

粘土質試料のノルム計算 (N88 BASICプログラム)

五十嵐 俊雄 (鉱床部)
Toshio IGARASHI

はじめに

天然に産する粘土鉱物を主成分鉱物とする鉱石や岩石は 原岩の種類や生成機構の相違などで生成される粘土鉱物が異なるから 化学組成のみからその鉱物組成を一義的に推測することはできない。一方 X線粉末回折試験などで構成鉱物の同定は可能であるが その量比の定量は必ずしも容易ではなく 化学組成との関係も明確とはいえない。

ここで紹介する計算法は昭和55-57年度に行われた工業技術院特別研究「未開発陶磁器原料資源に関する研究」を推進する際 粘土質試料の化学組成と鉱物組成の関係を明らかにするために開発され 試行された。なお 特別研究実施中の本プログラムはHP-85用で作成され HP-7225プロッターによる三成分図が自動的に作図されるプログラムであるが 本文では 簡略化し 他機種に移植し易いように N88-BASIC (NEC PC-8801PC 9801のBASIC 言語) を用い なるべく普遍的な用語で平易に作成したプログラムの例を挙げた。

1 従来の計算法

化学組成から鉱物組成を求める計算法は 火成岩については「C. I. P. W. ノルム計算法」が確立されており 岩石学の研究に利用されているのに対し 粘土鉱物を主体とする試料については 多くの前提が必要であるためまだ確立された計算法はない。「粘土ハンドブック」(1967)には2例の計算法が紹介されている。その概略は次の通りである。

例1

- 1) アルカリは全部微斜長石中の K_2O として存在するものとする。
- 2) 存在する K_2O は微斜長石を形成し Al_2O_3 と SiO_2 の必要量と化合するものとする。
- 3) 残りの Al_2O_3 は残余のシリカと水とでカオリナイトを形成するものとする。
- 4) さらに残ったシリカは石英とする。
- 5) 残った余分の酸化物は他の酸化物と結合して 最も普通に存在する鉱物として計算するものとする (たと

えば $CaO \rightarrow CaCO_3$, $Fe_2O_3 \rightarrow 2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ など)。

例2

- 1) K_2O Na_2O CaO はそれぞれ必要量の SiO_2 および Al_2O_3 と結合して正長石 曹長石 および灰長石となる。
- 2) 残りの Al_2O_3 はすべてカオリナイトからくるものとして必要量の SiO_2 と H_2O (灼熱減量) を引き去る。
- 3) MgO はマグネサイトあるいはドロマイトとして存在していないならば 蛇紋石 ($3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) またはタルク ($3H_2O \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$) とする。すなわち MgO の全量と結合するために必要な SiO_2 を引き去っておく。
- 4) 残りの SiO_2 は石英とする。
- 5) Fe_2O_3 は赤鉄鉱とする。もしカオリナイト タルクなどの結晶水分を引き去ってもなお H_2O が余るときには褐鉄鉱 ($2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$) とする。 SO_2 があれば黄鉄鉱とする。
- 6) CO_2 の含有量がわかっていれば それと当量の CaO は方解石とみなす。
- 7) カオリナイトと正長石とが共存し 白雲母 ($K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$) の存在が明らかであれば 2)の次に計算を行う。
- 8) TiO_2 はイルメナイト($TiO_2 \cdot FeO$)として計算し FeO が不足していればルチル (金紅石 TiO_2) とする。

2 粘土ノルム計算の一般的ルール

本文の計算は第1表に示す曹長石 (ab) 以下の30鉱物を対象に行われる。天然の岩石や鉱石中には この表以外の鉱物も共存するはずであるが それらは「その他の鉱物」(Others)として取り扱うこととなる。

粘土質試料の鉱物組成は化学組成のみでは一義的に決定できないため 特定の鉱物についてはX線粉末回折試験 示差熱分析 光学顕微鏡などの結果を参照して条件に組み入れることが望ましい。

粘土ノルム計算を行うには いくつかの前提 (条件付け) が必要であるが その基本的な事項は次の通りである。

- 1) カオリナイトは常に存在する可能性があるものとし

第1表 ノルム鉱物表

記号	鉱物名	化学組成	
ab	曹長石	Albite	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$
ad	紅柱石	Andalusite	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$
al	明ばん石	Alunite	$\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
an	灰長石	Anorthite	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$
ap	りん灰石	Apatite	$10\text{CaO} \cdot 3\text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$
C	コランダム	Corundum	Al_2O_3
cc	方解石	Calcite	$\text{CaO} \cdot \text{CO}_3$
ch	緑泥石	Chlorite	$5\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
cm	クロム鉄鉱	Chromite	$\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$
dp	ダイアスポア	Diaspore	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
en	頑火輝石	Enstatite	$\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$
fr	蛍石	Fluorite	CaF_2
gi	ギブサイト	Gibbsite(Boemite)	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
he	赤鉄鉱	Hematite	Fe_2O_3
hl	ヘーライト	Halite	NaCl
il	チタン鉄鉱	Ilmenite	$\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$
ka	カオリナイト	Kaolinite	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
li	褐鉄鉱	Limonite	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
mg	マグネサイト	Magnesite	$\text{MgO} \cdot \text{CO}_3$
mi	マイクロクリン	Microcline	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$
mo	モンモリロナイト	Montmorillonite	$\text{Na}_{.33}\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
mt	磁鉄鉱	Magnetite	$\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
pp	黄ろう石	Pyrophyllite	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
pr	黄鉄鉱	Pyrite	FeS_2
Q	石英	Quartz	SiO_2
ru	金紅石	Rutile	TiO_2
sd	菱鉄鉱	Siderite	$\text{FeO} \cdot \text{CO}_3$
se	セリサイト	Sericite	$\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
th	芒硝石	Thernardite	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SO}_3$
Z	ジルコン	Zircon	$\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$

を作る。

(2) K_2O と SO_3 がともに存在する場合 明ばん石 al:alunite ($\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) を作る。

(3) (2) で SO_3 が過剰に存在する場合 Na_2O を消費しほう硝石 th:thernardite ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SO}_3$) を作る。

(4) P_2O_5 が存在する場合 CaO を消費して 燐灰石 ap:apatite ($10\text{CaO} \cdot 3\text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$) を作る。 P_2O_5 が過剰に存在する場合にはその分を「その他」に繰り入れる。

(5) FeO と S がともに存在する場合 黄鉄鉱 py:pyrite (FeS) を作る。この際 黄鉄鉱を作る FeO と Fe の差だけ Total は減少する。

(6) Cr_2O_3 と FeO がともに存在する場合 クロム鉄鉱 cr:chromite ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$) を作る。

(7) FeO と TiO_2 が存在する場合 チタン鉄鉱 il:ilmenite ($\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$) を作る。

(8) (7) で TiO_2 が過剰に存在する場合 その TiO_2 をルチル (金紅石 ru:rutile (TiO_2)) を作る。

(9) F が存在する場合 蛍石 fr:fluorite (CaF_2) を作る。

(10) ZrO_2 が存在する場合 ジルコン Z:zircon ($\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$) を作る。

(11) CO_2 が存在する場合 および条件付けで方解石が存在するとした場合 (Ig.lossの一部を CO_2 として) 方解石 cc:calcite (CaCO_3) を作る。

(12) CO_2 が過剰に存在する場合 菱鉄鉱 sd:siderite (FeCO_3) マグネサイト mg:magnesite (MgCO_3) の炭酸塩を作る。

て計算を進める。

- パイロフィライトの存在はYes/Noで入力する。
- パイロフィライトが存在する(Y)とした試料中にはセリサイトも存在するものとする (パイロフィライトが存在する試料では カリ長石は変質 K_2O はセリサイトとして存在すると考える)。
- パイロフィライトが存在しない(N)と入力した場合 セリサイトの存在を改めて Yes/No で入力する。セリサイトが存在しない(N)とした場合 K_2O はマイクロクリン (または正長石) として計算される。
- 方解石の存在を Yes/No で入力する。方解石が存在する(Y)とした場合に CaO は方解石として計算されるが CO_2 が知られていない場合でも Ig.loss が分析されていれば その一部は CO_2 であるとして計算を進める。 CO_2 が過剰に存在する場合には 菱鉄鉱 マグネサイトが計算される。
- 残りの Ig.loss は $\text{H}_2\text{O} +$ として計算を進める。

3 粘土ノルム計算の手順

3.1 少量存在する副成分鉱物

主成分鉱物の計算に先立ち 塩化物 フッ化物 硫化物 硫酸塩 リン酸塩 一部の酸化物 珪酸塩を算出する。

(1) Cl が存在する場合 ヘーライト hl:halite (NaCl)

3-2. 粘土鉱物、長石等の計算

(13) パイロフィライトあるいはセリサイトの存在が知られている場合 K_2O を消費してセリサイト se:sericite ($\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) を作る。

(14) 緑泥石がモンモリロナイトより多く存在することが知られている場合 MgO を消費して緑泥石 ch:chlorite ($5\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) を作る。

第2表 粘土ノルム計算表

Chemical composition (wt%)		Mineral composition (wt%)							
		Min.	1	2	3	4	5	6	CIPW
SiO ₂	64.78	Q	32.89	33.40	5.19	5.66	34.02	33.70	61.75
Al ₂ O ₃	25.61	ad		1.39			0.84		
Fe ₂ O ₃	0.19	mi(or)	1.89	1.89					1.89
CaO	0.22	ab	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95
Na ₂ O	0.23	an	1.09			1.09		1.09	1.09
K ₂ O	0.32	ka	61.99	60.79			59.91	60.23	
Ig.loss	8.65	pp			85.49	84.08			
		se				2.71	2.71		
		cc		0.39	0.39		0.39		
		li	0.05		0.21	0.21		0.21	
		he	0.15	0.19			0.19		0.19
		C							24.49
		others			4.06	4.31		0.11	8.65
Total	100.00		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Remark			cc	pp,se,cc	pp,se	se,cc	se		

注) 分析値は粘土ハンドブック(1967)による。

- (15) モンモリロナイトが緑泥石より多く存在することが知られている場合 MgO を消費してモンモリロナイト mi: montmorillonite (Na₃₃MgO·Al₂O₃·4SiO₂·4H₂O) を作る。
- (16) (13) でK₂O が過剰に存在する場合 マイクロクリン mi: microcline (K₂O·Al₂O₃·6SiO₂) を作る。
- (17) Na₂O が存在する場合 曹長石 ab: albite (Na₂O·Al₂O₃·6SiO₂) を作る。
- (18) CaO が存在する場合 灰長石 an: anorthite (CaO·Al₂O₃·2SiO₂) を作る。
- (19) (14) と (15) で MgO が過剰に存在している場合 FeO を加算し 輝石 en: enstatite ((FeO·MgO)SiO₂) を作る。
- (20) パイロフィライトの存在が知られている場合 パイロフィライト pp: pyrophyllite (Al₂O₃·4SiO₂·4H₂O) を作る。
- (21) (20) でSiO₂ が不足する場合 過剰のAl₂O₃ でダイアスポア dp: diaspore (Al₂O₃·H₂O) を作る。
- (22) 以上の過程で残った Al₂O₃、SiO₂、H₂O でカオリナイト ka: kaolinite (Al₂O₃·2SiO₂·2H₂O) を作る。
- (23) (22) でSiO₂ が不足する場合 過剰のAl₂O₃、H₂O でギブサイト gi: gibbsite (Al₂O₃·3H₂O) を作る。

- (25) 緑泥石が存在し SiO₂ と Al₂O₃ も存在する場合 緑泥石の一部を分解して カオリナイトを作る。
- (26) (24) と (25) で生じた MgO は輝石を作るために消費する。
- (27) ギブサイトとパイロフィライトがともに計算される場合 この両鉱物からカオリナイトを作る。従って この両鉱物が共生することはない。
- (28) ダイアスポア パイロフィライト H₂O の3成分がともに存在する場合 この3成分でカオリナイトを作る。
- (29) ギブサイトと Al₂O₃ がともに存在する場合 この両成分でダイアスポアを作る。

3-4. 石英 コランダム 紅柱石および鉄鉱物

これまでの計算の過程で残された各成分について次の計算を行う。

- (30) SiO₂ と Al₂O₃ がともに存在する場合 紅柱石 ad: andalusite (Al₂O₃·SiO₂) を作る。
- (31) SiO₂ が残存する場合 石英 Q: quartz (SiO₂) を作る。
- (32) Al₂O₃ が残存する場合 コランダム C: corundum (Al₂O₃) を作る。
- (33) Fe₂O₃ と FeO が存在する場合 磁鉄鉱 mt: magnetite (FeO·Fe₂O₃) を作る。
- (34) Fe₂O₃ と H₂O が存在する場合 褐鉄鉱 (針鉄鉱) li: limonite (Fe₂O₃·H₂O) を作る。
- (35) Fe₂O₃ が残存する場合 赤鉄鉱 he: hematite (Fe₂O₃) を作る。
- (36) 以上の全過程で残された成分は「その他」とし

て取り扱われる。

第3表 北茨城地区粘土の化学組成と鉱物組成

4 プログラムの

適用例

4-1. 「粘土ハンドブック」

「粘土ハンドブック」(1967)には前述したような計算方法が紹介されており第2表に掲げた化学組成から表中の1に当たる鉱物組成を計算している。ただし「粘土ハンドブック」での褐鉄鉱(ii)は0%で赤鉄鉱(he)が0.2%となっている。本表との相違は褐鉄鉱の化学式を2Fe₂O₃・3H₂Oとしているのに対し本計算法ではFe₂O₃・H₂Oとしているためである。

「粘土ハンドブック」に紹介されている方法ではSiO₂ Al₂O₃ Fe₂O₃ CaO Na₂O K₂O Ig. lossの7成分で第2表-1の結果のみが得られるに過ぎないが本計算法では鉱物組み合わせにより次の6通り(MgOが存在する場合には18通り)の結果が得られる。すなわち(1)パイロフィライト セリサイト 方解石がいずれも存在しない (2)方解石が存在する (3)パイロフィライト セリサイト 方解石がいずれも存在する (4)パイロフィライトとセリサイトが存在する (5)セリサイトと方解石が存在する および (6)セリサイトが存在する の各ケースである。第2表には(1)-(6)の順序でそれぞれの計算結果が示され右端には. C.I .P.W. ノルム計算の結果も掲げてある。

4-2. 北茨城地区の粘土の鉱物組成量比

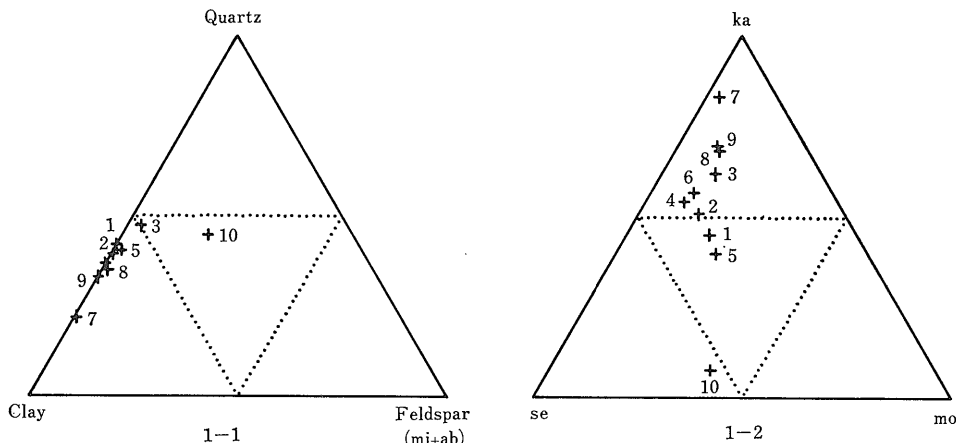
北茨城地区の粘土資源については 化学組成とX線粉末回折試験 DTA-TG 試験などにより 鉱物組成が

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Chemical composition (wt%)										
SiO ₂	59.96	63.52	66.20	65.81	64.85	62.26	55.14	61.89	59.65	68.28
TiO ₂	0.77	0.79	0.94	0.83	0.79	0.74	1.05	1.19	1.24	0.51
Al ₂ O ₃	20.56	20.66	17.58	20.44	20.03	22.91	28.29	21.99	22.89	15.86
Fe ₂ O ₃	3.10	4.55	4.81	2.57	4.15	1.99	3.06	2.38	2.24	1.31
FeO	1.34			0.36		0.11		1.63	2.17	0.68
MnO	0.14	0.15	0.02	0.02	0.04		0.01	0.04	0.05	0.04
MgO	1.00	0.82	0.50	0.93	1.08	0.76	0.63	1.63	1.13	1.06
CaO	1.11	0.24	0.35	0.03	0.23	0.37	0.20	0.03	0.14	2.31
Na ₂ O	0.49	0.36	0.44	0.22	0.68	0.27	0.10	0.26	0.25	1.68
K ₂ O	2.35	2.28	1.34	2.35	2.32	2.34	1.16	1.42	1.49	2.04
P ₂ O ₅	1.08	0.11	0.05	0.04	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.21
S	0.05	0.01	0.04	0.01		0.01		0.03	0.02	1.03
ZrO ₂	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.06	0.06	0.11	0.10	0.02
H ₂ O+	6.20	6.50	6.51	6.19	5.82	6.90	9.60	7.45	7.64	3.45
Others	1.02	0.32	0.36	0.24	0.14	0.61	0.17	0.45	0.33	1.44
Total	99.23	100.27	99.20	100.12	100.27	99.40	99.53	99.86	99.40	99.92
Mineral composition (wt%)										
Q	33.04	36.87	43.25	39.65	37.95	33.31	20.54	33.56	30.21	42.01
ad	0.69			1.24						
ab		1.55		1.07						9.62
an		0.47	1.41		0.75	1.38	0.60		0.30	10.09
ka	25.52	28.62	28.21	29.68	21.52	34.11	60.28	38.98	42.30	2.50
se	19.87	19.28	11.33	19.87	19.62	19.79	9.81	12.01	12.60	17.25
Z	0.09	0.09	0.09	0.12	0.12	0.09	0.09	0.16	0.15	0.03
mt	2.36									
he	1.47				4.15					
li		3.72	5.35	2.86		2.21	3.40	2.65	2.49	1.46
pr	0.09	0.02	0.03	0.02		0.02		0.06	0.04	1.20
il	1.46	0.03	0.79	0.79	0.09	0.21	0.02	2.26	2.36	
ru		0.75	0.94	0.41	0.74	0.63	1.04			1.04
ap	1.99	0.26	0.12	0.05	0.14	0.17	0.14	0.05	0.14	0.50
en	0.11	0.29		1.25		0.58	1.08	2.80	1.60	
others	1.26	0.32	1.01	0.35	0.14	0.69	0.22	1.36	1.47	2.10
Total	99.21	100.26	99.19	100.12	100.26	99.40	99.53	99.87	99.41	99.75
Ratio of main constituting minerals (wt%)										
Quartz	36.8	39.4	47.1	42.0	40.5	35.1	21.9	37.0	33.1	44.7
Clays	63.1	60.0	49.5	57.9	57.5	63.4	77.3	62.9	66.5	34.3
Feldspar	0	0.5	3.2	0	1.9	1.4	0.6	0	0.3	20.9
Ratio of clay minerals (wt%)										
ka	45.0	50.9	62.0	54.3	39.9	56.7	83.2	68.4	69.7	7.7
se	35.0	34.3	24.9	36.3	36.4	32.9	13.5	21.0	20.7	53.5
mo	19.8	14.7	12.9	9.2	23.6	10.3	3.1	10.4	9.4	38.7

化学分析 藤貫 正(五十嵐他, 1982)
注) 1.足田内頁岩粘土 2.坂下軟質粘土 3.関本軟質粘土 4.多々羅頁岩粘土
5.瀬戸軟質粘土 6.後光前頁岩粘土 7.根古屋軟質粘土 8.山田頁岩粘土
9.山田頁岩粘土(水ひ物) 10.八反頁岩

知られている(五十嵐他, 1982)。このデータを用いた粘土ノルム計算例を第3表に示す。本地区の粘土試料にはX線粉末回折試験によりセリサイトとモンモリロナイトが存在することが確認されておりこれに基づいて計算した結果を第3表と第1図の三角図に示す。

試料番号1-9は古第三紀の挟炭層である石城層中の軟質粘土(試料番号2,3,5,7)と頁岩粘土(試料番号1,4,6,8,9)で瓦原料素地として利用可能と考えられるものである。これに対し試料番号10は浅貝層中の頁岩で粘土質原料には利用できない岩石である。第3表と第1図に示すように軟質粘土と頁岩粘土の間では化学組成と



第1図
北茨城地区のノルム
鉱物組成

- 1.足田内頁岩粘土 2.坂下軟質粘土 3.関本軟質粘土 4.多々羅頁岩粘土 5.瀬戸軟質粘土
6.後光前頁岩粘土 7.根古屋軟質粘土 8.山田頁岩粘土 9.山田頁岩粘土(水ひ物) 10.八反頁岩

鉱物組成の上から明確な差はみられない。しかし 試料番号7がきわめて粘土成分 とくにカオリナイト成分に富んでいること 試料番号3がやや粘土含有量が低いこと また 頁岩粘土中には計算上少量の紅柱石があらわれる特徴が明瞭に読みとれる。浅貝層中の頁岩は粘土成分 とくにカオリナイト成分にきわめて乏しいことが指摘され 石城層中の頁岩粘土とは異質の岩石であることが明らかである。なお 試料番号10では約20%の斜長石(ab+an)と約2%の頑火輝石(en)が計算されている。実際にX線粉末回折試験でかなりの量の斜長石と少量の角閃石が検出されており 粘土ノルム計算結果と適合していると判定される。

4-3. 岩手粘土の鉱物組成と量比

昭和57年度「未開発陶磁器原料資源報告書」には岩手鉱山の耐火粘土 とくに硬質粘土と頁岩についての興味ある論文(藤井 1983)が掲載されている。同鉱山はわが国の代表的な耐火粘土の産地で 硬質粘土と軟質粘土を産する。藤井(1983)によると 硬質粘土の下位には厚さ最大15m以上に達する赤色-青灰色の硬質頁岩層が発達するが これらはいずれも古第三系名目入層の下部層に挟在している。硬質粘土層と赤色硬質頁岩層は互層状に繰返し累重していることや 両層がカオリナイト 石英によって特徴付けられ カオリナイトの含有量が上に向かって増加するのに対し 少量含まれるモンモロロナイトと長石は減少する傾向が認められることなどから 一連の堆積物であると推定している。従って 硬質粘土と硬質頁岩との相違は含鉄量の多寡によるものと解釈される。

一方 藤井(1970)は硬質粘土と軟質粘土との間では 鉱物組成の上で多少異なり 主要組成鉱物となっているカオリナイトの結晶度にも明瞭な違いを認めている。

このように岩手鉱山の粘土鉱床にはさまざまな問題があるが ここでは藤井(1983)の試料による化学分析値を吟味してみよう。構成粘土鉱物はカオリナイト以外にモンモロロナイトとセリサイトが存在すると仮定して計算を行った。

第4表と第2図に化学組成と計算結果を示す。

藤井(1983)によれば 試料番号10は炭素が10%以上含まれ 油母頁岩と考えられるいる岩石である。試料番号11は赤色硬質頁岩の下位に分布するガラス質凝灰岩で非晶質に近いクリストバライト・モンモロロナイトに少量の石英・長石を伴う岩石 そして 試料番号12は名目入層中部層上部に挟在する凝灰質砂質頁岩で 石英を主成分とし メタハロイサイト・長石 更に少量の雲母粘土鉱物および緑泥石を含む岩石である。これら凝灰質岩石については 実際とは異なるが 比較のため硬質粘土や硬質頁岩と同じ鉱物組合せを有する場合の計算例を示した。

計算結果は3種の三角図にプロットして図示した。第2-1図(石英-粘土鉱物-その他の鉱物)にみられるように 最も粘土成分に富むものは硬質粘土(試料番号2,7)で 次いでこれに近接して硬質頁岩(点線の範囲4,6,8,9,)と褐色風化鉱(3)があり 軟質粘土(1,7)や油母頁岩(10)は石英が多くなり 凝灰質岩石はさらに粘土成分が乏しくなっている状態が明瞭である。

第2-2図(カオリナイト-セリサイト-モンモロロナイト)

第4表 岩手鉱山の粘土と頁岩の化学組成と鉱物組成

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Chemical Composition												
SiO ₂	65.83	45.78	39.15	45.35	45.60	41.75	58.86	49.38	48.11	52.27	75.78	66.67
TiO ₂	0.94	1.03	0.89	0.78	1.07	1.13	1.17	0.34	0.77	0.84	0.11	0.78
Al ₂ O ₃	23.10	37.86	31.09	33.96	37.58	32.05	27.51	35.25	31.14	23.94	12.53	16.59
Fe ₂ O ₃	1.02	0.94	15.12	5.89	0.71	1.37	1.11	1.54	8.28	1.11	1.20	6.20
FeO	0.09	0.07	0.00	0.14	0.36	6.64	0.28	0.11	0.20	1.04	0.07	0.50
MnO	0.01	0.01	0.06	0.02	0.01	0.25	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01
MgO	0.18	0.10	0.07	0.07	0.06	0.04	0.20	0.04	0.06	0.90	0.14	1.05
CaO	0.10	0.16	0.11	0.16	0.24	0.25	0.25	0.14	0.13	0.44	1.56	0.31
Na ₂ O	0.06	0.08	0.06	0.07	0.13	0.13	0.18	0.11	0.09	0.35	1.62	0.52
K ₂ O	0.14	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.09	0.04	0.02	0.78	0.89	0.77
P ₂ O ₅	0.02	0.04	0.05	0.09	0.05	0.11	0.02	0.01	0.03	0.04	0.01	0.15
S	0.02	0.00	0.06	0.02	0.02	0.02	0.01	0.20	0.00	0.18	0.01	0.15
ZrO ₂	0.05	0.07	0.03	0.06	0.07	0.06	0.04	0.06	0.05	0.03	0.03	0.03
H ₂ O+	7.95	13.53	13.66	12.73	13.48	11.63	9.51	12.94	11.37	8.16	5.28	5.77
Others	0.31	0.06	0.04	0.02	0.29	2.29	0.46	0.00	0.02	10.75	0.11	0.08
Total	99.82	99.75	100.41	99.38	99.69	97.74	99.70	100.16	100.29	100.84	99.36	99.55
Mineral Composition												
Q	38.40	0.72	2.19	4.96	0.71	3.40	25.73	7.34	10.98	21.78	54.58	44.59
ad	0.71						0.56			0.27		1.53
ab		0.24	0.20	0.29	0.84	0.93	0.66	0.76	0.50		13.10	
an	0.37	0.53	0.22	0.21	0.86	0.52	1.11	0.63	0.45	1.92	7.67	0.56
ka	55.11	94.43	77.79	85.03	93.38	79.78	65.38	87.70	77.62	47.61	9.94	26.22
se	1.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.76	0.34	0.17	6.60	7.53	6.51
mo	1.38	1.18	0.83	0.83	0.71	0.47	2.36	0.47	0.71	8.05	1.65	11.96
Z	0.07	0.10	0.04	0.09	0.10	0.09	0.06	0.09	0.07	0.04	0.04	0.04
mt										0.34		
he	1.02						1.11		0.87	0.87		6.20
li		1.05	16.82	6.55	0.79	1.52		1.71	4.23		1.34	
pr	0.04		0.10	0.04	0.04	0.04	0.19		0.34	0.02		
il	0.16	0.17		0.29	0.74	2.15	0.60		0.47	1.60	0.17	1.35
ru	0.85	0.94	0.89	0.62	0.68		0.86	0.34	0.52		0.02	0.07
ap	0.05	0.09	0.12	0.21	0.12	0.26	0.05	0.02	0.07	0.09		0.35
en	0.16									0.54		0.09
ot	0.31	0.13	1.02	0.09	0.55	8.42	0.46	0.55	0.02	10.75	3.28	0.08
Total	99.81	99.75	100.40	99.38	99.69	97.75	99.70	100.14	100.29	100.81	99.36	99.55

注：試料番号は第2図と共通

化学分析 藤貫 正 (藤井紀之 1983)

では硬質粘土・硬質頁岩・軟質粘土の主成分粘土鉱物がほとんどカオリナイトであるのに対し 油母頁岩や凝灰質岩石ではセリサイト成分とモンモリロナイト成分が増加し前のグループとは異なる傾向を有することが明瞭に読みとれ 藤井 (1970 1983) の主張を定量的に裏付けていると考えられる。

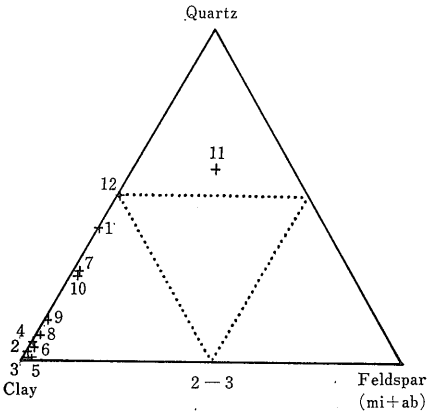
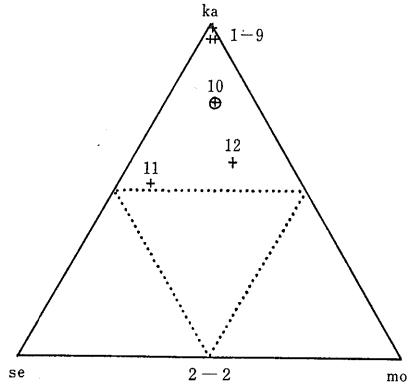
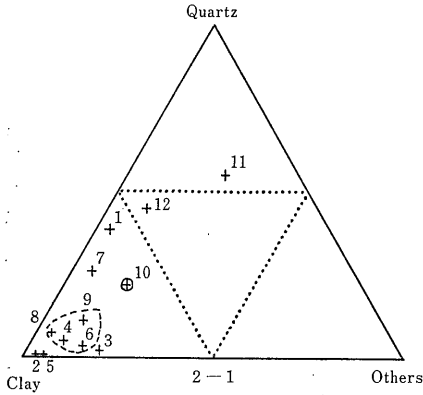
最後に 藤井 (1983) は低コスト脱鉄法の開発により硬質頁岩の利用を早急に検討すべきであると提言している。これについて本計算法によりシミュレートを試みた。

岩手鉱山の硬質粘土に含まれる鉄鉱物は計算上は褐鉄鉱と赤鉄鉱が主要なもので この他少量の黄鉄鉱

イルメナイトなどがある。最も理想的に脱鉄された場合 近似的には第2-3図 (石英-粘土鉱物-長石) の鉱物組成になると考えられる。すなわち 褐色風化鉱を含めた硬質頁岩は脱鉄により 硬質粘土に近い鉱物組成となり十分耐火物原料として活用し得る性質に改善されることが期待できることが明らかとなった。

3 おわりに

本計算法は特別研究「未開発陶磁器原料資源に関する研究」を推進するに際して 粘土鉱物組成と化学組成の間の論理的解釈を行うために開発した手法である。これまでも本計算法によってケース・スタディしたが



- 1. 7 軟質粘土
- 2. 5 硬質粘土
- 4. 6. 9 赤色硬質頁岩
- 8 青灰色硬質頁岩
- 3 褐色風化鈦
- 10 油母頁岩
- 11 凝灰岩
- 12 凝灰質砂質頁岩

第2図 岩手粘土の粘土ノルム鉱物組成

多くの場合 定性的に知られる事例をより定量的に精密にデータを解釈することが可能と思われるので 今後さらに試行を重ねて改良していく予定である。

本計算法を活用することにより 当面改善が予想される分野は次の通りである。

- (1) 粘土鉱物を主体とする地質・鉱床学的研究への寄与。 具体的には 鈦化作用(変質作用)の定量的研究に大きな武器となり 粘土化帯(変質帯)の正確な分布規則性を見出す有力な手段となる。
- (2) 粘土資源の開発・利用には 多くの種類の原料の配合 調整が必要であるが 配合比を正確に予測することができるため 品質の安定化を図ることに有効であり また 資源の適正な利用に役立つ。

本プログラムは600×200ドットのCRTを想定して作成されているので600×400ドットのCRTを使用する場合には次の各行のSCREEN文やLINE文の一部を改変する必要があることを付記する。

引用文献

日本粘土学会編(1967)粘土ハンドブック. 1090p.,技報堂.
 五十嵐俊雄 他4名(1982)茨城県北茨城地区の粘土資源 未開発陶磁器資源調査報告書(昭和56年度) p.75-105.
 藤井紀之(1970)岩手鉱山硬質粘土の成因について 地質雑76巻p.623-636.
 —(1983)岩手鉱山の耐火粘土鉱床 未開発陶磁器原料資源調査報告書(昭和57年度) p.21-37.

```
450 C=0 : KORF=0 : SCREEN 3,3 : CLS 3 : SCREEN 3,0 : LINE(0,0)-(639,199),6,BF :
COLOR 2
1120 SCREEN 3,3 : CLS 3 : SCREEN 3,0 : LINE(0,0)-(639,79),5,BF
1180 LINE(0,80)-(639,279),6,BF
1270 LINE(0,280)-(639,399),7,BF
1900 SCREEN 3,3 : CLS 3 : SCREEN 3,0 : LINE(0,0)-(639,199),7,BF
4240 SCREEN 3,3 : CLS 3 : SCREEN 3,0 : LINE(0,0)-(639,399),0,BF : COLOR 4
```

第5表 プログラムリスト(N88 BASIC)

```

10 '
20 '***** normative calculation program for clay minerals ***** by T.Igarashi,I
983
30 '
40 OPTION BASE 1
50 CONSOLE 0,25,0,1
60 WIDTH 40,25
70 '
80 '
90 DIM A$(22),DMY$(22),AA$(22),B1$(31),M$(8),L$(8)
100 DIM A(8,22),A1(22),A2(22),B(31),B0(8,31),C9(31),TOTAL(2,8)
110 GOSUB *INIT.1
120 ON ERROR GOTO 5000
130 GOSUB *ENTER
140 FOR QQ=1 TO NN
150 GOSUB *INIT.2
160 IF KORF=1 THEN GOSUB *FILE ELSE GOSUB *KEYBOARD
170 GOSUB *STORE
180 GOSUB *CALC
190 GOSUB *OUTPUT
200 NEXT QQ
210 GOSUB *PRINTOUT
220 GOTO 130
230 '
240 '
250 '
260 *INIT.1
270 RESTORE 290
280 FOR I=1 TO 22 : READ AA$(I) : READ A2(I) : NEXT
290 DATA Si02,60,085,Ti02,79,899,Al203,101,961,Fe203,159,692,Fe0,71,846,Mn0,70,9
37,Mg0,40,384,Ca0,56,079,Na20,61,979,K20,94,195
300 DATA P205,141,943,C1,35,453,S03,80,57,S,32,6,Cr203,151,989,Zr02,123,218,F,18
,99,CO2,44,9,H2O+,18,H2O-,1,Ig.loss,1,Others,1
310 RESTORE 330
320 FOR I=1 TO 31 : READ B1$(I) : NEXT
330 DATA Q,C,ad,mi,ab,an,ka,se,ch,gi,mo,pp,dp,al,Z,hl,th,cc,mg,sd,li,mt,he,cm,pr
,il,ru,ap,fr,en,ot
340 C9(1)=A2(1) : C9(2)=A2(3) : C9(3)=A2(1)+A2(3) : C9(4)=A2(10)+A2(3)+A2(1)*6 :
C9(5)=A2(9)+A2(3)+A2(1)*6 : C9(6)=A2(8)+A2(3)+A2(1)*2 : C9(7)=A2(3)+A2(1)*2+A2(
19)*2
350 C9(8)=A2(10)+A2(3)*3+A2(1)*6+A2(19)*2 : C9(9)=A2(7)*5+A2(3)+A2(1)*3+A2(19)*4
: C9(10)=A2(3)+A2(19)*3 : C9(11)=A2(9)*.33+A2(3)+A2(7)+A2(1)*4+A2(19)*4 : C9(12
)=A2(3)+A2(1)*4+A2(19)
360 C9(13)=A2(3)+A2(19) : C9(14)=A2(10)+A2(3)*3+A2(13)*4+A2(19)*6 : C9(15)=A2(1)
+A2(16) : C9(16)=(A2(9)-16)/2+A2(12) : C9(17)=A2(9)+A2(13) : C9(18)=A2(8)+A2(18)
: C9(19)=A2(7)+A2(18) : C9(20)=A2(5)+A2(18)
370 C9(21)=A2(4)+A2(19) : C9(22)=A2(4)+A2(5) : C9(23)=A2(4) : C9(24)=A2(5)+A2(15)
: C9(25)=A2(5)-16+A2(14)*2 : C9(26)=A2(2)+A2(5) : C9(27)=A2(2) : C9(28)=A2(8)*
10+A2(11)*3+A2(19)
380 C9(29)=A2(8)-A2(17)*2 : C9(30)=A2(1)+A2(7) : C9(31)=1 : DD=0
390 FOR I=1 TO 31 : B(I)=0 : NEXT
400 RETURN
410 '
420 '
430 '
440 *ENTER
450 C=0 : KORF=0 : SCREEN,3 : CLS 3 : SCREEN,0 : LINE(0,0)-(639,99),6,BF : COLOR
2
460 LOCATE 0,5 : PRINT "How many samples (Max 8 samples)";: INPUT NN
470 IF NN>8 THEN CLS 1 : GOTO 460
480 IF NN=0 THEN GOTO *PROEND
490 COLOR 2 : LOCATE 0,8 : PRINT "Input data from Keyboard or File or End : K/F/
E"
500 Y$=INKEY$
510 IF Y$="" THEN 490
520 IF Y$="e" OR Y$="E" THEN GOTO *PROEND
530 IF Y$="k" OR Y$="K" THEN KORF=0 : RETURN
540 IF Y$<>"f" AND Y$<>"F" THEN 490

```

```

550 KORF=1
560 RETURN
570 '
580 '
590 '
600 *INIT.2
610 CLS 1
620 FOR I=1 TO 22 : A(QQ,I)=0 : NEXT I
630 FOR I=1 TO 31 : B(I)=0 : B0(QQ,I)=0 : NEXT I
640 RETURN
650 '
660 '
670 '
680 *FILE
690 OPEN "data.1" AS #1
700 FIELD #1,40 AS MINERAL$,40 AS L1$
710 FOR I=1 TO 22 : FIELD #1,(I-1)*4+80 AS DMY$(I),4 AS A$(I) : NEXT
720 MAX=LOF(1) : IF MAX=0 THEN RETURN 440
730 LOCATE 1,2 : PRINT MAX;"records are filing."
740 IF DD=1 THEN 800
750 LOCATE 2,5 : PRINT "You need list (Y/N)?": Y$=INKEY$
760 IF Y$="" THEN 750
770 IF Y$="N" OR Y$="n" OR Y$=":" THEN 800
780 IF Y$="Y" OR Y$="y" OR Y$=">" THEN GOSUB *NAME.LIST : GOTO 800
790 GOTO 750
800 LOCATE 2,10 : INPUT "Record No.":N
810 IF N>MAX THEN CLS 1 : GOTO 730
820 GET #1,N
830 M$=MINERAL$ : L$=L1$
840 FOR I=1 TO 11 : A(QQ,I)=CVS(A$(I)) : A(QQ,I+11)=CVS(A$(I+11)) : NEXT
850 CLOSE #1 : DD=1
860 LOCATE 2,15 : PRINT "Correct data : Y/N"; : Y$=INKEY$
870 IF Y$="" THEN 860
880 IF Y$="Y" OR Y$="y" THEN C=1 : GOTO 1120
890 IF Y$="N" OR Y$="n" THEN RETURN 180
900 GOTO 860
910 '
920 '
930 '
940 *NAME.LIST
950 LPRINT
960 LPRINT CHR$(27);"V0960";CHR$(8H8)
970 LPRINT "Sample Name"; TAB(40); "Locality"
980 LPRINT CHR$(27);"V0960";CHR$(8H8)
990 FOR II=1 TO MAX
1000 GET #1,II
1010 M$=MINERAL$ : L$=L1$
1020 LPRINT M$; TAB(40); L$
1030 NEXT
1040 LPRINT CHR$(27);"V0960";CHR$(8H8)
1050 LPRINT CHR$(12)
1060 RETURN
1070 '
1080 '
1090 '
1100 *KEYBOARD
1110 M$="" : L$="" : FOR I=1 TO 22 : A(QQ,I)=0 : NEXT I
1120 SCREEN,3 : CLS 3 : SCREEN,0 : LINE(0,0)-(639,39),5,BF
1130 WIDTH 80,25 : COLOR 2
1140 LOCATE 2,1 : PRINT "Sample Name ";M$ : INPUT MM$
1150 IF LEN(MM$)>0 THEN M$=MM$
1160 LOCATE 2,3 : PRINT "Locality ";L$ : INPUT LL$
1170 IF LEN(LL$)>0 THEN L$=LL$
1180 LINE(0,40)-(639,139),6,BF
1190 COLOR 1
1200 SUM=0 : FOR I=1 TO 22
1210 IF A(QQ,I)=0 THEN CH$="" ELSE CH$=STR$(A(QQ,I))
1220 IF I<12 THEN LOCATE 2,I+5 ELSE LOCATE 42,I-6
1230 PRINT USING "% & " &";AA$(I);: PRINT " = ";CH$;: INPUT CHEM$
1240 IF CHEM$<>" " THEN A(QQ,I)=VAL(CHEM$)
1250 SUM=SUM+A(QQ,I)

```


1984年1月号

```
1260 NEXT
1270 LINE(0,140)-(639,199),7,BF
1280 COLOR 0
1290 LOCATE 5,18 : PRINT "Total = ";SUM
1300 LOCATE 2,21 : PRINT "Is there any mistake ":Y$=INKEY$
1310 IF Y$="" THEN 1300
1320 IF Y$="n" OR Y$="N" THEN WIDTH 40,25 : RETURN
1330 IF Y$="y" OR Y$="Y" THEN *CORRECT
1340 GOTO 1300
1350 /
1360 /
1370 /
1380 *CORRECT
1390 GOTO 1120
1400 *STORE
1410 CLS 1
1420 LOCATE 2,2 : PRINT "Store data : Y/N":Y$=INKEY$
1430 IF Y$="" THEN 1420
1440 IF Y$="N" OR Y$="n" OR Y$="s" THEN RETURN
1450 IF Y$<>"Y" AND Y$<>"y" AND Y$<>"n" THEN 1420
1460 OPEN "data.1" AS #1
1470 FIELD #1,40 AS MINERAL$,40 AS L1$
1480 FOR I=1 TO 22 : FIELD #1,(I-1)*4+00 AS DMY$,4 AS A$(I) : NEXT
1490 LSET MINERAL$=M$ : LSET L1$=L$
1500 FOR I=1 TO 11 : LSET A$(I)=MKS$(A(QQ,I)) : LSET A$(I+11)=MKS$(A(QQ,I+11)) :
NEXT
1510 IF C=0 THEN N=LOF(1)+1
1520 PUT #1,N
1530 CLOSE #1 : C=0
1540 RETURN
1550 /
1560 /
1570 /
1580 *CALC
1590 GOSUB *PRECALC
1600 GOSUB *HALITE
1610 GOSUB *ALUNITE
1620 GOSUB *THERNARDITE
1630 GOSUB *APATITE
1640 GOSUB *PYRITE
1650 GOSUB *CHRENITE
1660 GOSUB *ILMENITE
1670 GOSUB *FLUORITE
1680 GOSUB *ZIRCON
1690 GOSUB *CALCITE
1700 GOSUB *SERICITE
1710 GOSUB *CHLORITE
1720 GOSUB *MONTMOLL
1730 GOSUB *MICROCLINE
1740 GOSUB *ALBITE
1750 GOSUB *ANORTHITE
1760 GOSUB *PYROPHYLLITE
1770 GOSUB *KAOLINE
1780 GOSUB *ENSTATITE
1790 GOSUB *GIBBSITE
1800 GOSUB *DIASPORE
1810 GOSUB *CORUNDUM
1820 GOSUB *ANDALUSITE
1830 GOSUB *MAGNETITE
1840 GOSUB *OTHERS
1850 RETURN
1860 /
1870 /
1880 /
1890 *PRECALC
1900 SCREEN,3 : CLS 3 : SCREEN,0 : LINE(0,0)-(639,99),7,BF
1910 COLOR 3 : LOCATE 1,1 : PRINT "Condition by x-ray diffraction."
1920 K1=0 : K2=0 : K3=0 : K4=0
1930 LOCATE 2,3 : PRINT "Pyrophyllite : Y/N"
1940 Y$=INKEY$
1950 IF Y$="" THEN 1940

1960 IF Y$="Y" OR Y$="y" THEN K1=1 : K4=1 : GOTO 2010
1970 LOCATE 2,5 : PRINT "Sericite : Y/N"
1980 Y$=INKEY$
1990 IF Y$="" THEN 1980
2000 IF Y$="Y" OR Y$="y" THEN K1=1
2010 LOCATE 2,7 : PRINT "Chlorite/Montmorillonite/none : " : LOCATE 2,8 : PRINT "
C/M/N"
2020 Y$=INKEY$
2030 IF Y$="" THEN 2020
2040 IF Y$="C" OR Y$="c" THEN K2=1
2050 IF Y$="M" OR Y$="m" THEN K2=2
2060 LOCATE 2,10 : PRINT "Calcite : Y/N"
2070 Y$=INKEY$
2080 IF Y$="" THEN 2070
2090 IF Y$="Y" OR Y$="y" THEN K3=1
2100 FOR I=1 TO 19 : A1(I)=A(QQ,I)/A2(I) : NEXT
2110 F5=A(QQ,5)+A(QQ,6) : IF F5>0 THEN A2(5)=A(QQ,5)/F5*A2(5)+A(QQ,6)/F5*A2(6) :
A1(5)=F5/A2(5) : A1(6)=0
2120 IF A(QQ,19)=0 AND A(QQ,21)>0 THEN A1(19)=A(21)/A2(19)
2130 RETURN
2140 /
2150 /
2160 *HALITE
2170 IF A1(12)=0 THEN RETURN
2180 B(16)=A1(12)/2 : A1(9)=A1(9)-B(16) : A1(12)=0 : RETURN
2190 /
2200 /
2210 *ALUNITE
2220 IF A1(13)=0 THEN RETURN
2230 B(14)=A1(13)/4 : A1(10)=A1(10)-B(14) : A1(3)=A1(3)-B(14)*3 : A1(19)=A1(19)-
B(14)*6 : RETURN
2240 /
2250 /
2260 *THERNARDITE
2270 IF A1(13)=0 THEN RETURN
2280 B(17)=A1(13)/4 : A1(9)=A1(9)-A1(13) : A1(13)=0 : RETURN
2290 /
2300 /
2310 *APATITE
2320 IF A1(11)=0 OR A1(8)=0 THEN RETURN
2330 IF A1(8)/10<A1(11)/3 THEN 2350
2340 B(28)=A1(11)/3 : A1(8)=A1(8)-B(28)*10 : A1(11)=0 : GOTO 2360
2350 B(28)=A1(8)/10 : A1(11)=A1(11)-B(28)*3 : A1(8)=0
2360 A1(19)=A1(19)-B(28) : RETURN
2370 /
2380 /
2390 *PYRITE
2400 IF A1(5)=0 OR A1(14)=0 THEN RETURN
2410 IF A1(5)<A1(14)/2 THEN B(25)=A1(5) : A1(14)=A1(14)-B(25)*2 : A1(5)=0 : RETU
RN
2420 B(25)=A1(14)/2 : A1(5)=A1(5)-B(25) : A1(14)=0 : RETURN
2430 /
2440 /
2450 *CHROMITE
2460 IF A1(15)=0 THEN RETURN
2470 B(24)=A1(15) : A1(5)=A1(5)-A1(15) : A1(15)=0 : RETURN
2480 /
2490 /
2500 *ILMENITE
2510 IF A1(2)=0 THEN 2560
2520 IF A1(2)>A1(5) THEN 2540
2530 B(26)=A1(2) : A1(5)=A1(5)-B(26) : GOTO 2560
2540 IF A1(5)=0 THEN B(27)=A1(2) : GOTO 2560
2550 B(26)=A1(5) : B(27)=A1(2)-B(26) : A1(5)=0
2560 A1(2)=0 : RETURN
2570 /
2580 /
2590 *FLUORITE
2600 IF A1(17)=0 THEN RETURN
2610 B(29)=A1(17)/2 : A1(8)=A1(8)-B(29) : A1(17)=0 : RETURN
2620 /
```

```

2630 /
2640 *ZIRCON
2650 IF A1(16)=0 THEN RETURN
2660 B(15)=A1(16) : A1(1)=A1(1)-B(15) : A1(16)=0 : RETURN
2670 /
2680 /
2690 *CALCITE
2700 IF A1(18)=0 THEN 2730
2710 IF A1(8)<A1(18) THEN 2770
2720 B(18)=A1(8) : A1(8)=A1(8)-B(18) : A1(18)=0
2730 IF K3=0 THEN RETURN
2740 IF A1(21)=0 THEN RETURN
2750 A1(18)=A1(19)/A2(18) : B(18)=B(18)+A1(8) : A1(18)=A1(18)-A1(8) : A1(8)=0
2760 A1(19)=A1(18)*A2(18)/A2(19) : GOTO 2840
2770 B(18)=A1(8) : A1(18)=A1(18)-A1(8) : A1(8)=0
2780 IF A1(5)=0 THEN RETURN
2790 IF A1(18)>A1(5) THEN 2820
2800 B(20)=A1(18) : A1(5)=B(20) : GOTO 2840
2810 B(20)=A1(5) : A1(18)=A1(18)-B(20) : A1(5)=0
2820 IF A1(18)>A1(7) THEN 2850
2830 B(19)=A1(18) : A1(7)=A1(7)-B(19)
2840 A1(18)=0 : RETURN
2850 B(19)=A1(7) : A1(18)=A1(18)-B(19) : A1(7)=0 : RETURN
2860 /
2870 /
2880 *MICROCLINE
2890 IF A1(1)=0 OR A1(3)=0 OR A1(10)=0 THEN RETURN
2900 B(4)=A1(10) : A1(3)=A1(3)-B(4) : A1(1)=A1(1)-B(4)*6 : A1(10)=0 : RETURN
2910 /
2920 /
2930 *SERICITE
2940 IF K1=0 OR A1(1)=0 OR A1(3)=0 OR A1(10)=0 OR A1(19)=0 THEN RETURN
2950 IF A1(10)>A1(19)/2 THEN 2970
2960 B(8)=A1(10) : A1(10)=0 : A1(19)=A1(19)-B(8)*2 : GOTO 2980
2970 B(8)=A1(19)/2 : A1(19)=0 : A1(10)=A1(10)-B(8)
2980 A1(1)=A1(1)-B(8)*6 : A1(3)=A1(3)-B(8)*3 : RETURN
2990 /
3000 /
3010 *CHLORITE
3020 IF K2<>1 OR A1(7)=0 OR A1(19)=0 THEN RETURN
3030 IF A1(7)/5>A1(19)/4 THEN 3050
3040 B(9)=A1(7)/5 : A1(7)=0 : A1(19)=A1(19)-B(9)*4 : GOTO 3060
3050 B(9)=A1(19)/4 : A1(19)=0 : A1(7)=A1(7)-B(9)*5
3060 A1(3)=A1(3)-B(9) : A1(1)=A1(1)-B(9)*3 : RETURN
3070 /
3080 /
3090 *MONTMOLL
3100 IF K2<>2 OR A1(7)=0 OR A1(9)=0 OR A1(19)=0 THEN RETURN
3110 IF A1(9)<A1(7)/3 THEN 3170
3120 IF A1(19)<A1(7)*4 THEN 3140
3130 B(11)=A1(7) : A1(7)=0 : A1(19)=A1(19)-B(11)*4 : GOTO 3150
3140 B(11)=A1(19)/4 : A1(7)=A1(7)-B(11) : A1(19)=0
3150 A1(9)=A1(9)-B(11)/3
3160 A1(1)=A1(1)-B(11)*4 : A1(3)=A1(3)-B(11) : RETURN
3170 IF A1(19)<A1(9)*12 THEN 3190
3180 B(11)=A1(9)*3 : A1(7)=A1(7)-B(11) : A1(9)=0 : A1(19)=A1(19)-B(11)*4 : GOTO
3160
3190 B(11)=A1(19)/4 : A1(3)=A1(3)-B(11) : A1(7)=A1(7)-B(11) : A1(9)=A1(9)-B(11)/
3 : A1(19)=0
3200 RETURN
3210 /
3220 /
3230 *ALBITE
3240 IF A1(1)=0 OR A1(3)=0 OR A1(9)=0 THEN RETURN
3250 B(5)=A1(9) : A1(3)=A1(3)-B(5) : A1(1)=A1(1)-B(5)*6 : A1(9)=0 : RETURN
3260 /
3270 /
3280 *ANORTHITE
3290 IF A1(1)/2>A1(3) OR A1(1)/2>A1(8) THEN 3310
3300 B(6)=A1(1)/2 : A1(3)=A1(3)-B(6) : A1(8)=A1(8)-B(6) : A1(1)=0 : RETURN
3310 IF A1(3)>A1(8) THEN B(6)=A1(8) : A1(3)=A1(3)-B(6) : A1(1)=A1(1)-B(6)*2 : A1

```

```

(8)=0 : RETURN
3320 B(6)=A1(3) : A1(1)=A1(1)-B(6)*2 : A1(8)=A1(8)-B(6) : A1(3)=0 : RETURN
3330 /
3340 /
3350 *PYROPHYLLITE
3360 IF K4=0 OR A1(1)=0 THEN RETURN
3370 IF A1(3)>A1(1)/4 THEN 3410
3380 IF A1(3)>A1(19) THEN B(12)=A1(19) : A1(3)=A1(3)-B(12) : A1(19)=0 : GOTO 340
0
3390 B(12)=A1(3) : A1(19)=A1(19)-B(12) : A1(3)=0
3400 A1(1)=A1(1)-B(12)*4 : RETURN
3410 IF A1(1)/4>A1(19) THEN 3470
3420 B(12)=A1(1)/4 : A1(19)=A1(19)-B(12) : A1(3)=A1(3)-B(12) : A1(1)=0
3430 IF A1(3)>A1(19) THEN 3460
3440 IF A1(19)/3>A1(3) THEN RETURN
3450 B(10)=(A1(19)-A1(3))/2 : B(13)=A1(3)-B(10) : A1(3)=0 : A1(19)=0 : RETURN
3460 B(13)=A1(19) : A1(3)=A1(3)-B(13) : A1(19)=0 : RETURN
3470 B(12)=A1(19) : A1(1)=A1(1)-B(12)*4 : A1(19)=0 : A1(3)=A1(3)-B(12) : RETURN
3480 /
3490 /
3500 *KAOLINE
3510 IF A1(3)*2>A1(19) THEN 3580
3520 IF A1(3)*2>A1(1) THEN 3550
3530 B(7)=A1(3) : A1(1)=A1(1)-B(7)*2 : A1(19)=A1(19)-B(7)*2 : A1(3)=0 : RETURN
3540 A1(19)=A1(18)*A2(18)/A2(19) : A1(18)=0
3550 B(7)=A1(1)/2 : A1(3)=A1(3)-B(7) : A1(19)=A1(19)-B(7)*2 : A1(1)=0
3560 IF A1(3)*3>A1(19) THEN B(10)=A1(19)/3 : A1(3)=A1(3)-B(10) : A1(19)=0 : RETU
RN
3570 B(10)=A1(3) : A1(19)=A1(19)-B(10)*3 : A1(3)=0 : RETURN
3580 IF A1(19)<A1(1) THEN B(7)=A1(19)/2 : A1(1)=A1(1)-B(7)*2 : A1(3)=A1(3)-B(7)
: GOTO 3610
3590 B(7)=A1(1)/2 : A1(19)=A1(19)-B(7)*2 : A1(3)=A1(3)-B(7)
3600 B(10)=A1(19)/3 : A1(3)=A1(3)-B(10) : A1(1)=0
3610 A1(19)=0 : RETURN
3620 /
3630 /
3640 *GIBBSITE
3650 IF B(10)=0 AND B(12)=0 THEN RETURN
3660 IF B(10)<B(12) THEN B(7)=B(7)+B(10)*2 : B(12)=B(12)-B(10) : B(10)=0 : RETUR
N
3670 B(7)=B(7)+B(12)*2 : B(10)=B(10)-B(12) : B(12)=0 : RETURN
3680 /
3690 /
3700 *ENSTATITE
3710 IF A1(1)=0 OR A1(7)=0 THEN RETURN
3720 IF A1(1)>A1(7) THEN B(30)=A1(7) : A1(1)=A1(1)-B(30) : A1(7)=0 : RETURN
3730 B(30)=A1(1) : A1(7)=A1(7)-B(30) : A1(1)=0 : RETURN
3740 /
3750 /
3760 *DIASPORE
3770 IF B(10)=0 OR B(12)=0 OR A1(19)=0 THEN RETURN
3780 IF B(10)>B(12) THEN 3820
3790 IF A1(19)/2>B(10) THEN 3810
3800 B(7)=B(7)+A1(19) : B(10)=B(10)-A1(19)/2 : B(12)=B(12)-A1(19)/2 : A1(19)=0 :
RETURN
3810 B(7)=B(7)+B(10)*2 : B(12)=B(12)-B(10) : A1(19)=A1(19)-B(10)*2 : B(10)=0 : R
ETURN
3820 IF A1(19)/2>B(12) THEN 3830 ELSE 3800
3830 B(7)=B(7)+B(12)*2 : B(10)=B(10)-B(12) : A1(19)=A1(19)-B(12)*2 : B(2)=0 : RE
TURN
3840 /
3850 /
3860 *CORUNDUM
3870 IF A1(3)=0 OR B(10)=0 THEN RETURN
3880 IF A1(3)/2>B(10) THEN B(13)=B(13)+B(10)*3 : A1(3)=A1(3)-B(10)*2 : B(10)=0 :
RETURN
3890 B(13)=B(13)+A1(3)*3/2 : B(10)=B(10)-A1(3)/2 : A1(3)=0 : RETURN
3900 B(3)=A1(1) : A1(3)=A1(3)-B(3) : A1(1)=0
3910 B(1)=A1(1) : B(2)=A1(3) : A1(1)=0 : A1(3)=0 : RETURN
3920 /
3930 /

```

```

3940 *ANDALUSITE
3950 IF A1(1)=0 OR A1(3)=0 THEN 3980
3960 IF A1(1)>A1(3) THEN B(3)=A1(3) : A1(1)=A1(1)-B(3) : A1(3)=0 : GOTO 3980
3970 B(3)=A1(1) : A1(3)=A1(3)-B(3) : A1(1)=0
3980 B(1)=A1(1) : B(2)=A1(3) : A1(1)=0 : A1(3)=0 : RETURN
3990 /
4000 /
4010 *MAGNETITE
4020 IF A1(4)=0 THEN RETURN
4030 IF A1(19)=0 THEN 4080
4040 IF A1(4)>A1(19) THEN 4070
4050 B(21)=A1(4) : A1(19)=A1(19)-B(21)
4060 A1(4)=0 : RETURN
4070 B(21)=A1(19) : A1(4)=A1(4)-B(21) : A1(19)=0
4080 IF A1(5)=0 THEN 4110
4090 IF A1(4)<A1(5) THEN B(22)=A1(4) : A1(5)=A1(5)-B(22) : GOTO 4060
4100 B(22)=A1(5) : A1(4)=A1(4)-B(22)
4110 B(23)=A1(4) : A1(5)=0 : GOTO 4060
4120 /
4130 /
4140 *OTHERS
4150 COLOR 4
4160 A9=0 : FOR I=1 TO 19 : A9=A9+A1(I)*A2(I) : NEXT
4170 B(31)=B(31)+A(QQ,22)+A(QQ,20)+A9
4180 RETURN
4190 /
4200 /
4210 /
4220 *OUTPUT
4230 WIDTH 80,25
4240 SCREEN,3 : CLS 3 : SCREEN,0 : LINE(0,0)-(639,199),0,BF : COLOR 4
4250 LOCATE 2,2 : PRINT "Sample Name : ";M$
4260 LOCATE 2,4 : PRINT "Locality : ";L$
4270 LOCATE 2,6 : PRINT "Normative Minerals(wt%)"
4280 TOTAL(1,QQ)=0 : T1=0 : FOR I=1 TO 31 : B0(QQ,I)=B(I)*C9(I) : TOTAL(1,QQ)=TO
TAL(1,QQ)+B0(QQ,I) : NEXT
4290 FOR I=1 TO 31 : B1=0
4300 IF B0(QQ,I)=0 THEN 4360
4310 B1=B0(QQ,I)/TOTAL(1,QQ)*100 : T1=T1+B1
4320 IF I<12 THEN LOCATE 2,I+7
4330 IF I>11 AND I<29 THEN LOCATE 29,I-2
4340 IF I>22 THEN LOCATE 54,I-13
4350 PRINT USING "&&";B1$(I) : PRINT " = " : PRINT USING "###.###"; B0(QQ,I)
4360 NEXT
4370 LOCATE 54,20 : PRINT "Total = " : PRINT USING "###.###";TOTAL(1,QQ)
4380 LOCATE 2,23 : PRINT "Hit any key!!"
4390 Y$=INPUT$(1)
4400 WIDTH 40,25
4410 RETURN 200
4420 /
4430 /
4440 *PRINTOUT
4450 GOSUB 4800
4460 GOSUB 4920
4470 FOR I=1 TO NN
4480 TOTAL(1,I)=0 : TOTAL(2,I)=0 : LPRINT TAB(3+I*9);I;
4490 NEXT I
4500 LPRINT : GOSUB 4920
4510 FOR I=1 TO 22
4520 LPRINT AA$(I);
4530 FOR J=1 TO NN
4540 IF A(J,I)=0 THEN 4560 ELSE TOTAL(1,J)=TOTAL(1,J)+A(J,I)
4550 LPRINT TAB(1+J*9) USING "###.###";A(J,I);
4560 NEXT J
4570 LPRINT
4580 NEXT I
4590 GOSUB 4920 : LPRINT "Total";
4600 FOR I=1 TO NN
4610 LPRINT TAB(1+I*9) USING "###.###";TOTAL(1,I);
4620 NEXT I
4630 LPRINT : GOSUB 4920 : LPRINT

```

```

4640 FOR I=1 TO 31
4650 LPRINT B1$(I);
4660 FOR J=1 TO NN
4670 IF B0(J,I)=0 THEN 4690 ELSE TOTAL(2,J)=TOTAL(2,J)+B0(J,I)
4680 LPRINT TAB(1+J*9) USING "###.###";B0(J,I);
4690 NEXT J
4700 LPRINT
4710 NEXT I
4720 GOSUB 4920 : LPRINT "Total";
4730 FOR I=1 TO NN
4740 LPRINT TAB(1+I*9) USING "###.###";TOTAL(2,I);
4750 NEXT I
4760 LPRINT : GOSUB 4920 : LPRINT CHR$(12)
4770 RETURN
4780 /
4790 /
4800 IF NN=1 THEN TL$="V0204" : GOTO 4880
4810 IF NN=2 THEN TL$="V0312" : GOTO 4880
4820 IF NN=3 THEN TL$="V0420" : GOTO 4880
4830 IF NN=4 THEN TL$="V0528" : GOTO 4880
4840 IF NN=5 THEN TL$="V0636" : GOTO 4880
4850 IF NN=6 THEN TL$="V0744" : GOTO 4880
4860 IF NN=7 THEN TL$="V0852" : GOTO 4880
4870 IF NN=8 THEN TL$="V0960"
4880 RETURN
4890 /
4900 /
4910 /
4920 LPRINT CHR$(27);TL$;CHR$(8H) : RETURN
4930 /
4940 /
4950 /
4960 *PROEND
4970 CLS 1 : CLOSE #1
4980 LOCATE 8,5 : PRINT "Program End"
4990 END
5000 *ERROR
5010 CLS 1
5020 PRINT "ERROR ON LINE=";ERL
5030 PRINT "ERROR MESSAGE=";ERR
5040 END

```