

松川地熱地帯の地下の岩石の帯磁率分布

大久保太治* 角 清愛*

Ōkubo, Taiji and Sumi, Kiyoshi (1981) Distribution of magnetic susceptibility of the underground rocks at Matsukawa geothermal area, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 32(6), p. 311-328.

Abstract: The magnetic susceptibilities of 613 cuttings samples taken from four production wells of Matsukawa geothermal area with special interests in the relation between the magnetic susceptibility (χ) and geology or hydrothermal alteration. As the results, it is concluded as follows: 1) Amongst several geological units, the andesitic intrusive body only can be detected by its higher χ . 2) In the viewpoint of hydrothermal alteration, the alteration zones formed under acid condition as kaolin, alunite or pyro phyllite zone can be detected by their lower χ . In this case, it is remarkable that χ of pyrophyllite zone is generally higher than that of kaolin or alunite zone. 3) χ of the alteration zones formed under neutral or alkaline condition as mixed-layer mineral or chlorite zone have generally higher χ , but the parts neighbouring on the acid alteration zones represent relatively lower χ . Thus, it can be said that the measurement like this is useful for the lithologic logging of geothermal wells.

要 旨

松川地熱地帯の蒸気生産井 MR-1, 2, 3 及び 4 井(深度はそれぞれ, 940m, 1,080m, 1,200m 及び 1,500m) から得られたカッタイングス(掘りくず) 613 個の帯磁率を測定した。この結果を地質及び地熱変質との関係において考察した。

その結果, 地質的には安山岩貫入岩がその高帯磁率によって検出され得る。変質の上からはカオリン, 明ばん石, 及びパイロフィライトなどの存在で特徴づけられる酸性変質帯がその低帯磁率によって検出され得る。酸性変質帯の中でもパイロフィライト帯の帯磁率はカオリン及び明ばん石帯のそれより一般に高いことが注目される。混合層鉱物帯及び緑泥石帯の中でも部分的に帯磁率の低下がみられるが, それは酸性変質帯に近接した部分である。

以上のことから地熱井のカッタイングスの帯磁率測定は変質の大勢をみる上で十分有用であるとみなされる。

1. はじめに

地熱井の地質学的な検層, たとえば岩層検層, 変質検層, 年代検層などもつばら井戸から得られるコア及びカッタイングス(掘りくず)の研究に依存している。この場合コアの採取率が高ければこの種の研究には好都合であるが, しばしばその採取率は1%程度であとはカッ

ティングスに頼らなければならなくなる。このためカッタイングスの研究手法の確立は地熱研究にとって緊要である。

このような観点から, 今回松川地熱地帯の地熱井のカッタイングスの帯磁率を測定した。この目的はカッタイングスの帯磁率から地質及び変質がどの程度の推測出来るかということである。松川を選んだのは地質及び変質のデータが比較的良好にそろっているからである。

2. 従来の研究

カッタイングスの帯磁率測定については斉藤(1969, 1970)の研究がある。斉藤は新潟県下の蒲原 GS-2 及び大淵, 山形県下遊佐 GS-1 等の石油・天然ガスを対象とした試錐のカッタイングスの研究を行い, これから粗粒玄武岩の顕著な高異常, 西山・浜忠層内で帯磁率が大きく変化すること, 椎谷層の磁性が弱いこと等を明らかにした。また測定値の平滑化に50m程度の移動平均法が有効なことを示している。

3. 実験方法

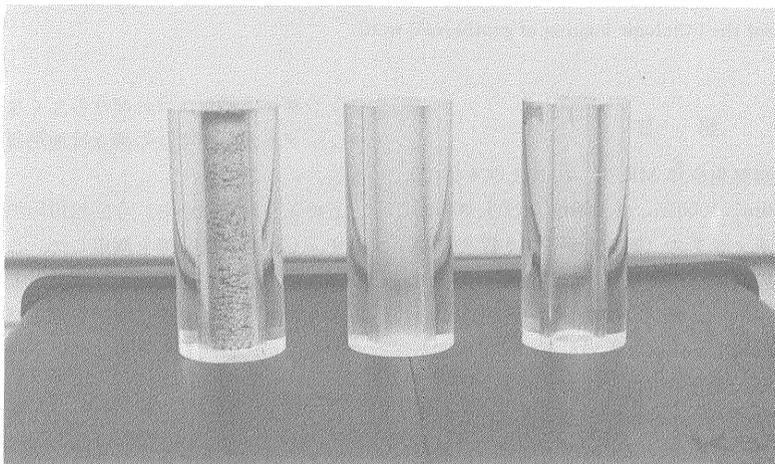
実験に供した試料は松川の蒸気生産井の MR-1 (深度 940m), MR-2 (深度1,080m), MR-3 (深度1,200m) 及び MR-4 (深度1,500m) の4本の井戸から得られた試料である。個数は上記井戸から, それぞれ, 98, 130, 191及び194個, 合計613個である。

測定は試料袋から必要量を取り出し, 試料容器に入れ

* 地熱熱部



第1図 バイソン社製3101A型帯磁率計
左側の円筒形の試料容器にカッティングス試料を入れた状態を示す



第2図 アクリル製試料容器
左端のものは試料がつめてある

る。試料は粘土分などの付着しないもので、ほぼ水洗乾燥したと同様の状態にある。粒子の大きさは32メッシュ以下のものが全体の80%程度に達するものとみられる。最大の粒子の径は5-7mm程度に達する。

試料容器は Bison 社製3101A型帯磁率計(第1図)に適合するようにアクリルで製作した。それは高さ85mm, 外径37mm, 内径15mm, 深さ82mmの円筒形容器である(第2図)。

次に容器に入れたカッティングスを上記帯磁率計に装着して見掛けの帯磁率(R)を測定し、一方これを島津製LU-T 500型直示天秤で秤量し質量(W)を測定した。

帯磁率(χ^1)の計算は次の式による(斉藤, 1969による)。

$$\chi = R \cdot X \cdot \left(\frac{d}{d'}\right)^2 \cdot \frac{1}{\sigma'} \times 10^{-6} \text{ (emu/g)} \dots(1)$$

ここで

R: デジダイヤルの読み (emu/cm³)

X: マルチプライヤー値 (1または10)

d: 標準試料の直径 (cm)

d': 測定容器の内径 (cm)

σ' : カッティングス試料の見掛け密度 (g/cm³)

1) カッティングス試料のため、単位質量当りの帯磁率、すなわち比帯磁率を求めた。しかし、本文では単に帯磁率と記すことにする。

松川地熱地帯の地下の岩石の帯磁率分布 (大久保・角)

第1表 帯磁率の測定結果

試料 No.	χ (10^{-6} emu/g)	地質	変質		試料 No.	χ (10^{-6} emu/g)	地質	変質	
			シリーズ C	シリーズ B				シリーズ C	シリーズ B
MR-1-450	620	D	Ch		MR-1-660	460	C	K	P
455	75	"	"		665	87	T	Al	"
460	81	"	"		670	36	"	"	"
465	9	"	"		675	60	"	"	"
470	119	"	"		680	40	"	"	"
475	60	"	"		685	145	"	"	"
480	27	"	Mx		690	70	"	K	"
485	49	"	"		695	390	"	Mt	"
490	28	"	"		700	118	"	"	"
495	67	"	"		705	119	"	Mx	"
500	177	"	Mt		710	84	"	"	"
505	40	"	"		715	650	D	"	"
510	41	"	K		720	987	"	"	"
515	248	"	"		725	504	"	"	"
520	32	"	Mt		730	169	"	"	"
525	29	"	"		735	213	"	Mt	"
530	22	"	Mx		740	206	"	"	"
535	68	"	"		745	120	"	"	"
540	47	"	"		750	33	"	Mx	"
545	39	"	"		755	29	"	"	"
550	75	"	Mt		760	644	"	"	"
555	93	"	"		765	245	C	"	"
560	126	"	K		770	222	"	Mt	"
565	67	"	"		775	111	"	"	"
570	60	"	"		780	91	"	"	"
575	93	"	"		785	165	"	"	"
580	56	"	Al		790	136	"	Mx	"
585	48	"	"		795	231	T	"	"
590	79	"	"		800	135	"	"	"
595	79	"	"		805	170	"	"	"
600	86	"	"		810	147	"	"	"
605	87	"	"		815	104	"	"	"
610	118	"	"		820	97	"	"	"
615	63	"	"		825	104	D	Mt	P
620	35	"	"		830	54	"	"	"
625	22	"	"		835	106	"	"	"
630	26	"	"	P	840	161	"	"	"
635	15	"	"	"	845	231	"	"	"
640	63	"	"	"	850	74	"	Mx	"
645	136	C	K	"	855	42	"	"	"
650	143	"	"	"	860	99	"	"	"
655	755	"	"	"	865	247	"	"	"

R: 流紋岩火山角礫岩, Ss: 珪質頁岩, Sy: 黒色頁岩, T: 混成凝灰岩, C: 礫岩, B: 異質凝灰角礫岩, D: デイサイト溶結凝灰岩, At: 安山岩溶結凝灰岩・溶岩, Ai: 安山岩貫入岩, Ch: 緑泥石, Mx: 混合層鉱物, Mt: モンモロロナイト, K: カオリン, Al: 明ばん石, P: パイロフィライト, Dk: デイッカイト, χ : 帯磁率, 試料 No. は井戸 No. と採取深度 (m) を示す. 変質のシリーズC及びBは SUMI and MAEDA (1973) による.

地質調査所月報 (第 32 卷 第 6 号)

試料 No.	χ (10^{-6} emu/g)	地質	変質		試料 No.	χ (10^{-6} emu/g)	地質	変質	
			シリーズ C	シリーズ B				シリーズ C	シリーズ B
MR-1-870	213	D	Ch	P	MR-2-565	65	D	Mx	
875	85	"	"	"	570	53	"	"	
880	121	"	"	"	580	36	"	"	
885	83	"	"	"	585	31	"	"	
890	230	"	"	"	590	63	"	"	
895	291	"	"	"	600	16	"	"	
900	172	"	"	"	605	32	"	"	
905	104	"	"	"	610	18	"	"	
910	76	"	"	"	615	58	"	Mt	
915	149	"	"	"	620	35	"	"	
920	110	"	"	"	625	22	"	"	
925	273	"	"	"	630	71	"	"	
930	440	"	"	"	635	184	"	"	
935	160	"	"	"	640	72	"	"	
					645	75	"	Mx	
MR-2-350	59	At	K		650	77	"	"	
355	77	"	"		655	82	"	"	
360	77	"	"		660	77	"	"	
365	41	"	"		665	97	"	"	
370	83	"	"		670	180	"	"	
390	56	"	"		675	128	"	"	
395	39	"	"		680	132	"	"	
400	56	"	"		685	583	"	"	
415	23	"	"		690	351	"	"	
420	22	"	"		695	113	"	"	
425	21	"	"		700	99	"	"	
430	21	"	"		705	80	"	"	
435	34	"	"		710	84	"	"	
450	34	"	"		715	62	"	"	
460	145	D	Mt		720	74	"	"	
470	67	"	"		725	78	"	"	
475	48	"	"		730	67	T	"	
480	56	"	"		735	67	"	"	
485	53	"	"		740	333	"	"	
490	38	"	"		745	345	"	"	
495	31	"	Mx		750	142	"	"	
505	27	"	"		755	82	"	"	
510	47	"	"		760	68	"	"	
515	24	"	"		765	90	"	Ch	
520	43	"	"		770	74	"	"	
525	79	"	"		775	111	"	"	
530	19	"	"		780	108	"	"	
540	212	"	"		785	60	"	"	
545	62	"	"		790	96	"	"	
550	197	"	"		795	413	D	Mx	
560	106	"	"		800	179	"	"	

松川地熱地帯の地下の岩石の帯磁率分布 (大久保・角)

試料 No.	χ (10^{-6} emu/g)	地質	変質		試料 No.	χ (10^{-6} emu/g)	地質	変質	
			シリーズ C	シリーズ B				シリーズ C	シリーズ B
MR-2-805	84	D	Mx		MR-2-1035	36	D	Mx	P
810	74	"	"		1040	160	"	"	"
815	100	"	"		1045	41	"	"	"
820	102	"	"		1050	41	"	Ch	"
825	146	"	"	P	1055	43	"	"	"
830	94	"	"	"	1070	69	"	"	"
835	98	"	"	Dk	1075	90	"	"	"
840	131	"	"	"					
845	311	"	"	"	MR-3-215	213	At		
850	232	T	"	"	220	112	"		
855	161	"	"	P	225	95	"		
860	70	"	"	"	230	105	"		
865	65	"	"	"	235	115	"		
870	92	"	"	"	240	76	"		
875	78	"	"	"	245	69	"		
880	77	"	"	"	250	68	"		
885	78	"	"	"	255	66	"		
890	145	"	"	"	260	54	"		
895	97	"	"	"	265	65	"		
900	65	"	"	"	270	50	"		
905	92	"	"	Dk	275	52	"		
910	86	"	"	"	280	64	"		
915	71	"	"	"	285	93	"		
920	53	"	"	"	290	57	"		
925	82	"	"	P	295	60	"		
930	110	"	"	"	300	50	"		
935	49	"	"	"	310	121	"		
940	197	"	"	"	315	99	"		
945	136	"	"	"	320	90	"		
950	62	"	Ch	"	325	52	"		
955	250	D	"	"	330	65	"		
960	1054	"	"	"	335	76	"		
965	204	"	"	"	340	64	"		
970	339	"	"	"	345	59	"		
975	347	"	Mx	"	350	60	"		
980	212	"	"	"	355	57	"		
985	134	"	"	"	360	77	"		
990	443	"	"	"	365	45	"		
995	174	"	"	"	370	43	"		
1000	125	"	"	"	375	42	"		
1005	75	"	"	"	380	77	"		
1010	67	"	"	"	385	58	"		
1015	71	"	"	"	390	68	"		
1020	46	"	"	P	395	46	"		
1025	35	"	"	"	400	39	"		
1030	32	"	"	"	405	55	"		

地質調査所月報 (第 32 卷 第 6 号)

試料 No.	χ (10^{-6} emu/g)	地質	変質		試料 No.	χ (10^{-6} emu/g)	地質	変質	
			シリーズ C	シリーズ B				シリーズ C	シリーズ B
MR-3-410	71	At			MR-3-645	545	D	Mx	P
415	68	"			650	102	"	"	"
420	57	"			655	133	"	"	Dk
425	55	"			660	165	"	"	P
430	52	"			665	126	"	Ch	"
435	55	"			670	42	"	"	"
440	65	"			675	148	"	"	"
445	55	"			680	241	"	"	"
450	54	"			685	71	"	"	"
455	56	"			690	45	"	"	"
460	59	"			695	128	"	"	"
465	60	"			705	233	"	"	"
470	66	"			710	210	"	"	"
475	52	"			715	154	"	"	"
480	100	"			720	117	"	"	"
485	105	"			725	137	"	"	"
490	53	"			730	283	"	"	"
495	49	"			735	90	"	"	"
500	53	"			740	60	"	"	"
505	49	"			745	56	"	"	"
510	50	"			750	99	"	"	"
515	49	D			755	127	"	"	"
520	42	"			760	206	"	"	"
525	48	"			765	149	"	Mx	"
530	62	"			770	83	T	"	"
535	50	"			775	734	"	"	"
540	49	"			780	379	"	Mt	P
545	70	"			785	372	"	"	"
550	62	"			790	228	"	"	"
555	65	"			795	300	"	"	"
560	61	"			800	141	"	"	"
565	64	"			805	180	"	"	"
570	52	"			810	1394	"	"	"
575	77	"			815	216	"	K	"
580	65	"			820	129	"	"	"
585	59	"			825	278	"	"	"
595	63	"			830	42	"	Mt	"
600	38	"	Mt		835	74	"	"	"
605	1535	"	"		840	135	"	"	"
610	704	"	"		845	164	"	Mx	"
615	1032	"	"		855	53	D	"	"
620	840	"	Mx		860	96	"	"	"
625	494	"	"		865	51	"	"	"
630	922	"	"	P	870	85	"	"	"
635	1075	"	"	"	875	79	"	Mt	"
640	671	"	"	"	880	51	"	"	"

松川地熱地帯の地下の岩石の帯磁率分布 (大久保・角)

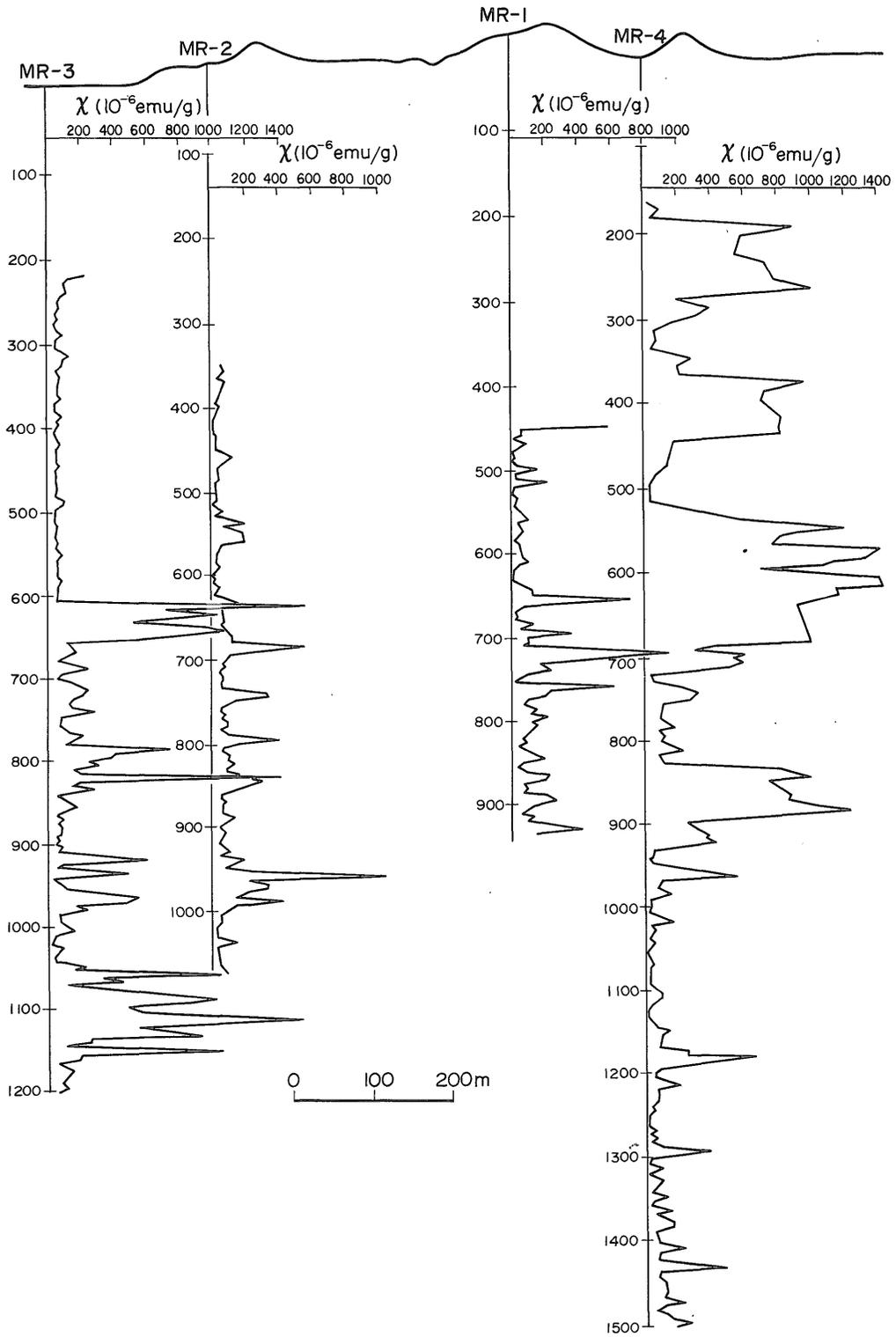
試料 No.	χ (10^{-6} emu/g)	地質	変質		試料 No.	χ (10^{-6} emu/g)	地質	変質	
			シリーズ C	シリーズ B				シリーズ C	シリーズ B
MR-3-885	62	D	Mt		MR-3-1125	255	Ai	Ch	
890	42	"	Mx		1130	255	"	"	
895	83	"	"		1135	98	Ss	"	
900	49	"	"		1140	840	"	"	
910	611	"	Ch		1145	200	"	"	
915	72	"	"		1150	180	"	"	
920	42	"	"		1155	60	R	"	
925	492	"	"		1160	88	"	Mx	
930	38	"	"		1165	141	"	"	
935	20	"	"		1170	128	"	"	
940	67	"	"		1175	100	"	"	
945	101	"	"		1180	85	"	"	
950	—	"	"		1185	113	"	"	
955	550	"	"		1190	63	"	"	
960	458	"	"		1195	64	"	"	
965	117	"	"		1200	45	"	"	
970	233	Sy	"						
975	60	"	"		MR-4-160	31	At		
980	56	"	"		165	68	"		
985	70	"	"		170	105	"		
990	114	"	"		180	40	"		
995	156	Ss	"		190	901	"		
1000	43	"	"		200	596	"		
1010	14	"	"		220	555	"		
1015	86	"	"		MR-4-230	748	"		
1020	62	"	"		250	794	"		
1025	32	"	"		260	1030	"		
1030	35	"	"		270	190	"		
1035	219	"	"		280	415	"		
1040	153	"	"		290	326	"		
1045	1042	"	Mx		300	164	"		
1050	308	"	"		310	67	"		
1055	446	Ai	"		320	85	"		
1060	104	"	"		330	63	"		
1065	469	"	"		340	294	"		
1070	703	"	"		350	205	"		
1075	907	"	"		360	221	"		
1080	848	"	"		370	954	"		
1085	460	"	"		380	730	"		
1090	531	"	"		390	708	"		
1095	882	"	"		410	830	"		
1100	1536	"	"		420	818	"		
1105	1078	"	"	P	430	829	"		
1110	521	"	"	"	440	178	D	Mt	
1115	670	"	"	"	460	150	"	"	
1120	922	"	Ch		470	137	"	"	

地質調査所月報 (第 32 卷 第 6 号)

試料 No.	χ (10^{-6} emu/g)	地質	変質		試料 No.	χ (10^{-6} emu/g)	地質	変質	
			シリーズ C	シリーズ B				シリーズ C	シリーズ B
MR-4-480	64	D	Mt		MR-4-820	116	T	Mx	P
490	37	"	"		825	781	Ai	"	"
510	40	"	"		835	1010	"	"	"
530	553	Ai	K		840	750	"	"	
540	1229	"	Mx		855	895	"	"	
545	895	"	"		865	889	"	"	
550	811	"	"		870	1032	"	"	
560	711	"	"		875	1257	"	"	
565	1429	"	"		880	964	"	"	
575	1320	"	"		890	264	"	"	
580	1141	"	"		895	320	T	"	
585	1071	"	"		905	396	"	"	
590	674	"	"		910	366	"	"	
595	1152	"	"		915	438	"	"	P
600	1415	"	"		925	61	"	"	"
605	1426	"	"		930	62	"	"	"
610	1428	"	"		935	50	"	"	"
615	1148	"	"		940	73	D	"	"
620	1162	"	"		955	587	"	"	Dk
625	1042	"	"		960	125	"	"	P
630	912	"	"		965	98	"	"	"
635	931	"	"		970	96	"	"	"
675	1006	"	"	P	975	169	"	"	"
680	438	"	"	"	980	102	"	"	"
685	278	"	"	"	985	46	"	"	"
690	614	"	"	"	990	59	"	Mt	"
695	518	"	"	"	995	56	"	Mx	"
700	594	"	"	"	1000	40	"	Ch	"
705	524	D	Ch	"	1010	180	"	"	"
710	271	"	"	"	1015	43	B	"	"
715	38	"	"	"	1020	84	"	"	"
725	72	"	"	"	1025	66	"	"	"
730	233	"	"	"	1030	47	"	"	"
735	330	"	"	"	1035	76	"	"	"
745	296	"	"	"	1040	55	"	"	"
750	66	"	"	Dk	1045	35	"	"	"
765	95	"	"	P	1050	34	"	"	"
775	193	"	"	"	1055	42	"	"	"
780	87	T	"	"	1060	62	"	"	"
785	124	"	"	"	1065	39	"	"	"
790	121	"	"	"	1070	36	"	"	"
795	105	"	"	"	1075	39	"	"	"
800	193	"	"	"	1080	38	"	"	"
805	247	"	"	"	1085	38	Sy	"	"
810	93	"	"	"	1090	70	"	"	"
815	123	"	Mx	"	1095	107	"	"	"

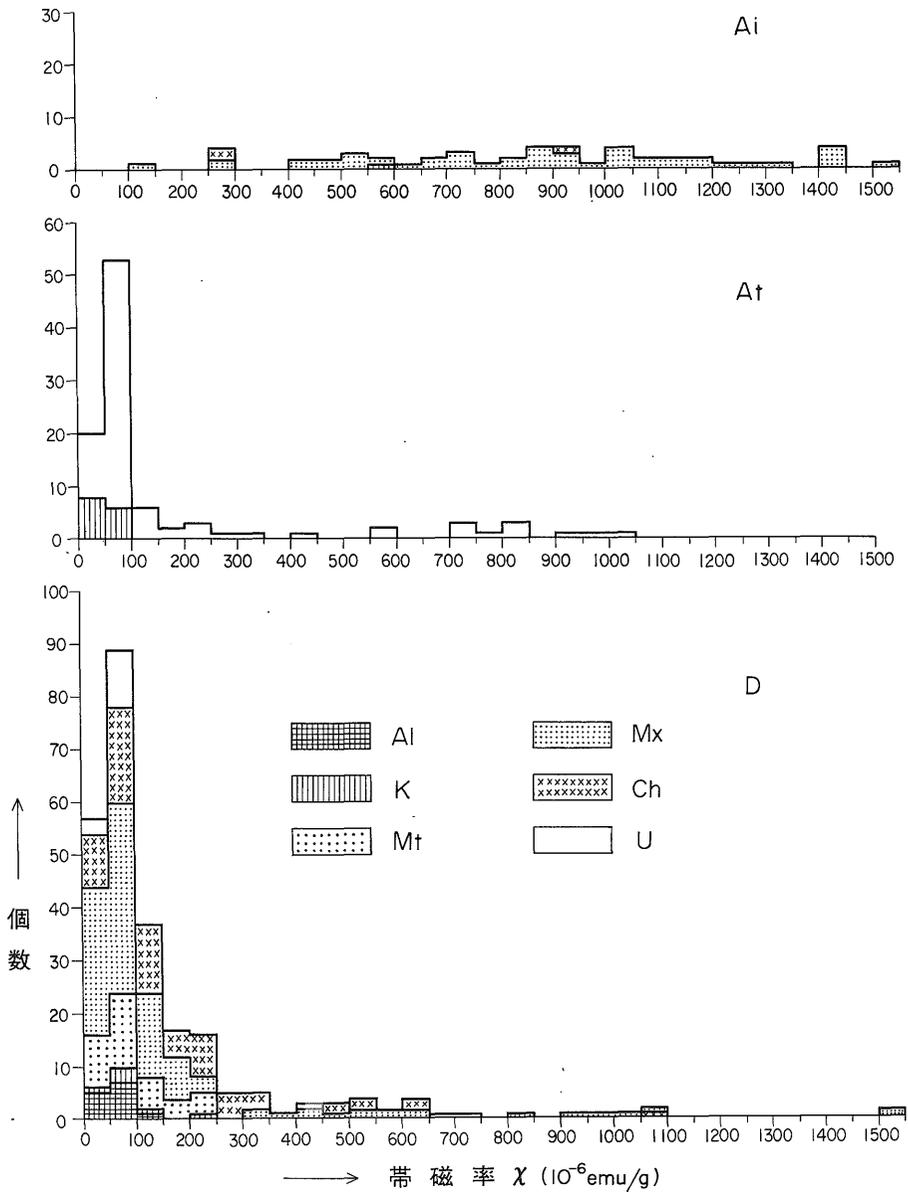
松川地熱地帯の地下の岩石の帯磁率分布 (大久保・角)

試料 No.	χ (10^{-6} emu/g)	地質	変質		試料 No.	χ (10^{-6} emu/g)	地質	変質	
			シリーズ C	シリーズ B				シリーズ C	シリーズ B
MR-4-1100	112	Ss			MR-4-1355	177	R		
1110	45	"			1360	60	"		
1115	26	"			1365	119	"		
1120	26	"			1370	179	"		
1125	26	"			1375	183	"		
1130	44	"			1380	62	"		
1135	66	"			1385	72	"		
1140	159	"			1395	76	"		
1145	109	"			1400	250	"		
1160	89	"			1405	85	"		
1165	275	"			1410	88	"		
1170	264	"			1415	68	"		
1175	655	"			1420	338	"		
1180	292	"			1425	491	"		
1185	111	"			1430	92	"		
1190	71	"			1435	80	"		
1195	68	"			1440	113	"		
1205	219	"			1455	139	"		
1210	76	"			1460	125	"		
1215	94	B			1465	238	"		
1220	85	R			1470	112	"		
1225	81	"			1475	66	"		
1230	58	"			1480	137	"		
1235	67	"			1485	165	"		
1240	56	"			1490	278	"		
1245	31	"			1495	193	"		
1255	29	"			1500	194	"		
1260	78	"							
1265	33	"							
1270	76	"							
1275	28	"							
1280	99	"							
1285	398	"							
1290	209	"							
1295	23	"							
1300	24	"							
1305	119	"							
1310	10	"							
1315	54	"							
1320	108	"							
1325	76	"							
1330	60	"							
1335	31	"							
1340	140	"							
1345	54	"							
1350	44	"							



第3図 松川の地熱井のカッティングスの帯磁率柱状図 (水平及び垂直方向の縮尺率は等しい、 χ は帯磁率)

松川地熱地帯の地下の岩石の帯磁率分布 (大久保・角)



第4図 帯磁率の実測値の原岩別ヒストグラム及びそれと変質分帯 (シリーズC) との関係
 R: 流紋岩火山角礫岩, Ss: 珪質頁岩, Sy: 黒色頁岩, T: 混成凝灰岩, C: 礫岩, B: 異質凝灰角礫岩, D: デイサイト溶結凝灰岩, At: 安山岩溶結凝灰岩・熔岩, Ai: 安山岩貫入岩, Ch: 緑泥石, Mx: 混合層鉱物, Mt: モンモロロナイト, K: カオリン, Al: 明ばん石, P: パイロフィライト, Dk: デイッタイト, U: データのないもの。

今回の測定では $d = 2.54$ cm,

$d' = 1.50$ cm

ゆえに測定試料の直径の補正係数は,

$$\left(\frac{d}{d'}\right)^2 = \left(\frac{2.54}{1.5}\right)^2 = 2.87 \dots \dots \dots (2)$$

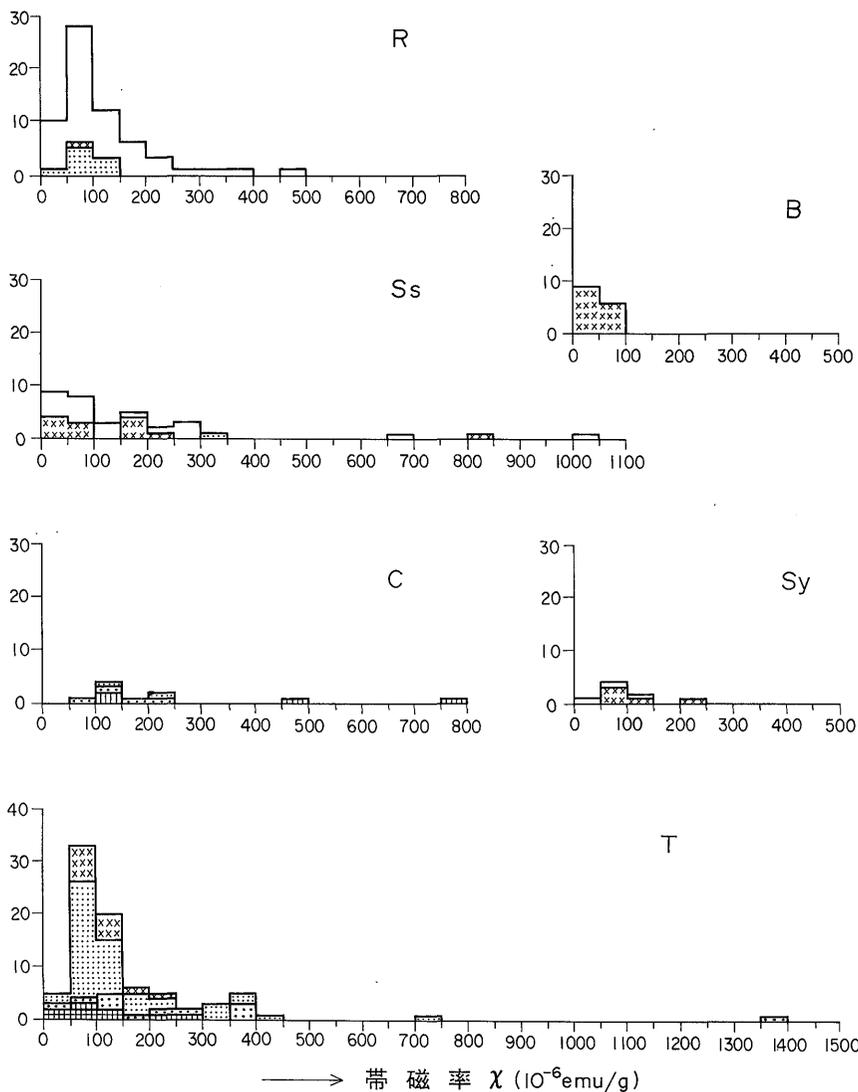
また測定試料の見掛け密度は

$$\sigma' = W/V_0$$

ここで, W : 試料の重量 (g)

V_0 : 試料の体積 (cm^3)

一定量 ($V_0: 10.5 \text{ cm}^3$) のカッティングスを使用。



第5図 帯磁率の実測値の原岩別ヒストグラム及びそれと変質分帯 (シリーズC) との関係 (略号は第4図参照)

ゆえに, $\sigma' = W/10.5 \dots\dots\dots(3)$

(1)式に(2)及び(3)式を代入すれば

$$\begin{aligned} \chi &= 2.87 R \cdot X \cdot \frac{10.5}{W} \times 10^{-6} \text{ (emu/g)} \\ &= 30.135R \cdot X/W \times 10^{-6} \text{ (emu/g)} \end{aligned}$$

また今回はすべて $X=1$ で測定したので, 上式は次のようになる。

$$\chi = 30.135R/W \times 10^{-6} \text{ (emu/g)}$$

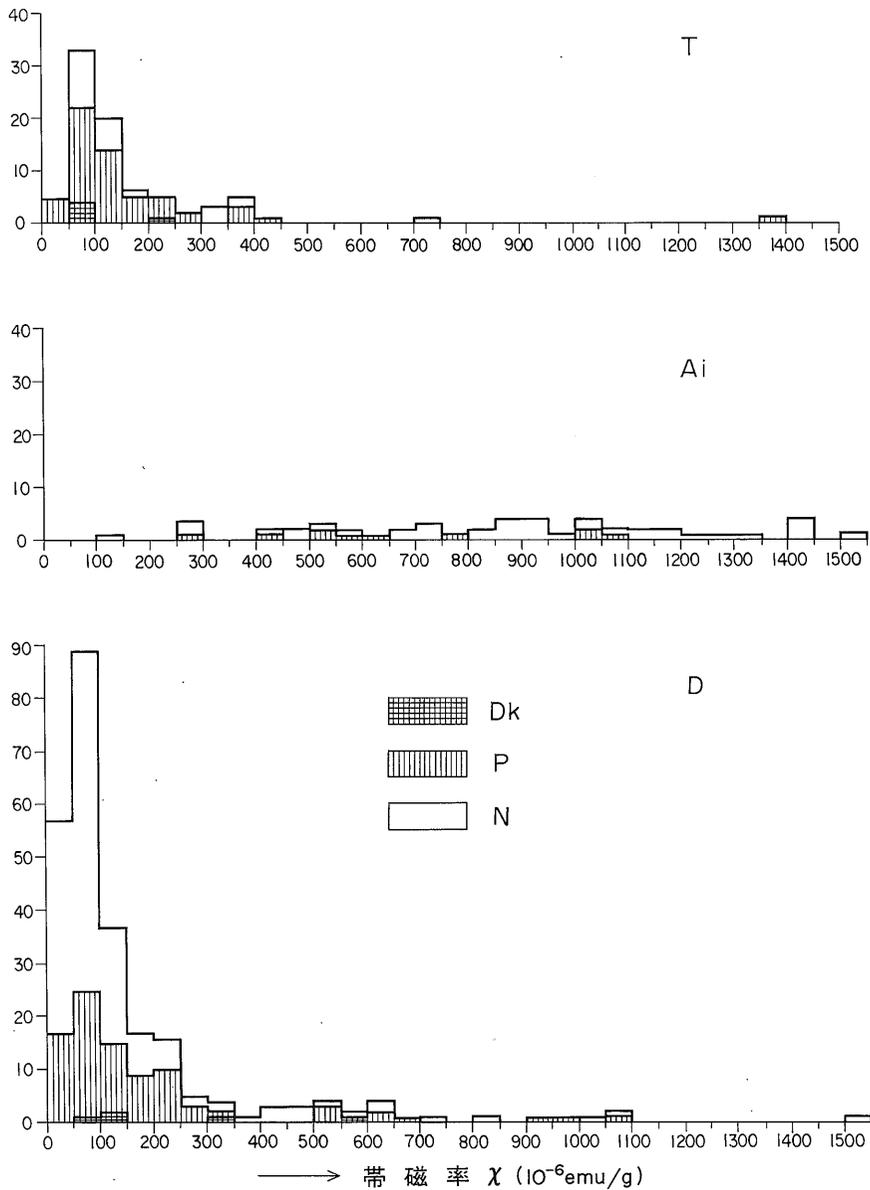
4. 結 果

実験から得られた帯磁率(χ)を第1表に示す。なお第1表には該当試料の地質及び変質分帯を併記した。地質及び変質分帯のデータはSUMI (1968) 及びSUMI and MAEDA (1973) のものを利用した。第1表の値の各地熱井ごとの垂直分布を第3図に示す。

5. 結 果 の 解 析

帯磁率は地質(原岩)のちがいが磁性鉱物の含有量のちがいに関係して変化する。また同じ地質でも変質作用に伴う磁性鉱物の変質によって帯磁率の変化が起る。こ

松川地熱地帯の地下の岩石の帯磁率分布 (大久保・角)

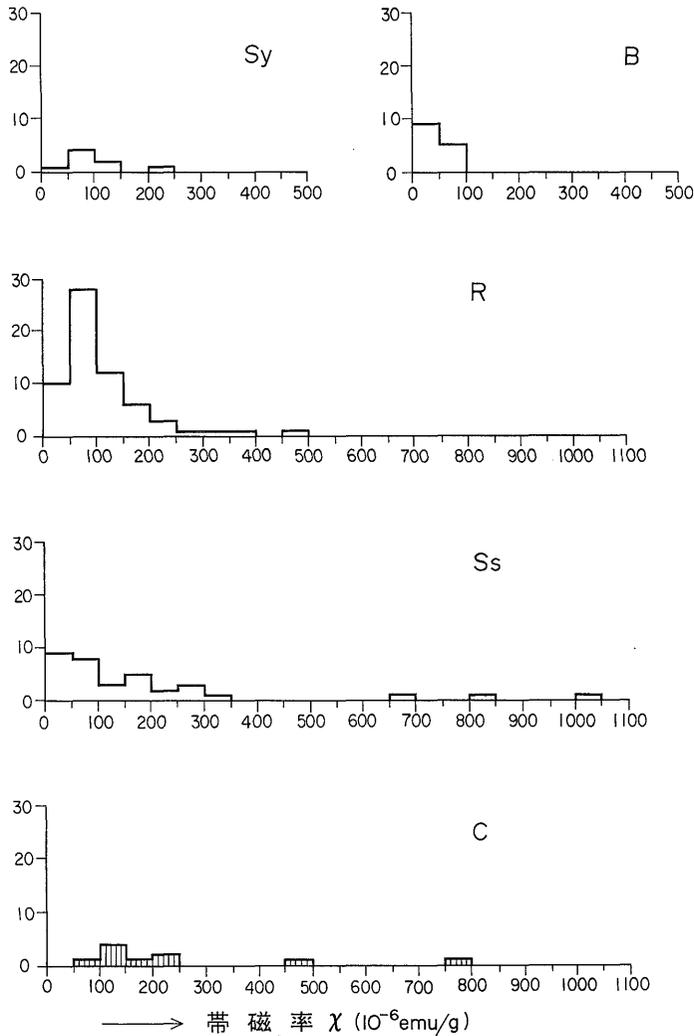


第6図 帯磁率の実測値の原岩別ヒストグラム及びそれと変質分帯(シリーズB)との関係、その1 (略号は第4図参照、ただしNはパイロフィライトまたはディッカイトのないもの)

のため最初に地質と帯磁率との関係を、次に変質と帯磁率との関係を調べてみた。

地質と帯磁率との関係は第1表の地質区分にしたがって、流紋岩火山角礫岩(R), 珪質頁岩(Ss), 黒色頁岩(Sy), 混成凝灰岩(T), 礫岩(C), 異質凝灰角礫岩(B), デイサイト溶結凝灰岩(D), 安山岩溶結凝灰岩・溶岩(At), 安山岩貫入岩(Ai), の9地質区分とし、帯磁率

は $50 \times 10^{-6} \text{ emu/g}$ ごとに区切って地質ごとの帯磁率ヒストグラムを作成した。その結果を第4図-第7図に示す。また各地質区分ごとの最大値, 最小値及び平均値を第10図の上半分に示した。これらの図によれば, R, Sy及びBでは約400, C及びTは約750, D, Ss及びAtでは約1,000, そしてAiでは約 $1,500 \times 10^{-6} \text{ emu/g}$ の幅があり, 総じて, 変化の幅が大きい。また平均値ではAiが

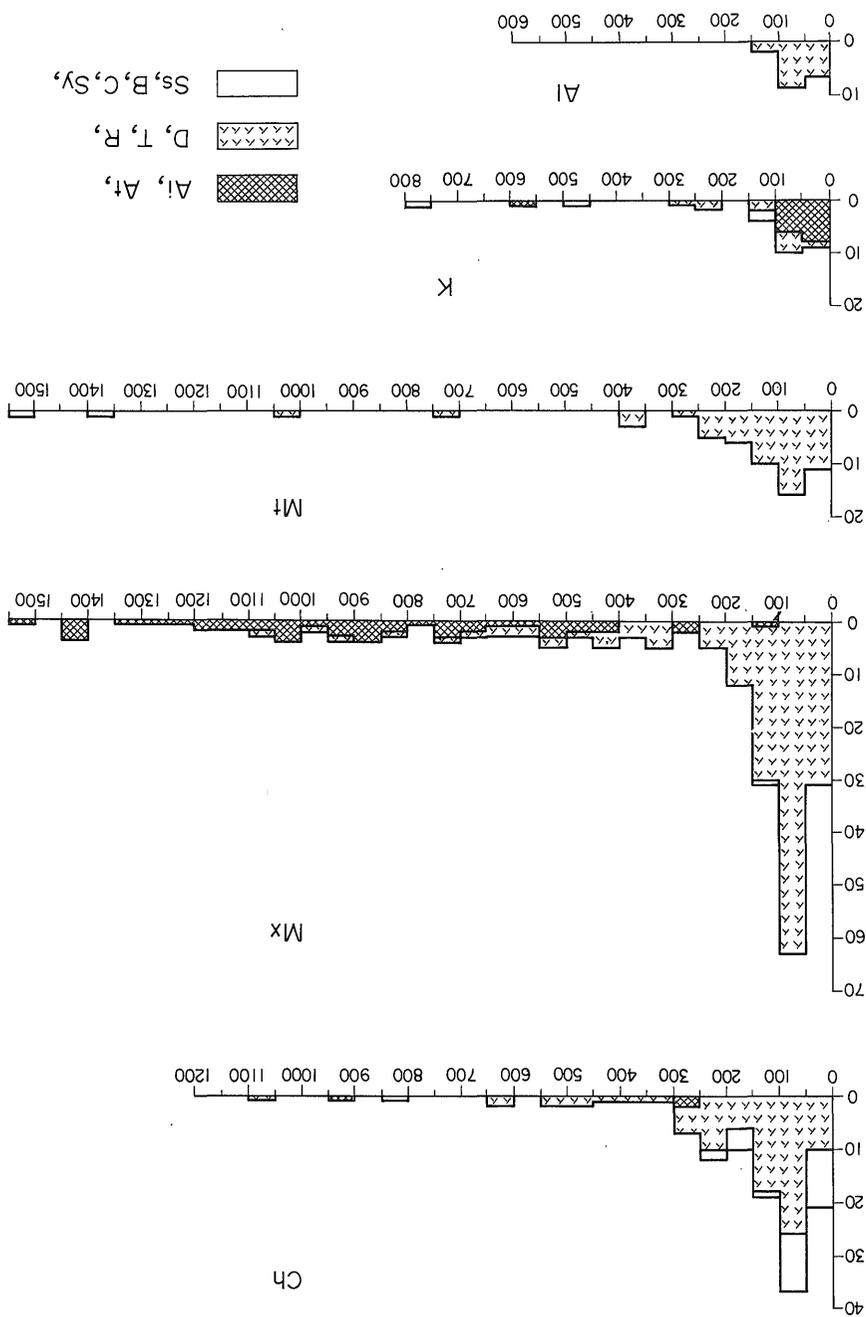


第7図 帯磁率の実測値の原岩別ヒストグラム及びそれと変質分帯(シリーズB)との関係, その2 (略号は第6図と同じ)

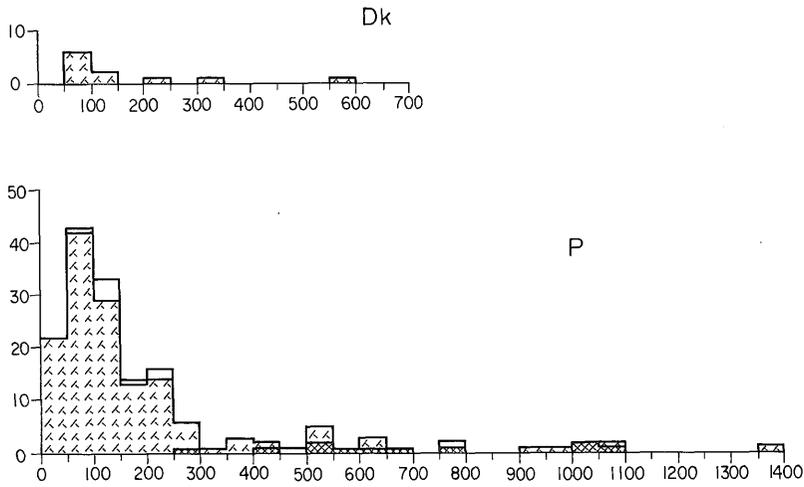
847×10^{-6} emu/g ととびぬけて大きい値を示すが, そのほかの地質では大差ない. このことは, 各地質ともいろいろな段階の変質を受けていることを示している.

次に変質と帯磁率との関係を見るために第1表の変質区分(シリーズC及びB)にしたがって, 明ばん石帯(AI), カオリン帯(K), モンモリロナイト帯(Mt), 混合層鉱物帯(Mx), 緑泥石帯(Ch), ディツカイト帯(Dk), 及びパイロフィライト帯(P)の7帯に区分し, これを前述の9つの地質区分ごとに変質区分を行った. その結果を第4図-第7図のヒストグラムの中に模様によって区分した. と同時に各変質帯ごとのヒストグラムを作り,

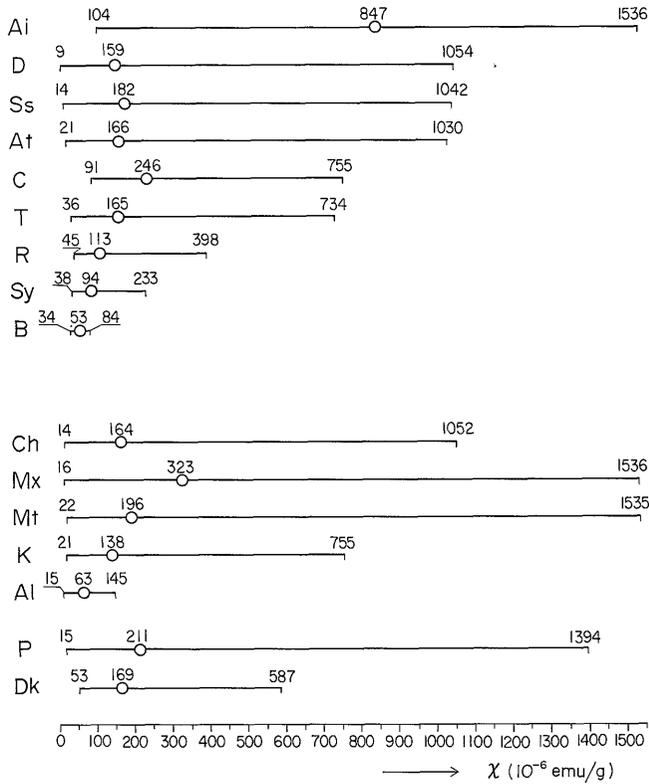
その中を模様によって岩質区分した(第8, 9図). また各変質区分ごとの最大値, 最小値及び平均値を第10図の下半分に示した. これらの図によれば, 中性ないし弱アルカリ性環境下で生成したとみられる Ch, Mx 及び Mt の各帯の平均帯磁率はそれぞれ164, 323 及び 196, 酸性環境の K帯は 138, 強酸性環境の AI帯は 63×10^{-6} emu/g と酸性度に応じて帯磁率が低下しているのが理解される. 一方高温酸性環境の P 及び Dk 帯は平均値がそれぞれ 211 及び 169×10^{-6} emu/g と, K または AI帯に比較して帯磁率の低下が著しくない. このちがいが何に由来するかは今の所わからない.



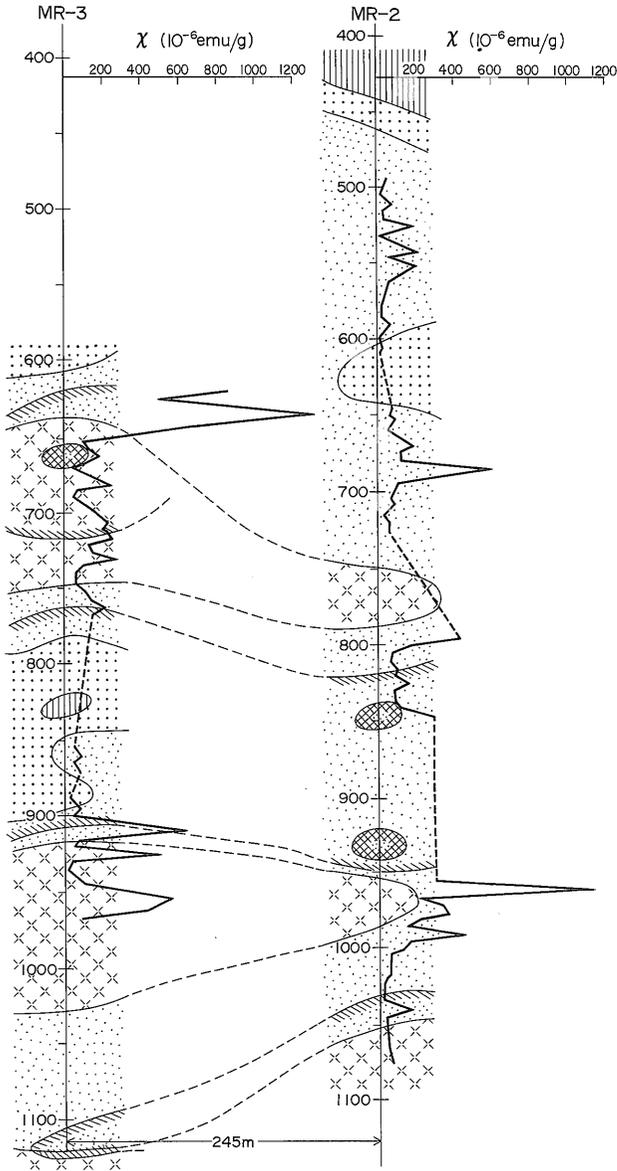
第8図 帯磁率の実測値の変質帯(シラスC)別ヒストグラム及び
それと原岩との関係(略号は第4図参照)



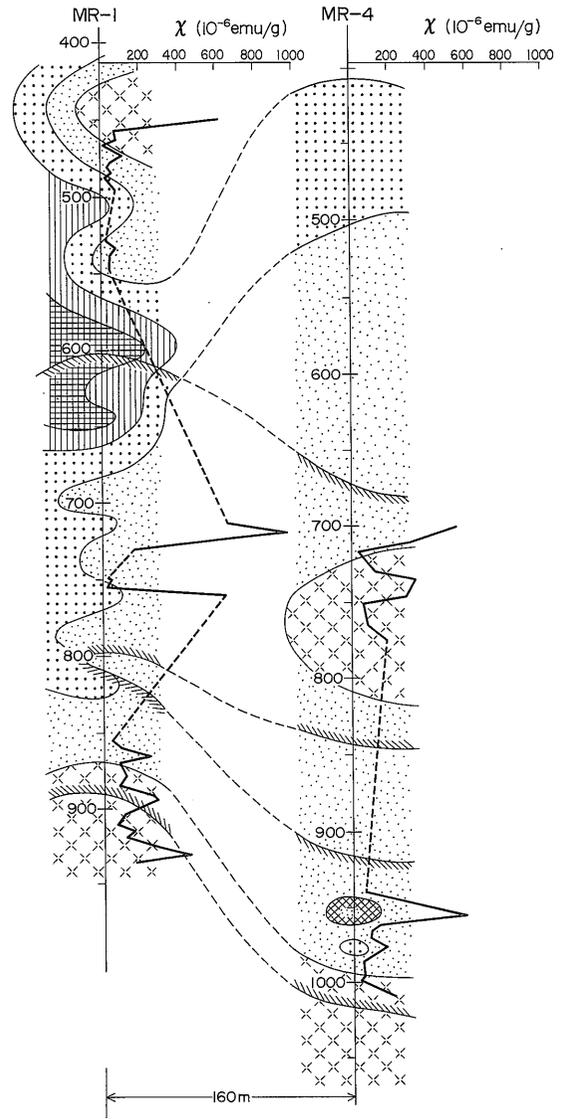
第 9 図 帯磁率の実測値の変質帯 (シリーズ B) 別ヒストグラム及び
それと原岩との関係 (略号は第 4 図と同じ)



第 10 図 地質別変質帯別の帯磁率の最大値, 最小値及び
平均値 (略号は第 1 表と同じ, 丸印は平均値)



第11図 デイサイト溶結凝灰岩 (D) を原岩とする混合層鉱物帯 (Mx) 及び緑泥石帯 (Ch) の帯磁率柱状図, その1 (水平及び垂直方向の縮尺率は等しい)



第12図 デイサイト溶結凝灰岩 (D) を原岩とする混合層鉱物帯 (Mx) 及び緑泥石帯 (Ch) の帯磁率柱状図, その2 (水平及び垂直方向の縮尺率は等しい)

変質と帯磁率との間にはこのように一定の関係を認めることが出来るのであるが、一つの特徴的なことは一般に測定値の分散が著しいことである。このことの原因をみるために測定値が多く、かつ分散の著しい Ch 及び Mx 帯について、帯磁率の分布を調べてみた。ただし原岩の影響を除くためにデイサイト溶結凝灰岩を原岩とするもの177個のみを対象として帯磁率分布図を作った。これを第11図及び第12図に示す。これらの図をみると、同じ Ch・Mx 帯でも Mt, K または Al 帯に近接するにしたがって次第に帯磁率が減少することがうかがわれる。すなわち、MR-1 井の 450-495m, 850-935m, MR-2 井の 955-1075m 及び MR-3 井の 855-965m である。ただしこれと逆の場合もないことはない。それは MR-3 井の 600-765m 及び MR-4 井の 940-1010m である。以上のことは磁性鉱物の消失現象が混合層鉱物帯・緑泥石帯の中へも、その周辺から進行していることを物語っている。安山岩貫入岩の場合は同じ混合層鉱物帯・緑泥石帯でも帯磁率が大変高いのは浸透率の差にもとずく地熱流体の浸透が小さいためと思われる。

今後このような帯磁率分布が鉱物学的に何を意味するかを検討する必要がある。磁鉄鉱から黄鉄鉱への鉱物学転移は、明らかに緑泥石帯から始まり、漸次酸性変質帯に及んでいるとみられるのであるが、このことを他の方法によって検証する必要がある。

6. 謝 辞

帯磁率の測定法について、測定法、測定結果の処理・解釈などについて終始懇切な助言をいただいた物理探査部斉藤友三郎技官に対し厚く感謝の意を表す。

7. ま と め

今回の研究の結果次のことが判明した。

- (1) 地質的には安山岩貫入岩が、その高帯磁率によって検出され得る。その原因は安山岩貫入岩は変質度が弱いことによるらしい。
- (2) カオリン、明ばん石、パイロフィライトなどの存在で特徴づけられる酸性変質帯はその低帯磁率によって検出され得る。
- (3) パイロフィライト帯の帯磁率はカオリン及び明ばん石帯のそれより一般に高い。
- (4) 帯磁率の低下は混合層鉱物帯及び緑泥石帯にも及んでおり、それは酸性変質帯に近接した所ほど著しい。

以上のことから地熱井のカッティングスの帯磁率測定は、変質の大勢をみる上で十分有用であるとみなされる。今後、鉱物学的な検証及び、他の物性値との比較検討などが必要である。

参 考 文 献

- 斉藤友三郎 (1969) カッティングの磁性測定について。地質ニュース, no. 183, p. 18-23.
- (1970) 岩石の磁性測定。日本鉱業会昭和45年度秋季大会分科研究会資料, p. 1-4.
- Sumi, K. (1968) Hydrothermal rock alteration of the Matsukawa geothermal area. *Rept. Geol. Surv. Japan*, no. 225, 42 p.
- and MAEDA, K. (1973) Hydrothermal alteration of main productive formation of the steam for power at Matsukawa, Japan. *Proceedings of Symposium on Hydrogeochemistry and Biogeochemistry*, vol. 1, p. 211-228.

(受付: 1981年1月14日; 受理: 1981年1月26日)