

昭和基地周辺に産するEvaporiteならびに 黄色塩類の鉱物組成

兼島 清*・鳥居鉄也**・宮平勝昭*

MINERALOGICAL COMPOSITION OF WHITE EVAPORITES AND YELLOW SALTS FOUND AROUND SYOWA STATION, ANTARCTICA

Kiyoshi KANESHIMA*, Tetsuya TORII** and Katsuaki MIYAHIRA*

Abstract

During the summer mission of the 8th Japanese Antarctic Research Expedition(1966-1967), white evaporites and yellow salts were collected around Syowa Station, and their chemical and mineralogical characteristics were studied.

Eleven species of the white evaporites and eight species of the yellow salts were analyzed chemically, and mineralogical components were identified by X-ray diffraction method.

The white evaporites can be grouped into six types by the mineralogical components as follows:

- (1) Halite, Sylvite, (L-1, L-2)
- (2) Halite, Sylvite, Bloedite (E-1, E-2, E-4)
- (3) Halite, Sylvite, Bloedite, Epsomite (E-5, E-13)
- (4) Halite, Sylvite, Bloedite, Thenardite (E-6, E-16)
- (5) Halite, Thenardite, Mirabilite, Bloedite, Gypsum (E-10, E-12)
- (6) Gypsum, Halite, Thenardite (E-15)

The characteristics of the white evaporites found around Syowa Station are as follows.

- (1) Main component is halite.
- (2) Magnesium compounds are contained as epsomite or bloedite.
- (3) The presence of thenardite, mirabilite and gypsum is observed.
- (4) The white evaporites cannot be grouped by the mode of occurrence.

The results of the X-ray diffraction analysis show that the yellow salts consist of gypsum, iron hydroxy sulfate (carphosiderite and copiapite), and halite.

The yellow salts can be grouped into two types by the mineralogical components as follows

- (1) Gypsum, Carphosiderite, Halite(E-8, E-14-B, E-9, E-14-A)
- (2) Gypsum, Carphosiderite, Copiapite Halite (E-7, E-14-C)

To discuss the formation of yellow salts, samples of the soft yellowish brown weathered rock and hard quartz rock were analyzed, and the dissolution experiments were also carried out.

* 琉球大学理学部. Faculty of Science, University of the Ryukyus, Shuri, Naha, Ryukyu.

** 千葉工業大学. Chiba Institute of Technology, Narashino, Chiba-ken.

1. ま え が き

第8次南極地域観測（JARE-8, 1966年12月～1967年4月）の際に、南極昭和基地の周辺で、夏の期間に地球化学的調査を行なった。その際、東オンクル島やランクホフテ地区において、池の乾いたあとの平地に広く分布し、また露岩の表面や岩かけなどに付着している白色の塩類の析出物（Evaporite）や、露岩が風化して軟質化した褐色の岩石の表面に付着した黄～黄褐色の塩類を採集した。

これらは風によって送られてきたもの、雪によって運ばれて、とけて池の水となり、それが蒸発乾涸によって生成したもの、あるいは岩石の風化などによって生じたものなど色々と考えられるが、これらは南極地域の寒冷と乾燥した特別の自然条件のもとで生成したもので、地球化学的に興味深いものである。

南極地域の Evaporite について最近鳥居ら（1965, 1966）の興味のある報告があるが、昭和基地周辺についてはその報告を見ない。

今回は採集した白色塩11種、黄色塩8種の試料について化学分析を行ない、X線て粉末回折法によりその鉱物種の同定を行なった。また黄色塩について検討するため、白色塩と黄色塩のそれぞれ付着した基岩の分析や、鉄の状態を知るための溶出実験も試みた。これらの結果について報告する。

2. 試 料

試料の産地、産状や色と結晶の状態などを表1に示す。

表て見るように、白色塩は池などの乾いたあとのような平地や露岩の上、あるいは岩かけなどに粒状、うろこ状、粉状など色々な結晶状をなして産する。黄色塩は例外なく黄褐～黒褐色の風化した軟質の露岩の上に土くれ状をなし、黄～黄褐色を呈して産し、長石や雲母、その他の砂、泥のような不純物を含んでいる。

19種の試料のうち、17種は東オンクル島（図2）で採集したもので、各々の番号の記入したところは、その採集した試料の番号と一致する地点である。他の2種はランクホフテ地区（図1）の露岩の上と岩かけて採集した試料である。試料の中には採集後、実験室と産地との気温の相違によって変質したり、吸湿によって分析のてきかねる試料も2種あったのでこれは除外した。19種の試料は現地においててきるだけ砂、泥、石英や長石粉などの不純物を除外し、結晶部分だけをピンセットで選別しながら採集し、カプセルに封入して持ち帰った。

表 1 昭和基地周辺で採集された塩類試料の産地, 産状および特長

Table 1. Description of the evaporites found around Syowa Station.

Sample No	Locality and occurrence	Colour	Crystal aggregates
E-1	East Ongul Island Evaporites on the flat surface of ground	white	granular
E-4	" "	white	granular
E-16	" "	grey	granular
E-2	East Ongul Island. Evaporites on the hard rock	white	scaly
E-5	" "	pale yellow	scaly
E-6	" "	white	powdered
E-10	" "	white grey	powdered
E-12	" "	white	scaly
E-15	" "	white gray	platy
L-2	Lang Hovde Evaporites on the hard rock.	white gray	granular
E-13	East Ongul Island. Evaporites in the shade of a rock.	white	powdered
L-1	Lang Hovde. Evaporites in the shade of a rock	white gray	powdered
E-3	East Ongul Island Yellowish brown deposit on the soft weathered brown rock.	yellow	cloddy
E-7	" "	yellow	cloddy
E-8	" "	yellow orange	cloddy
E-9	" "	yellowish brown	cloddy
E-14-A	" "	yellowish brown	cloddy
E-14-B	" "	yellow	cloddy
E-14-C	" "	yellowish brown	cloddy

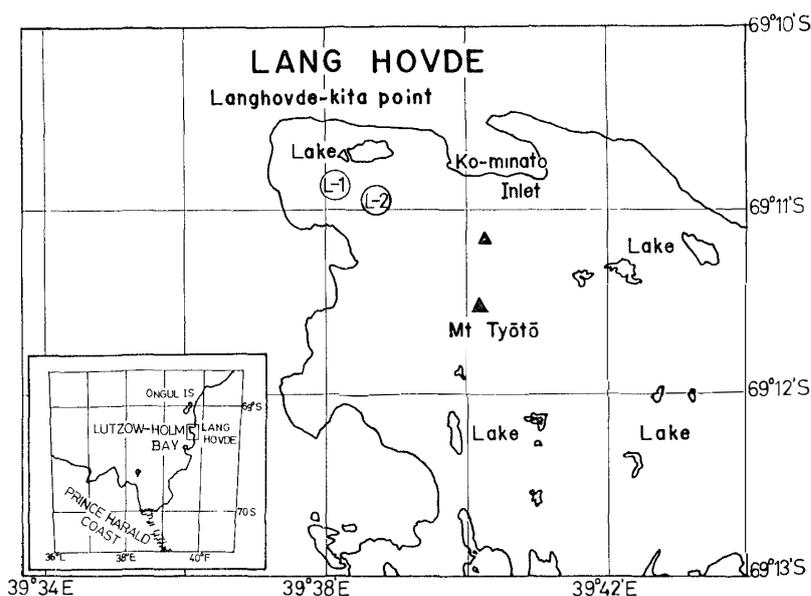


図 1 ランクホブテの試料採集場所

Fig. 1. Map of Lang Hovde

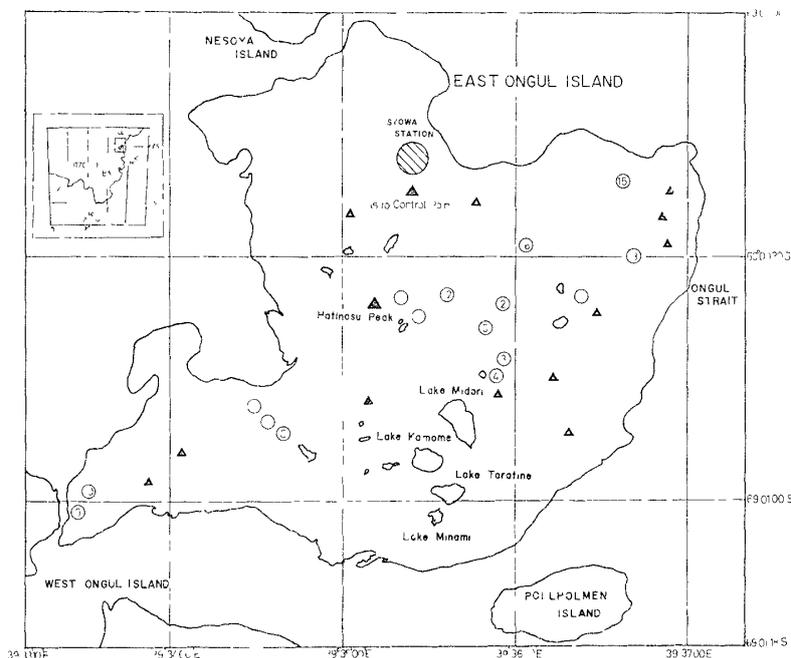


図 2 東オンクル島の試料採集場所

Fig 2 Map of East Ongul Island.

3. 実験方法

化学分析は試料をよく粉砕し、5%の塩酸に溶解し、不溶物は別灼熱秤量して不溶性残渣とした。また Cl 測定用は10%硝酸によって溶解した試料について行なった。

Ca, Mg は EDTA 滴定法によって、Na, K は炎光分析法で、Fe は EDTA 滴定法および α' シピリシルによる比色分析法で、Al は重量分析法で、Cl は硝酸銀滴定法またはロタン水銀による比色法で、 SO_4 は硫酸バリウムによる重量分析法で、 CO_2 は微量拡散法で、水分は塩化カルシウム吸収管を用い吸収重量法で各々の定量を行なった

また、X線による測定は東京工業大学無機材料工学科の理学電機製カイカーフレックス方式の X 線回折装置を用い、Cu-target, Ni-filter, 35KV, 15mA, slit $1^\circ-1^\circ-0.2\text{mm}$, scale factor 8-1-4, chart speed. $2^\circ/\text{min}$ で行なった

4. 実験結果および考察

分析結果を表 2 および 3 に示す。

分析結果に見るように白色塩 (Evaporite) の主成分は NaCl で、不純物としてナトリウムの硫酸塩やマクネウム化合物あるいはカリウム塩を含むものが大部分であるが、E-15

表 2 白色塩の化学組成

Table 2. Chemical composition of the white evaporites.

Sample No.	E-1	E-2	E-4	E-5	E-13	E-15	E-6	E-10	E-12	E-16	L-1	L-2
Ca (%)	0.12	0.17	0.13	0.17	0.32	22.22	0.33	0.33	4.77	0.41	0.33	0.12
Mg	0.74	0.89	0.74	2.95	2.02	0.17	1.09	2.67	0.68	0.70	0.64	0.42
Na	30.67	34.05	31.27	22.91	27.05	0.80	27.85	26.22	22.31	16.19	26.85	29.13
K	0.22	1.27	0.57	0.73	0.78	0.06	1.58	0.62	0.40	0.53	0.17	0.13
Fe	0.01	0.02	0.01	1.03	0.03	0.04	0.09	0.04	0.10	0.77	0.25	0.77
Al	—	—	—	0.00	—	—	0.00	—	—	—	—	—
Cl	43.02	50.93	48.73	37.71	42.46	0.16	35.66	29.13	20.71	12.73	44.93	47.64
SO ₄	8.21	5.98	5.75	11.90	10.15	52.69	16.64	25.33	34.23	16.36	1.47	0.56
CO ₃	0.01	0.12	0.34	0.55	0.21	1.82	0.03	1.20	0.01	3.86	0.21	0.34
H ₂ O	14.61	4.62	10.89	21.19	15.64	20.91	16.09	12.31	8.84	2.02	9.71	5.74
Insol. res.	0.77	0.36	0.64	0.68	1.29	0.65	0.73	2.08	6.85	44.08	15.29	15.02
Ca mol. ratio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.01	0.01	0.01	0.33	0.06	0.01	0.00
Mg	0.03	0.03	0.02	0.11	0.07	0.01	0.04	0.13	0.08	0.17	0.02	0.01
Na	1.10	1.03	0.99	0.94	0.98	0.06	1.21	1.39	2.72	4.13	0.92	0.94
K	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.00	0.04	0.02	0.03	0.08	0.00	0.00
Fe	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.00	0.01
Al	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—
Cl	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.01	1.00	1.00	1.63	2.11	1.00	1.00
SO ₄	0.07	0.04	0.04	0.12	0.09	1.00	0.17	0.32	1.00	1.00	0.01	0.00
CO ₃	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00	0.38	0.00	0.00
H ₂ O	0.67	0.18	0.44	1.11	0.72	2.12	0.89	0.83	1.38	0.66	0.43	0.24

表 3 黄色塩の化学組成

Table 3. Chemical composition of the yellow salts.

Sample No.	E-8	E-7	E-3	E-9	E-14-A	E-14-B	E-14-C
Ca (%)	15.38	4.45	0.53	2.29	9.26	13.98	3.80
Mg	0.24	2.00	0.76	0.69	0.42	0.16	1.59
Na	2.48	5.43	3.73	3.00	3.49	1.64	6.89
K	0.63	0.11	0.14	0.64	0.18	0.20	0.14
Fe	4.27	5.63	14.26	14.27	9.42	4.48	5.93
Al	0.12	2.16	1.79	1.26	0.93	3.25	0.51
Cl	2.25	4.04	3.38	0.18	0.59	0.90	5.78
SO ₄	40.32	35.97	32.31	26.41	36.01	43.80	30.72
CO ₃	0.04	0.10	0.00	0.60	0.07	0.00	0.17
H ₂ O	22.09	29.91	33.33	19.72	21.70	21.65	29.12
Insol. res.	12.24	9.63	6.35	27.56	12.16	8.00	14.50
Ca mol. ratio	0.91	0.30	0.04	0.20	1.37	0.76	0.30
Mg	0.02	0.22	0.09	0.11	0.10	0.01	0.20
Na	0.29	0.63	0.48	0.50	0.90	0.16	0.94
K	0.04	0.01	0.01	0.06	0.03	0.01	0.01
Fe	0.18	0.27	0.76	1.00	1.00	0.18	0.33
Al	0.01	0.21	0.20	0.18	0.20	0.26	0.01
Cl	0.15	0.30	0.28	0.02	0.10	0.04	0.51
SO ₄	1.00	1.00	1.00	1.08	2.22	1.00	1.00
CO ₃	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.01
H ₂ O	2.93	4.43	5.50	4.27	7.14	2.63	5.05

のようにカルシウムの硫酸塩を主成分とし、その mol. ratio $\text{Ca} : \text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}$ が 1 : 1 : 2 と明らかに $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を示し、Gypsum のそれに合致するのも見られる。また黄色塩には E-5 のように NaCl を主成分とし、不純物として鉄を 1.03 % 含むために、淡黄色を呈する。一例を除けば、鉄やカルシウムの硫酸塩を主成分に、多量の水を含むのを特長とするところから、石膏やヒドロキソ硫酸鉄を主成分とする成分とすることが予想される。さらにその鉱物組成を明確にするために、X線による鉱物種の同定を行った。

4.1. Evaporite について

昭和基地周辺に産する Evaporite について X線回折法による鉱物種の同定の結果を、Sample No. E-10 と No. E-12 については表 4 に、また Sample No. E-13 と No. E-5 については表 5 に示す。

表の中の I の値、すなわち、X線強度は、X線のチャートの上のピークの高さをそのまま記録した。また標準に示した物質の d や I/I_1 の値は ASTM カートから抜粋したものである。また表に示した以外の他の試料については、X線回折図形を縮小して図 3 に示し、その含有鉱物種を図の左に各々記入して示した。

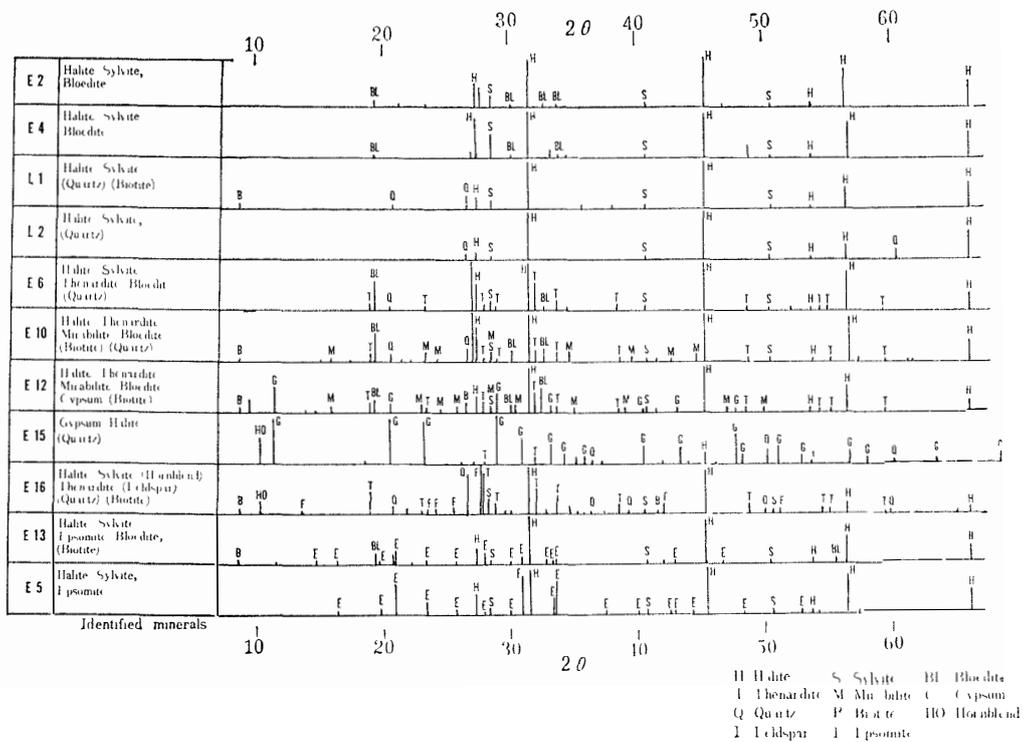


図 3 白色塩の X線回折図

Fig 3 X-ray diffraction pattern of white evaporites

表 4 白色塩の X 線回折による同定

Table 4 White evaporites identified by X-ray.

	E-10		E-12		Mirabilite		Thenardite		Bloedite*	
	d	I	d	I	d	I/I ₁	d	I/I ₁	d	I/I ₁
Biot	10.0	9	10.0	14						
Gy			9 21	29						
			7 62	57						
M	5 53	3	6 32	7	6 3	3				
			5 53	17	5 50	100				
B	5 06	3							5 02	10
					4 80	42				
T	4.64	25	4 67	27			4 66	73		
B	4 55	60	4 59	26					4 53	80
Gy	4 29	19	4 29	21					4.25	20
B	4 11	10							4.11	10
B	3.98	5							3 95	10
M T			3 85	19	3.82	27	3 84	18		
B	3 80	22	3 81	16					3 79	20
M	3.64	4	3 61	8	3 60	7				
M			3.43	17	3.40	7				
Q	3.33	21	3 35	20						
?	3.29	VS								
M B H	3 25	74	3.25	33	3 22	50			3 25	100
T	3 18	9	3 18	27			3 18	51		
M S	3 12	19	3 13	17	3.10	50				
Gy T	3.07	8	3 06	40			3 07	47		
B	2.96	23	2 96	12					2 96	30
M			2 93	20	2 93	7				
H	2 82	VS	2.82	VS						
T M	2.78	27	2 79	44	2 80	27	2.78	100		
B	2 73	23	2 75	29					2 71	40
Gy.M			2.69	10	2 70	10			2 63	40
T B	2 65	25	2 64	18			2 64	48		
									2 57	30
B M	2.58	23	2 55	10	2.56	7				
T	2.32	8	2.33	7			2.32	21		
B M	2.27	12	2.29	8	2 29	7			2.29	20
									2 25	30
Gy			2.22	6						
T S	2.21	7	2.21	5			2.21	5		
B	2 17	7	2 17	6	2.19	7			2 16	20
B.M	2 11	10	2.08	3	2.10	20			2 10	20
B	2 02	14							2 03	30
H	1.99	VS	1 99	VS						
B.M			1 92	7	1 92	17	1 91	4	1 92	30
T B	1 86	14	1.86	13			1 86	31	1 85	20
M.H	1.70	8	1.70	9	1 71	7				
T B	1 66	8	1.66	4	1 66	10	1 66	8	1.66	30
H	1 62	VS	1 63	30						
H	1 41	43	1.41	16						

Biot Biotite Gy Gypsum M Mirabilite B Bloedite T Thenardite Q Quartz
 S Sylvite H Halite * ASTM card 4-0549

表 5 白色塩の X 線回折による同定

Table 5 White evaporites identified by X-ray.

	E-13		E-5		Epsomite*		Halite		Sylvite	
	d	I	d	I	d	I/I ₁	d	I/I ₁	d	I/I ₁
Biot	10.1	6								
	7.62	5								
E	5.98	9			5.99	22				
E	5.37	7	5.37	9	5.35	26				
B	4.55	26								
E	4.48	5	4.48	13	4.48	14				
B	4.27	26								
E	4.23	35	4.23	60	4.21	100				
B	3.98	4								
E	3.80	5	3.80	24	3.79	13				
E	3.45	6	3.45	7	3.45	16				
B H	3.25	39	3.26	42			3.25	9		
E	3.18	21	3.17	6	3.17	6				
S	3.12	12	3.13	18					3.13	100
E	2.97	5	2.97	12	2.97	14				
E	2.88	15	2.88	82	2.88	20				
H	2.82	VS	2.82	VS			2.81	100		
E B	2.72	11			2.74	14				
E	2.68	10	2.67	40	2.67	24				
E	2.66	9	2.66	65	2.65	22				
E			2.39	7	2.38	5				
E			2.24	4	2.25	7				
S E	2.21	6	2.21	8	2.20	11			2.21	60
E			2.12	6	2.11	7				
E	2.10	2	2.10	5						
H	1.99	VS	1.99	VS			1.99	73		
E			1.88	6	1.89	2				
E S	1.80	3	1.80	6	1.80	4			1.81	14
H	1.70	9	1.70	9			1.69	3		
H	1.63	57	1.62	80			1.62	21		
S H	1.41	29	1.41	47			1.41	12	1.40	12

E Epsomite B Bloedite H Halite S Sylvite Biot Biotite

* ASTM card 8-467

表や図で明らかのように、昭和基地周辺に産する Evaporite は、岩石粉などの不純物を除外して考えたとき、7 種の鉱物種から成りたっている。すなわち Halite (NaCl) を主成分にして、Sylvite (KCl), Bloedite ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), Epsomite ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Thenardite (Na_2SO_4), Mirabilite ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) および Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) などである。そしてこれらは化学分析の結果、予想された鉱物種とよく合致するものである。

これら鉱物種の分布を見ると、池の乾いたあとの平地に産するものは、Halite を主成分に Bloedite や Sylvite を含むもの (E-1, E-4) や、Halite と Bloedite と Sylvite に Thenardite および砂や泥の不純物、すなわち黒雲母や石英や石膏等を含むもの (E-16) などがある。

また露岩の堅い石英質の岩石の上などには、Halite を主成分に Sylvite や不純物の石英を含むもの (L-2), Halite や Sylvite に Bloedite を含むもの (E-2), Halite や Sylvite に Epsomite を含むもの (E-5), Halite や Sylvite や Bloedite に Thenardite を含むもの (E-6), Halite や Sylvite や Bloedite や Thenardite に Mirabilite を含むもの (E-10), これらにさらに Gypsum を含むもの (E-12), また Gypsum を主成分に Halite や Thenardite を含むもの (E-15) などがある。

岩かげに付着している白色塩 (Evaporite) には、Halite を主成分に、Sylvite や不純物に石英や黒雲母を含むもの (L-1), Halite や Sylvite および Epsomite を含むもの (E-13) などがある。このように、Evaporite は平地や露岩の上または岩かげなどと、その産地は色々と異なるがその産地の条件によって塩類の組成が定まるのではなく、各種の塩類が色々な場所でみられる。このことは鳥居ら (1966) の南極 Victoria Land の Miers Valley に産する Evaporite の鉱物組成と相違しており興味深い。鳥居らの調査によれば Miers Valley においては Gypsum や Calcite や Mirabilite および Thenardite などとその主なる鉱物種となっているが、昭和基地周辺のそれは、Halite が主成分で、Thenardite や Mirabilite, およびマグネシウム塩として Epsomite や Bloedite などを含むことを特長としていることである。これは Victoria Land と昭和基地との地理的、気象的条件の相違によることと考えられるが、興味深い問題である。

これら Evaporite をまとめて分類すると、表7に見るように、6つのグループに分類することができる。すなわち Halite を主成分に、Sylvite を含むもの、Bloedite を含むもの、Thenardite を含むもの、Mirabilite を含むもの、Epsomite を含むもの、さらに Gypsum を主成分に、Halite や Thenardite を含む6つのグループである。これらの塩類はいずれも海水およびその冷却 (THOMSON and NELSON, 1956) と深い関連のあるものであり、地球化学的にも興味のあることがらである。

4.2. 黄色塩について

黄色塩は例外なく露岩が風化して軟質化した褐～黒褐色の岩石の表面に、黄～黄褐色を呈して産し、鉄を1～14%程度含有し、E-5のように Halite を主成分として淡黄色を呈するものに、鉄1.03%含有された一例を除けば、ことごとく鉄を4.27～14.27%と多量に含み、色も黄～黄褐色で、例外なく Gypsum を含み、また塩酸不溶残渣も多量に含み、そして水分含量も Evaporite に比較すれば多い。これはヒドロキシンの硫酸鉄を含んでいることが考えられる。

表 6 黄色塩のX線回折による同定

Table 6 Yellow salts identified by X-ray

	E-14-C		E-14-B		Carphosiderite *		Copiapite**		Gypsum	
	d	I	d	I	d	I/I ₁	d	I/I ₁	d	I/I ₁
Cp	10.4	VS	8.56	6			10.5	100		
Cp	8.01	10	7.69	VS			8.01	10	7.70	50
Gy	7.69	VS	7.69	VS			6.87	30		
Cp	6.87	5								
Cs, Cp	5.94	5	5.93	5	5.93	40	5.96	20		
Cs	5.53	7	5.56	5	5.56	40				
Cp	5.47	7					5.47	10		
Cp	5.12	8					5.12	20		
Cs	5.06	7	5.06	14	5.05	50				
Cp	4.92	4					4.92	20		
Cp	4.57	22					4.58	20		
Gy	4.29	40	4.29	VS					4.29	100
Q	4.23	13								
Cp	4.15	5					4.15	30		
Gy	3.80	39	3.81	40					3.81	15
Cp, Cs	3.66	9	3.66	6	3.66	10	3.66	30		
Cs			3.48	4	3.48	10				
Cp	3.43	29					3.43	40		
Q	3.35	5	3.35	10						
Cp	3.24	20					3.24	10		
?	3.18	38	3.18	VS			3.16	10		
Cs	3.11	21	3.11	30	3.11	100				
Cs, Cp, Gy	3.06	VS	3.06	VS	3.06	100	3.06	40	3.06	63
Cp	3.00	14					3.01	10		
Gy			2.88	32	2.96	25			2.87	63
Cp, H	2.82	40					2.82	10		
Cs			2.79	10	2.78	25				
Cp	2.73	11					2.72	40		
Gy	2.69	7	2.69	27					2.68	50
Cp	2.57	11	2.59	8			2.57	20		
Cs			2.52	6	2.52	25				
Cp	2.46	6	2.46	8			2.47	20	2.48	20
Cp	2.42	6	2.41	4			2.41	30		
Cp	2.29	9					2.29	10		
Cs, Gy	2.22	8	2.22	22	2.22	40			2.22	20
Gy, Cp	2.08	5	2.08	20			2.09	10	2.07	50
Cp	2.05	7					2.05	20		
Cp, H	1.99	23	1.99	9			1.99	20		
Cs	1.97	6	1.97	10	1.97	50				
Cp	1.93	9					1.92	20		
Cs	1.90	9	1.90	23	1.90	10				
Gy	1.88	5	1.88	13			1.87	10	1.88	25
Cs	1.83	5	1.83	10	1.83	50				
Cp, Q	1.81	11	1.81	15			1.81	10		
Gy	1.78	10	1.78	16					1.79	20
Gy, H	1.62	10	1.62	13					1.62	15

Cp Copiapite Cs Carphosiderite Gy Gypsum Q Quartz H Halite

* ASTM card 10-444 ** ASTM card 11-395

表 7 塩類の鉱物組成
Table 7 Mineralogically identified evaporites.

Group	Identified minerals	Sample No.
White evaporites	1 Halite (NaCl), Sylvite(KCl), (Quartz) (Biotite)	I-1 L-2
	2 Halite, Sylvite, Bloedite($MgSO_4 \cdot Na_2SO_4 \cdot 4H_2O$)	E-2, E-4 E-1
	3 Halite, Sylvite, Epsomite($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) Bloedite, (Biotite)	E-5 E-13
	4 Halite, Sylvite, Thenardite(Na_2SO_4) Bloedite, (Biotite, Quartz, Feldspar)	E-6 E-16
	5 Halite, Thenardite, Mirabilite($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) Bloedite, (Biotite, Quartz,) Gypsum	E-10 E-12
	6 Gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), Halite, Thenardite, (Quartz, Biotite, Feldspar)	E-15
Yellow salts	7 Gypsum, Carphosiderite($Fe_3(SO_4)_2(OH)_5 \cdot H_2O$) Halite, (Quartz, Biotite)	E-8, E-14-B E-9, E-14-A
	8 Gypsum, Carphosiderite, Halite, Copiapite($Fe^{II} \cdot Fe^{III}(SO_4)_6(OH)_2 \cdot 20H_2O$) (Biotite, Quartz)	E-7, E-14-C

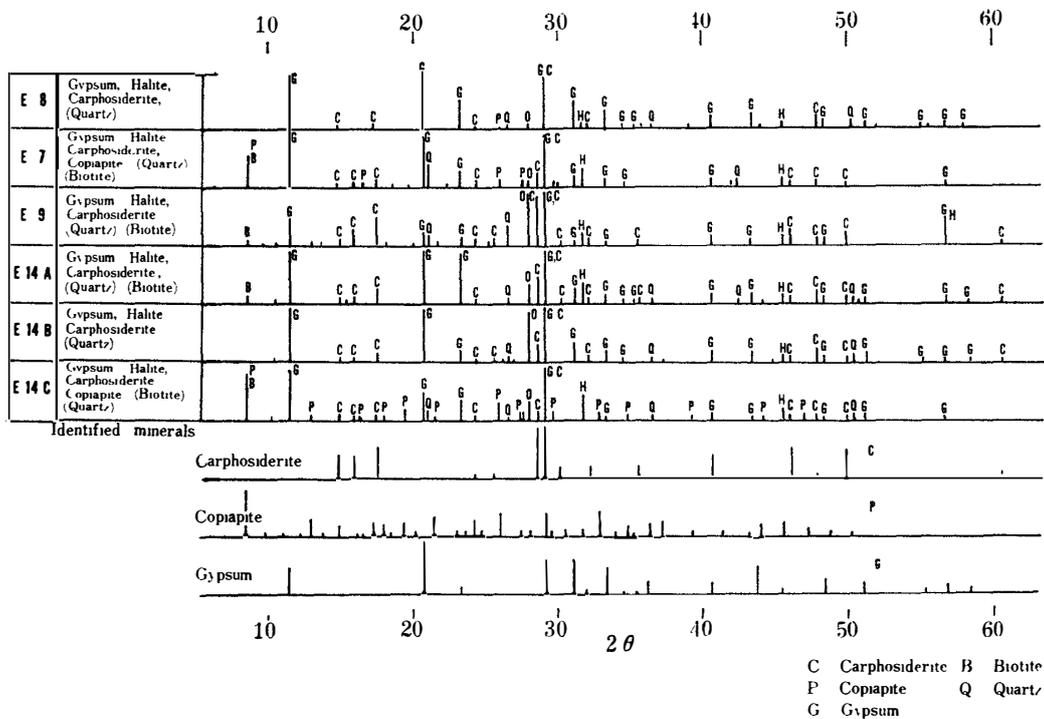


図 4 黄色塩の X線回折図

Fig. 4. X-ray diffraction pattern of yellow salts.

さらにその鉱物組成を明らかにするため、X線回折法でその鉱物種の同定を行なった。その結果を Sample No. E-14-B と E-14-C について表 6 に示す。

図の I の値はチャート上のピークの高さをそのまま記録したものであり、標準物質の d と I/I_1 の値は ASTM カードから抜粋したものである。その他の黄色塩についてはX線回折図形を縮小したものを図 4 に、その含有鉱物種を図の左に記入したものを示す。

表と図に示すように、黄色塩は Gypsum と Carphosiderite ($Fe_3(SO_4)_2(OH)_3 \cdot H_2O$) や Copiapite ($Fe^{II} \cdot Fe^{III}(SO_4)_6(OH)_2 \cdot 20H_2O$) や Halite の 4 種の鉱物種に不純物として砂や岩石の屑などの Biotite や Quartz などを含んでいる。これら 4 種の鉱物種は前に示した化学分析の結果、表 3 から予想される鉱物種によく合致している。

これらの鉱物種は表 7 に示すように 2 つのグループに分類される。

表に見るように、それは Gypsum と Carphosiderite と Halite に石英や黒雲母などを含むもの (E-8, E-14-B, E-9, E-14-A) と、Gypsum や Carphosiderite や Halite や石英や黒雲母に Copiapite を含むもの (E-7, E-14-C) の 2 つのグループである。

これら黄色塩の特長は、分析結果や X 線による同定の結果により明らかのように、Gypsum や Carphosiderite や Copiapite などを含むことである。Carphosiderite や Copiapite などのようなヒドロキソ硫酸鉄塩は硫化鉄鉱の風化によって生成されるもので、よく Gypsum を随伴して産出することは、世界の各所で見られるものである (SAKSEI A, 1952, MARTENS, 1963)。

これらの例から、この黄色塩も硫化鉄鉱の風化によって生成されたことは間違いがなく、事実この近辺では硫化鉄鉱をよく見つけることがあつた。このようなことからをさらに確かめるため、黄色塩類の付着した褐色の露岩 (Sample No. 14-6) と、そのすぐ近くで白色塩 (Evaporite) の付着した堅い露岩 (Sample No. 14-7) を取り、粉碎して試料として、次に示す方法で鉄の溶出実験を行なった。

すなわち、各試料 1 g をとり、250 cc のメスフラスコに入れ、0.1 N の硫酸、塩酸、クエン酸および酢酸など各々 150 cc を加え 30 分間振る。また試料 1 g を 150 cc の水の中に加え炭酸カスを 40 分間通す。さらに 1 N の食塩と 1 N の硫酸ナトリウムの混液 150 cc を加えて 30 分間振る。そして後、ろ過してろ液の中の鉄を定量するという方法で、風化した露岩と堅い風化をあまり受けていない岩石との鉄の状態の比較を行なう実験を試みた。その結果を表 8 に示す。

表に見るように白色塩 (Evaporite) の付着した露岩からの鉄の溶出量が、黄色塩の付着した風化されている岩石よりもより多い。また酸の強弱にも関係し、酸が弱いものほど鉄の溶

表 8 溶出実験結果

Table 8. Result of iron dissolution experiment.

Experiment No.	Rock Sample No.	Treatment	Dissolved iron mg/g sample
1	14-7	0.1N-H ₂ SO ₄ . 30min extract	2.31
2	14-6	" "	0.76
3	14-7	0.1N-HCl 30min extract	1.99
4	14-6	" "	1.59
5	14-7	0.1N-Citric Acid. 30min extract	0.85
6	14-6	" "	0.48
7	14-7	0.1N-Acetic Acid. 30min extract	0.35
8	14-6	" "	0.06
9	14-7	CO ₂ gas. 40min bubbled	0.03
10	14-6	" "	0.01
11	14-7	1N-NaCl, 1N-Na ₂ SO ₄ . 30min extract	0.03
12	14-6	" "	0.03

表 9 岩石試料の化学組成

Table 9. Chemical composition of the rock sample.

Sample No	14-6	14-7
Total Fe wt. %	5.92	4.05
Al	9.14	4.66
Ca	7.49	1.68
Mg	1.29	0.57
SiO ₂	50.20	72.01
Fe(II)	0.52	0.89
Description	Soft yellowish brown weathered rock	Hard quartzy rock

出量も低下する。これは鉄が風化によって酸化を受け II 価の鉄か III 価の鉄に変化したことによるものと考えられるので、これを確かめるため各試料の分析を行なった。その結果は表 9 に示す通りである。

表で明らかなように、風化されている岩石 No. 14-6 は Evaporite の付着した堅い岩石 No. 14-7 と比較して、Total Fe では高い値を示すが、II 価の Fe では低い。これは明らかにこの褐色の露岩が、風化をより多く受けて酸化されていることを示すものである。このようなことから、黄色塩はこれらの露岩の風化生成物であることが認められ、Evaporite とはその鉱物組成や生成過程も全く異なるものであることが判明した。

終りに臨み、本研究を行なうにあたり、X線による鉱物種の同定では東京工業大学無機材料研究所の林 剛氏に大へん御世話になった。また試料の採集では、第8次南極地域観測隊の皆様にも御世話になった。南極観測隊参加についてはアジア財団より研究費の援助があった。その他物心両面の御協力を多くの方々から受けた。記して感謝の意を表する。

文 献

- MARTENS, James H C (1963) Sulfate minerals in West Virginia. West Va. Geol Econ. Surv Bull., 25, 1-13, (Chem Abstr., 60, 11755c)
- SAKSELA, M. Weathering of sulfide minerals. Geologi, 4, 23, 1952 (Chem. Abstr., 47, 4797h)
- THOMPSON, T. G and K. H NELSON (1956) Concentration of brines and deposition of salts from sea water under frigid conditions. Am J Sci, 254, 227-238
- TORII, T. and J OSSAKA (1965) Antarticite A new mineral calcium chloride hexahydrate, discovered in Antarctica. Science, 149, 975-977.
- TORII, T, S. MURATA, Y. YOSHIDA, J. OSSAKA and N YAMAGATA (1966) Report of the Japanese Summer Parties in Dry Valleys, Victoria Land, 1963-65. 1. On the evaporites found in Miers Valley. Antarctic Rec., 27, 1-12.

(1968年8月16日受理)