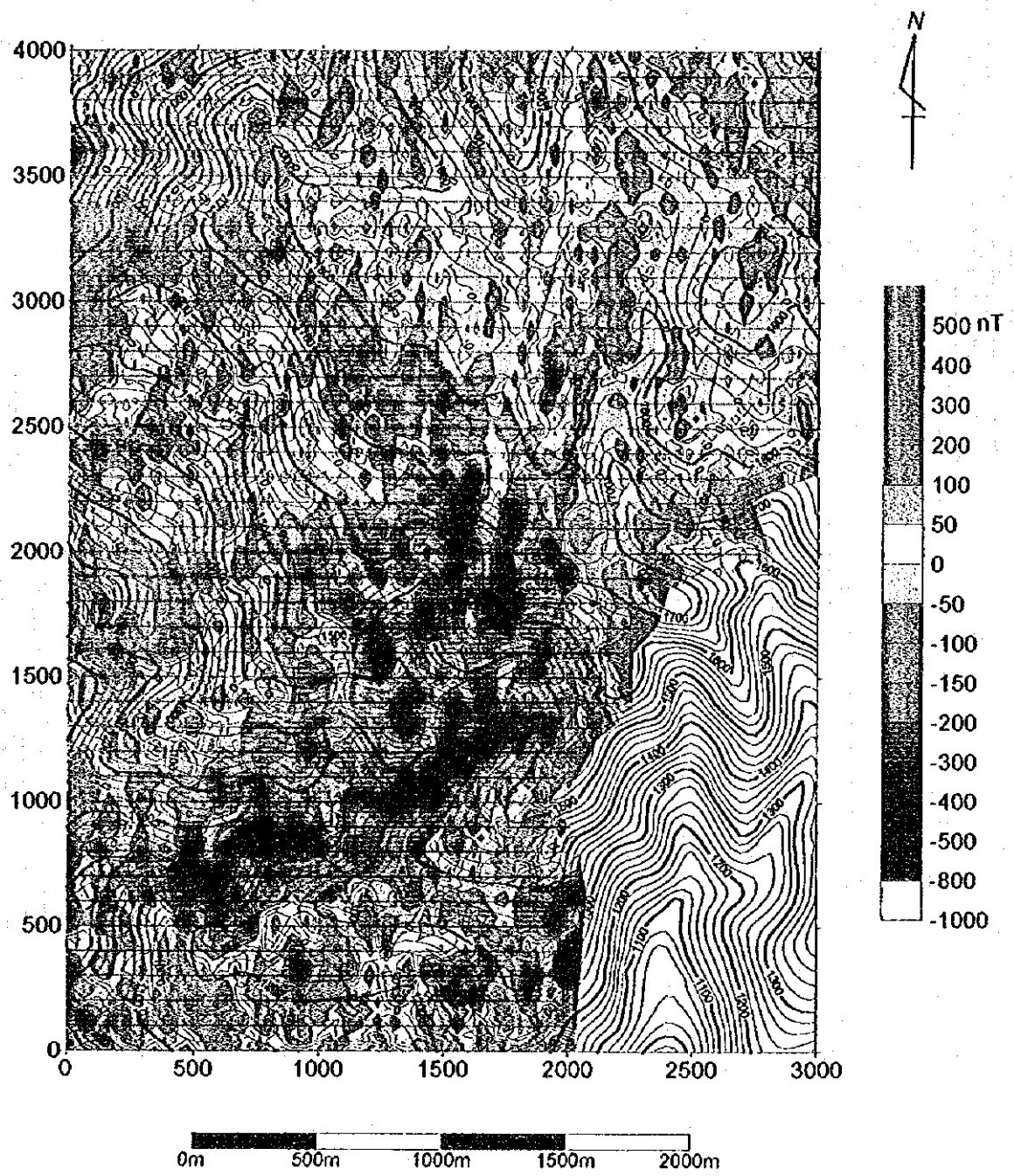


Fig. 2-2-6 Reduction to the pole map, Central Shebenik Area

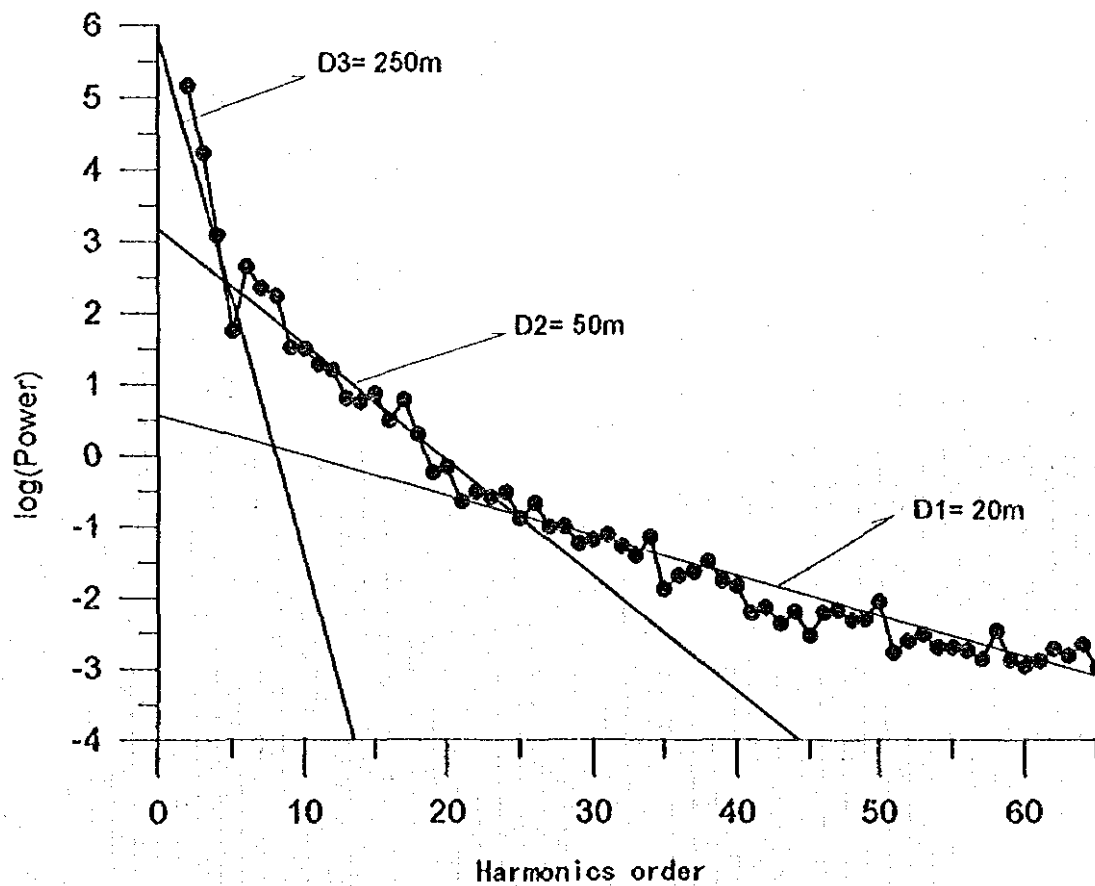
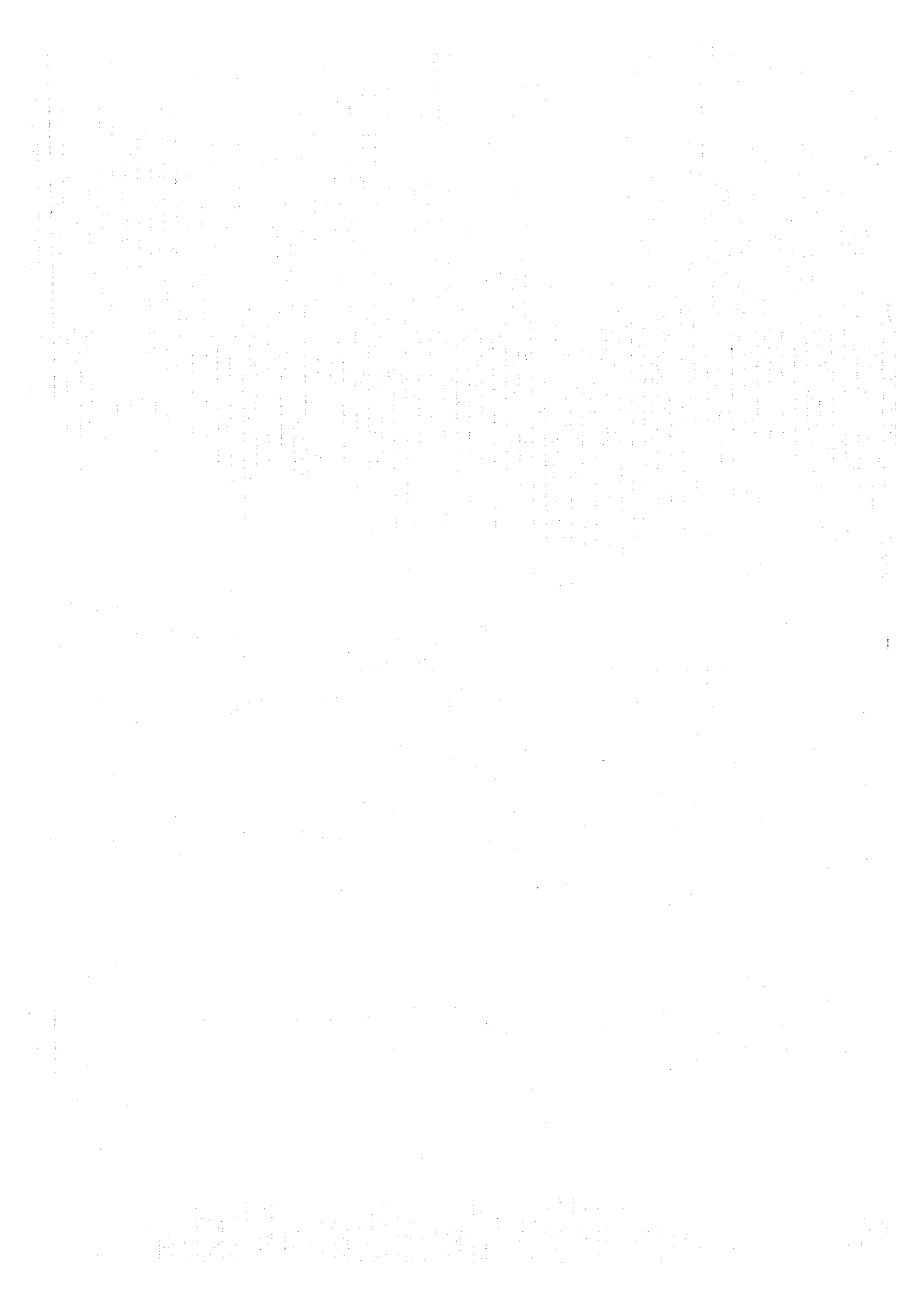


Fig. 2-2-7 Magnetic spectra, Central Shebenik Area



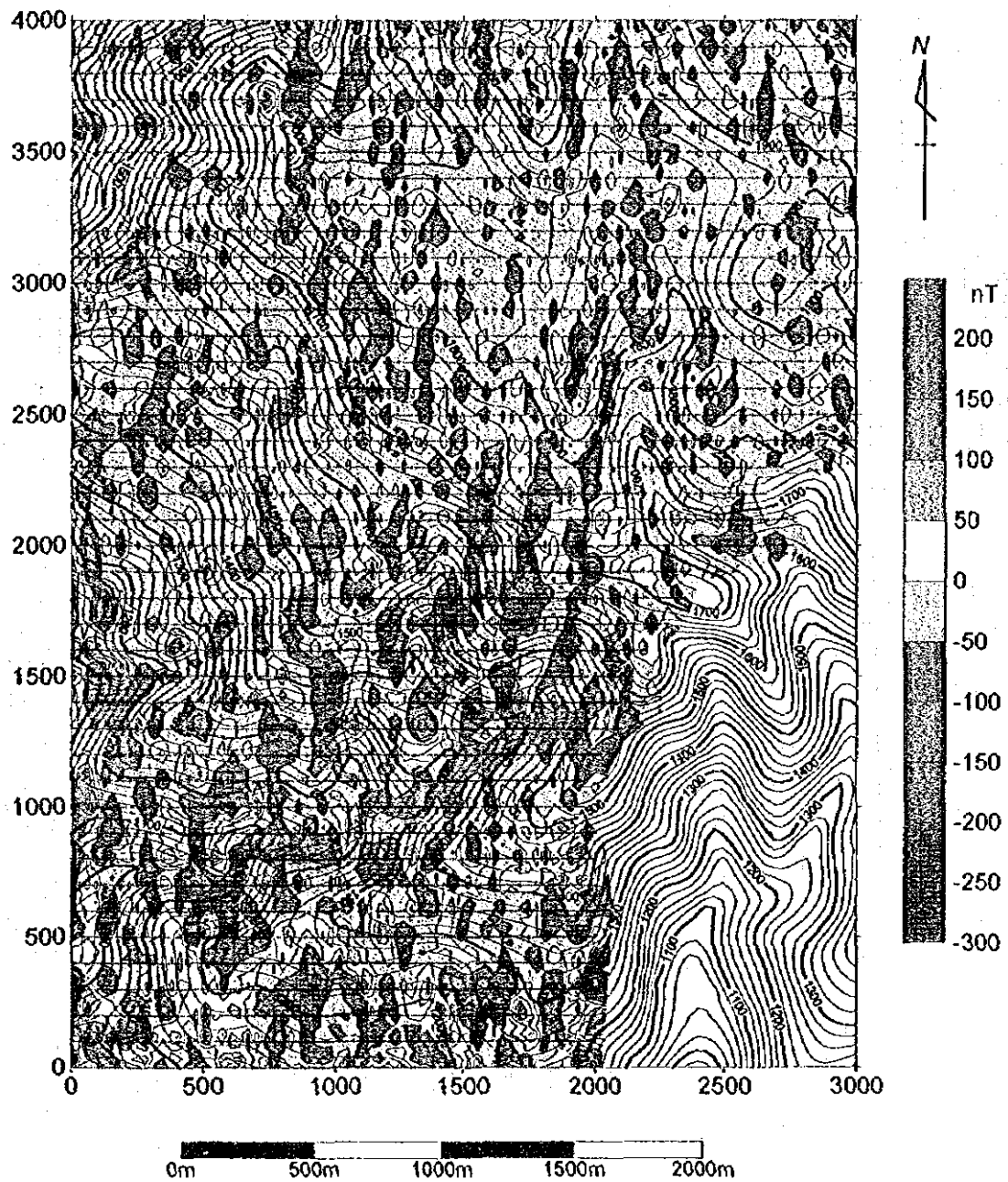


Fig. 2-2-8 Reduction to the pole map (shallow component extracted),
Central Shebenik Area

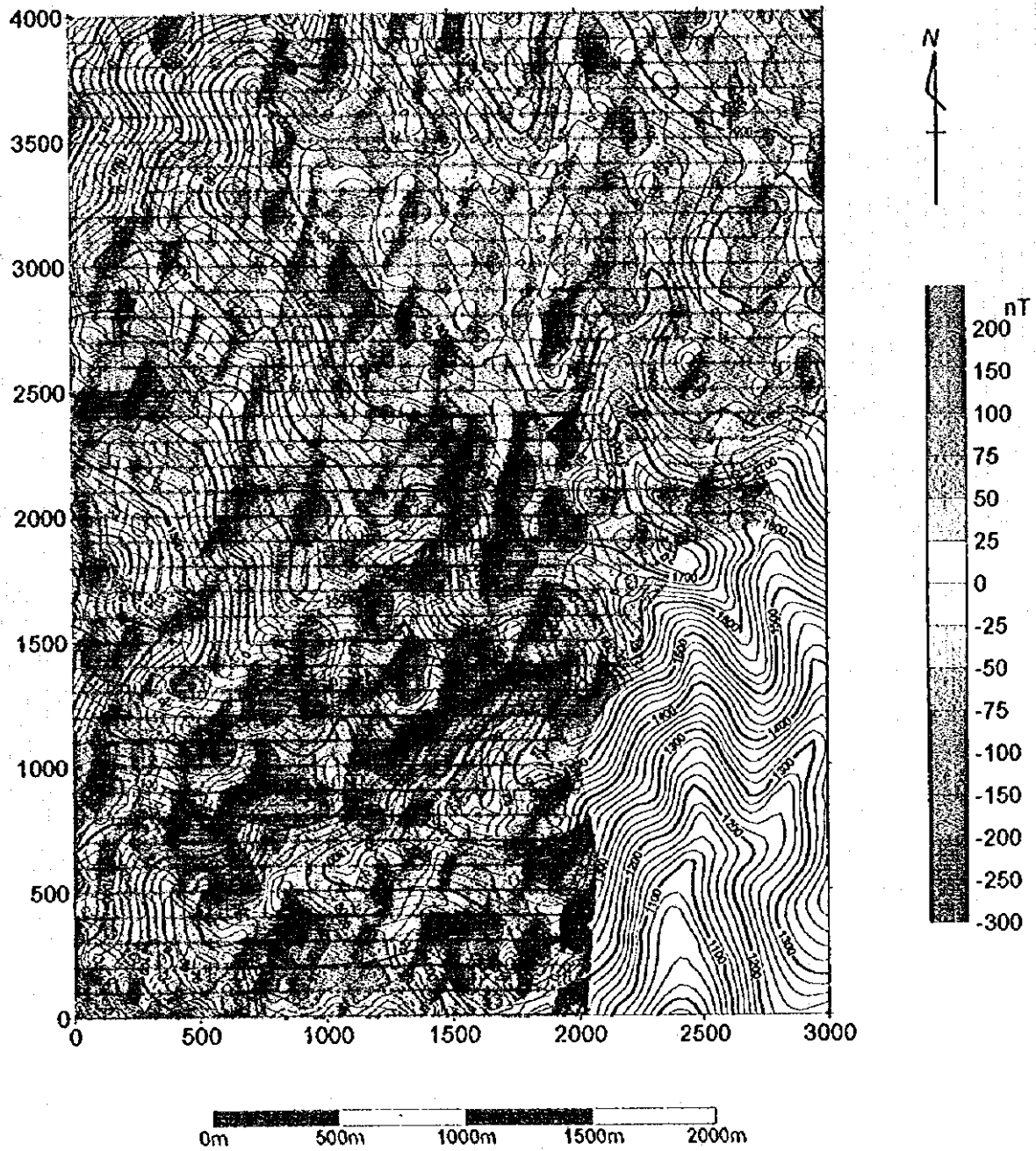


Fig. 2-2-9 Reduction to the pole map (middle component extracted),
Central Shebenik Area

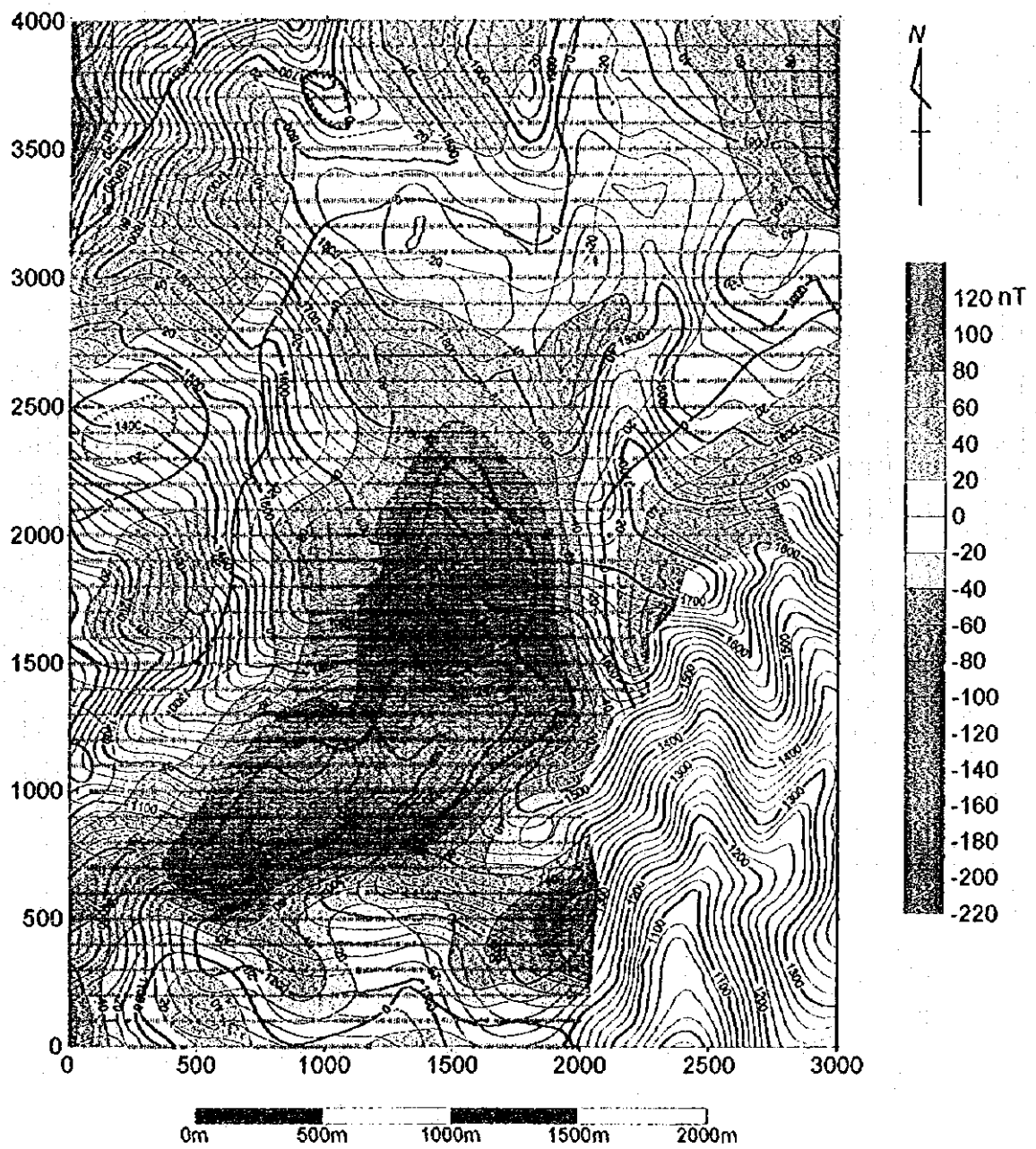
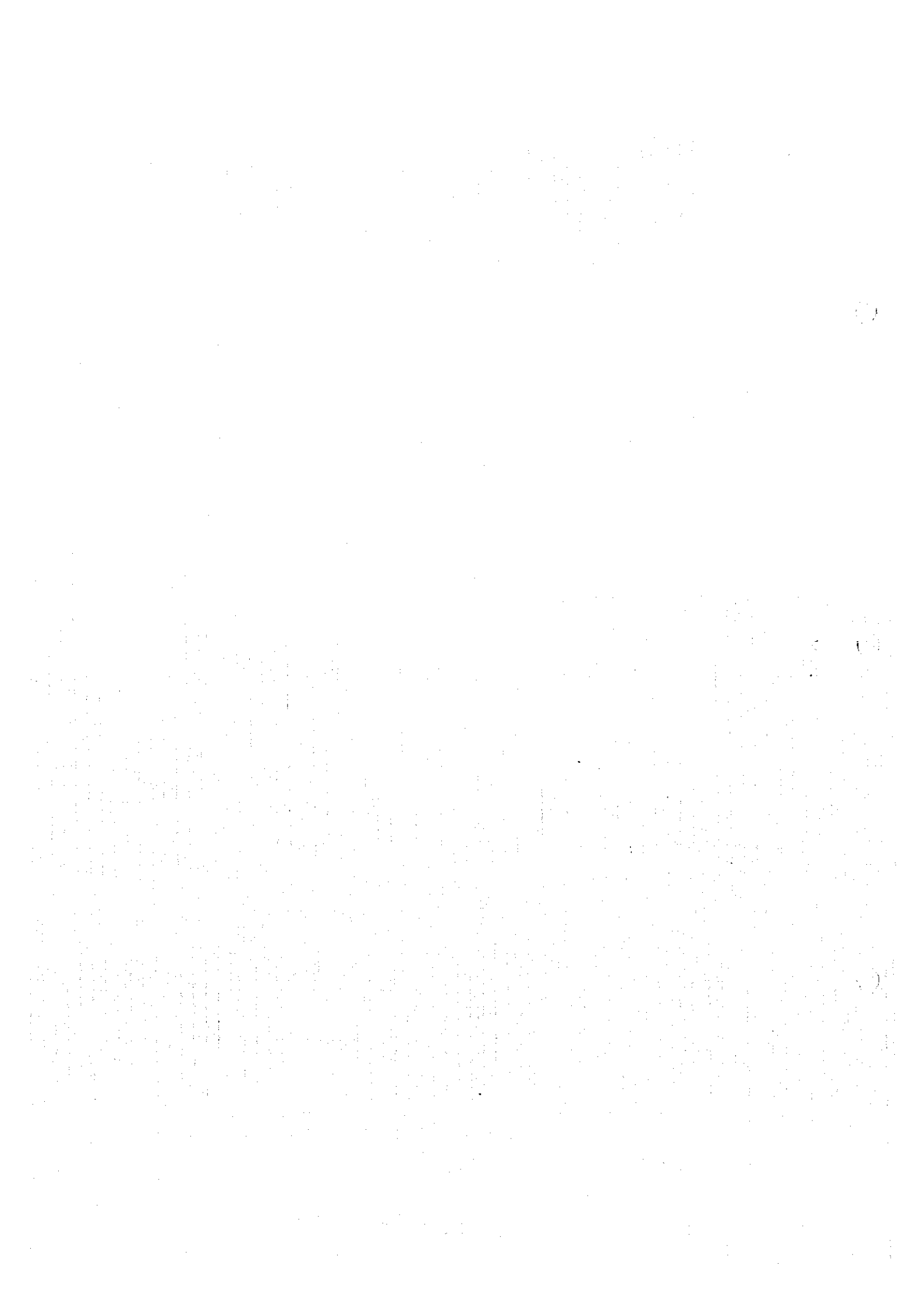


Fig. 2-2-10 Reduction to the pole map (deep component extracted),
Central Shebenik Area



b)3 深部極磁力図

深部極磁力図(Fig. 2-2-10)では、地区南部の沢沿いから北半部中央に連なる大きな低磁気異常が分布し、これを取り囲むように、その南・東及び北東に高磁気異常が分布する。また、地区北東隅に低異常がみられる。

深部極磁力図の深度範囲(150m以深)を地表地質から正確に推定することは困難であるが、本地区では、この深度範囲においても広範囲にグナイトを伴うハルツバージャイトが分布するものと予想される。

本地区南部から北半部中央にかけての大きな低磁気異常は、その分布範囲内から採取された試料の多くが後述するように逆帯磁を示すことから、逆帯磁した岩石の自然残留磁気の影響を反映しているものと考えられるが、全磁力値の地形補正の際に、沢沿いの測点では地形補正が十分に行われなかった可能性も否定できない。なお、地区北東隅の低磁気異常は、上述の DHSRL が深くまで分布することを反映しているものと推定される。

(3) 帯磁率

Shebenik 中央地区の 97 の露頭で Kappameter KT-5 を用いて帯磁率を測定した。露頭位置を Fig. 2-2-11 に、測定結果を Table 2-2-2 に、その統計量を Table 2-2-3 及び Fig. 2-2-12 に示す。測定した岩種別内訳は、ハルツバージャイト 61 露頭、グナイト 49 露頭、クロミタイト 9 露頭、蛇紋石 1 露頭、パイロキシナイト 3 露頭である。

Fig. 2-2-12 に示したように、岩種による帯磁率の平均値にあまり大きな差は認められず、また、同一岩種中での測定値にかなり大きなばらつきがみられることから、岩種間での帯磁率の有意な差はないものと考えられる。しかし、グナイトの標準偏差は、Table 2-2-3 に示すように、他の岩種よりも大きく、なかにはハルツバージャイトやクロミタイトより大きな値を示すものも存在する。

このように、Shebenik 中央地区では岩種間での帯磁率の差があまりないことから、前述の極磁力図に見られる極端な低磁気異常を岩石の帯磁率の違いによる誘導磁場では説明することはかなり難しい。

(4) 自然残留磁気

Shebenik 中央地区に分布する各種岩石の自然残留磁気を調べるために、30 個の定方位試料を採取した。試料採取位置を前述の帯磁率測定露頭位置と共に Fig. 2-2-11 に示した。定方位試料のうち、1 試料は整形中に破損したため、29 個の試料について自然残留磁気と帯磁率を測定した。測定した試料の内訳は、ハルツバージャイト 20 試料、グナイト 6 試料、クロミタイト 1 試料、パイロキシナイト 2 試料である。

測定結果を Table 2-2-4 に示す。測定した試料の保磁力は、同表に示したように、ハルツバージャイトの 1 試料 (No.6) を除く他の 28 試料で充分高い値を示す。

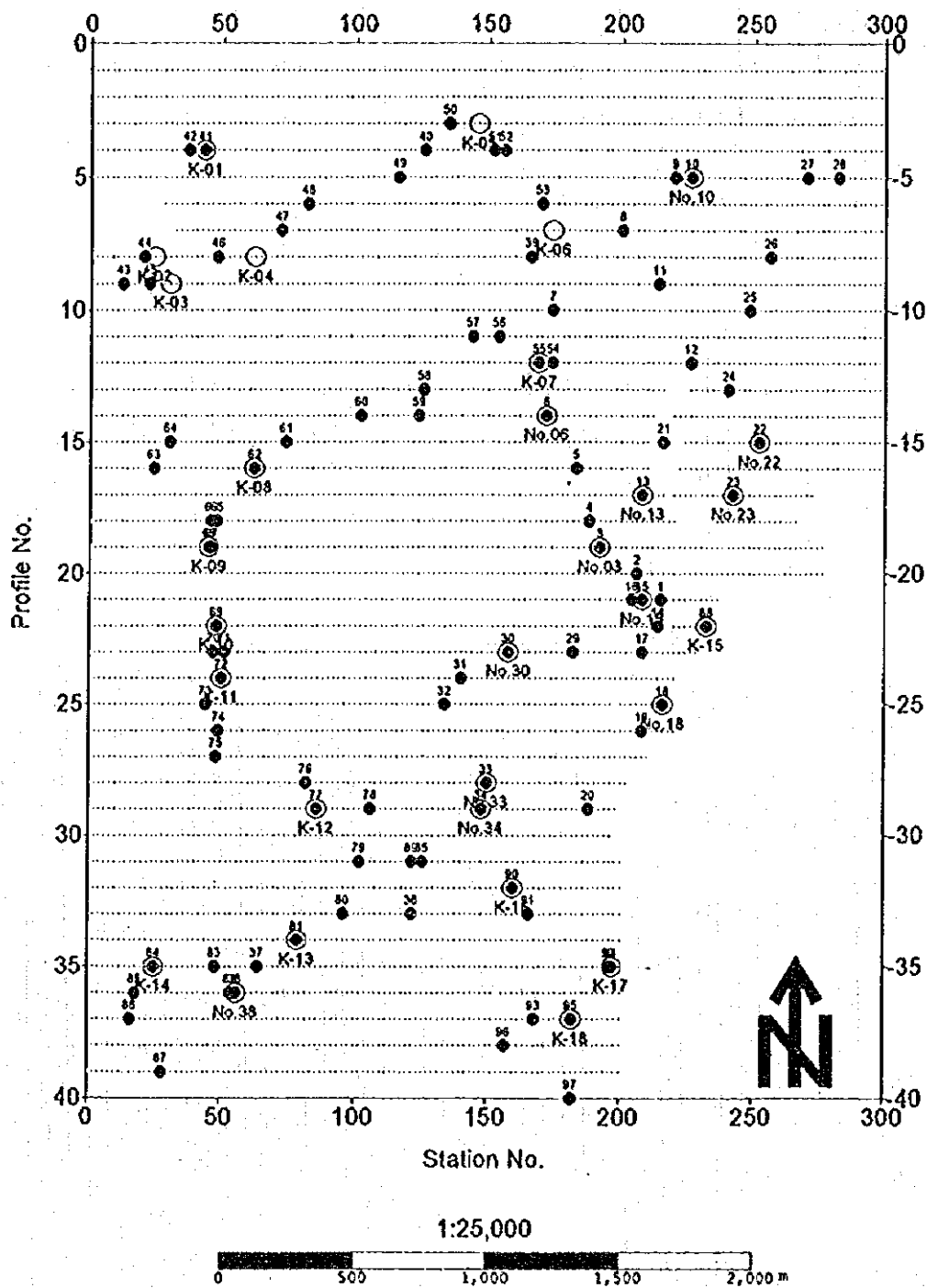


Fig. 2-2-11 Location map of oriented rock samples and susceptibility measurements, Central Shebenik Area

Table 2-2-2 Magnetic susceptibility, Central Shebenik (1/2)

No.	Location		Data1	Data2	Data3	Data4	Data5	Data6	Correction factor	Susceptibility $\times 10^{-3}$ SI	Description	Oriented sampling	
	Profile	Station											
1	21	215	2.89	2.93	2.82				1.15	3.31	H _z		
			2.05	1.80	1.40	1.52	1.51			1.15	1.90	H _z	
2	20	206	3.02	3.25	2.90				1.15	3.52	H _z		
			6.49	8.08	4.95				1.15	7.48	H _z		
			6.27	10.20	9.64	9.91				1.15	10.36	Serpentinization	
3	19	192	9.68	9.35	9.86				1.15	11.07	H _z	No.3	
4	18	188	6.35	4.99	3.82	6.36			1.15	6.19	H _z		
5	16	183	1.42	1.78	1.74				1.15	1.89	H _z		
6	14	172	3.40	4.59	3.49	3.32			1.15	4.26	H _z		
			2.66	2.81	2.75					1.15	3.15	H _z	No.6
7	10	174	1.46	1.76	1.63				1.15	1.86	H _z		
8	7	200	0.78	0.80	0.80				1.15	0.91	H _z		
9	5	220	0.83	0.85	0.87				1.15	0.98	H _z		
			1.98	1.99	1.92					1.15	2.26	H _z	
10	5	226	1.94	1.96	1.74				1.32	2.48	Du		
			2.22	2.28	2.43					1.15	2.66	Du	No.10
11	9	214	0.97	0.99	0.99				1.15	1.13	H _z		
12	12	226	4.13	4.28	4.75				1.15	5.04	H _z		
13	17	208	1.71	1.72	1.68				1.15	1.96	H _z	No.13	
14	22	214	2.45	1.94	2.21	1.88			1.57	3.33	Cr		
			2.62	2.40	2.20				1.37	3.30	Cr		
			1.48	1.33	1.48				1.15	1.64	Cr		
15	21	208	1.77	1.72	1.82				1.15	2.04	Du	No.15	
16	21	204	2.51	2.21	1.95	2.23			1.23	2.74	Cr		
17	23	208	3.75	3.56	3.72				1.23	4.52	Px		
18	25	216	1.81	1.79	1.84				1.15	2.09	Du		
			2.32	2.34	2.20					1.15	2.63	Du	No.18
19	26	208	1.07	1.12	1.03				1.15	1.23	H _z		
			1.61	1.62	1.79					1.23	2.06	Du	
			0.99	1.02	1.02					1.15	1.16	H _z	
20	29	188	1.33	1.05	0.99	1.05			1.15	1.27	H _z		
21	15	216	6.38	7.04	7.34	5.92			1.15	7.67	Du		
22	15	252	1.59	1.65	1.62				1.15	1.86	H _z	No.22	
			1.04	1.08	1.01					1.15	1.20	H _z	
23	17	242	0.96	0.96	0.95				1.32	1.26	H _z		
			3.12	3.76	3.70				1.15	4.06	Du	No.23	
			4.02	3.60	3.77					1.15	4.37	Du	
			2.46	2.55	2.55					1.15	2.90	Du	
			1.63	1.56	1.67					1.15	1.86	Du	
			2.27	2.28	2.20					1.15	2.59	Du	
24	13	240	2.13	2.12	2.15				1.15	2.45	H _z		
25	10	248	1.22	1.26	1.25				1.15	1.43	H _z		
26	8	256	0.75	0.81	0.78				1.15	0.90	H _z		
27	5	270	1.11	1.13	1.08				1.15	1.27	H _z		
28	5	282	1.21	1.17	1.08				1.15	1.33	H _z		
			2.61	2.63	2.53				1.15	2.98	Du		
			2.71	2.73						1.15	3.13	Du	
			1.06	1.14	1.06					1.15	1.25	H _z	
29	23	182	1.19	1.13	1.15				1.15	1.33	H _z		
30	23	158	1.40	1.43	1.49	1.34			1.15	1.63	H _z		
			2.27	2.24	2.37					1.15	2.64	H _z	No.30
31	24	140	2.59	2.50	2.77	2.65			1.15	3.02	H _z		
32	25	134	2.24	2.36	2.18				1.15	2.60	Du		
33	28	150	1.73	1.64	1.70				1.15	1.94	H _z		
			1.56	1.82	1.83					1.15	2.00	H _z	No.33
34	29	148	3.95	3.50	3.59				1.15	4.23	H _z	No.34	
35	31	126	2.40	2.15	1.93	2.08			1.15	2.46	H _z		
36	33	122	2.72	2.51	2.77				1.15	3.07	H _z		
37	35	64	1.91	1.91	1.83				1.15	2.17	Cr		
			1.88	1.91	1.86	1.93				1.15	2.18	Cr	
			1.90	1.90	1.89	1.86				1.15	2.17	Cr	
38	36	56	1.05	0.94	1.29	1.05			1.15	1.24	Du	No.38	
39	8	166	1.32	1.32	1.34	1.32			1.15	1.52	Du		
40	4	126	2.07	2.11	2.10	2.07			1.15	2.40	Du		

Table 2-2-2 Magnetic susceptibility, Central Shebenik (2/2)

No.	Location		Data1	Data2	Data3	Data4	Data5	Data6	Correction factor	Susceptibility $\times 10^{-3}$ SI	Description	Oriented sampling
	Profile	Station										
41	4	43	3.48	3.51	3.56	3.45			1.15	4.03	Du	
42	4	37	1.26	1.22	1.23	1.23			1.15	1.42	Du	
43	9	12	3.68	3.80	3.89	3.62			1.15	4.31	Du	
44	8	20	2.09	2.43	2.26	2.39			1.15	2.64	Du	
45	9	22	6.47	7.26	7.12	7.17			1.15	8.06	Du	
46	8	48	6.30	5.83	6.32	6.21			1.15	7.09	Du	
47	7	72	1.46	1.37	1.45	1.84	1.81		1.15	1.82	H _z	
48	6	82	2.61	2.78	2.93	2.85			1.15	3.21	H _z	
49	5	116	2.08	2.15	2.18	2.15			1.15	2.46	Du	
50	3	135	1.61	1.65	1.60	1.71			1.15	1.89	Du	
51	4	152	3.22	3.13	3.31	3.31			1.15	3.73	Du	
52	4	156	1.22	1.14	1.14	1.20			1.15	1.35	H _z	
53	6	170	4.07	4.54	3.84	3.91	3.73		1.15	4.62	Du	
54	12	174	12.50	11.60	12.80	13.90	15.60	12.10	1.15	15.05	Du	
55	12	169	2.86	2.71	2.80	2.80			1.15	3.21	H _z	K-7
56	11	154	2.55	2.60	2.66	2.87	3.34	2.58	1.15	3.18	Du	
57	11	144	1.31	1.20	1.27	1.11	1.15		1.15	1.39	Du	
58	13	126	1.17	1.19	1.31	1.38	1.36	1.38	1.15	1.49	Du	
59	14	124	1.55	1.57	1.51	1.59	1.59		1.15	1.80	H _z	
60	14	102	4.07	3.80	3.81	3.72	3.80		1.15	4.42	Du	
61	15	74	7.16	6.11	6.54	7.52	7.54		1.15	8.02	Du	
62	16	62	2.42	2.66	2.63	2.43			1.15	2.92	H _z	K-8
63	16	24	16.50	19.10	20.00	19.30	18.80		1.15	21.55	Du	
64	15	30	2.93	2.95	2.87	2.82	3.01		1.15	3.35	H _z	
65	18	48	1.51	1.51	1.80	1.71	1.53	1.19	1.15	1.77	Du	
66	18	46	2.64	2.33	2.38	2.35	2.30		1.15	2.76	Du	
67	19	46	1.18	1.17	1.17	1.19			1.15	1.35	H _z	
68	19	45	1.02	1.07	1.07	1.06			1.15	1.21	H _z	K-9
69	22	48	4.49	5.24	5.33	5.31			1.15	5.86	H _z	K-10
70	23	47	2.95	2.93	2.95	2.94			1.15	3.38	Du	
71	23	51	1.62	1.65	1.62	1.62	1.57		1.15	1.86	H _z	
72	24	50	1.26	1.30	1.35	1.25			1.15	1.48	P _x	K-11
73	25	44	4.08	4.28	4.24	4.05			1.15	4.79	H _z	
74	26	49	3.91	4.02	3.96	3.95			1.15	4.56	H _z	
75	27	48	7.59	7.89	6.64	7.62	7.40		1.15	8.54	Du	
76	28	82	1.98	1.81	1.91	2.00			1.15	2.21	H _z	
77	29	86	2.89	2.83	2.92	2.89			1.15	3.31	Du	K-12
78	29	106	3.36	3.29	3.31	3.28			1.15	3.81	Du	
79	31	102	1.33	1.38	1.24	1.23	1.25		1.15	1.48	H _z	
80	33	96	1.16	1.12	1.15	1.16			1.15	1.32	H _z	
81	34	79	2.69	2.74	2.76	3.20	2.96		1.15	3.30	H _z	K-13
82	36	54	5.29	5.68	5.67	5.23			1.15	6.29	H _z	
83	35	48	6.58	6.78	6.77	6.93			1.15	7.78	Du	
84	35	25	5.96	5.87	5.97	5.97			1.15	6.83	H _z	K-14
85	36	18	5.11	4.87	5.96	4.54	4.55	4.62	1.15	5.68	Du	
86	37	16	13.60	13.70	13.70	13.60			1.15	15.70	Du	
87	39	28	15.00	14.90	15.10	15.00			1.15	17.25	Du	
88	22	232	3.77	3.19	3.20	3.23			1.15	3.85	Cr	K-15
			4.07	3.89	3.80	4.02			1.15	4.54	Du	
89	31	122	9.81	11.90	11.80	11.60	10.70		1.15	12.84	Du	
90	32	160	0.70	0.66	0.66	0.65			1.15	0.77	P _x	K-16
91	33	166	2.48	2.35	2.27	2.22	2.25		1.15	2.66	H _z	
92	35	196	1.53	1.51	1.51	1.50			1.15	1.74	H _z	
93	37	168	6.00	6.25	6.49	6.25			1.15	7.18	H _z	
94	35	197	6.17	6.15	6.17	6.16			1.15	7.09	H _z	K-17
95	37	182	4.00	3.99	4.00	3.92			1.15	4.57	H _z	K-18
96	38	157	18.80	17.80	17.80	17.90			1.15	20.79	Du	
97	40	182	10.70	10.70	10.60	11.10			1.15	12.39	Du	
98	4	43									H _z	K-1
99	8	24									H _z	K-2
100	9	30									H _z	K-3
101	8	62									H _z	K-4
102	3	146									H _z	K-5
103	7	174									H _z	K-6

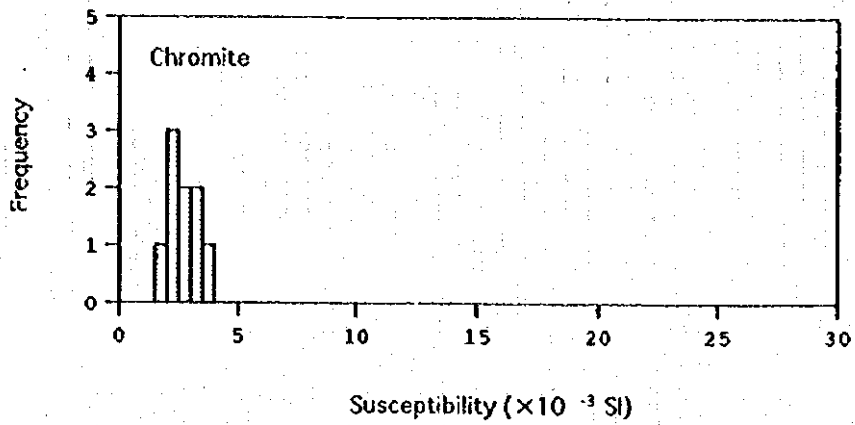
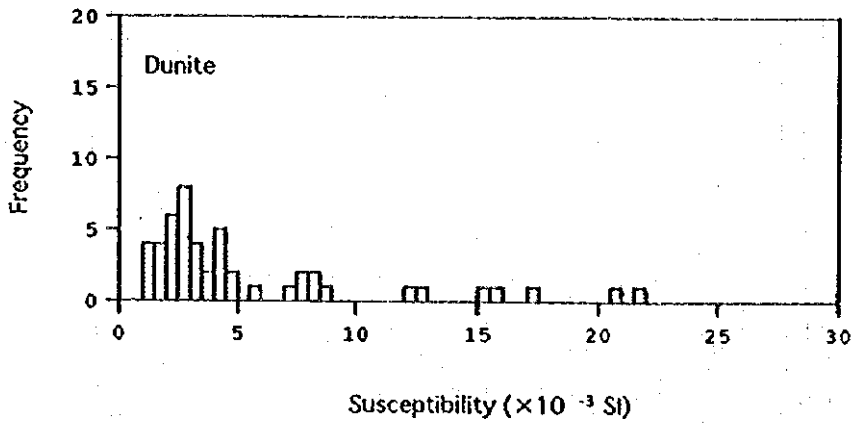
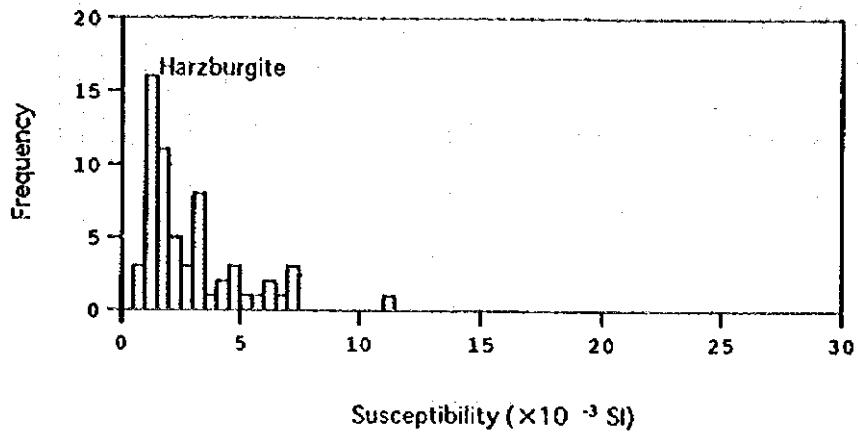


Fig. 2-2-12 Histogram of susceptibility, Central Shebenik Area

Table 2-2-3 Statistics of magnetic susceptibility of the Central Shebenik area

Description	Number of samples	Susceptibility ($\times 10^3$ SI)				
		Minimum	Maximum	Median	Average	Std.Dev.
Harzburgite	61	0.90	11.1	2.00	2.92	2.05
Dunite	49	1.24	21.6	3.31	5.45	5.04
Chromitite	9	1.64	3.85	2.74	2.71	0.72
Serpentinite	1	--	--	10.4	--	--
Pyroxenite	3	0.77	4.52	1.48	2.26	1.99

Remarks; Std.Dev.: Standard Deviation

自然残留磁化方位は、グナイト6試料中5試料で現在の地球磁場とは異なる逆帯磁方向を示し、1試料が現在の地球磁場とはほぼ同方向を示す。ハルツバージャイトでは、19試料中5試料が逆帯磁方向を、11試料が現在の地球磁場と同方向を、2試料が現在の地球磁場と異なる方向をそれぞれ示し、1試料では現在の地球磁場との関係は不明である。なお、パイロキシナイト2試料及びクロミタイト1試料はいずれも現在の地球磁場とほぼ同じ方向を示す。

これらの結果をみる限りでは、グナイトが他の岩種に比べてかなり高い確率（クロミタイトを含めるとその確率は、 $5/7=0.714$ ）で逆帯磁していることが注目される。これに対してハルツバージャイトの逆帯磁している確率は $5/19=0.263$ に過ぎず、その活動末期に形成されたと考えられるパイロキシナイトを含めるとその確率は $5/21=0.238$ と更に低下する。

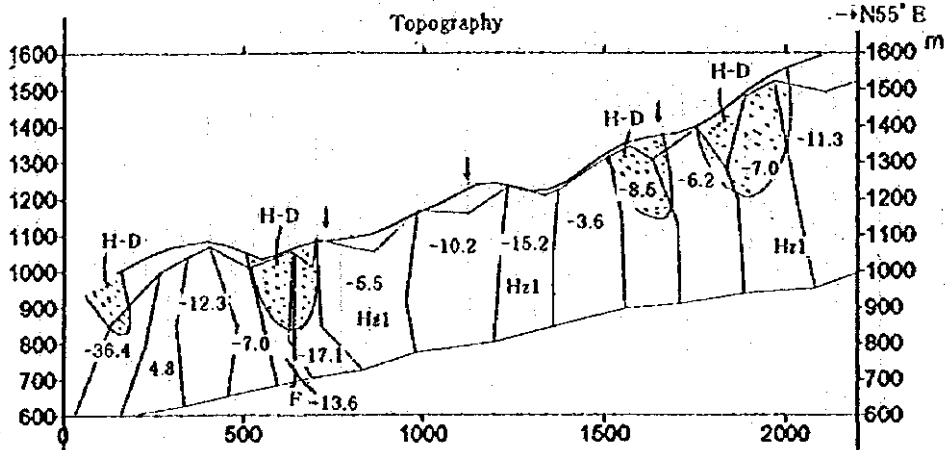
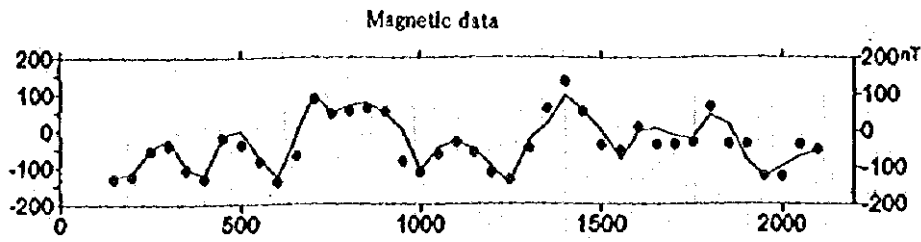
このような自然残留磁化方位の相違は、測定試料が約 10km^2 の狭い範囲から採取されていることを考慮に入れると、残留磁気獲得当時の地球磁場の相違や断層による転位によって生じていると考えられる。しかし、測定試料には層理面のような磁化された当時の基準面が含まれていないため、自然残留磁気獲得時の絶対方位に基づく、試料の自然残留磁化方位の検討はできない。また、磁気探査の際に測定された全磁力値は、地球磁場によって磁性岩体周辺に生じた誘導磁場と、岩石がキュリー点以下に冷却されたときに獲得した自然残留磁気によって生じた磁場との合力とみなされるが、それぞれを分離することは困難である。

前述したように、全磁力値の測定結果に基づいて、Shebenik 中央地区から多くの磁気異常が抽出された。しかし、帯磁率の項で述べたように、本地区の構成岩石であるハルツバージャイト・グナイト及びクロミタイトには帯磁率の有意な差は認められない。したがって、これらの磁気異常を岩種の違いによって説明することは難しく、むしろ、局所的な帯磁率の違い、断層転位による残留磁化方位の違い、岩種による残留磁化方位の違い等を反映していると考えられる。特に低磁気異常は逆帯磁した岩体を反映している可能性が高く、グナイトが高い確率で逆帯磁していることからグナイトが低磁気異常として捉えられる確率が高いことを示唆している。なお、グナイトが極めて高い確率で逆帯磁している理由は、今後検討すべき課題である。

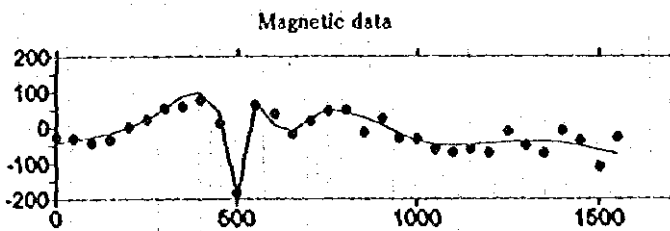
Table 2-2-4 Magnetic susceptibility and remnant magnetization of the Central Shebenik area

No.	Sample Number	Rock facies	Susceptibility (Si)		Susceptibility (CGS)		NRM	Core sample coordinates			Geographic coordinates		Coercivity (Oe)	Orientation of magnetization	
			LF(0.46kHz) $\times 10^{-4}$	HF(4.6kHz) $\times 10^{-4}$	LF(0.46kHz) $\times 10^{-5}$	HF(4.6kHz) $\times 10^{-5}$		A/M	Q	Declination	Inclination	Declination			Inclination
1	K-1	HZ	3.70	3.70	2.95	2.95	16.80	12	22.0	30.5	23.5	30.5	100~700	●	
2	K-4	HZ	1.11	1.11	0.881	0.881	8.08	20	36.1	31.5	37.6	31.5	100~600	●	
3	K-5	HZ	1.69	1.69	1.35	1.35	11.30	18	42.9	-27.0	44.4	-27.0	200~700	○	
4	K-6	HZ	1.02	1.02	0.811	0.811	4.76	13	22.0	34.3	23.5	34.3	100~700	●	
5	No.10	Du	2.79	2.79	2.22	2.22	20.00	20	-25.0	-48.1	37.4	-44.5	100~700	○	
6	K-8	HZ	3.83	3.83	3.04	3.04	22.20	16	62.3	24.4	63.8	24.4	150~700	+	
7	No.6	HZ	3.49	3.49	2.78	2.78	15.10	12	46.0	38.0	5.4	5.4	25~200	●	
8	No.3	HZ	8.41	8.41	6.70	6.70	46.50	15	14.8	48.1	21.3	49.5	100~700	●	
9	No.22	HZ	1.27	1.27	1.01	1.01	18.60	40	-79.0	22.7	62.4	-38.2	100~500	○	
10	No.23	Du	2.03	2.03	1.61	1.61	12.60	17	-23.5	-45.0	39.6	-45.6	100~700	○	
11	K-10	HZ	2.28	2.28	1.81	1.81	6.19	7	-106.4	-85.9	-104.9	-85.9	100~500	○	
12	K-12	Du	3.97	3.97	3.16	3.16	6.82	5	133.2	-76.6	134.7	-76.6	100~500	○	
13	No.30	HZ	2.31	2.31	1.84	1.84	112.00	132	149.8	-21.0	38.3	1.6	200~700	○	
14	No.33	HZ	1.21	1.21	0.966	0.966	2.58	6	-76.0	3.3	30.9	-24.8	50~700	○	
15	No.15	Du	1.96	1.96	1.56	1.56	5.47	8	-100.6	37.6	18.3	-63.6	100~700	○	
16	No.18	Du	2.12	2.12	1.68	1.68	10.40	13	-135.0	0.8	14.1	-21.3	150~700	○	
17	K-15	Cr	3.85	3.85	3.07	3.07	12.60	896	-2.0	58.6	-0.5	58.6	75~700	●	
18	K-13	HZ	0.895	0.895	0.712	0.712	2.23	7	20.1	72.2	21.6	72.2	25~400	●	
19	No.38	Du	1.27	1.27	1.01	1.01	5.71	12	127.0	18.8	3.4	45.3	25~500	●	
20	K-16	Px	5.88	5.88	4.68	4.68	4.98	2	-11.4	40.1	-9.9	40.1	50~400	●	
21	K-18	HZ	8.45	8.45	6.72	6.72	89.60	29	121.8	-1.1	123.3	-1.1	50~700	○	
22	No.13	HZ	2.52	2.52	2.00	2.00	19.30	21	23.1	-4.0	72.9	1.2	90~700	○	
23	K-9	HZ	1.17	1.17	0.93	0.93	3.70	9	33.5	22.1	35.0	22.1	100~700	+	
24	K-7	HZ	1.94	1.94	1.54	1.54	14.50	20	46.6	44.3	48.1	44.3	100~700	●	
25	K-14	HZ	3.67	3.67	2.92	2.92	44.60	33	15.2	57.5	16.7	57.5	150~700	●	
26	K-2	HZ	3.14	3.14	2.50	2.50	24.40	21	8.3	56.5	9.8	56.5	50~500	●	
27	K-11	Px	3.17	3.17	2.52	2.52	47.30	41	10.8	59.4	12.3	59.4	50~500	●	
28	K-17	HZ	6.65	6.65	5.29	5.29	84.60	35	-169.3	-64.3	-167.8	-64.3	100~600	○	
29	K-3	HZ	6.20	6.20	4.93	4.93	31.60	14	13.7	62.0	15.2	62.0	100~500	●	

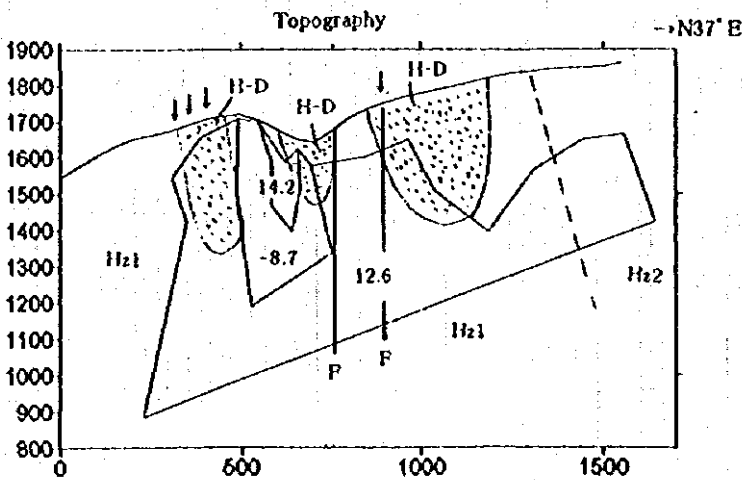
Notes (1) NRM: Intensity of Natural Remnant Magnetization; Q: Königsberger ratio; Hz: Harzburgite; Du: Dunite; Cr: Chromite; Px: Pyroxenite
 (2) LF, HF: Low Frequency(0.46kHz) and High Frequency(4.6kHz) of electric current were applied for inducing magnetic field on the samples
 (3) * Coercivity was so weak that this sample was excluded from consideration.
 (4) ●: nearly same orientation as the present geomagnetic field; ○: apparently different orientation from the present geomagnetic field
 +: obscure orientation in the relation with the present geomagnetic field



Profile A



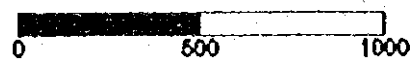
••• : Total magnetic intensity - 46000
(topography compensated)
~ : Calculated value



Susceptibility unit : 10^{-3} SI

H-D : Dunite rich zone

I : Chromite deposit



Profile B

Scale 1 : 20000

Fig. 2-2-13 Analyzed profiles, Central Shebenik Area

(5) 断面解析

鉱徴地を通る代表的2断面について、岩体の規模と帯磁率をパラメーターとしてモデルのシミュレーションを行い、地形補正後の全磁力値と比較して最適解を求めた。断面位置を地形補正後全磁力図 (Fig. 2-2-5) に、解析断面図を Fig. 2-2-13 に示す。なお、解析断面図で負の帯磁率を与えてあるものは逆帯磁していることを示す。

いずれの断面においても、シミュレーションの際に低磁気異常部に相対的に大きな負の帯磁率を与える必要があり、特にA断面では地質調査で確認された Dunite rich zone の分布位置と、相対的に大きな負の帯磁率を与えたブロックの位置がほぼ一致している。

2—2—4 解析結果 (Katjel 地区)

(1) 全磁力分布

H 変化補正後の全磁力図を Fig. 2-2-14 に、その断面図を Fig. 2-2-15(1)~(2) に、また、地形補正後の全磁力図を Katjel 鉱床の確認された範囲と共に Fig. 2-2-16 に示す。

Fig. 2-2-14 に示したように、コントロール測線 M-2 をほぼ境界として、西側の高磁気異常域と、東側の低磁気異常域に2分される。この東側の低磁気異常域の南部では、コントロール測線 M-0 の北西方延長線上に2箇所の高磁気異常が認められ、この2箇所の高磁気異常を結ぶ東側では比較的高い磁気異常を示す。また、調査地区中央東よりの谷沿いに低磁気異常が認められる。ただし、この谷沿いの低磁気異常は地形の影響を受けていると考えられる。なお、磁気異常にみられる方向性は主に N30°W である。

Fig. 2-2-16 に示した地形補正後の全磁力図では、磁気異常の分布パターンには大きな変化が認められないものの、西側及び東側南部の高磁気異常域が狭まり、沢沿いの低磁気異常の周りの低異常域が大きく拡大して表現されている。

Katjel クロム鉱床の鉱体分布範囲は、M-2 コントロール測線西側の高磁気異常域の東端部から沢沿いの低磁気異常域にかけての範囲である。鉱体は、NW-SE の走向で東に傾斜し、鉱体西端は急傾斜で、東に行くにつれて緩傾斜になっている。

(2) フィルター解析

a. 極磁気変換

極磁気変換図を Fig. 2-2-17 に示す。

極磁気変換図では、変換された磁力値に与えた色調による若干の相違はみられるものの、磁気異常の分布パターンは、地形補正後の全磁力図と極めて類似している。

b. 上方接続解析

地形補正後の全磁力図について周波数解析を行い、その際に作成されたパワースペクトル図

(Fig. 2-2-18) から、地磁気成分を平均深度 6 m, 23m 及び 80m の 3 層を表す成分に分解した。これらの境界深度として、平均深度のほぼ中央値である 15m 及び 50m を設定し、極磁力図の上方接続解析を行った。

極磁力図から、浅部 (15m 以浅) の成分を取り出したものを Fig. 2-2-19 に、中間深度 (15m ~ 50m) の成分を取り出したものを Fig. 2-2-20 に、また、深部 (50m 以深) の成分を取り出したものを Fig. 2-2-21 に示す。

Fig. 2-2-19 及び Fig. 2-2-20 に示した浅部及び中間深度の磁気成分を表す上方接続解析図では、磁気異常の波長が異なるものの、大局的に、ほぼ類似した磁気異常パターンを示し、その伸び方向は N30°W が卓越している。また、地区南部には N60°E 方向を示すものが認められる。北西端部にみられる高磁気異常は、超塩基性岩類とそれを不整合に覆う石灰岩との境界部に発達するラテライト化超塩基性岩類を示徴するものと考えられる。なお、比較的浅い深度に分布する Katjel 鉱床西部の急傾斜部は M-2 コントロール測線にほぼ沿った、やや低い NNW-SSE 方向の相対的に低い磁気異常として表現されているように見える。

一方、Fig. 2-2-21 に示した深部の磁気成分を表す極磁力図では、地形補正後の全磁力図を大局的に捉えたような磁気異常パターンを示す。西側の高磁気異常域と東側の低磁気異常域の境界付近に垂直～東に急傾斜した鉱体が、また、そこから低磁気異常の中心に向かって東に緩傾斜した鉱体がそれぞれ分布し、鉱体の東端は低磁気異常の最も強いところまで鉱床が確認されている。このように、確認された Katjel の鉱体はその大部分が低磁気異常部に存在している。また、M-2 コントロール測線以西の高磁気異常は、ラテライト-ニッケル鉱床に関連した風化帯中の超塩基性岩類の分布範囲とほぼ一致している。

(3) 帯磁率

Katjel 地区においても Shebenik 中央地区と同様に各種の岩石について地表露頭で帯磁率を測定した。測定位置を Fig. 2-2-22 に、測定結果を Table 2-2-5 に、その統計量を Table 2-2-6 及び Fig. 2-2-23 にそれぞれ示す。測定した岩種別内訳は、ハルツバージャイト 11 露頭、ダナイト 8 露頭、クロミタイト 2 露頭、蛇紋石 4 露頭、石灰岩 1 露頭である。

ダナイトの平均値はハルツバージャイトやクロミタイトのそれより高い値を示す。しかし、ダナイトでは分散が大きく、ハルツバージャイトではそれが小さいため、統計的に有意な差があるとは言いがたい。また、測定露頭数は少ないが、クロミタイトは低い帯磁率を示し、これに対して蛇紋石は高い値を示している。蛇紋石は、主に断層部に生じているため、容易に酸化されて、高い値を示すに至ったものと考えられる。なお、これらの岩種別帯磁率の傾向は、Shebenik 中央地区でのそれと類似している。

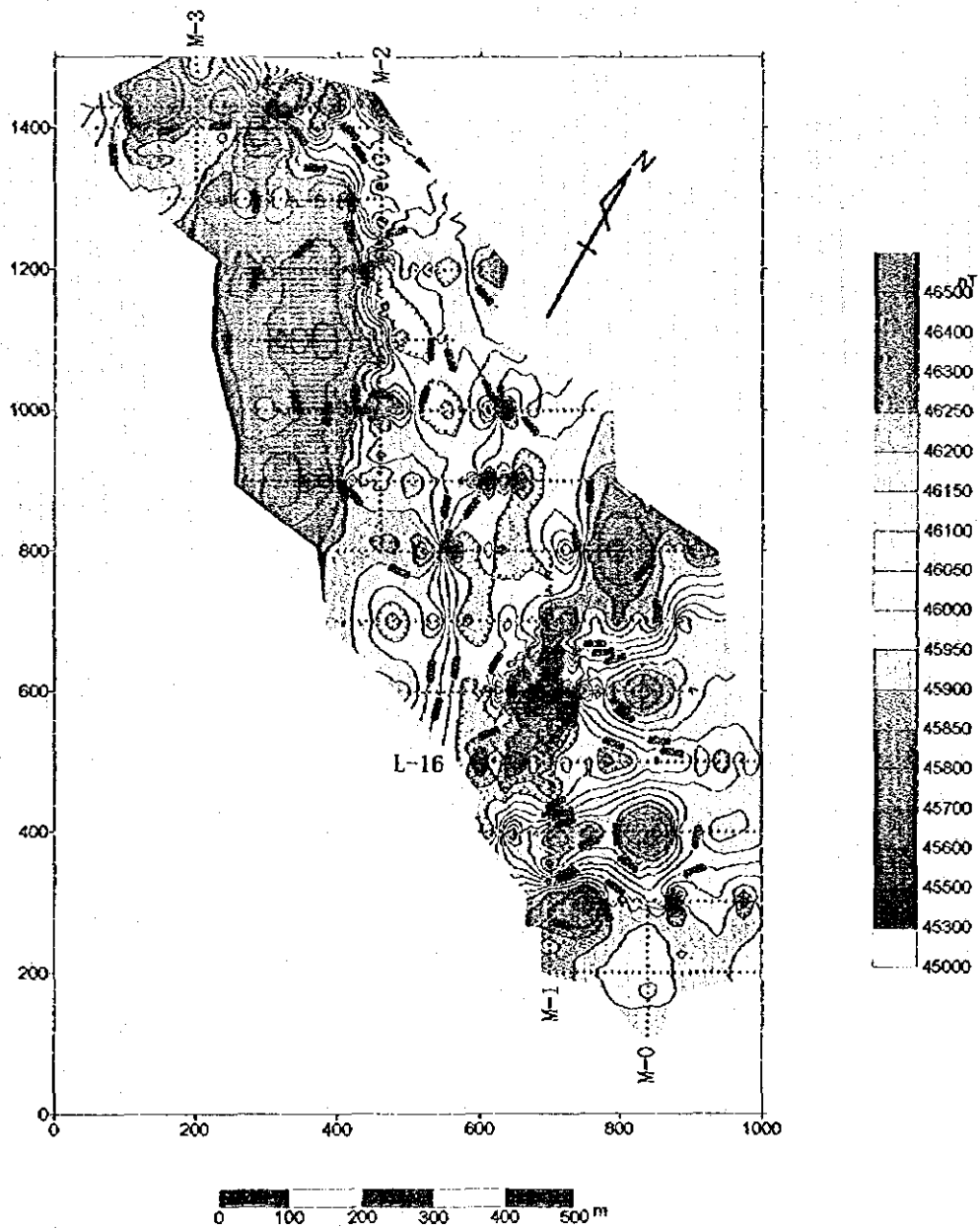


Fig. 2-2-14 Total magnetic intensity map, Katjel Area

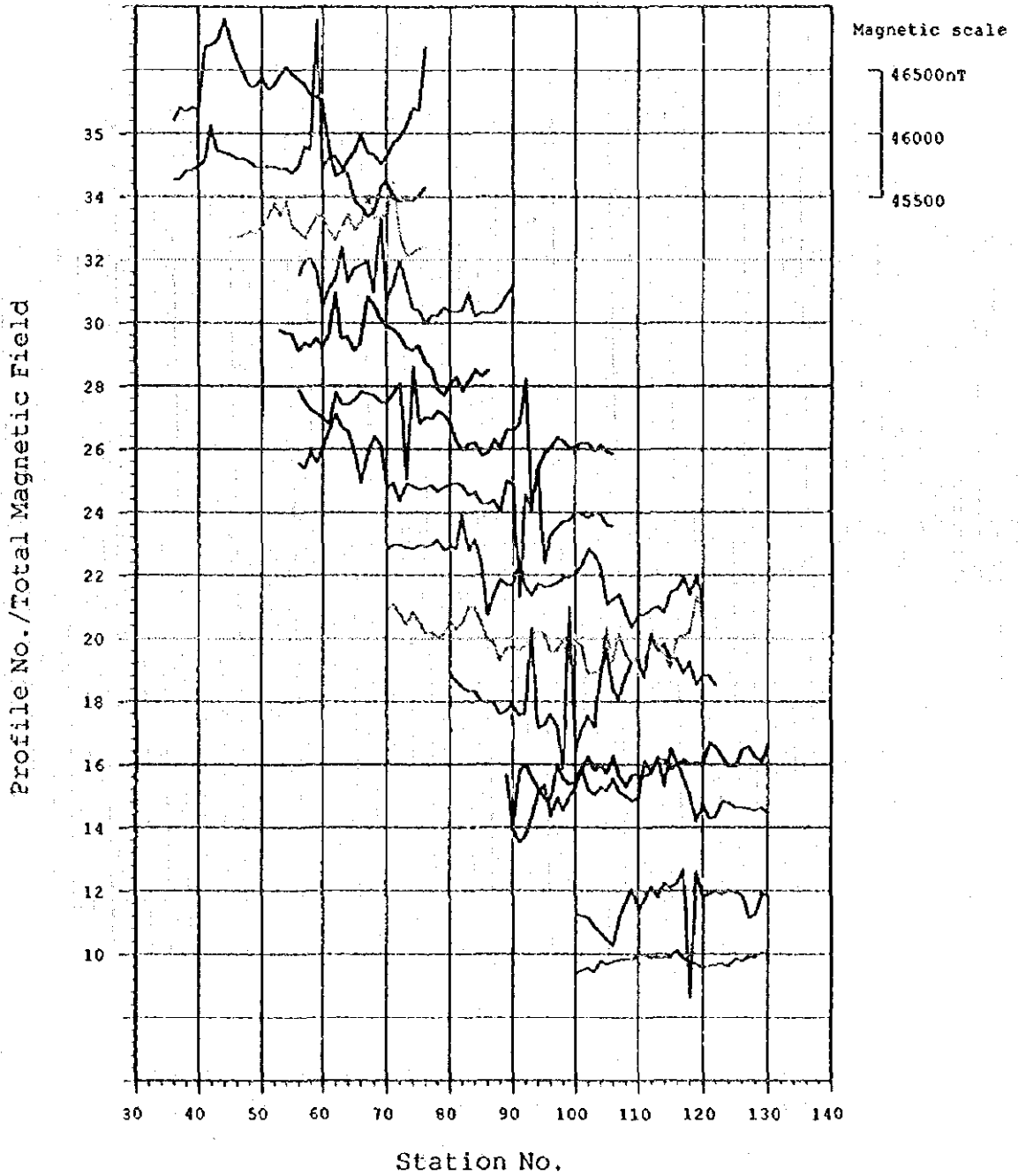


Fig. 2-2-15(1) Magnetic profiles, Katjel Area

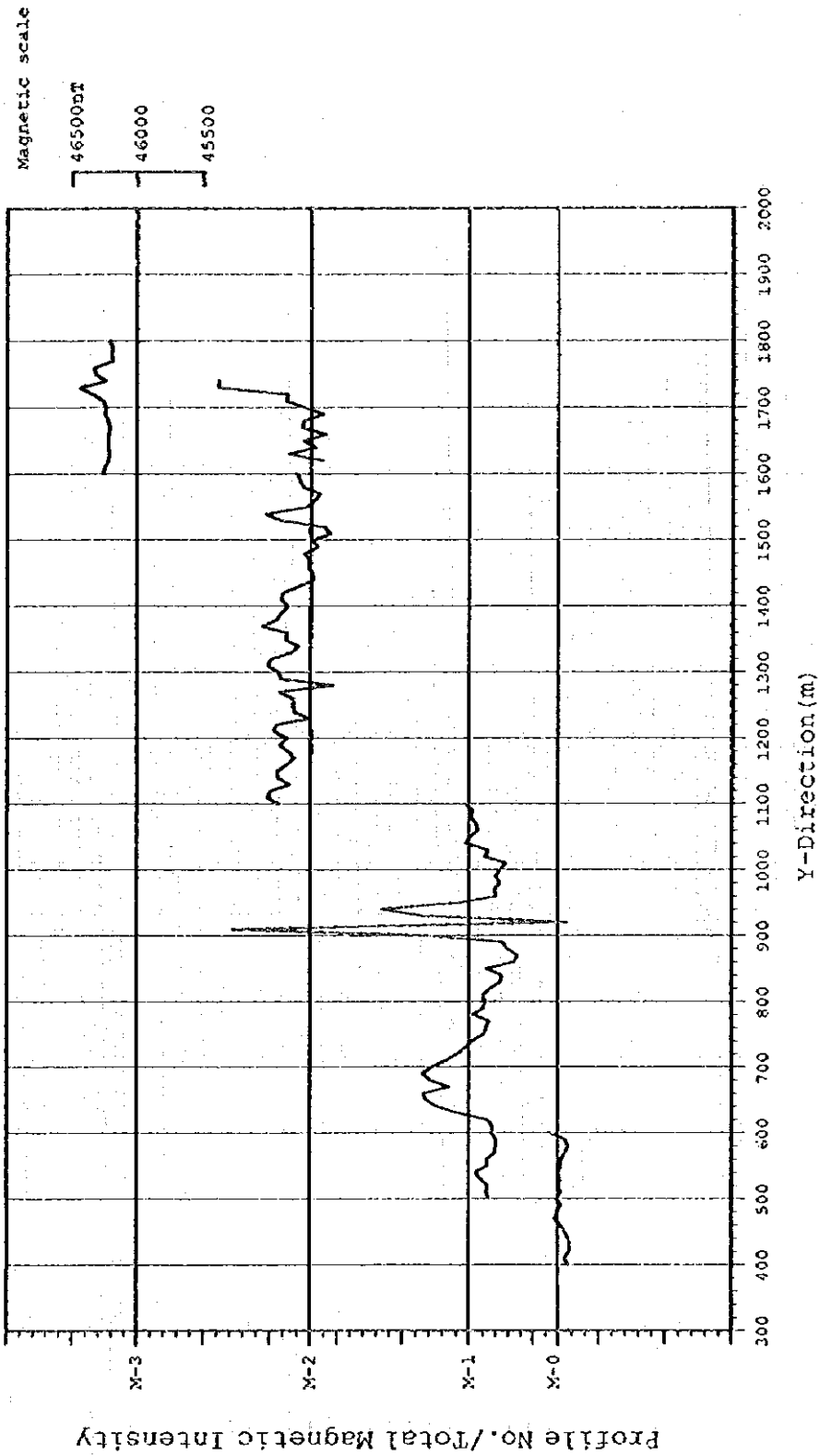


Fig. 2-2-15 (2) Magnetic profiles, Katjel Area

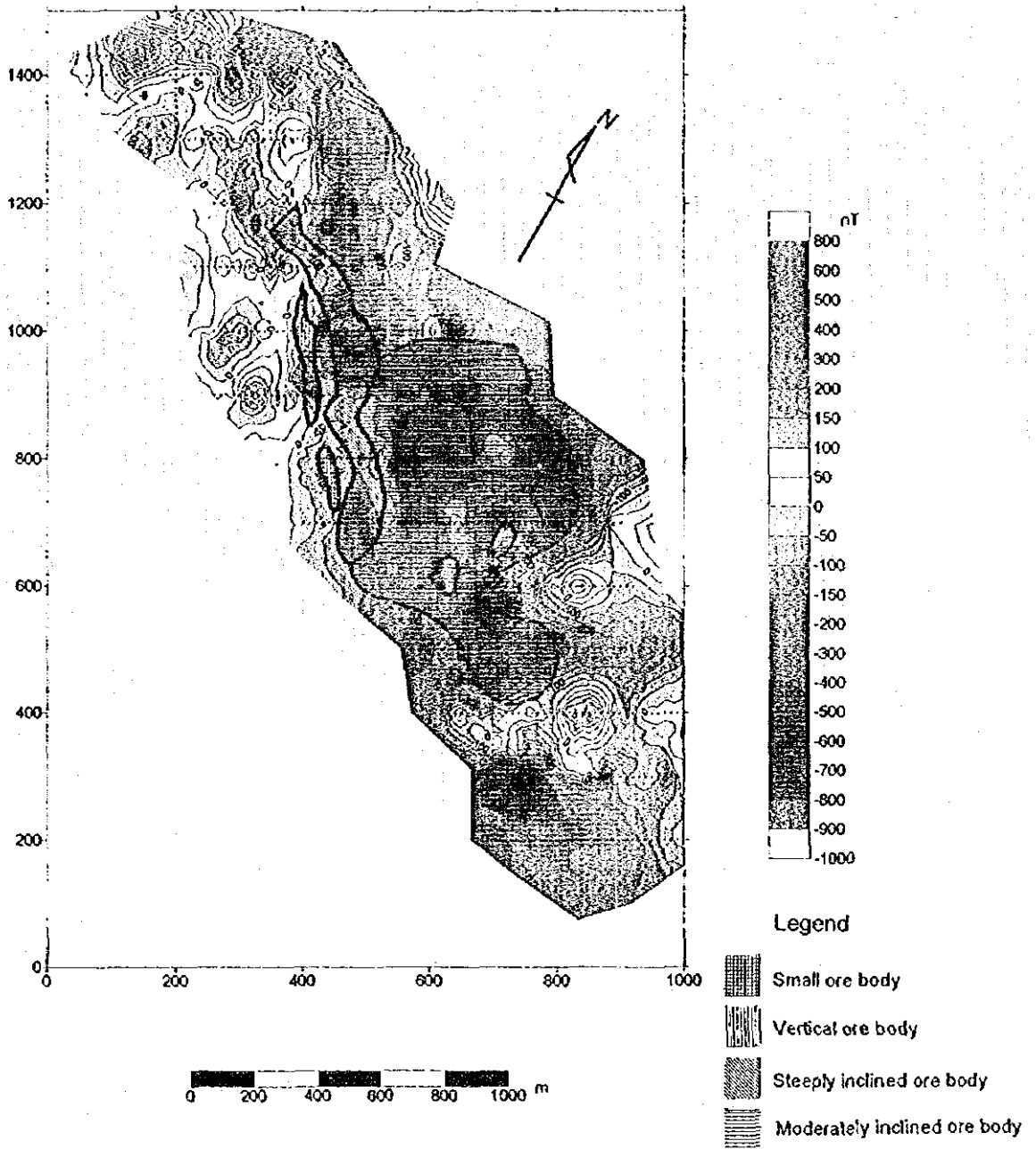


Fig. 2-2-16 Total magnetic intensity map (topography compensated), Katjel Area

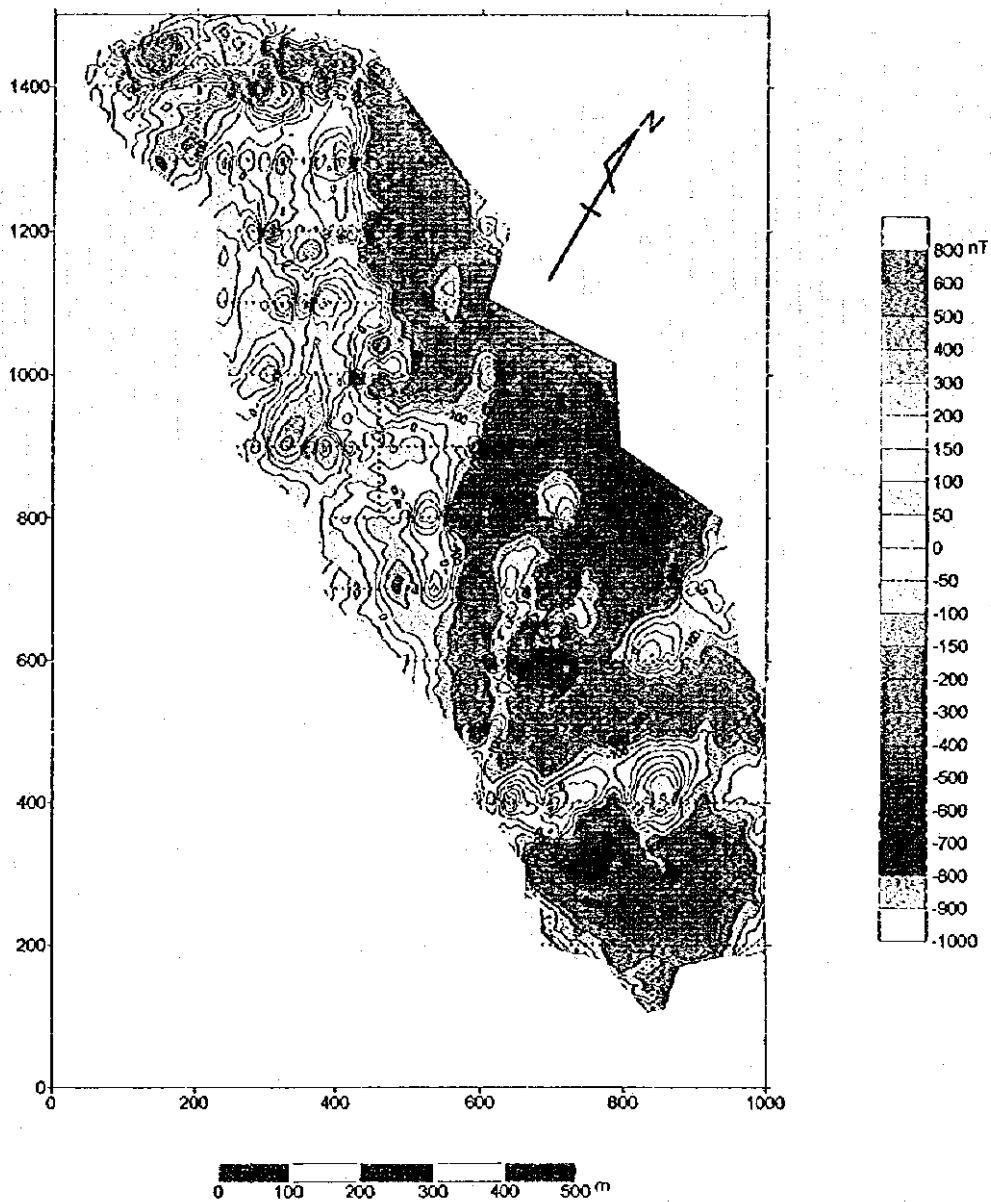


Fig.2-2-17 Reduction to the pole map, Katjel Area

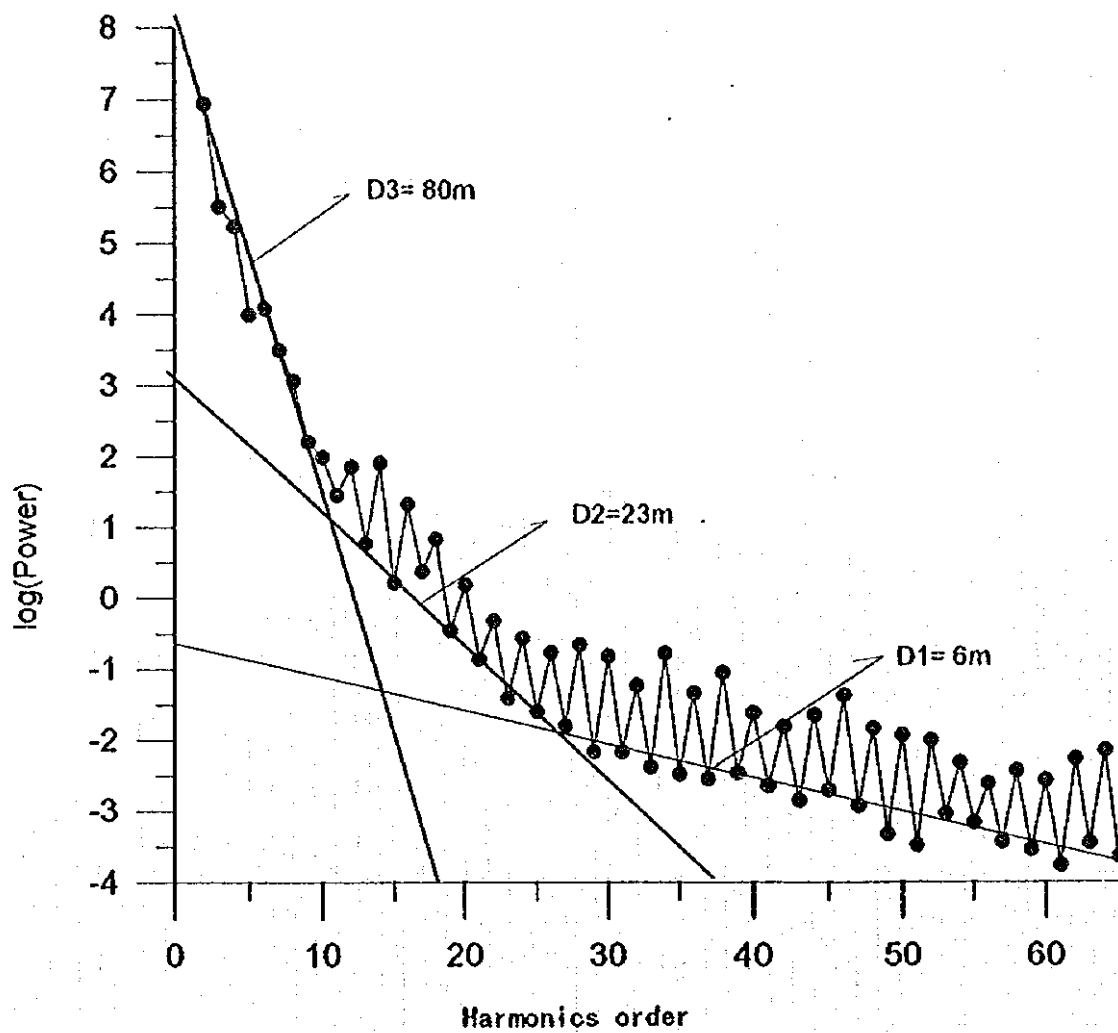


Fig. 2-2-18 Magnetic spectra, Katjel Area

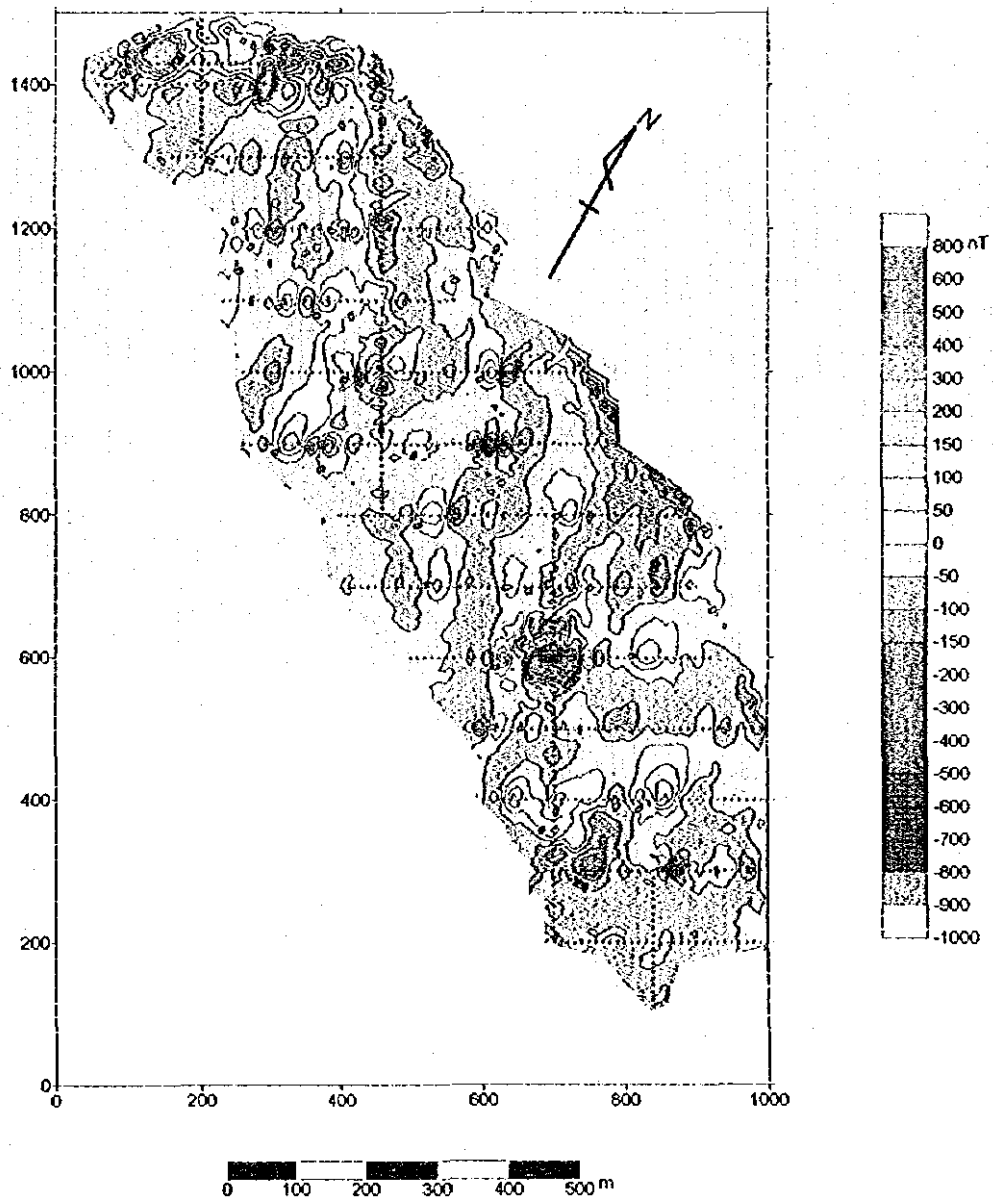


Fig. 2-2-19 Reduction to the pole map (shallow component extracted), Katjel Area

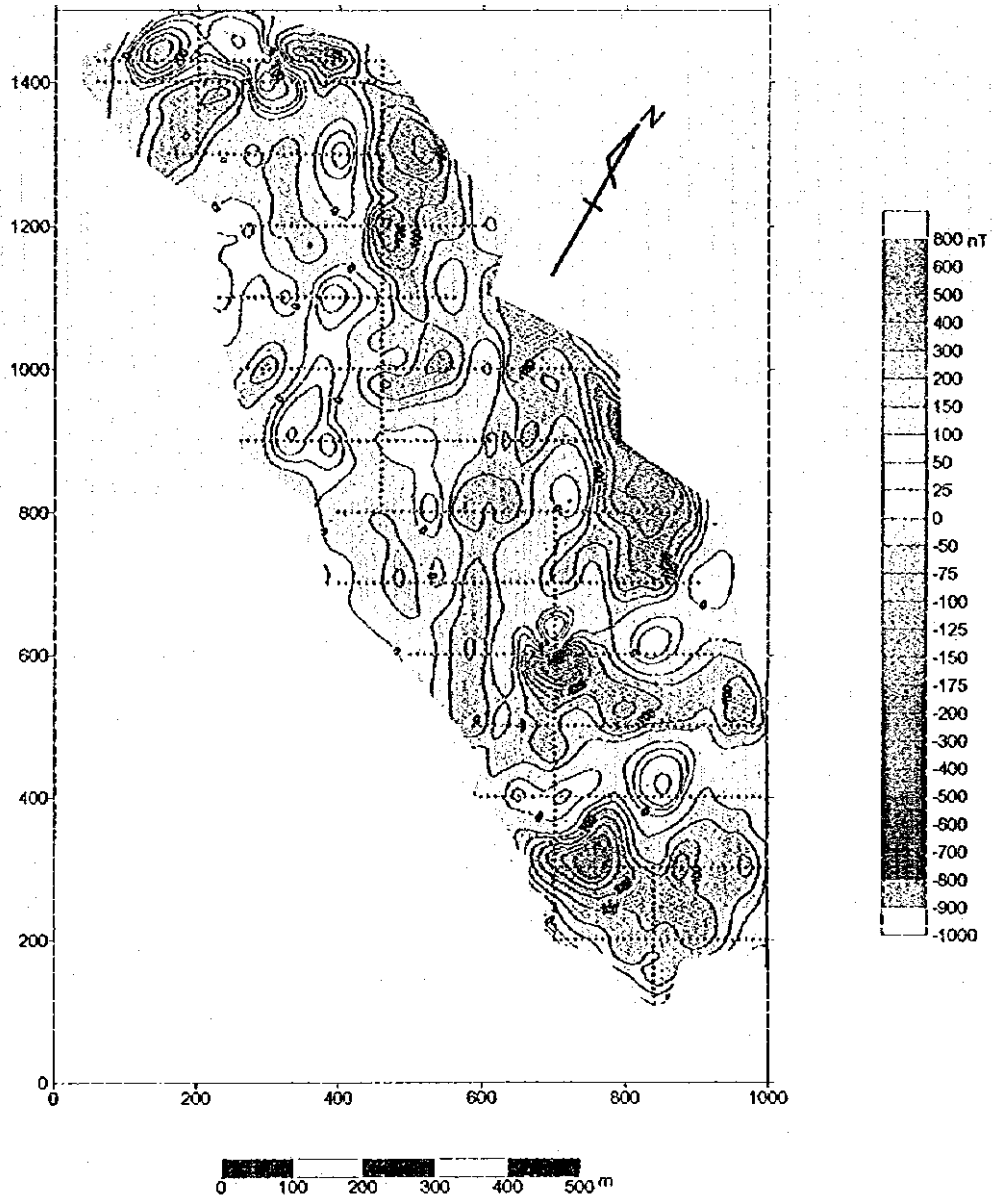


Fig. 2-2-20 Reduction to the pole map (middle component extracted), Katjel Area

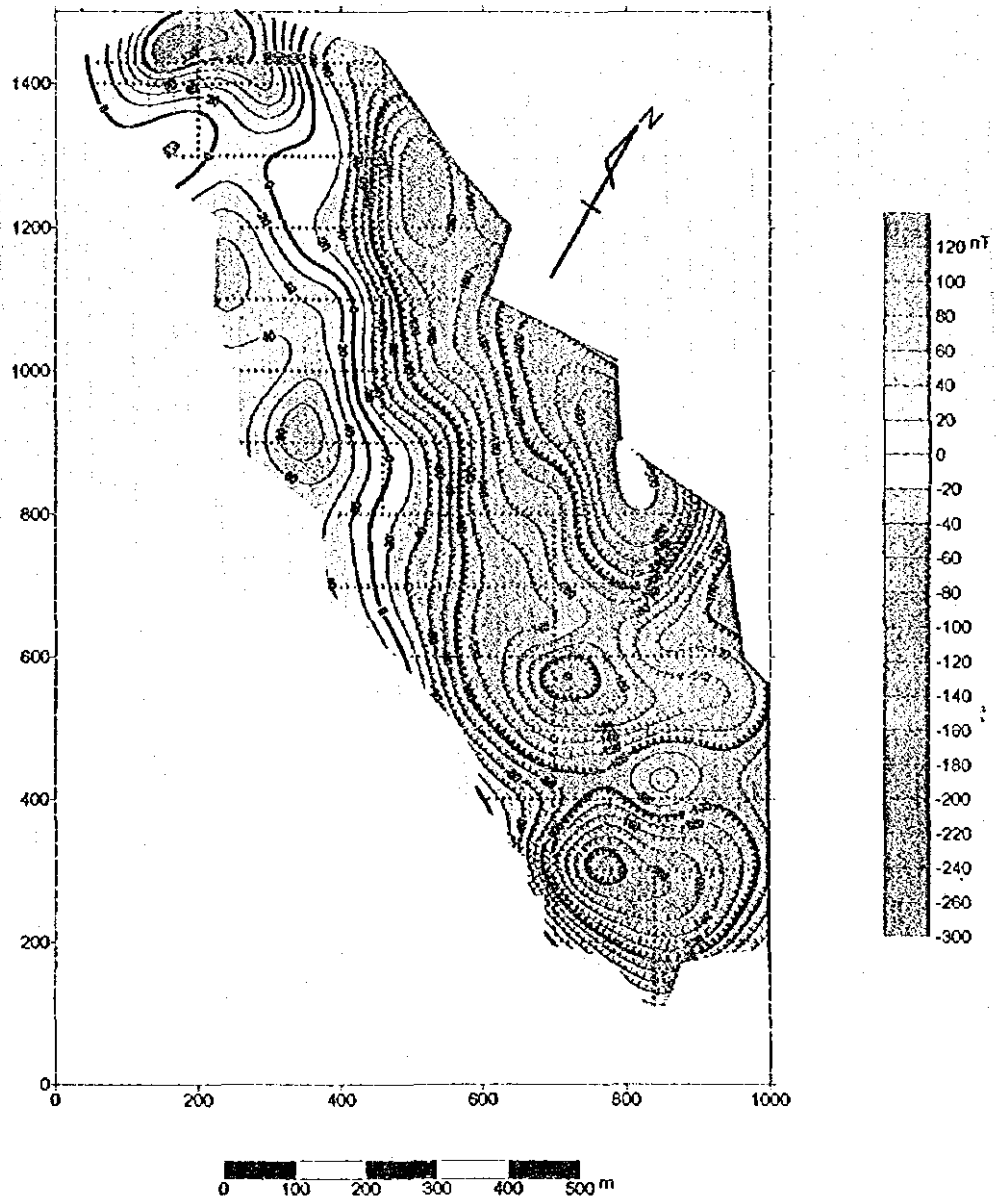
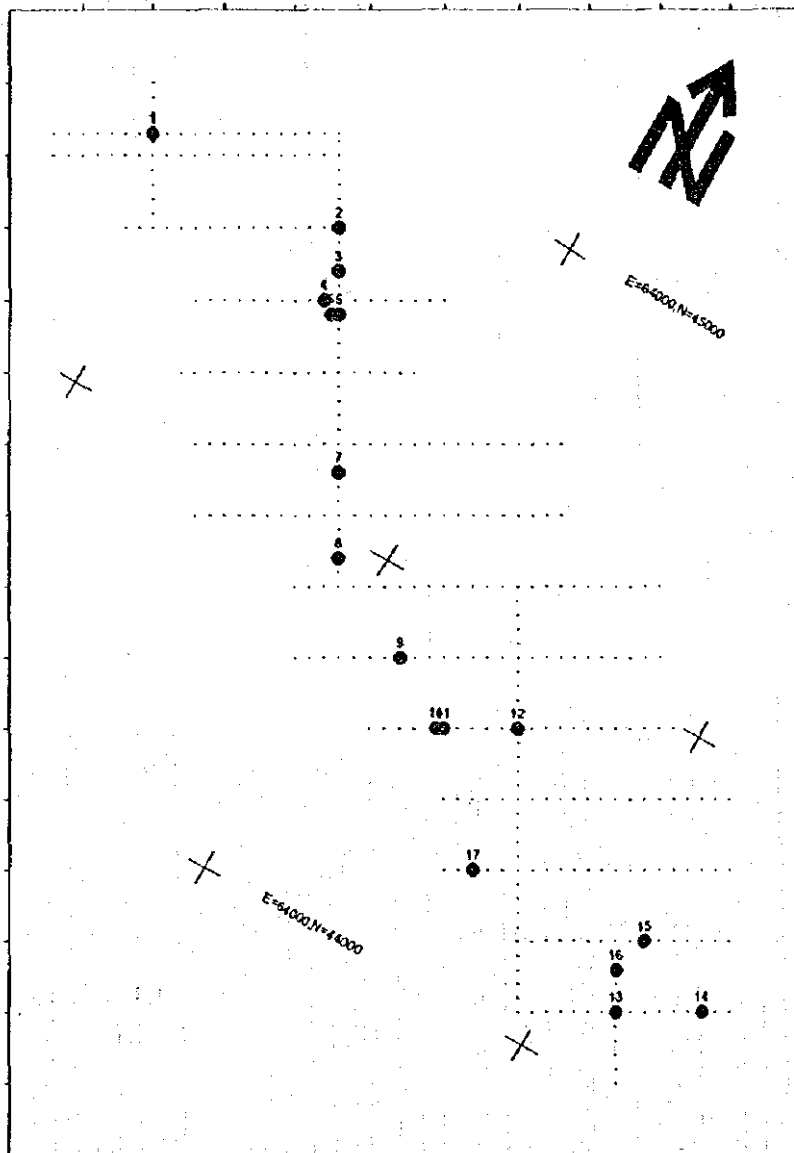


Fig. 2-2-21 Reduction to the pole map (deep component extracted), Katjel Area



● Location of susceptibility measurement

1:10,000



Fig. 2-2-22 Location map of rock susceptibility measurements, Katjel Area

Table 2-2-5 Magnetic susceptibility, Katjel Area

No.	Location		Data1	Data2	Data3	Data4	Data5	Data6	Correction factor	Susceptibility $\times 10^{-3}$ SI	Description	Oriented sampling	
	Profile	Station											
1	35	50	0.00	0.00	0.00				1.15	0.00	Um		
2	32	76	12.60	16.10	15.80	13.30			1.15	16.62	Hz		
3	30.4	76	14.30	15.00	14.20	13.30			1.15	16.33	Du		
4	30	74	22.50	21.30	21.90				1.15	25.19	Du		
5	28.8	76	5.95	6.98	6.60	6.86			1.15	7.59	Du		
6	28.8	76	13.40	14.00	13.30	9.46	10.00		1.15	13.84	Du		
7	24.6	76	9.17	10.80	10.80	12.20	15.20	15.00	1.15	14.02	Du		
			21.20	22.20	23.00				1.15	25.45	Serpentinization		
8	22.4	76	7.11	7.51	7.90	9.82	10.20	10.30	1.15	10.13	Hz		
9	20	84	5.76	8.37	8.23	8.43	6.15	6.06	1.15	8.24	Hz		
10	18	90	1.40	1.40					1.15	1.61	Hz		
			20.80	21.10	17.00				1.15	22.58	Serpentinization		
			1.55	1.59					1.15	1.81	Hz		
11	18	90	1.57	1.49					1.15	1.76	Hz		
			4.38	3.98					1.15	4.81	Serpentinization		
12			6.50	5.69	5.19	5.23	6.67		1.15	6.73	Cr		
13	10	114	2.66	1.75	1.29				1.15	2.19	Hz		
			12.50	14.90	5.19	9.88			1.15	12.21	Serpentinization		
14	10	126	2.80	2.94	2.11				1.15	3.01	Hz		
15	12	118	2.95	4.86	4.30	4.02	2.14		1.15	4.20	Hz		
16			1.27	0.99	1.01					1.15	1.25	Du	
			1.40	1.04	1.04					1.15	1.33	Cr	
			0.74	1.46	1.27					1.15	1.33	Du	
			2.07	2.22						1.15	2.47	Du	
17	14	94	4.06	5.46	5.18				1.15	5.64	Hz		
			8.62	5.21	9.08	5.55	4.99	7.01	1.15	7.75	Hz		

Table 2-2-6 Statistics of magnetic susceptibility, Katjel area

Description	Number of samples	Susceptibility ($\times 10^{-3}$ SI)				
		Minimum	Maximum	Median	Average	Std. Dev.
Harzburgite	11	1.61	16.6	4.20	5.72	4.46
Dunite	8	1.25	26.2	10.7	10.3	8.03
Chromite	2	1.33	6.73	—	4.03	—
Serpentinite	4	4.81	25.5	17.4	16.3	8.25
Limestone	1	—	—	0.00	—	—

Std.Dev : Standard Deviation

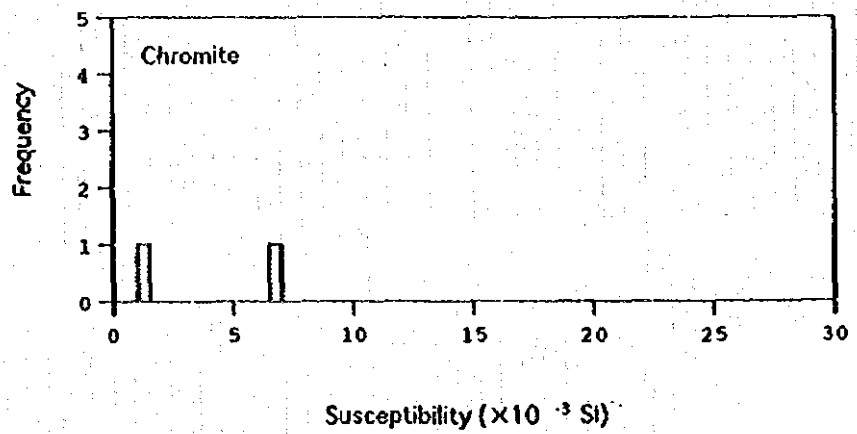
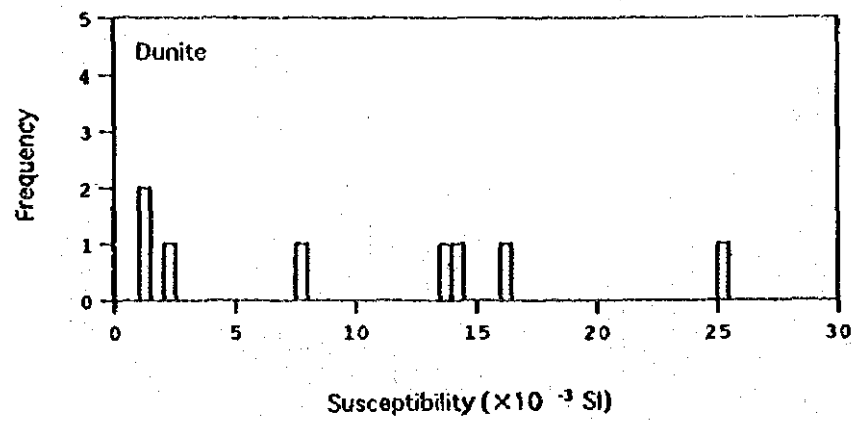
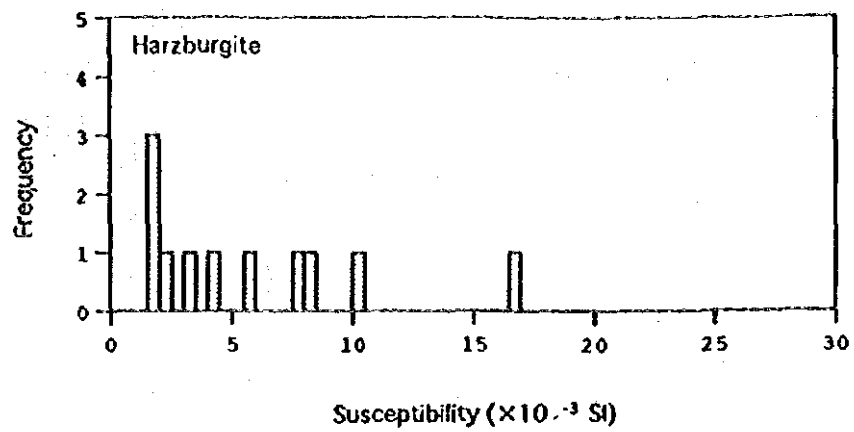


Fig. 2-2-23 Histogram of susceptibility, Katjel Area