

本資料は13年9月21日付けで登録区分
変更する。

人形峠環境技術センター
環境保全技術開発部 管理課

含ウランリン鉱石からの 塩化揮発法によるウラン回収試験

(第 2 報)

1988年5月

動力炉・核燃料開発事業団

人形峠事業所

環境資源開発部・環境資源開発課

含ウランリン鉱石からの
塩化揮発法によるウラン回収試験（第2報）



滝 富弘, 佐藤 浩吉, 土屋 英典

※ ※
柳井 正道, 滝本 定男

要 旨

含ウランリン鉱石中のウランを塩化物として蒸発させ捕集する塩化ウラン揮発法の基礎試験を実施しているが、これまでの試験の結果から、塩化剤として固体塩化剤（ CaCl_2 、又は NaCl ）を用いた塩化反応では、ウランを効率よく揮発させることは困難であることがわかった。しかし、塩化剤として塩素ガスを使用すれば、反応雰囲気調整することによって90%以上のウラン揮発率が得られることがわかった。

又、塩化揮発法の前処理として浮遊選鉱法の適用性について予備試験を行ったが、スライム発生量が極めて多い鉱石性状のためか期待される成績は得られなかった。

目 次

1. はじめに	1
2. 試験結果の要約	1
2-1 固体塩化剤を用いた塩化揮発試験	1
2-2 塩素ガスを用いた塩化揮発基礎試験	1
(1) バクーマ鉱石	1
(2) イタタイヤ鉱石	2
2-3 バクーマ鉱石の浮選試験	2
3. 固体塩化剤による塩化揮発試験	3
3-1 供 試 料	3
3-2 試験装置と操作方法	3
3-3 還元剤, 固体塩化剤	5
3-4 分解助剤	5
3-5 試料調整	5
3-6 分析方法および揮発率の算出方法	5
3-7 試験結果と考察	5
4. バクーマ鉱石 (PNC94+153) の塩化揮発基礎試験	22
4-1 供 試 料	22
4-2 反応装置および操作方法	23
4-3 試 験 方 法	24
4-4 試験結果と考察	25
5. イタタイヤ鉱石の塩化揮発基礎試験	34
5-1 供 試 料	34
5-2 反応装置および操作方法	34
5-3 試 験 方 法	35
5-4 試験結果と考察	35
6. バクーマ鉱石 (PNC148, 153) の浮選予備試験	39
6-1 目 的	39
6-2 浮選試験の経緯	39
6-3 試験結果と考察	39
(1) 粒度分析およびX線回折, けい光X線分析	39

(2) 浮選試験用サンプルの調整	44
(3) 粒度分析結果から想定した物量バランス	44
(4) 浮選試験結果	45
(5) 考 察	48
7. 今後の試験計画	49
7-1 バクーマ鉱石の塩化揮発基礎試験	49
7-2 バクーマ鉱石の浮選試験	50
7-3 試験計画予定表	51

1. はじめに

第1報（PNC SN741087-002）では、バクーマ鉱石を用いて、ウランの塩化揮発法の可能性を知る目的で行った塩素ガスによる試験結果を報告した。その内容は、幾つかの設定条件のもとでは、ウラン揮発率が90%以上期待できるという試験成績が得られたので塩化揮発法によるウラン回収に可能性のあることが確かめられた。

本報告は①塩素ガスの代わりに固体塩化剤を用いた場合の試験結果について

②基礎試験の第1段階として行った塩素ガス過剰雰囲気における各成分の揮発率または回収率等について

③今回始めて行ったブラジルイタタイヤ鉱石の基礎試験結果について

④塩化揮発法の前処理として浮選法適用の可能性を探る目的で行った浮選予備試験結果について報告する。

2. 試験結果の要約

2-1 固体塩化剤を用いた塩化揮発試験

バクーマ鉱石を用いて、第1報の予備試験での反応条件①炭材（C）を対鉱石重量の15%以下添加すること。②ガス雰囲気として酸素濃度5%以下。③反応温度850℃以上。④反応時間45～60分以上等を基準として固体塩化剤CaCl₂、又はNaClを対鉱石重量の15～25%添加して種々反応条件を変えて試験を行ったが、ウランの揮発率は0～30%と低く、期待される成績は得られなかった。さらに測定誤差を含めた実験誤差を考慮すれば、データの再現性にも乏しく固体塩化剤によるウラン回収は困難であると判断された。

この原因としては、CaCl₂の分解反応は高温域では短時間で行われ分解によって発生したCl₂（HCl）ガスは最初にFeと反応し消費されてしまう。すなわちCl₂ガスとウランが塩化反応をおこす雰囲気条件が保てないためと考えられる。なお、NaClの場合は、CaCl₂より高い分解温度、長い分解時間を必要とすることから一層不利な条件をもっている。

2-2 塩素ガスを用いた塩化揮発基礎試験

(1) バクーマ鉱石（PNC94+153）

・鉱石：50gに活性炭を添加し、（チッ素ガス：200ml/分+塩素ガス：200ml/分）の雰囲気条件で反応温度を変化させて揮発した塩化物の回収をも含めた試験を行った。

その結果、ウランは反応温度750℃から850℃にかけて急激に反応し950℃では揮発率96%の成績が得られた。他の成分の揮発状態は、①Fe、Ti、は850℃でほとんど揮発する。

②P₂O₅、Al₂O₃、SiO₂等の主要成分は650℃の温度でも反応し温度と共に揮発率

もアップする。③MgO, K₂O, Na₂O等の低含有量成分は、温度が高くなると揮発率もアップする。④CaOは揮発しない等、塩化揮発に難易差が生じている。つぎに、塩化物の物質収支については、Fe 以外は回収率が悪く、ばらつきも大きいので、今後は回収トラップの数や冷却方法、形状等改良をはからなければならないことがわかった。

(2) イタタイヤ鉱石

サンプルは、62年3月入手した鉱石で今回始めて試験に用いたものでバクーマ鉱石と同じ含ウランリン鉱石であるが、かなり鉱質性状が異っている。たとえば主要成分について比較すると下記の通りである。

成 分	バクーマ鉱石 (%)	イタタイヤ鉱石 (%)
U ₃ O ₈	0.32	0.19
Si O ₂	46	7
Ca O	21	48
P ₂ O ₅	14	35
Al ₂ O ₃	5	1
Fe ₂ O ₃	2.2	0.8

このような鉱質の差が塩化揮発に影響をおよぼすのか、また各成分元素の揮発難易にも関係があるのか予知する目的で、バクーマ鉱石とほぼ同じ条件で試験を行った。

その結果、ウランはバクーマ鉱石と同じ反応傾向を示すが950°Cの揮発率は72%とかなり低い。他の元素の揮発状態や物質収支についてはバクーマ鉱石とほぼ同じ傾向を示している。

イタタイヤ鉱石のウラン揮発率が低い原因として観察によるものであるが、イタタイヤ鉱石の場合に、揮発反応後の残渣形状が熔融生成物のためガラス質に変化していることで、この現象がウランの揮発に何らかの影響を与えているのではないかと、考えられるがこの説明は今後の課題である。

2-3 バクーマ鉱石の浮選試験

バクーマ鉱石 (PNC148, 153) の粒度分析の結果、スライム分が60~65%と極めて多く選鉱を適用する場合は、“スライム浮選”の可否が判断基準となることから予備的な浮選試験を行った。

その結果、PNC148のサンプルについてアルカリ領域での脂肪酸を捕収剤としたウラン浮選方式でや、期待のもてるウラン実収率75%の成績が得られたが、実収率90%以上を確保する場合を予想すると、ウランに撰択的に作用する特殊の捕収剤の開発が必要と思われる。また、

脱鉄、脱硅等を目的とした浮選も期待した成績が得られず、バクーマ鉱石の浮選法の適用は現状では困難であると推察される。

3. 固体塩化剤による塩化揮発試験

3-1 供試料

試験に用いたバクーマ鉱石の鉱物組成は石英がもっとも多く、次いでウェベライト、カオリナイト鉱物の順である。

ウランは、リン灰ウラン石 (Autunite), リン銅ウラン石 (Torbernite) の形態で存在している。

中央アフリカ、バクーマ鉱石の化学組成を表-1に示す。サンプルは全て44 μ 以下の粒径に微粉碎して使用した。

表-1 バクーマ鉱石の化学分析値

成 分	含有率 (%)	成 分	含有率 (%)
U ₃ O ₈	0.442	Na ₂ O	0.25
ThO ₂	4 ppm	MnO	0.19
P ₂ O ₅	3.87	F ⁻	0.04
SiO ₂	73.3	Cl ⁻	0.087
Al ₂ O ₃	9.10	Cu	0.032
T-Fe	4.32	Ni	20 ppm
FeO	0.21	Pb	0.4 ppm
Fe ₂ O ₃	4.095	Zn	7 ppm
TiO ₂	0.46	H ₂ O(-)	0.184
CaO	0.38	H ₂ O(+)	3.96
K ₂ O	1.14	強熱減量	4.56 %
MgO	0.34		

(中部事業所 技術開発課による分析)

3-2 試験装置と操作方法

赤外炉 ; 図-1に示す。

管状炉 ; 図-2に示す。

赤外炉は構造上(特にガスシール部)塩素ガスによる腐蝕が発生し使用不能となったので管状炉に切替えた。

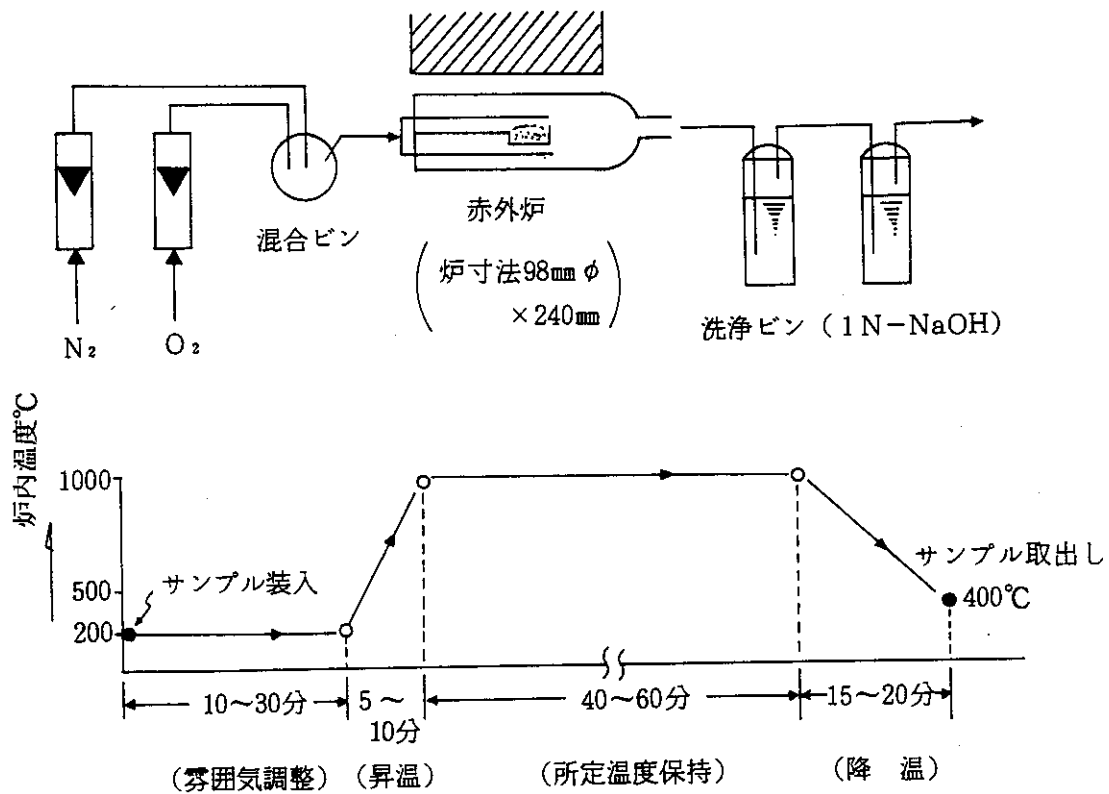


図-1 赤外炉と操作方法

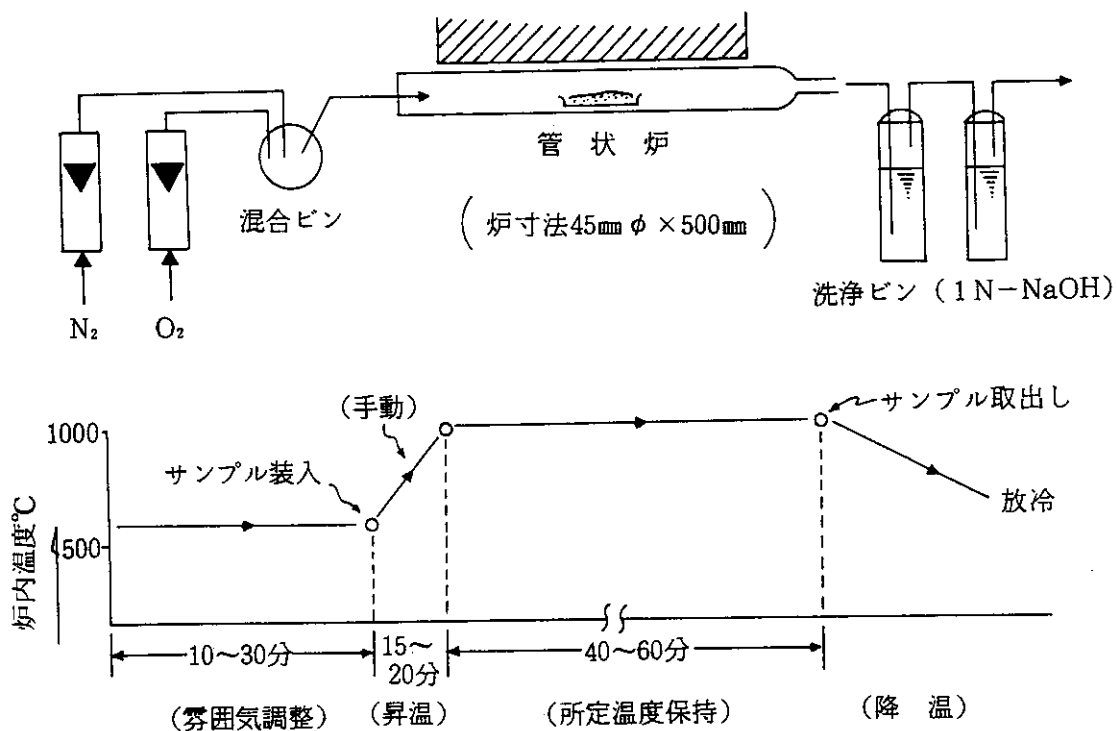


図-2 管状炉と操作方法

3-3 還元剤および固体塩化剤

亜炭：北海道産（C=49.5%）固体塩化剤：CaCl₂（無水）試薬特級

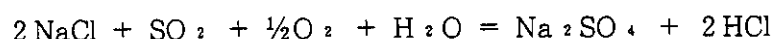
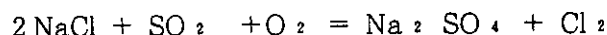
活性炭：試薬特級

NaCl 試薬特級

3-4 分解助剤

NaClの分解助剤としてSO₂が有効であることから硫黄（粉末，試薬）を添加した。

反応式は，



で示される。

3-5 試料調整

①乾燥した鉍石，還元剤（活性炭，亜炭）および固体塩化剤（CaCl₂，NaCl）を所定量秤量し，十分混合した後デシケータ中に保存する。

②ペレットの場合は，調合試料に水を少量添加してねり合せ，手造りで約8～10mmφの生ペレットを作り，次に乾燥器（110℃）で一昼夜乾燥し乾燥ペレットとする。

3-6 分析方法および揮発率の算出方法

ウラン：リン鉍石中のウラン簡易分析法

鉄：オーフェナントロリン吸光光度法

塩素：チオシアン酸第2水銀吸光光度法

W₁ = 元鉍重量 (g)

W₂ = 焼成鉍重量 (g)

$$\text{揮発率 (\%)} = \left(\frac{W_1 V_1 - W_2 V_2}{W_1 V_1} \right) \times 100$$

V₁ = 元鉍中の品位 (mg/g)

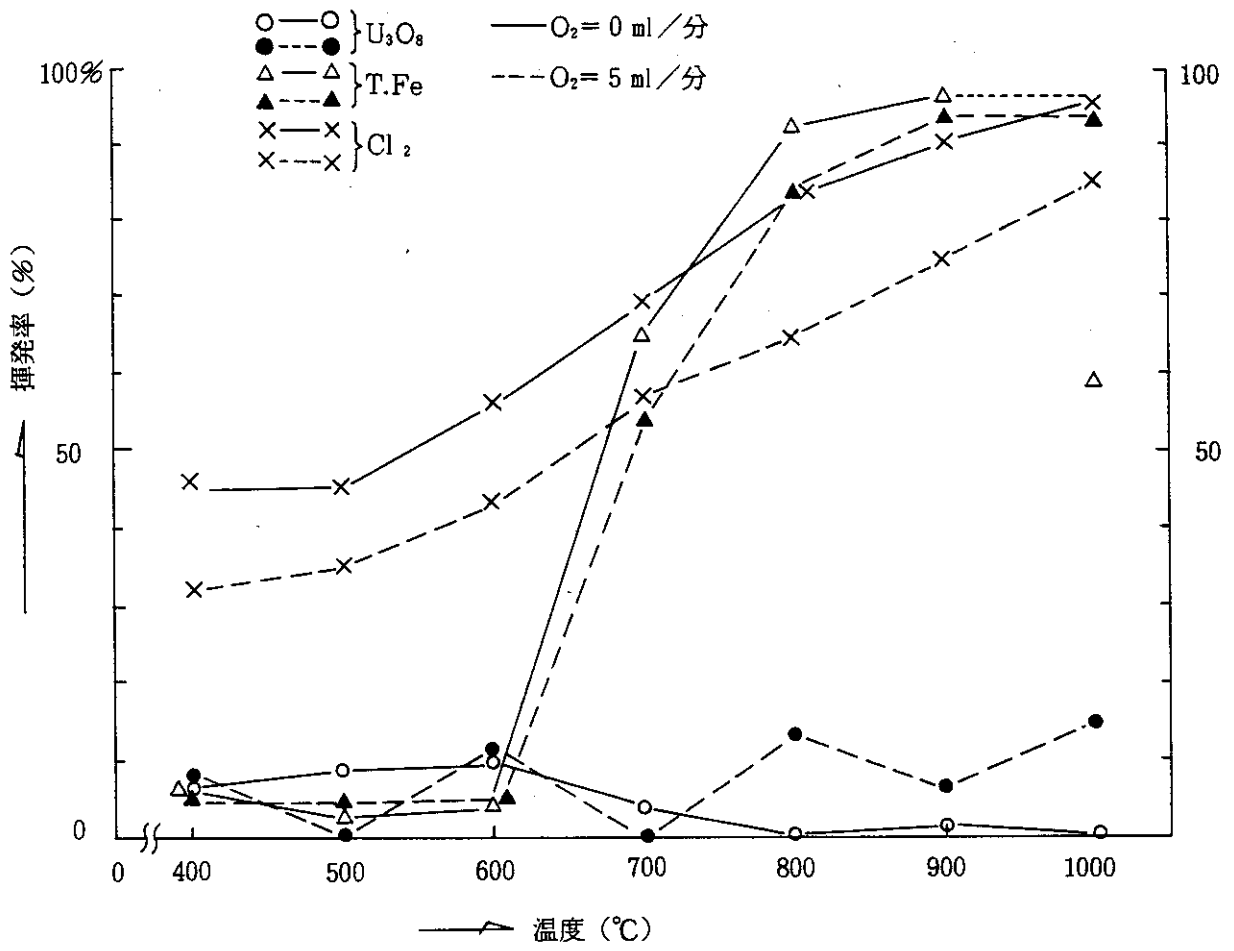
V₂ = 焼成鉍中の品位 (mg/g)

3-7 試験結果と考察

(1) 反応温度の影響について

CaCl₂ 添加の結果を 表-2，図-3 に示す。

NaCl 添加の結果を 表-3，図-4 に示す。



図一三 反応温度の影響 (CaCl₂ 添加の場合)

表-3 反応温度の影響 (NaCl 添加の場合)

(試料形態：粉状。焼成炉：管状炉)

No.	キャリアーガス				塩化剤		還元剤		硫黄	試料			温度	反応時間	元 鈹			焼 成 鈹			揮 発 率			
	O ₂		Cl ₂		N ₂	総流量	CaCl ₂	NaCl		活性炭	亜炭	揮発前			揮発後	減量率	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl	U ₃ O ₈	T. Fe
	%	ml/min	%	ml/min	ml/min	ml/min	※ %	※ %	※ %	※ %	※ %		g	g			%	mg	mg	mg	mg	mg	mg	%
1		0			100	100		20	5		1.51	1.39	8	700	60	3.87	37.8	147	3.84	33.4	76.0	1	12	48
2		"			"	"		"	"		1.52	1.35	11	800	"	3.89	38.0	148	3.70	29.2	64.4	5	23	57
3		"			"	"		"	"		"	1.30	15	900	"	"	"	"	3.91	32.6	47.6	0	15	68
4		"			"	"		"	"		1.51	1.17	23	1000	"	3.87	37.8	147	3.93	31.5	4.2	0	17	97
5	5	5			95	"		"	"		"	1.38	9	700	"	"	"	"	4.02	36.6	73.8	0	3	50
6	"	"			"	"		"	"		"	1.28	15	800	"	"	"	"	3.73	27.4	59.9	4	28	59
7	"	"			"	"		"	"		"	1.22	19	900	"	"	"	"	4.04	12.9	37.9	0	66	74
8	"	"			"	"		"	"		"	1.13	25	1000	"	"	"	"	3.98	10.3	0.8	0	73	99

※ 鈹石重量に対する添加量

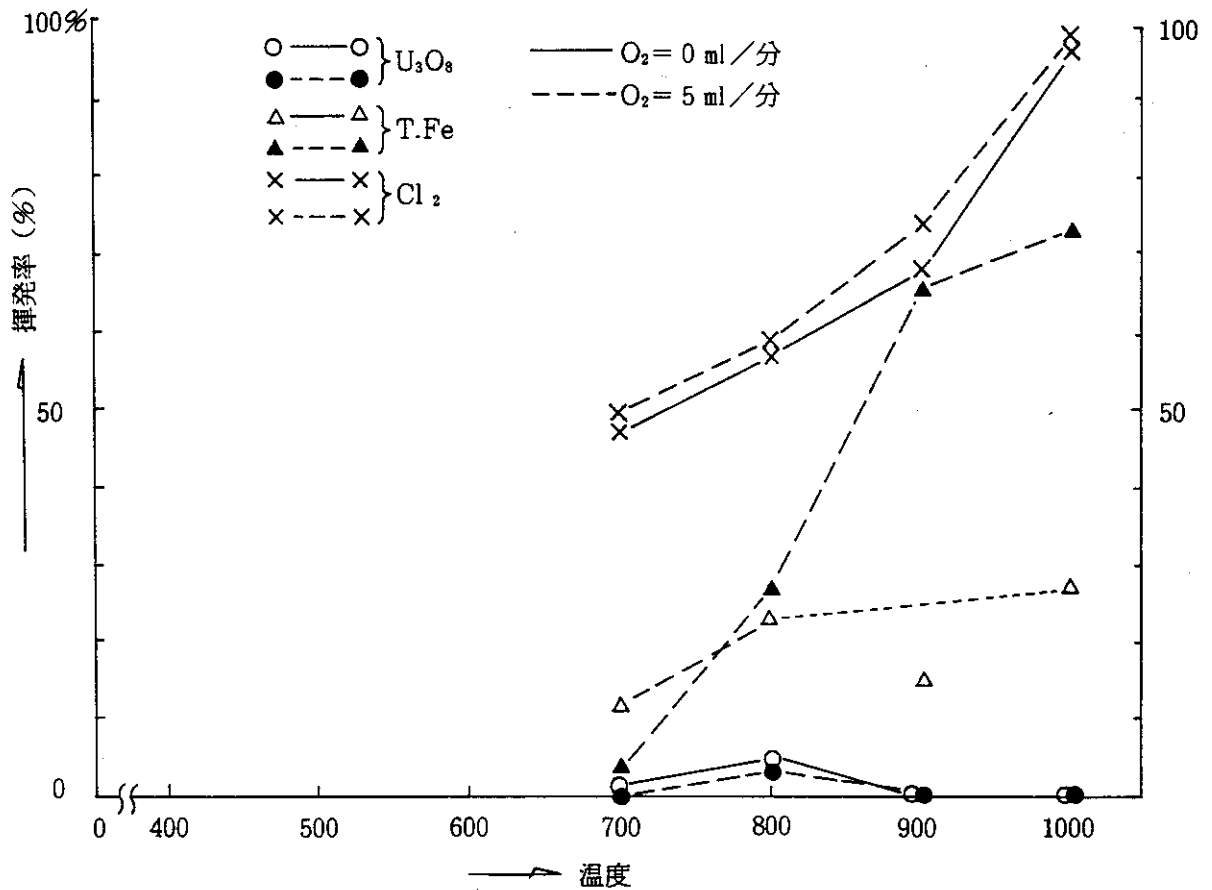


図-4 反応温度の影響 (NaCl 添加の場合)

①U₃O₈ の揮発率：計算値として0～15%の幅にあるが温度による影響は認められない。

②Feの揮発率：図-3 から700°C附近から急激に反応している。

予備試験では、Fe がウランより先に揮発しているのでこの実績からウランの揮発を推定すれば反応温度は700°C以上と予測できる。

③CaCl₂ の分解：図-3 から400～500°Cの低温度でも40～50%分解する。分解は温度上昇と共にアップし、Cl₂ ガスの発生が多くなっていることを示す。

(2) 反応時間の影響について

CaCl₂ 添加の結果を 表-4, 図-5 に示す。

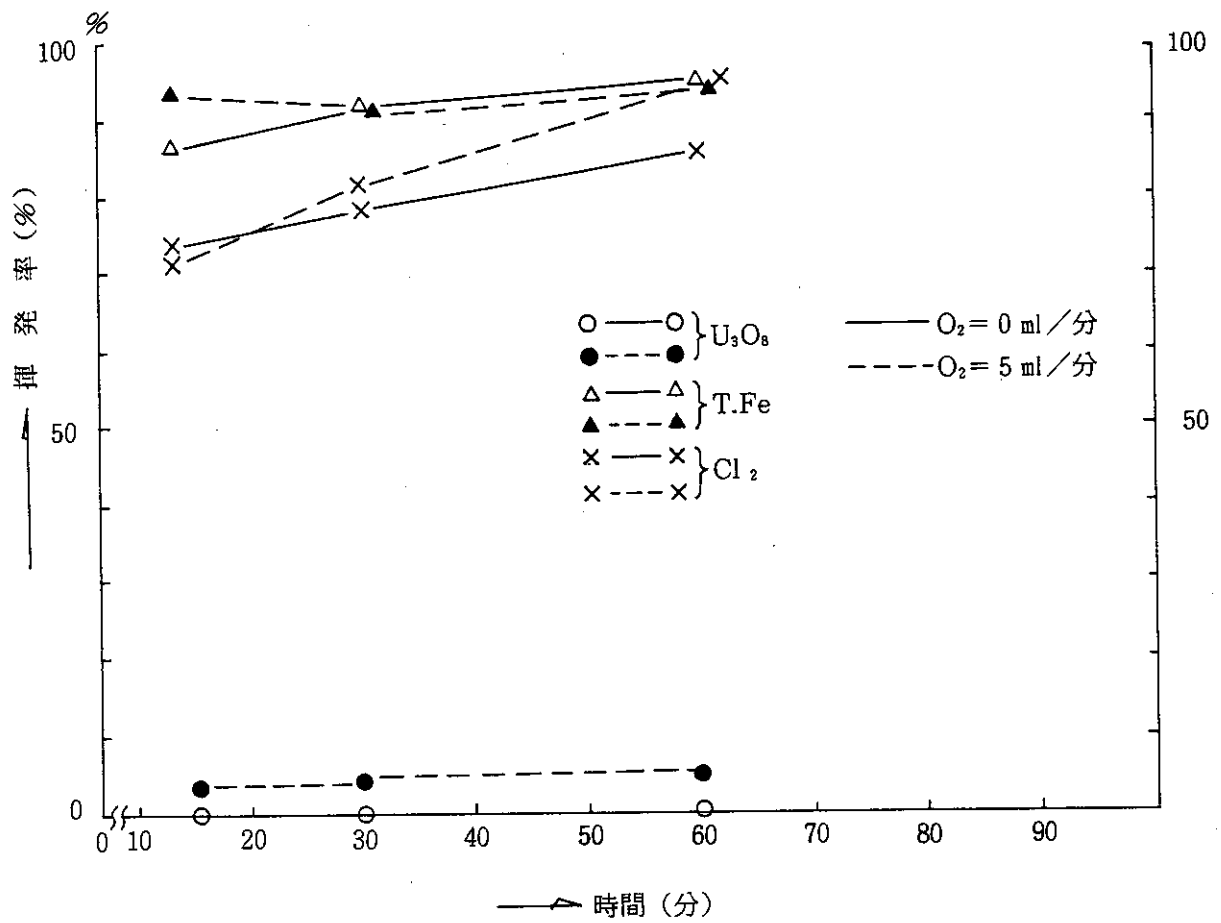
NaCl 添加の結果を 表-5, 図-6 に示す。

表-4 反応時間の影響 (CaCl₂添加の場合)

(試料形態：粉状。焼成炉：管状炉)

No.	キャリアーガス					塩化剤		還元剤		硫黄	試料			温度	反応時間	元 鈹			焼 成 鈹			揮 発 率			
	O ₂		Cl ₂		N ₂	総流量	CaCl ₂	NaCl	活性炭		亜炭	揮発前	揮発後			減量率	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl
	%	ml/min	%	ml/min	ml/min	ml/min	※%	※%	※%	※%	※%	g	g	%	℃	min	mg	mg	mg	mg	mg	mg	%	%	%
1		0			100	100	20		5		1.42	1.22	14	900	15	3.88	35.8	117.6	4.14	4.8	30.6	0	87	74	
2		"			"	"	"	"	"		"	1.20	16	"	30	"	"	"	3.92	3.0	24.8	0	92	79	
3		"			"	"	"	"	"		1.47	"	18	"	60	4.01	37.0	121.7	4.10	2.0	17.0	0	95	86	
4	5	5			95	"	"	"	"		1.40	1.17	16	"	15	3.82	35.3	115.9	3.69	8.2	33.9	3	94	71	
5	"	"			"	"	"	"	"		1.44	1.15	20	"	30	3.93	36.3	119.2	3.76	3.2	21.9	4	91	82	
6	"	"			"	"	"	"	"		1.40	1.10	21	"	60	3.82	35.3	115.9	3.63	2.1	3.5	5	94	95	
7	"	10			200	210	25		"		3.00	2.29	24	950	20	7.65	70.5	369.3	7.76	6.2	8.9	0	91	98	
8	"	"			"	"	"	"	"		"	2.27	"	"	40	"	"	"	7.63	8.4	7.7	0	88	98	
9	"	"			"	"	"	"	"		"	"	"	"	60	"	"	"	7.10	5.0	7.0	7	93	98	

※鈹石重量に対する添加量



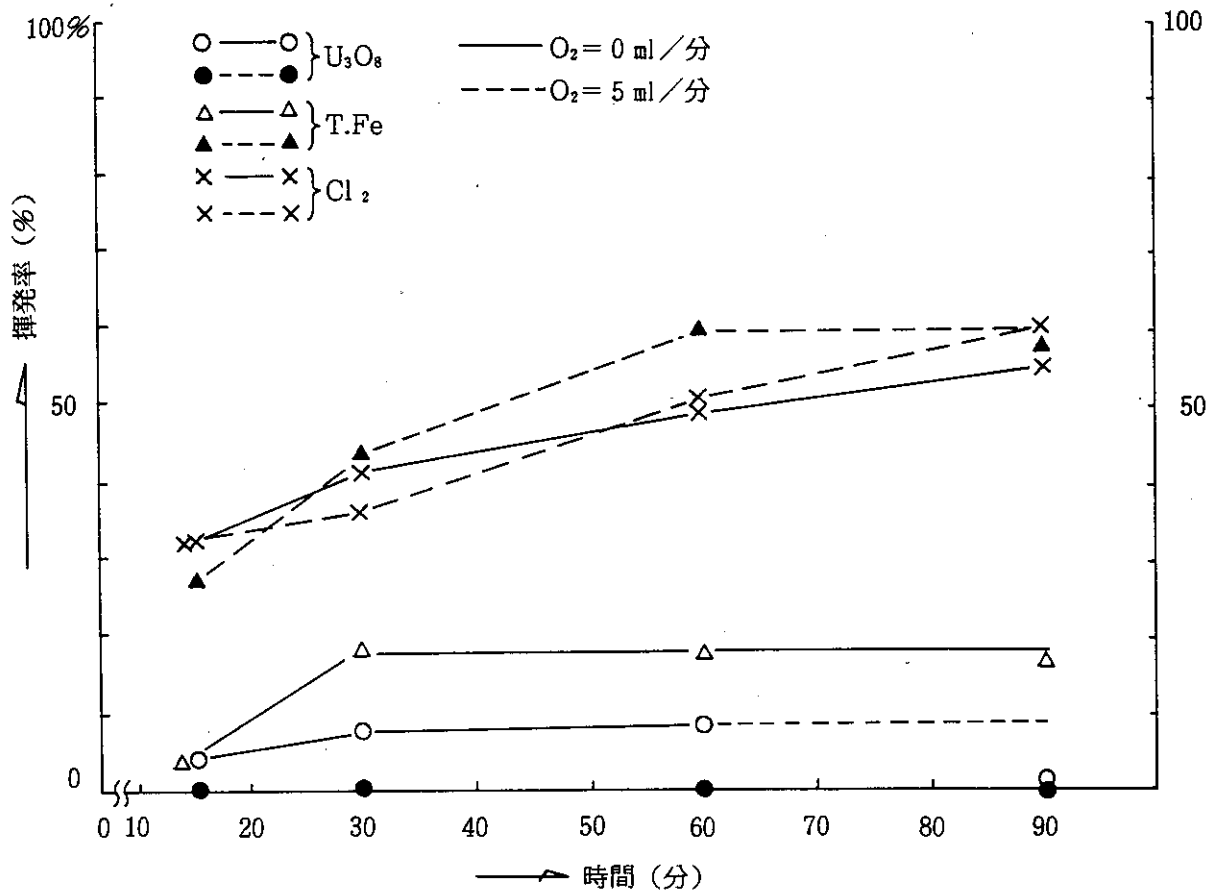
図一5 反応時間の影響 ($CaCl_2$ 添加の場合)

表-5 反応時間の影響 (NaCl 添加の場合)

(試料形態: 粉状, 焼成炉: 管状炉)

No.	キャリアーガス						塩化剤		還元剤		硫黄	試料			温度 ℃	反応 時間 min	元 鈹			焼 成 鈹			揮 発 率			
	O ₂		Cl ₂		N ₂	総流量	CaCl ₂	NaCl	活性炭	亜炭		揮発前	揮発後	減量率			U ₃ O ₈	T. Fe	Cl	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl	
	%	ml/min	%	ml/min	ml/min	ml/min	※ %	※ %	※ %	※ %		※ %	g	g			%	mg	mg	mg	mg	mg	mg	%	%	%
1		0			100	100		20	10			2.00	1.84	8	900	15	4.96	50.0	188	4.75	47.8	127.5	4	4	32	
2		"			"	"		"	"			"	1.80	10	"	30	"	"	"	4.57	40.7	108.7	8	19	42	
3		"			"	"		"	"			"	1.80	10	"	60	"	"	"	4.51	41.2	105.3	9	18	44	
4		"			"	"		"	"			"	1.77	12	"	90	"	"	"	4.89	41.6	85.6	1	17	55	
5		"			"	"		"	"			"	1.74	13	"	15	"	"	"	5.24	35.8	127.4	0	28	32	
6	5	5			"	"		"	"			"	1.80	10	"	30	"	"	"	5.28	28.3	120.0	0	43	36	
7	"	"			"	"		"	"			"	1.76	12	"	60	"	"	"	5.01	19.9	94.3	0	60	50	
8	"	"			"	"		"	"			"	1.66	17	"	90	"	"	"	5.18	21.2	76.6	0	58	59	
9	"	"			"	"		"	"			"	1.64	18	"	15	4.88	47.4	141	5.27	39.2	92.3	0	17	35	
10	3	"			175	180		15		15		"	1.71	15	"	30	"	"	"	5.36	46.2	73.8	0	3	48	
11	"	"			"	"		"		"		"	1.68	16	"	60	"	"	"	5.42	25.9	29.2	0	45	79	
12	"	"			"	"		"		"		"	1.58	21	"	90	"	"	"	5.12	38.2	11.9	0	19	92	
12	"	"			"	"		"		"		"	1.57	22	"		"	"	"	5.12	38.2	11.9	0	19	92	

※鈹石重量に対する添加量



図一六 反応時間の影響 (NaCl 添加の場合)

①CaCl₂ は、反応温度900°Cの場合15分ではほぼ70%分解する。

②NaCl は、反応温度900°Cの場合、60分ではほぼ50%分解する。

この結果から、CaCl₂ の分解反応時間は短いですが、NaCl の場合は、さらに高温、或いは長時間を要するものと思われる。

③U₃O₈ の揮発率：計算値では少し揮発しているデータがあるが実験誤差範囲と考えられる。

(3) 酸素濃度・炭材の添加量の影響について

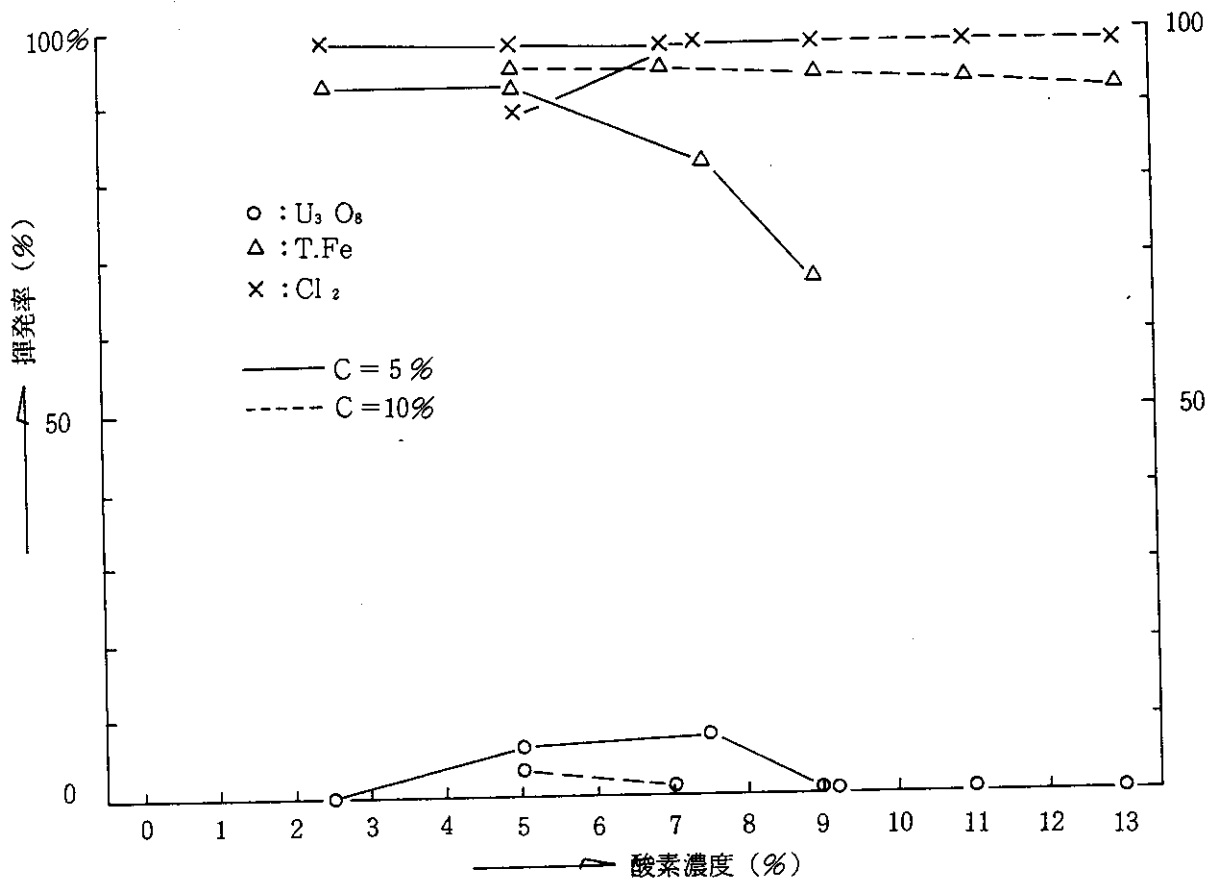
酸素濃度を2.5~13%，炭材添加量を5~20%に変化させた場合の結果を表一六，図一七に示す。

表-6 酸素濃度と炭材添加量の影響 (CaCl₂添加の場合)

(試料形態：粉状, 焼成炉：赤外炉)

No.	キャリアーガス						塩化剤		還元剤		硫黄	試料			温度 ℃	反応 時間 min	元 鋳			焼 成 鋳			揮 発 率		
	O ₂		Cl ₂		N ₂	総流量	CaCl ₂	NaCl	活性炭	亜炭		揮発前	揮発後	減量率			U ₃ O ₈	T. Fe	Cl	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl
	%	ml/min	%	ml/min	ml/min	ml/min	※ %	※ %	※ %	※ %	※ %	g	g	%	mg	mg	mg	mg	mg	mg	%	%	%		
1	2.5	5			200	205	25		5			3.00	2.32	23	950	60	7.65	70.5	367	7.72	4.9	7.2	0	93	98
2	5	10			"	210	"		"			"	2.27	24	"	"	"	"	"	7.10	5.0	7.0	7	93	98
3	7.5	15			"	215	"		"			"	2.29	"	"	"	"	"	7.03	12.4	6.9	8	82	98	
4	9	20			"	220	"		"			"	"	"	"	"	"	"	7.79	22.9	7.3	0	68	98	
5	5	10			"	210	20		10			"	2.28	"	"	"	"	295	7.46	3.9	33.1	3	95	89	
6	7	15			"	215	"		"			"	2.24	25	"	"	"	"	7.59	4.0	7.6	1	94	97	
7	9	20			"	220	"		"			"	2.27	24	"	"	"	"	7.60	5.0	8.4	1	93	97	
8	11	25			"	225	"		"			"	2.28	"	"	"	"	"	8.07	"	8.2	0	93	97	
9	13	30			"	230	"		"			"	"	"	"	"	"	"	8.76	6.6	7.8	0	91	97	
10	5	10			"	210	"		15			"	2.26	25	"	"	7.35	68.1	284	7.62	9.2	4.5	0	87	98
11	7	15			"	215	"		"			"	2.20	27	"	"	"	"	7.50	"	4.6	0	87	98	
12	9	20			"	220	"		"			"	2.19	"	"	"	"	"	7.56	6.6	6.6	0	90	95	
13	2.5	5			"	205	"		20			"	2.30	23	"	"	7.08	63.7	274	6.60	13.6	5.5	7	79	98
14	7	25			325	350	"		"			"	2.12	29	"	"	"	"	7.69	11.4	5.1	0	83	98	
15	0	0			100	100	25		10			"	2.22	26	"	"	7.35	68.1	356	7.48	12.2	8.4	0	82	98
16	5	5			"	105	"		11			"	2.21	"	"	"	"	"	7.58	9.3	8.8	0	87	98	

*鋳石重量に対する添加量

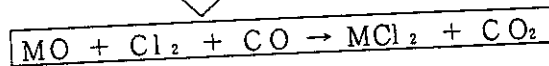
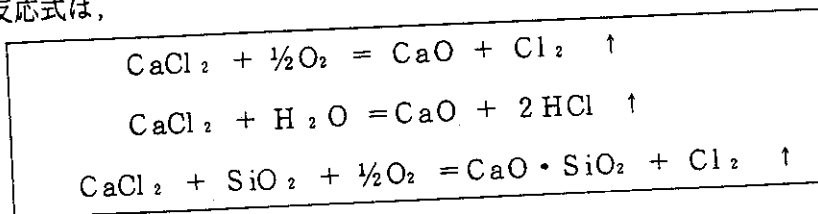


図一七 酸素濃度と炭材添加量の影響 (CaCl₂ 添加の場合)

- ① U_3O_8 の揮発率：計算上は少し揮発しているデータがあるが、実験誤差範囲と考える。
- ② Fe の揮発率：いずれも80%以上の揮発率を示すが、図-7から酸素濃度が高くなると共に揮発率が低下する傾向がみられる。
- ③ $CaCl_2$ の分解：950°Cで60分反応ではほとんど100%近く分解する。
- ④ 炭材の添加量：特別な傾向は認められない。

ここで塩化揮発法の塩素供給源となる固体塩化剤の反応を考えると、固体塩化剤による塩化揮発反応は、最適な温度・還元雰囲気条件下において、 O_2 、 H_2O 、 SiO_2 （又は Al_2O_3 、 Fe_2O_3 ）によって $CaCl_2$ が分解して Cl_2 （ HCl ）ガスを発生し……（ホップ）、 Cl_2 ガスが目的とするメタルを塩化物に塩化し……（ステップ）、塩化物を揮発、蒸発させる……（ジャンプ）、3段階反応であるので $CaCl_2$ （ $NaCl$ ）の分解速度、添加量（ Cl_2 量）等が塩化揮発法の適否を左右するポイントと考えられる。

反応式は、



M：金属

で示されるが、 Cl_2 ガスの供給を考えると、ガス体の場合は、添加量のコントロールが容易であるが、固体塩化剤には制約があり、コントロールが難しい。例えば、 $CaCl_2$ は潮解性のため添加量、操作法等で考慮しなければならないし、また高温の場合、熔融生成物のため固溶化する可能性も出てくるので、スラグ成分について十分な検討が必要となることである。

(4) 酸化焙焼鉍を原料とした場合について

原鉍石を空气中で焙焼し（850°C×60分、空気：100ml/分）、結晶水等を除去した酸化焙焼鉍を原料として用い試験を行った。なお硫黄を添加してその影響を調べた。試験結果を表-7に示すが特別な成績は得られていない。

表 - 7 酸化焙焼鉍を原料とした場合

(850 °C × 60 min , 空気 : 100 ml / min)

(試料形態 : 粉状, 焼成炉 : 管状炉)

No.	キャリアーガス				塩化剤		還元剤		硫黄	試料			温度 °C	反応 時間 min	元 鉍			焼 成 鉍			揮 発 率				
	O ₂		Cl ₂		N ₂	総流量	CaCl ₂	NaCl		活性炭	亜炭	揮発前			揮発後	減量率	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl
	%	ml/min	%	ml/min	ml/min	ml/min	※ %	※ %		※ %	※ %	※ %			g	g	%	mg	mg	mg	mg	mg	mg	%	%
1	5	5			95	100	15		5		2.50	2.09	16	850	40	7.60		200	7.69		8.6	0		97	
2	2.5	"			195	200	"		"		"	2.08	17	950	60	"		"	7.55		5.2	1		97	
3	5	"			95	100	25		"		"	1.96	22	850	40	7.02		307	6.70		12.9	5		96	
4	2.5	"			195	200	"		"		"	2.00	20	950	60	"		"	7.50		8.6	0		98	
5	"	"			"	"	20		20	5	"	1.83	27	"	40	6.30			6.95			0			
6	5	"			95	100	"		"	"	"	1.85	26	"	"	"			6.09			3			
7	7	15			200	215	"		"	"	"	1.83	27	"	"	"			6.02			5			
8	9	20			"	220	"		"	"	"	1.85	26	"	"	"			6.10			3			
9	5	5			95	100		20	5	2	"	2.11	16	"	"	7.18			6.96			3			
10	"	10			190	200		"	"	"	"	2.07	17	"	"	"			7.68			0			
11	"	5			95	100		25		10	"	2.05	18	"	"	6.50			7.30			0			
12	"	10			190	200		"		"	"	2.00	20	"	"	"			6.74			0			

※鉍石重量に対する添加量

(5) 還元焙焼鉍を原料とした場合について

原鉍石に活性炭(対鉍石5%), または亜炭を(対鉍石10~20%)添加し, 窒素気流中で(N_2 = 100~150 ml/分)焙焼した(750~850°C × 60~150分)還元焙焼鉍を原料として用い試験を行った。なお硫黄を添加してその影響を調べた。

試験結果を表一八に示す。

- ① U_3O_8 の揮発率: 計算上は0~18%揮発率ではらつているが, 酸化焙焼鉍と較べると還元焙焼の効果が出ているような数値となっている。しかし, 期待できるような特別な影響はみられない。

表-8 還元焙焼鉍を原料とした場合

No.1~No.7(850℃×60min, N₂=100 ml/min, 活性炭5%添加) No.12~No.15(750℃×120min, N₂=150 ml/min, 亜炭10%)
 No.8~No.11(750℃×120min, N₂=150 ml/min, 活性炭5%添加) No.16~No.17(800℃×150min, N₂=150 ml/min, 亜炭20%) (試料形態: 粉状, 焼成炉: 管状炉)

No.	キャリアーガス						塩化剤		還元剤		硫黄	試料			温度	反応時間	元 鉍			焼 成 鉍			揮 発 率		
	O ₂		Cl ₂		N ₂	総流量	CaCl ₂	NaCl	活性炭	亜炭		揮発前	揮発後	減量率			U ₃ O ₈	T. Fe	Cl	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl
	%	ml/min	%	ml/min	ml/min	ml/min	※ %	※ %	※ %	※ %	※ %	g	g	%	°C	min	mg	mg	mg	mg	mg	mg	%	%	%
1	5	5			95	100	15		5			2.50	2.09	16	850	40	7.42			7.65			0		
2	2.5	"			195	200	"		"			"	2.04	18	950	"	"			7.48			0		
3	5	"			95	100	25		"			"	1.96	22	850	"	6.85			6.47			6		
4	2.5	"			195	200	"		"			"	1.94	22	950	60	"			7.20			0		
5	0	0			100	100	"			10	2	"	1.86	26	"	40	6.50			5.91			9		
6	5	5			95	"	"		"	"	"	"	1.89	24	"	"	"			6.03			7		
7	7	10			130	140	"		"	"	"	1.70	1.30	24	"	"	4.42			3.61			18		
8	5	5			95	100	20		5			2.50	1.99	26	850	60	6.85			6.47			6		
9	"	"			"	"	"		"			3.00	2.33	22	1000	30	8.22			7.60			8		
10	"	"			"	"	25		"		2	2.50	1.85	26	850	120	6.50			6.14			6		
11	"	"			"	"	"		"		"	"	"	"	1000	40	"			5.92			9		
12	"	"			"	"		20		10		2.50	2.12	15	850	60	7.92			6.57			17		
13	"	"			"	"	"		"			3.00	2.38	21	1000	40	9.51			9.16			4		
14	"	"			"	"	25		"		2	2.50	2.05	18	850	120	7.52			7.07			6		
15	0	0			100	"	"		"	"	"	"	1.94	22	1000	40	"			6.96			7		
16	5	5			"	105	30					3.00	2.33	"	850	90	7.92			7.29			8		
17	"	"			"	"	"					"	2.27	24	1000	40	"			7.29			8		

※鉍石重量に対する添加量

(6) ペレット状に成型した場合について

原鉱石および還元焙焼鉱に、 CaCl_2 、 NaCl 、亜炭等を所定量混合し、ペレット状に成型したサンプル（8～10mmφ）について、850～1150℃の反応温度で試験を行った。

試験結果を表-9、図-8に示す。

- ① U_3O_8 の揮発率：計算上は0～30%の揮発率でばらついており、この場合も実験誤差範囲と考えられる。
- ② Fe の揮発率：全体的に揮発率が低い、形状によるものか明らかでない。

表-9 ペレット状に成型した場合

還元鉍 Na12~Na13 : (800°C × 90 min N₂ = 150 ml/min, 亜炭20%)
 Na14~Na15 : (750°C × 180 min N₂ = 150 ml/min, 亜炭30%)

(試料形態 : ペレット, 焼成炉 : 管状炉)

No.	キャリアーガス						塩化剤		還元剤		硫黄	試料			温度	反応時間	元 鉍			焼 成 鉍			揮 発 率		
	O ₂		Cl ₂		N ₂	総流量	CaCl ₂	NaCl	活性炭	亜炭		揮発前	揮発後	減量率			U ₃ O ₈	T. Fe	Cl	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl	U ₃ O ₈	T. Fe	Cl
	%	ml/min	%	ml/min	ml/min	ml/min	※ %	※ %	※ %	※ %	※ %	g	g	%	°C	min	mg	mg	mg	mg	mg	mg	%	%	%
1	5	25			475	500	15.6			10		6.12	5.08	17	850	60	15.73	155	487	15.60	96.5	56	1	38	88
2	"	"			"	"	"			"		6.46	5.28	18	950	"	16.60	162	514	15.58	84.5	35	6	48	93
3	"	"			"	"	"			"		7.01	5.68	19	1050	"	18.01	175	558	16.07	62.5	33	11	64	93
4	"	"			"	"	"			"		6.70	5.35	20	1150	"	17.02	165	533	16.43	51.9	23	4	68	96
5	"	"			"	"		16.4		"		6.97	6.05	13	850	"	17.29	176	551	13.43	157	292	22	10	47
6	"	"			"	"		"		"		6.29	5.15	18	950	"	15.60	126	497	10.92	113	107	30	10	78
7	"	"			"	"		"		"		6.46	5.20	20	1050	"	16.02	145	511	11.02	125	75	31	14	85
8	"	"			"	"		"		"		6.21	4.95	"	1150	"	15.40	137	491	14.01	129	61	9	6	88
9	1	5			"	"		15		15		"	5.50	12	750	"	16.39	155	437	16.21	145	284	2	6	35
10	"	"			"	"		"		"		6.39	"	14	850	"	16.87	160	450	17.16	137	249	0	14	45
11	"	"			"	"		"		"		6.15	5.04	18	950	"	16.24	154	433	17.19	130	153	0	15	65
12	5	15			285	300	25					6.21	5.05	19	850	90	16.45			15.36			7		
13	"	"			"	"	"					5.92	4.77	"	1050	40	15.68			15.01			4		
14	"	25			475	500	30					6.59	5.41	18	950	60	17.40			17.85			0		
15	"	"			"	"		30				5.54	4.70	15	"	"	14.63			13.91			5		
16	"	10			190	200	25	5				6.28	4.90	22	850	120	16.46			15.84			4		
17	"	"			"	"	"	"				5.99	4.49	25	1000	60	15.69			15.49			1		

※ 鉍石重量に対する添加量

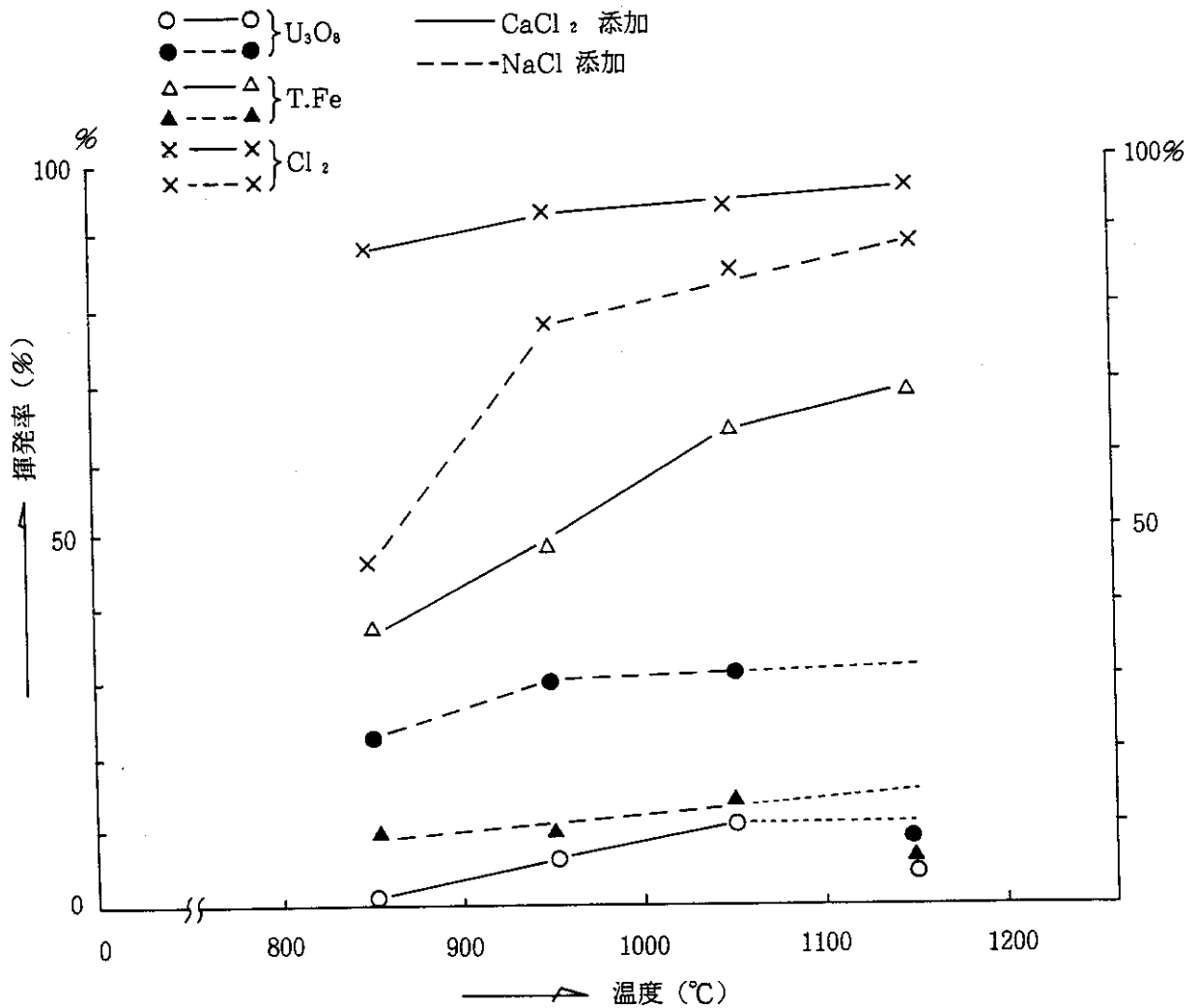


図-8 ペレット状に成型した場合

4. バクーマ鉱石 (PNC94+153) の塩化揮発基礎試験

4-1 供試料

中央アフリカバクーマ鉱石は、中央アフリカバンギーの鉱石倉庫に保管されていた鉱石を昭和60年12月、昭和61年12月の2回にかけて搬入した鉱石である。この鉱石は、鉱物試験及び化学分析値の結果から酸化帯鉱石と非酸化帯鉱石に区分され、更に非酸化帯鉱石をU₃O₈、P₂O₅の品位の高、低から2つのグループに分けられるので最終的には、鉱物組成の違いから3グループに大別される。

今回の試験に用いた試料は、非酸化帯でU₃O₈、P₂O₅品位の高い鉱石を試験用試料とした。構成鉱物は、Quartz, Gypsum, Mica clay mineral, Kaolinit mineral, Smectite
 なお、ウランは、Apatite に伴うものである。
 化学分析値を表-10に示す。

表-10 バクーマ鉱石化学分析値

成分	PNC (148+50)	PNC (94+153)	成分	PNC (148+50)	PNC (94+153)
	含有率(%)	含有率(%)		含有率(%)	含有率(%)
U ₃ O ₈	0.154	0.320	Na ₂ O	0.348	0.444
ThO ₂	14ppm	5ppm	MnO	0.019	0.092
P ₂ O ₅	11.32	14.38	Cl ⁻	< 0.01	< 0.01
SiO ₂	52.4	46.04	Ni	0.007	0.005
Al ₂ O ₃	7.319	4.659	Pb	0.011	0.011
T-Fe	1.310	1.604	Zn	0.030	0.015
FeO	0.143	0.129	S	0.694	1.061
Fe ₂ O ₃	1.714	2.151	CO ₂	0.699	0.939
TiO ₂	0.260	0.211	Zr	103ppm	114ppm
CaO	18.69	21.04	H ₂ O(-)	0.660	1.414
K ₂ O	2.035	1.225	H ₂ O(+)	2.574	2.515
MgO	1.100	0.705			

(中部事業所技術開発課による分析)

4-2 反応装置及び操作方法

① 反応装置の概略

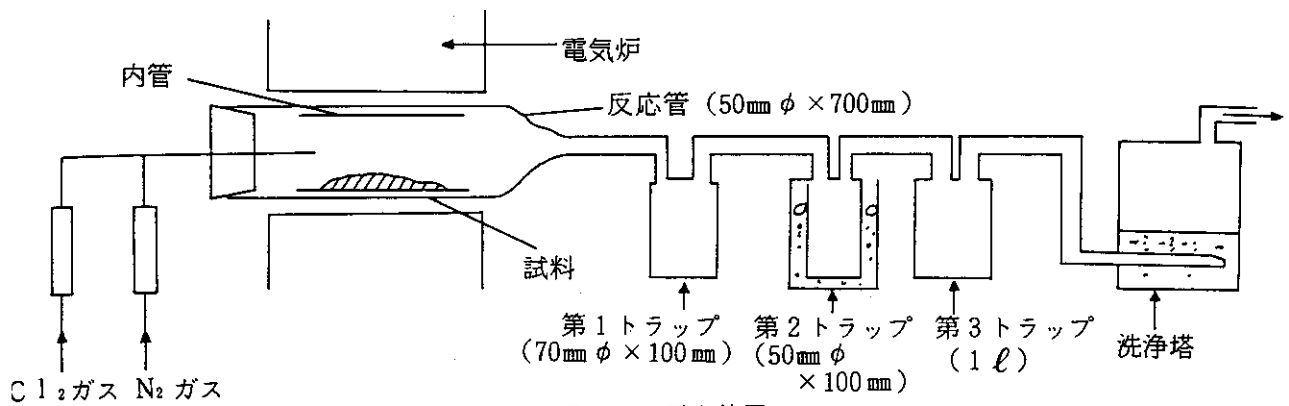


図-9 反応装置

② 試験操作法

試験試料(約70g)を内管(材質、石英)に入れ形状を整えてから反応管に装入する。ガスの流れは、ボンベから塩素ガス、チッ素ガスを供給し、ガスは、濃硫酸液中を通過してフロートメータに導き、流量調整された後、反応管に入り、試料成分と塩化反応が進行して、生成された揮発塩化物は、第1、第2及び第3トラップで回収される。第1、第3トラップは、空冷第2トラップは、トラップの回りを氷で冷却した。第3トラップを出たガスは、洗浄塔(1

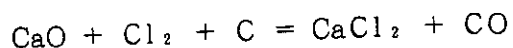
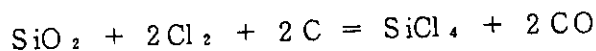
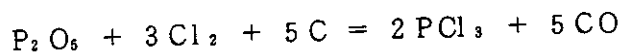
N-NaOH溶液)に導かれ洗浄される。反応終了後の残渣は、重量を秤量し、全量磁製乳鉢で粉碎混合し、分析試料とする。また、トラップ内の揮発物は蒸留水で溶解し分析試料とする。

4-3 試験方法

① 塩素ガスの供給量及び活性炭素の添加量

塩素ガスの供給量及び活性炭素の添加量は、試料の主成分であるP, Ca, Siがすべて塩化反応されるものと仮定し、下記の反応式から必要な理論量(当量)を求め、バクーマ鉱石に対する塩素ガスは、当量供給し、活性炭素の添加量は、約1.2当量添加した。

<反応式>



② 試料の調整

100mesh (149 μ)以下の粒径に粉碎した鉱石及び活性炭素粉末(試薬用特級)を、管状炉に入れ真空状態で鉱石は、500 $^{\circ}C$ 、活性炭粉末は、400 $^{\circ}C$ でそれぞれ真空乾燥し、水分を除去した。

その後、鉱石50gを秤量し、所定量の活性炭粉末を加え十分混合した粉体を試験用試料とした。

③ 試験条件

図-9の反応装置にサンプルを装入し、反応温度650 $^{\circ}C$ 、750 $^{\circ}C$ 、850 $^{\circ}C$ 、950 $^{\circ}C$ の所定温度に達した後、Cl₂ガスの供給を開始し2時間保持する。次に窒素気流で冷却後、反応終了後の残渣、及びトラップの揮発物のサンプルを回収し分析して反応温度と揮発率との関係、回収率との関係をもとめる。

鉱石	:	50 (g)
活性炭(粉末)	:	18 (g)
(Cl ₂ + N ₂)流量	:	各 200 (ml/分) …… 計 400ml/分
反応時間	:	2 (時間)
反応温度	:	650, 750, 850, 950 $^{\circ}C$ …… 4 水準

④ 分析方法

今回、生成塩化物の挙動調査のために分析した成分は、U、Fe、P、Al、Si、Ti、Ca、K、Mg、Na、Mn の11成分である。

分析方法に関しては、今まで対象にしなかったサンプルであるため、分析エラーをなくするため溶解方法等について種々の試験を行った上で実施された。

以下に分析法を示す。

残渣について、

U、Fe、P、Al、Si、Ti は、湿式法

Ca、K、Mg、Na、Mn は、原子吸光法

回収物について、

U、P、Al、Si、Ti、Ca、K、Mg、Mn はICP発光分光分析法

Fe、K、Na は、原子吸光法

4-4 試験結果と考察

反応温度と揮発率との関係を表-11、図-10に示す。

反応温度と物質収支との関係を表-12、図-11に示す。

表-11 塩化揮発試験結果

試験条件 試料: パクーマ鉱石 (PNC 94+153)

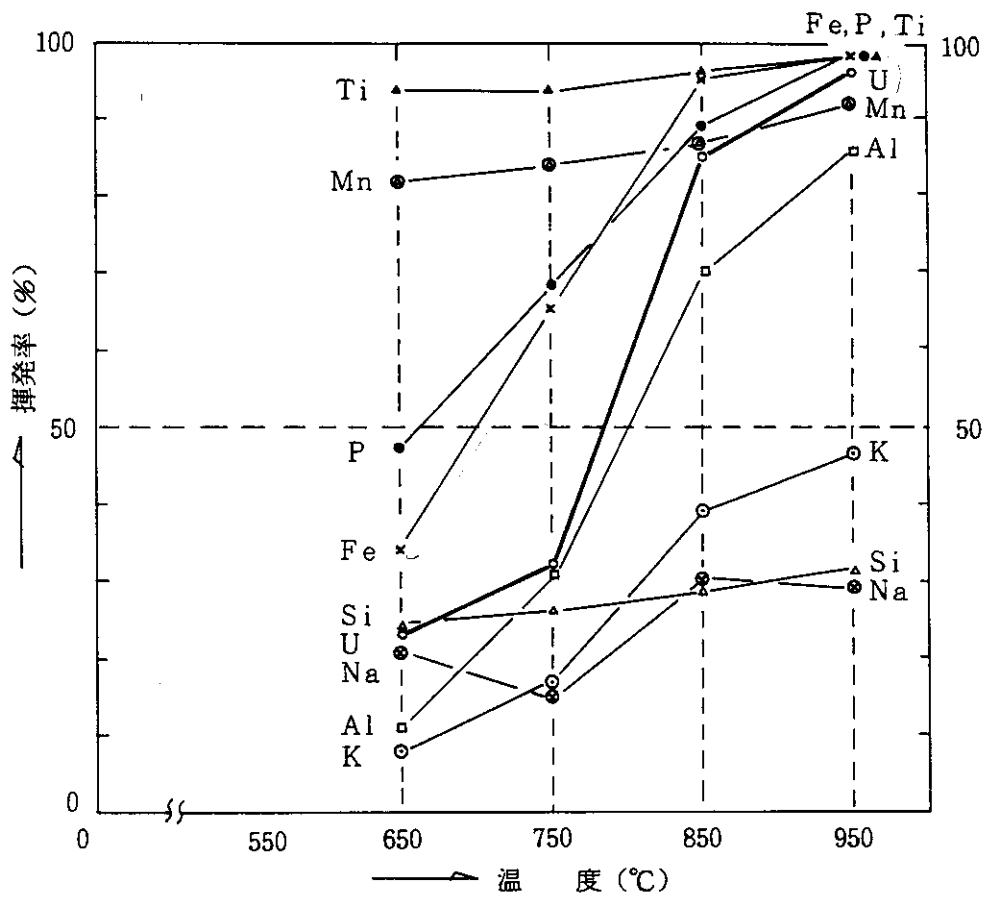
Cl₂: 200 ml/min
N₂: 200 ml/min O₂: 0

鉱石: 50 g
粉末活性炭: 18 g

反応時間: 2 時間

反応温度	揮発残渣	項目	U ₃ O ₈	T-Fe	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	CaO	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	MnO
		元 鉱 品位 (%)	0.320	1.60	14.38	4.66	46.04	0.211	21.04	1.225	0.705	0.444	0.092
		A 含 有 量 (mg)	160	802	7190	2330	23020	106	10520	613	353	222	46
550	-	揮発残渣品位 (%)											
		B 含 有 量 (mg)											
		D 揮 発 率 (%)											
650	63.6	揮発残渣品位 (%)	0.193	0.84	5.95	3.25	27.50	0.01	16.29	0.89	0.57	0.28	0.01
		B 含 有 量 (mg)	123	533	3784	2067	17490	6	10360	567	361	176	8.3
		D 揮 発 率 (%)	23	34	47	11	24	94	1.5	8	0	21	82
750	57.8	揮発残渣品位 (%)	0.189	0.48	3.98	2.80	29.40	0.01	18.53	0.88	0.63	0.33	0.01
		B 含 有 量 (mg)	109	279	2300	1618	16993	6	10710	506	363	189	7.5
		D 揮 発 率 (%)	32	65	68	31	26	94	0	17	0	15	84
850	51.4	揮発残渣品位 (%)	0.047	0.072	1.53	1.34	31.90	0.01	20.89	0.72	0.69	0.30	0.01
		B 含 有 量 (mg)	24	37	786	689	16397	4	10737	372	354	155	6
		D 揮 発 率 (%)	85	95	89	70	29	96	0	39	0	30	87
950	48.5	揮発残渣品位 (%)	0.014	0.033	0.27	0.69	32.80	0.01	21.72	0.68	0.64	0.32	0.01
		B 含 有 量 (mg)	7	16	131	335	15908	2	10534	329	310	158	3.9
		D 揮 発 率 (%)	96	98	98	86	31	98	0	46	12	29	92

備考. C (揮発量 mg): A - B
D (揮発率 %): C/A × 100

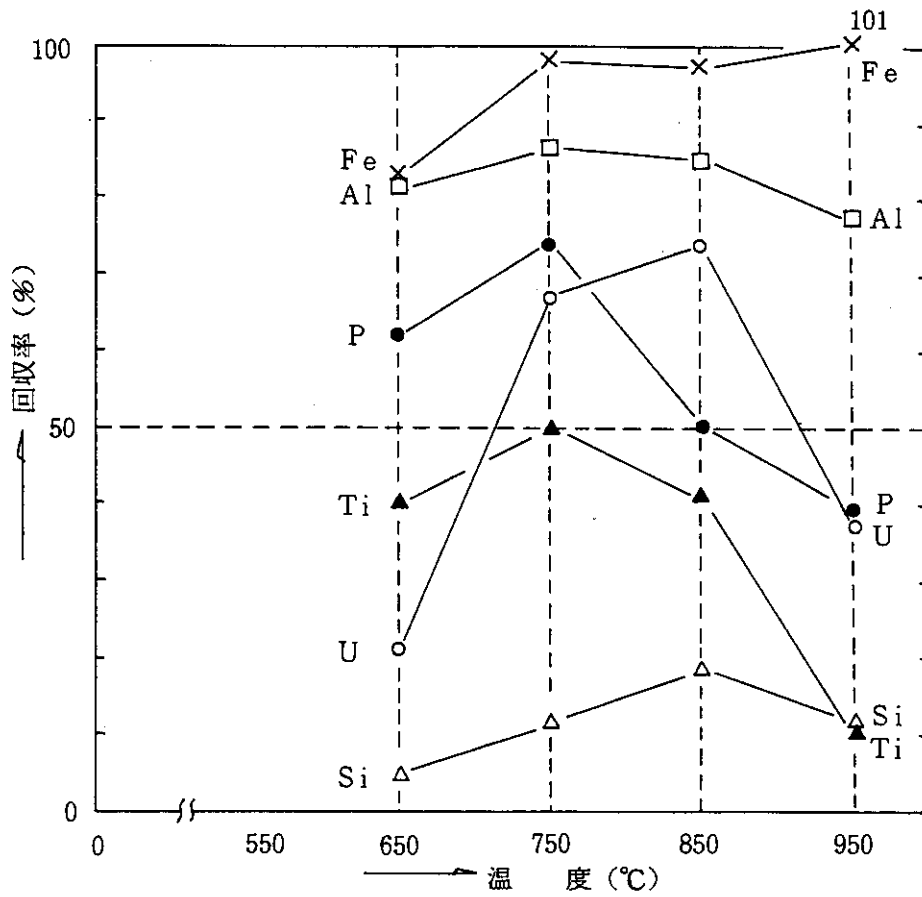


図一10 温度と揮発率の関係 (バクーマ鉱石)

表-12 物質収支表

反応温度 (°C)	鉱石名称	U ₃ O ₈					T-Fe					P ₂ O ₅					Al ₂ O ₃					SiO ₂					TiO ₂				
		トラップ			計		トラップ			計		トラップ			計		トラップ			計		トラップ			計		トラップ			計	
		1 (mg)	2 (mg)	3 (mg)	E (mg)	F (%)	1 (mg)	2 (mg)	3 (mg)	E (mg)	F (%)	1 (mg)	2 (mg)	3 (mg)	E (mg)	F (%)	1 (mg)	3 (mg)	3 (mg)	E (mg)	F (%)	1 (mg)	2 (mg)	3 (mg)	E (mg)	F (%)	1 (mg)	2 (mg)	3 (mg)	E (mg)	F (%)
550	バクーマ																														
	イタタイヤ	0.1	0.1	-	0.2	3	5.3	4	-	9.3	62	940	1596	-	2536	43	0.7	0.5	-	1.2	-	1.3	6.2	-	7.5	1	3.2	2	-	5.2	26
650	バクーマ	4.3	1.1	2.5	7.9	21	124	31	67	222	83	850	889	382	2121	62	126	28	62	216	82	5	185	103	293	5	19	6	15	40	40
	イタタイヤ	1.7	0.3	-	2	15	-	-	-	-	-	3319	1964	-	5283	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
750	バクーマ	23	4	7	34	67	330	58	123	511	98	1821	1301	479	3601	74	448	62	112	622	87	35	631	81	747	12	31	6	16	53	50
	イタタイヤ	6.8	1.7	-	8.5	52	173	46	-	219	60	2141	3169	-	5308	34	35	8	-	43	159	3	294	-	297	10	10	2.8	-	12.8	44
850	バクーマ	81	9	11	101	74	457	98	189	744	97	1871	1019	295	3185	50	1162	112	122	1396	85	5	1207	52	1264	19	18	11	13	42	41
	イタタイヤ	28.2	10	6.7	44.9	81	302	176	115	593	106	2411	2228	2530	7169	43	88	33	21	142	58	107	557	1328	1992	66	13.5	5.2	6	24.7	76
950	バクーマ	38	4	14	56	37	614	70	110	794	101	1695	765	311	2771	39	233	147	181	1560	78	5	667	165	837	12	2	4.4	5.4	11.8	11
	イタタイヤ	25.8	9.7	11.2	46.7	68	332	91	97	520	96	2059	1919	2686	6664	38	1.5	52.5	61	115	25	17	207	479	703	60	13.4	4.5	5.2	23.1	79

備考 E トラップ回収物(合計mg): 1+2+3
 F 回収率(%) : E/C × 100
 C 揮発量(mg) = 元鉱含有量 - 揮発残渣含有量



図一11 温度と回収率の関係 (バクーマ鉱石)

① U_3O_8

バクーマ鉱石は、温度750°Cから850°Cにかけて急激に揮発率がアップしており温度が高いほど、揮発率は高い。(950°Cの場合96%の揮発率)

② T-Fe

温度が高くなるにつれて揮発率もアップしており、850°Cでほとんど揮発してしまう。

③ P_2O_5

低温ですでに塩化反応が進行し揮発している。(650°Cでの揮発率、47%)

④ Al_2O_3 , K_2O , MnO

温度が高くなるにつれて揮発率もアップしている。

⑤ SiO_2

温度650~950°Cで余り変化がなく、30%前後の特異な揮発率を示している。

この要因については、今後の試験で調査する予定である。

⑥ TiO_2

低温ですでに塩化反応が進行し、揮発している。(650°Cでの揮発率94%)

⑦ CaO

温度が高くなっても、ほとんど揮発せず残渣中に残留する。

⑧ MgO

温度850°C以上でわずかに揮発している。

⑨ Na_2O

温度が高くなるにつれて揮発率も少しアップしているが揮発率は、低い。

以上のように、各成分の温度による揮発率の変化をみると、 CaO を除いた各成分ともに、温度が高くなるにつれて揮発率がアップする傾向を示す。

次に各成分の揮発率だけから塩化揮発の難易差を温度850°C基準で比べると、バクーマ鉱石は、

$Ti, P, Fe > U, Mn > Al > K \gg Si, Na \gg Mg$ の順となる。

⑩ 温度と回収率の関係を示した図から各成分とも回収率が悪くしかもばらつきが生じている。

また、物質収支表からみてもトラップの冷却方法の違いによる影響は、特に現れなかった。

今後は、回収率をアップさせる対策として、

1) 各成分とも第3トラップまで運ばれてきていることからトラップ数を増すか、第3トラップを第2トラップと同じく氷冷却をする。

2) 水の入ったトラップを設け液中に回収する。

等の対策により物質収支がとれるように回収装置を改善して行く予定である。

⑪ 回収された塩化物の組成及び残渣物の組成等については、今回の試験では、調査されて

いないが、各成分と反応した塩素量を推測するため、塩化物の組成を仮定して算出した。

その結果を表-13に示し、各塩化物の蒸気圧を図-13に示す。

- 供給した塩素量（当量）76 g ……（200 ml / 分 × 120 分 = 24 ℓ）

表-13 塩素量（バクーマ鉍石）

塩化物（仮定）	塩素量（mg）	備考
UCl ₄	78	（温度 950°C） （鉍石 50 g）
FeCl ₃	1493	
PCl ₃	10685	
AlCl ₃	4161	
SiCl ₄	16827	
TiCl ₄	184	
KCl	107	
MgCl ₂	77	
NaCl	74	
MnCl ₂	42	
CaCl ₂	0 * (13295)	
合計	33.728 = 34 g (10.6 ℓ)	47 g (14.8 ℓ)

※Caが塩化してCaCl₂になった場合

塩化反応によって生成した塩化物中の塩素量は、約34 g で元鉍の P, Ca, Si の含有量から求めた当量の約1/2塩素量となる。次にCaは揮発しないで残渣中に残留していたがCaが塩化物になっていたと仮定しても塩素量は、47 g と計算され、供給塩素量から差引いた（76 g - 47 g = 29 g）の塩素が反応にあづからず無効に消費されたことになる。

今回の試験は、塩素過剰雰囲気で行われたが、実際には、塩素の消費量は出来るだけ少くしなければならない。

このため、今後は、塩素分圧、酸素分圧、一酸化炭素分圧（炭材添加量）等を調整し、出来るだけCa, P, Si等の塩化反応を抑え、ウランを揮発させる条件を見出すことに重点をおいた試験を進めて行く予定である。

熱力学から理論的に推定しても、条件設定によってある程度、選択性を持たせることは可能であると考えられる。その関係図を図-12に示す。

この図から塩化され易いのは、このΔGの負の値の大きいCaO, Fe₂O₃, MgO, U₃O₈の順に塩化反応が進行することがわかる。

次に、塩化物の分別回収については、図-13からUCl₄と他の塩化物との間に、温度差がかなり大きいことと、各塩化物の沸点の違いからウランの分別回収は可能と考えられる。

又、仮定のもとで塩素量を求めたが、前述の選択条件下では今回の塩素量の1/2以下を当面の目標としているほか回収物の精製法を検討するためにも回収物の組成性状を知ることは重要であり、今後、調査して行く予定である。

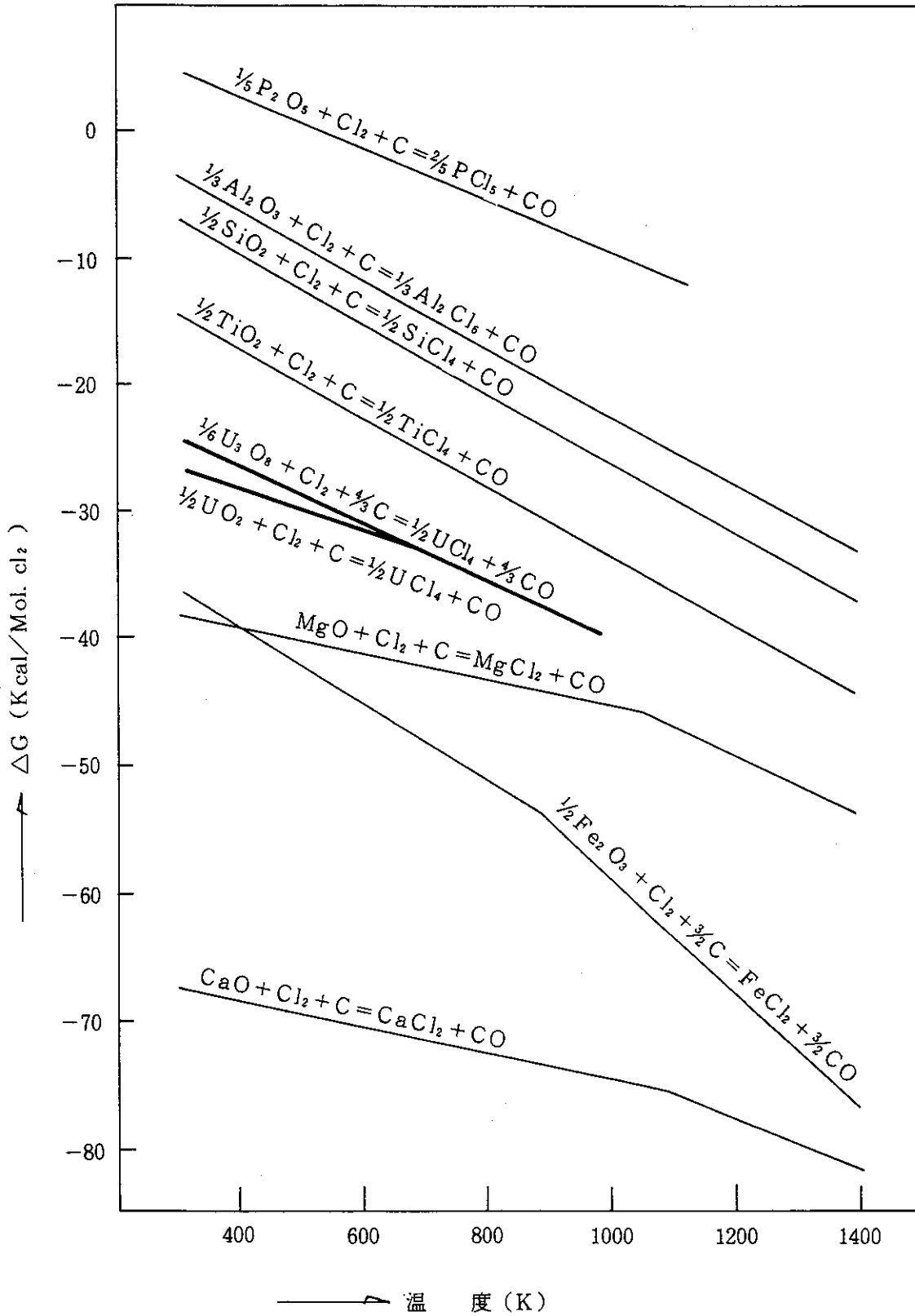


図-12 自由エネルギー変化

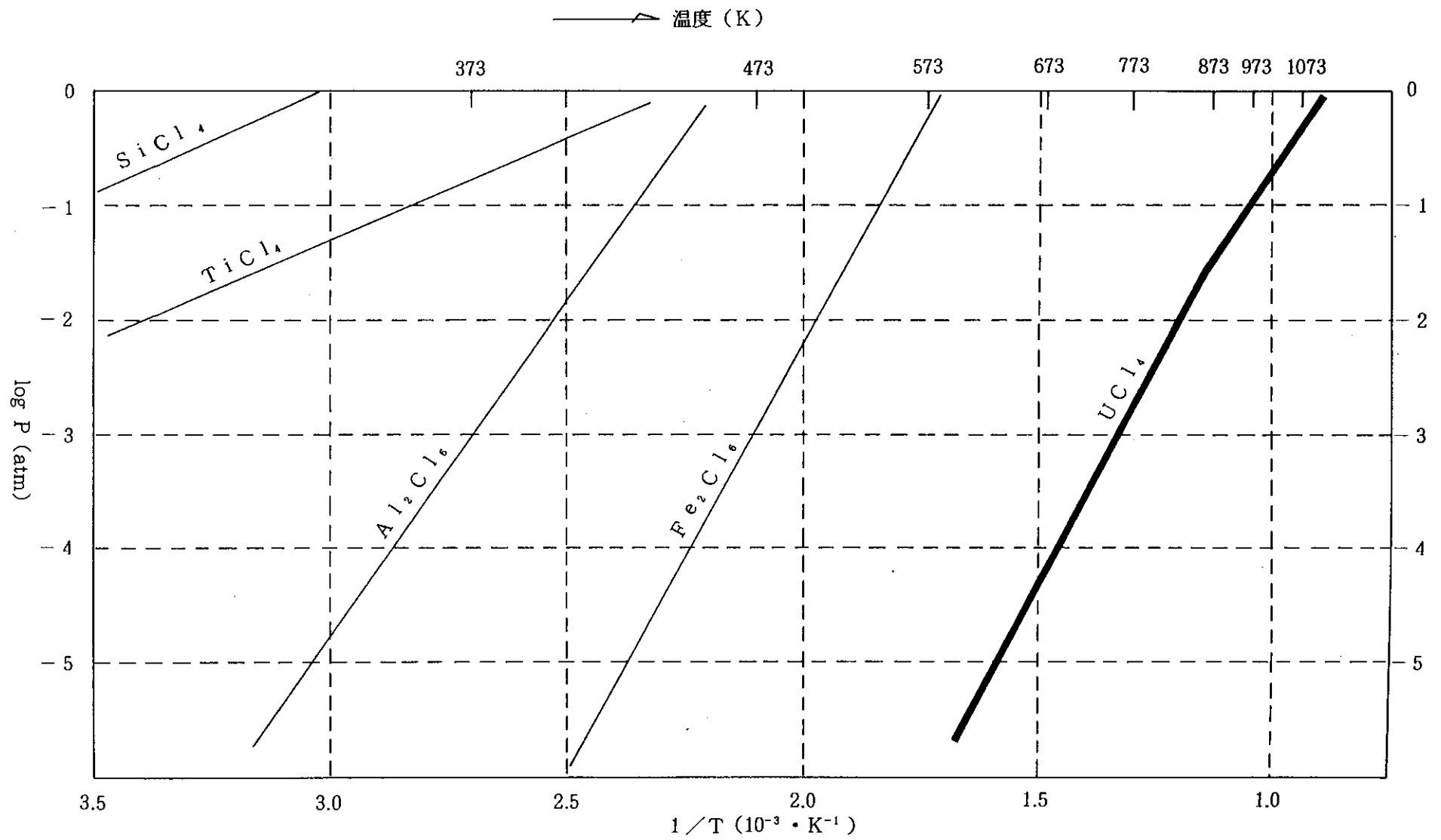


図-13 金属塩化物の蒸気圧

⑫ 今回の試験結果では、850～950℃の高温度域でないど、ウランの高揮発率は得られなかったが、650～750℃でもウランが揮発している事実から塩化反応は、進行している。

しかし、揮発率が低いことから何らかの要因で塩化されたウラン塩化物の揮発が不十分であるためとも考えられるので、塩素ガスによる〔塩化物生成〕 → 〔塩化物揮発〕 → 〔塩化物回収〕の反応系の性状変化等についても今後調査していく予定である。

現在一部のサンプルについて塩化反応後の鉱石中の塩化物を調査する目的で水抽出試験を行っている。

5. イタタイヤ鉱石の塩化揮発基礎試験

5-1 供試料

構成鉱物は、Apatite, Quartz, Mica claymineral, Kaolinitemineral,

なお、ウランは、Apatite に伴うものである。

化学分析値を表-14に示す。

表-14 イタタイヤ鉱石化学分析値

成 分	含有率 (%)	成 分	含有率 (g)
U ₃ O ₈	0.189	MnO	0.046
ThO ₂	0.014	F ⁻	2.55
P ₂ O ₅	34.95	Cl ⁻	0.017
SiO ₂	6.67	Ni	20ppm
Al ₂ O ₃	1.12	Pb	0.4ppm
T-Fe	1.162	Zn	15ppm
FeO	0.753	S	0.307
Fe ₂ O ₃	0.825	CO ₂	0.85
TiO ₂	0.082	Zr	92ppm
CaO	48.56	Y	251ppm
K ₂ O	0.139	H ₂ O(-)	0.211
MgO	0.054	H ₂ O(+)	0.469
Na ₂ O	0.463		

(中部事業所 技術開発課による分析)

5-2 反応装置及び操作方法

バクーマ鉱石の試験と同じ装置及び方法で実施した。

5-3 試験方法

① 塩素ガスの供給量及び活性炭素の添加量

予備試験（サンプル量 5 g の試験）でウランの揮発率が60~75%と低かったので塩素ガス供給量を2当量、活性炭の添加量を約1.5当量にそれぞれバクーマ鉱石より増加した。

② 試料の調整

バクーマ鉱石と同様に調整した。

③ 試験条件

鉍	石	:	50	(g)
活性炭(粉末)	:	22.5	(g)	
(Cl ₂ + N ₂)流量	:	各 200	(ml/分) ……	計 400ml/分
反応時間	:	3.5	(時間)	
反応温度	:	550, 650, 750, 850, 950	°C ……	5 水準

④ 分析方法

バクーマ鉱石と同じ分析方法で各元素分析を行った。

5-4 試験結果と考察

反応温度と揮発率の関係を表-15, 図-14に示す。

反応温度と物質収支の関係を表-12, 図-15に示す。

表-15 塩化揮発試験結果

試験条件 試料：イタタイヤ鉱石

Cl₂ : 200 ml/min
N₂ : 200 ml/min O₂ : 0

鉍 石 : 50
粉末活性炭 : 22.5 g

反応時間 3.5 時間

反応温度	揮発残渣	項 目	U ₃ O ₈	T-Fe	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	CaO	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	MnO
		元 鉍 品 位(%)	0.189	1.16	34.95	1.12	6.67	0.082	48.58	0.139	0.054	0.463	0.046
		A 含 有 量(㎎)	94.5	580	17475	560	3335	40	24290	70	27	232	23
550	74.0	揮発残渣品位(%)	0.119	0.76	15.7	0.85	3.6	0.03	34.28	0.12	0.04	0.31	0.03
		B 含 有 量(㎎)	88	565	11618	629	2664	20	25367	92	32	229	22
		D 揮 発 率(%)	7	2.5	33.5	0	20	50	0	0	0	1	4
650	67.9	揮発残渣品位(%)	0.119	0.66	3.72	0.69	2.10	0.02	35.51	0.12	0.05	0.31	0.03
		B 含 有 量(㎎)	81	449	2526	469	1426	12	24118	82	32	209	23
		D 揮 発 率(%)	14	22.5	85.5	16	57	71	0.7	0	0	9	0
750	62.7	揮発残渣品位(%)	0.124	0.34	3.27	0.85	0.65	0.02	39.77	0.07	0.05	0.34	0.03
		B 含 有 量(㎎)	78	214	2050	533	408	11	24936	44	31	215	20
		D 揮 発 率(%)	17.5	63	88	5	88	72.5	0	37	0	6.5	13
※ 850	42.5	揮発残渣品位(%)	0.089	0.03	1.51	0.73	0.66	0.02	49.09	0.04	0.06	0.35	0.03
		B 含 有 量(㎎)	38	12	642	310	281	6.8	20863	17	24	150	12
		D 揮 発 率(%)	59	98	96	44	92	83	13	75	10	34	51.5
950	59.0	揮発残渣品位(%)	0.044	0.06	0.04	0.18	3.65	0.02	41.53	0.06	0.05	0.31	0.02
		B 含 有 量(㎎)	26	36	21	106	2154	11.8	24503	33	29	185	10.6
		D 揮 発 率(%)	72	94	99.9	81	35	71	0	53	0	20	54

備考. C (揮発量%) : A - B
D (揮発率%) : C / A × 100
※ 元鉍 : 49.4 g, 粉末活性炭 : 22.3 g

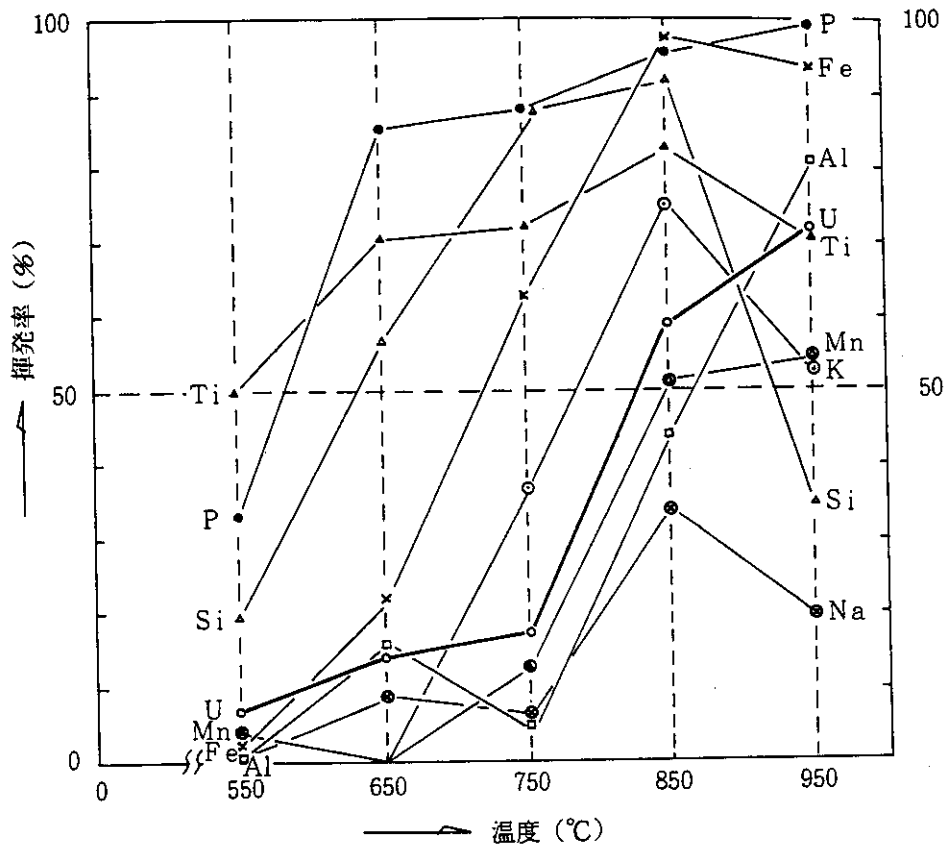


図-14 温度と揮発率の関係 (イタタイヤ鉱石)

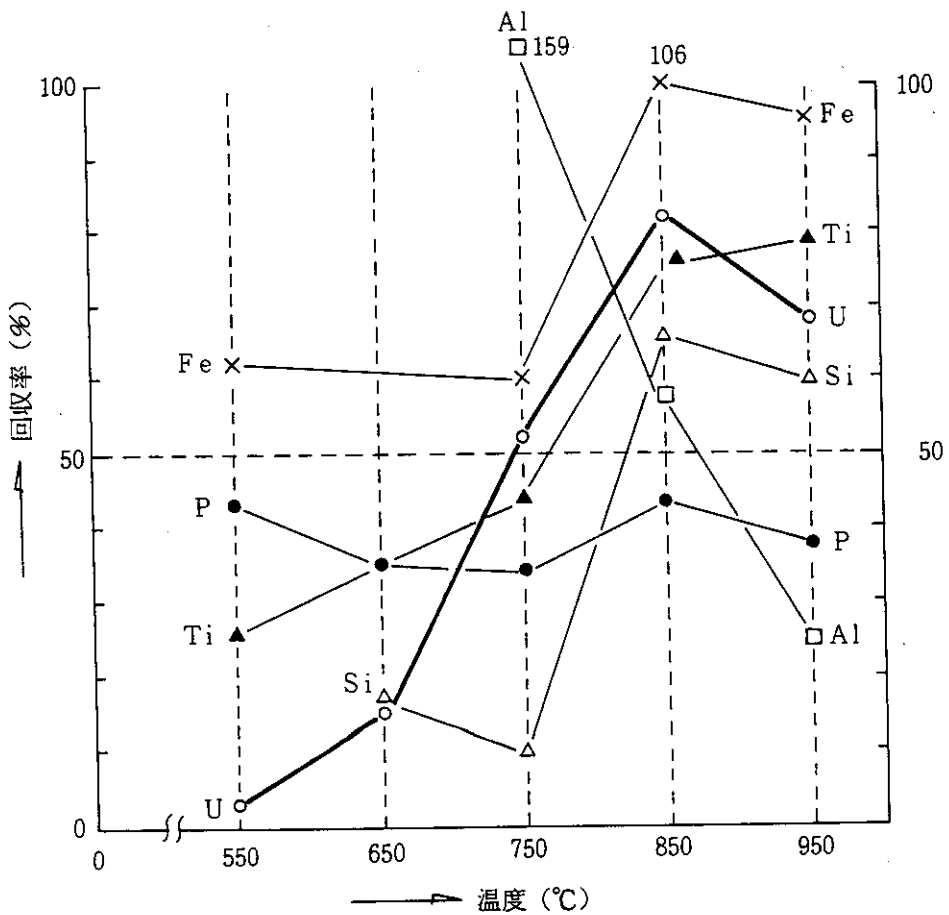


図-15 温度と回収率の関係 (イタタイヤ鉱石)

① U_3O_8

バクーマ鉱石と同じような傾向を示すが、揮発率は低い。(950°Cの場合72%)

② T-Fe, Al_2O_3 , TiO_2 , CaO, K_2O , MgO, Na_2O , MnO

バクーマ鉱石とほぼ同様な傾向を示す。

③ P_2O_5 , SiO_2

イタタイヤ鉱石は、 P_2O_5 の品位が高いが、650°Cの反応温度でも85.5%の揮発率を示し、Apatiteの塩化反応の速いことがわかる。また SiO_2 も50%の揮発率を示している。

④ 反応温度850°Cでの各成分の揮発率から塩化揮発の難易差を比べると、

$Fe, P, Si > Ti, K > U > Mn > Al > Na \gg Mg$ の順となる。

ただし、950°Cの試験結果から Si, K, Na の各成分だけが急激に下がっているデータについては、今後の再試験でチェックする予定である。

⑤ 図-15に揮発物の回収率を示しているが、バクーマ鉱石と同様に各成分とも低い回収率でしかもばらつきもあり装置、方法等の改善をはかる必要がある。

⑥ イタタイヤ鉱石の塩化揮発試験結果の中で特に注目しなければならないデータとして、原鉱のウランはバクーマ鉱石と同じく Apatite に伴うものであるが、ウランの揮発率がバクーマ鉱石よりかなり低いことである。(950°Cでは24%の差)

この原因の解析は今後の試験項目の一つでもあるが、今回の試験から推察できることは、イタタイヤ鉱石の場合、反応後の残渣性状を観察してみると、塩化反応が進むにしたがって溶融生成物ができてガラス質に変化していることで、この現象がウランの揮発に何らかの悪影響を与えているのではないかと考えられる。

⑦ バクーマ鉱石の試験と同様に各成分と反応した塩素量を推測するために、塩化物の組成を仮定して算出した結果を表-16に示す。内容はバクーマ鉱石の場合と同様である。

表-16 塩素量 (イタタイヤ鉱石)

● 供給した塩素量 (2当量) 133g …… (200ml/分×210分=42ℓ)

塩化物 (仮定)	塩 素 量 (mg)	備 考	
UCl_4	35	(温度 950°C) (鉱石 50g)	
$FeCl_3$	1034		
PCl_3	26418		
$AlCl_3$	947		
$SiCl_4$	2814		
$TiCl_4$	52		
KCl	14		
$MgCl_2$	0		
NaCl	53		
$MnCl_2$	12		
$CaCl_2$	0 * (30698)		
合 計	31,379=31g (9.9ℓ)		62g (19.6ℓ)

※Caが塩化して $CaCl_2$ になった場合

6. バクーマ鉱石（PNC 148, 153）の浮選予備試験

6-1 目的

ウラン鉱石に浮選を適用する場合、一般的に言って、

- ① 浸出工程で悪影響を及ぼす炭酸塩鉱物や硫化物、炭素物質等の選別除去
- ② 沈降分離、濾過、洗浄等の操業性の改善をはかるため粘土（スライム）等微粒子成分の分離
- ③ 脈石類を選別して、原鉱のウラン品位のアップをはかる等について経済性が成立する場合である。

バクーマ鉱石についても同様な考え方で主目的は、塩化揮発工程での④塩素原単位の低減と、⑤操業の安定化をはかることで、具体的には、原鉱石からの脱鉄を基本として、付随してできるだけ脱硅、脱アルミ等の選別を行い、ウラン品位のアップをはかり処理原料の品質向上と処理コストの低減を目的としている。

6-2 浮選試験の経緯

- ① 62/10月から、バクーマ鉱石に浮選法が適用できるかどうかの可能性を探る目的で、塩化揮発試験用に調製したバクーマA、Bサンプルを更に磁製ミルで湿式粉碎した後、浮選試験を行った。その結果は、鉄の分離、濃縮といった鉱物の選別が難しい鉱石であると推察された。
- ② 62/11月から、バクーマ鉱石の中からサンプルとして、PNC 148, PNC 153, の2種の鉱石をえらび、浮選適用の重要条件である粒度、単体分離状態等の鉱物性状、特性を調査するため粒度分析を行った。その結果は表17~20のとおりで、多量に発生するスライムの処理法が浮選成績を左右するポイントとなることが判明した。
- ③ 62/12月から、粒度別サンプルの分析値から粒度間のウラン品位に差のあるPNC 148鉱石について浮選試験を行った。その結果は試験-1から試験-5のとおりで浮選適用が可能な成績は得られず、今後の検討課題となった。

6-3 試験結果と考察

(1) 粒度分析およびX線回折、蛍光X線分析

PNC 148, 153鉱石から少量のサンプル（約150g）を採取し、鉱石を水中でほぐした後、各分析を行った。表-17から表-19のとおりである。表-17は重量分布率 U_3O_8 , T-F e の分析値を示す。表-18はX線回折、蛍光X線分析による各鉱物、各元素のピークの強度比、表-19はピークの強度に重量を乗じたアナログ値を示している。表-18からは、U, Fe,

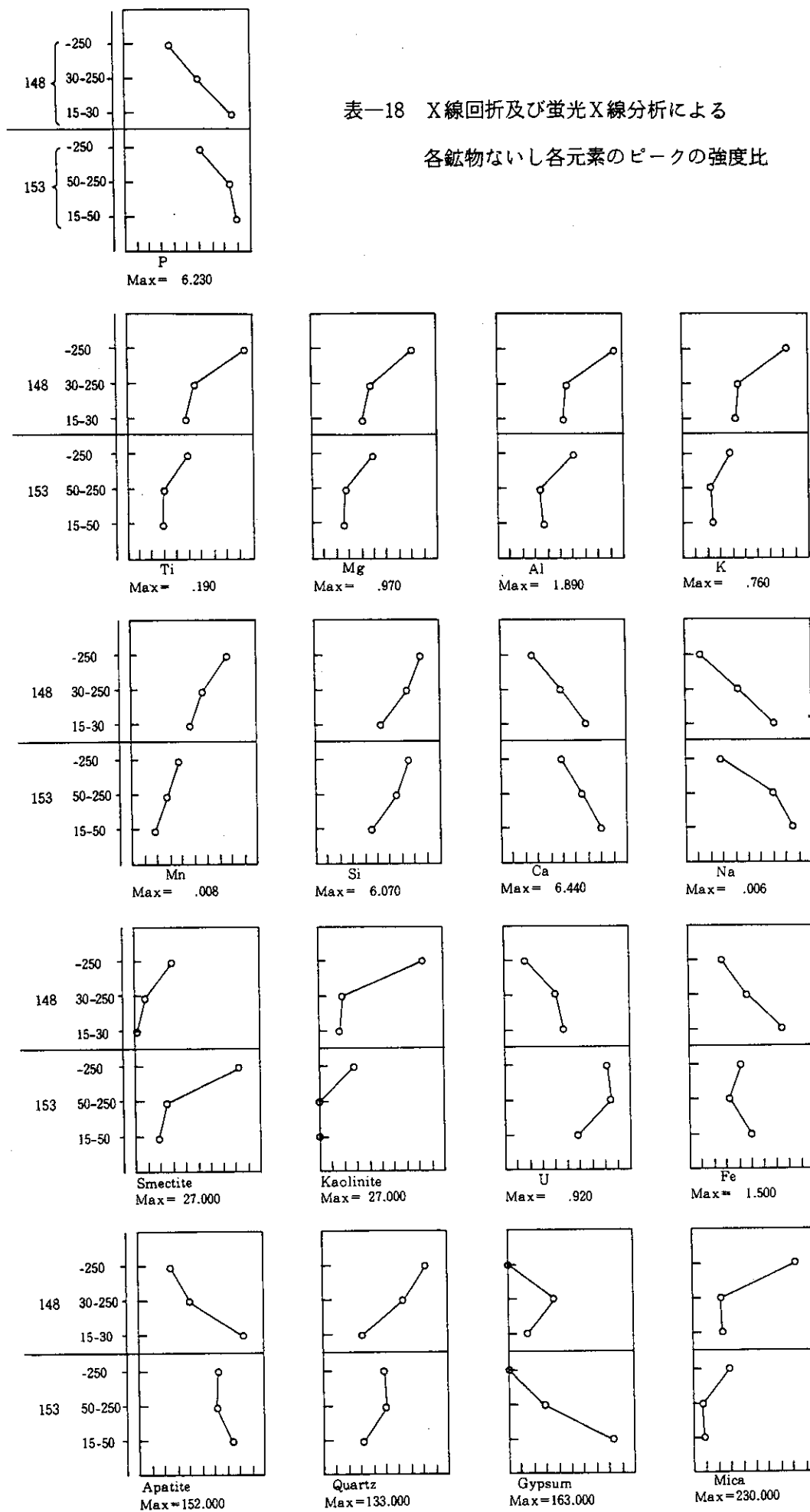
Gypsum 以外は一連の傾向をもっている。例えば, P, Ca, Na, Apatite は粗粒のフラクションに濃集し, Ti, Mg, Al, K, Mn, Si, Smectite, Kaolinite, Mica, Quartz は, 細粒のフラクションの濃集している。しかし, U, Fe はPNC148では粗粒のフラクションに濃集する傾向にあるが, PNC153では認められない。

表一19からは, Gypsum を除いて全ての鉱物, 元素は250メッシュ以下の細粒フラクションに濃集していることがわかる。

表一17 バクーマ鉱石粒度分析

サンプル	粒 径		重量 (%)	放射能強度 (カウント/分-g)	品 位 (%)		含有量分布率 (%)		備 考
	メッシュ	ミクロン			U ₃ O ₈	T-Fe	U ₃ O ₈	T-Fe	
PNC 148	+16	+1000	20.0	455(板状)515(茶色)	0.302	1.11	50.2	25.7	塊状のサンプル
	-16~+32	-1000~+500	1.9	451	0.183	1.68	7.0	8.9	
	-32~+60	-500~+250	2.7	223					
	-60~+120	-250~+125	1.4	278	0.190	1.20	4.9	4.3	
	-120~+250	-125~+63	1.7	276					
	-250~+325	-63~+44	0	—					
	-325	-44	72.3	139	0.063	0.73	37.9	61.1	
	合 計			100		(0.120)	(0.86)	100	100
PNC 153	+16	+1000	46.8	117(白色)486(黒色)	0.494	1.11	55.5	45.8	塊状のサンプル
	-16~+32	-1000~+500	2.8	526	0.318	1.10	3.2	4.1	
	-32~+60	-500~+250	1.3	438					
	-60~+120	-250~+125	1.8	496	0.376	0.41	5.8	2.3	
	-120~+250	-125~+63	3.8	530					
	-250~+325	-63~+44	0.8	507					
	-325	-44	42.7	997(上) 513(下)	0.346	1.27	35.5	47.8	かきまぜてから静置したスライムの上部, 下部。
	合 計			100		(0.416)	(1.13)	100	100

表—18 X線回折及び蛍光X線分析による
各鉱物ないし各元素のピークの強度比



(2) 浮選試験用サンプルの調製

浮選試験機のサンプル量が50g/回が基準であるので、試験用サンプルを調製するためPNC148, PNC153 各約2.4kg (湿鉱) の平均サンプルを採取し、前項と同様の方法で粒度分析及び化学分析を行った。その結果は、表-20のとおりである。

分析値は、前項の少量サンプルのデータ表-17と良く一致している。

表-20 バクーマ鉱石粒度別品位表

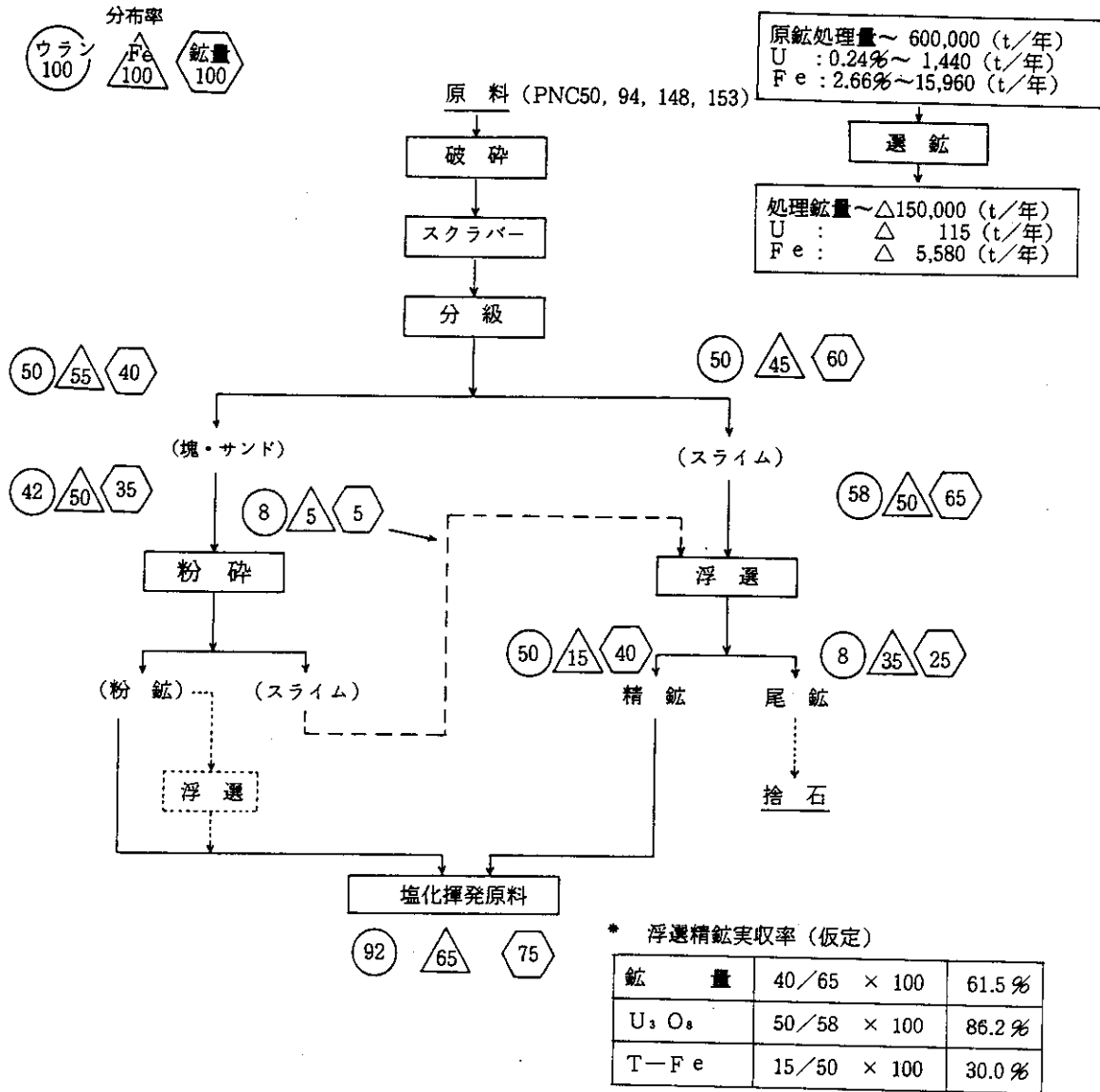
サンプル	粒 径		重量(%)	U ₃ O ₈		T-Fe		P ₂ O ₅		SiO ₂		Al ₂ O ₃		備 考			
	メッシュ	ミクロン		品位(%)	含有量分布率(%)	品位(%)	含有量分布率(%)	品位(%)	含有量分布率(%)	品位(%)	含有量分布率(%)	品位(%)	含有量分布率(%)				
PNC 148	サンド系	+16	+1000	20.8	0.290	48.7	2.59	48.8	24.2	38.1	27.3	11.0	3.31	16.8	「浮選試験サンプル」		
		-16~+60	-1000~+250	5.3	0.189	8.1	1.93	9.3	16.1	6.4	40.3	4.2	3.66	4.7			
			(\bar{x})	(26.1)	(0.2695)	(56.8)	(2.456)	(58.1)	(22.56)	(44.5)	(29.94)	(15.2)	(3.381)	(21.5)			
	スライム系	-60~+325	-250~+44	5.2	0.176	7.4	1.13	5.3	11.0	4.3	78.5	7.9	2.21	2.8			
		-325~+400	-44~+37	2.7	0.124	2.7	0.51	1.3	8.0	1.6	74.2	3.9	0.71	0.5			
		-400	-37	66.0	0.062	33.1	0.59	35.3	9.9	49.6	56.8	73.0	4.68	75.2			
			(\bar{x})	(73.9)	(0.0723)	(43.2)	(0.625)	(41.9)	(9.94)	(55.5)	(58.96)	(84.8)	(4.361)	(78.5)			
			\bar{x}	100	0.1238	100.0	1.103	100.0	13.23	100.0	51.39	100.0	4.105	100.0			
	PNC 153	サンド系	+16	+1000	38.9	0.358	41.0	1.98	49.2	24.3	48.9	25.8	25.1	2.53		29.4	「保存サンプル」
			-16~+60	-1000~+250	4.8	0.295	4.2	1.65	5.1	18.5	4.6	31.4	3.8	2.83		4.1	
			(\bar{x})	(43.7)	(0.3511)	(45.2)	(1.944)	(54.3)	(23.66)	(53.5)	(26.43)	(28.9)	(2.56)	(33.5)			
スライム系		-60~+325	-250~+44	8.8	0.356	9.2	1.23	6.9	17.6	8.0	50.3	11.1	2.17	5.7			
		-325~+400	-44~+37	5.7	0.325	5.5	0.89	3.2	16.2	4.8	52.8	7.5	2.21	3.8			
		-400	-37	41.8	0.326	40.1	1.33	35.6	15.6	3.7	50.3	52.5	4.58	57.0			
			(\bar{x})	(56.3)	(0.3306)	(54.8)	(1.270)	(45.7)	(15.97)	(46.5)	(50.55)	(71.1)	(3.963)	(66.5)			
		\bar{x}	100	0.3395	100.0	1.564	100.0	19.33	100.0	40.01	100.0	3.351	100.0				

(3) 粒度分析結果から想定した物量バランス

バクーマ鉱床に関する報文によれば、ウラン鉱床は上部層、下部層に大別され性状も異なる事が報告されている。従って、鉱物成分の大きな変動が予測され、対応策として採掘鉱石のブレンディングによる均質化が重要とされている。選鉱工場においても安定した操業、安定した選鉱成績を保つためには処理元鉱の均質化は最大の必要条件である。

選鉱原鉱が今回の粒度分析値と大差ない鉱石と仮定すれば、スクラバーで発生するスライムが極めて多い事、また、同時にウラン含有量も半量に近い特質の鉱石であるのでサンド系、スライム系と区別しないで一括して浮選する方法は、条件設定が難しく適当でないと考えられる。また、スライム系は、磨鉱を必要としないし、分級機を有効に利用したスライム浮選システムの処理法が効率的と考えられることから「想定物量バランス」をもとめた。そのバランスを次に示す。

想定物量バランス



(注) ①表-20の数値を基準としてもとめた想定物量バランス

②上記スライム系浮選を行った場合、原鉍→塩化揮発原料鉍間における物量バランスにおいてメリットとして鉍量で25%減、鉄含有量で35%減、また、デメリットとしてウラン含有量で8%減の損失となる。

(4) 浮選試験結果

①PNC148, 浮選元鉍

スライム浮選元鉍は、表-20から下記のとおりである。

粒 径		重 量 分布率 (%)	U ₃ O ₈		T - Fe		P ₂ O ₅		SiO ₂		Al ₂ O ₃	
メッシュ	ミクロン		品位	分布	品位	分布	品位	分布	品位	分布	品位	分布
-60~+325	-250~+44	7.0	0.176	17.1	1.13	12.6	11.0	7.7	78.5	9.3	2.21	3.6
-325~+400	-44~+37	3.7	0.124	6.3	0.51	3.1	8.0	2.9	74.2	4.6	0.71	0.6
-400	-37	89.3	0.062	76.6	0.59	84.3	9.9	89.4	56.8	86.1	4.68	95.8
合 計		100	0.072	100	0.62	100	9.94	100	59.0	100	4.36	100

上表からスライム浮選元鉱の粒度は約90%が-37ミクロンで主要成分もこの粒度に濃集されている。

② 浮選機及び浮選剤

- 浮選機 : Fw 式浮選試験機

試料50g用, 変速装置付

- 浮選剤

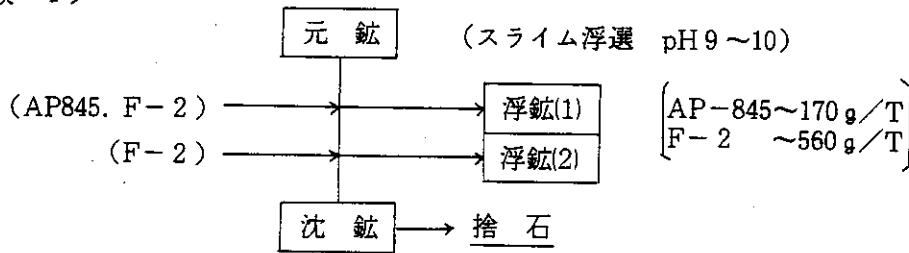
(名 称)	(記 号)	(成 分)
NKY. Pine oil	NO-10	テルピナルコール
NKY. Promoter	DT-A	ステアリルデアミン酢酸塩
NKY. Promoter	SP-S	石油スルホン酸塩
NKY. Promoter	F-2	オレイン酸
AERO Froth	AF-65	ポリグリコールエステル系
AERO Promoter	AP-825	石油スルホン酸塩
AERO Promoter	AP-840	石油スルホン酸塩
AERO Promoter	AP-830	合成スルホン酸塩
AERO Promoter	AP-845	合成スルホン酸塩
ケロシン		
PH調節剤		d.H ₂ SO ₄ d.NaOH

③ 浮選条件

- 浮選機インペラー回転数~1,800R/M固定
- パルプ濃度 15~18.5% (サンプル40~50g/回)
- 温度, 用水 室温, 水道水

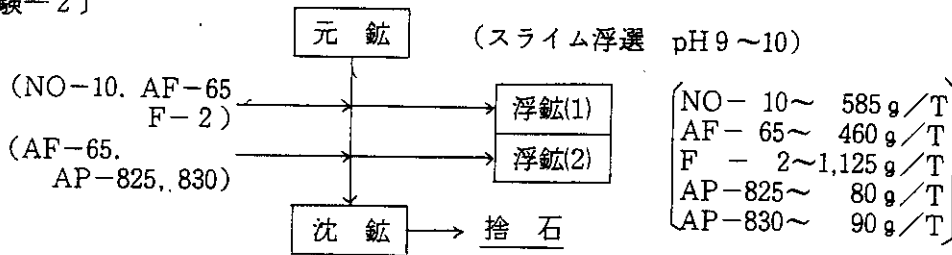
④ PNC148 鉍石の浮選試験

〔試験一〕



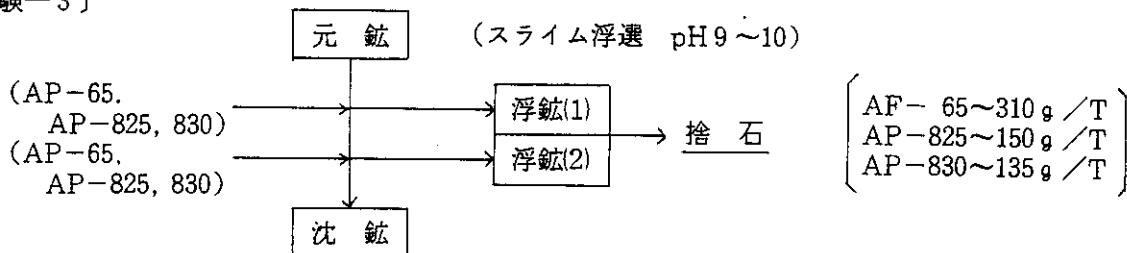
	重量 分布率	U ₃ O ₈		T-F e		P ₂ O ₅		Si O ₂		Al ₂ O ₃	
		品位	分布	品位	分布	品位	分布	品位	分布	品位	分布
浮鉍	65.6	0.074	74.0	0.76	71.4	9.27	44.5	57.1	64.5	3.34	65.8
沈鉍	34.4	0.048	26.0	0.58	28.6	4.07	55.5	60.1	35.5	3.31	34.2
合計	100.0	0.065	100.0	0.70	100.0	7.48	100.0	58.2	100.0	3.33	100.0

〔試験二〕



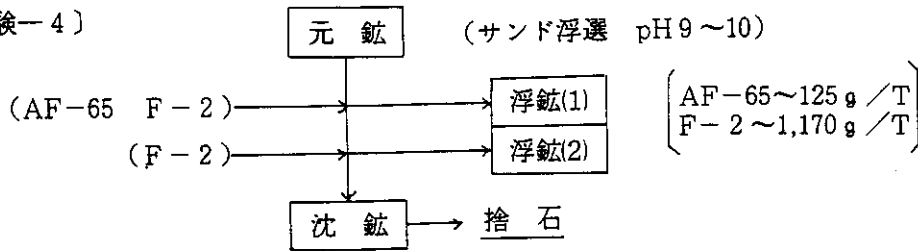
	重量 分布率	U ₃ O ₈		T-F e		P ₂ O ₅		Si O ₂		Al ₂ O ₃	
		品位	分布	品位	分布	品位	分布	品位	分布	品位	分布
浮鉍	46.2	0.082	74.0	0.83	53.0	9.49	62.9	49.9	38.1	4.92	61.7
沈鉍	53.8	0.053	26.0	0.63	47.0	4.79	37.1	69.3	61.9	2.61	38.3
合計	100.0	0.066	100.0	0.72	100.0	6.69	100.0	60.4	100.0	3.68	100.0

〔試験三〕



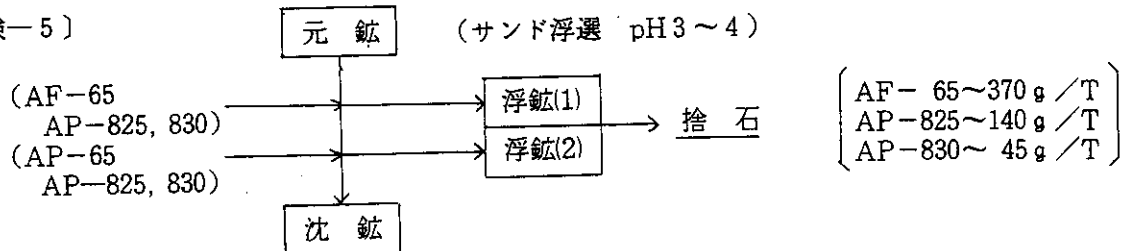
	重量 分布率	U ₃ O ₈		T-F e		P ₂ O ₅		Si O ₂		Al ₂ O ₃	
		品位	分布	品位	分布	品位	分析	品位	分布	品位	分布
浮鉍	38.1	0.050	26.1	0.79	42.1	7.09	32.9	53.4	33.7	5.08	52.5
沈鉍	61.9	0.087	73.9	0.67	57.9	8.89	67.1	64.4	66.3	2.82	47.5
合計	100.0	0.073	100.0	0.71	100.0	8.20	100.0	60.2	100.0	3.68	100.0

〔試験—4〕



	重量 分布率	U ₃ O ₈		T-F e		P ₂ O ₅		Si O ₂		Al ₂ O ₃	
		品位	分布	品位	分布	品位	分布	品位	分布	品位	分布
浮鉍	27.8	0.256	26.2	2.87	31.0	18.05	30.8	31.5	26.6	5.90	44.3
沈鉍	72.2	0.277	73.8	2.45	69.0	15.61	69.2	33.5	73.4	2.85	55.7
合計	100.0	0.271	100.0	2.57	100.0	16.29	100.0	33.0	100.0	3.70	100.0

〔試験—5〕



	重量 分布率	U ₃ O ₈		T-F e		P ₂ O ₅		Si O ₂		Al ₂ O ₃	
		品位	分布	品位	分布	品位	分布	品位	分布	品位	分布
浮鉍	24.3	0.263	23.2	2.31	32.4	17.96	23.5	30.9	22.8	3.85	26.2
沈鉍	75.7	0.280	76.8	2.22	67.6	18.75	76.5	33.7	77.2	3.49	73.8
合計	100.0	0.276	100.0	2.49	100.0	18.55	100.0	33.0	100.0	3.58	100.0

(注) 〔試験—4, 5〕のサンド系浮選試験用サンプルは、表—20の+250ミクロン鉍石をクラッシャー、パルペライザーで微粉碎して調製した。

粒径は-100メッシュ (-149 ミクロン) 87%で磁製ミルを使用しないで、このまま供試料とした。

(5) 考 察

ウラン鉍の浮選に関する報文等を参考にして、浮選剤を調達し、バクーマ鉍石に浮選が適用できるかどうか、偵察的な目的で試験を行ったもので、本試験を行う場合は、全鉍石を代表するサンプルを対象としなければならないし、試験用サンプルも均一化した原鉍数+KGからスタートしなければ浮選試験の精度、信頼性等に乏しい結果となるおそれが生じる。

このような理由から、当試験は、本試験に先立つ予備試験と考えている。また、考察するには、データ不足であるが、結果を次に示す。

- ① 試験一1, 2は, ウラン浮選の一般的なアルカリ域での脂肪酸浮選方式であるが, 浮鉱に85%以上のウラン実収率を得ることを目標としたが, 75%程度にとどまっている。試験一5を例にとって, 鉱量分布をそのままとしてウラン実収率90%時のウラン品位を逆算とすると,

浮選	: U ₂ O ₅ = 0.074%	→	0.089%	にアップ	
沈鉱	: U ₂ O ₅ = 0.048%	→	0.019%	にダウン	のとおりで

この成績を得るための浮選条件の設定が必要となる。

- ② 試験一3は, 酸性域での含鉄鉱物, Kaoline 等を浮鉱として回収する浮選方式であるがこのデータからは, 目的とする結果は得られていない。しかし, 高含鉄サンプルについてチェック試験が必要と思われる。
- ③ 試験一4, 5は, サンド系の浮選試験であるが, この結果からは, スライム系より, より以上にウラン, 鉄等の選別が用意でないことが予測される。
- ④ 浮選試験の条件設定について考えてみると, 浮選に影響を与える因子は多く, 鉱質等の自然条件は別として, ①鉱石の粒径(磨鉱度), ②パルプ濃度, ③浮選剤(起泡剤, 捕収剤, 抑制剤, 活性剤等)の種類, 添加量, ④浮選機の種類, 構造等, ⑤浮選時間, 温度, pH等, ⑥用水の水質, 使用法等数多くあげられるのが, 通常の場合は, 浮選試験の主要因子として, ③項の「浮選剤」がとりあげられ, その選定が目的となっている。同様な考えで, 今後の浮選試験を進めて行くとすれば, ウランを選択的に捕収する「捕収剤」に重点をおいた浮選試験を行い, 得られた試験データの積み重ねをはかって行かなければならない。

また, 今回の試験では殆んど条件の設定変更を行っていないので, 試験の結果からもとめられた最適条件の下では, 現状よりアップした浮選成績が期待できると考えられる。

7. 今後の試験計画

7-1 バクーマ鉱石の塩化揮発基礎試験

今回の試験結果からバクーマ鉱石とイタタイヤ鉱石とでは, 鉱物組成の違いからか, 塩化揮発に大きな影響を与えていることがわかった。

この結果を前提に, 今後の進め方として両鉱石を併行して試験を行うことは, 長期の試験期間を必要とし, かつ塩化製錬法の可能性を判断する時期を遅らせることになると懸念される。

よって今後は、予備試験から継続してきたバクーマ鉱石を主体に塩化揮発法の製錬コストの低減化を含めて研究開発を進めていく予定である。

現在、基礎試験第2段階として以下の試験項目について実施して行く計画である。

① 最適な塩化揮発条件の確立

イ. 経時変化（反応速度）について

ロ. 塩素分圧、酸素分圧を変化させた場合のウラン揮発率について

- 最適な塩素ガス量
- 最適な炭材量
- 反応温度及び反応時間

② 揮発塩化物からのウラン分離精製法の確立

イ. 揮発塩化物の組成、及び挙動調査について

ロ. 分離回収法（ウランの濃度アップ）について

③ 試験装置、及び試験方法の改善

7-2 バクーマ鉱石の浮選試験

① 現在、PNC153のサンプル、（表-20）を保存しているので、高品位ウラン鉱についても2～3回の浮選試験を行う。

② -400メッシュ以下の微粒子についても適当な粒度分析を行い、性状調査をおこなう。

③ 文献調査、選鉱に関する有識経験者からの情報、意見等を参考にしてバクーマ鉱石の選鉱法を検討する。

④ 上記項目の試験、検討結果を総括し、その後の選鉱試験の進め方について判断する。

7-3 バクーマ鉱石試験予定表

項目	年度 月	63						64																			
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
1. 塩化揮発基礎試験 1) ウラン揮発法の確立 (1) 横型炉による試験 ① 粉体試験 ② ペレット試験 (2) 縦型炉による試験 ① ペレット試験 2) ウラン分別回収法の確立 3) 造粒・乾燥法の確立 4) 廃ガス・処理処分法の確立																											
2. 選鉱試験 1) 粒度分析 2) 浮選試験																											

(注)：揮発塩化物の組成、及び挙動等の調査を実施する。