

南極大陸における地球化学探鉱のための 基礎的データ

西山 孝*

Basic Analytical Data for Geochemical Exploration in Antarctica

Takashi NISHIYAMA*

Abstract: The distribution of minor elements (Mn, Zn, Pb, Cu, Ni, Co, Cd) in glacial deposits from the Dry Valley area, Southern Victoria Land, has been investigated with atomic absorption spectroscopy to conduct geochemical exploration in Antarctica. The specimens were taken from various representative parts from the drill holes 12 (Taylor Valley) and 13 (Wright Valley). Highly anomalous zinc content (0.39% Zn) is evident in one specimen of muddy silt (sample No. 115). Lead shows low values in the particular horizons and generally higher level in sediments from the Taylor Valley than from the Wright Valley.

Compared with the distribution of minor elements in sedimentary rocks around Lake Biwa, Shiga Prefecture, which contained sandstone, shale, chert, limestone, schalstein, and recent deposits, it is observed that average values of the minor elements in both regions are similar, but the magnitude of their variations in the Dry Valley area except zinc in sample No. 115 and lead, is smaller than that around Lake Biwa. These effects suggest that geochemical dispersion patterns in Antarctica have been influenced greatly by mechanical movement and less by chemical movement.

要旨: 南極大陸における地球化学探鉱法の基礎的資料を得るために、氷成堆積物中の微量成分の分布状況を調べた。分析試料は、ビクトリアランド・ドライバレー地域のテイラー谷とライト谷で掘削されたコアから選び、Mn, Zn, Pb, Cu, Ni, Co, Cd の7元素を原子吸光分光分析法により測定した。その結果、Znには1試料であるが0.39% Znという異常値が、またPbでは特定層準ではとくに低い値を示し、両谷を比較するとテイラー谷からの試料にPbの含有量が多いことなどが明らかになった。また、これらの分析値と琵琶湖周辺に産出する堆積岩中の微量金属元素の含有量とを比較検討したところ、平均値ではほとんど差が認められないにもかかわらず、氷成堆積物中の微量元素の分析値(Pbと試料No. 115のZnを除く)の分布範囲が著しく狭くなっていることが判明した。これは、温暖地域に比べると極地では水の存在が限られ、淘汰作用や化学的2次分散が起こりにくいためと考えられる。

1. はじめに

資源の調査には、地質学・物理学・化学をはじめ、あらゆる知識を応用し、その対象物によって多くの探査方法が開発されている。地球化学探鉱法は、そのなかの1つで、岩石、土

* 京都大学工学部資源工学科。Department of Mineral Science and Technology, Faculty of Engineering, Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto 606.

壤、沢砂、自然水、植物などを対象にして、これらに含まれる微量元素の異常濃集帯を検出することによって、鉱化作用の有無や、異常濃集帯と鉱床との位置関係を明らかにすることを目的としている。この地球化学探鉱法は広域調査においても、また精密調査においても、きわめて有効な手段であることは数多くの実例で裏付けられている（島誠，1970；CAMERON，1975；日本鉱業会地化探研究会，1977）。

一方、南極大陸は地球上の特異な地域として残され、いままで資源探査はほとんど行われていない。けれども、近年地球上の鉱物資源の枯渇問題が論議されるようになり、南極大陸の鉱物・エネルギー資源にもしだいに目が向けられるようになってきた。現在南極大陸は95%以上が氷におおわれているが、それでもなお露岩地帯の面積は日本の総面積より広いことが知られている。したがって、資源探査はまずこの露岩地域からすすめられるのが順当であろう。

そこで、本研究では南極地域への地球化学探鉱法の適用性について考察した。

まず、南極地域の特殊条件として、採取できる試料が限られていることと、低温のためほとんど水や生物が存在しないことの2点があげられる。したがって、地球化学探鉱の対象も植物や土壌は考えられず、岩石あるいは氷河ないし湖沼の堆積物が対象となる。岩石試料の場合は、試料採取が困難なことを除けば、通常行われている地球化学探鉱と変わりなく実施することができる。しかし、堆積物の場合には、温暖地域と同じような考えが適用できるかどうかは明らかではない。

微量元素の分散は時間的なずれにより1次的、2次的、あるいは3次的分散、また分散方法の違いにより機械的分散と化学的分散とに分けられる。温暖地域では、一般に機械的あるいは化学的に破壊された岩石が、つづく水による淘汰や溶解あるいは沈殿作用により特定のところに重金属が集まり、しばしば異常濃集帯が形成される。しかし河川の存在しない極地では、水による微量元素の移動や化学的風化はごく限られており、移動はおもに機械的風化と氷河によって行われている。その結果、分級の悪い漂礫土や湖の堆積物が多くをしめ、よく淘汰された堆積物は融氷河流によってまれに形成される程度である。

これらのことを考慮して、極地における微量元素の挙動を現実に調べるために、ビクトリアランド・ドライバレーで掘削されたコア中の微量金属元素を分析した。

2. ドライバレー地域の地形と地質

ドライバレーは、ロス海の西方にある幅 80 km、長さ 60 km に達する広い露岩地帯に対して名付けられたもので、ビクトリア谷、ライト谷、テイラー谷の3つの大きな東西に走るU字谷からなっている。この3つの谷にはかなり厚い漂礫土が堆積しており、大小さまざまな形の湖沼が存在している（図1）。氷河の後背地は南極横断山脈で、この山脈には先カンブリア時代後半の堆積物および古生代のデボン紀から中生代のジュラ紀にできたビーコン層群が山体の上部にのっており、この層群を貫いてジュラ紀の輝緑岩の岩床や岩脈がみられる。

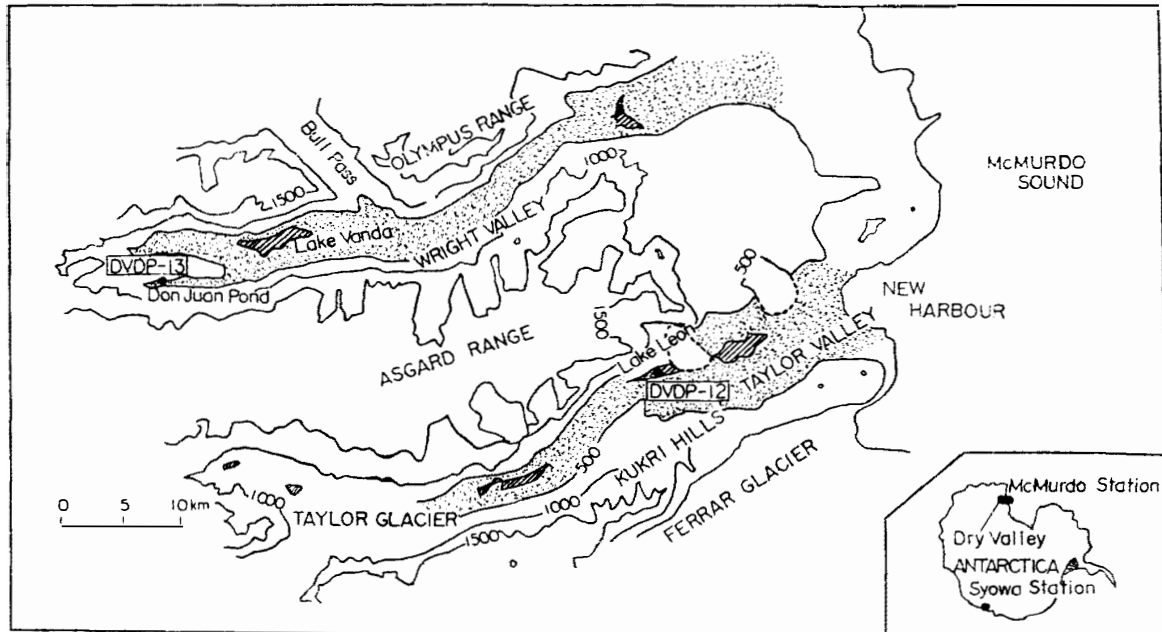


図1 ドライバレーとボーリング位置図

Fig. 1. The Dry Valley region, southern Victoria Land, and location of drill holes DVDP-12 and DVDP-13. Stippled area: glacial deposits, shaded area: lake.

また U 字谷中にはしばしば新生代の噴せき丘が観察される。1971年からこのドライバレー地域の火山岩層、湖および堆積物に対して掘削調査がアメリカ、ニュージーランド、日本の3国共同 (DVDP) で行われている。

3. 試料採取

ドライバレー地域には現在までに15点の掘削が行われているが、そのなかから代表的なものとしてテイラー谷の Lake Leon (DVDP-12) (CHAPMAN-SMITH, 1975) とライト谷の塩湖 (Don Juan Pond, DVDP-13) (MUDREY *et al.*, 1975) の掘削コアを選び、それぞれ38個および12個の試料を採取した。この2点においては基盤岩までの掘削に成功している (図1)。試料には、分級の悪い砂質ないしシルト質の漂礫土が多いが、一部には融氷流水堆積物も含まれている。また堆積物と比較するため基盤岩も分析した。

4. 原子吸光分光分析

試料はまず 110°C で乾燥したのちに、50メッシュのふるいで分け、50メッシュ以下の粒子についてのみ分析した。検液は試料を粉碎、秤量し、フッ化水素酸と硝酸の混酸を用いて溶かし、蒸発乾固したのち 1N-塩酸に溶かし、0.02 g/ml になるよう調整した。この濃度で検出されなかったものを検出限界以下とし、濃度の高すぎる時は、てきぎ稀釈して用いた。測定した元素は、Mn, Zn, Pb, Cu, Ni, Co, Cd の7元素で、すべて空気-水素炎による原

表 1 ボーリングコア (Lake Leon, DVDP-12) 試料の分析結果
 Table 1. Minor element contents of DVDP-12 core..

Sample number	Depth (m)	Mn	Zn	Pb	Cu	Ni	Co	Cd	Remarks
		(ppm)							
101	3.10	640	190	170	23	75	40	<5	Medium sand
102	6.10	690	120	150	30	85	40	<5	Gradational contact with larger clasts
103	11.75	570	120	160	40	85	40	<5	Fine sand
104	13.65	860	240	170	33	80	30	<5	Gravelly medium sand
105	16.40	800	170	140	25	120	45	<5	Coarse sand
106	20.20	790	140	150	22	95	40	<5	Medium sand
107	22.85	580	83	110	29	75	35	<5	Muddy medium sand with clasts
108	26.10	650	100	250	37	85	30	<5	Very poorly sorted muddy fine sand
109	28.20	940	170	340	57	55	45	<5	Well sorted fine and medium sands
110	32.25	690	160	180	29	100	40	<5	Muddy medium sand and inter-bedded thin muddy fine sands
111	38.35	600	88	30	24	70	40	<5	Muddy fine, sand with granules, pebbles and cobbles
112	44.95	750	83	30	30	75	45	<5	Very poorly sorted muddy fine sand
113	47.30	900	100	30	27	55	35	<5	Calcareous silty mud
114	51.40	450	130	45	17	45	25	<5	Very poorly sorted muddy medium sand
115	53.40	890	3900	30	24	75	40	<5	Muddy silt
116	60.45	920	340	160	22	75	35	<5	Muddy fine sand
117	63.34	690	140	130	28	75	40	<5	Muddy fine sand
118	68.10	650	110	110	34	65	30	<5	Muddy fine sand
119	70.92	830	91	140	24	80	40	<5	Faintly bedded muddy, gritty fine sand
120	77.24	1100	230	250	32	95	45	<5	Fine and medium sands
121	87.86	1200	110	180	24	110	50	<5	Thinly bedded medium sand
122	90.67	1100	110	95	26	130	50	<5	Muddy fine sand
123	93.53	660	76	95	30	110	40	<5	Thin laminated muddy silts and very fine sand beds
124	96.96	890	150	170	38	85	45	<5	Muddy fine to medium sand
125	100.71	940	120	140	23	60	40	<5	Fine sand to gravelly medium sand
126	103.84	590	300	180	37	60	30	<5	Sandy mud with granules, pebbles
127	109.58	830	200	180	16	55	30	<5	Sandy silt with clasts
128	120.39	490	100	150	19	45	25	<5	Sandy mud with granules, pebbles
129	126.21	450	96	150	20	40	20	<5	Sandy mud to muddy sand with scattered granules and pebbles
130	129.72	560	140	140	30	55	30	<5	Sandy mud to medium gravel
131	134.42	450	180	130	38	40	25	<5	Sandy silty mud
132	137.80	640	210	150	23	65	35	<5	Moderately sorted, medium to coarse sands
133	142.73	400	120	120	17	55	30	<5	Sandy mud with granules and pebbles

Table 1 (continued).

Sample number	Depth (m)	Mn	Zn	Pb	Cu	Ni	Co	Cd	Remarks
		(ppm)							
134	147.69	770	93	30	18	30	30	<5	Mud and fine sandy mud with granules, pebbles and cobbles
135	156.22	380	130	45	26	40	30	<5	Mud and fine sandy mud with granules, pebbles and cobbles
136	164.19	390	120	55	16	30	30	<5	Till
Average		715	249	133	27	72	36	<5	
137	166.79	70	55	65	68	15	25	<5	Granite
138	177.60	590	280	45	53	65	40	<5	Granite

表 2 ポーリングコア (Don Juan Pond, DVDP-13) 試料の分析結果

Table 2. Minor element contents of DVDP-13 core.

Sample number	Depth (m)	Mn	Zn	Pb	Cu	Ni	Co	Cd	Remarks
		(ppm)							
201	1.00	770	100	20	28	45	25	<5	Sorted, sub-rounded feldspathic sand
202	2.00	500	65	20	24	30	20	<5	Sorted, sub-rounded feldspathic sand
203	3.00	960	120	20	32	50	30	<5	Fine sand
204	6.30	570	91	20	39	25	20	<5	Medium sand
205	7.10	590	130	55	44	45	20	<5	Silt or fine sand
206	8.20	490	88	30	32	30	20	<5	Fine sand
207	10.60	1000	140	25	46	50	25	<5	Silt with minor amounts of pebbles and sand
208	11.14	960	110	35	34	65	30	<5	Silt with minor amounts of pebbles and sand
209	11.95	770	100	50	68	65	30	<5	Clayey silt with very uncommon pebbles and sand
Average		734	105	31	39	45	24	<5	
210	12.75	1000	120	45	60	125	30	<5	Medium-grained diabase
211	36.03	1000	140	35	69	95	35	<5	Medium-grained diabase
212	66.14	180	62	20	10	10	10	<5	Amphibolite gneiss

子吸光分光分析法を用いた。

分析結果は表 1, 表 2 のとおりで, Lake Leon からの試料では, Mn : 380-1200 ppm (平均 715 ppm), Zn : 76-3900 ppm (平均 249 ppm), Pb : 30-340 ppm (平均 133 ppm), Cu : 16-57 ppm (平均 27 ppm), Ni : 30-130 ppm (平均 72 ppm), Co : 20-50 ppm (平均 36 ppm), Cd : <5 ppm の分析値を示し, Don Juan Pond からの試料では Mn : 490-1000 ppm (平均 734 ppm), Zn : 65-140 ppm (平均 105 ppm), Pb : 20-55 ppm (平均 31 ppm), Cu : 24-68

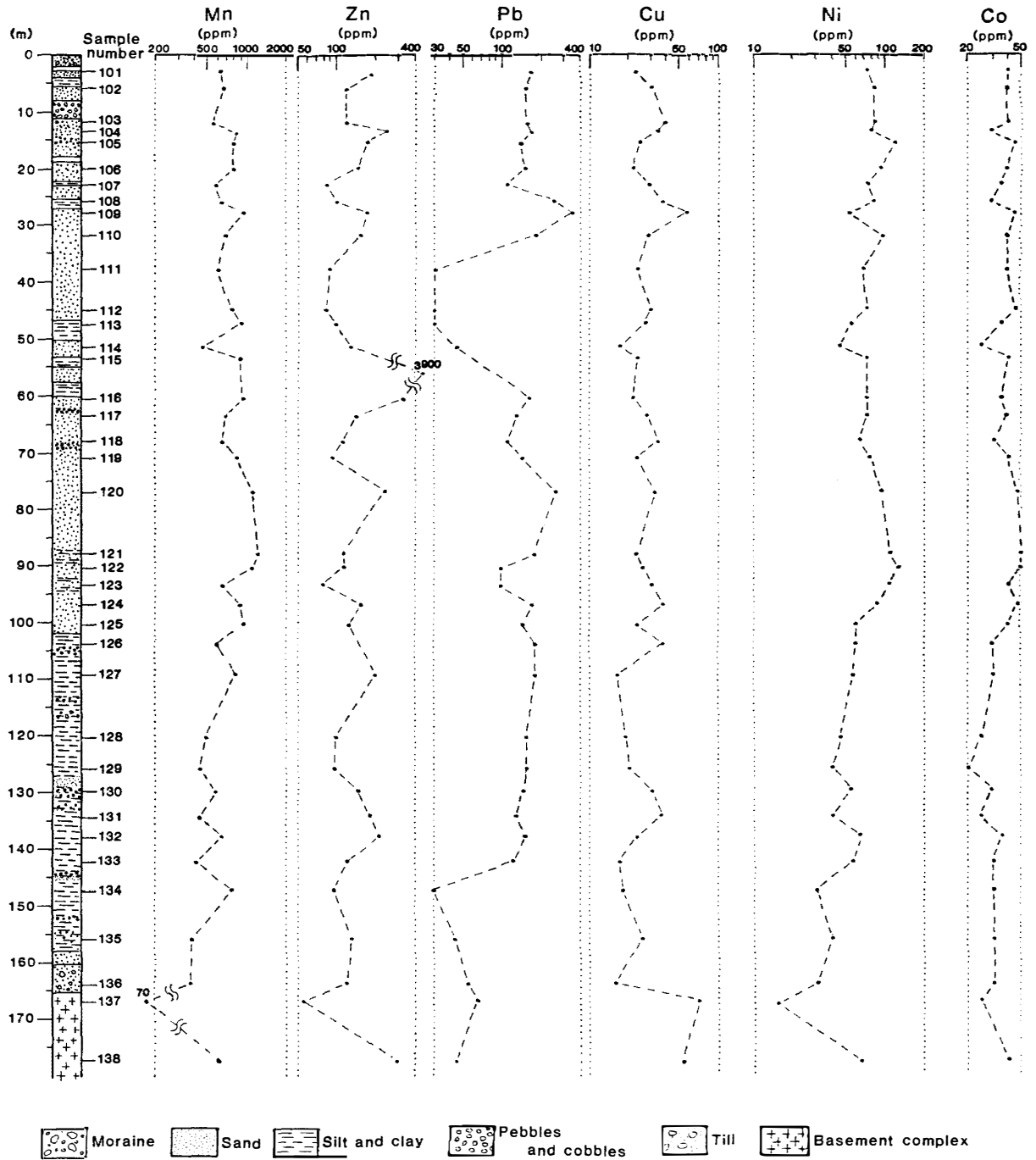


図 2 テイラー谷のボーリングコア (Lake Leon, DVDP-12) における微量成分の垂直分布
 Fig. 2. Vertical distribution of minor elements in DVDP-12 core (Taylor Valley).

ppm (平均 39 ppm), Ni : 25-65 ppm (平均 45 ppm), Co : 20-30 ppm (平均 24 ppm), Cd : <5 ppm となっている。テイラー谷とライト谷を平均値で比較すると, Zn と Pb が 2-4 倍 テイラー谷に多く, Cu もテイラー谷に多くなっている。その他, Mn, Ni, Co, Cd については相違はみられない (表 1, 表 2)。

次に, これらの微量元素の含有量と, 試料採取位置 (地表からの深さ) との関係と比較検

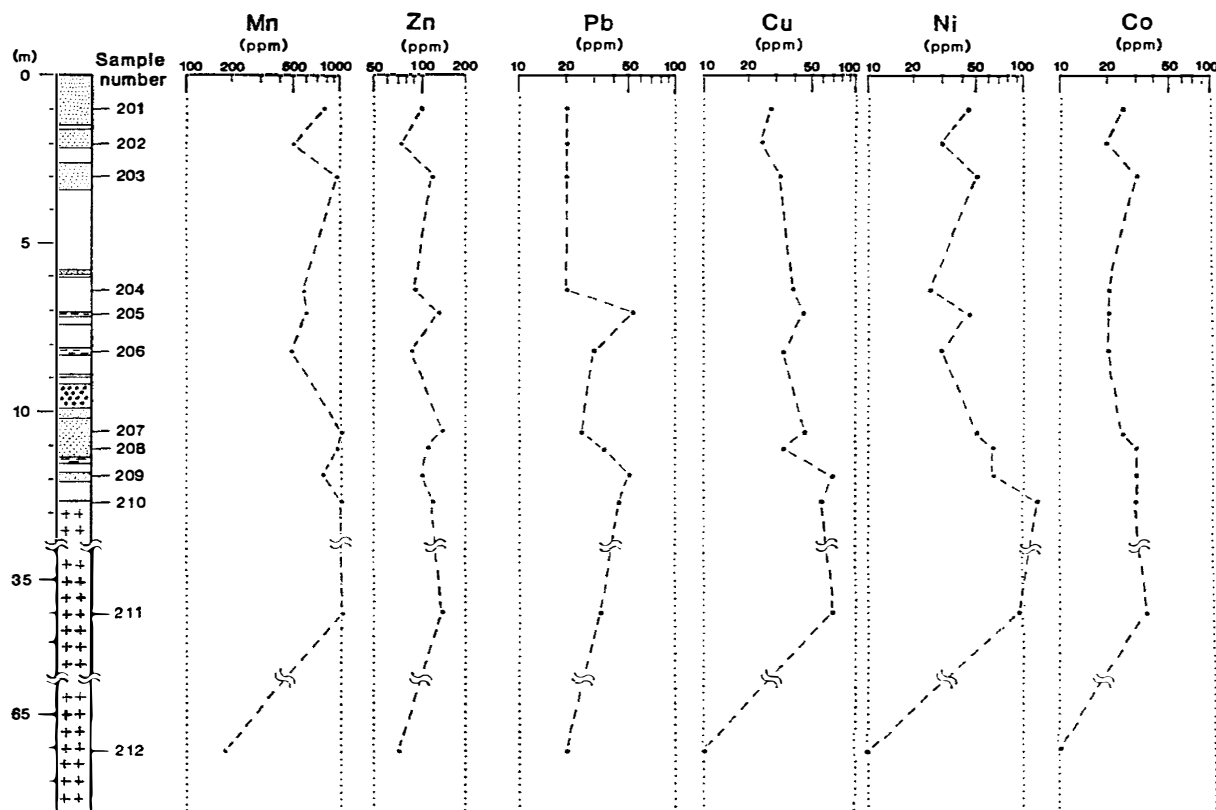


図3 ライト谷のボーリングコア (Don Juan Pond, DVDP-13) における微量成分の垂直分布
 Fig. 3. Vertical distribution of minor elements in DVDP-13 core (Wright Valley).

討すると、図2、図3のようになる。図2および図3からどこにしきい値を設定し、どれを異常値とするかは問題であるが、明らかに高い分析値は、Lake Leon からの試料 115 の Zn の分析値、3900 ppm (0.39%) で、この試料は、何らかの形で Zn の鉱染があったものと考えられる。また Pb では、同じく Lake Leon の試料 111-115 および試料 134 が、30-45 ppm でとくに低いのが目立つ。これらの値は一応異常値と考えられるであろう。しかしながら、Cu, Ni, Co, Mn, については、堆積物試料の分析値の分布状況と基盤岩の分析値の分布状況が似ており、とくに異常値と考えるべきものはない。また、このドライバレー地域のモレーンや、テイラー谷の左岸には銅鉱物の産出が知られているにもかかわらず、試料数が少なかつたためか、Cu には異常値とみられるものはなかった。

5. 考 察

南極地域では珍しく厚い堆積物の存在するドライバレー地域において、重金属の垂直的な分布状況について調べた。これらの堆積物は、源岩も、堆積時期も、堆積環境も異なっており、ときには海水の浸入などもあったと推測されている。そこで、これらの堆積物中の微量成分と通常の堆積岩の代表的なものとして、琵琶湖周辺に産する堆積岩中の微量成分（港他、

1979) とを比較検討した. 琵琶湖周辺の岩石は, 鉍化作用を受けていないものを選び, 年代別に分け, さらに岩石種により区分した. 図4で, まず Zn (試料 115 を除く), Cu, Ni, Co において, 平均値ではほとんど変わらないにもかかわらず, ドライバレーの試料の分析値は, 琵琶湖周辺の岩石の分析値に比べて分布範囲が狭いこと, Pb はドライバレーの Lake Leon のものが, 他のものに比べてとくに多くなっていること, すでにふれたように, Zn には 0.39% という異常値があることが顕著な特徴としてあげられる. このように分析値の分布範囲が狭くなっていることは, 低温の極地では, 化学的な 2 次分散が小さいこととあわせて, 淘汰作用が少ないために, 特別なところに元素の濃集が起こりにくいものと解釈される. また, このことは 1 試料であっても, Zn の 0.39% という異常値には, 鉍石のようなとくに Zn を多量に含む粒子が混入していたとも考えられ, 今後検討を要する. Pb が特定層において低いことについては, これらの堆積物の源岩にとくに Pb が少なかったか, あるいは堆積環

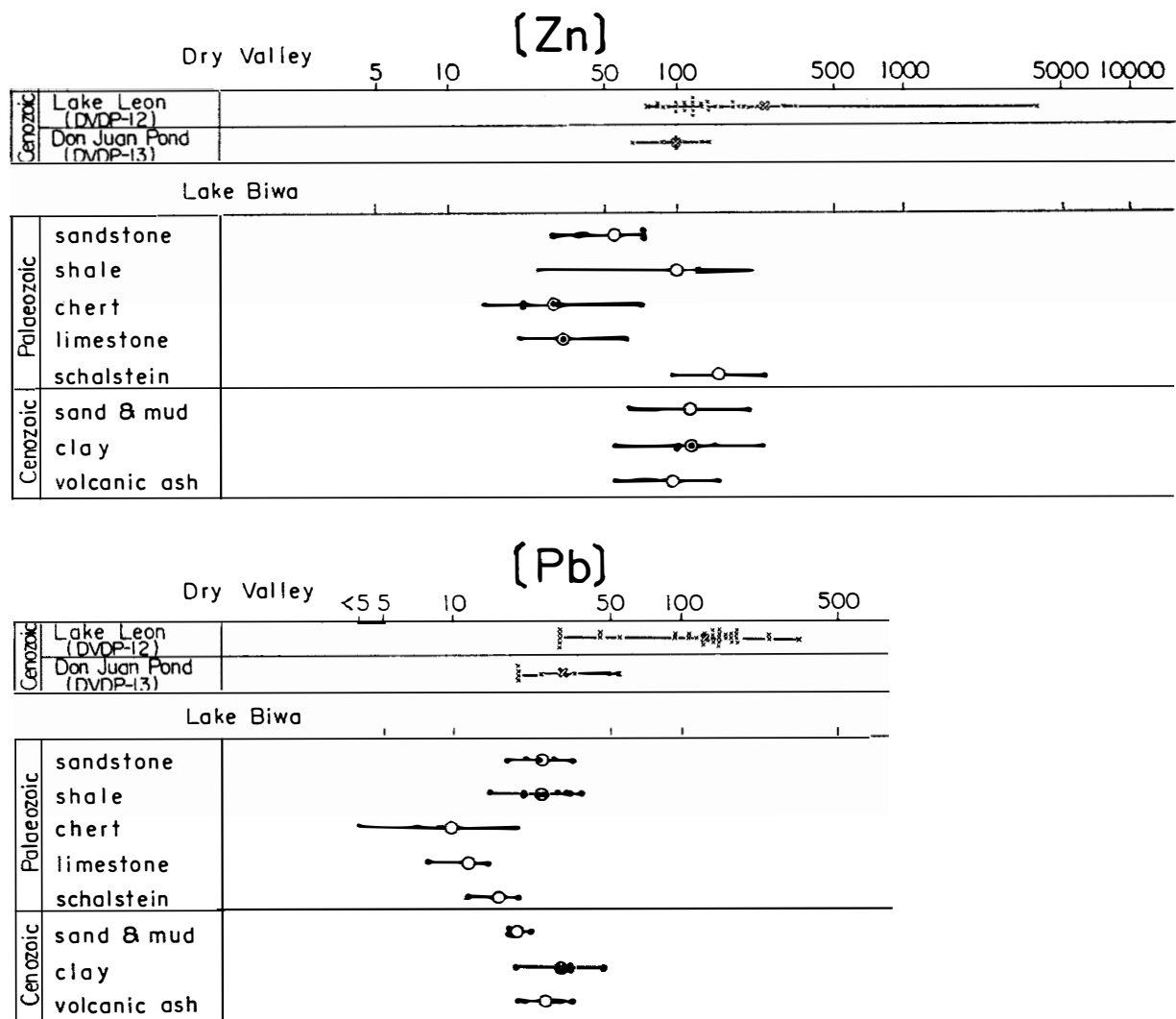


Fig. 4.

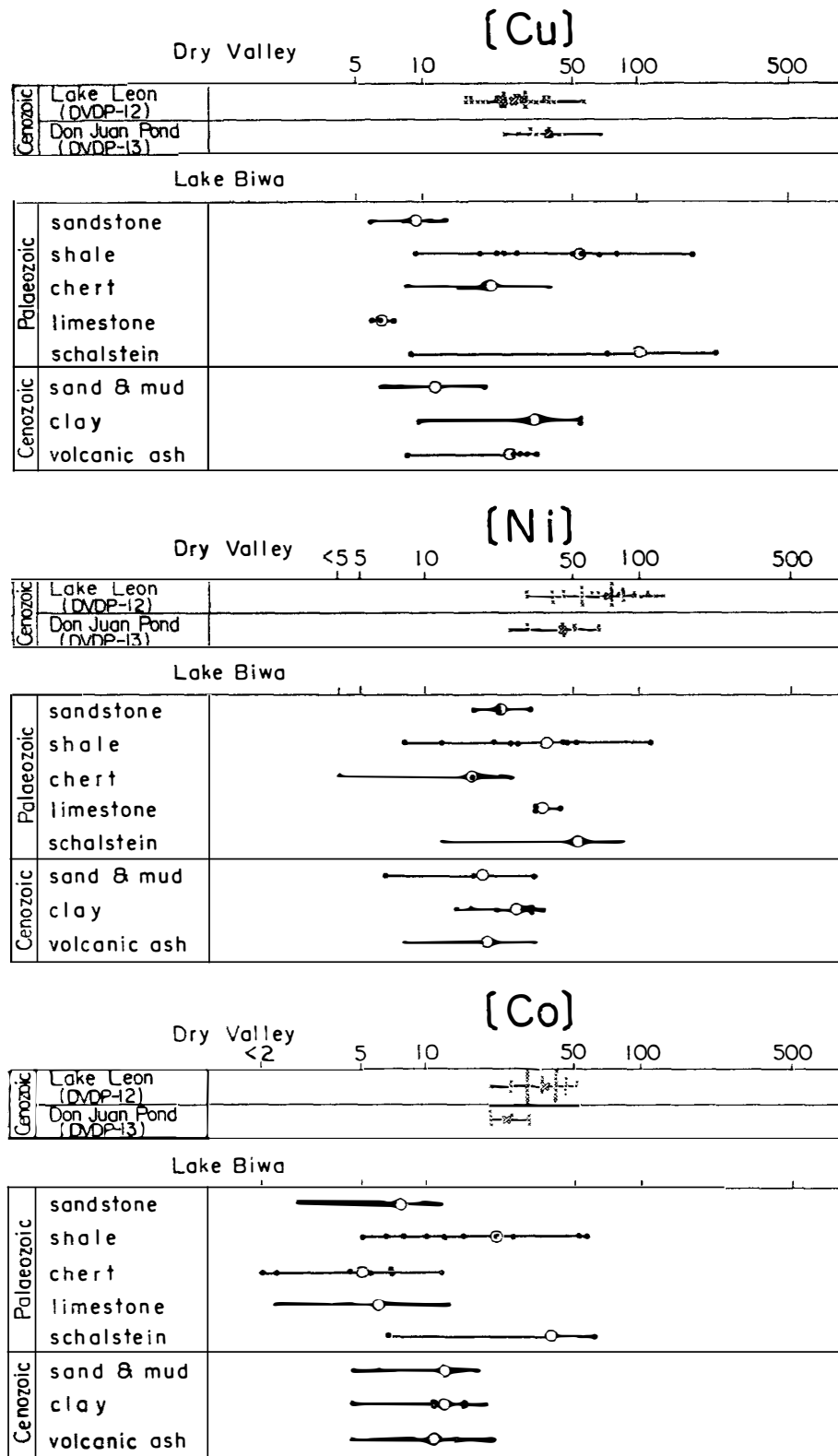


図4 ドライバレーの永久凍土層および琵琶湖周辺の堆積岩中の微量成分の含有量
 Fig. 4. Minor element distribution in permafrost from the Dry Valley and sedimentary rocks around Lake Biwa.

境が異なっていたためであろう。

以上のことから、本調査地域のように、氷成堆積物の分布するところは南極大陸には多いとはいえないが、氷成堆積物あるいは周縁海域の堆積物が採取可能ならば、それらに含まれる重金属元素の分布状況を調べることによって、後背地の鉱床賦存の可能性を考えるうえで有力な手がかりを得ることができると考えられる。

文 献

CAMERON, E. M. (ed.) (1975): *Journal of Geochemical Exploration*, **14**, 214 p.

CHAPMAN-SMITH, M. (1975): *Geologic log of DVDP 12, Lake Leon, Taylor Valley. DVDP Bull.*, **5**, 61-70.

港 種雄・日下部吉彦・西山 孝・金山清一 (1979): 琵琶湖周辺の岩石中の微量重金属元素の含有量. 全国地下資源関係学協会合同秋季大会分科会資料 E, 1-4.

MUDREY, M. G. JR., TORII, T. and HARRIS, H. (1975): *Geology of DVDP 13, Don Juan Pond, Wright Valley, Antarctica. DVDP Bull.*, **5**, 78-93.

日本鉱業会地化探研究会編 (1977): 地球化学探査法ハンドブック, 第I編. 東京, 日本鉱業会, 238 p.

島 誠 (1970): 地球化学探査法. 東京, 共立出版, 273 p.

(1982年9月16日受理: 1982年11月4日改訂稿受理)