

地球化学的標準試料JG-1 JB-1とその化学成分

安藤 厚・倉沢 一・大森貞子・竹田栄蔵*

and Analytical Chemistry などの有名な研究所が含まれている。

はじめに

地質調査所では 地球化学的標準試料として JG-1 (花崗閃緑岩) JB-1 (玄武岩) の2種類を発行している。これらの化学分析用の標準岩石粉末試料は 写真1に示したように ポリエチレン製のビンに詰められており 約75~100g入りである。JG-1は1967年4月にまたJB-1は1968年4月に作成された。それぞれ約100kgの原岩を素材とし天然の組成をそこなわぬように 粉碎過程におけるコンタミネーションの防止には特に注意がはらわれた。作成された本数は それぞれ約1,200本であり 比較的長期間にわたって供給可能な量である。

現在までに 国の内外の“分析値をきめるための研究協力者”の依頼によって配布された試料数は JG-1 約350 JB-1 約250 である。試料を配布した国はわが国を除いて 次の18カ国にのぼっている。(米国 カナダ 英国 フランス ソビエト 西ドイツ 東ドイツ ノルウェー スウェーデン デンマーク イタリア オーストリア チェコスロバキア オーストラリア ニュージーランド チリ 南アフリカ連邦 イスラエル)

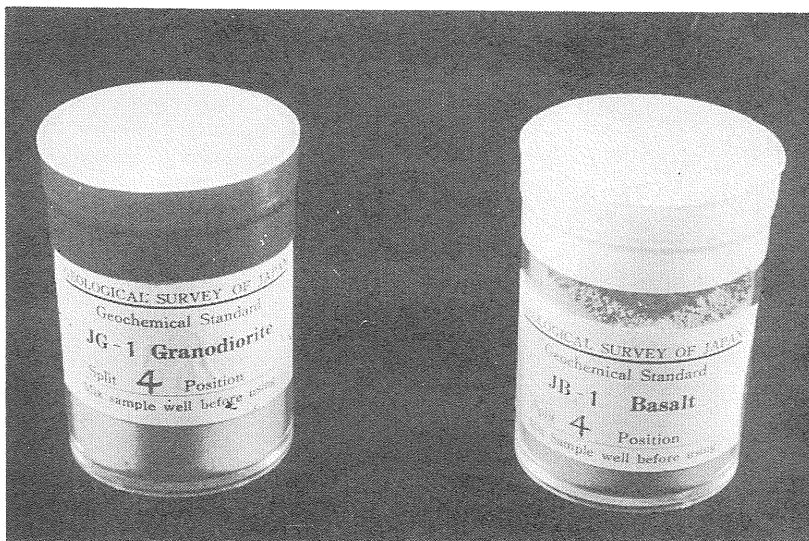
これらの国の研究機関の中には U. S. Geological Survey, N. A. S. A., Wood Hole Oceanographic Institution, Geological Survey of Canada, C. R. P. G. (Nancy France), Vernadsky Institute of Geochemistry

JG-1 JB-1 について 1971年12月までにとどいた分析者からの報告は 主成分完全分析41 主成分の単独分析値85 微量成分は 47 元素におよび分析値は約300 の他に ストロンチウム87/86比 絶対年代測定値JG-1の全岩および鉱物別の酸素同位体組成などである。これらのデータを集計し 最近公表することができたので (筆者ら 1971) その概要を紹介したい。今回の集計によって特に学術的に重要な ウラン トリウム ラジウム 希土類元素 ルビジウム ストロンチウム 鉛 などについて精度の高い分析値が得られ JG-1 およびJB-1 は国際的な地球化学的標準試料としての地位をきづくことができた。これも多数の研究者のご協力のおかげであり 紙上よりお礼申しあげる次第である。

JG-1 JB-1 について

地球化学的標準試料の意義と現況および JG-1 JB-1 の発行については 安藤 (1967) の紹介がある。JG-1 JB-1 についての地質学および岩石学的記載と試料の調製方法については ANDO (1967) および KURASAWA (1968) の報告がある。日本質量分析学会同位体比部会

では 測定精度の検討を行なうため JG-1 および JB-1 について ルビジウムおよびストロンチウム含量 (主として同位体希釈法による質量分析) および $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の測定を国内12の研究室に依頼した。それらの測定結果の一致はかなり良く これについては 倉沢 (1969) の報告がある。その他 JG-1 JB-1 比の作成の紹介と その時点での分析データを今までに度々学会で報告している。安藤・他3名 (1967) 倉沢・他3名 (1968) 安藤・他3名 (1970) 安藤・他3名 (1971)。これ



写真① JG-1 JB-1 の 試 料

らの学会の講演要旨にデータの概要と問題点について述べた。また地質ニュース no. 186 (1970) にも JG-1 JB-1 とその化学成分についての紹介がある。

これらの分析データを全部集計したものが最近 *Geochemical Journal* に発表された (ANDO et al., 1971)。これが第1回目の総括であるが 以後数年毎にこのような総括を行なう予定でいる。

以上のデータをもとにして ここで再び JG-1 JB-1 の地質学および岩石学的記載 地質絶対年代測定結果 試料の調製方法 化学成分 などについてそのあらましをたどってみよう。

JG-1 (沢入花崗閃緑岩) 群馬県伊勢郡沢入町 足尾線 沢入駅の南方約 1km 渡良瀬川の東側斜面 桑原石材店の採石場より 1965年3月採取。この岩石は沢入花崗閃緑岩 (Sōri granodiorite) と呼ばれ 岩石名は 斑状黒雲母花崗閃緑岩 (Porphyritic biotite granodiorite) である。河田・大沢(1955) 5 万分の 1・地質図幅「足尾」および同説明書によれば 沢入花崗閃緑岩は古生層中に貫入する 露出面積 $6 \times 12 \text{ km}^2$ の小岩体である。試料の採取地点は この岩体のほぼ中心部にあたる。この岩体の K-Ar 法による地質絶対年代測定結果は $86 \pm 4 \text{ m.y.}$ (SHIBATA & MILLER, 1963) 87 m.y. (河野・植田 1966)。JG-1 試料より分離した黒雲母についての測定結果は $85 \pm 4 \text{ m.y.}$ (SHIBATA, 1968) と測定値は非常に良い一致を示している。この年代は白亜期後期にあたる。

JB-1 (北松浦玄武岩) 長崎県佐世保市小川内町妙観寺峠 山頂より南側へ 約 200m の斜面 海拔 280m 慈海石材工業所の採石場より 1964年12月採取。この岩石は北西九州・北松浦玄武岩類の一部で 岩石学的にはアルカリ岩系に属す。岩石名は チタン輝石かんらん石粗面玄武岩 (Titanaugite-olivine basalt, IVb 型)。岩石の自然残留磁気 (Natural remanent magnetism) は逆帯磁である。この地域の玄武岩類については KURASAWA (1967) の詳細な研究がある。K-Ar 法による地質絶対年代測定結果は約 8 m.y. (OZIMA et al., 1968) と報告されている。またこの地域については 今井 沢村 吉田 (1958) 5 万分の 1 地質図幅「伊万里」および同説明書と 古川編集 (1970) 2 万 5 千分の 1 「佐世保北部地域地質図」が地質調査所よりそれぞれ発行されている。

試料調製 JG-1 JB-1 の大きな特長のひとつは試料の粉碎工程で コンタミネーションを少なくするよ

うな工夫がなされた点にある。米国地質調査所発行の G-1 W-1 をはじめとして 諸外国でつくられた標準岩石試料は いずれもスチール製の粉碎機器を用いて粉碎されている。この方法では どうしても少量の鉄粉の混入が避けられない。一般に鉄合金中にはかなり多くの元素が含有されているので 微量ないしは超微量成分の分析を行なう場合 この粉碎工程にともなうコンタミネーションが問題となる可能性を生じてくる。筆者らが各種の粉碎工程を詳しく検討の結果 採用した方法は「ともずり」と称する同岩または同質の岩石で作成した ウスとキネ または フレット・ミル (ロール・ミルの一種) で原岩を砕く方法である。一見原始的ではあるが コンタミネーションを防ぐ点では 最良の唯一の方法である。このようにスチール製の粉碎機を使用せずに 地球化学的標準試料を作成したのは 世界で初めての試みである。最後に磁製の大型ボール・ミルで -100 メッシュに混合粉碎を行なった。約 100kg の岩石粉末は 10 部分 (Split) に分けられ 試料びんのラベルには部分番号 (Split No.) が 1~10 まで記入されている。これは岩石粉末の均一性をチェックするためである。JG-1 および JB-1 の粒度分析結果は 次のとおりである。

試料	メッシュ		
	100~150	150~200	200以下
JG-1	46 (%)	41 (%)	13 (%)
JB-1	27	45	28

化 学 成 分

表1 主成分分析 主成分分析の平均値 標準偏差 および 変動係数 (%) は表 1 に示すとおりである。この種類の試みとしては分析結果の一致はかなり良好であるといえる。シリカ アルミナの分析値の変動係数はかなり低く 分析者間での分析値のばらつきが小さいことを示している。一方 JG-1 の Fe_2O_3 (3 価鉄) P_2O_5 H_2O^+ H_2O^- および JB-1 の H_2O^+ H_2O^- などの分析値の変動係数はかなり高い。

JG-1 の 3 価鉄の一致の良くない理由としては JG-1 の総鉄含量が約 2.2% (Fe_2O_3 として) と低い上 その大部分が 2 価鉄であり 3 価鉄は比較的精度の悪い 2 価鉄の分析値を総鉄含量から差し引いてだすためである。 H_2O^+ H_2O^- 含量の不一致は分析条件に個人差があるためと考えられる。

表2 ルビジウム ストロンチウム含量 最近 岩石学者の注目を集めている ルビジウムとストロンチウム含量

表1 JG-1 の主成分(%)

	n	$\bar{x}\%$	σ	$\bar{x}_c\%$	$\sigma/\bar{x} \cdot 100 = cv\%$
SiO ₂	24	72.24	0.34	72.24	0.47
TiO ₂	24	0.25	0.042	0.26	16.54
Al ₂ O ₃	24	14.21	0.22	14.21	1.55
Fe ₂ O ₃	21	0.36	0.13	0.36	35.81
FeO	21	1.64	0.13	1.66	7.93
MnO	24	0.06	0.01	0.06	16.00
MgO	23	0.73	0.09	0.73	12.21
CaO	24	2.21	0.11	2.18	4.98
Na ₂ O	24	3.38	0.10	3.39	2.93
K ₂ O	24	3.95	0.11	3.96	2.89
P ₂ O ₅	21	0.10	0.025	0.10	23.56
H ₂ O ⁺	20	0.54	0.14	0.53	25.00
H ₂ O ⁻	20	0.11	0.082	0.09	75.23
CO ₂	5	0.09	—	0.09	—
Sum		99.87		99.86	
Total Fe as Fe ₂ O ₃	24	2.21	0.18	2.21	8.14
Total H ₂ O	20	0.65	0.16	0.65	23.88

JB-1 の主成分(%)

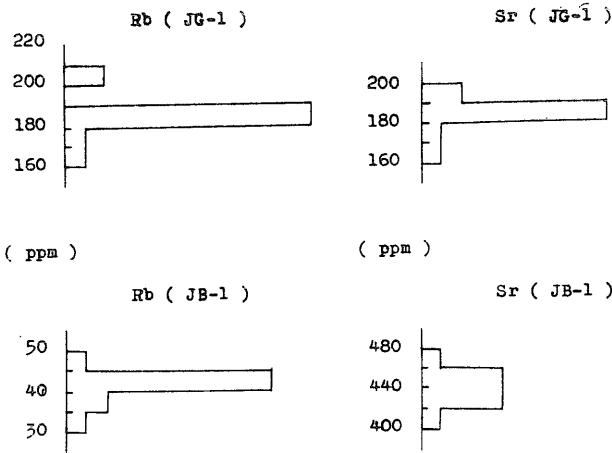
	n	$\bar{x}\%$	σ	$\bar{x}_c\%$	$\sigma/\bar{x} \cdot 100 = cv\%$
SiO ₂	17	52.18	0.48	52.09	0.92
TiO ₂	17	1.36	0.11	1.34	8.09
Al ₂ O ₃	17	14.51	0.22	14.53	1.52
Fe ₂ O ₃	14	2.30	0.16	2.30	6.96
FeO	14	6.06	0.11	6.06	1.82
MnO	17	0.16	0.012	0.16	7.5
MgO	17	7.67	0.15	7.70	1.96
CaO	17	9.21	0.15	9.21	1.63
Na ₂ O	17	2.80	0.087	2.79	3.12
K ₂ O	17	1.42	0.13	1.42	9.15
P ₂ O ₅	14	0.26	0.02	0.26	7.69
H ₂ O ⁺	13	1.00	0.27	1.00	27.00
H ₂ O ⁻	13	0.98	0.15	0.98	15.31
CO ₂	5	0.19	—	0.19	—
Sum		100.10		100.03	
Total Fe as Fe ₂ O ₃	17	9.07	0.19	9.04	2.09
Total H ₂ O	17	1.98	0.30	1.98	15.15

表2 ストロニウム の 含量 (ppm)

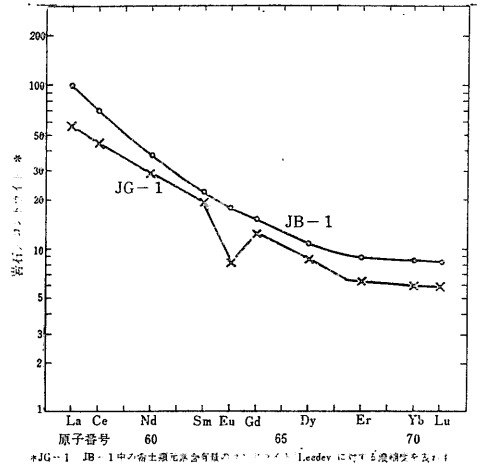
	JG-1	JB-1	Method
Sr	182	425	ID
	182.5	447	ID
	187	466	NAA
	185.1	445.1	ID
	184.1	—	ID
	180.5	424	ID
	188.1	—	ID
	186	448	ID
	181	—	ID
	191	424	AA
	170	547	AA
	194	417	XRF
	160	—	OS
	—	435	XRF
—	450	XRF	
	182.4	448.0	\bar{x}
	8.9	36	σ
	4.9	8.0	cv
	184.3	438.0	\bar{x}_c
	6.0	17	σ_c
	3.3	3.9	cv

ルビジウム の 含量 (ppm)

	JG-1	JB-1	Method
Rb	187	34	AA
	187	41	AA
	185	—	XRF
	202	39	XRF
	187	—	NAA
	185	41	XRF
	178	39.4	ID
	207	44.9	ID
	183	42.4	ID
	181	40.7	ID
	188.2	43.4	ID
	180	40	ID
	168	41	NAA
	181.8	—	ID
184.8	—	ID	
	183	45	NAA
	—	42	AA
	—	40	AA
	185.5	41.0	\bar{x}
	8.9	2.7	σ
	4.8	6.6	cv
	183.9	41.5	\bar{x}_c
	7.0	1.9	σ_c
	3.8	4.6	cv



第1図 JG-1 JB-1 のルビジウムとストロンチウム含量



第2図 希土類元素の存在度パターン

の測定値を 表2 と図1 に示した。 同位体希釈質量分析法 放射化分析法 原子吸光分析法 X線ケイ光分析法 などの最近の進歩はめざましく 分析結果の一致は非常に良い。 ひとむかし前では 想像もつかないくらいである。

表3 希土類元素含量 同位体希釈質量分析法と放射化分析法による測定値の平均値を表3に示す。 同位体希釈質量分析法によって定量した 田中・増田 中村・増田 のデータをもとにして 希土類元素の存在度を原子番号の順にプロットすると 図2のごとくなる。 JG-1 については 花崗岩質岩石に特有のユーロピウム (Eu) の異常値があらわれ 一方 JB-1 は アルカリ岩質の玄武岩に特有のやや上部に凹に彎曲したパターンを示す。

表3 希土類元素含量 (ppm)

	JG-1	JB-1
Ce	43.5	66.6
Dy	(3.71)	4.16
Er	1.60	2.22
Eu	0.69	1.52
Gd	3.86	4.80
La	23.43	36.0
Lu	(0.36)	0.31
Nd	19.54	25.93
Sc	6.49	26.55
Sm	4.6	4.8
Tb	0.43	0.47
Yb	(2.05)	(1.93)

() 内の値は分析値の一致のあまりよくないもの

表4 ウラン トリウム ラジウム含量 固体ケイ光分析法 比色分析法 放射化分析法 フィッシュオントラック法 α 線または β 線スペクトロメトリー などの分析方法を用いて分析した結果は表4 に示したごとく非常に良く一致している (U, Th)。 今後これらの元素の含量 (平均値) は大きく変わることはないように思われる。

表5 微量成分 表2 3 4 以外の微量成分の報告値を表5に示した。 報告値の範囲と平均値のみを掲

表4 ウラン トリウム ラジウム含量 (ppm)

	JG-1	JB-1	Method
U	3.0	1.5	Fluo.
	3.1	—	Photom.
	3.7	—	eq.U (Ra)
	3.3	—	NAA
	3.3	1.8	FT
	3.5	2.0	FT
	3.2	1.7	α contg
	3.1	—	γ contg
	—	1.9	γ contg
	3.3(Ave.)	1.8(Ave.)	
Th	13.4	—	Photom.
	14	—	Photom.
	14	—	γ contg
	13.2	9.2	γ contg
	11.5	7.8	α contg
	13.8	8.9	NAA
		13.3(Ave.)	8.6(Ave.)
Ra $\mu\text{g/g}$	1.24	0.72	Rn

表5 微量成分 (ppm)

元素	JG-1		JB-1	
	含量範囲	平均値	含量範囲	平均値
Ag	—	0.073*	—	—
B	5, 7	6	—	10*
Ba	430~470	450	454, 320	(387)
Bi	—	0.62*	—	—
Br	—	0.068*	—	0.60*
Cd	—	0.046*	—	0.114*
Cl	57, 200	(128)	—	190*
Co	3.9~11	(6.38)	27~49	(38.9)
Cr	31~62	50	329~500	417
Cs	10.1~10.6	10.3	1.0, 1.3	1.2
Cu	3~16	(7.6)	45~58	52
F	500~800	(603)	—	360*
Ga	16, 28	(22)	—	17*
Ge	—	1.2*	—	—
Hg (FPb)	—	7*	—	14*
Hf	3.1, 3.8	3.5	3.2, 3.5	3.3
Li	96~106	100	7.7~12	10.2
Mo	2.3, 2.2	2.3	—	—
Ni	6.1~14	(9.0)	132~148	139
Pb	21~28	24	11~16	14
S	—	—	—	50*
Sb	—	<0.6*	—	0.22
Sn	3, 3	3	—	2.3*
Ta	—	2.9*	—	4.4*
Tl	2.3, 2.5	2.4	—	—
V	21~25	24	390, 200	(295)
Zn	30~46	36	71.5~95	83
Zr	74, 160	(117)	148~360	(224)

* 報告値がひとつのもの
()あまり一致のよくないデータの平均値

表6 ストロニウム同位体組成

	JG-1	JB-1
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0.7115	0.7047
norm	0.7116	0.7047
	0.7117	0.7053
	0.7113	0.7043
	0.7117	—
	0.7118	0.7056
	0.7116 (Ave.)	0.7049 (Ave.)

表7 酸素同位体組成 JG-1

	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} (\text{‰})$
全岩試料	11.50 ± 0.09
鉱物別	
石英	12.71 ± 0.07
カリ長石	11.31 ± 0.09
斜長石	10.86 ± 0.01
雲母	7.31 ± 0.12

る方は 下記へ文面をもって申し込み下さい。 試料は研究に使用するかぎりは 無料で配布を受けられますが分析値を報告する義務があります。

〒213 川崎市久本 135
工業技術院 地質調査所
技術部地球化学課 標準試料係
Tel. (044) 86-3171 (代)
(筆者たちは地球化学課 *印は化学課)

表の省略号

- AA : 原子吸光分析
- (Av) : 平均値
- α, γ Contg: α 線または γ 線スペクトロメトリー
- cv (= $\sigma/\bar{x} \times 100$): 変動係数 (%)
- σ : 標準偏差
- Fluo : ケイ光分析法
- FT : フィツシヨントラック法
- ID : 同位体希釈質量分析法
- n : 分析数
- NAA : 放射化分析法
- OS : 発光分光分析法
- Photom: 分光光度法
- Rn : ラドン法
- \bar{x} : 幾何平均
- \bar{x}_c : 2σ 値以内の分析値の平均値
- XRF : ケイ光X線分析法

載したので詳細は原報 (ANDO et al., 1971) を参照されたい。この表をみるとまだ分析値の一致の良くないもの または分析値の報告数の少ないものもかなりある。その他 まだ定量されていない元素もかなりある。これらの問題については今後長期間にわたり研究が必要である。

表6 ストロニウム同位体組成 日本質量分析学会同位体比部会のグループ研究で測定した ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比のデータを表6に示した。12カ所の研究室でそれぞれ独自に測定された結果が かなり良く一致していることが分かる。最近の測定技術の進歩を示す一例である。

表7 酸素同位体組成 JG-1 全岩試料および原岩から分離した造岩鉱物について酸素の同位体組成 ($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ (‰))を測定した 酒井らのデータを表7に示した。

分析協力のため JG-1 JB-1 試料の入手を希望され

文 献

安藤 厚 (1967) : 地球化学的標準試料について 地質ニュース no. 158, p. 23~27
 ANDO, A. (1967) : A new silicate rock standard, JG-1 issued from the Geological Survey of Japan Geochem. J. vol. 1, p. 155
 安藤 厚・河田清雄・倉沢 一・大森貞子 (1967) : 地球化学的標準試料 JG-1 の作成方法と化学成分 地球化学討論会 (名古屋) 講演要旨集 B 3
 安藤 厚・倉沢 一・大森貞子・竹田栄蔵 (1970) : 地球化学的標準試料 JG-1, JB-1 の化学成分 地球化学討論会 (清水) 講演要旨集 23CO1, p. 107~108
 安藤 厚・倉沢 一・大森貞子・竹田栄蔵 (1971) : 地質調査所発行の地球化学的標準試料 JG-1, JB-1 の化学組成と問題点について 地学関係 5 学会連合学術大会 (福岡) 講演要旨 p. 217
 ANDO, A., KURASAWA H., OHMORI, T. and TAKEDA, E. (1971) : 1971 compilation of data on rock standards JG-1 and JB-1 issued from the Geological Survey of Japan, Geochem. J. vol. 5, p. 151~164
 地球化学課・化学課 (1970) : 日本の地球化学—地球化学的標準試料— 地質ニュース no. 186, p. 4~5
 古川俊太郎編 (1970) : 2万5千分の1「佐世保北部地域地質図」地質調査所
 今井 功・沢村孝之助・吉田 尚 (1958) : 5万分の1地質図幅「伊万里」および同説明書 地質調査所
 河野義礼・植田良夫 (1966) : 本邦産火成岩の K-Ar dating (IV)—東北日本の花崗岩類— 岩鉱 vol. 56, p. 41~55
 河田清雄・大沢 稔 (1955) : 5万分の1地質図幅「足尾」および同説明書 地質調査所

KURASAWA, H. (1967) : Petrology of the Kita-matsuura basalt in the northwest Kyushu, Southwest Japan, Geol. Surv. Japan, Report no. 217, p. 1~108
 KURASAWA, H. (1968) : A new silicate rock standard, JB-1 issued from the Geological Survey of Japan, Geochem. J., vol. 2, p. 185
 倉沢 一・安藤 厚・大森貞子・竹田栄蔵 (1968) : 地球化学的標準岩石試料 JB-1 の作成について 地球化学討論会 (東京) 講演要旨集 2A3
 倉沢 一 (1969) : 地球化学的標準試料 JB-1, JG-1 のストロンチウム同位体組成と分析結果の考察 質量分析 vol. 17, p. 649~652
 OZIMA, M., KANEOKA, I., Kano, M., KINOSHITA, K., OHNAKA, N., NAGATA, T. and KURASAWA, H. (1968) : Paleomagnetism and K-Ar ages of successive lava flows (2)—Kita-matsuura basalt, Kyushu, Japan, J. Geomag. Geoelect. vol. 20, p. 85~92
 SHIBATA, K. and MILLER, J. A. (1963) : Potassium-argon ages of the Sori granodiorite, Ashio mountain block, Bull. Geol. Surv. Japan, vol. 14, p. 102
 SHIBATA, K. (1968) : K-Ar age determination on granitic and metamorphic rocks in Japan, Geol. Surv. Japan, Report no. 227, p. 47
 その他の地球化学的標準試料のリスト その入手方法については次の文献を参照のこと。
 FLANAGAN, F. J. (1970) : Sources of geochemical standards-II, Geochim. et Cosmochim. Acta, vol. 34, p. 121~125
 小沼直樹・安藤 厚 (1970) : 地球化学的標準試料—特に G-1, W-1 試料について—浜口博編 超微量成分分析 1—地球化学的試料 p. 99~115 産業図書

(49頁からつづく)

アンビルは サイプラスが60% ダイナスティが40%の株を所有し サイプラスは同鉱山開発のため資金調達を保証し さしあたり1,000万ドルを出資した。また政府援助も輸送その他の面で行なわれることとなり 銀行も融資を決定した。

アンビルは社長として サイプラスのケーニスリーベル 副社長にはダイナスティのアオー博士とマッカラム及びサイプラスのゼームスハンセンが就任した。サイプラスのドロルドムルディが財務担当 ウェルナーヒンセンが監査役となり 重役会のメンバーとしては ダイナスティ側からは アオー博士 マッカラム クーランドビスの全員が入り サイプラス側からはロバートアーレン リーベル ハンセン ムルディ チャルレスウィル等が参加就任した。

サイプラスマインズコーポレーションの重役会々長ヘンリムッドは1965年の年末 アンビル鉱山の将来について次のように発表した。『アンビルは苦闘の結晶として出現した。今日約2,400の鉱区をもち 鉱区の一グループには大規模な二つの銀 鉛 亜鉛の鉱床が発見され 現在までの所鉛 亜鉛11%以上で 約5,000万トンの鉱石が把握されている。露天掘も可能であり厳冬でも人間の英智はこれを克服出来る。アンビルの現在の組織業務は 鉱山開発というより探鉱段階であり1966年よりこのプログラムは一層拡大され 数多くの有望鉱床が発見されるであろう』その後 日本の鉱山会社(東邦亜鉛と三井金属鉱業)および西独と買鉱契約を行ない鉛精鉱12万t/年 亜鉛精鉱24万t/年 鉛亜鉛バルク精鉱9万t/年生産へと促進された。(筆者は元所員 元東邦亜鉛海外室次長 現対州地質調査室長兼副所長)